



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

EDIFICIO POLIDEPORTIVO MIKEL TRUEBA

DOCUMENTO 3- ANEXOS

Alumno: Molina, Viforcós, Jon Ander

Director: Laraudogoitia, Alzaga, Juan Esteban

Curso: 2020-2021

Fecha: Lunes, 26 de julio de 2021

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	DATOS INICIALES DE LA OBRA.....	1
2	ESTUDIO Y ANÁLISIS GENERAL DE LAS ACCIONES	3
2.1	PARTICULARIDADES.....	3
2.1.1	DESCOMPOSICIÓN DE LAS CARGAS.....	4
2.2	PESO PROPIO.....	4
2.3	SOBRECARGA DE USO.....	5
2.4	SOBRECARGA DE NIEVE.....	5
2.5	SOBRECARGA DE VIENTO.....	8
2.5.1	PRESIÓN EXTERIOR.....	9
2.5.2	PRESIÓN INTERIOR.....	9
3	CERRAMIENTOS EN LA CUBIERTA.....	13
3.1	TIPO DE CERRAMIENTO ESCOGIDO.....	13
3.1.1	PANEL SÁNDWICH HI-CT.....	13
3.1.2	LUCERNARIO COMPLET.....	15
3.2	ESTUDIO DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS.....	17
3.2.1	PESO PROPIO.....	17
3.2.2	SOBRECARGA DE USO.....	17
3.2.3	SOBRECARGA DE NIEVE.....	18
3.2.4	SOBRECARGA DE VIENTO.....	19
3.2.4.1	COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LAS NAVES DE TENIS.....	19
3.2.4.2	COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LA NAVE DE FÚTBOL.....	23
3.2.4.3	COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LA NAVE ADOSADA.....	27
3.2.4.4	VIENTO INTERIOR.....	31
3.2.4.5	POSIBLES COMBINACIONES DE SOBRECARGAS DE VIENTO.....	32
3.2.5	RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LAS NAVES DE TENIS.....	40
3.2.6	RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LA NAVE DE FÚTBOL.....	40
3.2.7	RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LA NAVE ADOSADA.....	41
3.3	DIMENSIONAMIENTO.....	41
3.3.1	COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.....	41
3.3.2	COMBINACIONES DE CARGA DE ACUERDO AL CTE-DB-SE.....	42
3.3.2.1	SOBRECARGA DE NIEVE COMO CARGA PRINCIPAL.....	42
3.3.2.2	SOBRECARGA DE USO COMO CARGA PRINCIPAL.....	43
3.3.2.3	SOBRECARGA DE VIENTO A PRESIÓN COMO CARGA PRINCIPAL.....	43
3.3.2.4	SOBRECARGA DE VIENTO A SUCCIÓN COMO CARGA PRINCIPAL.....	43
3.3.2.5	COMBINACIONES A COMPROBAR.....	43
3.3.3	DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE CORREAS.....	44
3.3.3.1	NAVES DE TENIS.....	44
3.3.3.2	NAVE DE FÚTBOL.....	45
3.3.3.3	NAVE ADOSADA.....	46
3.3.3.4	DISTANCIA MINIMA ENTRE CORREAS.....	46
4	CERRAMIENTOS EN LA FACHADA.....	48
4.1	TIPO DE CERRAMIENTO ESCOGIDO.....	48
4.2	ESTUDIO DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS.....	48
4.2.1	PESO PROPIO.....	48
4.2.2	SOBRECARGA DE VIENTO.....	48
4.2.2.1	COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR.....	49
4.2.2.2	VIENTO INTERIOR.....	52
4.2.2.3	POSIBLES COMBINACIONES DE SOBRECARGAS DE VIENTO.....	53

4.2.3	RESUMEN DE SOBRECARGAS.....	56
4.3	DIMENSIONAMIENTO	56
4.3.1	COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	56
4.3.2	COMBINACIONES DE CARGA DE ACUERDO AL CTE-DB-SE.....	56
4.3.2.1	SOBRECARGA DE VIENTO A PRESIÓN.....	56
4.3.2.2	SOBRECARGA DE VIENTO A SUCCIÓN	57
4.3.3	DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE CORREAS.....	57
5	CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	58
5.1	DETERMINACIÓN DE LOS DATOS GENERALES DE LA OBRA.....	58
5.2	CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS	64
5.2.1	CORREAS EN CUBIERTA	65
5.2.1.1	Comprobación de resistencia	68
5.2.1.2	Comprobación de flecha.....	72
5.2.2	CORREAS EN FACHADA	72
5.2.2.1	Comprobación de resistencia	75
5.2.2.2	Comprobación de flecha.....	79
5.3	CÁLCULO DE PÓRTICOS	79
5.3.1	PANDEO DE LA ESTRUCTURA.....	86
5.3.2	FLECHA	87
5.3.3	CARGAS ADICIONALES.....	88
5.3.3.1	FORJADO ENTREPLANTA PARA ALMACÉN	88
5.3.3.2	ESCALERA.....	94
5.3.4	HIPOTESIS DE CARGAS ACTUANTES.....	95
5.3.4.1	PESO PROPIO.....	95
5.3.4.2	SOBRECARGA DE USO	95
5.3.4.3	SOBRECARGA DE NIEVE	96
5.3.4.4	SOBRECARGA DE VIENTO	98
5.3.5	DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL: ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	107
5.3.5.1	PILAR HASTIAL NAVE DE FÚTBOL.....	108
5.3.5.2	VIGA HASTIAL NAVE DE FÚTBOL	121
5.3.5.3	PILARILLO EMPOTRADO NAVE DE FÚTBOL.....	134
5.3.5.4	PILARILLO ARTICULADO NAVE DE FÚTBOL	145
5.3.5.5	PILARILLO DEL FORJADO EMPOTRADO NAVE DE FÚTBOL.....	155
5.3.5.6	PILARILLO DEL FORJADO ARTICULADO NAVE DE FÚTBOL	166
5.3.5.7	PILAR NAVE DE FÚTBOL.....	177
5.3.5.8	VIGA NAVE DE FÚTBOL	189
5.3.5.9	PILAR HASTIAL NAVE DE TENIS.....	202
5.3.5.10	VIGA HASTIAL NAVE DE TENIS	214
5.3.5.11	PILARILLO EMPOTRADO NAVE DE TENIS	227
5.3.5.12	PILARILLO ARTICULADO NAVE DE TENIS	238
5.3.5.13	PILAR NAVE DE TENIS.....	248
5.3.5.14	VIGA NAVE DE TENIS	260
5.3.5.15	PILAR NAVE ADOSADA	272
5.3.5.16	VIGA NAVE ADOSADA.....	285
5.3.5.17	VIGA IPE 270 FORJADO	297
5.3.5.18	VIGA HEB 200 FORJADO.....	306
5.3.5.19	ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 140	314
5.3.5.20	ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 160	322
5.3.5.21	ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 240	331
5.3.5.22	BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R22	339
5.3.5.23	BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R24	342
5.3.5.24	BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R26	345
5.3.5.25	ESTRUCTURA ESCALERA.....	348
5.3.6	UNIONES	398
5.3.6.1	VINCULACIÓN INTERIOR	398

5.3.6.1.1	UNIÓN VIGA-PILAR NAVE ADOSADA.....	399
5.3.6.1.2	UNIÓN NAVE FÚTBOL Y ADOSADA	409
5.3.6.1.3	UNIÓN NAVE FÚTBOL, NAVE ADOSADA Y FORJADO.....	419
5.3.6.1.4	UNIONES FORJADO.....	433
5.3.6.1.5	UNIÓN PILAR-VIGA 2ºPÓRTICO NAVE DE FÚTBOL.....	444
5.3.6.1.6	UNIÓN PILARILLO CENTRAL Y VIGAS DEL 2º PÓRTICO FORJADO	454
5.3.6.1.7	UNIÓN PILARILLOS ARTICULADOS FORJADO Y VIGA NAVE DE FÚTBOL.....	468
5.3.6.1.8	UNIÓN PILAR-VIGA NAVE DE FÚTBOL	474
5.3.6.1.9	UNIÓN PILARILLO ARTICULADO VIGA NAVE DE FÚTBOL.....	485
5.3.6.1.10	UNIÓN PILARILLO EMPOTRADO VIGA NAVE DE FÚTBOL.....	490
5.3.6.1.11	UNIÓN DINTELES NAVE DE FÚTBOL	503
5.3.6.1.12	UNIÓN PILAR-VIGAS NAVES FÚTBOL Y TENIS 2ºPÓRTICO	510
5.3.6.1.13	UNIÓN PILAR-VIGAS NAVES FÚTBOL Y TENIS	525
5.3.6.1.14	UNIÓN PILAR VIGAS NAVES DE TENIS 2º PÓRTICO	540
5.3.6.1.15	UNIÓN PILAR VIGAS NAVES DE TENIS	554
5.3.6.1.16	UNIÓN PILARILLO VIGA NAVES DE TENIS ARTICULADO	567
5.3.6.1.17	UNIÓN PILARILLO VIGA NAVES DE TENIS EMPOTRADO	572
5.3.6.1.18	UNIÓN DINTELES NAVES DE TENIS.....	585
5.3.6.1.19	UNIÓN ARRIOSTRAMIENTO LATERAL NAVES DE TENIS	592
5.3.6.1.20	UNIÓN R22.....	596
5.3.6.1.21	UNIÓN R24.....	597
5.3.6.1.22	UNIÓN R26.....	598
5.3.6.2	VINCULACIÓN EXTERIOR	599
5.3.6.2.1	PLACA DE ANCLAJE TIPO 1 (NAVE ADOSADA)	599
5.3.6.2.2	PLACA DE ANCLAJE TIPO 2 (PORTICOS CENTRALES FÚTBOL Y TENIS).....	603
5.3.6.2.3	PLACA DE ANCLAJE TIPO 3 (PILARILLOS NAVES DE TENIS).....	606
5.3.6.2.4	PLACA DE ANCLAJE TIPO 4.....	610
5.3.7	CIMENTACIÓN.....	614
6	INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA.....	629
7	INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS	630
7.1	AGUAS PLUVIALES	630
7.1.1	INTENSIDAD PLUVIOMETRICA	630
7.1.2	SUPERFICIE DE CUBIERTA.....	631
7.1.3	SUMIDEROS	632
7.1.4	CANALONES.....	632
7.1.5	BAJANTES	633
7.1.6	COLECTORES.....	633
7.1.7	ARQUETAS.....	634
7.2	AGUAS SANITARIAS.....	634
7.2.1	RAMALES COLECTORES	635
7.2.2	BAJANTES DE AGUAS RESIDUALES	635
7.2.3	COLECTORES HORIZONTALES DE AGUAS RESIDUALES	636
7.2.4	ARQUETAS DE AGUAS FECALES	636
8	ILUMINACIÓN DEL POLIDEPORTIVO	637
8.1	ALUMBRADO INTERIOR	641
8.2	ALUMBRADO EXTERIOR	647
8.3	CURVAS FOTOMÉTRICAS.....	649

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Descripción General.....	2
Ilustración 2. Proyección horizontal de las sobrecargas de nieve y uso.....	3
Ilustración 3. Distribución de las cargas sobre la cubierta de las naves.....	3
Ilustración 4. Componentes de las cargas.....	4
Ilustración 5. Componente vertical de las cargas.....	4
Ilustración 6. Componente horizontal de las cargas.....	4
Ilustración 7. Zonas climáticas de invierno.....	6
Ilustración 8. Coeficiente de forma en faldones.....	7
Ilustración 9. Valor básico de la velocidad del viento.....	8
Ilustración 10. Puerta para la nave de fútbol.....	10
Ilustración 11. Puerta para las naves de tenis.....	10
Ilustración 12. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana.....	12
Ilustración 13. Panel sándwich HI-CT.....	14
Ilustración 14. Lucernario Complet.....	15
Ilustración 15. Montaje simple de lucernario Complet.....	16
Ilustración 16. Montaje doble de lucernario Complet.....	16
Ilustración 17. Gráfica de distancias máximas admisibles entre apoyos para lucernario Complet.....	16
Ilustración 18. Distribución de la cubierta de tenis.....	20
Ilustración 19. Zonas de la cubierta de tenis para viento transversal.....	21
Ilustración 20. Zonas de la cubierta de tenis para viento longitudinal.....	22
Ilustración 21. Distribución de la cubierta de fútbol.....	24
Ilustración 22. Zonas de la cubierta de fútbol para viento transversal.....	25
Ilustración 23. Zonas de la cubierta de fútbol para viento longitudinal.....	26
Ilustración 24. Distribución de la cubierta de la nave adosada.....	27
Ilustración 25. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento transversal 0°.....	28
Ilustración 26. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento transversal 180°.....	29
Ilustración 27. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento longitudinal.....	30
Ilustración 28. Viento exterior presión.....	32
Ilustración 29. Viento exterior presión + viento interior presión.....	32
Ilustración 30. Viento exterior presión + viento interior succión.....	32
Ilustración 31. Viento exterior succión.....	33
Ilustración 32. Viento exterior succión + viento interior presión.....	33
Ilustración 33. Viento exterior succión + viento interior succión.....	33
Ilustración 34. Gráfica de distancias máximas admisibles entre apoyos para lucernario Complet.....	46
Ilustración 35. Distribución de la fachada este.....	49
Ilustración 36. Distribución de la fachada sur y oeste.....	49
Ilustración 37. Zonas de la fachada para viento transversal.....	50
Ilustración 38. Zonas de la fachada para viento longitudinal.....	51
Ilustración 39. Viento exterior presión.....	53
Ilustración 40. Viento exterior presión + viento interior presión.....	53
Ilustración 41. Viento exterior presión + viento interior succión.....	53
Ilustración 42. Viento exterior succión.....	53
Ilustración 43. Viento exterior succión + viento interior presión.....	53
Ilustración 44. Viento exterior succión + viento interior succión.....	53
Ilustración 45. Generador de pórticos.....	59

Ilustración 46. Datos generales de la obra.....	59
Ilustración 47. Sobrecarga de viento.....	60
Ilustración 48. Disposición de los huecos en la estructura.	60
Ilustración 49. Huecos en la fachada.	60
Ilustración 50. Mapa de zonas de clima invernal.....	61
Ilustración 51. Sobrecarga de nieve.	61
Ilustración 52. Datos de emplazamiento de la obra (provincia).	62
Ilustración 53. Datos del emplazamiento de la obra (municipio).....	62
Ilustración 54. Dimensiones de la nave de fútbol.....	63
Ilustración 55. Dimensiones de la nave adosada.....	63
Ilustración 56. Dimensiones de las tres naves de tenis.	64
Ilustración 57. Distribución del polideportivo.....	64
Ilustración 58. Selección de correas.....	65
Ilustración 59. Tipo de perfil.	65
Ilustración 60. Datos de correas en cubierta.....	66
Ilustración 61. Dimensionamiento de los perfiles en cubierta.....	66
Ilustración 62. Comprobación de correas en cubierta.....	67
Ilustración 63. Propiedades del perfil ZF-225 x 4.0.....	67
Ilustración 64. Datos de correas en cubierta.	67
Ilustración 65. Tipo de perfil.	72
Ilustración 66. Dimensionamiento de los perfiles en fachada.	73
Ilustración 67. Comprobación de correas en fachada.	74
Ilustración 68. Propiedades del perfil ZF-250 x 4.0.....	74
Ilustración 69. Datos de correas en fachada.	74
Ilustración 70. Exportación a Cype 3D desde generador de pórticos.....	79
Ilustración 71. Parámetros para la exportación al módulo Cype 3D.	79
Ilustración 72. Cype 3D.	80
Ilustración 73. Datos generales de la obra.	80
Ilustración 74. Normativa de la obra.	81
Ilustración 75. Categoría de uso.	81
Ilustración 76. Estados límite de la obra.....	81
Ilustración 77. Exportación inicial.....	82
Ilustración 78. Sobrecarga sobre la estructura. Ejemplo Viento 180° H3	82
Ilustración 79. Diseño de la estructura.	83
Ilustración 80. Sobrecarga sobre la estructura modificada. Ejemplo Viento 180° H3.....	83
Ilustración 81. Introducción de los pilarillos.....	84
Ilustración 82. Modificación de la orientación de los ejes de los pilarillos.	84
Ilustración 83. Vinculación exterior de los pilarillos.	84
Ilustración 84. Introducción del arriostramiento longitudinal.....	85
Ilustración 85. Introducción de las cruces de San Andrés.....	85
Ilustración 86. Introducción de las barras para el forjado.....	85
Ilustración 87. Introducción del pandeo en Cype 3D.....	86
Ilustración 88. Introducción de la flecha en Cype 3D.	87
Ilustración 89. Propiedades del forjado colaborante MT-76.	88
Ilustración 90. Detalles del forjado colaborante MT-76.....	89
Ilustración 91. Datos geométricos del forjado.....	89
Ilustración 92. Materiales del forjado.....	90
Ilustración 93. Cargas del forjado.	90

Ilustración 94. Escalera de acceso a la entreplanta.....	94
Ilustración 95. Carga de Peso Propio sobre las barras.....	95
Ilustración 96. Sobrecarga de uso sobre las barras.....	95
Ilustración 97. Sobrecarga de nieve simétrica. (Valor 0.3 kN/m ²).....	96
Ilustración 98. Sobrecarga de nieve asimétrica 1.....	96
Ilustración 99. Sobrecarga de nieve asimétrica 2.....	97
Ilustración 100. Viento exterior Tipo 1.....	98
Ilustración 101. Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	98
Ilustración 102. Viento exterior Tipo 2.....	99
Ilustración 103. Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	99
Ilustración 104. Distribución de la cubierta para viento 0°.....	99
Ilustración 105. Viento exterior.....	101
Ilustración 106. Viento exterior + Succión Interior.....	101
Ilustración 107. Distribución de la cubierta para viento a 90°.....	101
Ilustración 108. Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.....	102
Ilustración 109. Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	103
Ilustración 110. Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.....	103
Ilustración 111. Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	103
Ilustración 112. Distribución de la cubierta para viento 180°.....	104
Ilustración 113. Viento exterior + Presión Interior.....	105
Ilustración 114. Viento exterior + Succión Interior.....	106
Ilustración 115. Distribución de la cubierta para viento a 270°.....	106
Ilustración 116. Momentos máximos de la estructura.....	107
Ilustración 117. Deformada máxima de la estructura.....	107
Ilustración 118. Datos generales de la obra. Cimentación.....	614
Ilustración 119. Disposición de la cimentación.....	615
Ilustración 120. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.....	631
Ilustración 121. Farola exterior.....	637
Ilustración 122. Disposición de las farolas exteriores.....	637
Ilustración 123. Lámparas suspendidas fluorescentes de 80W.....	638
Ilustración 124. Lámparas Led empotradas de 1 W.....	638
Ilustración 125. Luz de emergencia.....	638
Ilustración 126. Iluminación del almacén.....	639
Ilustración 127. Iluminación de la nave de fútbol.....	639
Ilustración 128. Luz de emergencia.....	639
Ilustración 129. Iluminación de los vestuarios.....	640

Tabla 1. Valores característicos de la sobrecarga de uso.....	5
Tabla 2. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas.....	6
Tabla 3. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.....	7
Tabla 4. Valores del coeficiente de exposición.....	9
Tabla 5. Coeficientes para el tipo de entorno.	11
Tabla 6. Coeficientes de presión interior.....	11
Tabla 7. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT.....	14
Tabla 8. Interpolaciones para viento transversal de las naves de tenis.....	21
Tabla 9. Interpolaciones para viento longitudinal de las naves de tenis.	22
Tabla 10. Valores de la presión exterior transversal de las naves de tenis.....	23
Tabla 11. . Valores de la presión exterior longitudinal de las naves de tenis.....	23
Tabla 12. Interpolaciones para viento transversal de la nave de fútbol.	25
Tabla 13. Interpolaciones para viento longitudinal de la nave de fútbol.	26
Tabla 14. Valores de la presión exterior transversal de la nave de fútbol.	27
Tabla 15. Valores de la presión exterior longitudinal de la nave de fútbol.	27
Tabla 16. Interpolaciones para viento transversal 0° de la nave adosada.	28
Tabla 17. Interpolaciones para viento transversal 180° de la nave adosada.....	29
Tabla 18. Interpolaciones para viento longitudinal de la nave adosada.	30
Tabla 19. Valores de la presión exterior transversal (0°) de la nave adosada.....	31
Tabla 20. Valores de la presión exterior transversal (180°) de la nave adosada.....	31
Tabla 21. Valores de la presión exterior longitudinal de la nave adosada.	31
Tabla 22. Valores de la presión interior de las naves de tenis.	31
Tabla 23. Valores de la presión interior de la nave de fútbol.....	31
Tabla 24. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre las naves de tenis.....	35
Tabla 25. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la nave de fútbol.	36
Tabla 26. Valores críticos de las naves de tenis sobre panel sándwich.....	37
Tabla 27. Valores críticos de las naves de tenis sobre lucernario.....	37
Tabla 28. Valores críticos de la nave de fútbol sobre panel sándwich.....	37
Tabla 29. Valores críticos de la nave de fútbol sobre lucernario.	37
Tabla 30. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la nave adosada.	39
Tabla 31. Resumen de las sobrecargas sobre las naves de tenis.....	40
Tabla 32. Resumen de las sobrecargas sobre la nave de fútbol.	40
Tabla 33. Resumen de las sobrecargas sobre la nave adosada.	41
Tabla 34. Coeficientes parciales de seguridad.....	42
Tabla 35. Coeficientes de simultaneidad.	42
Tabla 36. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT bajo tres apoyos.....	47
Tabla 37. Parametros verticales.	50
Tabla 38. Interpolaciones para viento transversal sobre la fachada.....	50
Tabla 39. Interpolaciones para viento longitudinal sobre la fachada.	51
Tabla 40. Valores de la presión exterior transversal.....	52
Tabla 41. Valores de la presión exterior longitudinal.....	52
Tabla 42. Valores de la presión interior de las naves de tenis.	52
Tabla 43. Valores de la presión interior de la nave de fútbol.....	52
Tabla 44. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la fachada.	55
Tabla 45. Resumen de las sobrecargas sobre la fachada.....	56
Tabla 46. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT bajo tres apoyos.....	57

Tabla 47. Longitudes de pandeo.....	87
Tabla 48. Parámetros de entrada.....	91
Tabla 49. Parámetros de salida. Fase de ejecución y fase de salida.....	92
Tabla 50. Parámetros de salida. Resistencia al fuego.....	93
Tabla 51. Valores de sobrecarga [kN/m ²] nieve asimétrica 1.....	96
Tabla 52. Valores de sobrecarga [kN/m ²] nieve asimétrica 1.....	97
Tabla 53. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1.....	100
Tabla 54. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1.....	100
Tabla 55. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	100
Tabla 56. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	100
Tabla 57. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2.....	100
Tabla 58. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2.....	100
Tabla 59. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	100
Tabla 60. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	100
Tabla 61. Valores fachada para Viento exterior.....	102
Tabla 62. Valores cubierta para Viento exterior.....	102
Tabla 63. Valores fachada para viento exterior + Succión Interior.....	102
Tabla 64. Valores cubierta para viento exterior + Succión Interior.....	102
Tabla 65. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.....	104
Tabla 66. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.....	104
Tabla 67. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	104
Tabla 68. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.....	104
Tabla 69. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.....	105
Tabla 70. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.....	105
Tabla 71. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	105
Tabla 72. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.....	105
Tabla 73. Valores fachada para Viento exterior + Presión Interior.....	106
Tabla 74. Valores cubierta para Viento exterior + Presión Interior.....	106
Tabla 75. Valores fachada para viento exterior + Succión Interior.....	107
Tabla 76. Valores cubierta para viento exterior + Succión Interior.....	107
Tabla 77. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.....	630
Tabla 78. Intensidad Pluviométrica i (mm/h).....	631
Tabla 79. Número de sumideros en función de la superficie de cubierta.....	632
Tabla 80. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100mm/h.....	632
Tabla 81. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h.....	633
Tabla 82. Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h.....	633
Tabla 83. Dimensiones de las arquetas.....	634
Tabla 84. USs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios.....	634
Tabla 85. Unidades de desagüe requeridas.....	635
Tabla 86. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante.....	635
Tabla 87. Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número UD.....	636
Tabla 88. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada.....	636
Tabla 89. Dimensiones de las arquetas.....	636

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se desarrollará la justificación numérica de las soluciones adoptadas, basadas en las acciones actuantes, hipótesis y las presentes combinaciones de estas, criterios y procedimientos de cálculo llevados a cabo, así como los resultados finales obtenidos para los distintos elementos que constituyen la propia estructura.

Una vez definidos los datos iniciales de la obra, las acciones actuantes y las combinaciones de carga, se llevará a cabo el dimensionamiento de todos los elementos de la estructura con ayuda del software CVPE, en concreto con los módulos diseñados para el cálculo de estructuras metálicas.

1.1 DATOS INICIALES DE LA OBRA

Como se puede observar, el proyecto se va a llevar a cabo sobre unas instalaciones ya definidas, por lo que las dimensiones de la estructura están condicionadas por estas. Además, el terreno a cubrir tiene ciertas condiciones especiales, ya que las dimensiones del campo de fútbol, como las de las pistas de tenis, están definidas por un reglamento, lo que imposibilita la variación de estas dimensiones, teniendo que cumplir las distancias mínimas y máximas definidas.

La estructura está formada por varias naves y una nave adosada. La nave adosada, está situada al lado de la nave principal situada sobre el campo de fútbol. A su lado, están las tres naves secundarias, de menores dimensiones, para las tres pistas de tenis.

NAVE PRINCIPAL

- Estructura: Construcción metálica.
- Pilares: Perfiles de acero laminado HEB 340.
- Vigas: Perfiles de acero laminado IPE 550.
- Cubierta: Cubierta simétrica a 2 aguas.
- Longitud: 48 metros.
- Luz: 24 metros.
- Distancia pórticos: 6 metros.
- Altura libre: 8 metros.
- Cota de cumbrera: 10,8 metros.
- Inclinación cubierta: 23,3% (13,134°).

NAVE ADOSADA

- Estructura: Construcción metálica.
- Pilares: Perfiles de acero laminado HEB 220.
- Vigas: Perfiles de acero laminado IPE 400.
- Cubierta: Cubierta a un agua.
- Longitud: 48 metros.
- Luz: 3 metros.
- Distancia pórticos: 6 metros.
- Altura libre: 4,3 metros.
- Cota de cumbrera: 5 metros.
- Inclinación cubierta: 23,3% (13,134°).

NAVES SECUNDARIAS

- Estructura: Construcción metálica.
- Pilares: Perfiles de acero laminado HEB 340.
- Vigas: Perfiles de acero laminado IPE 450.
- Cubierta: Cubierta simétrica a 2 aguas.
- Longitud: 36 metros.
- Luz: 18 metros.
- Distancia pórticos: 6 metros.
- Altura libre: 8 metros.
- Cota de cumbrera: 10,8 metros.
- Inclinación cubierta: 31,1% (17,282°).

CERRAMIENTOS DE CUBIERTA

- Panel sándwich sobre correas de acero conformado tipo SF.

CERRAMIENTOS DE FACHADA

- Panel sándwich sobre correas de acero conformado tipo SF.

UBICACIÓN

- Población: Santurtzi.
- Localización: Suelo deportivo municipal, en el polideportivo Mikel Trueba.

DESCRIPCIÓN GENERAL

Tanto la nave principal como la nave adosada están formadas por 9 pórticos paralelos entre sí colocados cada uno a una distancia de 6 metros, dando lugar a una construcción de dimensiones en planta de 48 metros de largo. La luz de la nave principal y de la adosada, es de 24 y 3 metros respectivamente. Las tres naves secundarias, están formadas por 7 pórticos paralelos, colocados a 6 metros, obteniendo unas dimensiones de 36 metros de largo. A su vez, la luz de estas es de 18 m. Además, en el interior de la nave principal se dispone de un pequeño forjado para la construcción de una entreplanta en la cota +5 metros, para poder obtener de un almacén de dos plantas, para todo el material deportivo que se requiera almacenar.

Para una mayor comprensión del diseño proyectado, a continuación se muestra una imagen de la estructura que va a formar las respectivas naves del polideportivo.

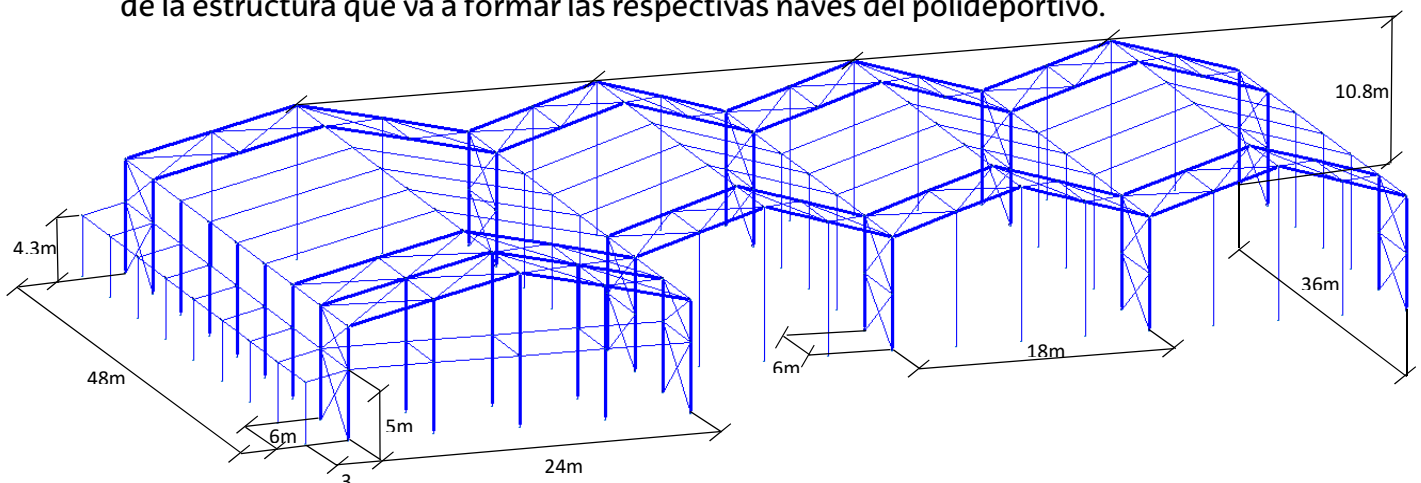


Ilustración 1. Descripción General.

2 ESTUDIO Y ANÁLISIS GENERAL DE LAS ACCIONES

En el siguiente apartado se introducen, explican y analizan individualmente las acciones permanentes y variables actuantes sobre la estructura y todos los elementos que la forman. Además, se van a estudiar los efectos de éstas para determinar el tipo de perfil óptimo para cada elemento estructural. Para ello, en los apartados siguientes de este documento, se detallan los valores y cada una de las acciones actuantes.

2.1 PARTICULARIDADES

En el Código Técnico de la Edificación se establecen los valores de las acciones actuantes sobre la estructura, tales como, sobrecarga de nieve, sobrecarga de uso y las acciones del viento. Esta última mencionada está establecida perpendicularmente sobre la superficie de la nave mediante diferentes parámetros. Sin embargo, los valores de las sobrecargas de nieve y uso son genéricos, es decir, se han establecido sobre parámetros horizontales, por lo que hay que proyectarlos sobre los faldones de la nave, para lograr su valor específico para cada nave del proyecto.

A continuación, para facilitar la comprensión de lo explicado, se va a acompañar de unas ilustraciones gráficas explicando en cada caso lo anteriormente mencionado.

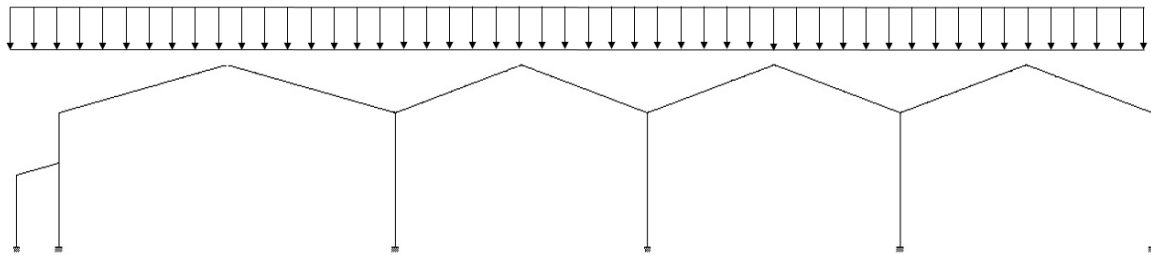


Ilustración 2. Proyección horizontal de las sobrecargas de nieve y uso.

Para poder analizar el efecto de las cargas para cada nave, estas sobrecargas han de pasarse proporcionalmente al faldón de cada nave.

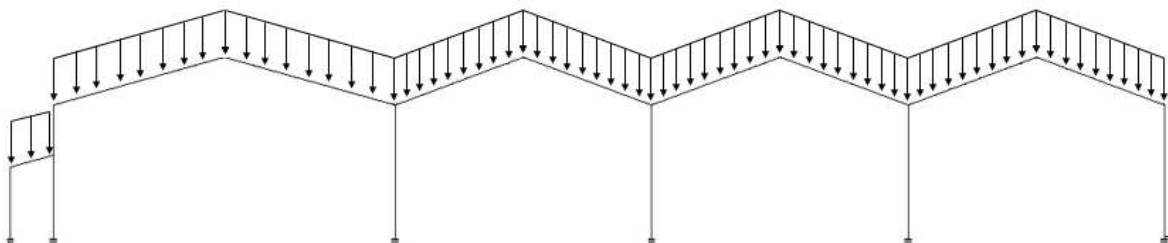


Ilustración 3. Distribución de las cargas sobre la cubierta de las naves.

2.1.1 DESCOMPOSICIÓN DE LAS CARGAS

Además de la anterior descomposición, las cargas tienen que estudiarse perpendicularmente y paralelamente respecto a la superficie, ya sea la cubierta o fachada. Como se ha mencionado anteriormente, las acciones del viento están establecidas perpendicularmente sobre la envolvente del edificio. Sin embargo, tanto las sobrecargas de uso y nieve, como las cargas causadas por el peso propio, hay que descomponerlas respecto a esta condición, obteniendo el valor paralelo y perpendicular de cada acción.

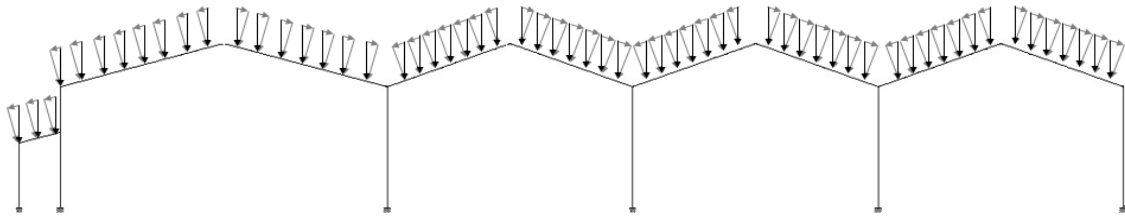


Ilustración 4. Componentes de las cargas.

En primer lugar se representa, de forma vectorial, la descomposición de las cargas en dirección perpendicular a la superficie de la cubierta del polideportivo.

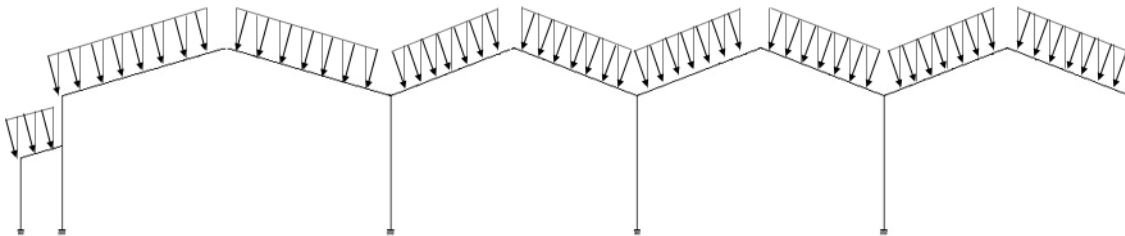


Ilustración 5. Componente vertical de las cargas.

A continuación se representa, de forma vectorial, la descomposición de las cargas en la dirección paralela a los faldones de la cubierta del polideportivo.

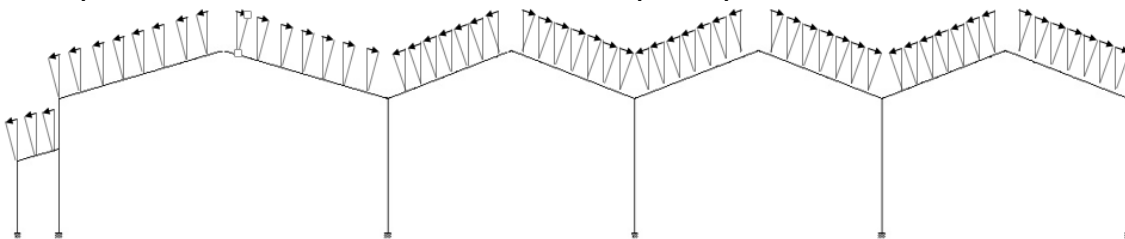


Ilustración 6. Componente horizontal de las cargas.

2.2 PESO PROPIO

A la carga permanente actuante formada por el peso propio de todos los elementos estructurales, cerramientos y elementos separadores, tabiquería, carpinterías, revestimientos, rellenos y equipo fijo, se le denomina peso propio. Su valor característico se determina, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de su peso específico medio. Sin embargo, este valor es desconocido hasta la determinación de cada uno de los elementos, por lo que se establecerá en la comprobación correspondiente de cada uno de ellos.

2.3 SOBRECARGA DE USO

A la sobrecarga de uso se la denomina como el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, es decir, toda carga móvil o variable que actúa sobre una estructura que es superior a la normal. Generalmente dicho efecto puede simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. Los valores característicos de la sobrecarga de uso dependerán de la categoría a la que corresponda la cubierta considerada de acuerdo a lo establecido en la Tabla 3.1 del Documento Básico SE-AE del CTE, denominada en este documento como la tabla 1.

Tabla 1. Valores característicos de la sobrecarga de uso.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

⁽⁴⁾ El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.

⁽⁵⁾ Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².

⁽⁷⁾ Esta sobrecarga de uso no será concomitante con el resto de acciones variables.

En este caso, las cubiertas de las naves del polideportivo son ligeras sobre correas (sin forjado), y únicamente accesibles para la conservación de las mismas, lo que corresponde a una categoría de uso G1 (Cubiertas accesibles únicamente para conservación). Por lo tanto, se considera la sobrecarga de uso como una carga uniformemente distribuida en proyección horizontal de valor **0,4 kN/m²**.

2.4 SOBRECARGA DE NIEVE

La distribución e intensidad de la sobrecarga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

La determinación de su valor se establece según el Documento Básico SE-AE donde se establece el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal como q_n , obteniendo su valor de la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Donde:

- μ : coeficiente de forma de la cubierta.
- s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

La determinación del valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (s_k) se establece según la Tabla 3.8 del Documento Básico SE-AE del CTE, denominada tabla 2, que incluye los siguientes valores para las capitales de provincia y ciudades autónomas indicadas.

Tabla 2. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas.

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,3
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián / Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	1,2	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,5	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,7	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,6	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,2	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia / València	690	0,2
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	1.010	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	70	0,4	Pamplona / Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2
	690	0,5						

De la tabla se obtendría el valor $s_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$ para una altitud de 0 metros para la capital de provincia Bilbao. Sin embargo, el polideportivo se ubica en el municipio vizcaíno de Santurtzi, a una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar, y aunque el valor no sea muy superior, hay que obtenerlo según el Anejo E (Datos Climáticos) del Documento Básico SE-AE del CTE, al ser más restrictivo. El valor s_k , se toma a partir de los datos que se muestran en la Figura E.2 (Zonas climáticas de invierno) y la Tabla E2 (Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal) del Anejo E del Documento Básico SE-AE del CTE, que se muestran a continuación, denominadas ilustración 7 y tabla 3.



Ilustración 7. Zonas climáticas de invierno.

Tabla 3. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Por lo tanto, el municipio de Santurtzi al pertenecer a una zona de clima invernal 1 y al tener una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar se calcula el valor s_k interpolando de la Tabla E.2 del Anejo E del Documento Básico SE-AE del CTE, obteniendo un valor de:

$$s_k = 0,306 \text{ kN/m}^2$$

Por otra parte, el valor del coeficiente de forma de la cubierta, μ , se determina de acuerdo a lo establecido en el apartado 3.5.3 del Documento Básico SE-EA. El viento puede acompañar o seguir a las nevadas, lo que origina un depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas, de modo que el espesor de la capa de nieve puede ser diferente en cada faldón. Por lo tanto, según la normativa, se considerará dicho valor mediante el coeficiente de forma. En el caso a estudiar, todos los faldones tienen una inclinación menor que 30° , por lo que el factor de forma toma el valor: $\mu = 1$. Sin embargo, al ser colindantes las naves, los faldones limitan inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve, y por lo tanto en dichas zonas, habría que aumentar dicho valor de forma proporcional al impedimento. En el apartado previamente nombrado, el apartado 3.5.3 del Documento Básico SE-EA, se explica que si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones, β , es mayor de 30° , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será $\mu = 1 + \beta/30^\circ$ en una anchura de 2m. Por lo que tendríamos un valor del factor de forma de 2 en las limahoyas al superar dicho ángulo.

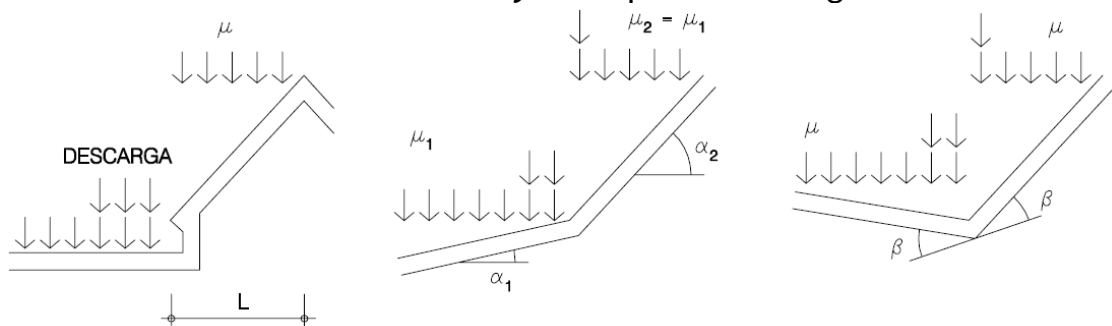


Ilustración 8. Coeficiente de forma en faldones.

Por lo tanto, se considera la sobrecarga de nieve como una carga uniformemente distribuida en proyección horizontal de valor $0,612 \text{ kN/m}^2$ a dos metros de las limahoyas y de $0,306 \text{ kN/m}^2$ en el resto de la cubierta.

2.5 SOBRECARGA DE VIENTO

La fuerza ejercida sobre la estructura por las acciones del viento se le denomina sobrecarga de viento. La distribución y el valor de las presiones y las fuerzas resultantes, dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento. Como se ha mencionado anteriormente, dicha fuerza es perpendicular a la superficie y según el Documento Básico SE-EA se expresa como q_e siendo su valor:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

- q_b : Presión dinámica del viento.
- C_e : Coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.
- C_p : Coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Este coeficiente adopta un valor negativo para las situaciones a succión.

PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO

La presión dinámica del viento viene definida en el Anejo D del Documento Básico SE-EA del CTE, donde se puede obtener su valor en función de la densidad del aire y del valor básico de la velocidad del viento. Sin embargo, también se puede obtener del mapa de la ilustración 9, donde, respectivamente es de 0,42 kN/m², 0,45 kN/m² y 0,52 kN/m² para las zonas A, B y C de dicho mapa.

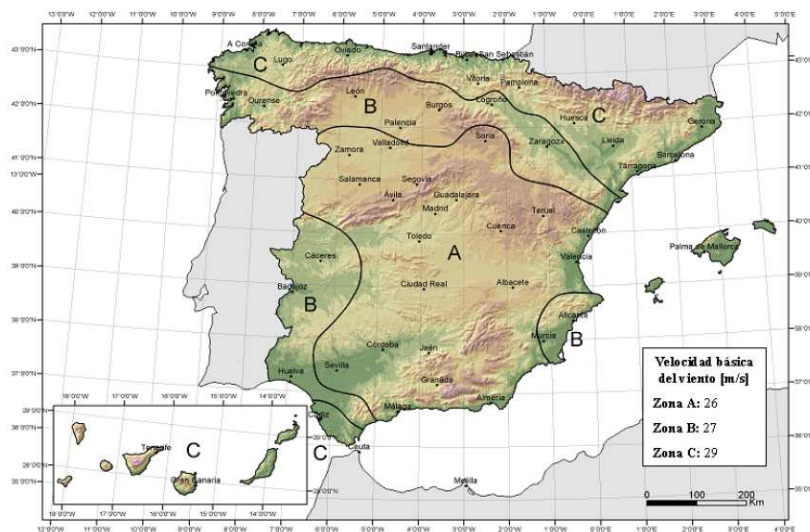


Ilustración 9. Valor básico de la velocidad del viento.

Por lo tanto, como Santurtzi está situada en la zona C el valor de la presión dinámica es de 0,52kN/m².

COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN

Del mismo modo, el coeficiente de exposición viene definido, según el apartado 3.3.3 (Coeficiente de exposición) del Documento Básico SE-AE, como el coeficiente que tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno.

Su valor se puede tomar de la tabla 4, en función de la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento y del grado de aspereza del entorno en el que se ubique.

Tabla 4. Valores del coeficiente de exposición.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

El polideportivo Mikel Trueba está situado en el borde del mar, por lo tanto su grado de aspereza del entorno es I. Sin embargo, al existir dos tipos de vientos que actúan sobre la estructura, el viento exterior y por otro el viento interior (causado debido a las aperturas o huecos en los cerramientos como por ejemplo las puertas, ventanas...) el viento genera diferentes fuerzas sobre la envolvente de la estructura, y por lo tanto hay que tener en cuenta las diferentes alturas para sus respectivos coeficientes de exposición. A continuación se detallan los valores de coeficientes de exposición y de presión para las situaciones de viento exterior y viento interior.

2.5.1 PRESIÓN EXTERIOR

Para el cálculo de la presión exterior se utiliza la fórmula anteriormente mencionada:

$$q_{e\text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e\text{ Ext}} \cdot C_{p\text{ Ext}}$$

La presión dinámica del viento (q_b) es la obtenida anteriormente, que tiene como valor $0,52\text{kN/m}^2$. Para el cálculo del coeficiente de exposición exterior, se utiliza la tabla 3.4 del Documento Básico SE-AE anteriormente nombrada. La nave principal y las naves secundarias tienen la misma altura en la cubierta de 10,8 metros. Por lo tanto, para el coeficiente de exposición de la cubierta hay que considerar su altura a 10,8 metros por lo que interpolando da un valor de $c_e=3,06$. Sin embargo, la nave adosada tiene menos altura, siendo esta de 5 metros por lo que su valor interpolando de la tabla es de $c_e=2,6$. Para la fachada hay que considerar una altura de 8 metros, ya que se va a considerar una única fachada en todo el edificio, donde interpolando da el valor de $c_e=2,9$. Estos tres coeficientes de exposición, estarían definidos para la sobrecarga del viento exterior, es decir la presión que ejerce el viento sobre la envolvente exterior de la fachada (su valor se calculará posteriormente para cada nave al calcular el coeficiente eólico o de presión).

2.5.2 PRESIÓN INTERIOR

Como anteriormente se ha mencionado, la presión interior es causada debido a las aperturas o huecos en los cerramientos como por ejemplo las puertas o ventanas. Su valor se obtiene de la misma fórmula anteriormente citada:

$$q_{e\text{ Int}} = q_b \cdot C_{e\text{ Int}} \cdot C_{p\text{ Int}}$$

La presión dinámica del viento (q_b) es de nuevo la obtenida anteriormente, que tiene como valor $0,52\text{kN/m}^2$. El cálculo del coeficiente de exposición exterior se logra mediante la cota desde el suelo hasta el punto medio de la apertura. En este proyecto, se consideran huecos para el estudio las tres puertas de las naves de tenis de la fachada delantera (fachada este) y la puerta de la nave del campo de fútbol de la fachada norte.

Por lo tanto, hay que considerar 4 huecos en el proyecto, siendo los huecos de las naves de tenis dos metros de alto y un metro y medio de ancho y el hueco de la nave de fútbol de dos metros y medio de alto por dos metros y medio de ancho. A continuación se ilustran las dimensiones gráficamente.

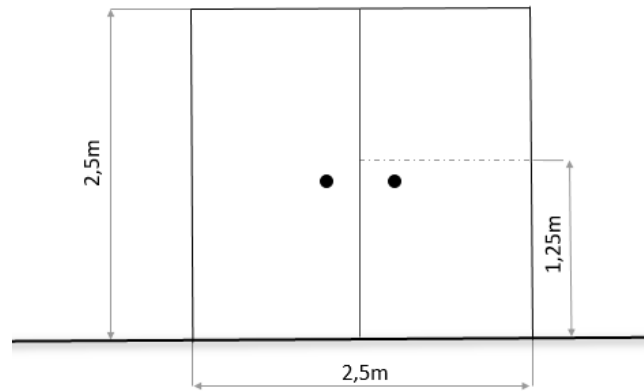


Ilustración 10. Puerta para la nave de fútbol.

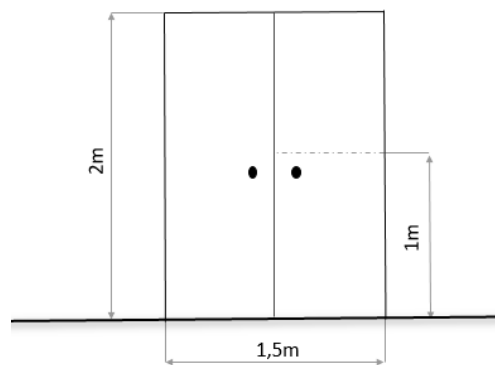


Ilustración 11. Puerta para las naves de tenis.

Por lo tanto, se debe calcular el valor del coeficiente de exposición para la presión interior, para unas alturas de 1 metro y 1,25 metros, correspondientes al punto medio de las puertas de tenis y fútbol respectivamente, para un grado de aspereza I, como anteriormente se ha explicado. Los valores para dichas alturas, no se contemplan en la tabla 3.4 del Apartado 3.3.3 del DB SE-AE, por lo que la determinación de los coeficientes se lleva a cabo de acuerdo a lo indicado en el Anejo D, apartado D.2 (Coeficiente de exposición) del ya citado Documento Básico. En éste, el coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

$$C_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

Donde:

$$F = k \cdot \ln \left(\frac{\max(z, Z)}{L} \right)$$

Siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2 (Coeficientes para el tipo de entorno) del DB SE-AE, denominada en este documento como tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes para el tipo de entorno.

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Por lo tanto para las naves de tenis el cálculo es el siguiente (altura del punto medio de un metro y grado de aspereza del terreno de I):

$$F = 0,156 \cdot \ln \left(\frac{\max(1, 1)}{0,003} \right) \rightarrow 0,156 \cdot \ln \left(\frac{1}{0,003} \right) = 0,91$$

Por lo que:

$$C_e = 0,91 \cdot (0,91 + 7 \cdot 0,156) = 1,81$$

Para la nave de fútbol el cálculo es el siguiente (altura del punto medio de 1,25 metros y grado de aspereza del terreno de I):

$$F = 0,156 \cdot \ln \left(\frac{\max(1,25, 1)}{0,003} \right) \rightarrow 0,156 \cdot \ln \left(\frac{1,25}{0,003} \right) = 0,94$$

Por lo que:

$$C_e = 0,94 \cdot (0,94 + 7 \cdot 0,156) = 1,91$$

El cálculo del coeficiente eólico para la presión interior se lleva a cabo según la tabla 3.6 (Coeficientes de presión interior) del apartado 3.3 (Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanos) del DB SE-AE, denominada tabla 6. En dicho apartado, se establecen diferentes coeficientes de presión interior en función del área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio y de la esbeltez en el plano paralelo al viento.

Tabla 6. Coeficientes de presión interior.

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio											
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	

Siendo la esbeltez en el plano paralelo al viento:

$$\chi = \frac{\text{maxima altura rasante del edificio}}{\text{distancia en la direccion viento}}$$

Debido a que el viento puede venir de ambas direcciones, el coeficiente para los huecos (las puertas de las naves de tenis y la puerta de la nave de fútbol) tiene que calcularse ya sea cuando el hueco esté a barlovento como a sotavento, ya que el hueco puede estar sometido a ambos estados.

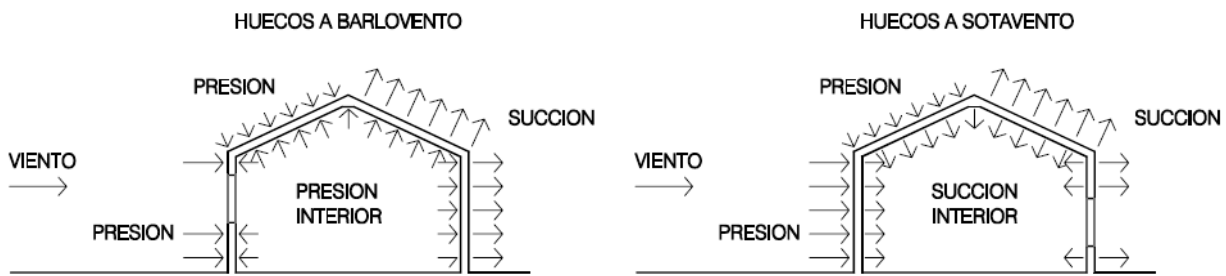


Ilustración 12. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana.

HUECO TENIS

La puerta de tenis tiene unas dimensiones de dos metros de alto y un metro y medio de ancho, como anteriormente se ha mencionado, es decir un hueco de 3m^2 . Sin embargo, es el único hueco en toda la nave. Como también se ha mencionado anteriormente, las naves tienen una altura de 10,8 metros y la longitud del plano paralelo al viento es de 18 metros, por lo que la esbeltez en dicho plano es de:

$$\chi = \frac{10,8}{18} = 0,6 \leq 1$$

Como se ha mencionado hay que calcular el hueco tanto cuando este a barlovento como a sotavento. Al tener solo un hueco, el área total de los huecos es exactamente el del hueco a estudiar, es decir 3m^2 . Por lo tanto, cuando el hueco este a barlovento el área de huecos a succión será de cero, y cuando el hueco este a sotavento el área de huecos a succión será de 3m^2 .

<u>Huecos a barlovento</u>	<u>Huecos a sotavento</u>
$\frac{A_{HS}(\text{area de huecos a succión})}{A_T(\text{area total})} = \frac{0 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2} = 0$	$\frac{A_{HS}(\text{area de huecos a succión})}{A_T(\text{area total})} = \frac{3 \text{ m}^2}{3 \text{ m}^2} = 1$
$C_{p \text{ Int}} = 0,7 \text{ (presión)}$	$C_{p \text{ Int}} = -0,5 \text{ (succión)}$

Por lo tanto, el valor de la presión interior, ejercida sobre las naves de tenis, sería la multiplicación de los valores previamente calculados, es decir, $q_b = 0,52\text{kN/m}^2$, $C_e = 1,81$, $C_{p \text{ Int}} = 0,7$ (a presión) o $C_{p \text{ Int}} = -0,5$ (a succión).

Presión interior ejerciendo presión ($q_{e \text{ Int}}(\text{Presión}) = 0,52\text{kN/m}^2 \cdot 1,81 \cdot 0,7 = 0,659\text{kN/m}^2$)

Presión interior ejerciendo succión ($q_{e \text{ Int}}(\text{Succión}) = 0,52\text{kN/m}^2 \cdot 1,81 \cdot (-0,5) = -0,471\text{kN/m}^2$)

HUECO FUTBOL

La puerta de fútbol tiene unas dimensiones de dos metros y medio de alto por dos metros y medio de ancho como anteriormente se ha mencionado, es decir un hueco de $6,25\text{m}^2$. Como ocurre con las naves de tenis, este hueco también es el único hueco en toda la nave. La nave tienen una altura de 10,8 metros y la longitud del plano paralelo al viento es de 48 metros, por lo que la esbeltez en dicho plano es de:

$$\chi = \frac{10,8}{48} = 0,225 \leq 1$$

Hay que proceder tal y como se ha hecho con las naves de tenis, es decir, hay que calcular el hueco tanto cuando este a barlovento como a sotavento. Al tener solo un hueco, el área total de los huecos es exactamente el del hueco a estudiar, es decir $6,25\text{m}^2$. Por lo tanto, cuando el hueco este a barlovento el área de huecos a succión será de cero, y cuando el hueco este a sotavento el área de huecos a succión será de $6,25\text{m}^2$.

<u>Huecos a barlovento</u>	<u>Huecos a sotavento</u>
$\frac{A_{HS}(\text{area de huecos a succión})}{A_T(\text{area total})} = \frac{0 \text{ m}^2}{6,25 \text{ m}^2} = 0$	$\frac{A_{HS}(\text{area de huecos a succión})}{A_T(\text{area total})} = \frac{6,25 \text{ m}^2}{6,25 \text{ m}^2} = 1$
$c_{p \text{ Int}} = 0,7 \text{ (presión)}$	$c_{p \text{ Int}} = -0,5 \text{ (succión)}$

Por lo tanto, el valor de la presión interior, ejercida sobre las naves de tenis, sería la multiplicación de los valores previamente calculados, es decir, $q_b = 0,52\text{kN/m}^2$, $C_e = 1,91$, $c_{p \text{ Int}} = 0,7$ (a presión) o $c_{p \text{ Int}} = -0,5$ (a succión).

Presión interior ejerciendo presión ($q_{e \text{ Int (Presión)}}$) = $0,52\text{kN/m}^2 \cdot 1,91 \cdot 0,7 = 0,696\text{N/m}^2$

Presión interior ejerciendo succión ($q_{e \text{ Int (Succión)}}$) = $0,52\text{kN/m}^2 \cdot 1,81 \cdot (-0,5) = -0,497\text{kN/m}^2$

3 CERRAMIENTOS EN LA CUBIERTA

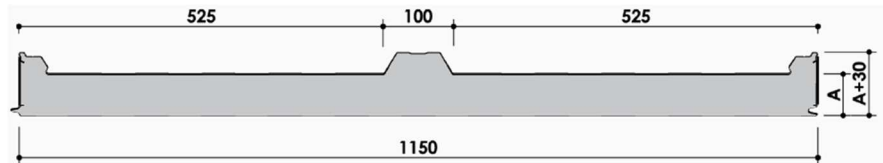
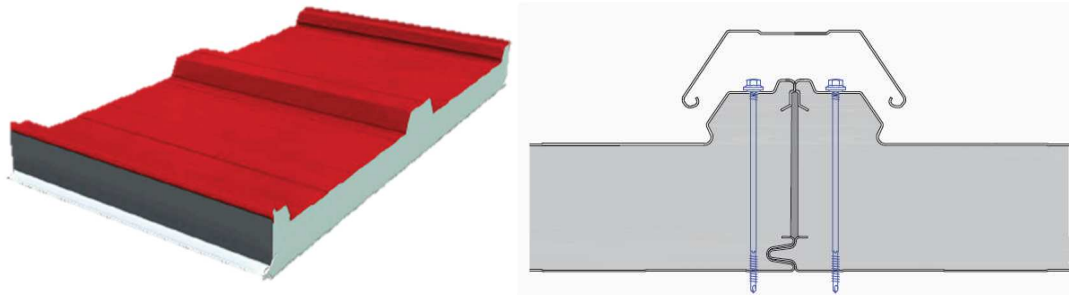
En este apartado del proyecto se procede a la explicación de los valores de las cargas obtenidos para el dimensionamiento de los cerramientos en cubierta, el tipo de cerramiento escogido y la distancia entre correas de estos.

3.1 TIPO DE CERRAMIENTO ESCOGIDO

Para el cerramiento de cubierta se opta por unos paneles tipo sándwich de la gama HI-CT suministrados por la empresa Huurre y unos lucernarios de la gama Complet del mismo proveedor, compatibles con dichos paneles sándwich.

3.1.1 PANEL SÁNDWICH HI-CT

Los paneles sándwich son un cerramiento ligero de alto poder aislante, que gracias a sus juntas estancas machihembradas garantizan la total estanqueidad del cerramiento. Están formados con un núcleo aislante rígido (a escoger entre espuma PIR o PIRM [poliisocianuratos]) y las caras exteriores con una chapa perfilada de acero estructural, disponible en diversos espesores de acero, recubrimientos y colores. Dichas chapas están perfiladas en frío a partir de bobina de acero estructural tipo S220GD, de calidad certificada. La cara superior esta grecada, y la cara inferior ligeramente perfilada. Ambas caras, tienen espesores estándar de chapa de $0,5 \text{ mm}$, aunque se puede disponer de otros espesores bajo consulta.



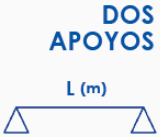
Ancho útil	1.150 mm						
Longitud de fabricación	2,0 a 13,5 m						
	13,5 a 16,0 m (transporte especial)						
Conductividad térmica	0,0195 W/mK						
Conductividad térmica declarada¹	0,0217 W/mK (considerando núcleo envejecido)						
Densidad del núcleo aislante	40 ± 5 kg/m ³						
Espesor núcleo aislante (A)	30	40	50	60	80	100	120 (mm)
Peso	9,93	10,33	10,73	11,13	11,93	12,73	13,53 (kg/m ²)
Transmitancia térmica¹ (PIR / PIRM)	0,63	0,49	0,40	0,34	0,26	0,22	0,17 (W/m ² K)
Resistencia térmica² (PIR/PIRM)	1,43	1,89	2,35	2,81	3,73	4,65	5,58 (m ² K/W)

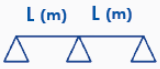
NOTAS: (1) Transmitancia térmica determinada acorde a norma UNE-EN 14509, considerando el efecto del envejecimiento del núcleo aislante, y certificada mediante la marca N de AENOR.
 (2) Para chapas de 0,5mm (int/ext).

Ilustración 13. Panel sándwich HI-CT.

Existen dos configuraciones diferentes en cuanto al perfil exterior del panel se refiere, pudiendo elegir entre panel en dos apoyos y panel en tres apoyos, ambos en siete espesores distintos, cada cual con un valor máximo admisible entre apoyos (m), en función del espesor del panel (mm) y la carga característica descendente uniformemente repartida (daN/m²).

Tabla 7. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT.

 DOS APOYOS L (m)	Cargas descendentes (daN/m ²)							
	Espesor (mm)	50	75	100	125	150	175	200
30	3,85	3,35	3,10	2,85	2,70	2,55	2,45	
40	4,25	3,70	3,40	3,15	2,95	2,80	2,70	
50	4,60	4,00	3,65	3,40	3,20	3,00	2,90	
60	4,80	4,20	3,80	3,55	3,35	3,20	3,00	
80-120	5,30	4,60	4,20	3,90	3,65	3,50	3,35	

 TRES APOYOS L (m) L (m)	Cargas descendentes (daN/m ²)							
	Espesor (mm)	50	75	100	125	150	175	200
30	4,35	3,80	3,45	3,20	3,00	2,85	2,75	
40	4,80	4,20	3,80	3,50	3,30	3,15	3,00	
50	5,15	4,50	4,10	3,80	3,55	3,40	3,25	
60	5,45	4,80	4,35	4,05	3,80	3,60	3,45	
80-120	6,00	5,25	4,80	4,45	4,15	3,95	3,80	

1da/m² ≈ 1 kg/m²

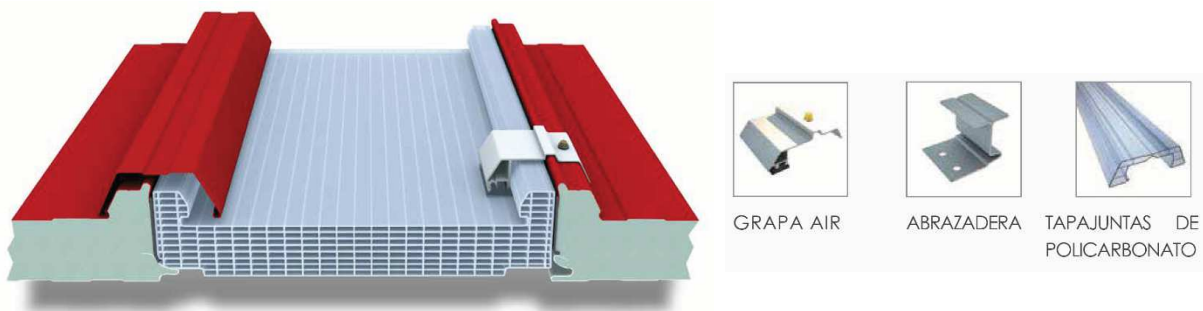
NOTAS: Valores calculados en laboratorio para flexión máxima L/200.
 Para valores acorde a la Norma Europea EN 14509, consultar con nuestro departamento técnico.

Atendiendo a las necesidades y en función de las cargas actuantes, se escoge un panel con un espesor de total de 30 mm montado sobre tres apoyos. Las chapas exteriores que forman el panel se escogen con un espesor de 0,5 mm. Se coloca el mismo tipo de panel tanto en la cubierta de la nave de fútbol, como las naves de tenis, como en la cubierta a un agua de la nave adosada. Por lo tanto:

- Tipo de panel: HI-CT en 3 apoyos.
- Espesor del panel: 30 mm.
- Chapas exteriores de espesor: 0,5 mm.
- Peso del panel: 9,93 kg/m².
- Ancho del panel: 1,15 m.
- Longitud de fabricación: de 2,0 m a 13,5 m y 13,5 m a 16,0 m bajo transporte especial.

3.1.2 LUCERNARIO COMPLET

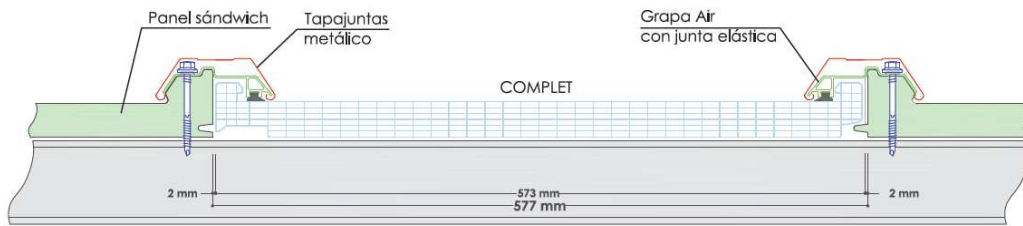
Para los lucernarios se utiliza un lucernario modular de policarbonato celular, con alta protección frente a los rayos U.V, de alta durabilidad, elevado aislamiento térmico y de fácil y sencillo montaje. La aplicación de estos lucernarios es la iluminación natural en cubiertas aislantes ejecutadas con el panel HI-CT para edificación industrial, residencial, comercial e instalaciones deportivas.



Espesor	30 mm
Ancho útil del módulo	573 mm
Longitud del panel	Sin límite
Máxima distancia entre soportes	1.500 mm
Transmisión de la luz	42% (blanco opal)
Rango de temperaturas de servicio	-40°C a +120°C
Aislamiento acústico	21 dB
Aislamiento térmico	1,28 W/m ² K
Reacción al fuego	Euroclase B,s1,d0
Coefficiente de dilatación lineal	0,065 mm/m°C (lineal)

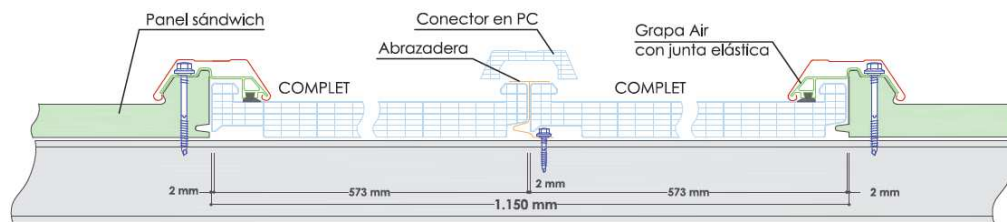
Ilustración 14. Lucernario Complet.

Dichos lucernarios, están diseñados para ser modulados con el panel HI-CT, de tal forma que existen dos configuraciones diferentes, el montaje simple con un ancho útil de 573 mm o el montaje doble con un ancho útil de 1.150 mm.



COLOCACIÓN PLACA SIMPLE

Ilustración 15. Montaje simple de lucernario Complet.



COLOCACIÓN PLACA DOBLE

Ilustración 16. Montaje doble de lucernario Complet.

Cada montaje tiene un valor máximo admisible entre apoyos (m), en función de la carga característica descendente uniformemente repartida (daN/m^2). El siguiente gráfico de cargas corresponde a la aplicación para lucernarios dispuestos en más de dos vanos, cuyos valores corresponden a ensayos realizados en laboratorios arcoPlus.

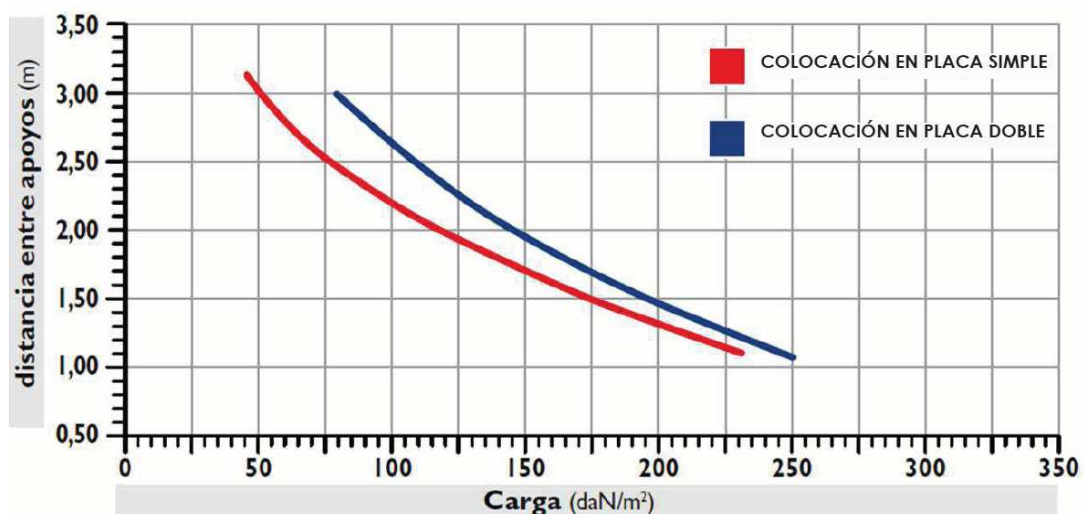


Ilustración 17. Gráfica de distancias máximas admisibles entre apoyos para lucernario Complet.

Atendiendo a las necesidades y en función de las cargas actuantes, se escoge el montaje doble con un ancho útil de 1.150 mm. Se coloca el mismo tipo de lucernario tanto en la cubierta de la nave de fútbol, como en las naves de tenis. Por lo tanto:

- Espesor del panel: 30 mm.
- Ancho del panel: Montaje doble con un ancho útil de 1.150 mm.
- Longitud de panel: Sin límite.
- Transmisión de la luz: 42% (blanco opal).

3.2 ESTUDIO DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS

En el siguiente apartado se van a estudiar las acciones generales previamente analizadas para cada cubierta. Como anteriormente se ha mencionado, los valores de las sobrecargas de nieve y uso hay que proyectarlos sobre los faldones de la nave. Además, dichas cargas y las correspondientes al peso propio, hay que descomponerlas para obtener los componentes paralelo y perpendicular respecto a la cubierta. Ya que ambas proyecciones varían según la inclinación de la cubierta, y la inclinación de las naves de tenis en comparación con la nave de fútbol varía, hay que estudiar ambos tipos de nave por separado. Sin embargo, al compartir el mismo ángulo de inclinación, la nave adosada y la nave de fútbol comparten las sobrecargas de peso propio, nieve y uso, por lo que solo se va a estudiar una. En el apartado 3.2.4 Sobrecarga de Viento se van a volver a separar al tener diferentes coeficientes.

3.2.1 PESO PROPIO

En primer lugar se obtiene el valor del peso propio del panel escogido por unidad de superficie, es decir kN por m²:

· Peso propio:

$$9,93 \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{9,81 N}{1 kg} \cdot \frac{1 kN}{10^3 N} = 0,098 \frac{kN}{m^2}$$

A continuación, se descompone dicho esfuerzo en sus correspondientes componentes perpendicular y paralela al faldón de las naves de tenis, es decir bajo una inclinación de 17,282°:

$$Peso Propio_{\perp Ten} = 0,098 \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,094 \frac{kN}{m^2}$$

$$Peso Propio_{\parallel Ten} = 0,098 \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,03 \frac{kN}{m^2}$$

Una vez obtenidas las correspondientes componentes para las naves de tenis, se procede a hacer lo mismo con las de fútbol. Es decir, se obtienen las componentes perpendicular y paralela al faldón de la nave de fútbol, bajo una inclinación de 13,134°:

$$Peso Propio_{\perp Fut} = 0,098 \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,096 \frac{kN}{m^2}$$

$$Peso Propio_{\parallel Fut} = 0,098 \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,023 \frac{kN}{m^2}$$

3.2.2 SOBRECARGA DE USO

Como ya se ha comentado, esta sobrecarga de valor 0,4 kN/m² se debe proyectar sobre la cubierta de la nave, y luego obtener las componentes paralela y perpendicular de dicho valor respecto la inclinación de la cubierta. Primero se va a proceder a proyectar el valor sobre la cubierta de las naves de tenis, y posteriormente sobre las de fútbol.

Sobrecarga de uso = $0,4 \frac{kN}{m^2}$ (proyección horizontal)

-Respecto a la cubierta de tenis (17,282°):

$$q_{u Ten} = 0,4 \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,382 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{u\perp Ten} = q_{u Ten} \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,382 \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,365 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{u\parallel Ten} = q_{u Ten} \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,382 \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,114 \frac{kN}{m^2}$$

-Respecto a la cubierta de fútbol (13,134°):

$$q_{u Fut} = 0,4 * \cos(13,134^\circ) = 0,390 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{u \perp Fut} = q_{u Fut} \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,390 \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,380 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{u \parallel Fut} = q_{u Fut} \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,390 \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,09 \frac{kN}{m^2}$$

3.2.3 SOBRECARGA DE NIEVE

Como anteriormente se ha calculado, el valor de la sobrecarga de nieve es de valor 0,612kN/m² a dos metros de las limahoyas y de 0,306 kN/m² en el resto de la cubierta, sobre una proyección horizontal. Por lo tanto, hay que proyectar dichos valores sobre las cubiertas de nuevo.

Sobrecarga de nieve = 0,306 $\frac{kN}{m^2}$ (proyección horizontal)

-Respecto a la cubierta de tenis (17,282°):

$$q_{n Ten} = 0,306 * \cos(17,282^\circ) = 0,2922 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{n \perp Ten} = q_{n Ten} \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,2922 \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,279 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{n \parallel Ten} = q_{n Ten} \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,2922 \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,087 \frac{kN}{m^2}$$

-Respecto a la cubierta de fútbol (13,134°):

$$q_{n Fut} = 0,306 * \cos(13,134^\circ) = 0,298 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{n \perp Fut} = q_{n Fut} \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,298 \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,291 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{n \parallel Fut} = q_{n Fut} \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,298 \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,068 \frac{kN}{m^2}$$

Sobrecarga de nieve a 2 metros de las limahoyas = 0,612 $\frac{kN}{m^2}$ (proyección horizontal)

-Respecto a la cubierta de tenis (17,282°):

$$q_{nL Ten} = 0,612 * \cos(17,282^\circ) = 0,585 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{nL \perp Ten} = q_{nL Ten} \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,585 \cdot \cos(17,282^\circ) = 0,559 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{nL \parallel Ten} = q_{nL Ten} \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,585 \cdot \sin(17,282^\circ) = 0,174 \frac{kN}{m^2}$$

-Respecto a la cubierta de fútbol (13,134°):

$$q_{nL Fut} = 0,612 * \cos(13,134^\circ) = 0,596 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{nL \perp Fut} = q_{nL Fut} \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,596 \cdot \cos(13,134^\circ) = 0,581 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{nL \parallel Fut} = q_{nL Fut} \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,596 \cdot \sin(13,134^\circ) = 0,1355 \frac{kN}{m^2}$$

3.2.4 SOBRECARGA DE VIENTO

En el apartado anterior se ha comentado que la sobrecarga de viento tiene dos acciones posibles, el viento interior y el viento exterior. La presión del viento interior se ha calculado anteriormente para cada nave. Sin embargo, para el viento exterior se han calculado todos los coeficientes excepto el coeficiente de presión, por lo que se va a calcular en el siguiente apartado.

Para el cálculo de la presión exterior en la cubierta se utiliza la fórmula anteriormente mencionada, con los valores de la presión dinámica del viento y del coeficiente de exposición anteriormente calculados:

$$q_{e\text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e\text{ Ext}} \cdot C_{p\text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52\text{kN/m}^2$
- $C_{e\text{ Ext}} = 3,06$

Por lo siguiente, para conseguir el valor de la presión exterior el único coeficiente desconocido es el coeficiente de presión. Su valor se puede obtener según el apartado D.3 (Coeficientes de presión exterior) del Anejo D del Documento Básico SE-AE. En dicho apartado se explica que los coeficientes de presión exterior, c_p , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia. Por lo tanto, ya que el proyecto incluye diferentes edificios de diferentes áreas, se van a estudiar por separado.

3.2.4.1 COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LAS NAVES DE TENIS

Las naves de tenis, tienen una longitud de 36 metros de largo, una luz de 18 metros, paredes de 8 metros de altura y la cota de cumbrera es de 10,8 metros. Por lo tanto, la inclinación de la cubierta es de 31,1% (= 17,282°).

Los paneles escogidos, tanto los paneles sándwich como los lucernarios tienen una anchura de 1,15 metros, y se colocan sobre cada uno de los faldones de cubierta; desde cumbrera hasta el borde inferior del faldón. Sin embargo, como posteriormente se va a calcular, existen zonas más críticas que otras, y en dichas áreas se evita poner lucernarios al tener menor resistencia que los paneles sándwich. Para el cálculo, se va a considerar como un panel continuo ya que tanto la carga admisible como la sobrecarga de viento se calculan por unidad de superficie, es decir por m^2 . Por lo tanto, la distancia entre la cota de cumbrera y el faldón inferior es de 9,43 metros.

Se emplean, por lo tanto, un total de 10 lucernarios y 32 paneles sándwich (22 de ellos completos y 10 de ellos recortados para la incorporación de los lucernarios) en cada faldón de cada nave de tenis. A continuación se muestra la distribución de estos.

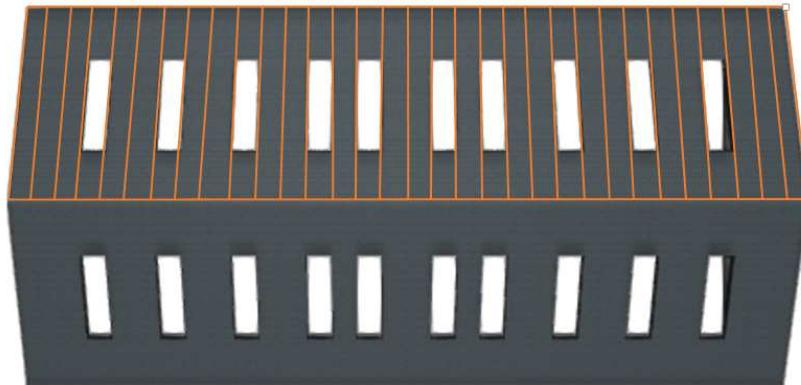


Ilustración 18. Distribución de la cubierta de tenis.

Para la comprobación de la resistencia de los paneles de cubierta se debe tener en cuenta el metro cuadrado más desfavorable. Para la determinación del coeficiente de presión para el viento exterior, se debe determinar, en metros cuadrados, las áreas tributarias de los paneles de la cubierta.

Como ya se ha explicado, se considera la cubierta total como una única, tomando valores del Anejo D Acción del viento del CTE, para cubiertas a 2 aguas.

- Cubierta a dos aguas
- $A = 9,43 \text{ m (largo)} \cdot 1,15 \text{ m (ancho)} = 10,85 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- $= 17,282^\circ$

Al tratarse de un área tributaria superior a 10 m^2 los valores están tabulados en el ya citado Anejo D. Sin embargo, el valor de la pendiente de cubierta empleada en la construcción de la cubierta no aparece en la tabla, por lo que habrá que realizar interpolaciones para obtener los valores requeridos.

A continuación, se procede a calcular los coeficientes de presión exterior para la cubierta. Se distinguen dos direcciones principales para el viento exterior: transversal y longitudinal.

VIENTO TRANSVERSAL

El valor del coeficiente de presión para el viento transversal se obtiene del DB SE-AE 30.

Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

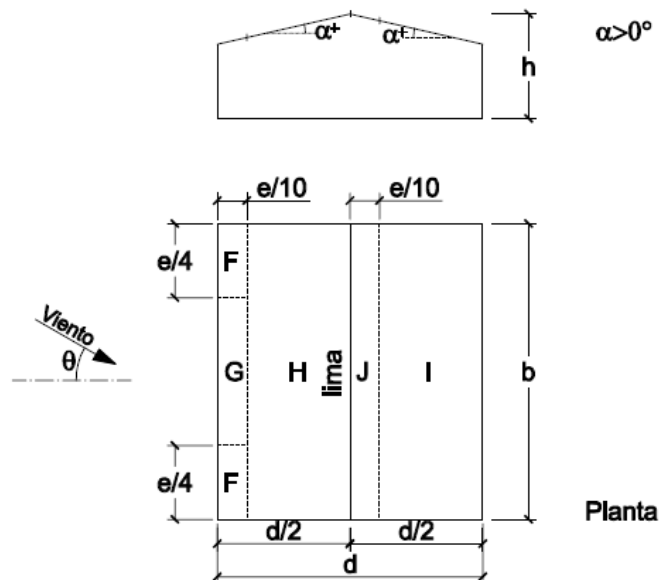


Ilustración 19. Zonas de la cubierta de tenis para viento transversal.

Siendo:

- $h = 10,80 \text{ m}$
- $d = 18,00 \text{ m}$
- $b = 36,00 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(36, 2 \cdot 10,8) = \min(36, 21,6) = e = 21,6 \text{ m}$
- $e/4 = 5,4 \text{ m}$
- $e/10 = 2,16 \text{ m}$

Dado que las dos cubiertas son simétricas, los valores de los coeficientes de presión para cada zona expuesta de cubierta son idénticos para cada uno de los dos sentidos del viento transversal analizados. Por lo tanto, para un área tributaria, A , superior a 10 m^2 y una pendiente de la cubierta de $17,232^\circ$, interpolando los valores de la tabla D.6 del DB SE-AE se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión en función de las diferentes zonas de cubierta:

Tabla 8. Interpolaciones para viento transversal de las naves de tenis.

Viento Transversal [A>10m ²]	F	G	H	I	J
15 °	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	0,2	0,2	0,2	0	0
30 °	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	0,7	0,7	0,4	0	0
17,282 °	-0,839	-0,754	-0,285	-0,400	-0,924
	0,276	0,276	0,230	0,000	0,000

VIENTO LONGITUDINAL

El valor del coeficiente de presión para el viento longitudinal se obtiene del DB SE-AE 31.

Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

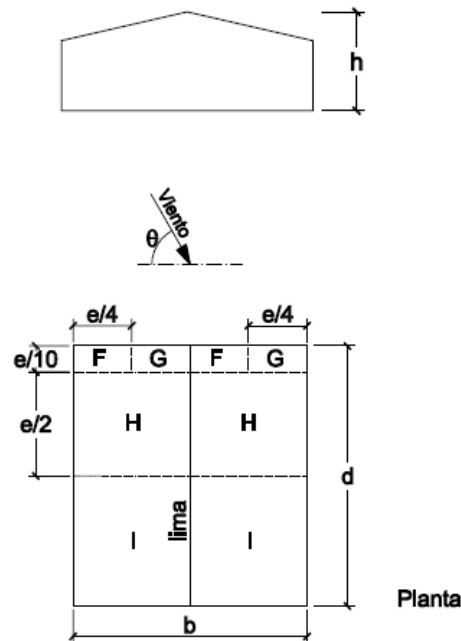


Ilustración 20. Zonas de la cubierta de tenis para viento longitudinal.

Siendo:

- $h = 10,80 \text{ m}$
- $d = 36,00 \text{ m}$
- $b = 18,00 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(18, 2 \cdot 10,8) = \min(18, 21,6) = e = 18 \text{ m}$
- $e/2 = 9 \text{ m}$
- $e/4 = 4,5 \text{ m}$
- $e/10 = 1,8 \text{ m}$

Como anteriormente se ha mencionado, las dos cubiertas son simétricas y los valores de los coeficientes de presión para cada zona expuesta de cubierta son idénticos para cada uno de los dos sentidos del viento longitudinal analizados. Por lo tanto, para un área superior a 10 m^2 y una pendiente de la cubierta de $17,232^\circ$, interpolando los valores de la tabla D.6 del DB SE-AE se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión:

Tabla 9. Interpolaciones para viento longitudinal de las naves de tenis.

Viento Longitudinal [A > 10m ²]	F	G	H	I
15 °	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
30 °	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
17,28 °	-1,270	-1,315	-0,630	-0,500

Por lo tanto, se procede al cálculo de la presión del viento ejercida sobre las naves de tenis para cada zona mediante la ecuación:

$$q_{e \text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e \text{ Ext}} \cdot C_{p \text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- $C_{e \text{ Ext}} = 3,06$

Multiplicando ambos valores por el valor del coeficiente de presión para cada zona, se logran los siguientes valores:

Tabla 10. Valores de la presión exterior transversal de las naves de tenis.

Valores presión exterior Transversal Tenis	KN/m ²				
	F	G	H	I	J
	-1,335	-1,200	-0,453	-0,636	-1,470
0,439	0,439	0,367	0,000	0,000	

Tabla 11. . Valores de la presión exterior longitudinal de las naves de tenis.

Valores presión exterior Longitudinal Tenis	KN/m ²			
	F	G	H	I
	-2,020	-2,093	-1,003	-0,796

3.2.4.2 COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LA NAVE DE FÚTBOL

La nave de fútbol, tienen una longitud de 48 metros de largo, una luz de 24 metros, paredes de 8 metros de altura y la cota de cumbrera es de 10,8 metros. Por lo tanto, la inclinación de la cubierta es de 23,3% (= 13,134°).

Como en las naves de tenis, los paneles sándwich y los lucernarios tienen una anchura de 1,15 metros. Al igual que en las naves de tenis existen zonas más críticas que otras, y en dichas áreas se evita poner lucernarios al tener menor resistencia que los paneles sándwich. Para el cálculo, se vuelve a considerar como un panel continuo y por lo tanto, la distancia entre la cota de cumbrera y el faldón inferior es de 12,32 metros.

Se emplean, por lo tanto, un total de 14 lucernarios y 42 paneles sándwich (28 de ellos completos y 14 de ellos recortados para la incorporación de los lucernarios) en cada faldón. A continuación se muestra la distribución de estos:

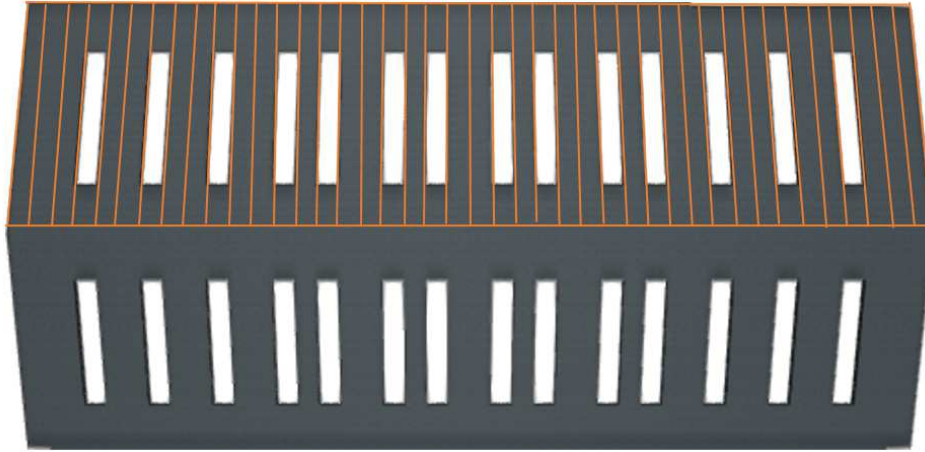


Ilustración 21. Distribución de la cubierta de fútbol.

Como ya se ha explicado, se considera la cubierta total como una única, tomando valores del Anejo D Acción del viento del CTE, para cubiertas a 2 aguas.

- Cubierta a dos aguas
- $A = 12,35 \text{ m (largo)} \cdot 1,15 \text{ m (ancho)} = 14,2 \text{ m}^2 > 10 \text{ m}^2$
- $= 13,134^\circ$

Al tratarse de un área tributaria superior a 10 m^2 los valores están tabulados en el ya citado Anejo D. Sin embargo, el valor de la pendiente de cubierta empleada en la construcción de la cubierta no aparece en la tabla, por lo que de nuevo habrá que realizar interpolaciones para obtener los valores requeridos.

A continuación, se procede a calcular los coeficientes de presión exterior para la cubierta. Se distinguen dos direcciones principales para el viento exterior: transversal y longitudinal.

VIENTO TRANSVERSAL

El valor del coeficiente de presión para el viento transversal se obtiene del DB SE-AE 30.

Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

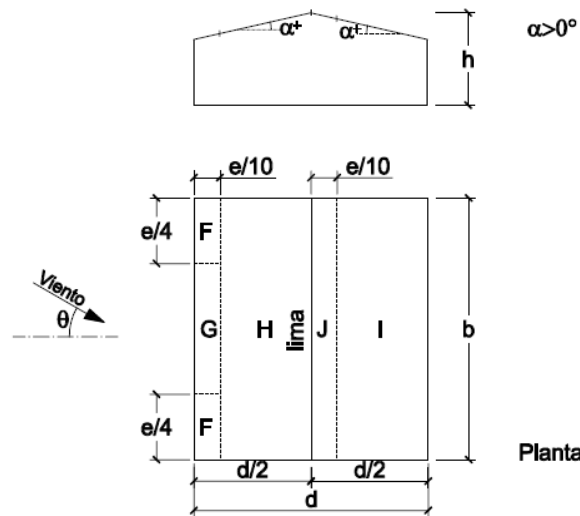


Ilustración 22. Zonas de la cubierta de fútbol para viento transversal.

Siendo:

- $h = 10,80 \text{ m}$
- $d = 24,00 \text{ m}$
- $b = 48,00 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(48, 2 \cdot 10,8) = \min(48, 21,6) = e = 21,6 \text{ m}$
- $e/4 = 5,4 \text{ m}$
- $e/10 = 2,16 \text{ m}$

Dado que las dos cubiertas son simétricas, los valores de los coeficientes de presión para cada zona expuesta de cubierta son idénticos para cada uno de los dos sentidos del viento transversal analizados. Por lo tanto, para un área tributaria, A , superior a 10 m^2 y una pendiente de la cubierta de $13,134^\circ$, interpolando los valores de la tabla D.6 del DB SE-AE se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión en función de las diferentes zonas de cubierta:

Tabla 12. Interpolaciones para viento transversal de la nave de fútbol.

Viento Transversal [A > 10m ²]	F	G	H	I	J
5°	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	0	0	0	-0,6	-0,6
15°	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	0,2	0,2	0,2	0	0
13,134°	-1,049	-0,875	-0,356	-0,437	-0,776
	0,163	0,163	0,163	-0,112	-0,112

VIENTO LONGITUDINAL

El valor del coeficiente de presión para el viento longitudinal se obtiene del DB SE-AE 31.

Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

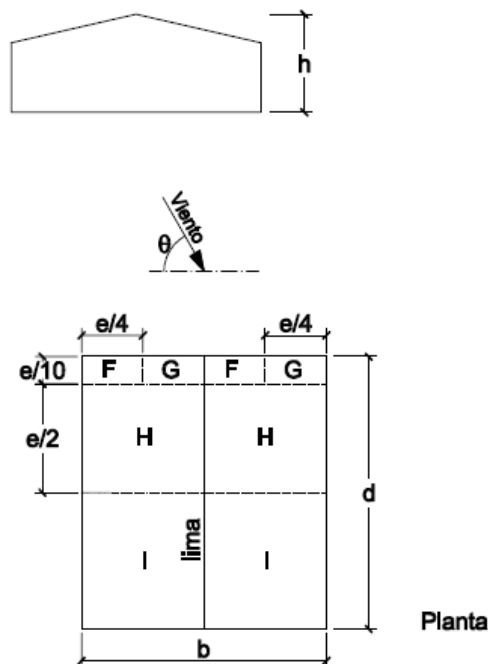


Ilustración 23. Zonas de la cubierta de fútbol para viento longitudinal.

Siendo:

- $h = 10,80 \text{ m}$
- $d = 48,00 \text{ m}$
- $b = 24,00 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(24, 2 \cdot 10,8) = \min(24, 21,6) = e = 21,6 \text{ m}$
- $e/2 = 10,8 \text{ m}$
- $e/4 = 5,4 \text{ m}$
- $e/10 = 2,16 \text{ m}$

Como anteriormente se ha mencionado, las dos cubiertas son simétricas y los valores de los coeficientes de presión para cada zona expuesta de cubierta son idénticos para cada uno de los dos sentidos del viento longitudinal analizados. Por lo tanto, para un área superior a 10 m^2 y una pendiente de la cubierta de $13,134^\circ$, interpolando los valores de la tabla D.6 del DB SE-AE se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión:

Tabla 13. Interpolaciones para viento longitudinal de la nave de fútbol.

Viento Longitudinal [A>10m ²]	F	G	H	I
5°	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
15°	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
13,134°	-1,356	-1,300	-0,619	-0,519

De nuevo, se procede al cálculo de la presión del viento ejercida sobre la nave de fútbol para cada zona mediante la ecuación:

$$q_{e \text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e \text{ Ext}} \cdot C_{p \text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- $C_{e \text{ Ext}} = 3,06$

Multiplicando ambos valores por el valor del coeficiente de presión para cada zona, se logran los siguientes valores:

Tabla 14. Valores de la presión exterior transversal de la nave de fútbol.

Valores presión exterior Transversal Fútbol	KN/m ²				
	F	G	H	I	J
	-1,670	-1,392	-0,566	-0,696	-1,235
0,259	0,259	0,259	-0,178	-0,178	

Tabla 15. Valores de la presión exterior longitudinal de la nave de fútbol.

Valores presión exterior Longitudinal Fútbol	KN/m ²			
	F	G	H	I
	-2,158	-2,069	-0,984	-0,825

3.2.4.3 COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR PARA LA NAVE ADOSADA

La nave adosada, tienen una longitud de 48 metros de largo, una luz de 3 metros y la cota de cumbrera es de 5 metros. La inclinación de la cubierta es de 23,3% (= 13,134°), como anteriormente se ha mencionado.

Como en el resto de naves, los paneles sándwich tienen una anchura de 1,15 metros. En esta nave, no se va a disponer de lucernarios, a diferencia de las anteriores naves. Para el cálculo, se vuelve a considerar como un panel continuo y por lo tanto, la distancia entre la cota de cumbrera y el faldón inferior es de 3.08 metros.

Se emplean, por lo tanto, un total de 42 paneles sándwich. A continuación se muestra la distribución de estos.



Ilustración 24. Distribución de la cubierta de la nave adosada.

Como ya se ha explicado, se considera la cubierta total como una única, tomando valores del

Anejo D Acción del viento del CTE, para cubiertas a un agua.

- Cubierta a un agua
- $A = 3,08 \text{ m (largo)} \cdot 1,15 \text{ m (ancho)} = 3.542 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2$
- =13,134°

Al tratarse de un área tributaria inferior a 10 m² y superior a 1 m² los valores no están tabulados en el ya citado Anejo D, por lo que habrá que realizar interpolaciones para obtener los valores requeridos. El valor de la pendiente de cubierta empleada en la construcción de la cubierta tampoco aparece en la tabla, por lo que de nuevo habrá que realizar interpolaciones para obtener los valores requeridos.

A continuación, se procede a calcular los coeficientes de presión exterior para la cubierta. Se distinguen dos direcciones principales para el viento exterior: transversal y longitudinal.

VIENTO TRANSVERSAL

El valor del coeficiente de presión para el viento transversal se obtiene del DB SE-AE 27.

Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

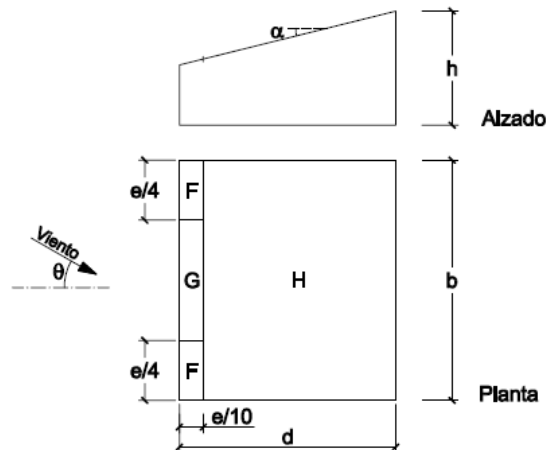


Ilustración 25. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento transversal 0° .

Siendo:

- $h = 5,00$ m
- $d = 3,00$ m
- $b = 48,00$ m
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(48, 2 \cdot 5) = \min(48, 10) = e = 10,0$ m
- $e/4 = 2,5$ m
- $e/10 = 1,00$ m
-

Tabla 16. Interpolaciones para viento transversal 0° de la nave adosada.

Viento 0°		F	G	H
Pendiente	Área [m^2]			
5°	10	-1,7	-1,2	-0,6
		0	0	0
5°	1	-2,5	-2	-1,2
		0	0	0
15°	10	-0,9	-0,8	-0,3
		0,2	0,2	0,2
15°	1	-2	-1,5	-0,3
		0,2	0,2	0,2
5°	3,54	-2,27	-1,77	-1,03
		0,00	0,00	0,00
15°	3,54	-1,689	-1,302	-0,300
		0,200	0,200	0,200
13,13°	3,54	-1,798	-1,390	-0,436
		0,163	0,163	0,163

Dado que la cubierta no es simétrica, los valores de los coeficientes de presión para cada zona expuesta de cubierta varían para cada uno de los dos sentidos del viento transversal analizados, por lo que se han obtenido los valores de esta del DB SE-AE 28.

Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$

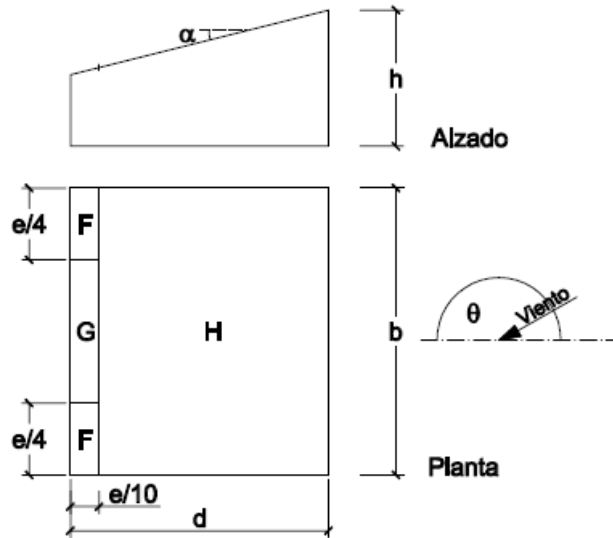


Ilustración 26. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento transversal 180° .

Siendo:

- $h = 5,00$ m
- $d = 3,00$ m
- $b = 48,00$ m
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(48, 2 \cdot 5) = \min(48, 10) = e = 10,0$ m
- $e/4 = 2,5$ m
- $e/10 = 1,00$ m

Tabla 17. Interpolaciones para viento transversal 180° de la nave adosada.

Viento 180°		F	G	H
Pendiente	Área [m^2]			
5°	10	-2,3	-1,3	-0,8
5°	1	-2,5	-2	-1,2
15°	10	-2,5	-1,3	-0,9
15°	1	-2,8	-2	-1,2
5°	3,54	-2,44	-1,80	-1,09
15°	3,54	-2,715	-1,802	-1,115
$13,13^\circ$	3,54	-2,665	-1,802	-1,110

VIENTO LONGITUDINAL

El valor del coeficiente de presión para el viento longitudinal se obtiene del DB SE-AE 29.

Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$

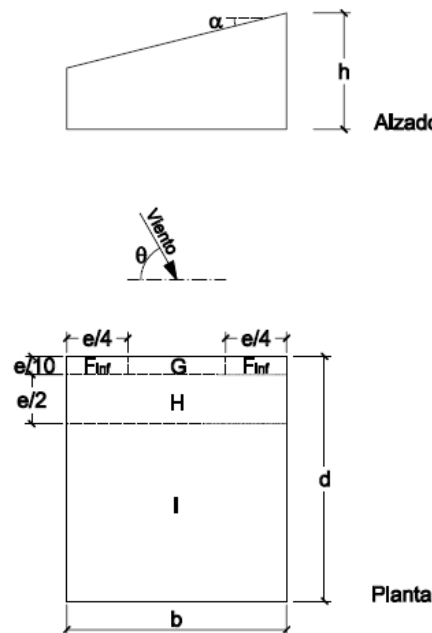


Ilustración 27. Zonas de la cubierta de la nave adosada para viento longitudinal.

Siendo:

- $h = 5 \text{ m}$
- $d = 48,00 \text{ m}$
- $b = 3,00 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(3, 2 \cdot 5) = \min(3, 10) = e = 3 \text{ m}$
- $e/2 = 1,5 \text{ m}$
- $e/4 = 0,75 \text{ m}$
- $e/10 = 0,3 \text{ m}$

Tabla 18. Interpolaciones para viento longitudinal de la nave adosada.

Viento 90°		F_{int}	F_{sup}	G	H	I
Pendiente	Área [m^2]					
5°	10	-2,1	-2,1	-1,8	-0,6	-0,5
	1	-2,4	-2,6	-2	-1,2	-0,5
15°	10	-1,6	-2,4	-1,9	-0,8	-0,7
	1	-2,4	-2,9	-2,5	-1,2	-1,2
5°	3,54	-2,32	-2,46	-1,94	-1,03	-0,50
15°	3,54	-2,17	-2,76	-2,33	-1,09	-1,06
$13,13^\circ$	3,54	-2,20	-2,70	-2,26	-1,08	-0,95

De nuevo, se procede al cálculo de la presión del viento ejercida sobre la nave de fútbol para cada zona mediante la ecuación:

$$Q_{e \text{ Ext}} = Q_b \cdot C_{e \text{ Ext}} \cdot C_{p \text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- $C_{e \text{ Ext}} = 2,60$

Multiplicando ambos valores por el valor del coeficiente de presión para cada zona, se logran los siguientes valores:

Tabla 19. Valores de la presión exterior transversal (0°) de la nave adosada.

Valores presión exterior Transversal (0°) Nave Adosada	KN/m ²		
	F	G	H
	-2,431	-1,880	-0,590
	0,220	0,220	0,220

Tabla 20. Valores de la presión exterior transversal (180°) de la nave adosada.

Valores presión exterior Transversal (180°) Nave Adosada	KN/m ²		
	F	G	H
	-3,602	-2,437	-1,501

Tabla 21. Valores de la presión exterior longitudinal de la nave adosada.

Valores presión exterior Longitudinal	KN/m ²				
	Fint	Fsup	G	H	I
	-2,97	-3,65	-3,05	-1,46	-1,29

3.2.4.4 VIENTO INTERIOR

Como anteriormente se ha explicado, los valores de las sobrecargas de viento interior afectan de igual manera a toda la envolvente. Como se ha calculado en el apartado anterior estos son los resultados obtenidos:

Tabla 22. Valores de la presión interior de las naves de tenis.

Valores presión interior Tenis	KN/m ²	
	Presión	Succión
	0,659	-0,471

Tabla 23. Valores de la presión interior de la nave de fútbol.

Valores presión interior Fútbol	KN/m ²	
	Presión	Succión
	0,696	-0,497

3.2.4.5 POSIBLES COMBINACIONES DE SOBRECARGAS DE VIENTO

Al haber huecos en la envolvente de la estructura, se van a dar diferentes combinaciones de viento, ya que los huecos pueden permanecer cerrados o abiertos, variando la presión interior del edificio. Por lo tanto, hay que estudiar todas y cada una de las combinaciones posibles para dimensionar correctamente la estructura. Dichas combinaciones de cargas se muestran de forma gráfica de tal manera que se pueda interpretar de forma correcta cada uno de los efectos. Para asignar los signos a los valores de cargas de los vientos se sigue el siguiente convenio:

- Presión exterior y Succión interior (+)
- Succión exterior y Presión interior (-)

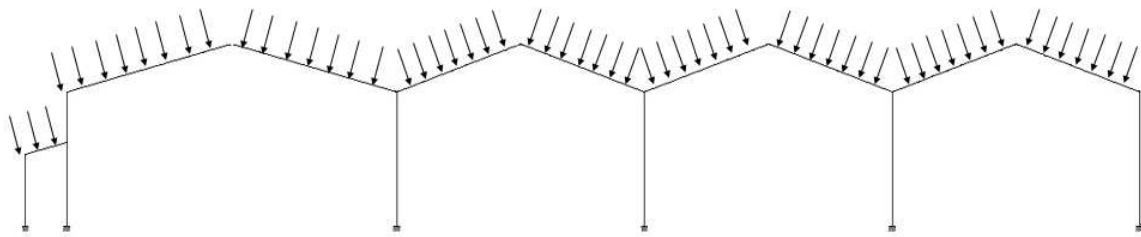


Ilustración 28. Viento exterior presión.

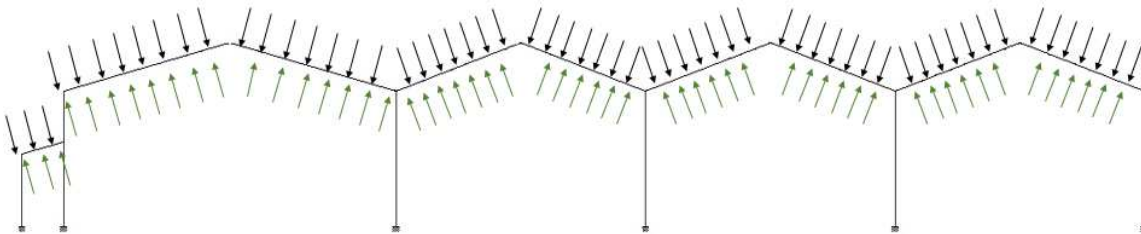


Ilustración 29. Viento exterior presión + viento interior presión.

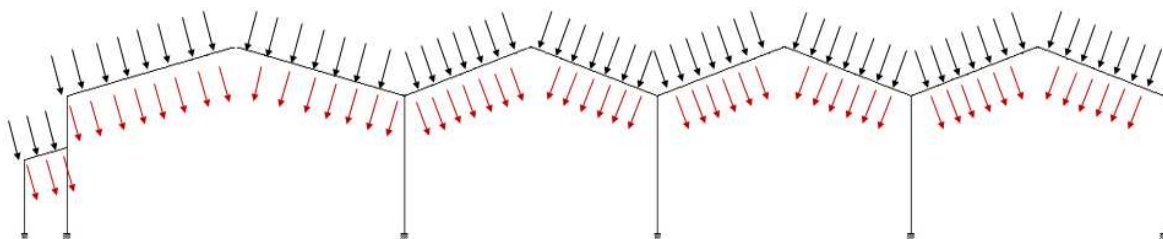


Ilustración 30. Viento exterior presión + viento interior succión.

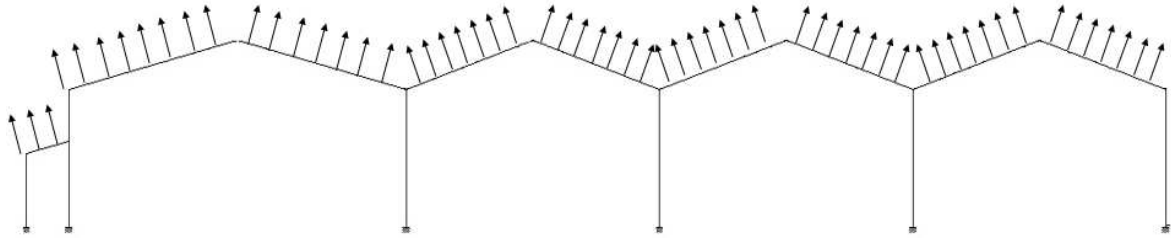


Ilustración 31. Viento exterior succión

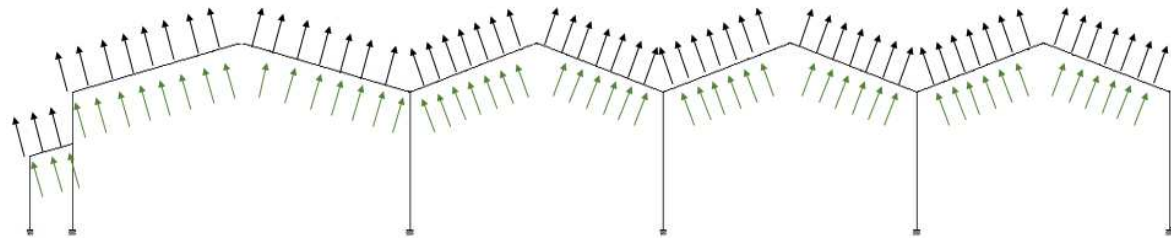


Ilustración 32. Viento exterior succión + viento interior presión.

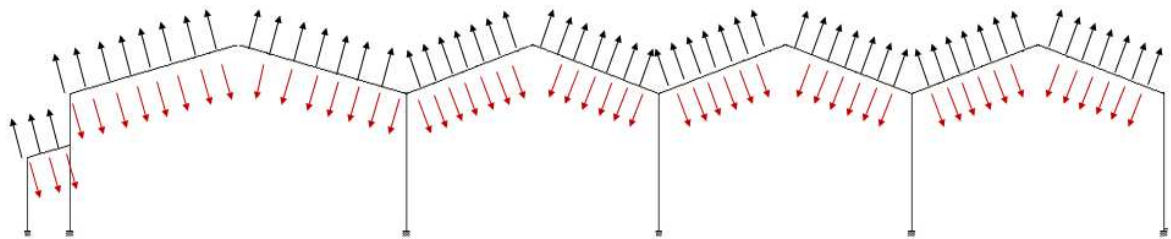


Ilustración 33. Viento exterior succión + viento interior succión.

Una vez analizadas de forma general todas las posibles combinaciones genéricas del viento en la cubierta, se desglosan y se calculan una por una las posibles combinaciones de viento reales:

SITUACIÓN I:

Viento exterior transversal presión

SITUACIÓN II:

Viento exterior transversal presión + Viento interior presión

SITUACIÓN III:

Viento exterior transversal presión + Viento interior succión

SITUACIÓN IV:

Viento exterior transversal succión

SITUACIÓN V:

Viento exterior transversal succión + Viento interior presión

SITUACIÓN VI:

Viento exterior transversal succión + Viento interior succión

SITUACIÓN VII:

Viento exterior longitudinal succión

SITUACIÓN VIII:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior presión

SITUACIÓN IX:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior succión

A continuación se muestran los valores para cada situación del viento posible en función del tipo de nave del proyecto, es decir, las naves de tenis o la nave de fútbol.

TENIS

Tabla 24. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre las naves de tenis.

I	F	G	H	I	J
	0,439	0,439	0,367	0,000	0,000
II	F	G	H	I	J
	-0,220	-0,220	-0,293	-0,659	-0,659
III	F	G	H	I	J
	0,910	0,910	0,837	0,471	0,471
IV	F	G	H	I	J
	-1,335	-1,200	-0,453	-0,636	-1,470
V	F	G	H	I	J
	-1,994	-1,860	-1,112	-1,296	-2,129
VI	F	G	H	I	J
	-0,864	-0,730	0,018	-0,166	-0,999
VII	F	G	H	I	
	-2,020	-2,093	-1,003	-0,796	
VIII	F	G	H	I	
	-2,679	-2,752	-1,662	-1,455	
IX	F	G	H	I	
	-1,549	-1,622	-0,532	-0,325	

FÚTBOL

Tabla 25. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la nave de fútbol.

I	F	G	H	I	J
	0,259	0,259	0,259	-0,178	-0,178
II	F	G	H	I	J
	-0,438	-0,438	-0,438	-0,875	-0,875
III	F	G	H	I	J
	0,756	0,756	0,756	0,319	0,319
IV	F	G	H	I	J
	-1,670	-1,392	-0,566	-0,696	-1,235
V	F	G	H	I	J
	-2,366	-2,088	-1,263	-1,392	-1,931
VI	F	G	H	I	J
	-1,172	-0,894	-0,069	-0,198	-0,737
VII	F	G	H	I	
	-2,158	-2,069	-0,984	-0,825	
VIII	F	G	H	I	
	-2,854	-2,765	-1,681	-1,522	
IX	F	G	H	I	
	-1,660	-1,571	-0,487	-0,328	

Por otro lado, como anteriormente se ha mencionado, los lucernarios tienen menor resistencia que los paneles sándwich, y por lo tanto únicamente se han colocado en las zonas H e I. Por ese motivo, los valores más críticos de esas zonas se comprobarán en base a los lucernarios, y los valores de las zonas F, G y J en base a los paneles sándwich. Los valores críticos para cada tipo de nave se han señalado arriba, siendo de color rojo los valores a comprobar para los lucernarios, y de color amarillo los valores a comprobar para los paneles sándwich.

TENIS

Tabla 26. Valores críticos de las naves de tenis sobre panel sándwich.

Valor máximo presión panel sándwich	0,910 kN/m ²
Valor máximo succión panel sándwich	-2,752 kN/m ²

Tabla 27. Valores críticos de las naves de tenis sobre lucernario.

Valor máximo presión lucernario	0,837 kN/m ²
Valor máximo succión lucernario	-1,662 kN/m ²

FÚTBOL

Tabla 28. Valores críticos de la nave de fútbol sobre panel sándwich.

Valor máximo presión panel sándwich	0,756 kN/m ²
Valor máximo succión panel sándwich	-2,854 kN/m ²

Tabla 29. Valores críticos de la nave de fútbol sobre lucernario.

Valor máximo presión lucernario	0,756 kN/m ²
Valor máximo succión lucernario	-1,681 kN/m ²

Por otro lado, la nave adosada al tener dos vientos transversales diferentes tiene más combinaciones posibles. Siguiendo los criterios anteriores, estas son dichas combinaciones:

SITUACIÓN I:

Viento exterior transversal presión (0°)

SITUACIÓN II:

Viento exterior transversal presión (0°) + Viento interior presión

SITUACIÓN III:

Viento exterior transversal presión (0°) + Viento interior succión

SITUACIÓN IV:

Viento exterior transversal succión (0°)

SITUACIÓN V:

Viento exterior transversal succión (0°) + Viento interior presión

SITUACIÓN VI:

Viento exterior transversal succión (0°) + Viento interior succión

SITUACIÓN VII:

Viento exterior transversal succión (180°)

SITUACIÓN VIII:

Viento exterior transversal succión (180°) + Viento interior presión

SITUACIÓN IV:

Viento exterior transversal succión (180°) + Viento interior succión

SITUACIÓN X:

Viento exterior longitudinal succión

SITUACIÓN XI:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior presión

SITUACIÓN XII:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior succión

A continuación se muestran los valores para cada situación del viento posible:

Tabla 30. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la nave adosada.

I	F	G	H		
	0,220	0,220	0,220		
II	F	G	H		
	-0,476	-0,476	-0,476		
III	F	G	H		
	0,717	0,717	0,717		
IV	F	G	H		
	-2,431	-1,880	-0,590		
V	F	G	H		
	-3,128	-2,576	-1,286		
VI	F	G	H		
	-1,934	-1,382	-0,092		
VII	F	G	H		
	-3,602	-2,437	-1,501		
VIII	F	G	H		
	-4,299	-3,133	-2,197		
IX	F	G	H		
	-3,105	-1,939	-1,003		
X	F _{int}	F _{sup}	G	H	I
	-2,975	-3,654	-3,053	-1,455	-1,290
XI	F _{int}	F _{sup}	G	H	I
	-3,671	-4,351	-3,750	-2,152	-1,987
XII	F _{int}	F _{sup}	G	H	I
	-2,478	-3,157	-2,556	-0,958	-0,793

Los valores más críticos se han señalado arriba de color rojo. Como en la nave adosada no se dispone de lucernarios, dichos valores son a comprobar para los paneles sándwich.

3.2.5 RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LAS NAVES DE TENIS

A continuación se resumen los valores de todas las cargas actuantes sobre las naves de tenis.

Tabla 31. Resumen de las sobrecargas sobre las naves de tenis.

CARGA	TIPO DE CARGA	VALOR	UNIDADES
PESO PROPIO	Peso Propio	0,094	kN/m ²
	Peso Propio	0,03	kN/m ²
SOBRECARGA DE USO	Sobrecarga de Uso	0,365	kN/m ²
	Sobrecarga de Uso	0,114	kN/m ²
SOBRECARGA DE NIEVE	Sobrecarga de Nieve	0,279	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve	0,087	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve Limahoyas	0,559	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve Limahoyas	0,174	kN/m ²
SOBRECARGA DE VIENTO	Valor máximo a presión para Panel Sándwich	0,91	kN/m ²
	Valor máximo a succión para Panel Sándwich	-2,752	kN/m ²
	Valor máximo a presión para Lucernario	0,837	kN/m ²
	Valor máximo a succión para Lucernario	-1,662	kN/m ²

3.2.6 RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LA NAVE DE FÚTBOL

A continuación se resumen los valores de todas las cargas actuantes sobre la nave de fútbol.

Tabla 32. Resumen de las sobrecargas sobre la nave de fútbol.

CARGA	TIPO DE CARGA	VALOR	UNIDADES
PESO PROPIO	Peso Propio	0,096	kN/m ²
	Peso Propio	0,023	kN/m ²
SOBRECARGA DE USO	Sobrecarga de Uso	0,38	kN/m ²
	Sobrecarga de Uso	0,09	kN/m ²
SOBRECARGA DE NIEVE	Sobrecarga de Nieve	0,291	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve	0,068	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve Limahoyas	0,581	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve Limahoyas	0,1355	kN/m ²
SOBRECARGA DE VIENTO	Valor máximo a presión para Panel Sándwich	0,756	kN/m ²
	Valor máximo a succión para Panel Sándwich	-2,854	kN/m ²
	Valor máximo a presión para Lucernario	0,756	kN/m ²
	Valor máximo a succión para Lucernario	-1,681	kN/m ²

3.2.7 RESUMEN DE SOBRECARGAS SOBRE LA NAVE ADOSADA

A continuación se resumen los valores de todas las cargas actuantes sobre la nave adosada.

Tabla 33. Resumen de las sobrecargas sobre la nave adosada.

CARGA	TIPO DE CARGA	VALOR	UNIDADES
PESO PROPIO	Peso Propio	0,096	kN/m ²
	Peso Propio	0,023	kN/m ²
SOBRECARGA DE USO	Sobrecarga de Uso	0,38	kN/m ²
	Sobrecarga de Uso	0,09	kN/m ²
SOBRECARGA DE NIEVE	Sobrecarga de Nieve	0,291	kN/m ²
	Sobrecarga de Nieve	0,068	kN/m ²
SOBRECARGA DE VIENTO	Valor máximo a presión	0,717	kN/m ²
	Valor máximo a succión	-4,351	kN/m ²

3.3 DIMENSIONAMIENTO

Como se puede comprobar en las dos anteriores tablas, los valores más críticos se dan perpendicularmente a la cubierta, además de que la sobrecarga de viento, únicamente se da perpendicularmente a esta, siendo dichos valores los más críticos de todas las sobrecargas. Por lo tanto, la comprobación a resistencia de los paneles y la distancia entre correas se va a realizar usando los valores perpendiculares a la cubierta.

3.3.1 COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Una vez obtenidos los valores de sobrecarga, se comprueban a resistencia los paneles de la cubierta, es decir, se deben comprobar los Estados Límites Últimos. Para ello, el DB SE define diferentes pautas a seguir. Según el Documento Básico de Seguridad Estructural, el valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde

$$\begin{cases} \gamma_G \cdot G_k \text{ (todas las acciones permanentes)} & / \gamma_P \cdot P \text{ (incluido el pretensado)} \\ \gamma_Q \cdot Q_k \text{ (una acción variable cualquiera)} \\ \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k \text{ (el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación)} \end{cases}$$

En esta situación, al no tener pretensado la ecuación se queda de la siguiente manera:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

En el proyecto se define como carga permanente el peso propio, y como cargas variables la sobrecarga de nieve, la sobrecarga de uso y la sobrecarga de viento, siendo la sobrecarga de uso no concomitante con el resto, es decir, no actúa con el resto de acciones.

A la hora de hacer las combinaciones, los valores se multiplican por ciertos coeficientes parciales de seguridad (γ) establecidos en la tabla 4.1 del DB SE y por coeficientes de simultaneidad (ψ) establecidos en la tabla 4.2 del DB SE, tal y como se puede observar en la ecuación previamente mencionada. Estos son los valores de dichos coeficientes:

Tabla 34. Coeficientes parciales de seguridad.

	γ Favorable	γ Desfavorable
Peso Propio	0,8	1,35
Nieve	0	1,5
Uso	0	1,5
Viento	0	1,5

Tabla 35. Coeficientes de simultaneidad.

	ψ_0
Nieve	0,5
Viento	0,6
Uso	0

Como anteriormente se ha mencionado, la sobrecarga de uso no es concomitante con el resto, es decir, no actúa con el resto de acciones, por lo tanto su coeficiente de simultaneidad es de valor 0.

3.3.2 COMBINACIONES DE CARGA DE ACUERDO AL CTE-DB-SE

En el siguiente apartado se procede a calcular todas las combinaciones posibles según lo mencionado anteriormente, para la determinación del valor más crítico logrando así el correcto dimensionamiento de los paneles.

Las combinaciones posibles se harán según la carga variable principal, es decir, se va a tomar una carga variable como la principal, y posteriormente se van a calcular las combinaciones del resto de las cargas variables con dicha carga principal.

En aquellas combinaciones en las que intervienen únicamente fuerzas gravitatorias, todas las hipótesis de cargas son desfavorables. Cuando la carga gravitatoria sea la carga principal, el viento a presión será desfavorable, teniendo su correspondiente coeficiente de seguridad. Sin embargo, cuando la carga gravitatoria sea la carga principal y el viento sea a succión dicha carga será favorable y tendrá un coeficiente de seguridad de valor 0. Por otro lado, cuando la carga principal sea el viento a presión, todas las fuerzas gravitatorias son desfavorables. Sin embargo, cuando la carga principal sea el viento a succión, todas las fuerzas gravitatorias serán favorables con un coeficiente de seguridad de valor 0. Además, dado que se trata de una cubierta ligera, se descartan aquellas combinaciones de hipótesis de cargas en las que el uso aparezca combinado con alguna otra carga variable.

A continuación se expresan las combinaciones anteriores según los criterios anteriormente citados, aplicando en cada caso los coeficientes correspondientes:

3.3.2.1 SOBRECARGA DE NIEVE COMO CARGA PRINCIPAL

- Peso Propio + Nieve

$$\gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Nieve} \rightarrow$$

$$1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve}$$

- Peso Propio + Nieve + Viento a Presión

$$\gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Nieve} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow$$

$$1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión}$$

- **Peso Propio + Nieve + Viento a Succión**

$$\begin{aligned} & \gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Nieve} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ & 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 0 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ & \quad \mathbf{1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve}} \end{aligned}$$

3.3.2.2 SOBRECARGA DE USO COMO CARGA PRINCIPAL

- **Peso Propio + Sobrecarga de Uso**

$$\begin{aligned} & \gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow \\ & \quad \mathbf{1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso}} \end{aligned}$$

3.3.2.3 SOBRECARGA DE VIENTO A PRESIÓN COMO CARGA PRINCIPAL

- **Peso Propio + Viento a Presión**

$$\begin{aligned} & \gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow \\ & \quad \mathbf{1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión}} \end{aligned}$$

- **Peso Propio + Viento a Presión + Nieve**

$$\begin{aligned} & \gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Viento a Presión} + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot \text{Nieve} \rightarrow \\ & \quad \mathbf{1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve}} \end{aligned}$$

3.3.2.4 SOBRECARGA DE VIENTO A SUCCIÓN COMO CARGA PRINCIPAL

- **Peso Propio + Viento a Succión**

$$\begin{aligned} & \gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ & \quad \mathbf{0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión}} \end{aligned}$$

3.3.2.5 COMBINACIONES A COMPROBAR

Se van a estudiar, por lo tanto, las combinaciones más críticas de cada una de las sobrecargas al actuar como carga principal. Es decir:

- **1,35 · Peso Propio + 1,5 · Nieve + 1,5 · 0,6 · Viento a Presión**
- **1,35 · Peso Propio + 1,5 · Sobrecarga de Uso**
- **1,35 · Peso Propio + 1,5 · Viento a Presión + 1,5 · 0,5 · Nieve**
- **0,8 · Peso Propio + 1,5 · Viento a Succión**

3.3.3 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE CORREAS

Como previamente se ha mencionado, se va a estudiar cada tipo de nave por separado, ya que los valores de las sobrecargas son diferentes. Por lo tanto, se va a calcular la carga más crítica en función de las combinaciones posibles para cada nave, tanto para los lucernarios como para los paneles sándwich, y se va a determinar la distancia entre las correas en base a la carga más crítica de todas ellas.

3.3.3.1 NAVES DE TENIS

Como anteriormente se ha mencionado, los lucernarios tienen menor resistencia que los paneles sándwich, y por lo tanto únicamente se han colocado en las zonas H e I. Por ese motivo, los valores más críticos de esas zonas se comprobarán en base a los lucernarios, y los valores más críticos de las zonas F, G y J en base a los paneles sándwich.

PANEL SÁNDWICH

Como se puede observar, los valores más críticos de la sobrecarga de nieve se dan en la limahoya, es decir en las zonas F y G, que a su vez, son los valores más críticos para el viento. Por lo tanto, la comprobación de las combinaciones en el resto de zonas se va a despreciar, ya que tienen un valor menor.

- 1) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,559 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,91 = 1,7844 \frac{kN}{m^2}$
- 2) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,365 = 0,6744 \frac{kN}{m^2}$
- 3) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve}$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,91 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,559 = 1,912 \frac{kN}{m^2}$
- 4) $0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow$
 $0,8 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot (-2,752) = -4,0528 \frac{kN}{m^2}$

LUCERNARIOS

En el caso de los lucernarios, no se han colocado cerca de las limahoyas y por lo tanto solo tienen un valor de nieve que comprobar. Además, respecto a la sobrecarga de viento se va a comprobar para las zonas H e I al ser las únicas zonas que disponen de lucernarios. Por ello:

- 1) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,279 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,837 = 1,2987 \frac{kN}{m^2}$
- 2) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,365 = 0,6744 \frac{kN}{m^2}$
- 3) $1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve}$
 $1,35 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot 0,837 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,279 = 1,592 \frac{kN}{m^2}$

$$4) \quad 0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ 0,8 \cdot 0,094 + 1,5 \cdot (-1,662) = -2,4178 \frac{kN}{m^2}$$

3.3.3.2 NAVE DE FÚTBOL

A la hora del diseño de la nave de fútbol se han seguido los mismos pasos que en las naves de tenis, es decir, los lucernarios únicamente se han colocado en las zonas H e I. Por ese motivo, los valores más críticos de esas zonas se comprobarán en base a los lucernarios, y los valores más críticos de las zonas F, G y J en base a los paneles sándwich.

PANEL SÁNDWICH

De nuevo, los valores más críticos de la sobrecarga de nieve se dan en la limahoya, es decir en las zonas F y G, que a su vez, son los valores más críticos para el viento. Por lo tanto, la comprobación de las combinaciones en el resto de zonas se va a despreciar, ya que tienen un valor menor.

$$1) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,581 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,756 = 1,6815 \frac{kN}{m^2}$$

$$2) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,38 = 0,6996 \frac{kN}{m^2}$$

$$3) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve} \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,756 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,581 = 1,69935 \frac{kN}{m^2}$$

$$4) \quad 0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ 0,8 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot (-2,854) = -4,2042 \frac{kN}{m^2}$$

LUCERNARIOS

Como anteriormente se ha mencionado, los lucernarios no se han colocado cerca de las limahoyas y por lo tanto solo tienen un valor de nieve que comprobar. Además, respecto a la sobrecarga de viento se va a comprobar para las zonas H e I al ser las únicas zonas que disponen de lucernarios. Por ello:

$$1) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,291 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,756 = 1,2465 \frac{kN}{m^2}$$

$$2) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,38 = 0,6996 \frac{kN}{m^2}$$

$$3) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve} \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,756 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,291 = 1,482 \frac{kN}{m^2}$$

$$4) \quad 0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ 0,8 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot (-1,681) = -2,4447 \frac{kN}{m^2}$$

3.3.3.3 NAVE ADOSADA

Se procede a continuación, a calcular las combinaciones más críticas para la nave adosada:

$$1) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Nieve} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,291 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,717 = 1,2114 \frac{kN}{m^2}$$

$$2) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Sobrecarga de Uso} \rightarrow \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,38 = 0,6996 \frac{kN}{m^2}$$

$$3) \quad 1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Nieve} \\ 1,35 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot 0,717 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,291 = 1,4234 \frac{kN}{m^2}$$

$$4) \quad 0,8 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow \\ 0,8 \cdot 0,096 + 1,5 \cdot (-4,351) = -6,4497 \frac{kN}{m^2}$$

3.3.3.4 DISTANCIA MINIMA ENTRE CORREAS

Una vez obtenidos todos los valores, se comprueba cual va a ser la distancia mínima requerida entre correas. Es decir, se dimensionan los lucernarios para el valor más crítico obtenido, que como anteriormente se ha calculado es de 2,4447 kN/m² a succión, y del mismo modo se dimensionan los paneles sándwich para el valor más crítico, que como anteriormente se ha calculado es de 6,4497 kN/m² a succión. Posteriormente, se escoge la distancia menor entre ambas, al ser la más restrictiva.

La distancia entre correas en los lucernarios se obtiene directamente de la siguiente gráfica, introduciendo el valor de 2,4447kN/m² = 244,47daN/m².

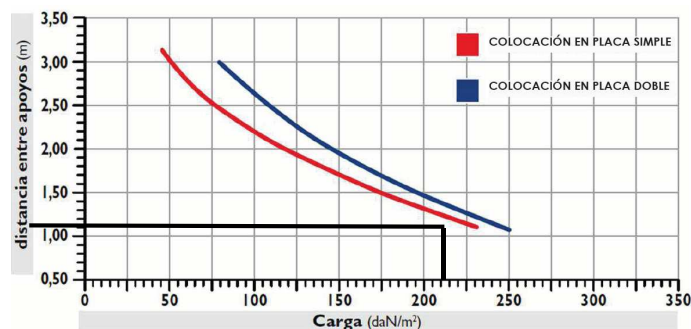
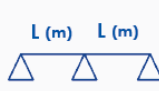


Ilustración 34. Gráfica de distancias máximas admisibles entre apoyos para lucernario Complet.

Por lo tanto la distancia mínima según los lucernarios es de 1,1 metros.

La distancia entre correas en los paneles sándwich se obtiene de la siguiente tabla. Sin embargo, el valor de 6,4497 kN/m² = 644,97 daN/m² no aparece en la tabla, pero como se puede observar hay bastante margen para aumentar la carga, ya que las distancias entre correas que aparecen tienen un valor ligeramente superior a lo normal.

Tabla 36. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT bajo tres apoyos.

TRES APOYOS	Cargas descendentes (daN/m ²)							
	Espesor (mm)	50	75	100	125	150	175	200
	30	4,35	3,80	3,45	3,20	3,00	2,85	2,75
	40	4,80	4,20	3,80	3,50	3,30	3,15	3,00
	50	5,15	4,50	4,10	3,80	3,55	3,40	3,25
	60	5,45	4,80	4,35	4,05	3,80	3,60	3,45
	80-120	6,00	5,25	4,80	4,45	4,15	3,95	3,80

1da/m² ≈ 1 kg/m²

NOTAS: Valores calculados en laboratorio para flexión máxima L/200.
Para valores acorde a la Norma Europea EN 14509, consultar con nuestro departamento técnico.

Por lo tanto, se ha hecho una interpolación para obtener la ecuación de la curva de los valores de la tabla y se ha logrado dicha ecuación:

$$y = 81,007 x^4 - 1037,6 x^3 + 5006 x^2 - 10877 x + 9140,3$$

Sustituyendo el valor de 644,97 daN/m² en la fórmula, obtenemos un valor de $x = 1,74\text{m}$, es decir la distancia mínima entre correas requerida es de 1,74 metros.

Por lo tanto, al ser la distancia más restrictiva se impone una distancia mínima entre correas de la cubierta de 1,1 metros. Sin embargo, al ser más simple su instalación, y optando por el lado de la seguridad, se escoge montar las correas de la cubierta a una distancia de un metro.

FALDÓN NAVE TENIS

- Anchura del faldón: 9,42 metros.
- N° de correas: 10 correas.
- N° de huecos: 9 huecos.
- Distancia entre correas: 1,00 metros.
- Separación correa - borde inferior: 0,21 metros.
- Separación correa - cumbrera: 0,21 metros.

FALDÓN NAVE FÚTBOL

- Anchura del faldón: 12,32 metros.
- N° de correas: 13 correas.
- N° de huecos: 12 huecos.
- Distancia entre correas: 1,00 metros.
- Separación correa - borde inferior: 0,16 metros.
- Separación correa - cumbrera: 0,16 metros.

FALDÓN NAVE ADOSADA

- Anchura del faldón: 3,08 metros.
- N° de correas: 4 correas.
- N° de huecos: 3 huecos.
- Distancia entre correas: 1,00 metros.
- Separación correa - borde inferior: 0,04 metros.
- Separación correa - cumbrera: 0,04 metros.

4 CERRAMIENTOS EN LA FACHADA

En este apartado del proyecto se procede a la explicación de los valores de las cargas obtenidos para el dimensionamiento de los cerramientos en la fachada, el tipo de cerramiento escogido y la distancia entre correas de estos.

4.1 TIPO DE CERRAMIENTO ESCOGIDO

Para el cerramiento de la fachada, se vuelve a optar por los paneles tipo sándwich de la gama HI-CT suministrados por la empresa Huurre.

Atendiendo a las necesidades y en función de las cargas actuantes, se escoge un panel con un espesor de total de 30 mm montado sobre tres apoyos. Las chapas exteriores que forman el panel se escogen con un espesor de 0,5 mm. Se coloca el mismo tipo de en todas las naves. Por lo tanto:

- Tipo de panel: HI-CT en 3 apoyos.
- Espesor del panel: 30 mm.
- Chapas exteriores de espesor: 0,5 mm.
- Peso del panel: 9,93 kg/m².
- Ancho del panel: 1,15 m.
- Longitud de fabricación: de 2,0 m a 13,5 m y 13,5 m a 16,0 m bajo transporte especial.

4.2 ESTUDIO DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS

En el siguiente apartado se van a estudiar las acciones actuantes en la fachada. En comparación con las anteriormente explicadas acciones que actúan en la cubierta, en la fachada no actúan ni la sobrecarga de nieve ni la sobrecarga de uso. Además de que las cargas que actúan sobre la fachada, es decir, el viento y el peso propio, ya actúan perpendicular y paralelamente sobre esta, por lo que la proyección respecto a la superficie no es requerida.

4.2.1 PESO PROPIO

Para la fachada solo es necesario obtener el valor del peso propio del panel escogido por unidad de superficie, es decir kN por m²:

- Peso propio:

$$9,93 \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{9,81 N}{1 kg} \cdot \frac{1 kN}{10^3 N} = 0,098 \frac{kN}{m^2}$$

Esto sucede ya que la carga del peso propio actúa directamente en el plano paralelo de la fachada.

4.2.2 SOBRECARGA DE VIENTO

Al igual que sucedía en la cubierta, el viento tiene dos acciones posibles, el viento interior y el viento exterior. La presión del viento interior se ha calculado anteriormente en el apartado "2.5.2 Presión Interior" para cada nave. Sin embargo, para el viento exterior, al igual que sucedía en la cubierta, se han calculado todos los coeficientes excepto el coeficiente de presión, por lo que se va a calcular en el siguiente apartado.

Para el cálculo de la presión exterior se utiliza la fórmula anteriormente mencionada, con los valores de la presión dinámica del viento y del coeficiente de exposición anteriormente calculados:

$$q_{e \text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e \text{ Ext}} \cdot C_{p \text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- $C_{e \text{ Ext}} = 2,9$

Por lo siguiente, para conseguir el valor de la presión exterior el único coeficiente desconocido es el coeficiente de presión. Su valor se obtiene de nuevo según el apartado D.3 (Coeficientes de presión exterior) del Anejo D del Documento Básico SE-AE. A diferencia que en la cubierta, se opta por analizar toda la fachada como única.

4.2.2.1 COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR

Como anteriormente ya se ha mencionado, las naves tienen una longitud de 48 metros de largo, paredes de 8 metros de altura y la cota de cumbrera es de 10,8 metros. Todas las naves juntas forman una anchura de 81 metros. Los paneles escogidos tienen una anchura de 1,15 metros, por lo que se emplean, un total de 225 paneles sándwich. A continuación se muestra la distribución de estos.



Ilustración 35. Distribución de la fachada este.



Ilustración 36. Distribución de la fachada sur y oeste.

Por lo tanto, el área para cada panel sería el siguiente:

- $A = 8 \text{ m (alto)} \cdot 1,15 \text{ m (ancho)} = 9,2 \text{ m}^2 < 10 \text{ m}^2$

Al tratarse de un área tributaria inferior a 10 m^2 y superior a 5 m^2 los valores no están tabulados en el ya citado Anejo D, por lo que habrá que realizar interpolaciones para obtener los valores requeridos.

A continuación, se procede a calcular los coeficientes de presión exterior para la fachada. Se distinguen dos direcciones principales: transversal y longitudinal.

VIENTO TRANSVERSAL

El valor del coeficiente de presión para el viento transversal se obtiene del DB SE-AE 25, de la Tabla D.3 (Parámetros verticales), denominada tabla en este documento.

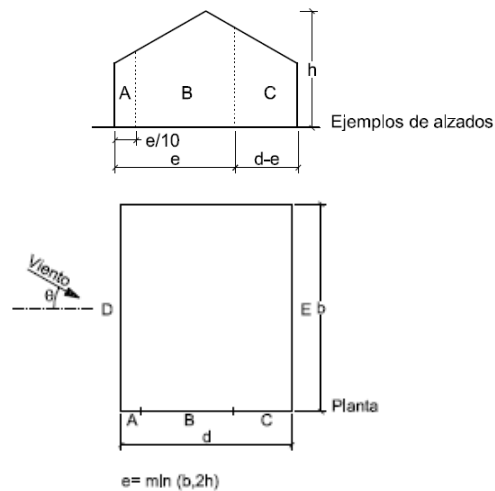


Ilustración 37. Zonas de la fachada para viento transversal.

Tabla 37. Parámetros verticales.

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Siendo:

- $h = 10,80$ m
- $d = 81,00$ m
- $b = 48,00$ m
- $e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(48, 2 \cdot 10,8) = \min(48, 21,6) = e = 21,6$ m
- $e/10 = 2,16$ m
- $d - e = 81 - 21,6 = 59,4$ m

Por lo tanto, la zona A sería de 2,16 metros, la zona B de 19,44 metros y la zona C de 59,4 metros. Para un área tributaria, A, de 9,2m² y un valor de h/d de 0,13 se interpolan los valores de la Tabla D.3 del DB SE-AE y se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión en función de las diferentes zonas de la fachada:

Tabla 38. Interpolaciones para viento transversal sobre la fachada.

A [m ²]	h/d	A	B	C	D	E
10	$< 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
5	$< 0,25$	-1,3	-0,9	-0,5	0,8	-0,3
9,2	0,13	-1,216	-0,816	-0,500	0,716	-0,300

VIENTO LONGITUDINAL

El valor del coeficiente de presión para el viento longitudinal se obtiene también del DB SE-AE 25.

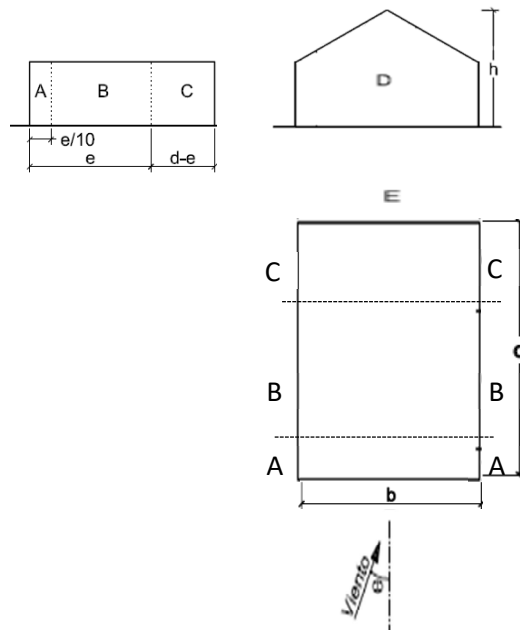


Ilustración 38 . Zonas de la fachada para viento longitudinal.

Siendo:

- $h = 10,80 \text{ m}$
- $d = 48,00 \text{ m}$
- $b = 81,00 \text{ m}$
- $e = \min (b, 2 \cdot h) = \min (81, 2 \cdot 10,8) = \min (81, 21,6) = e = 21,6 \text{ m}$
- $e/10 = 2,16 \text{ m}$
- $d - e = 48 - 21,6 = 26,4 \text{ m}$

Por lo tanto, la zona A sería de 2,16 metros, la zona B de 19,44 metros y la zona C de 26,4 metros. Para un área tributaria, A, de $9,2 \text{ m}^2$ y un valor de h/d de 0,225 se interpolan los valores de la tabla D.3 del DB SE-AE y se obtienen los siguientes resultados para los coeficientes de presión en función de las diferentes zonas de la fachada:

Tabla 39. Interpolaciones para viento longitudinal sobre la fachada.

A [m^2]	h/d	A	B	C	D	E
10	< 0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
5	< 0,25	-1,3	-0,9	-0,5	0,8	-0,3
9,2	0,225	-1,216	-0,816	-0,5	0,716	-0,3

Por lo tanto, se procede al cálculo de la presión del viento ejercida sobre la nave de fútbol para cada zona mediante la ecuación:

$$q_{e \text{ Ext}} = q_b \cdot C_{e \text{ Ext}} \cdot C_{p \text{ Ext}}$$

Siendo:

- $q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$
- $C_{e \text{ Ext}} = 2,9$

Multiplicando ambos valores por el valor del coeficiente de presión para cada zona, se logran los siguientes valores:

Tabla 40. Valores de la presión exterior transversal.

Valores presión exterior Transversal	KN/m ²				
	A	B	C	D	E
	-1,834	-1,231	-0,754	1,080	-0,452

Tabla 41. Valores de la presión exterior longitudinal.

Valores presión exterior Longitudinal	KN/m ²				
	A	B	C	D	E
	-1,834	-1,231	-0,754	1,080	-0,452

4.2.2.2 VIENTO INTERIOR

Como anteriormente se ha explicado, los valores de las sobrecargas de viento interior afectan de igual manera a toda la envolvente. Como anteriormente se ha calculado estos son los resultados obtenidos:

Tabla 42. Valores de la presión interior de las naves de tenis.

Valores presión interior Tenis	KN/m ²	
	Presión	Succión
	0,659	-0,471

Tabla 43. Valores de la presión interior de la nave de fútbol.

Valores presión interior Fútbol	KN/m ²	
	Presión	Succión
	0,696	-0,497

Se opta por dimensionar la fachada utilizando la presión interior de la nave de fútbol al tener valores más restrictivos.

4.2.2.3 POSIBLES COMBINACIONES DE SOBRECARGAS DE VIENTO

Al haber huecos en la envolvente de la estructura, se van a dar diferentes combinaciones de viento, ya que los huecos pueden permanecer cerrados o abiertos, variando la presión interior del edificio. Por lo tanto, hay que estudiar todas y cada una de las combinaciones posibles para dimensionar correctamente la estructura. Dichas combinaciones de cargas se muestran de forma gráfica de tal manera que se pueda interpretar de forma correcta cada uno de los efectos. Para asignar los signos a los valores de cargas de los vientos se sigue el siguiente convenio:

- Presión exterior y Succión interior (+)
- Succión exterior y Presión interior (-)

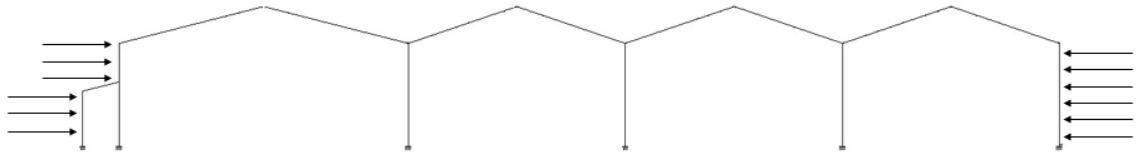


Ilustración 39. Viento exterior presión.

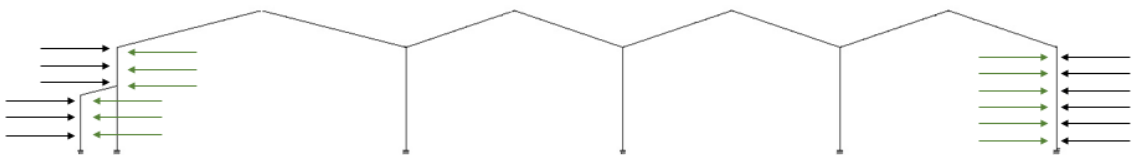


Ilustración 40. Viento exterior presión + viento interior presión.

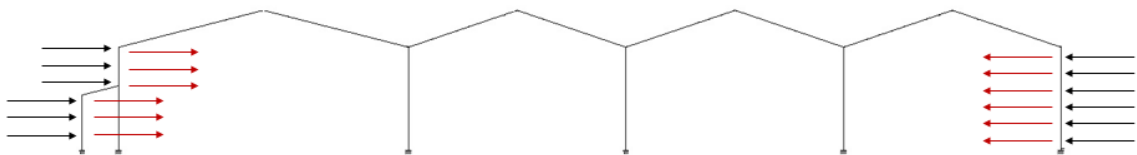


Ilustración 41. Viento exterior presión + viento interior succión.

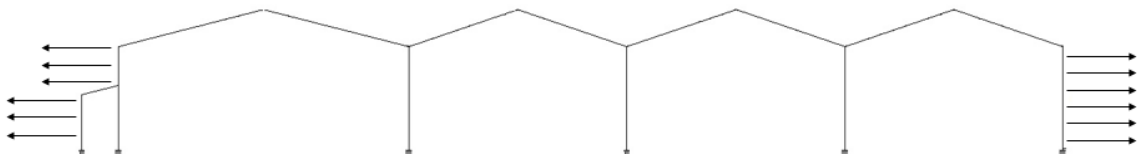


Ilustración 42. Viento exterior succión.

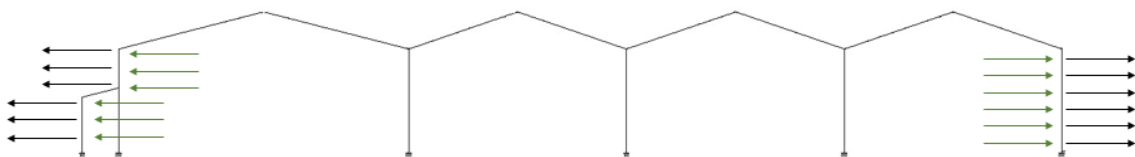


Ilustración 43. Viento exterior succión + viento interior presión.

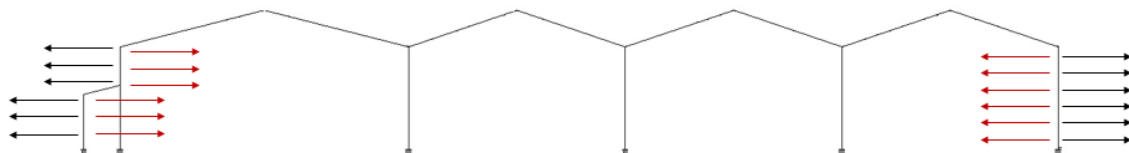


Ilustración 44. Viento exterior succión + viento interior succión.

Una vez analizadas de forma general todas las posibles combinaciones genéricas del viento en la fachada, se desglosan y se calculan una por una las posibles combinaciones de viento reales, separando las zonas a presión y a succión para analizar cada una por separado:

SITUACIÓN I:

Viento exterior transversal presión

SITUACIÓN II:

Viento exterior transversal presión + Viento interior presión

SITUACIÓN III:

Viento exterior transversal presión + Viento interior succión

SITUACIÓN IV:

Viento exterior transversal succión

SITUACIÓN V:

Viento exterior transversal succión + Viento interior presión

SITUACIÓN VI:

Viento exterior transversal succión + Viento interior succión

SITUACIÓN VII:

Viento exterior longitudinal presión

SITUACIÓN VIII:

Viento exterior longitudinal presión + Viento interior presión

SITUACIÓN IX:

Viento exterior longitudinal presión + Viento interior succión

SITUACIÓN X:

Viento exterior longitudinal succión

SITUACIÓN XI:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior presión

SITUACIÓN XII:

Viento exterior longitudinal succión + Viento interior succión

A continuación se muestran los valores para cada una de las situaciones del viento posibles:

Tabla 44. Combinaciones de las sobrecargas de viento sobre la fachada.

I	A	B	C	D	E
				1,080	
II	A	B	C	D	E
				0,383	
III	A	B	C	D	E
				1,577	
IV	A	B	C	D	E
	-1,834	-1,231	-0,754		-0,452
V	A	B	C	D	E
	-2,530	-1,927	-1,450		-1,149
VI	A	B	C	D	E
	-1,336	-0,733	-0,257		0,045
VII	A	B	C	D	E
				1,080	
VIII	A	B	C	D	E
				0,383	
IX	A	B	C	D	E
				1,577	
X	A	B	C	D	E
	-1,834	-1,231	-0,754		-0,452
XI	A	B	C	D	E
	-2,530	-1,927	-1,450		-1,149
XII	A	B	C	D	E
	-1,336	-0,733	-0,257		0,045

4.2.3 RESUMEN DE SOBRECARGAS

A diferencia de lo que sucedía en la cubierta, en la fachada solo existe otra carga aparte de la sobrecarga de viento, el peso propio, que tiene el mismo valor en todas las naves del polideportivo. Ya que se busca dimensionar todas las fachadas a la misma distancia entre correas, se van a analizar las combinaciones más críticas del viento independientemente del tipo de nave al que pertenezcan, es por ello que anteriormente se ha mencionado que se han utilizado las presiones interiores de la nave de fútbol al ser más restrictivas. Por lo tanto, estos son los valores a analizar:

Tabla 45. Resumen de las sobrecargas sobre la fachada.

CARGA	TIPO DE CARGA	VALOR	UNIDADES
PESO PROPIO	Peso Propio a la fachada	0,098	kN/m ²
SOBRECARGA DE VIENTO	Valor máximo a presión a la fachada	1,577	kN/m ²
	Valor máximo a succión a la fachada	-2,530	kN/m ²

4.3 DIMENSIONAMIENTO

En el siguiente apartado, se procede al cálculo de las combinaciones de sobrecargas para el correspondiente dimensionamiento de la distancia entre correas.

4.3.1 COMPROBACIÓN DE LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Se procede a la comprobación de los estados límite últimos según la fórmula anteriormente mencionada y con los coeficientes parciales de seguridad (γ) y coeficientes de simultaneidad (ψ) anteriormente logrados:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

4.3.2 COMBINACIONES DE CARGA DE ACUERDO AL CTE-DB-SE

En la fachada solo existen dos combinaciones posibles, peso propio + viento a presión y peso propio + viento a succión. Sin embargo, en dichas combinaciones el peso propio ejerce una carga paralela a la fachada, y el viento, como se ha mencionado, ejerce una carga perpendicular. Por lo tanto, se van a analizar ambas por separado.

4.3.2.1 SOBRECARGA DE VIENTO A PRESIÓN

- Peso Propio + Viento a Presión

$$\begin{aligned} &\gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Viento a Presión} \rightarrow \\ &1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} Q_{\perp} = 1,5 \cdot \text{Viento a Presión} = 1,5 \cdot 1,577 = 2,3655 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ Q_{\parallel} = 1,35 \cdot \text{Peso Propio} = 1,35 \cdot 0,098 = 0,1323 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \end{cases}$$

4.3.2.2 SOBRECARGA DE VIENTO A SUCCIÓN

· Peso Propio + Viento a Succión

$$\gamma_G \cdot \text{Peso Propio} + \gamma_Q \cdot \text{Viento a Succión} \rightarrow$$

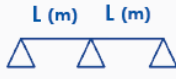
$$1,35 \cdot \text{Peso Propio} + 1,5 \cdot \text{Viento a Succión}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\perp} = 1,5 \cdot \text{Viento a Succión} = 1,5 \cdot (-2,530) = -3,795 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ Q_{\parallel} = 1,35 \cdot \text{Peso Propio} = 1,35 \cdot 0,098 = 0,1323 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \end{array} \right.$$

4.3.3 DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE CORREAS

Una vez obtenidos todos los valores, se comprueba cual va a ser la distancia mínima requerida entre correas. Es decir, se dimensionan los paneles sándwich para el valor más crítico, que como anteriormente se ha calculado es de 3,795 kN/m² a succión. La distancia entre correas en los paneles sándwich se obtiene de la siguiente tabla. Sin embargo, el valor de 3,795 kN/m² = 379,5daN/m² no aparece en la tabla, pero como se puede observar hay bastante margen para aumentar la carga, ya que las distancias entre correas que aparecen tienen un valor ligeramente superior a lo normal.

Tabla 46. Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT bajo tres apoyos.

TRES APOYOS	Cargas descendentes (daN/m ²)							
	Esesor (mm)	50	75	100	125	150	175	200
	30	4,35	3,80	3,45	3,20	3,00	2,85	2,75
	40	4,80	4,20	3,80	3,50	3,30	3,15	3,00
	50	5,15	4,50	4,10	3,80	3,55	3,40	3,25
	60	5,45	4,80	4,35	4,05	3,80	3,60	3,45
	80-120	6,00	5,25	4,80	4,45	4,15	3,95	3,80

1 da/m² ≈ 1 kg/m²

NOTAS: Valores calculados en laboratorio para flexión máxima L/200.
Para valores acorde a la Norma Europea EN 14509, consultar con nuestro departamento técnico.

Como en el apartado anterior, se ha hecho una interpolación para obtener la ecuación de la curva de los valores de la tabla y se ha logrado dicha ecuación:

$$y = 81,007 x^4 - 1037,6 x^3 + 5006 x^2 - 10877 x + 9140,3$$

Sustituyendo el valor de 379,5daN/m² en la fórmula, obtenemos un valor de x = 2,038m, es decir la distancia mínima entre correas requerida es de 2,038 metros.

Por lo tanto, la distancia mínima entre correas de la fachada es de 2,038 metros. Sin embargo, al ser más simple su instalación, y optando por el lado de la seguridad, se escoge montar las correas de la fachada a una distancia de 1,6 metros.

FACHADA NAVE TENIS

- Altura de la fachada: 8 metros.
- N° de correas: 6 correas.
- N° de huecos: 5 huecos.
- Distancia entre correas: 1,60 metros.

FACHADA NAVE FÚTBOL

- Altura de la fachada: 8 metros.
- N° de correas: 6 correas.
- N° de huecos: 5 huecos.
- Distancia entre correas: 1,60 metros.

FACHADA NAVE ADOSADA

- Altura de la fachada: 4,3 metros.
- N° de correas: 4 correas.
- N° de huecos: 3 huecos.
- Distancia máxima entre correas: 1,4 metros.
- Separación correa - terreno: 0.05 metros.
- Separación correa - borde cubierta: 0.05 metros.

5 CÁLCULO ESTRUCTURAL

En este apartado se procede a la explicación del cálculo de las correas y de la estructura principal del polideportivo, llevado a cabo por el programa de cálculo estructural CYPE. En primer lugar, se han determinado las características principales de la estructura, así como los datos generales de la obra, todo ello utilizando el módulo denominado "Generador de pórticos". Dicho módulo, permite dimensionar las correas de cubierta y fachada, facilitando el listado de los perfiles admisibles para su correcta elección y posterior comprobación. Una vez realizado esto, se exporta la obra al módulo "CYPE 3D". En este módulo, se determinan, para cada elemento, las vinculaciones internas y externas, los coeficientes de pandeo y el tipo de perfil adecuado para su posterior dimensionamiento.

A continuación se detallan algunos de los aspectos más relevantes del programa de cálculo estructural empleados para el dimensionamiento de la estructura.

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS DATOS GENERALES DE LA OBRA

Como anteriormente se ha mencionado, el cálculo se inicia determinando las características principales de la estructura, así como los datos generales de la obra desde el módulo denominado "Generador de pórticos".

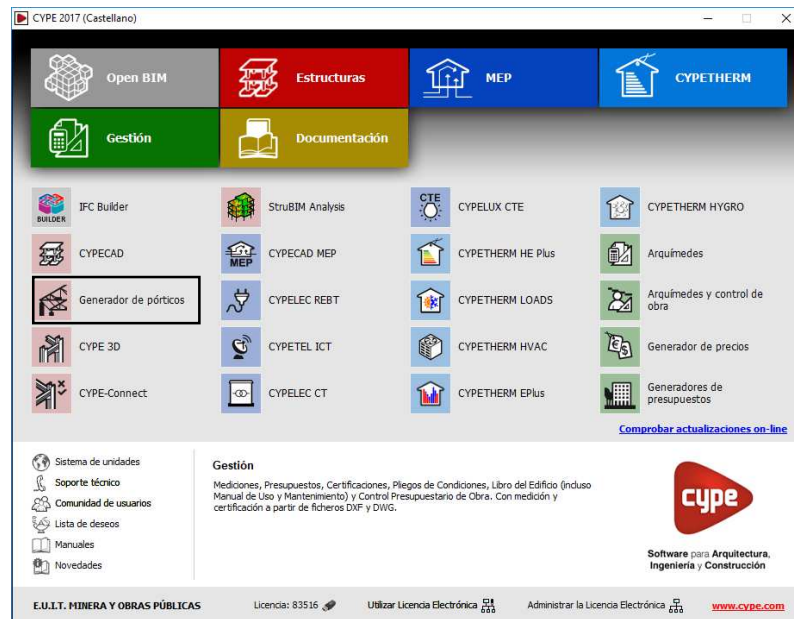


Ilustración 45. Generador de pórticos.

Ilustración 46. Datos generales de la obra.

Como se ha comentado en apartados anteriores, hay tres tipos de naves, la nave adosada y la nave de fútbol, ambas con una longitud de 48 metros y una separación entre pórticos de 6 metros por lo que el número vanos es de 8, y las tres naves de tenis, con una longitud de 36 metros y una separación entre pórticos de 6 metros, con 6 vanos. Aunque el módulo de generación de porticos es de gran ayuda, tiene ciertas limitaciones, entre ellas la incapacidad de introducir diferentes longitudes a los pórticos. Sin embargo, como posteriormente se va a explicar, dicho problema se soluciona en el módulo Cype 3D.

La envolvente del edificio, se resuelve con un panel sándwich de la gama HI-CT suministrados por la empresa Huurre, con un peso aproximado de 9.93 kg/m^2 . Por otro lado, la sobrecarga de uso corresponde a la obtenida como más desfavorable para la categoría de cubiertas ligeras únicamente accesibles para mantenimiento (G1), de valor 0.4 kN/m^2 .

Además de las dos cargas introducidas, se introduce la sobrecarga de viento según la normativa aplicable CTE DB SE-AE, que en el caso del polideportivo corresponde a una Zona eólica C y un Grado de aspereza I, con los huecos en fachada detallados anteriormente y no abiertos permanentemente, para un periodo de servicio de 50 años.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

España UE Alemania Bélgica Bulgaria Francia Italia Portugal Argelia Marruecos Argentina Brasil Colombia Cuba México Paraguay Perú Venezuela Canadá USA India

CTE DB SE-AE NTE

CTE DB SE-AE
Código Técnico de la Edificación.
Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

Zona eólica

A. Velocidad básica: 26 m/s
 B. Velocidad básica: 27 m/s
 C. Velocidad básica: 29 m/s

Grado de aspereza

Única Según dirección

I II III IV V

Borde del mar o de un lago

Periodo de servicio (años)

Con huecos

Coefficiente de obstrucción para cubiertas aisladas



Ilustración 47. Sobrecarga de viento.

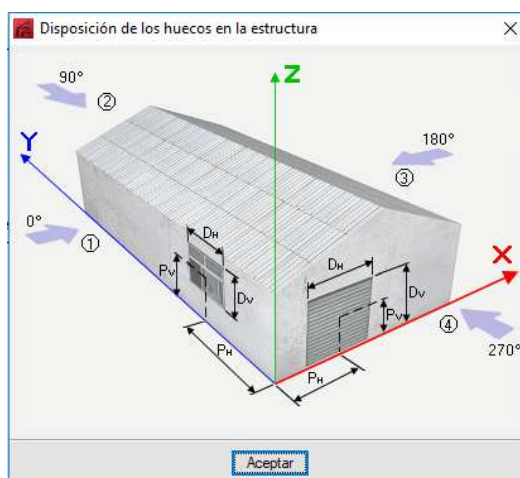
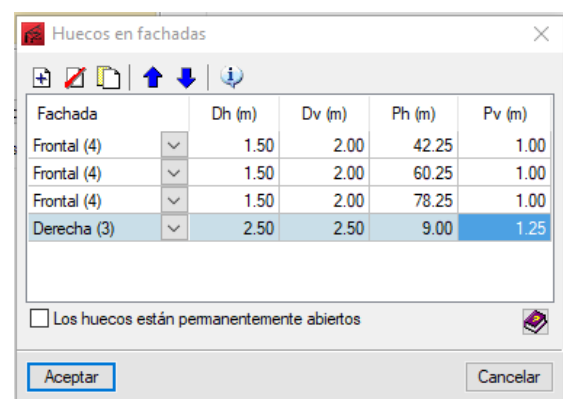


Ilustración 48. Disposición de los huecos en la estructura.



Fachada	Dh (m)	Dv (m)	Ph (m)	Pv (m)
Frontal (4)	1.50	2.00	42.25	1.00
Frontal (4)	1.50	2.00	60.25	1.00
Frontal (4)	1.50	2.00	78.25	1.00
Derecha (3)	2.50	2.50	9.00	1.25

Los huecos están permanentemente abiertos

Aceptar Cancelar

Ilustración 49. Huecos en la fachada.

Por último, se introduce la sobrecarga de nieve según la normativa CTE DB SE-AE, cuyos datos pueden asignarse automáticamente seleccionando la localización. En el caso del

polideportivo, el municipio de Santurtzi corresponde a una zona de emplazamiento 1 y una altitud topográfica de 6 metros, sin resaltos en la cubierta.

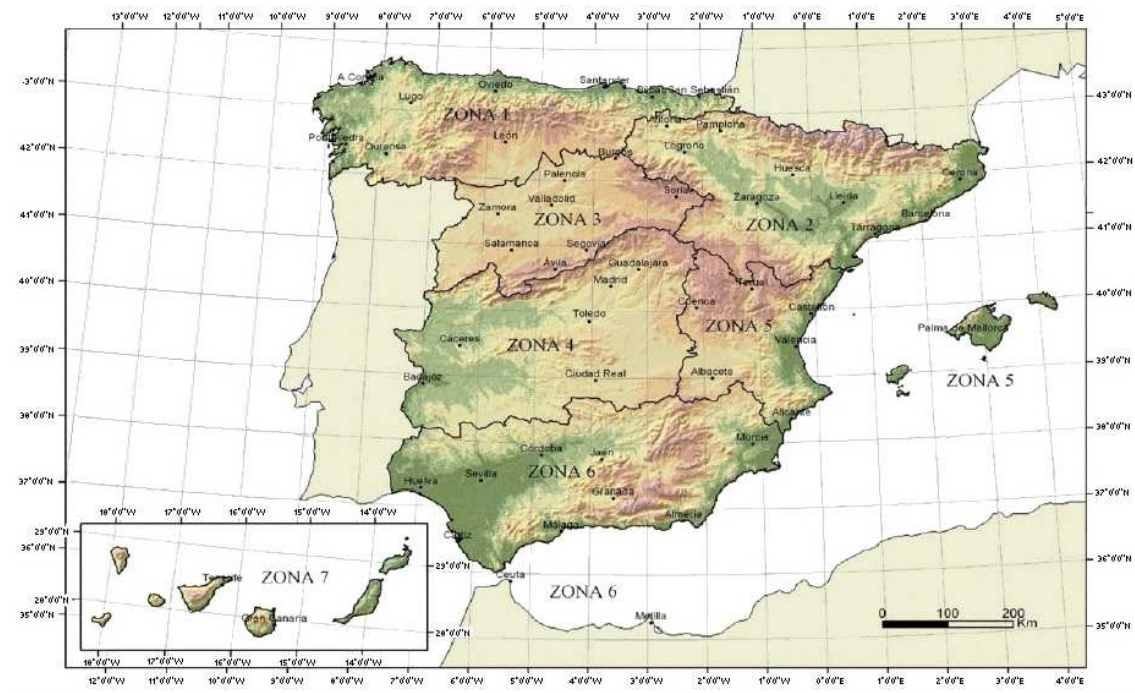


Ilustración 50. Mapa de zonas de clima invernal.

The screenshot shows a software window titled "Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve". On the left, there is a list of norms with radio buttons:

- CTE DB-SE AE (España)
- NTE (España)
- Eurocódigo 1 (Portugal)
- RSA (Portugal)
- Eurocode 1 (France)
- Eurocode 1 (Belgique)
- Eurocódigo 1
- N 84 (France)
- DIN 1055-5 (Alemania)
- NTC: 14-01-2008 (Italia)
- Hapenfa No3, 21 юнв 2004 (Bulgaria)
- ASCE 7 - 05 (USA)
- NBC 05 (Canada)
- IS: 875 (Part 4) - 1987 (Reaffirmed 1997) (India)
- Nieve genérica

 On the right, there are configuration options:

- Datos del emplazamiento:** Zona 1 2 3 4 5 6 7. Altitud topográfica: 6 m.
- Exposición al viento:** Protegida Normal Fuertemente expuesta.
- Descripción de la cubierta:** Cubierta con resaltos.

 Buttons for "Aceptar" and "Cancelar" are at the bottom.

Ilustración 51. Sobrecarga de nieve.

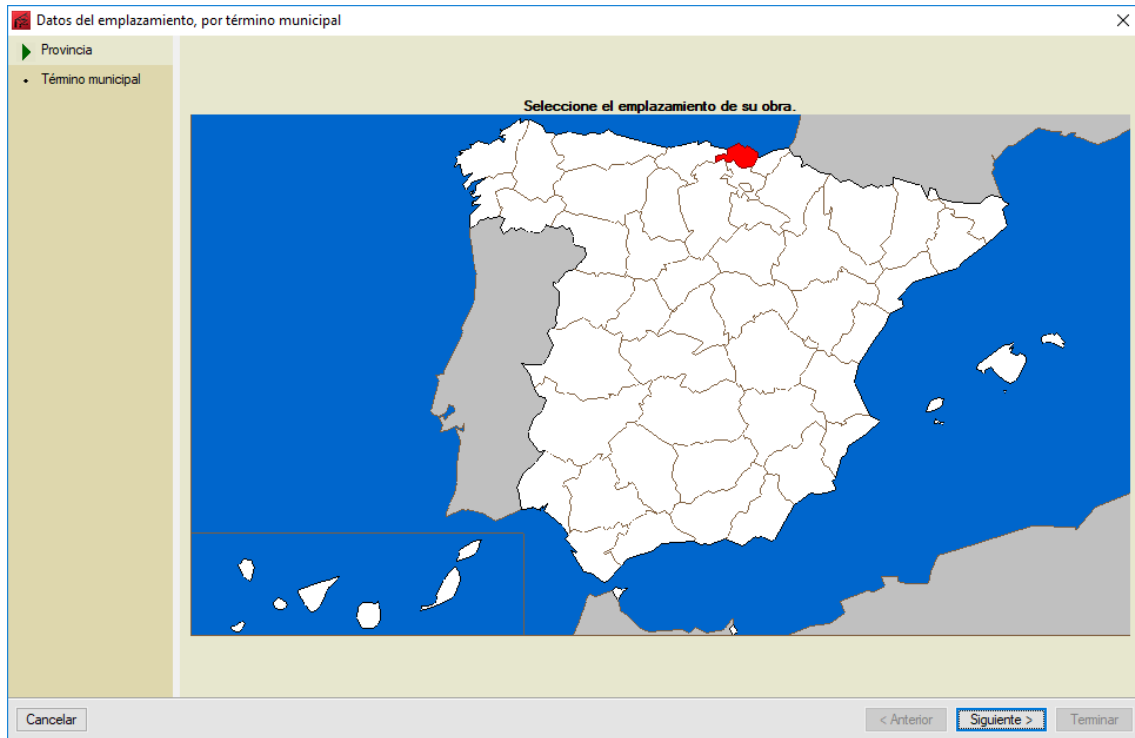


Ilustración 52. Datos de emplazamiento de la obra (provincia).

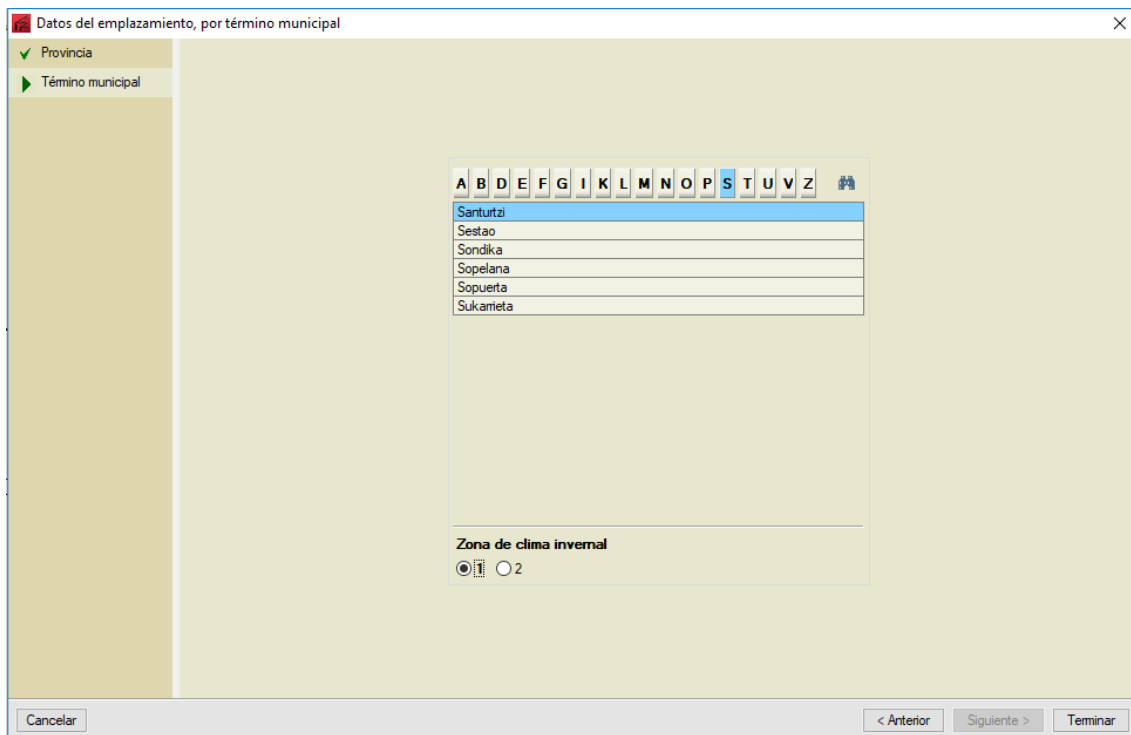


Ilustración 53. Datos del emplazamiento de la obra (municipio).

Finalizada ya la introducción de los datos de obra, se definen los dos pórticos de los que consta el polideportivo. Por un lado un pórtico a dos aguas de mayor dimensión que el resto, con un pórtico rígido a un agua adosado a este en su lateral izquierdo, y tres pórticos a dos aguas con menores dimensiones en su lateral derecho. Estas son las siguientes características dimensionales:

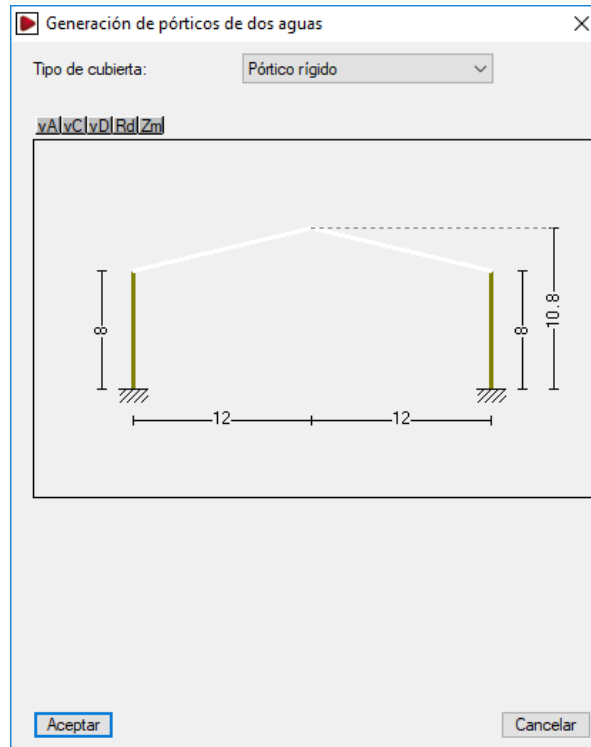


Ilustración 54. Dimensiones de la nave de fútbol.

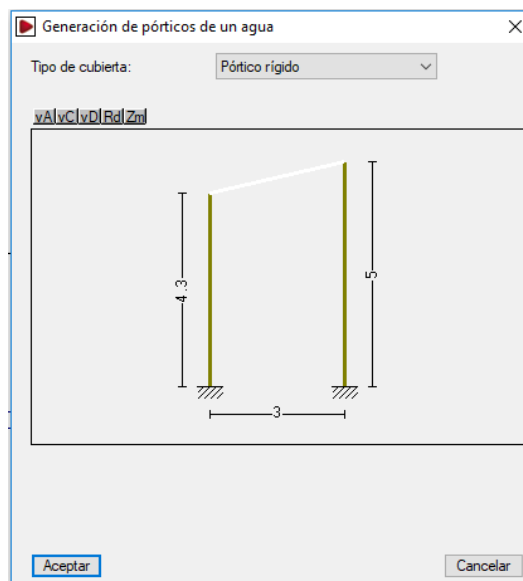


Ilustración 55. Dimensiones de la nave adosada.

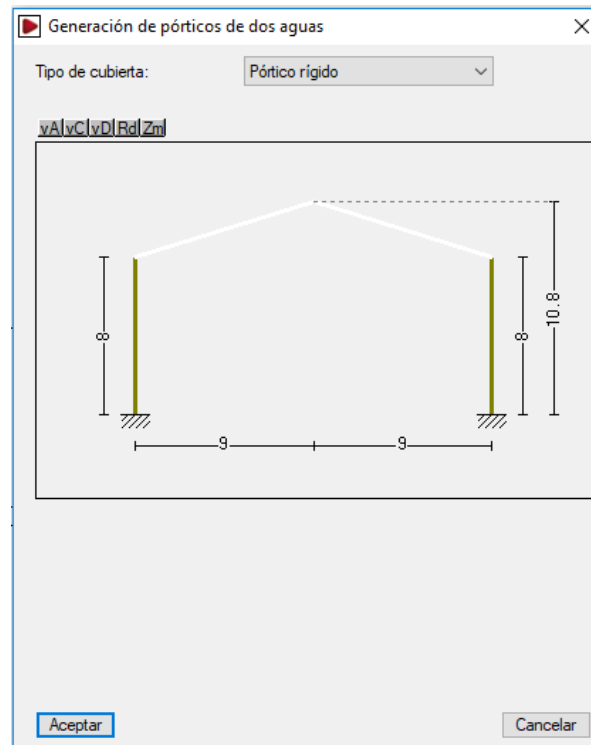


Ilustración 56. Dimensiones de las tres naves de tenis.

Por lo tanto, el polideportivo tendría la siguiente distribución:

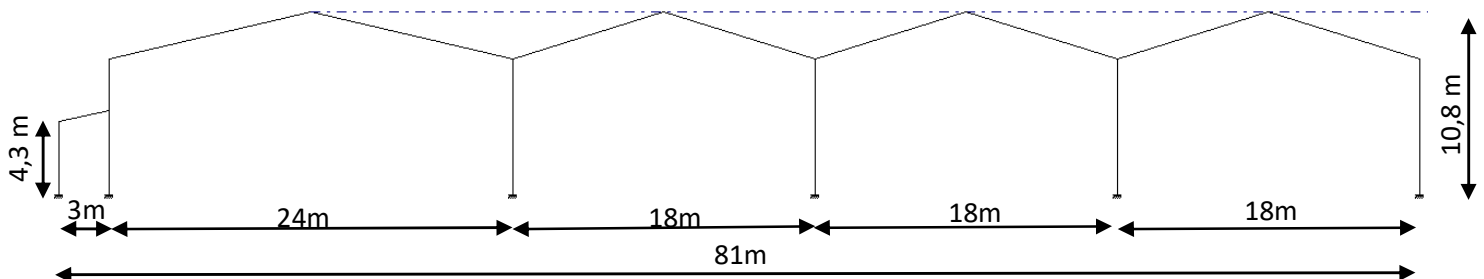


Ilustración 57. Distribución del polideportivo.

Una vez determinados los parámetros de diseño y datos generales de la obra, se puede comenzar con el cálculo de las correas de cubierta y de los laterales.

5.2 CÁLCULO Y COMPROBACIÓN DE LAS CORREAS

Antes de dimensionar las correas, se debe determinar una serie de datos que serán comunes para las correas de cubierta y de fachada. Entre ellos, se define la flecha relativa correspondiente a las correas, que se establece de acuerdo al catálogo de Huurre. Según dicho catálogo, y como se puede observar en este documento en la Tabla 46. (Distancias máximas admisibles entre apoyos para panel sándwich HI-CT) los valores para estos paneles están calculados en laboratorio para flexión máxima $L/200$. Por lo tanto, se escoge dicha flecha relativa. Por otro lado, debido a la ventaja mecánica que supone dotar de continuidad a las correas, el número de vanos se establece en tres. Por último, se decide que el tipo de fijación sea rígida, suponiendo que la cubierta, rígida en su plano, va atornillada a las correas, impidiendo su giro.

Una vez definidos los datos, desde el "Generador de pórticos se selecciona el tipo de correas que se quieren analizar, estudiar y dimensionar:

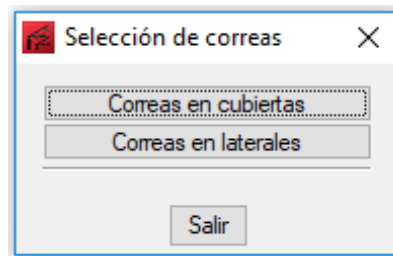


Ilustración 58. Selección de correas.

5.2.1 CORREAS EN CUBIERTA

Para el cálculo de las correas en cubierta, además de escoger entre los datos explicados en el apartado anterior, hay que definir los siguientes:

- **Tipo de perfil:** Se opta por resolver las correas de cubierta mediante perfiles conformados en Z, debido a mejor respuesta en pendientes superiores al 10%.
- **Separación:** Como se ha calculado anteriormente la distancia entre correas en cubierta tiene que ser de 1 metro.
- **Tipo de acero:** Aun pudiéndose fabricar correas conformadas en Z en acero S235, se opta por un tipo de acero S275.

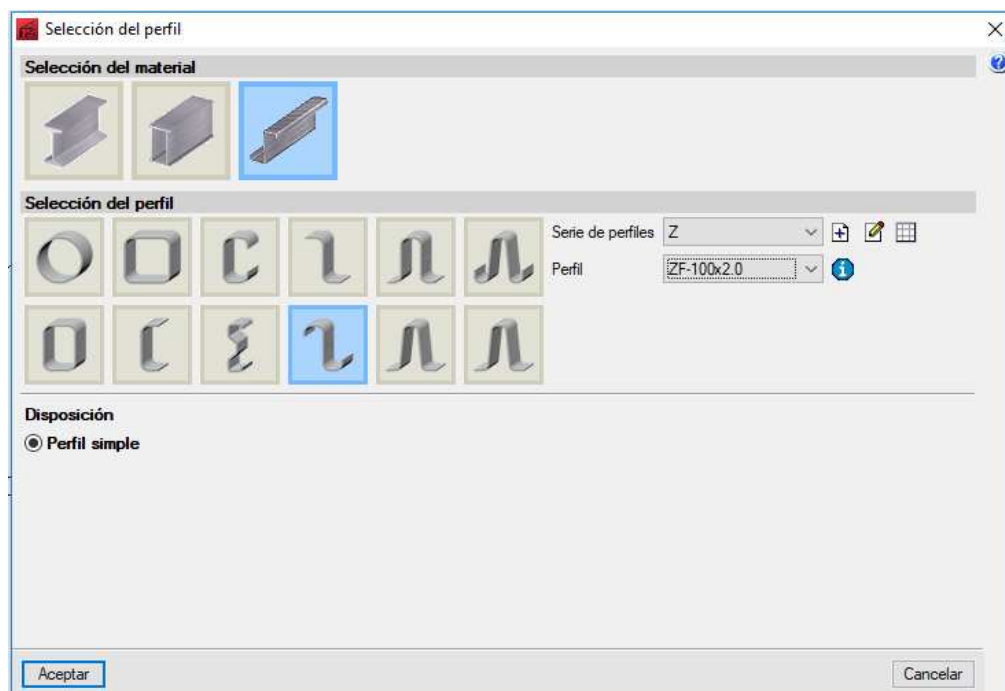


Ilustración 59. Tipo de perfil.

Edición de correas de cubierta

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 200

Número de vanos: Tres vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: ZF-100x2.0

Separación: 1 m

Tipo de Acero: S275

Dimensionar (3 buttons)

Aceptar Cancelar

Ilustración 60. Datos de correas en cubierta.

Una vez determinados y definidos los datos anteriormente descritos, se procede a dimensionar las correas de cubierta, obteniendo un listado de perfiles admisibles con su correspondiente peso y porcentaje de aprovechamiento.

Dimensionamiento de perfiles

Nombre	Peso (kg/m ²)	Texto de comprobación
⚠ ZF-100x2.5	4.58	Aprovechamiento: 408.81 %
⚠ ZF-100x3.0	5.42	Aprovechamiento: 349.51 %
⚠ ZF-120x2.0	4.02	Aprovechamiento: 696.05 %
⚠ ZF-120x2.5	4.97	Aprovechamiento: 266.92 %
⚠ ZF-120x3.0	5.89	Aprovechamiento: 227.55 %
⚠ ZF-140x2.0	4.33	Aprovechamiento: 550.08 %
⚠ ZF-140x2.5	5.37	Aprovechamiento: 203.76 %
⚠ ZF-140x3.0	6.36	Aprovechamiento: 173.65 %
⚠ ZF-160x2.0	4.64	Aprovechamiento: 446.35 %
⚠ ZF-160x2.5	5.76	Aprovechamiento: 169.57 %
⚠ ZF-160x3.0	6.83	Aprovechamiento: 144.26 %
⚠ ZF-180x2.0	4.96	Aprovechamiento: 369.28 %
⚠ ZF-180x2.5	6.15	Aprovechamiento: 295.14 %
⚠ ZF-180x3.0	7.30	Aprovechamiento: 122.27 %
⚠ ZF-200x2.0	6.01	Aprovechamiento: 282.19 %
⚠ ZF-200x2.5	7.47	Aprovechamiento: 223.68 %
⚠ ZF-200x3.0	8.88	Aprovechamiento: 185.77 %
⚠ ZF-225x2.5	7.96	Aprovechamiento: 185.28 %
⚠ ZF-225x3.0	9.47	Aprovechamiento: 153.85 %
✅ ZF-225x4.0	12.31	Aprovechamiento: 57.35 %
⚠ ZF-250x2.5	8.45	Aprovechamiento: 155.93 %
⚠ ZF-250x3.0	10.06	Aprovechamiento: 129.45 %
✅ ZF-250x4.0	13.09	Aprovechamiento: 49.36 %
⚠ ZF-275x2.5	8.94	Aprovechamiento: 133.01 %
⚠ ZF-275x3.0	10.65	Aprovechamiento: 110.40 %
✅ ZF-275x4.0	13.88	Aprovechamiento: 43.03 %
⚠ ZF-300x2.5	9.43	Aprovechamiento: 114.78 %
✅ ZF-300x3.0	11.24	Aprovechamiento: 95.26 %
✅ ZF-300x4.0	14.66	Aprovechamiento: 37.91 %

Significado de los iconos

- ⚠ Elemento que no cumple alguna comprobación.
- ✅ Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Ilustración 61. Dimensionamiento de los perfiles en cubierta.

De entre los perfiles admisibles, se selecciona el perfil de menor peso que supondrá un menor coste y que corresponde a un ZF-225 x 4.0, cuyas características se muestran a continuación.

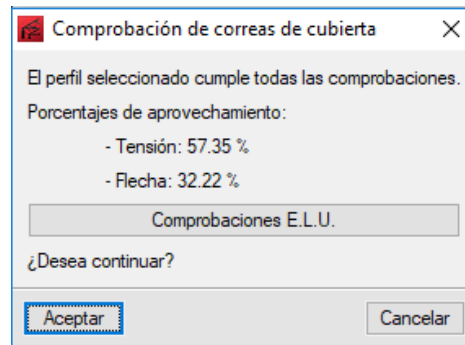


Ilustración 62. Comprobación de correas en cubierta.

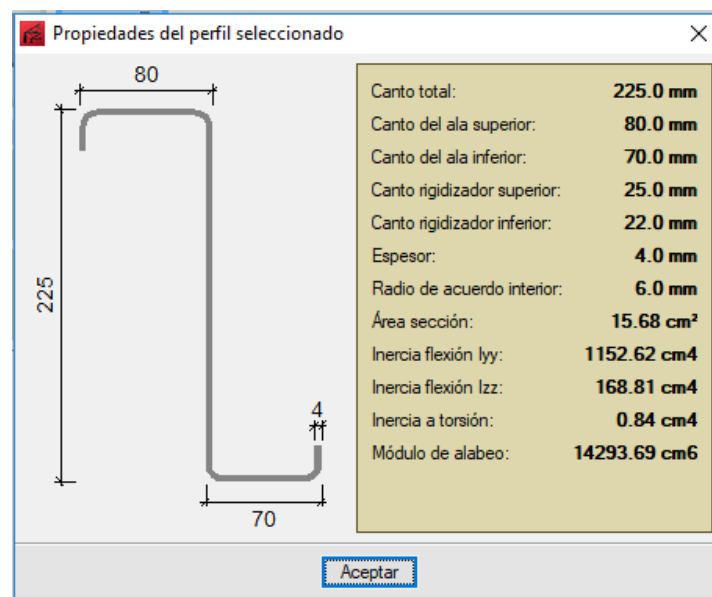


Ilustración 63. Propiedades del perfil ZF-225 x 4.0.

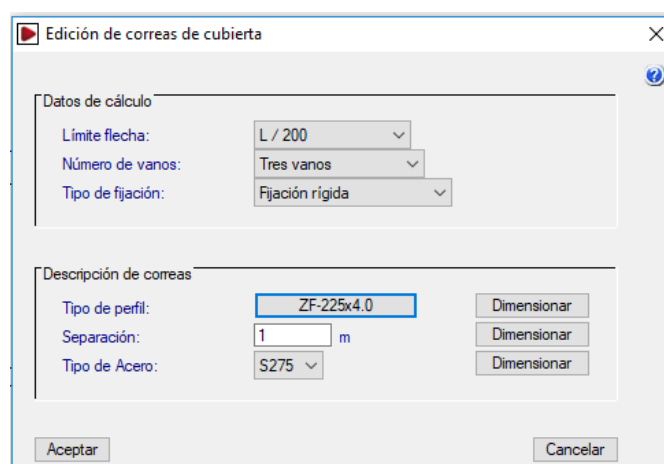


Ilustración 64. Datos de correas en cubierta.

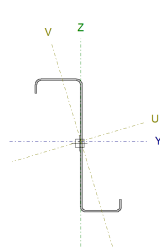
A continuación se detallan todas las comprobaciones a resistencia y flecha de las correas de cubierta:

5.2.1.1 Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 57.35 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: ZF-225x4.0 Material: S275												
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
		71.523, 42.000, 10.651	71.523, 36.000, 10.651	6.000	15.68	1152.62	168.81	-322.31	0.84	2.19	3.50	16.6
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.												
	Pandeo			Pandeo lateral								
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.					
	0.00		1.00		0.00		0.00					
L _k	0.000		6.000		0.000		0.000					
C ₁	-			1.000								
Notación: : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico												

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t	N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z			
pésima en cubierta	b / t (b / t) ^{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m = 57.3	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m = 9.5	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE = 57.3	
Notación: b / t: Relación anchura / espesor : Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión. Eje Y M _z : Resistencia a flexión. Eje Z M _y M _z : Resistencia a flexión biaxial V _y : Resistencia a corte Y V _z : Resistencia a corte Z N _t M _y M _z : Resistencia a tracción y flexión N _c M _y M _z : Resistencia a compresión y flexión NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a cortante, axil y flexión M _t NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.															

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h/t : \underline{51.3} \quad \checkmark$$

$$b_1/t \leq 90$$

$$b_1/t : \underline{15.0} \quad \checkmark$$

$$c_1/t \leq 30$$

$$c_1/t : \underline{3.8} \quad \checkmark$$

$$b_2/t \leq 60$$

$$b_2/t : \underline{12.5} \quad \checkmark$$

$$c_2/t \leq 30$$

$$c_2/t : \underline{3.0} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6$$

$$c_1/b_1 : \underline{0.250}$$

$$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6$$

$$c_2/b_2 : \underline{0.240}$$

Donde:

h: Altura del alma.**h :** 205.00 mm**b₁:** Ancho del ala superior.**b₁ :** 60.00 mm**c₁:** Altura del rigidizador del ala superior.**c₁ :** 15.00 mm**b₂:** Ancho del ala inferior.**b₂ :** 50.00 mm**c₂:** Altura del rigidizador del ala inferior.**c₂ :** 12.00 mm**t:** Espesor.**t :** 4.00 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.573} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 71.523, 42.000, 10.651, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H1$.

$$M_{y,Ed}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^+ : \underline{1.521} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{y,Ed}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \quad M_{c,Rd} : \underline{2.653} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{el} : \underline{99.36} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

m_0 : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_0 : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.095} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 71.523, 42.000, 10.651, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(180°) H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.268} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad V_{b,Rd} : \underline{13.398} \quad t$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{216.31} \quad mm$$

t : Espesor.

$$t : \underline{4.00} \quad mm$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$: \underline{90.0} \quad \text{grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$$f_{bv} : \underline{1625.89} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

w : Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad w : \underline{0.68}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140672.78} \quad \text{kp/cm}^2$$

m_0 : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_0 : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

5.2.1.2 Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 32.22 %

Coordenadas del nudo inicial: 71.523, 48.000, 10.651

Coordenadas del nudo final: 71.523, 42.000, 10.651

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(180^\circ)$ H1 a una distancia 3.000 m del origen en el primer vano de la correa.

($I_y = 1153 \text{ cm}^4$) ($I_z = 169 \text{ cm}^4$)

5.2.2 CORREAS EN FACHADA

Para el cálculo de las correas en fachada, de nuevo hay que definir los siguientes parámetros:

- **Tipo de perfil:** Se opta por resolver las correas de fachada mediante perfiles conformados en Z.
- **Separación:** Como se ha calculado anteriormente la distancia entre correas en fachada tiene que ser de 1,6 metros.
- **Tipo de acero:** Aun pudiéndose fabricar correas conformadas en Z en acero S235, se opta por un tipo de acero S275.

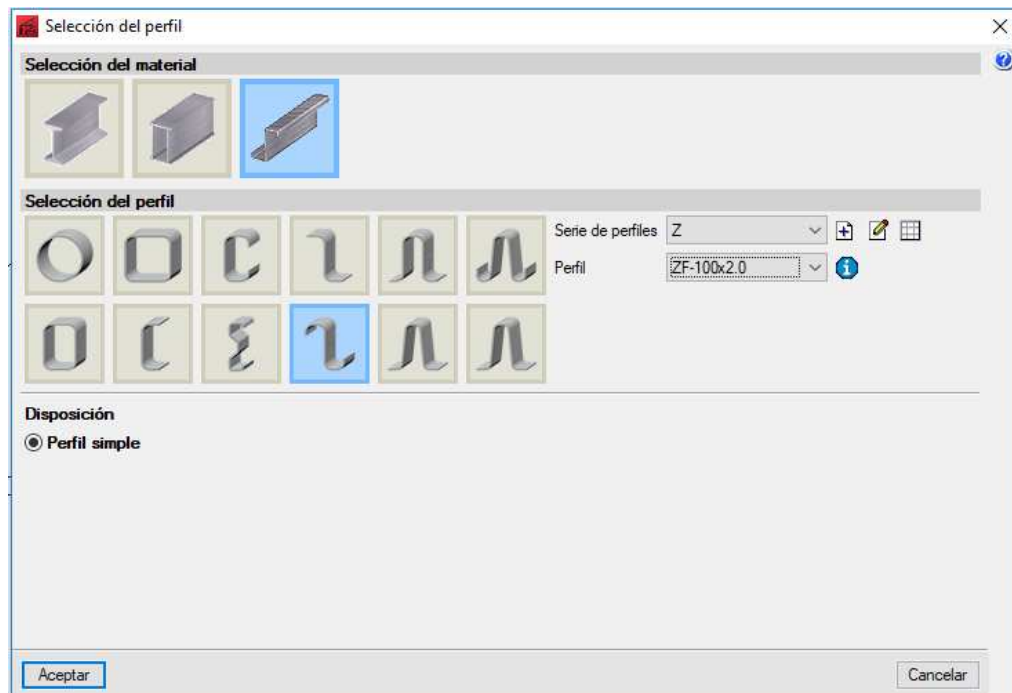


Ilustración 65. Tipo de perfil.

Ilustración 63. Datos de correas en fachada.

Una vez determinados y definidos los datos anteriormente descritos, se procede a dimensionar las correas de la fachada, obteniendo un listado de perfiles admisibles con su correspondiente peso y porcentaje de aprovechamiento.

Nombre	Peso (kg/m ²)	Texto de comprobación
⚠ ZF-100x2.5	2.86	Aprovechamiento: 615.49 %
⚠ ZF-100x3.0	3.39	Aprovechamiento: 527.72 %
⚠ ZF-120x2.0	2.51	Aprovechamiento: 872.76 %
⚠ ZF-120x2.5	3.11	Aprovechamiento: 402.41 %
⚠ ZF-120x3.0	3.68	Aprovechamiento: 344.13 %
⚠ ZF-140x2.0	2.71	Aprovechamiento: 690.11 %
⚠ ZF-140x2.5	3.35	Aprovechamiento: 280.44 %
⚠ ZF-140x3.0	3.98	Aprovechamiento: 239.35 %
⚠ ZF-160x2.0	2.90	Aprovechamiento: 560.29 %
⚠ ZF-160x2.5	3.60	Aprovechamiento: 213.28 %
⚠ ZF-160x3.0	4.27	Aprovechamiento: 181.79 %
⚠ ZF-180x2.0	3.10	Aprovechamiento: 463.80 %
⚠ ZF-180x2.5	3.84	Aprovechamiento: 371.48 %
⚠ ZF-180x3.0	4.56	Aprovechamiento: 154.21 %
⚠ ZF-200x2.0	3.76	Aprovechamiento: 355.09 %
⚠ ZF-200x2.5	4.67	Aprovechamiento: 282.20 %
⚠ ZF-200x3.0	5.55	Aprovechamiento: 234.97 %
⚠ ZF-225x2.5	4.97	Aprovechamiento: 233.95 %
⚠ ZF-225x3.0	5.92	Aprovechamiento: 194.79 %
✅ ZF-225x4.0	7.69	Aprovechamiento: 72.98 %
⚠ ZF-250x2.5	5.28	Aprovechamiento: 197.07 %
⚠ ZF-250x3.0	6.29	Aprovechamiento: 164.08 %
✅ ZF-250x4.0	8.18	Aprovechamiento: 62.91 %
⚠ ZF-275x2.5	5.59	Aprovechamiento: 168.25 %
⚠ ZF-275x3.0	6.65	Aprovechamiento: 140.08 %
✅ ZF-275x4.0	8.67	Aprovechamiento: 54.92 %
⚠ ZF-300x2.5	5.89	Aprovechamiento: 145.33 %
⚠ ZF-300x3.0	7.02	Aprovechamiento: 121.00 %
✅ ZF-300x4.0	9.16	Aprovechamiento: 48.45 %

Significado de los iconos
 ⚠ Elemento que no cumple alguna comprobación.
 ✅ Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Ilustración 66. Dimensionamiento de los perfiles en fachada.

De entre los perfiles admisibles, se selecciona el perfil ZF-250 x 4.0, cuyas características se muestran a continuación.

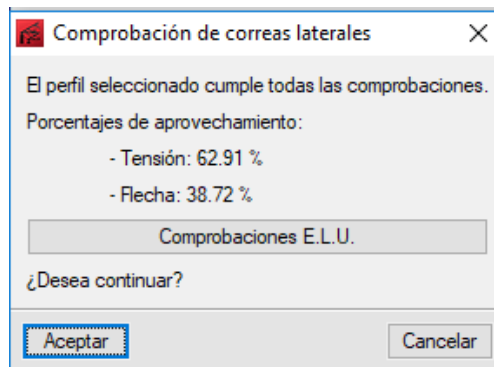


Ilustración 67. Comprobación de correas en fachada.

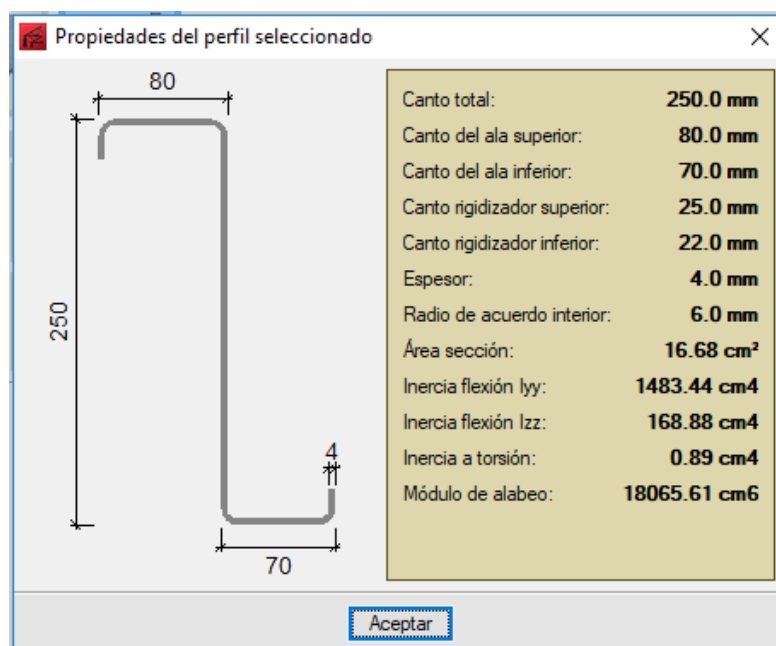


Ilustración 68. Propiedades del perfil ZF-250 x 4.0.

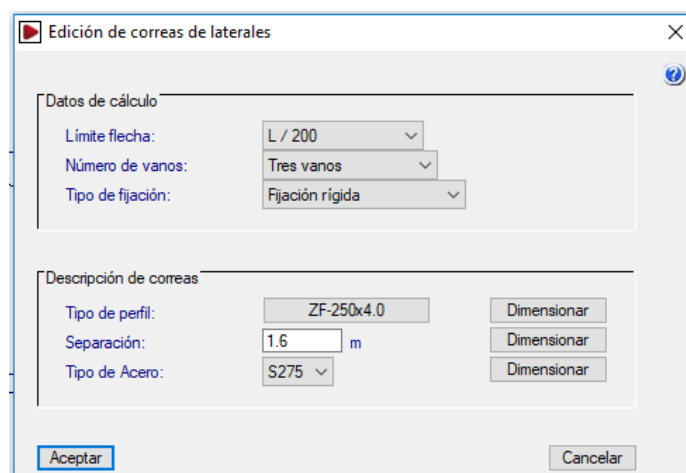


Ilustración 69. Datos de correas en fachada.

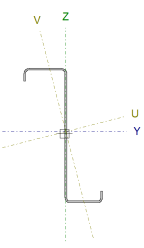
A continuación se detallan todas las comprobaciones a resistencia y flecha de las correas de fachada:

5.2.2.1 Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia

El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 62.91 %

Barra pésima en lateral

Perfil: ZF-250x4.0		Material: S275												
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas										
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	(5) (grados)			
	81.000, 42.000, 0.800	81.000, 48.000, 0.800	6.000	16.68	1483.44	168.88	-360.41	0.89	2.35	3.68	14.4			
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.														
		Pandeo		Pandeo lateral										
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.								
		0.00	1.00	0.00		0.00								
L _K		0.000	6.000	0.000		0.000								
C ₁		-		1.000										
Notación: : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico														

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	b / t		N _t	N _c	M _y	M _z	M _y M _z	V _y	V _z	N _t M _y M _z	N _c M _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t NM _y M _z V _y V _z		
pésima en lateral	b / t (b / t) ^{Máx.} Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m = 62.9	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	x: 0 m = 13.0	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE = 62.9	
Notación: b / t: Relación anchura / espesor : Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión. Eje Y M _z : Resistencia a flexión. Eje Z M _y M _z : Resistencia a flexión biaxial V _y : Resistencia a corte Y V _z : Resistencia a corte Z N _t M _y M _z : Resistencia a tracción y flexión N _c M _y M _z : Resistencia a compresión y flexión NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a cortante, axil y flexión M _t NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.															

Relación anchura / espesor (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h/t : \underline{57.5} \quad \checkmark$$

$$b_1/t \leq 90$$

$$b_1/t : \underline{15.0} \quad \checkmark$$

$$c_1/t \leq 30$$

$$c_1/t : \underline{3.8} \quad \checkmark$$

$$b_2/t \leq 60$$

$$b_2/t : \underline{12.5} \quad \checkmark$$

$$c_2/t \leq 30$$

$$c_2/t : \underline{3.0} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6$$

$$c_1/b_1 : \underline{0.250}$$

$$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6$$

$$c_2/b_2 : \underline{0.240}$$

Donde:

h: Altura del alma.**h :** 230.00 mm**b₁:** Ancho del ala superior.**b₁ :** 60.00 mm**c₁:** Altura del rigidizador del ala superior.**c₁ :** 15.00 mm**b₂:** Ancho del ala inferior.**b₂ :** 50.00 mm**c₂:** Altura del rigidizador del ala inferior.**c₂ :** 12.00 mm**t:** Espesor.**t :** 4.00 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.629} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 81.000, 42.000, 0.800, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

$$M_{y,Ed}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^+ : \underline{1.936} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{y,Ed}: \text{Momento flector solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{y,Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

La resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}} \quad M_{c,Rd} : \underline{3.078} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$$W_{el} : \underline{115.28} \text{ cm}^3$$

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

m_0 : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_0 : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión. Eje Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión biaxial (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.130} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 81.000, 42.000, 0.800, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.939} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad V_{b,Rd} : \underline{14.947} \quad t$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{241.31} \quad \text{mm}$$

t : Espesor.

$$t : \underline{4.00} \quad \text{mm}$$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \quad \text{grados}$$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$

$$f_{bv} : \underline{1625.89} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

w : Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$w : \underline{0.76}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140672.78} \quad \text{kp/cm}^2$$

m_0 : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_0 : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

5.2.2.2 Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 38.72 %

Coordenadas del nudo inicial: 81.000, 42.000, 0.800

Coordenadas del nudo final: 81.000, 48.000, 0.800

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H1 a una distancia 3.000 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 1483 \text{ cm}^4$) ($I_z = 169 \text{ cm}^4$)

5.3 CÁLCULO DE PÓRTICOS

Una vez realizado el diseño y calculadas las correas de cubierta y laterales, se exporta la obra al módulo "CYPE 3D" en el que, tal y como se ha mencionado con anterioridad, se edita la estructura para adaptarla al diseño de esta.

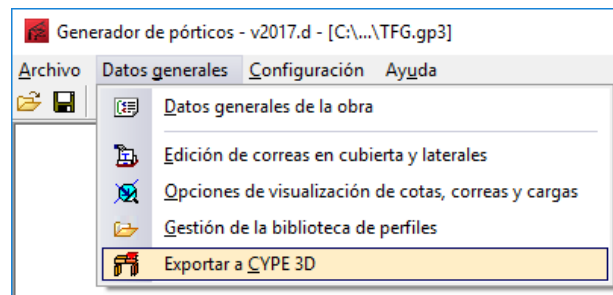


Ilustración 70. Exportación a Cype 3D desde generador de pórticos.

Anteriormente a abrir el módulo de Cype 3D, se definen una serie de parámetros que explicaremos a continuación.

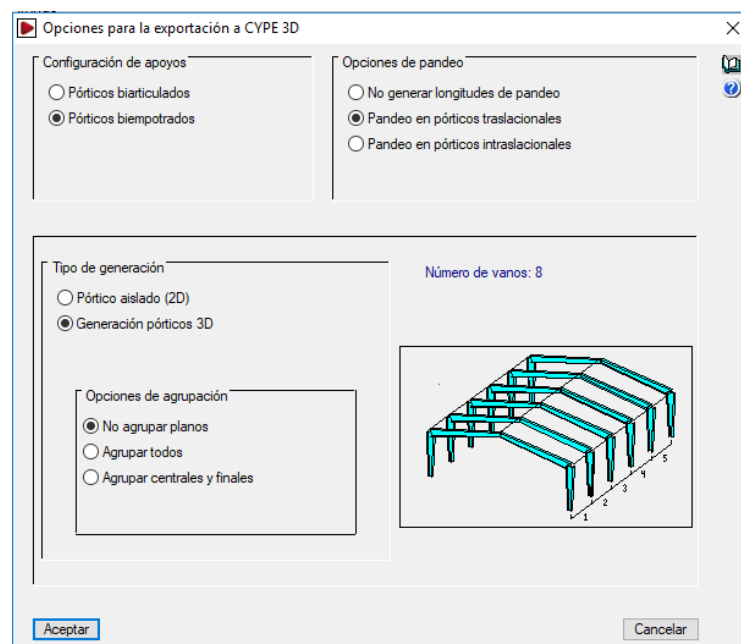


Ilustración 71. Parámetros para la exportación al módulo Cype 3D.

- Los apoyos de los pórticos principales de la nave se consideran empotrados; por lo que se selecciona esta opción en la configuración de los apoyos.
- En las opciones de pandeo se selecciona la opción correspondiente a pórticos traslacionales.
- En cuanto a las opciones de agrupación, se opta por no agrupar planos, a causa de tener que modificar la longitud de las naves de tenis

Una vez introducidos dichos parámetros, se abre el módulo para el cálculo estructural Cype 3D.

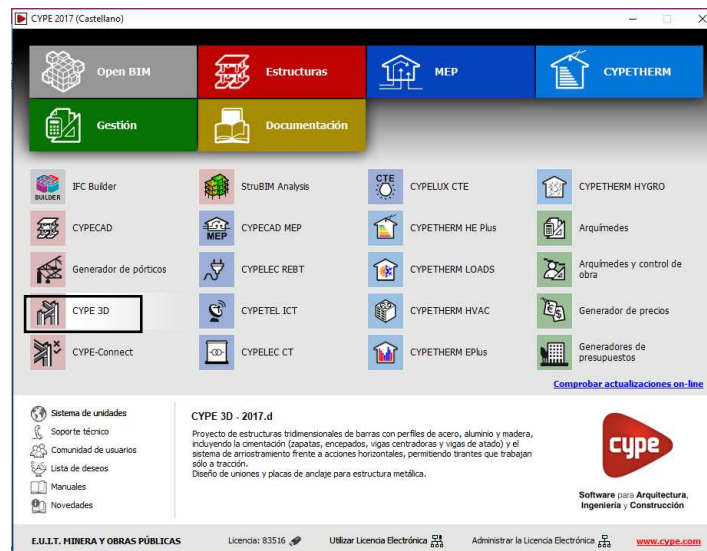


Ilustración 72. Cype 3D.

A continuación, se determinan los datos de la obra relativos a las normas a aplicar, tales como, estados límite, calidad del acero y protección ignífuga necesaria; así como la determinación de las características relativas a la cimentación, aunque las opciones seleccionadas se pueden editar posteriormente durante todo el proceso de diseño.

Normas:		Código Técnico de la Edificación - EHE-08	
Perfiles			
Acero laminado	S275		
Acero conformado	S235		
Madera	Aesrada, procedente de coníferas o ...		
Aluminio	EN AW-5083 - F		
Hormigón	HA-25, Yc=1.5		
Hormigón armado			
Hormigón para pilares	HA-25, Yc=1.5		
Hormigón para vigas de forjado	HA-25, Yc=1.5		
Hormigón para elementos de cimentación	HA-25, Yc=1.5		
Acero de barras	B 500 S, Ys=1.15		
Características del árido	Cuarcita (15 mm), 30 mm		
<input type="button" value="Recubrimientos"/> <input type="button" value="Mermas de acero"/>			
Acciones			
<input type="checkbox"/> Con sismo dinámico			
<input type="button" value="Resistencia al fuego"/> <input type="button" value="Estados límite (combinaciones)"/> <input type="button" value="Hipótesis adicionales"/> <input type="button" value="Cimentación"/> <input type="button" value="Proceso constructivo"/>			
Opciones			
<input type="button" value="Pilares"/>		<input type="button" value="Cimentación"/>	
<input type="button" value="Vigas"/>		<input type="button" value="Uniones"/>	
Terreno de cimentación			
<input type="checkbox"/> Verificar deslizamiento de zapatas			
Adherencia (σ)	0.000	kp/cm ²	
Ángulo de rozamiento terreno-zapata (δ)	25.00	grados	
Situaciones persistentes	2.50	kp/cm ²	
Situaciones sísmicas y accidentales	3.75	kp/cm ²	
Ambiente			
Vigas	I		
Encepados	Ila		
<input type="button" value="Aceptar"/>			

Ilustración 73. Datos generales de la obra.

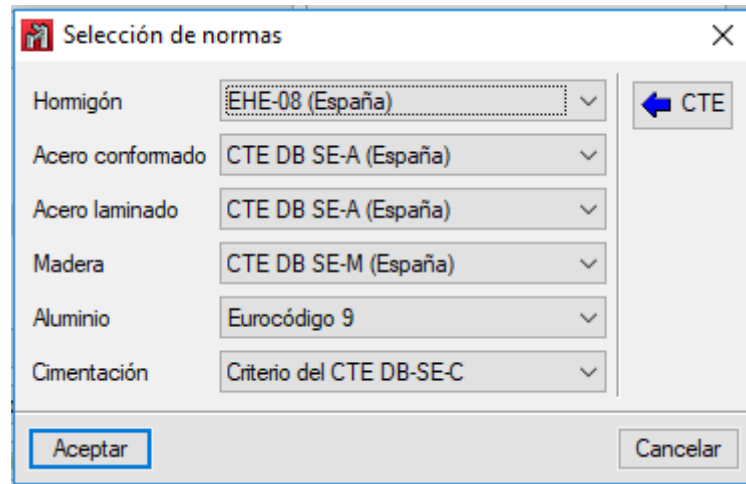


Ilustración 74. Normativa de la obra.

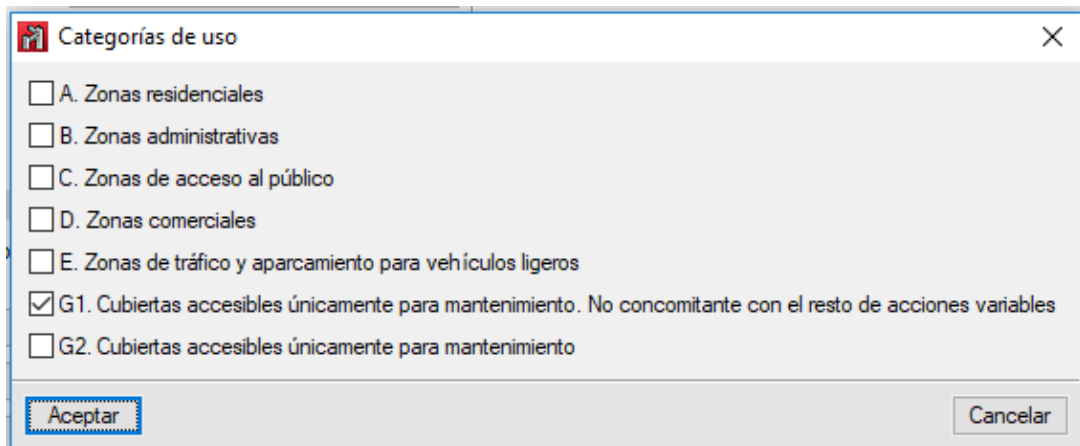


Ilustración 75. Categoría de uso.

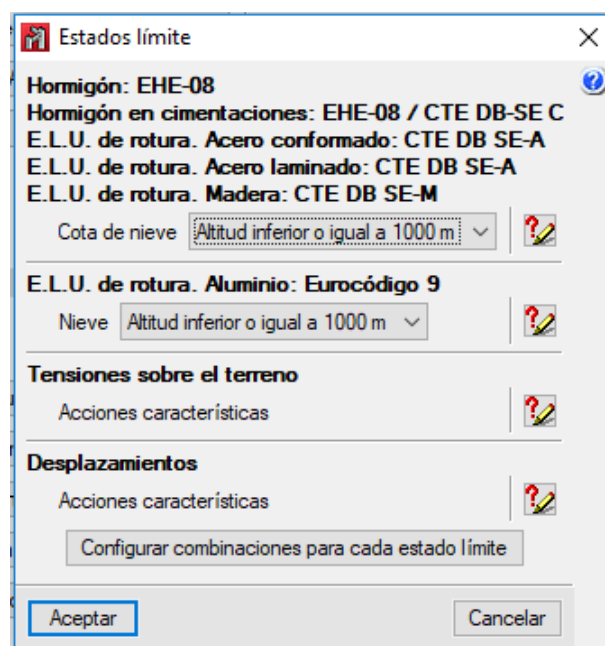


Ilustración 76. Estados límite de la obra.

Una vez definidos los parámetros iniciales, se exporta y se abre la obra tridimensional. Sin embargo, como se ha comentado con anterioridad, hay que modificar las naves de tenis, a su longitud real, y con ello mover y aplicar las cargas correctamente. Para una mejor comprensión, se ilustra gráficamente.

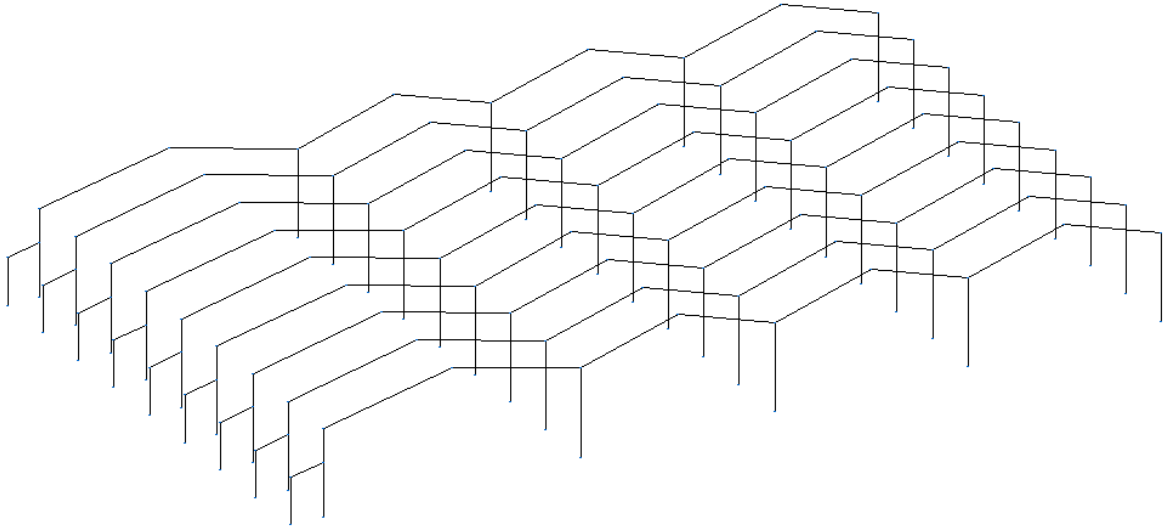


Ilustración 77. Exportación inicial.

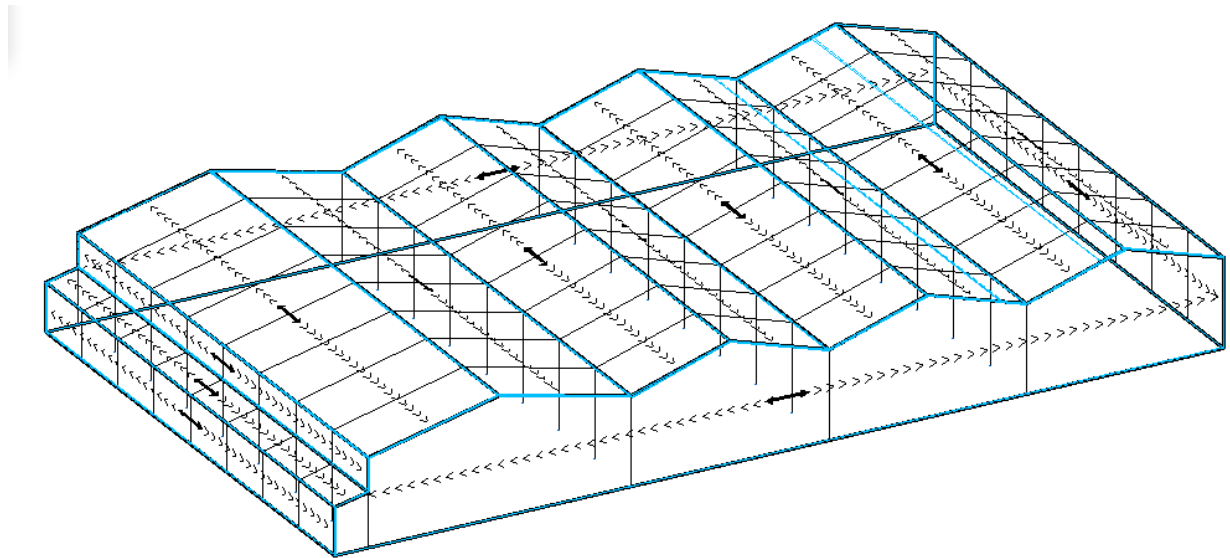


Ilustración 78. Sobrecarga sobre la estructura. Ejemplo Viento 180° H3

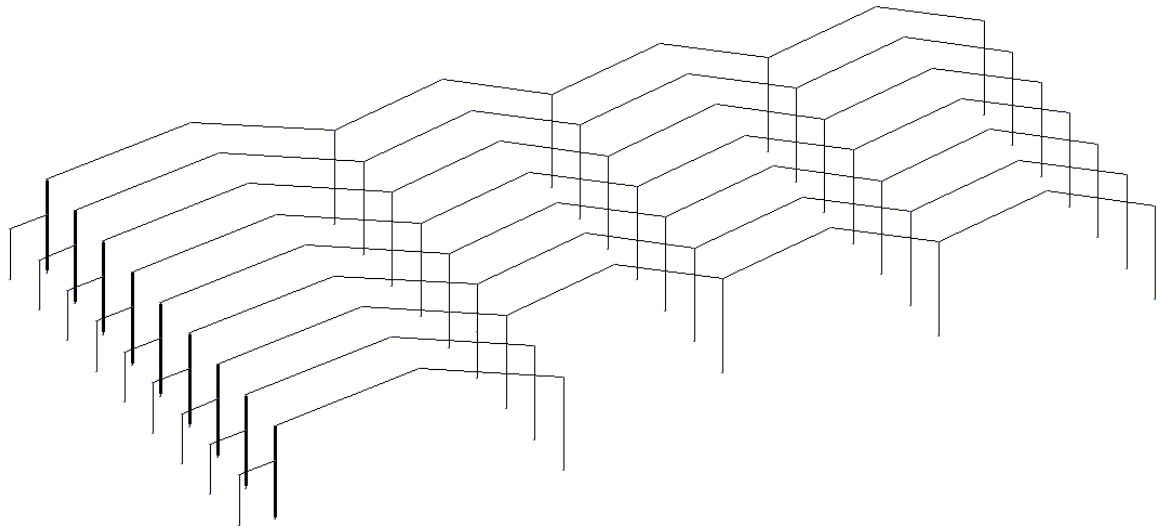


Ilustración 79. Diseño de la estructura.

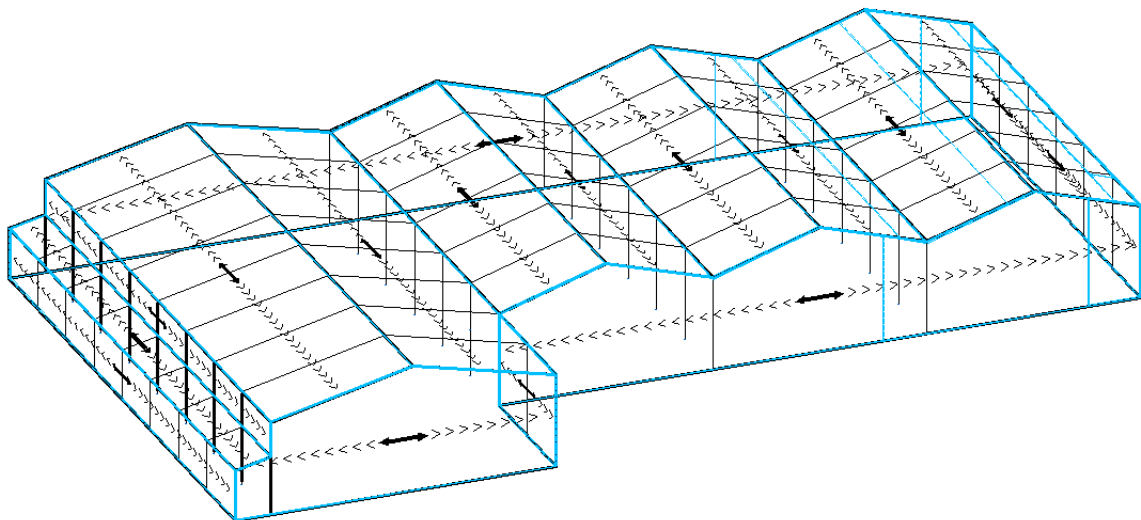


Ilustración 80. Sobrecarga sobre la estructura modificada. Ejemplo Viento 180° H3

Una vez modificadas todas las cargas para cada una de las combinaciones posibles, se introducen los elementos estructurales necesarios para el correcto funcionamiento de la estructura. En primer lugar, se introducen los pilarillos en los pórticos hastiales, teniendo en cuenta que a éstos se les cambia la orientación en los ejes. No obstante, ya que esto se hace con la finalidad de poner el eje fuerte en dirección a la sobrecarga más crítica que ejerce sobre éstos, los pilarillos introducidos que soportan el forjado no son modificados, ya que la sobrecarga más crítica es el forjado y estarían bien posicionados.

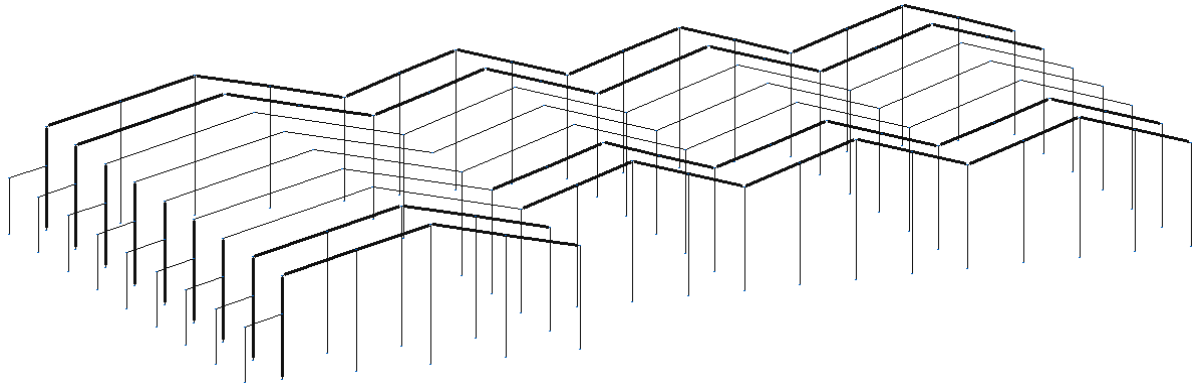


Ilustración 81. Introducción de los pilarillos.

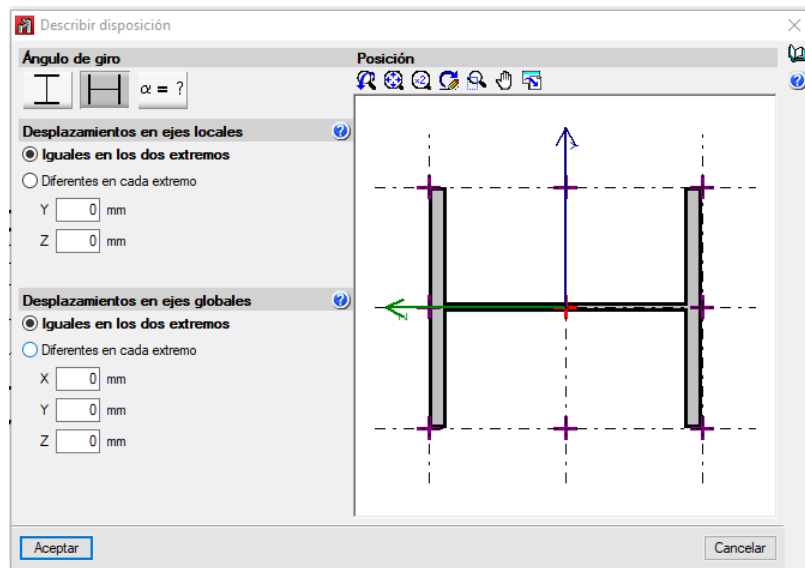


Ilustración 82. Modificación de la orientación de los ejes de los pilarillos.

Además, en los pilarillos se ha de indicar la vinculación exterior debido a que estas barras no se han exportado inicialmente.

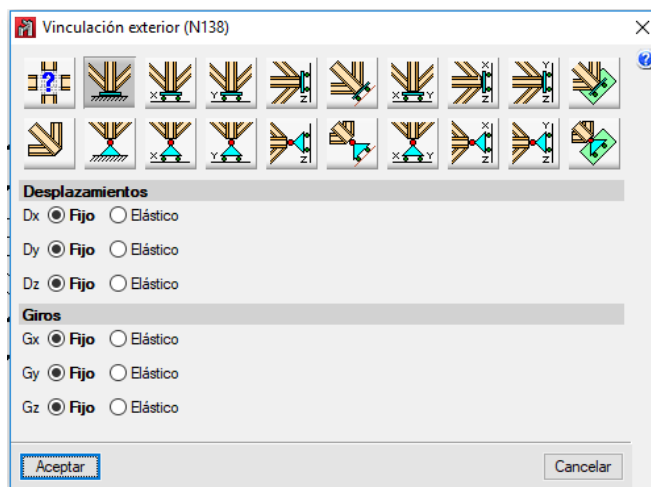


Ilustración 83. Vinculación exterior de los pilarillos.

Posteriormente, se añaden las barras necesarias para su arriostramiento longitudinal.

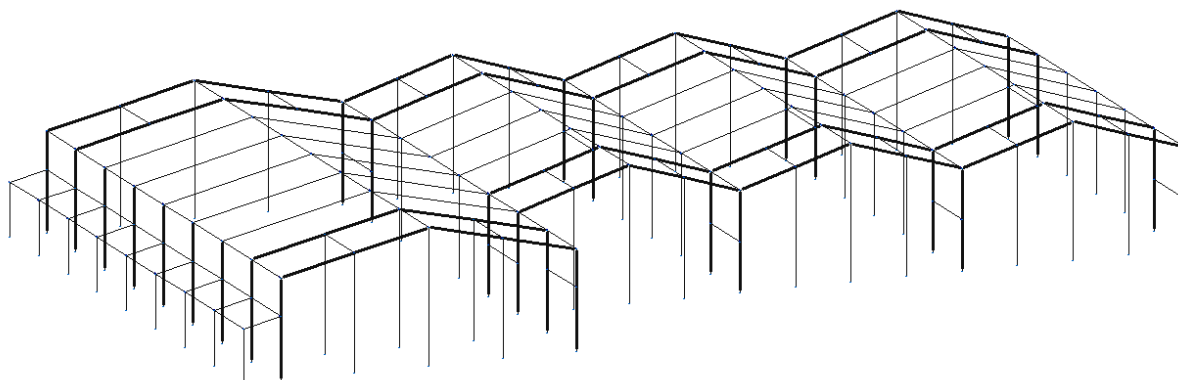


Ilustración 84. Introducción del arriostramiento longitudinal.

Además de introducirse las cruces de San Andrés, tanto en la cubierta como en la fachada.

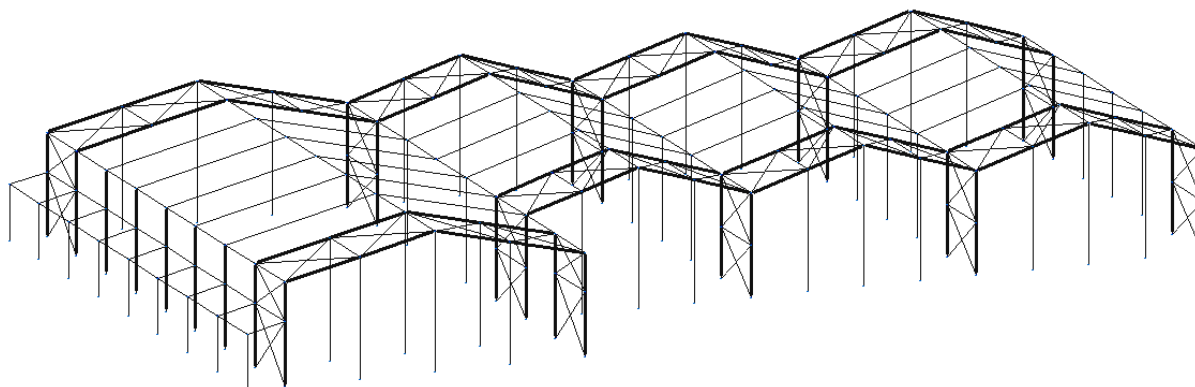


Ilustración 85. Introducción de las cruces de San Andrés.

Por último, se añaden las correspondientes barras para la introducción del forjado destinado al almacén de entreplanta.

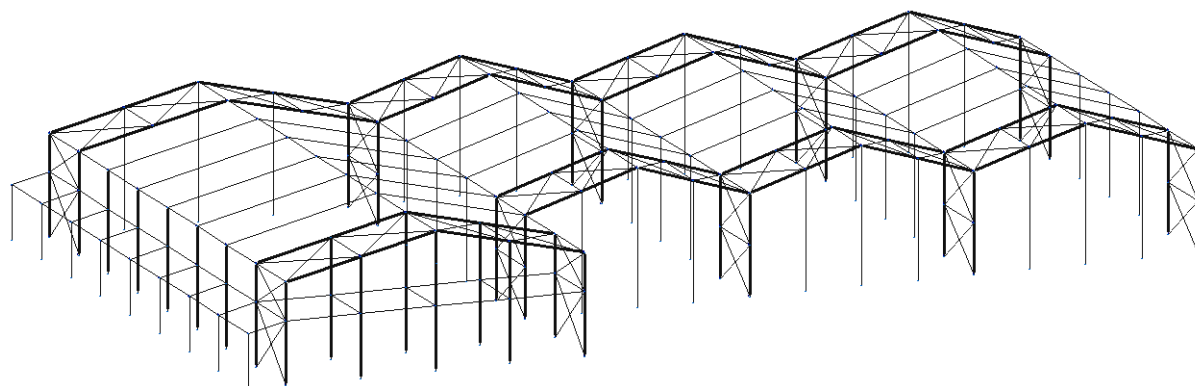


Ilustración 86. Introducción de las barras para el forjado.

5.3.1 PANDEO DE LA ESTRUCTURA

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y, que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión. Como no es posible conocer a priori que piezas trabajarán a compresión y bajo que combinaciones de hipótesis lo harán, será necesario determinar los coeficientes de pandeo de todas ellas en sus dos planos principales, a fin de dimensionarlas considerando la posibilidad de que este fenómeno se produzca.

La longitud de pandeo se calcula multiplicando el coeficiente de pandeo por la longitud de la barra, siendo la longitud de pandeo la distancia entre dos puntos de inflexión consecutivos en la deformada de la barra para el plano de pandeo. Según lo establecido en el apartado 6.3.2 del CTE DB SE-A, para piezas de sección y axil constante, los coeficientes de pandeo se relacionan con los extremos de las barras, es decir dependen de la vinculación interior y exterior de la estructura.

Además, es importante saber si la estructura es traslacional o intraslacional ya que afecta al desplazamiento de los nudos y por lo tanto a su vinculación. Por lo tanto, para el estudio se considera la estructura traslacional en el plano de los pórticos e intraslacional en los planos del cerramiento y cubierta, gracias a la rigidez que le infieren los elementos estructurales secundarios y los propios materiales utilizados para el cerramiento.

Los coeficientes de pandeo se asignan de acuerdo a los ejes locales de cada barra, siendo el plano débil de las barras, xy, el paralelo a las alas y el plano fuerte, xz, el del alma de la pieza. La definición de la longitud de pandeo en cada uno de los planos se lleva a cabo introduciendo en el cuadro que se muestra a continuación los valores correspondientes para la barra seleccionada. Por otro lado, dichas longitudes se han calculado y están resumidas en la Tabla 41 de este documento.

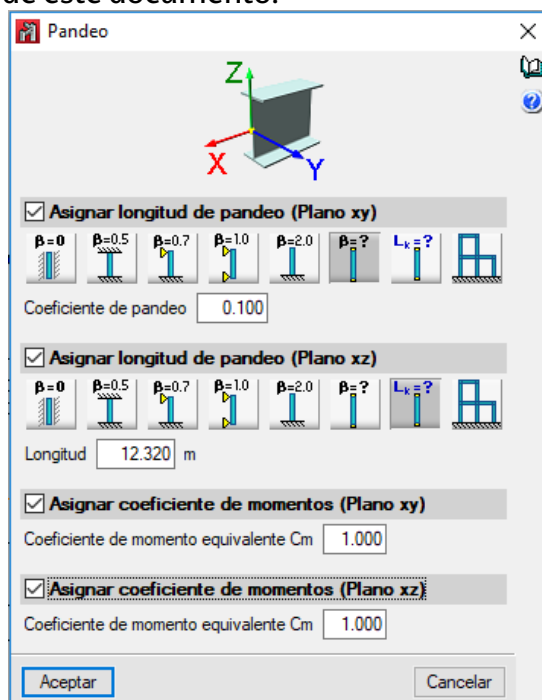


Ilustración 87. Introducción del pandeo en Cype 3D.

Tabla 47. Longitudes de pandeo.

LONGITUD DE PANDEO [m]	PLANO xy	PLANO xz
BARRA		
Vigas Nave Adosada	L=1	L=3,08
Vigas Nave Fútbol	L=1	L=12,32
Vigas Naves de Tenis	L=1	L=9,42
Pilares Nave Adosada	L=1,6	B = 2
Pilares Naves de Tenis y Fútbol	L=1,6	B = 2
Pilarillos Nave de Fútbol	L=1,6	B = 0,7
Pilarillos Centrales Nave de Fútbol	L=1,6	B = 0,5
Pilarillos Nave de Tenis	L=1,6	B = 0,7
Pilarillos Centrales Nave de Tenis	L=1,6	B = 0,5
Barras para el arriostramiento longitudinal	B = 1	B = 1
Tirantes	B = 1	B = 1
Pilarillos Nave de Fútbol Forjado	B = 0,7	L=1,6
Pilarillos Centrales Nave de Fútbol Forjado	B = 0,5	L=1,6

5.3.2 FLECHA

Otro de los aspectos fundamentales en el proceso de cálculo, es el hecho de limitar la deformación que puedan sufrir los elementos de la estructura como consecuencia de la flexión de sus barras. Según lo establecido en el Apartado 4.3.3.1 (Flechas) del CTE DB SE, se considera un comportamiento adecuado, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto, siendo dicho valor $L/300$.

La determinación de estos límites en el programa, se lleva a cabo introduciendo en el cuadro que se muestra a continuación los valores correspondientes para la barra seleccionada:

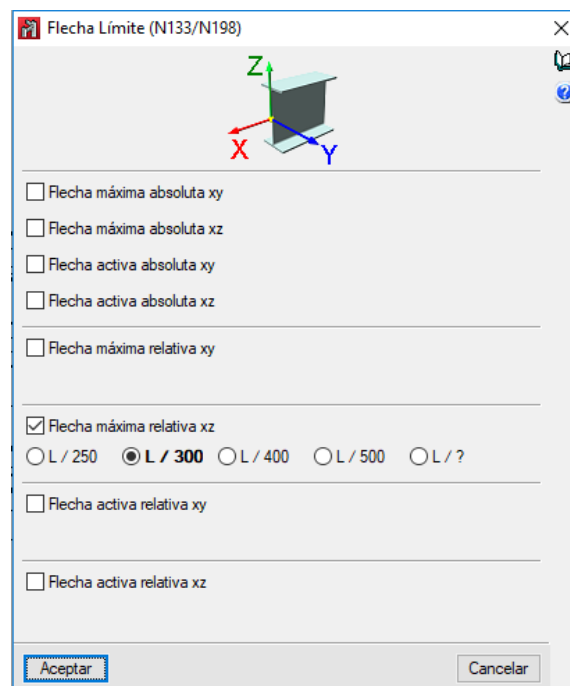


Ilustración 88. Introducción de la flecha en Cype 3D.

5.3.3 CARGAS ADICIONALES

En este proyecto se consideran cargas adicionales las sobrecargas introducidas posteriormente que afectan a los elementos estructurales tales como el forjado entreplanta destinado para almacén y la escalera metálica para acceder a dicho almacén.

5.3.3.1 FORJADO ENTREPLANTA PARA ALMACÉN

El forjado entreplanta a cota +5m se destina para uso de almacén deportivo, siendo su composición un forjado de chapa colaborante. El forjado compuesto o colaborante representa la solución constructiva más idónea ya que las uniones con estructuras metálicas, como es la de este proyecto, es más sencilla, además de ser más rápida de ejecutar.

El fundamento de los forjados compuestos radica en la tecnología usada para potenciar la adherencia entre la chapa de acero conformada y el hormigón. Esta tecnología se denomina también forjado colaborante por la colaboración entre los dos materiales que componen el forjado, para hacer frente a las tensiones generadas por las cargas. La adhesión mecánica de los dos componentes se realiza a través de las indentaciones en los flancos inclinados del perfil de acero galvanizado. La adhesión química de por sí sola, no sería suficiente para garantizar una unión eficiente que haga realmente trabajar el forjado compuesto como estructura mixta.

Para el forjado colaborante de este proyecto, se escoge el forjado MT-76 del proveedor Hiansa.



Hiansa
Grupo Hiemesa

MT-76



PROPIEDADES

MATERIA PRIMA:
Acero

ACABADO
Galvanizado

ESPESTORES (mm)
0.75 hasta 1.2

ANCHO ÚTIL: 880 mm

	ESPESOR (mm)			
	0.75	0.80	1.00	1.20
P (kg/m ²)	8,36	8,92	11,15	13,38
I (cm ⁴ /m)	75,58	89,00	111,10	133,00
W (cm ³ /m)- fibra superior	24,01	27,30	33,80	40,50
A _p (mm ² /m)	998	1.135,30	1.411,80	1.694,10

P= peso perfil por metro cuadrado I= inercia perfil por metro lineal W= módulo resistente perfil por metro lineal
A_p= sección útil de acero por lineal





Ilustración 89. Propiedades del forjado colaborante MT-76.



- 1 ESTRUCTURA PRINCIPAL
- 2 PERFIL FORJADO HIANSA MT-76
- 3 CONECTORES - [OPCIONALES]
- 4 ARMADURA ADICIONAL POSITIVO (RF) - [OPCIONAL]
- 5 ARMADURA ADICIONAL NEGATIVO (VANO MÚLTIPLE)
- 6 MALLAZO ANTIFISURACIÓN
- 7 HORMIGÓN

Ilustración 90. Detalles del forjado colaborante MT-76.

El cálculo para el forjado, se lleva a cabo utilizando un software informático del mismo proveedor, que se muestra a continuación.

Ilustración 91. Datos geométricos del forjado.

Forjados colaborantes HIANSA

Datos geométricos **Materiales** Cargas

Hormigón

H. Normal H. Ligero

Resist. Característica (MPa): HA-30

Coef. minorac. γ_c : 1.5

Peso específico (kN/m³): 24.0

Acero estructural

Límite elástico (MPa): 275

Coef. minorac. γ_a : 1.1

Acero de armado

B-400S B-500S

Coefic. minoración γ_s : 1.15

Recubrimiento mecánico sup. (cm): 2

Recubrimiento mecánico inf. (cm): 3.5

Calcular Hiansa Grupo Hiesma Ayuda

Ilustración 92. Materiales del forjado.

Forjados colaborantes HIANSA

Datos geométricos **Materiales** **Cargas**

Superficial

Permanente (kN/m²):

Variable (kN/m²): 3

Alternancia de sobrecargas

Lineal

Valor (kN/m):

Posic. X (m):

Puntual

Valor (kN):

Posic. X (m):

Posic. Y (m):

Coef. mayoración

Coef. perman. γ_p : 1.35

Coef. variable γ_Q : 1.5

Resistencia al fuego

RF-60 RF-90 RF-120

RF-180 RF-240

Cargas dinámicas

Valor (kN):

Frecuencia (Hz):

Posic. X (m):

Posic. Y (m):

Cargas sísmicas

Fuerza horiz (kN/m):

Calcular Hiansa Grupo Hiesma Ayuda

Ilustración 93. Cargas del forjado.

Tabla 48. Parámetros de entrada.

PARÁMETROS DE ENTRADA (INTRODUCIDOS)		(
DATOS GEOMÉTRICOS		(
Número de vanos		2
Coefficiente de redistribución de negativos	%	15
Luz del vano	m	6.0
Tipo de perfil		MT-76
Espesor	mm	1.2
Canto total	cm	20
Límite de flecha relativo		250
Límite de flecha absoluto	mm	20
Conectores en extremos		NO
MATERIALES		(
HORMIGÓN		
Tipo de hormigón		NORMAL
Resistencia característica del hormigón	MPa	30
Coefficiente de minoración de resistencia c		1.5
Densidad o peso específico	kN/m ³	24.0
ACEROESTRUCTURAL		
Límite elástico	MPa	275
Coefficiente de minoración de resistencia a		1.1
ACERO DE ARMADO		
Tipo de acero de armar		B400S
Coefficiente de minoración de resistencia s		1.15
Recubrimiento mecánico superior	cm	2.0
Recubrimiento mecánico inferior	cm	3.5
CARGAS		(
Carga superficial		SI
Valor de la carga superficial permanente	kN/m ²	0.0
Valor de la carga superficial variable	kN/m ²	3.0
Alternancia de sobrecargas		NO
Carga lineal		NO
Carga puntual		NO
Coefficiente de mayoración de acciones perman. p		1.35
Coefficiente de mayoración de acciones variables q		1.5
Carga sísmica		NO
Carga dinámica		NO
Resistencia al fuego		RF-120

Tabla 49. Parámetros de salida. Fase de ejecución y fase de salida.

PARÁMETROS DE SALIDA (CALCULADOS)		(
FASE DE EJECUCIÓN (art. 7.3.2.1, 7.4.1 y 7.5 de EC4 y parte 1-3 de EC3)		(
Coefficiente de seguridad de cargas permanentes, p_e		1.35
Coefficiente de seguridad de cargas variables, q_e		1.35
Momento máximo negativo, $M_{\max \text{neg.d}}$	mkN/m	6.90
Momento máximo positivo, $M_{\max \text{pos.d}}$	mkN/m	63.28
Momento resistente elástico eficaz positivo, M_{Rep}	mkN/m	7.15
Momento resistente elástico eficaz negativo, M_{Ren}	mkN/m	6.90
Comprobación a flexión: $M_{\max \text{pos.d}} \leq M_{\text{Rep}}$		INCORRECTO
Cortante máximo en apoyos, $V_{e.d}$	kN/m	46.57
Cortante resistente, V_{ue}	kN/m	61.43
Comprobación a cortante: $V_{e.d} \leq 0.5 \cdot V_{ue}$		INCORRECTO
Flecha para análisis de embalsamiento (peso propio+sobrec. ejecución), f_{eb}	mm	351.02
Embalsamiento: ($f_{eb} > L_v/250$ o 20mm)		SI
Flecha del forjado (peso propio acero + hormigón), f_{ec}	mm	655.57
Necesidad de apuntalamiento		SI
FASE MIXTA (artículos 7.3.2.2, 7.4.2 y 7.6 de EC4)		(
Resultante de compresiones en el hormigón, N_{cf}	kN/m	399.50
Fibra neutra de la sección mixta, x	cm	2.35
Comprobación de los datos		CORRECTO
Momento último resistente, $M_{p.Rd}$	mkN/m	62.45
Momento máximo positivo, $M_{\max \text{d}}^+$	mkN/m	28.55
Comprobación a flexión: ($M_{\max \text{d}}^+ \leq M_{n.Rd}$)		CORRECTO
Momento máximo negativo, $M_{\max \text{d}}^-$	mkN/m	39.13
Cortante último vertical, $V_{v.Rd}$	kN/m	65.41
Cortante vertical máximo, $V_{v.\max \text{d}}$	kN/m	37.21
Comprobación a cortante vertical: ($V_{v.\max \text{d}} \leq V_{v.Rd}$)		CORRECTO
Luz de cortante, L_s	m	1.50
Cortante último a rasante, $V_{l.Rd}$	kN/m	30.18
Cortante máximo para rasante, $V_{l.\max \text{d}}$	kN/m	24.17
Comprobación a rasante: ($V_{l.\max \text{d}} \leq V_{l.Rd}$)		CORRECTO
Coefficiente de equivalencia a tiempo infinito ($n = E_s / (E_{cm} / 2)$)		13.13
Inercia de la sección homogeneizada, I_T	m ⁴ /m	3.696e-05
Inercia homogeneizada de la sección fisurada, I_{Tf}	m ⁴ /m	2.065e-05
Inercia a considerar para el cálculo de la flecha, I_f	m ⁴ /m	2.880e-05
Carga superficial que actúa sobre el forjado, Q_d	kN/m ²	10.23
Flecha, f	mm	8.39
Comprobación de flecha ($f \leq L_v/250$ o 20mm)		CORRECTO
Área de armaduras, A_s	cm ² /m	6.75
Diámetro de barras de armadura negativa	mm	12.00
Separación entre barras de armadura negativa	cm	15.00
Volumen de hormigón por unidad de superficie, V_H	m ³ /m ²	0.17
Peso del forjado, Q_{muerta}	kN/m ²	4.24
Mallazo antifisuración		#Ø6@20cm

Tabla 50. Parámetros de salida. Resistencia al fuego.

RESISTENCIA AL FUEGO (Parte 1-2 de EC4)		(
PARÁMETROS GEOMÉTRICOS SEGÚN ART. 4.3 DE PARTE 1-2 EC4		
Distancia u_1	mm	73.10
Comprobación $u_1 > 50\text{mm}$		CORRECTO
Distancia u_2	mm	73.38
Comprobación $u_2 > 50\text{mm}$		CORRECTO
Distancia u_3	mm	35.00
Comprobación u_3		CORRECTO
Parámetro Z		2.48
Comprobación Z		CORRECTO
COEFICIENTES		
Coef. de minoración del hormigón en situación de incendio, $m_{fi.c}$		1.00
Coef. de minoración del acero en situación de incendio, $m_{fi.s}$		1.00
Coef. de mayoración de acciones perm. en situación de incendio, G_A		1.00
Factor de reducción para el efecto de las acciones, f_i		0.56
Coeficiente de combinación, γ_1		0.50
ESFUERZOS		
Momento máximo positivo, $M_{max.d.fi}^+$	mkN/m	16.03
Momento máximo negativo, $M_{max.d.fi}^-$	mkN/m	21.97
RESULTADOS		
Espesor eficaz, h_{eff}	cm	17.17
Área de armadura positiva por valle, $A_{s_{fi}}^+$	cm ² /m	1.75
Nº de barras de armadura positiva por valle		1
Diámetro de la armadura positiva	mm	16.00
Área de armadura negativa, $A_{s_{fi}}^-$	cm ² /m	6.75
Diámetro de barras de armadura negativa	mm	12.00
Separación entre barras de armadura negativa	cm	15.00
Temperatura de la armadura inferior, s_{inf}	°C	500.93
Temperatura de la armadura superior, s_{sup}	°C	54.78
Coeficiente de reducción de resistencia de la armadura inferior, K_s^+		0.44
Coeficiente de reducción de resistencia de la armadura superior, K_s^-		0.98

Como anteriormente se ha mencionado, el forjado se calcula con ayuda de un software informático facilitado por la empresa HIANSA, de cual se obtienen todos los datos y características necesarias para la definición del forjado. El valor del peso propio, facilitado también por el software, en función a las dimensiones, se indica a continuación. El valor de la sobrecarga de uso se toma del CTE.

$$PP_{\text{Forjado}} = 4,93\text{kN/m}^2$$

$$SU_{\text{Forjado}} = 3\text{ kN/m}^2$$

5.3.3.2 ESCALERA

La escalera para el acceso al almacén se calcula según el apartado 4 (Escaleras y Rampas) del Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad. Teniendo en cuenta las limitaciones que se disponen en este apartado, la escalera se diseña con una huella de 32cm y una contrahuella de 15cm. Por otro lado, y tal como restringe este apartado, se diseña la escalera de tal forma que se cumpla la norma de solo ascender 2,25 metros de altura en un solo tramo, por lo que se dispone de dos tramos cada uno con 15 peldaños y una meseta formada por 4 peldaños.

Aparte, y tal y como restringe el documento, se debe de cumplir la siguiente limitación:

$$54\text{cm} \leq 2 \cdot C + H \leq 70\text{cm} \rightarrow 54\text{cm} \leq 2 \cdot 15 + 32 \leq 70\text{cm} \rightarrow$$

$$54\text{cm} \leq 62\text{cm} \leq 70\text{cm}$$



Ilustración 94. Escalera de acceso a la entreplanta.

Tal y como se expresa en la página 6 del DB SE-AE, en las zonas de acceso y evacuación de los edificios de las zonas de categorías A y B, tales como portales, mesetas y escaleras, se incrementará el valor correspondiente a la zona servida en 1 kN/m². Por lo que siendo el forjado destinado a una carga de 3 kN/m² la escalera se dimensiona con una sobrecarga de 4 kN/m².

5.3.4 HIPOTESIS DE CARGAS ACTUANTES

En el siguiente apartado, se van a verificar las hipótesis de carga actuantes, para comprobar su semejanza con las obtenidas anteriormente a mano. Además de mostrarse los resultados de las diferentes cargas y acciones que actúan sobre los elementos estructurales para su posterior dimensionamiento.

5.3.4.1 PESO PROPIO

Se define como peso propio a la carga permanente correspondiente al peso propio de todos los elementos de la estructura generada en función de las características y dimensiones de estos por el propio programa de cálculo, además de las introducidas para la entreplanta y las barras de arriostamiento previamente mencionadas.

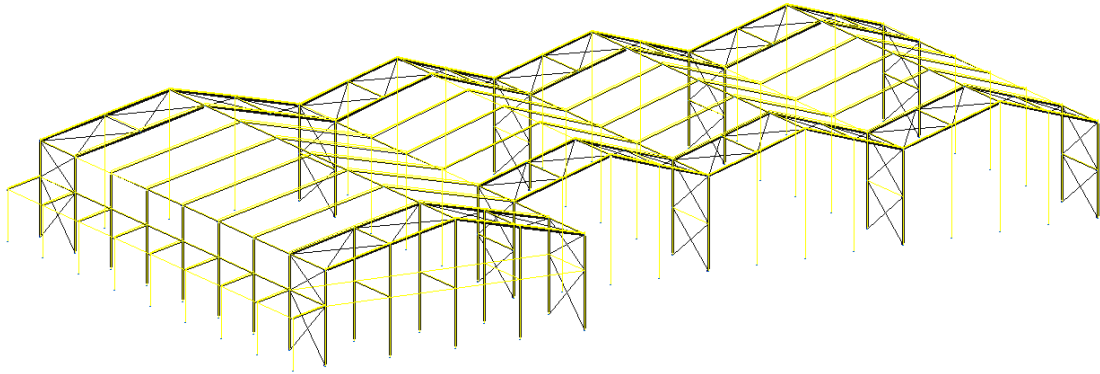


Ilustración 95. Carga de Peso Propio sobre las barras.

5.3.4.2 SOBRECARGA DE USO

De acuerdo a lo establecido se obtiene una distribución de la sobrecarga de uso como se muestra en la siguiente figura:

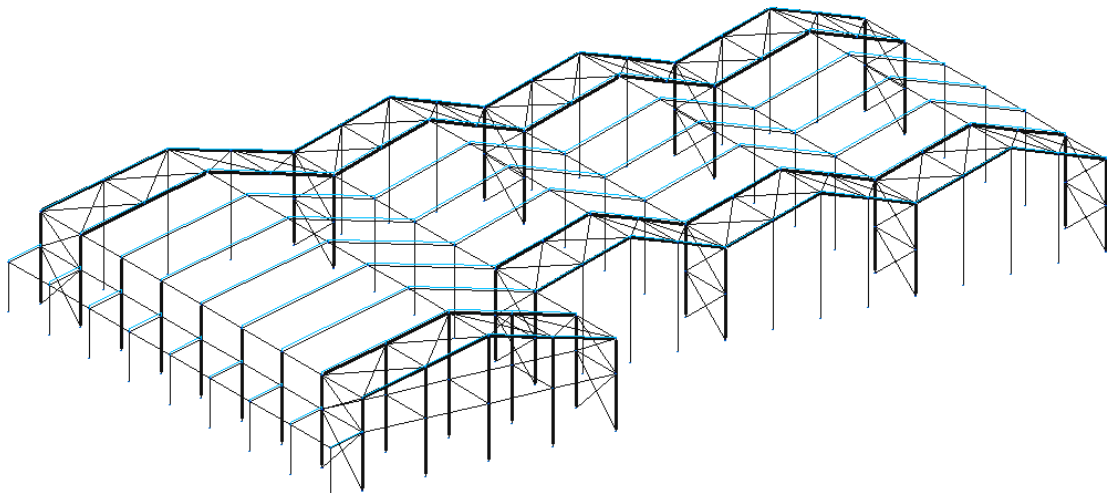


Ilustración 96. Sobrecarga de uso sobre las barras.

5.3.4.3 SOBRECARGA DE NIEVE

El programa calcula la sobrecarga de nieve de diferentes formas, de forma asimétrica y simétrica, como se muestra a continuación.

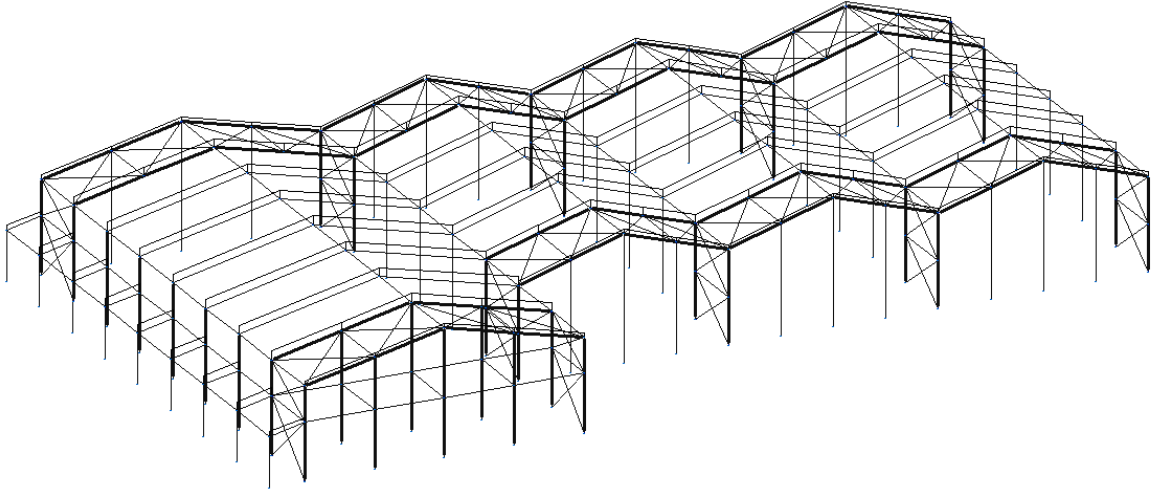


Ilustración 97. Sobrecarga de nieve simétrica. (Valor 0.3 kN/m²).

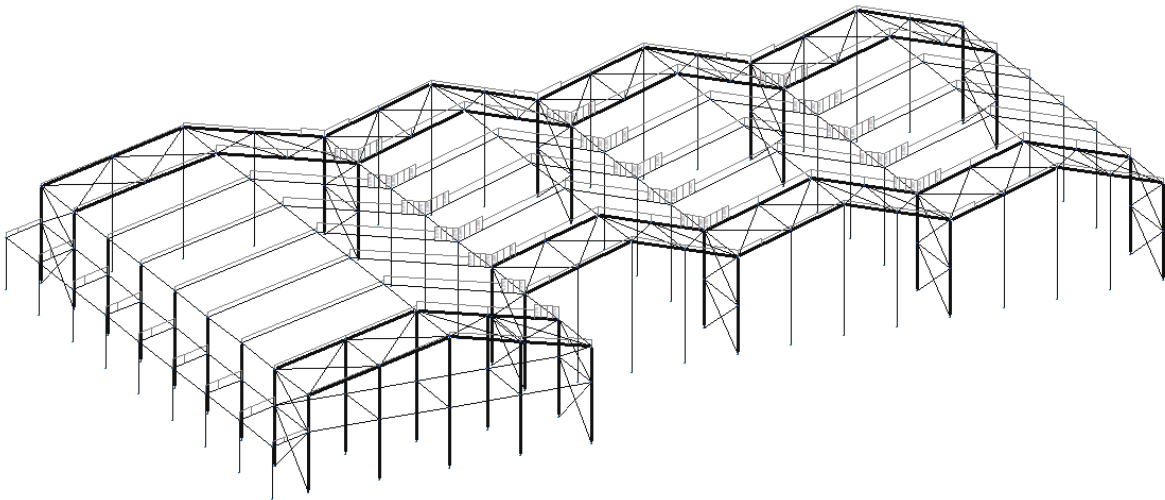


Ilustración 98. Sobrecarga de nieve asimétrica 1.

Por otro lado, se han recopilado los valores para esta sobrecarga de nieve:

Tabla 51. Valores de sobrecarga [kN/m²] nieve asimétrica 1.

	Nave Adosada	0.30
Nave Fútbol	Cubierta Izquierda	0.15
	Cubierta Derecha	0.30
	Limahoya	0.46
Nave Tenis	Limahoya colindante a la Nave de Fútbol	0.45
	Limahoya colindante a la Nave de Tenis	0.47
	Cubierta	0.30

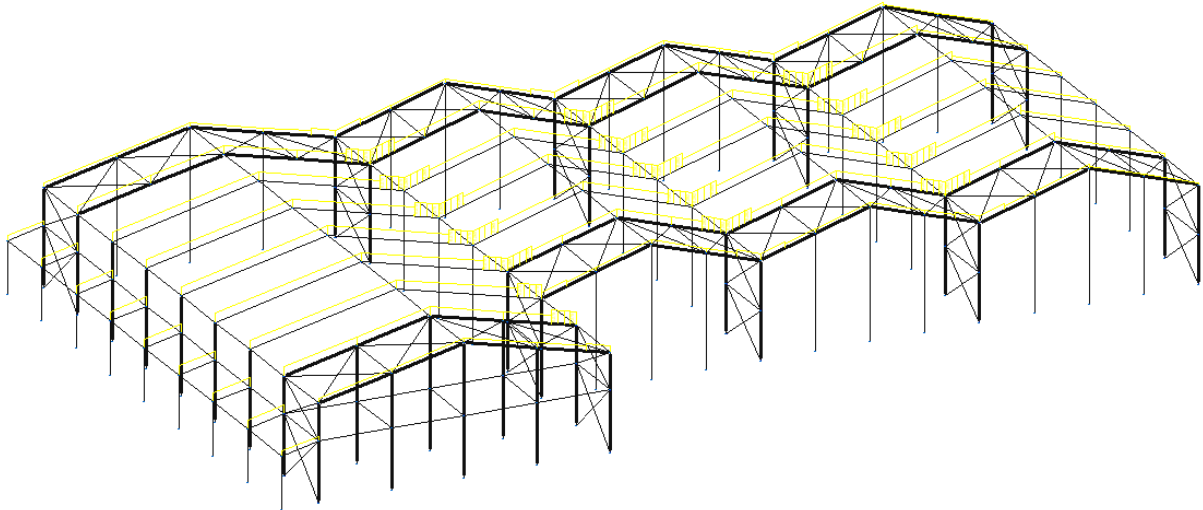


Ilustración 99. Sobrecarga de nieve asimétrica 2.

Del mismo modo, se han anotado los valores de esta sobrecarga:

Tabla 52. Valores de sobrecarga [kN/m^2] nieve asimétrica 1.

	Nave Adosada	0.30
Nave Fútbol	Cubierta	0.30
	Limahoya	0.46
Nave Tenis	Limahoya colindante a la Nave de Fútbol	0.45
	Limahoya colindante a la Nave de Tenis	0.47
	Cubierta	0.30
	Cubierta Derecha de la nave de tenis de la derecha	0.15

Como se puede observar, los valores de la cubierta para la sobrecarga de tenis se asemejan a los calculados a mano, aunque su valor varía un poco.

5.3.4.4 SOBRECARGA DE VIENTO

Por otro lado, además de las diferentes sobrecargas de viento dependiendo de la dirección de esta, el software genera diferentes combinaciones con sobrecarga interior del viento o no.

VIENTO A 0°

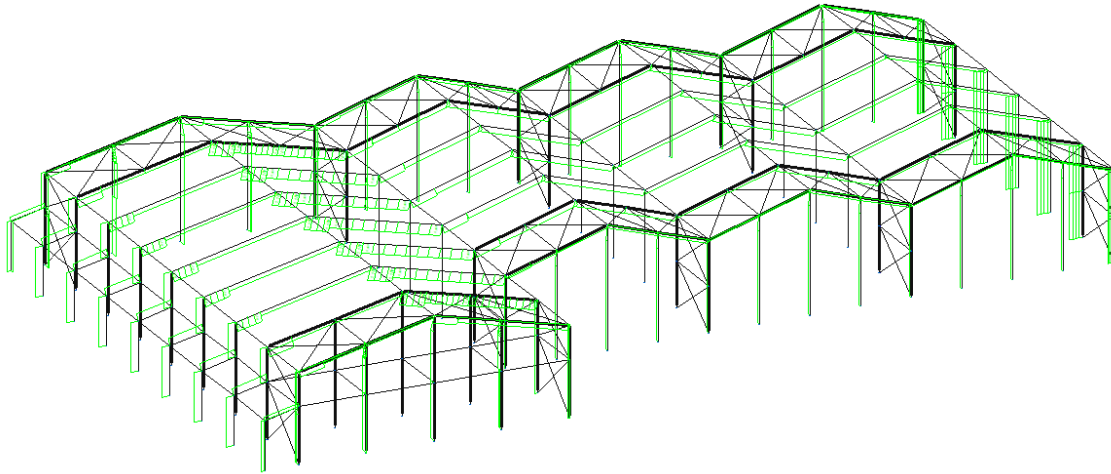


Ilustración 100. Viento exterior Tipo 1.

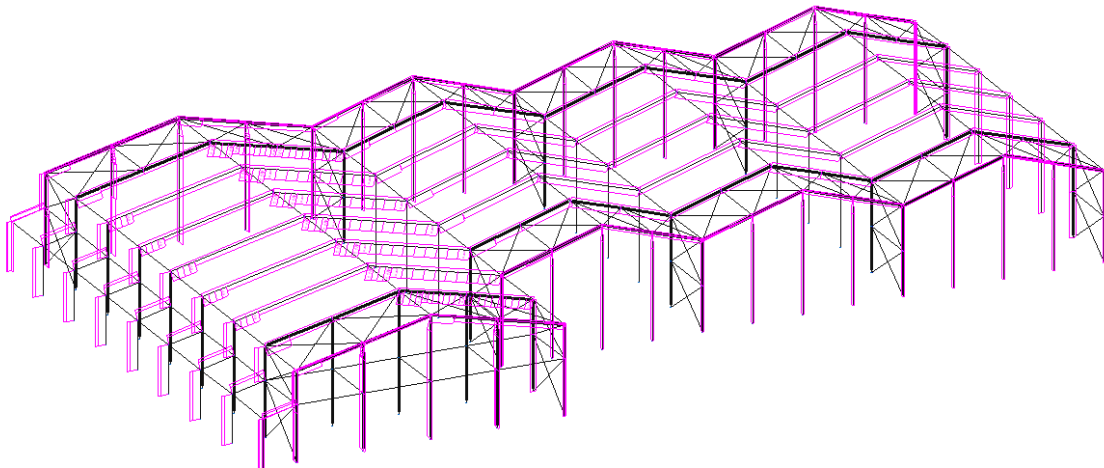


Ilustración 101. Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

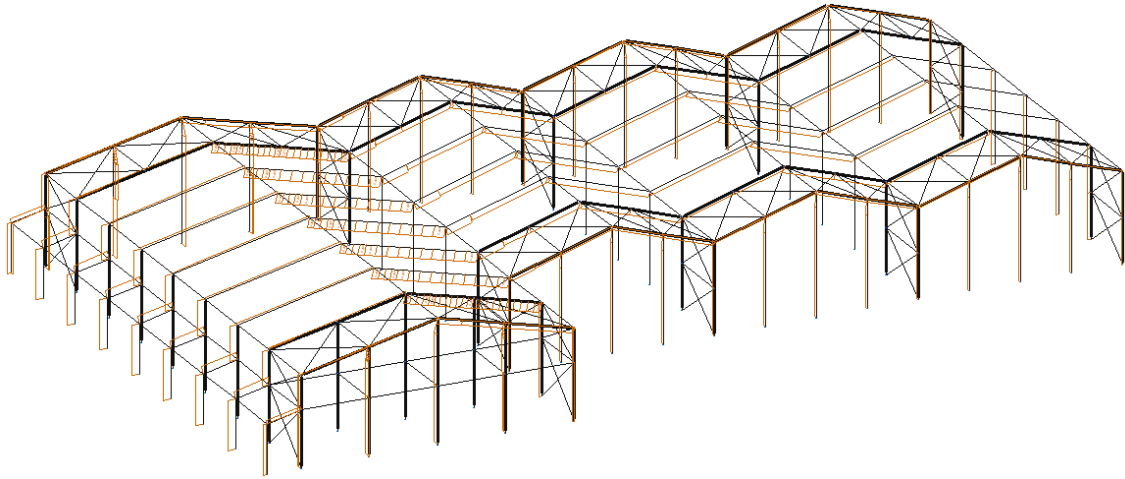


Ilustración 102. Viento exterior Tipo 2.

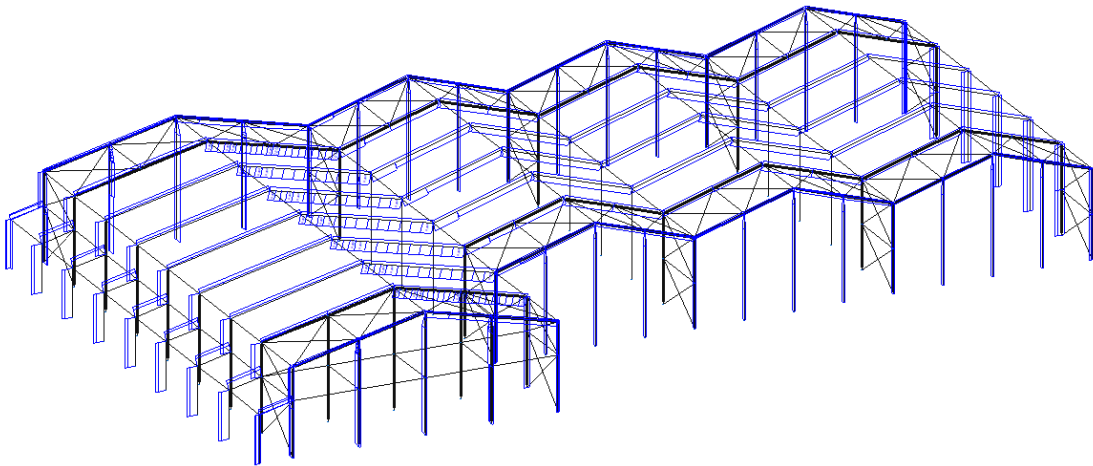


Ilustración 103. Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.

Por otro lado, los valores de cada combinación se han recopilado por zonas, siendo esta la distribución de estas:

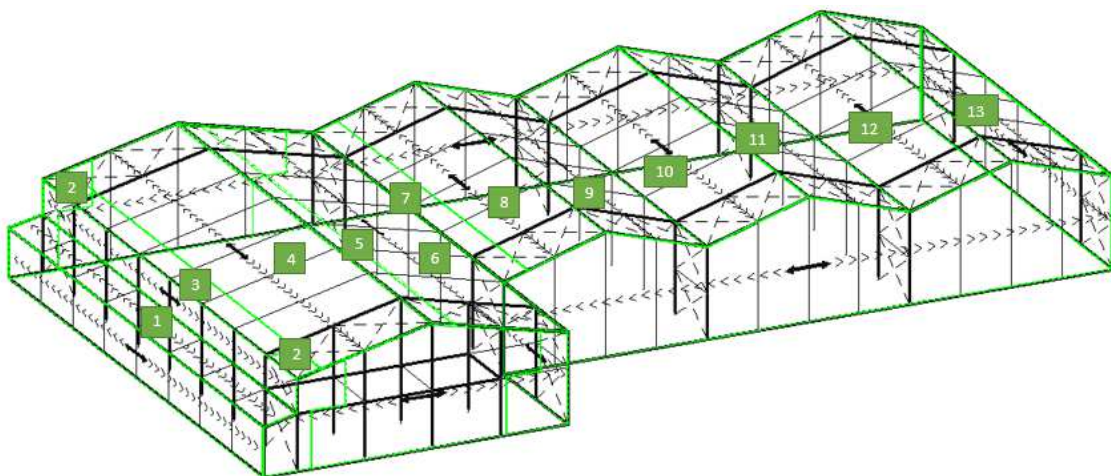


Ilustración 104. Distribución de la cubierta para viento 0°.

Tabla 53. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-1,95	-1,30	-0,81	1,14	-0,49

Tabla 54. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,140	-1,700	-1,420	-0,580	-1,980	-1,430	-1,160	-0,840	-0,860	-0,500	-0,860	-0,500	-0,390

Tabla 55. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-1,510	-0,860	-0,370	1,580	-0,050

Tabla 56. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,580	-1,260	-0,980	-0,140	-1,540	-0,990	-0,720	-0,400	-0,420	-0,060	-0,420	-0,060	0,050

Tabla 57. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-1,950	-1,300	-0,810	1,140	-0,490

Tabla 58. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2.

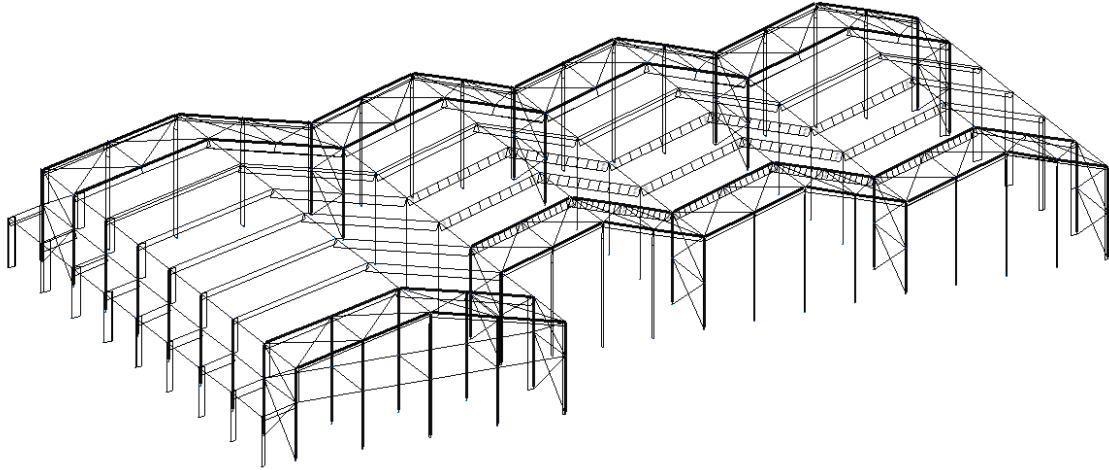
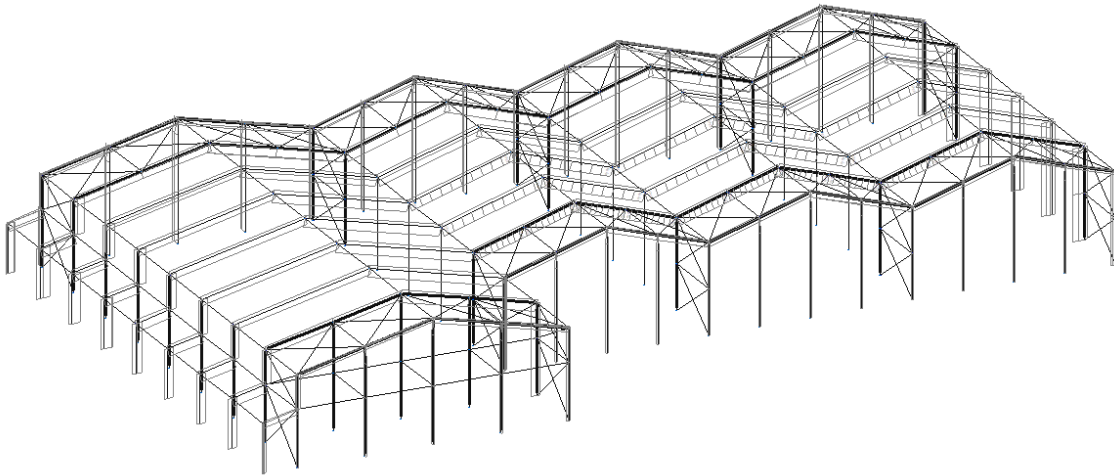
CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,140	0,260	0,260	0,260	-1,430	-1,430	-1,160	-0,840	-0,860	-0,500	-0,860	-0,500	0,000

Tabla 59. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-1,510	-0,860	-0,370	1,580	-0,050

Tabla 60. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,580	0,700	0,700	0,700	-0,990	-0,990	-0,720	-0,400	-0,420	-0,060	-0,420	-0,060	0,440

VIENTO A 90°*Ilustración 105. Viento exterior.**Ilustración 106. Viento exterior + Succión Interior.*

Del mismo modo, los valores de cada combinación se han recopilado por zonas, siendo esta la distribución de estas:

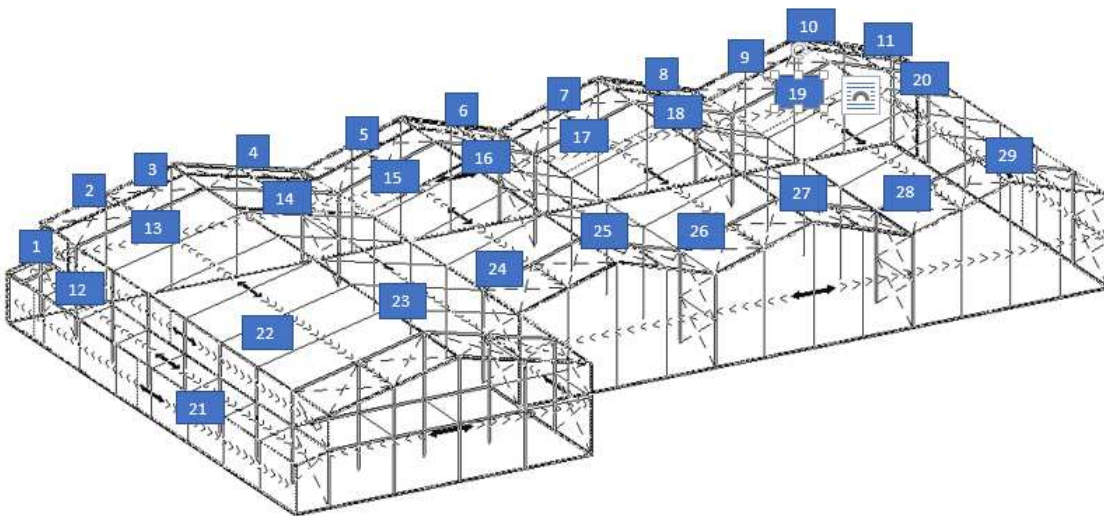
*Ilustración 107. Distribución de la cubierta para viento a 90°.*

Tabla 61. Valores fachada para Viento exterior.

FACHADA				
A	B	C	D	E
-1,950	-1,300	-0,810	1,140	-0,490

Tabla 62. Valores cubierta para Viento exterior.

CUBIERTA														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-3,050	-2,200	-2,110	-2,110	-2,130	-2,130	-2,130	-2,130	-2,130	-2,130	-2,060	-1,270	-1,000	-1,270	-1,350
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
-1,350	-1,350	-1,350	-1,350	-1,020	-1,240	-0,840	-1,240	-1,320	-1,320	-1,320	-1,320	-1,320	-1,320	-0,810

Tabla 63. Valores fachada para viento exterior + Succión Interior.

FACHADA				
A	B	C	D	E
-1,490	-0,840	-0,350	1,600	-0,030

Tabla 64. Valores cubierta para viento exterior + Succión Interior.

CUBIERTA														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-2,590	-1,740	-1,650	-1,650	-1,670	-1,670	-1,670	-1,670	-1,670	-1,670	-1,600	-0,810	-0,540	-0,810	-0,890
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
-0,890	-0,890	-0,890	-0,890	-0,560	-0,780	-0,380	-0,780	-0,860	-0,860	-0,860	-0,860	-0,860	-0,860	-0,350

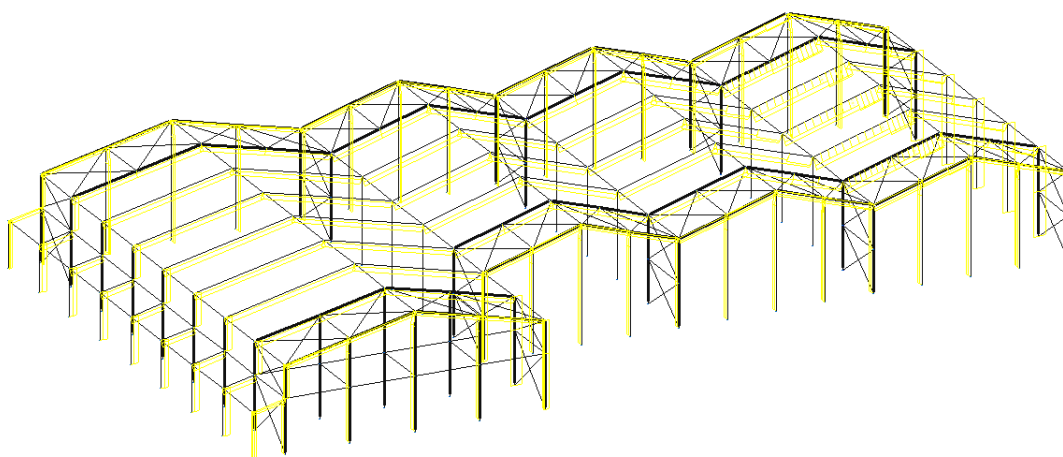
VIENTO A 180°

Ilustración 108. Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.

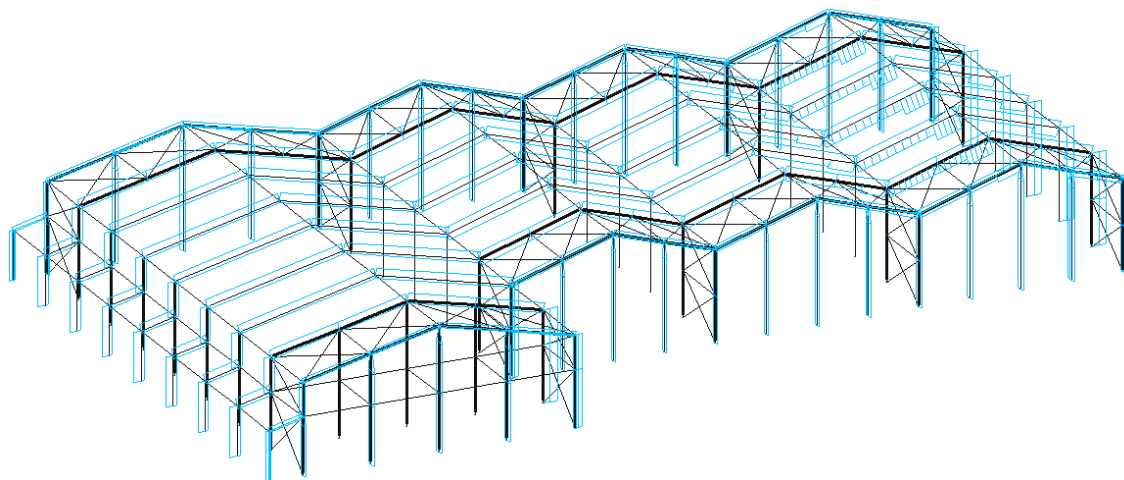


Ilustración 109. Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

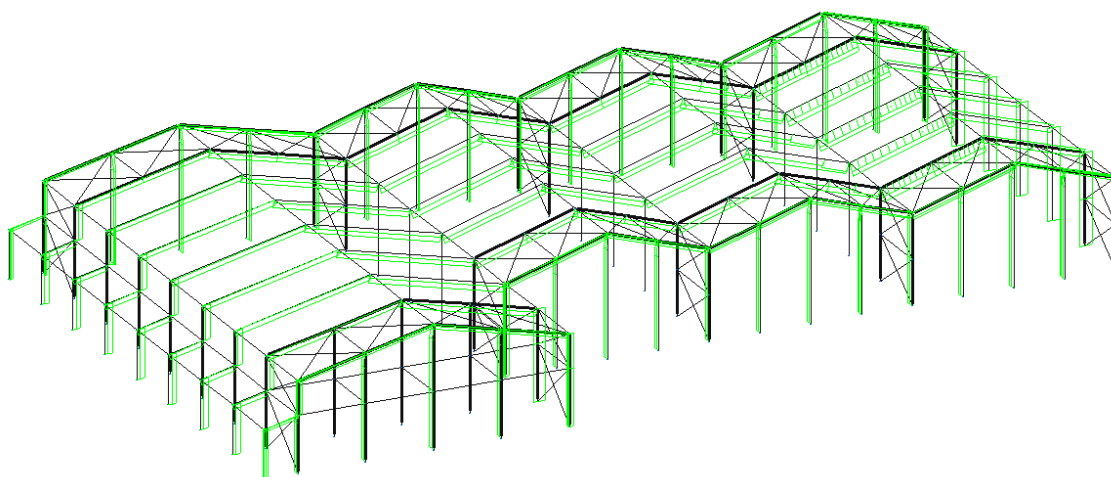


Ilustración 110. Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.

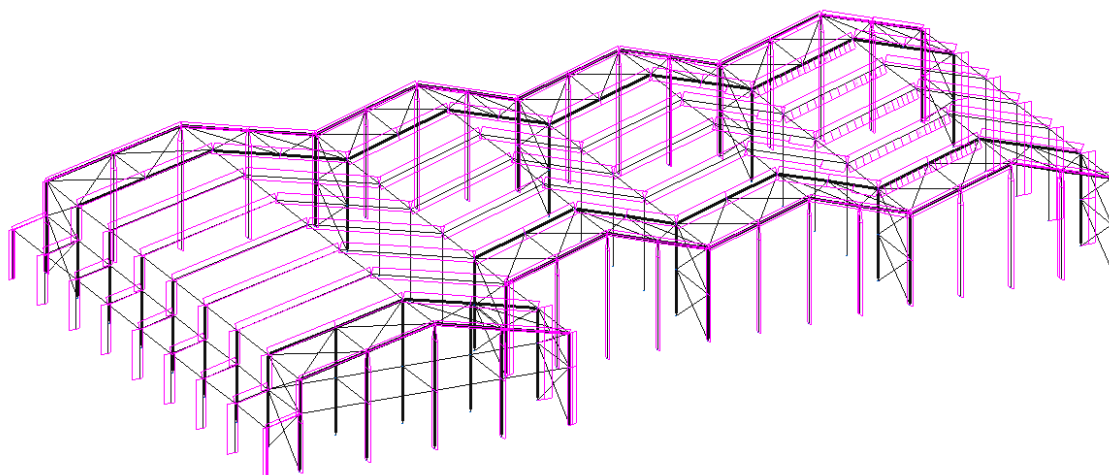


Ilustración 111. Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.

Por otro lado, los valores de cada combinación se han recopilado por zonas, siendo esta la distribución de estas:

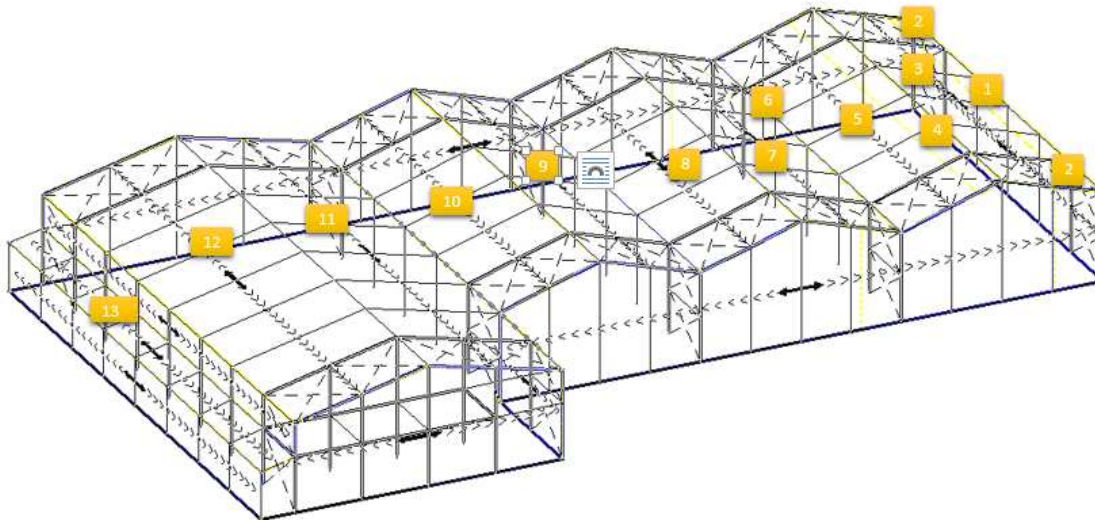


Ilustración 112. Distribución de la cubierta para viento 180°.

Tabla 65. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-2,60	-1,95	-1,46	0,49	-1,14

Tabla 66. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Presión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-1,870	-2,010	-1,110	-2,930	-2,080	-1,810	-1,490	-1,510	-1,150	-1,510	-1,010	-1,080	-1,080

Tabla 67. Valores fachada para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-0,900	-0,250	0,240	2,190	0,560

Tabla 68. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 1 + Succión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-0,170	-0,310	0,590	-1,230	-0,380	-0,110	0,210	0,190	0,550	0,190	0,690	0,620	0,620

Tabla 69. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-2,600	-1,950	-1,460	0,490	-1,140

Tabla 70. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Presión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-0,200	-0,200	-0,280	-2,080	-2,080	-1,810	-1,490	-1,510	-1,150	-1,510	-1,150	-0,760	-0,760

Tabla 71. Valores fachada para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior

FACHADA [kN/m ²]				
A	B	C	D	E
-0,900	-0,250	0,240	2,190	0,560

Tabla 72. Valores cubierta para Viento exterior Tipo 2 + Succión Interior.

CUBIERTA [kN/m ²]												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,500	1,500	1,420	-0,380	-0,380	-0,110	0,210	0,190	0,550	0,190	0,550	0,940	0,940

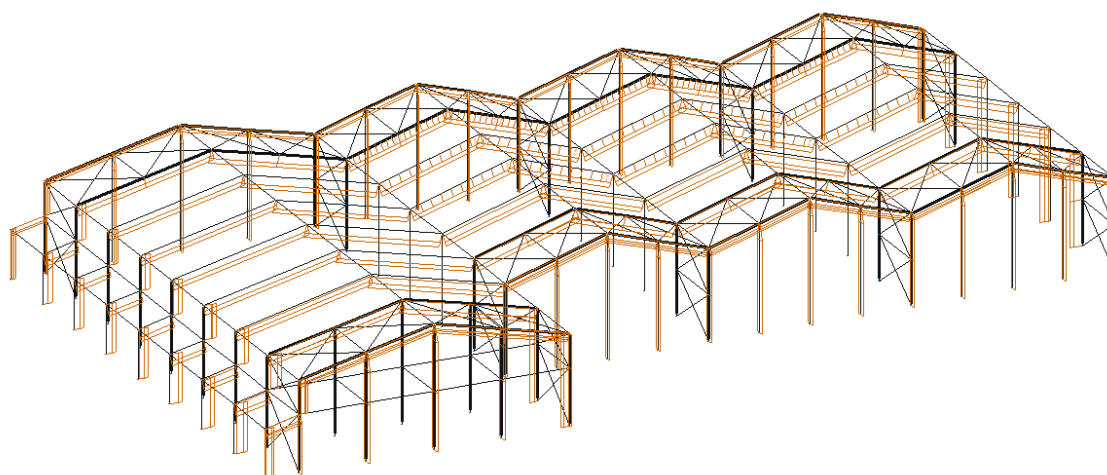
VIENTO A 270°

Ilustración 113. Viento exterior + Presión Interior.

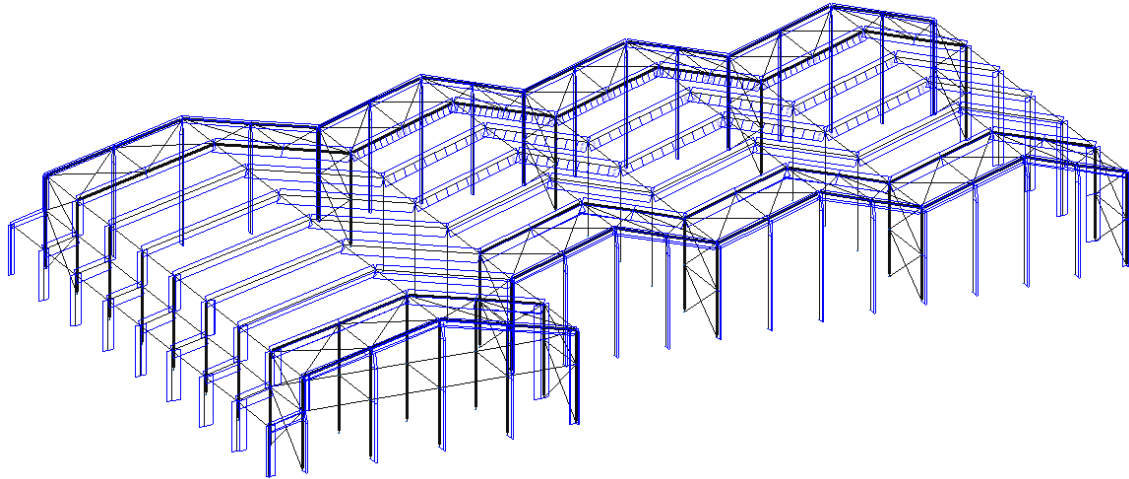


Ilustración 114. Viento exterior + Succión Interior.

Del mismo modo, los valores de cada combinación se han recopilado por zonas, siendo esta la distribución de estas:

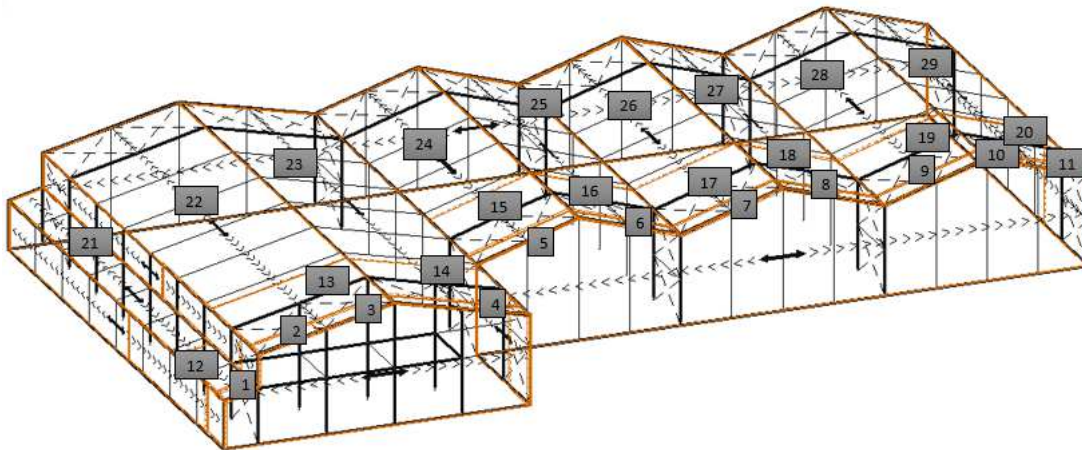


Ilustración 115. Distribución de la cubierta para viento a 270°.

Tabla 73. Valores fachada para Viento exterior + Presión Interior.

FACHADA				
A	B	C	D	E
-2,560	-1,910	-1,420	0,530	-1,100

Tabla 74. Valores cubierta para Viento exterior + Presión Interior.

CUBIERTA														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-3,660	-2,810	-2,720	-2,720	-2,740	-2,740	-2,740	-2,740	-2,740	-2,740	-2,670	-1,880	-1,610	-1,880	-1,960
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
-1,960	-1,960	-1,960	-1,960	-1,630	-1,850	-1,450	-1,850	-1,930	-1,930	-1,930	-1,930	-1,930	-1,420	

Tabla 75. Valores fachada para viento exterior + Succión Interior.

FACHADA				
A	B	C	D	E
-1,210	-0,560	-0,070	1,880	0,250

Tabla 76. Valores cubierta para viento exterior + Succión Interior.

CUBIERTA														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-2,310	-1,460	-1,370	-1,370	-1,390	-1,390	-1,390	-1,390	-1,390	-1,390	-1,320	-0,530	-0,260	-0,530	-0,610
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
-0,610	-0,610	-0,610	-0,610	-0,280	-0,500	-0,100	-0,500	-0,580	-0,580	-0,580	-0,580	-0,580	-0,070	

5.3.5 DIMENSIONAMIENTO ESTRUCTURAL: ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Posteriormente a establecer las acciones actuantes se realiza el cálculo de la estructura, obteniendo los listados de las comprobaciones de Estados Límite Últimos (E.L.U.) de los elementos. En este apartado se detallan las comprobaciones realizadas a cada elemento estructural de acuerdo a la normativa seleccionada.

Se muestran, únicamente las comprobaciones más críticas o desfavorables de cada uno de los diferentes tipos de elementos empleados en el diseño estructural del polideportivo. A continuación, se incluyen los listados correspondientes a los elementos más representativos de cada uno de los grupos definidos.

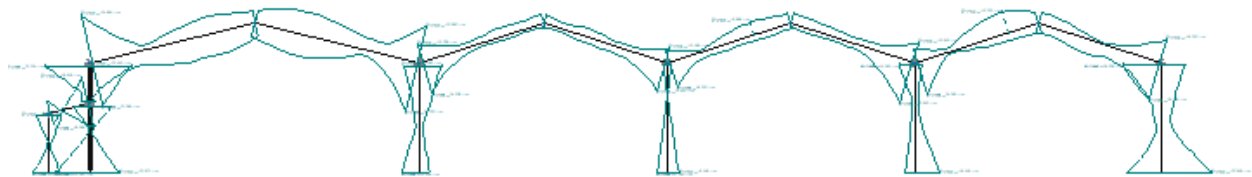


Ilustración 116. Momentos máximos de la estructura.

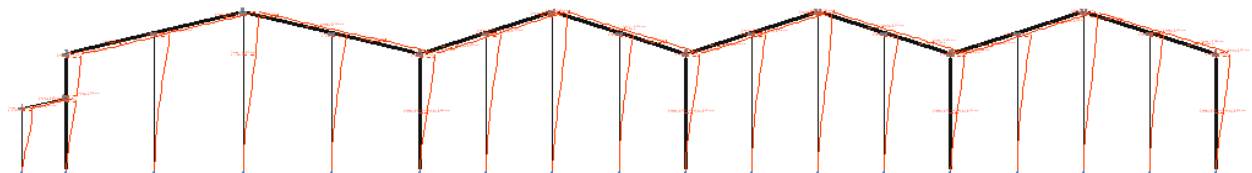


Ilustración 117. Deformada máxima de la estructura.

5.3.5.1 PILAR HASTIAL NAVE DE FÚTBOL

Barra N3/N4

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N3	N4	5.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.70	1.11	1.00	1.00		
	L _K	3.500	5.553	5.000	5.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N3/N4	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 4.752 m h = 1.3	x: 0 m h = 2.6	x: 0 m h = 16.9	x: 0 m h = 16.1	h = 3.8	x: 0 m h = 1.6	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 27.3	h < 0.1	h = 0.1	h = 0.1	h < 0.1	CUMPLE h = 27.3
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.55 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1547.707 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2511.921} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1671.236} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{1547.707} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{36660.00} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{9690.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{257.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{2454000.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{5.553} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{3.500} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{5.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{16.47} \text{ cm}$$

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{14.65} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{7.53} \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$24.75 \leq 176.72 \quad \checkmark$$

Donde:

 h_w : Altura del alma.

h_w : 297.00 mm

 t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

 A_w : Área del alma.

A_w : 35.64 cm²

 $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 64.50 cm²

 k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

 E : Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

 f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : 0.013 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.752 m del nudo N3, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

 $N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 5.525 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 439.673 t

Donde:

 A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{9.256} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{359.135} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.91}$$

$$c_z : \underline{0.83}$$

$$c_T : \underline{0.82}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$f_y : 0.63$

$f_z : 0.72$

$f_T : 0.73$

$a_y : 0.34$

$a_z : 0.49$

$a_T : 0.49$

$\bar{\lambda}_y : 0.43$

$\bar{\lambda}_z : 0.53$

$\bar{\lambda}_T : 0.55$

$N_{cr} : 1547.707 \text{ t}$

$N_{cr,y} : 2511.921 \text{ t}$

$N_{cr,z} : 1671.236 \text{ t}$

$N_{cr,T} : 1547.707 \text{ t}$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$h : 0.150 \checkmark$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$h : 0.169 \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 9.322 \text{ t}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 7.332 \text{ t}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : 61.950 \text{ t}\cdot\text{m}$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

 $W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y} : 2408.00 \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : 55.179 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

 $W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 2408.00 \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

 χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : 0.89$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\Phi_{LT} : 0.72$$

 α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : 0.21$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : 0.60$$

 M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : 181.823 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

 M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : 131.874 \text{ t}\cdot\text{m}$$

 M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW} : 125.175 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$$W_{el,y} : 2156.47 \text{ cm}^3$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.	
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>9690.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>257.20</u> cm ⁴
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>825688</u> kp/cm ²
L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	L_c^+ : <u>5.000</u> m
L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	L_c^- : <u>5.000</u> m
C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	C_1 : <u>1.00</u>
$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	i_{f,z^+} : <u>8.29</u> cm
	i_{f,z^-} : <u>8.29</u> cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.161} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.086} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.039} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.142} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$20.25 < \underline{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{20.25}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.250} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{135.26} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{297.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.142 \text{ t} \leq \underline{41.656} \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.142} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.250 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.250} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.250}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.240}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.273}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.542} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{9.322} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{2.037} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

$k_y, k_z, k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : 1.00

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : 1.01

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$k_{y,LT}$: 1.00

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: 1.00

$C_{m,z}$: 1.00

$C_{m,LT}$: 1.00

c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

c_y : 0.91

c_z : 0.83

c_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

c_{LT} : 0.89

η_y, η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

η_y : 0.43

η_z : 0.53

a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

a_y : 0.60

a_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

3.142 t ≤ 41.651 t



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 3.142 t

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 83.302 t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.**M_{T,Ed}** : 0.002 t·mEl momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

M_{T,Rd} : 1.777 t·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.**W_T** : 119.63 cm³**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 2701.33 kp/cm²**g_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M0}** : 1.05**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed}** : 0.125 t**M_{T,Ed}**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.**M_{T,Ed}** : 0.001 t·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

V_{pl,T,Rd} : 83.302 t

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.**V_{pl,Rd}** : 83.313 t**t_{T,Ed}**: Tensiones tangenciales por torsión.**t_{T,Ed}** : 0.49 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.**W_T** : 119.63 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.026 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.001 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 200.881 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 200.908 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.49 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 119.63 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

5.3.5.2 VIGA HASTIAL NAVE DE FÚTBOL

Barra N5/N173

Perfil: IPE 550							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N5	N173	6.161	134.00	67120.00	2668.00	123.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.08	1.12	0.00	0.65		
	L _K	0.500	6.874	0.000	4.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N5/N173	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 6.161 m h = 0.8	x: 0.175 m h = 1.6	x: 0.175 m h = 10.3	x: 2.27 m h = 4.1	x: 6.161 m h = 2.8	x: 0.175 m h = 0.3	h < 0.1	h < 0.1	x: 0.175 m h = 11.6	h < 0.1	h = 32.9	x: 6.161 m h = 1.4	h < 0.1	CUMPLE h = 32.9
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄: 0.71 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef}: 125.98 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr}: 672.682 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 3000.834 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 22547.387 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 672.682 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 67120.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 2668.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 123.00 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 1884000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

 $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 6.874 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 0.500 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 4.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 22.82 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 22.38 \text{ cm}$ $i_z : 4.46 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

46.45 \leq 299.25 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 515.60 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 11.10 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 57.23 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 36.12 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

 $k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N173, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{2.714} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{344.741} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{134.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{4.058} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{324.097} \text{ t}$$

Donde:

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{125.98} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{251.925} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{125.98} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.97}$$

$$c_z : \underline{1.00}$$

$$c_T : \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.57}$$

$$f_z : \underline{0.49}$$

$$f_T : \underline{0.84}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

$$a_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.12}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.71}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{672.682} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3000.834} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{22547.387} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{672.682} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.128} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.270} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{71.701} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2787.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{71.701} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{50.931} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2787.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

χ_{LT}^+ : 1.00

χ_{LT}^- : 0.71

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Φ_{LT}^+ : 0.00

Φ_{LT}^- : 0.94

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

α_{LT} : 0.34

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: 0.00

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: 0.82

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

M_{cr}^+ : ¥

M_{cr}^- : 111.222 t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTV}^+ : ¥

M_{LTV}^- : 59.816 t·m

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTW}^+ : ¥

M_{LTW}^- : 93.767 t·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y}$: 2440.73 cm³

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 2668.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 123.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidad.

E: 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 825688 kp/cm²

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

L_c^+ : 0.000 m

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

L_c^- : 4.000 m

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

C_1 : 1.00

$i_{f,z}^+$: 5.39 cm

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{f,z}$: 5.39 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.041 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.270 m del nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.377 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.270 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.424 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 10.316 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase: 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$: 401.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N173, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.004} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{106.834} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{71.93} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{550.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$42.13 < 65.92$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{42.13}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte η (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.003}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N5, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.349} \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{114.027} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{76.77} \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{134.00} \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{515.60} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{11.10} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.897 \text{ t} \leq 53.417 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{2.897} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{106.834} \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.349 \text{ t} \leq 57.014 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.349 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 114.027 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.086 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.116 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.088 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N5, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 4.043 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 5.270 t·m

$M_{z,Ed}$: 0.009 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$: 344.741 t

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: 71.701 t·m

$M_{pl,Rd,z}$: 10.316 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

A : 134.00 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: 2787.00 cm³

$W_{pl,z}$: 401.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : 1.00

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.73}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.97}$$

$$c_z : \underline{1.00}$$

c_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$c_{LT} : \underline{0.71}$$

η_y , η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.35}$$

$$\eta_z : \underline{0.13}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.897 \text{ t} \leq 53.281 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{2.897} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{106.561} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.329} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.349} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.062} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{71.51} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.014} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N173, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.513} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.007} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{106.561} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{106.834} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.45} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{71.51} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.005 \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.007 \text{ t}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : 113.737 \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 114.027 \text{ t}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 9.45 \text{ kp/cm}^2$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 71.51 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

5.3.5.3 PILARILLO EMPOTRADO NAVE DE FÚTBOL

Barra N170/N8

Perfil: HE 340 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N170	N8	10.800	170.90	36660.00	9690.00	257.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
b		0.15	0.50	0.00	0.00	
L _K		1.600	5.400	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N170/N8	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 10.48 m h = 1.1	x: 0 m h = 2.3	x: 0 m h = 40.0	x: 10.482 m h = 4.7	x: 0 m h = 12.1	h = 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 40.8	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 1.4	h < 0.1	CUMPLE h = 40.8
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ: 0.42 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 2656.165 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 2656.165 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 7997.124 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : \text{¥}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 36660.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 9690.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 257.20 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 2454000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

 $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 5.400 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 1.600 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 0.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 16.47 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 14.65 \text{ cm}$ $i_z : 7.53 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 \leq 176.72 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 297.00 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 35.64 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 64.50 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

 $k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.480 m del nudo N170, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 4.710 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.021 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.023 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H2+1.5·N(R)2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 9.203 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 439.673 t

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{404.196} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.62}$$

$$f_z : \underline{0.54}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$i_y : \underline{0.42}$$

$$i_z : \underline{0.24}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2656.165} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2656.165} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{7997.124} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.400} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{19.925} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{24.775} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.482 m del nudo N170, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.848} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.482 m del nudo N170, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{1.197} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.121} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N170, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.066} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : 20.25$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : 65.92$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : 0.94$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 2395.51 \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.227 \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 200.908 \text{ t}$$

Donde:

A_v : rea transversal a cortante.

$$A_v : 135.26 \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta.

$$A : 170.90 \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : 297.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 12.00 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.066 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.066} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.227 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.227} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.408}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.408}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.249}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N170, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.735 \text{ t}}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{24.773 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.049 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673 \text{ t}}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90 \text{ cm}^2}$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00 \text{ cm}^3}$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.24}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.066 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.066} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t·m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.777} \text{ t·m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N170, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.193} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{83.310} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$t_{T,Ed} : \underline{0.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.008} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{200.900} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$t_{T,Ed} : \underline{0.15} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.4 PILARILLO ARTICULADO NAVE DE FÚTBOL

Barra N171/N172

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N171	N172	9.400	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.16	0.70	0.00	0.00		
	L _K	1.504	6.580	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N171/N172	λ < 2.0 Cumple	x: 0 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 9.115 m h = 0.9	x: 0 m h = 2.0	x: 0 m h = 57.2	x: 0 m h = 3.1	x: 0 m h = 12.5	h < 0.1	x: 0 m h < 0.1	x: 0 m h < 0.1	x: 0 m h = 57.8	x: 0 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE h = 57.8
Notación:																
λ: Limitación de esbeltez																
l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.																
⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ: 0.51 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1788.919 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 1788.919 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 9050.616 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 36660.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 9690.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 257.20 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 2454000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E: 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 825688 kp/cm²

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 6.580 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.504 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 16.47 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 14.65 cm

i_z : 7.53 cm

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 35.64 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 64.50 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.115 m del nudo N171, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 3.884 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.017 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 7.650 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{387.200} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.88}$$

$$c_z : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.68}$$

$$f_z : \underline{0.53}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

l̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$l_y : \underline{0.51}$$

$$l_z : \underline{0.23}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1788.919} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1788.919} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{9050.616} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.572} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 30.515 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 35.463 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

M_{c,Rd} : 61.950 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,y} : 2408.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 0.781 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 0.652 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.125} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.427} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$20.25 < 65.92 \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

l_w : 20.25

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$l_{m\acute{a}x}$: 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

e : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h < 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.086 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 200.908 t

Donde:

A_v : rea transversal a cortante.

A_v : 135.26 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta.

A : 170.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.427 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.427} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.086 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.086} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.577}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.578}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.349}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{1.544} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{35.462} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.030} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.88}$$

$$c_z : \underline{0.99}$$

\bar{l}_y , \bar{l}_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{l}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{l}_z : \underline{0.23}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N171, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.427 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.427} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 83.313 t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.5 PILARILLO DEL FORJADO EMPOTRADO NAVE DE FÚTBOL

Barra N167/N200

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N167	N200	5.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.50	0.32	0.00	0.00		
	L _K	2.500	1.600	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N167/N200	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 6.8	x: 0 m h = 7.9	x: 0 m h = 56.5	h = 1.8	x: 0 m h = 3.7	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 62.1	h < 0.1	h = 0.1	h = 0.1	x: 0 m h = 3.7	CUMPLE h = 62.1
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.38 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 3275.622 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 30255.374 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 3275.622 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 36660.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 9690.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 257.20 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 2454000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 1.600 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 2.500 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 16.47 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 14.65 cm

i_z : 7.53 cm

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 35.64 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 64.50 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.062 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.068 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 27.404 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 439.673 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 170.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 400.211 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 170.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{1.00}$$

$$c_z : \underline{0.91}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.49}$$

$$f_z : \underline{0.61}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.12}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.38}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3275.622} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{30255.374} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3275.622} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.079} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.904} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.131} \text{ t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{61.950} \text{ t·m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.565} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{10.349} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{14.339} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.481} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{20.25}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 7.507 \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 200.908 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 135.26 \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 170.90 \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : 297.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.481 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 1.481 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 83.313 \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 7.507 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 7.507 t $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 200.908 t**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

 η : 0.613 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.390 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.621 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 20.900 t $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 0.132 t·m $M_{z,Ed}$: 14.274 t·m**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.**Clase** : 1 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 439.673 t $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 61.950 t·m $M_{pl,Rd,z}$: 25.359 t·m**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.**A** : 170.90 cm² $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 2408.00 cm³ $W_{pl,z}$: 985.70 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm² γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05 k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

 k_y : 1.00

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

 k_z : 1.01

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	c_y : <u>1.00</u>
	c_z : <u>0.91</u>
λ_y, λ_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ_y : <u>0.12</u>
	λ_z : <u>0.38</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	a_y : <u>0.60</u>
	a_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$7.507 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \frac{7.507}{t}$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \frac{200.908}{t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.002}{t \cdot m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \frac{1.777}{t \cdot m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{119.63}{\text{cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.089 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.001 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 83.302 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 83.313 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 0.49 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 119.63 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.037 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.497} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{200.881} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.49} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_t : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_t : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.6 PILARILLO DEL FORJADO ARTICULADO NAVE DE FÚTBOL

Barra N166/N202

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N166	N202	5.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.70	0.32	0.00	0.00		
	L _K	3.500	1.600	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N166/N202	λ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,max} Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 7.8	x: 0 m h = 7.9	x: 0 m h = 48.5	h = 1.7	x: 0 m h = 3.5	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 56.1	h < 0.1	h = 0.7	h = 0.1	h < 0.1	CUMPLE h = 56.1
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.53 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 1671.236 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : 30255.374 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : 1671.236 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T} : \text{¥}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 36660.00 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 9690.00 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 257.20 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 2454000.00 \text{ cm}^6$
E: Módulo de elasticidad.	$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$
G: Módulo de elasticidad transversal.	$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 1.600 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 3.500 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 16.47 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 14.65 \text{ cm}$
	$i_z : 7.53 \text{ cm}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 297.00 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 12.00 \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : 35.64 \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 64.50 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.078} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{28.458} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{364.303} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm² g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M1} : 1.05

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

 c_y : 1.00 c_z : 0.83

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

 f_y : 0.49 f_z : 0.72

a: Coeficiente de imperfección elástica.

 a_y : 0.34 a_z : 0.49 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda}_y$: 0.12 $\bar{\lambda}_z$: 0.53 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : 1671.236 t $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: 30255.374 t $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: 1671.236 t $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ¥**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

 h : 0.079 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : 4.892 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : 2.987 t·mEl momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

 $M_{c,Rd}$: 61.950 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.**Clase** : 1 $W_{pl,y}$: 2408.00 cm³

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.485} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.851} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{12.296} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 1.453 \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 83.313 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 56.09 \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : 340.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma. $l_w : 20.25$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $l_{m\acute{a}x} : 65.92$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción. $e : 0.94$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : 2395.51 \text{ kp/cm}^2$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N166, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.118} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \quad t$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{135.26} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \quad \text{cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{297.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.453 \quad t \leq \underline{41.656} \quad t \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.453} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \quad t$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$7.118 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.118} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.539} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.354} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.561} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N166, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{22.767} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.274} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{12.232} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.03}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{1.00}$$

$$c_z : \underline{0.83}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.12}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.53}$$

a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$7.118 \text{ t} \leq 100.424 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{7.118} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{200.848} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.013} \text{ t·m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.777} \text{ t·m}$$

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.091} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{83.288} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.015} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{200.848} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.10} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.7 PILAR NAVE DE FÚTBOL

Barra N71/N72

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N71	N72	5.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.32	2.00	1.00	1.00		
	L _K	1.600	10.000	5.000	5.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N71/N72	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,máx} Cumple	x: 4.753 m h = 1.4	x: 0 m h = 5.5	x: 0 m h = 46.3	x: 0 m h = 6.3	h = 10.4	h = 0.2	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 49.4	h < 0.1	h = 0.1	h = 5.9	h < 0.1	CUMPLE h = 49.4
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.77 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 774.538 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 774.538 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 7997.124 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 1547.707 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 36660.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 9690.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 257.20 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 2454000.00 \text{ cm}^6$ E : Módulo de elasticidad. $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ G : Módulo de elasticidad transversal. $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 10.000 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 1.600 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 5.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 16.47 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 14.65 \text{ cm}$ $i_z : 7.53 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 297.00 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 35.64 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 64.50 \text{ cm}^2$ k : Coeficiente que depende de la clase de la sección. $k : 0.30$ E : Módulo de elasticidad. $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.753 m del nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{5.968} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.055} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{17.998} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

N_{b,Rd} : 326.035 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.74

χ_z : 0.98

χ_T : 0.82

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

χ_y : 0.90

χ_z : 0.54

χ_T : 0.73

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

α_T : 0.49

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄_y : 0.77

λ̄_z : 0.24

λ̄_T : 0.55

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 774.538 t

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 774.538 t

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 7997.124 t

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 1547.707 t

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.412} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.463} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{25.541} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{20.871} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo **M_{b,Rd}** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{55.179} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

c_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$c_{LT} : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT} : \underline{0.72}$$

a_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.60}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{181.823} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV} : \underline{131.874} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW} : \underline{125.175} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{2156.47} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{9690.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{257.20} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{5.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{5.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.29} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.29} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.063} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.505} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.603} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.104} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.658} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.25 < 65.92



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

l_w : 20.25

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$l_{m\acute{a}x}$: 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

e : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.387 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 200.908 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 135.26 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 170.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

8.658 t ≤ 41.656 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 8.658 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 83.313 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.387 t ≤ 100.454 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.387 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 200.908 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.439



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : 0.494



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.416} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{5.977} \text{ t}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{25.541} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.329} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.84}$$

C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

c_y, c_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.74}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

c_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$c_{LT} : \underline{0.89}$$

l_y, l_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$l_y : \underline{0.77}$$

$$l_z : \underline{0.24}$$

a_y, a_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$7.949 \text{ t} \leq 41.652 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.949} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{83.303} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.777} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.878} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{83.303} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.43} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.037} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{200.884} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.43} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.8 VIGA NAVE DE FÚTBOL

Barra N73/N76

Perfil: IPE 550							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N73	N76	12.322	134.00	67120.00	2668.00	123.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.10	1.00	0.00	0.32		
	L _K	1.232	12.320	0.000	4.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N73/N76	λ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,max} Cumple	x: 12.322 m h = 5.5	x: 0.175 m h = 6.9	x: 0.175 m h = 68.1	x: 12.322 m h = 0.2	x: 0.175 m h = 10.9	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0.175 m h = 75.5	h < 0.1	h = 0.4	x: 0.175 m h = 6.2	h < 0.1	CUMPLE h = 75.5
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.71 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 125.98 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 672.682 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 934.288 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 3712.356 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 672.682 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 67120.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 2668.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 123.00 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 1884000.00 \text{ cm}^6$ E : Módulo de elasticidad. $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ G : Módulo de elasticidad transversal. $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 12.320 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 1.232 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 4.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 22.82 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 22.38 \text{ cm}$ $i_z : 4.46 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

46.45 ≤ 299.25 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 515.60 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 11.10 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 57.23 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 36.12 \text{ cm}^2$ k : Coeficiente que depende de la clase de la sección. $k : 0.30$ E : Módulo de elasticidad. $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.055 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 19.072 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 344.741 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 134.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.054 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.069 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 17.453 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 324.097 t

Donde:

Clase : 4

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{125.98} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{251.925} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{125.98} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.89}$$

$$c_z : \underline{0.96}$$

$$c_T : \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.72}$$

$$f_z : \underline{0.56}$$

$$f_T : \underline{0.84}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

$$a_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\lambda_y : \underline{0.60}$$

$$\lambda_z : \underline{0.30}$$

$$\lambda_T : \underline{0.71}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{672.682} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{934.288} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3712.356} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{672.682} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.484} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.681} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{32.315} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{34.681} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{71.701} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2787.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{71.701} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{50.931} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2787.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

χ_{LT}^+ : 1.00

χ_{LT}^- : 0.71

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Φ_{LT}^+ : 0.00

Φ_{LT}^- : 0.94

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

α_{LT} : 0.34

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^+$: 0.00

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_{LT}^-$: 0.82

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

M_{cr}^+ : ¥

M_{cr}^- : 111.222 t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

M_{LTV}^+ : ¥

M_{LTV}^- : 59.816 t·m

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

M_{LTW}^+ : ¥

M_{LTW}^- : 93.767 t·m

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$W_{el,y}$: 2440.73 cm³

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 2668.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 123.00 cm⁴

E: Módulo de elasticidad.

E: 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 825688 kp/cm²

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

L_c^+ : 0.000 m

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

L_c^- : 4.000 m

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

C_1 : 1.00

$i_{f,z}^+$: 5.39 cm

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{f,z}$: 5.39 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.002 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.011 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.017 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 10.316 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$: 401.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.109 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 11.653 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{106.834} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{71.93} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{550.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$42.13 < 65.92$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{42.13}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.002} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{114.027} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{76.77} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{134.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{515.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{11.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$11.653 \text{ t} \leq 53.417 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.653} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{106.834} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.002 \text{ t} \leq 57.014 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.002} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{114.027} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

h : 0.535 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

h : 0.755 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

h : 0.675 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 17.453 t

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed} : 34.681 t·m

M_{z,Ed} : 0.008 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

N_{pl,Rd} : 344.741 t

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{pl,Rd,y} : 71.701 t·m

M_{pl,Rd,z} : 10.316 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.

A : 134.00 cm²

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

W_{pl,y} : 2787.00 cm³

W_{pl,z} : 401.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

k_y, **k_z**, **k_{y,LT}**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : 1.02

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : 1.00

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_{y,LT} : 0.91

C_{m,y}, **C_{m,z}**, **C_{m,LT}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

C_{m,y} : 1.00

	$C_{m,z} :$	<u>1.00</u>
	$C_{m,LT} :$	<u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$c_y :$	<u>0.88</u>
	$c_z :$	<u>0.96</u>
c_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$c_{LT} :$	<u>0.71</u>
γ_y, γ_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\gamma_y :$	<u>0.62</u>
	$\gamma_z :$	<u>0.31</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$a_y :$	<u>0.60</u>
	$a_z :$	<u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$11.653 \text{ t} \leq 53.379 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{11.653} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{106.758} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.062} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{71.51} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.062 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N73, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 6.592 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.002 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 106.758 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 106.834 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 2.63 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 71.51 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h < 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.001} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{113.947} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{114.027} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{71.51} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.9 PILAR HASTIAL NAVE DE TENIS

Barra N108/N216

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N108	N216	4.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.70	1.23	1.00	1.00		
	L _K	2.800	4.936	4.000	4.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N108/N216	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 4 m h = 6.5	x: 0 m h = 6.3	x: 0 m h = 28.4	x: 0 m h = 13.7	x: 0 m h = 6.1	x: 0 m h = 1.0	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 38.6	h < 0.1	h = 0.2	h = 3.7	h < 0.1	CUMPLE h = 38.6
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 0.48 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1977.836 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 3179.584 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 2611.306 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 1977.836 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 36660.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 9690.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 257.20 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 2454000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

 $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 4.936 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 2.800 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 4.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 16.47 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 14.65 \text{ cm}$ $i_z : 7.53 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 297.00 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 35.64 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 64.50 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

 $k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.065 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N216, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 28.697 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.054 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.063 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 23.637 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 439.673 t

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{374.766} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.93}$$

$$c_z : \underline{0.89}$$

$$c_T : \underline{0.85}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.60}$$

$$f_z : \underline{0.64}$$

$$f_T : \underline{0.69}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

$$a_T : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\lambda_{y} : \underline{0.38}$$

$$\lambda_{z} : \underline{0.42}$$

$$\lambda_{T} : \underline{0.48}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1977.836} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3179.584} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2611.306} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{1977.836} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.262} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.284} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{11.091} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{16.233} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo **M_{b,Rd}** viene dado por:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{57.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad c_{LT} : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad f_{LT} : \underline{0.66}$$

a_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. $a_{LT} : \underline{0.21}$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.50}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. $M_{cr} : \underline{255.788} \text{ t}\cdot\text{m}$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z} \quad M_{LTV} : \underline{164.843} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2 \quad M_{LTw} : \underline{195.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : \underline{2156.47} \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{9690.00} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{257.20} \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^+ : \underline{4.000} \text{ m}$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $L_c^- : \underline{4.000} \text{ m}$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $C_1 : \underline{1.00}$

i_{f,z^+} : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $i_{f,z^+} : \underline{8.29} \text{ cm}$

i_{f,z^-} : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $i_{f,z^-} : \underline{8.29} \text{ cm}$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.137} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.985} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.486} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.089} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm² g_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{Mo} : 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$20.25 < 65.92$$



Donde:

 l_w : Esbeltez del alma.

l_w : 20.25

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

 $l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$l_{m\acute{a}x}$: 65.92

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

 e : Factor de reducción.

e : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

 f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.010}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270)H2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.069 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: 200.908 t

Donde:

 A_v : rea transversal a cortante.

A_v : 135.26 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

 A : rea de la sección bruta.

A : 170.90 cm²

 d : Altura del alma.

d : 297.00 mm

 t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

5.089 t ≤ 41.656 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.089 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 83.313 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

2.069 t ≤ 100.454 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.069 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 200.908 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.386



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : 0.285



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N108, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{27.965} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{13.630} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{2.586} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-10.478} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{435.12} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{57.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$5.089 \text{ t} \leq \underline{41.648} \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{5.089} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{83.296} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.002}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.777} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 119.63 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : 0.037 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 3.058 \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.001 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : 83.296 \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 83.313 \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 0.77 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 119.63 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < 0.001 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.084} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{200.866} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.10 VIGA HASTIAL NAVE DE TENIS

Barra N16/N164

Perfil: IPE 450							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N16	N164	4.713	98.80	33740.00	1676.00	66.90
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.11	1.15	0.00	0.85		
	L _K	0.500	5.410	0.000	4.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	l	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N16/N164	l < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 4.713 m h = 1.3	x: 0.179 m h = 2.4	x: 0.179 m h = 12.5	x: 1.539 m h = 4.8	x: 0.179 m h = 3.1	x: 0.179 m h = 0.4	h < 0.1	h < 0.1	x: 0.179 m h = 13.2	h < 0.1	h = 47.6	x: 0.179 m h = 1.4	h < 0.1	CUMPLE h = 47.6
Notación: l: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.77 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 93.67 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 445.482 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 2435.400 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 14163.991 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : 445.482 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : 33740.00 \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : 1676.00 \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : 66.90 \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : 791000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$G : 825688 \text{ kp/cm}^2$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : 5.410 \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : 0.500 \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : 4.000 \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : 18.93 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : 18.48 \text{ cm}$

$i_z : 4.12 \text{ cm}$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$y_0 : 0.00 \text{ mm}$

$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

44.77 ≤ 273.56 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : 420.80 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : 9.40 \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

$A_w : 39.56 \text{ cm}^2$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef} : 27.74 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

$E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N164, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.362} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{263.774} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{4.399} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{250.072} \text{ t}$$

Donde:

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{186.087} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.97}$$

$$c_z : \underline{1.00}$$

$$c_T : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.57}$$

$$f_z : \underline{0.50}$$

$$f_T : \underline{0.89}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

$$a_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.33}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.14}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.77}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{445.482} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2435.400} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{14163.991} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{445.482} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.125} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.017} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.780} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{45.440} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{45.440} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{30.179} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M1} : 1.05 χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

 χ_{LT}^+ : 1.00 χ_{LT}^- : 0.66

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

 Φ_{LT}^+ : 0.00 Φ_{LT}^- : 1.02 α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica. α_{LT} : 0.34 $\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda}_{LT}^+$: 0.00

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

 $\bar{\lambda}_{LT}^-$: 0.90 M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral. M_{cr}^+ : ¥ M_{cr}^- : 59.512 t·mEl momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

 M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

 M_{LTV}^+ : ¥ M_{LTV}^- : 34.964 t·m M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

 M_{LTW}^+ : ¥ M_{LTW}^- : 48.158 t·m

Siendo:

 $W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y}$: 1499.56 cm³ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : 1676.00 cm⁴ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : 66.90 cm⁴

E: Módulo de elasticidad.

E: 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 825688 kp/cm² L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. L_c^+ : 0.000 m L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. L_c^- : 4.000 m C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. C_1 : 1.00 $i_{f,z}^+$: 4.93 cm

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$i_{f,z}$: 4.93 cm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.048 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.539 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.355 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.539 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.235 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 7.369 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase: 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$: 276.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.031 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.454 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{78.340} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$40.30 < 64.71$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{40.30}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.346} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{91.320} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{59.24} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{420.80} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.454 \text{ t} \leq 39.170 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.454} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{78.340} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.346 \text{ t} \leq 45.660 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.346} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{91.320} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.091} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.132} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.100} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 1.098 t

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed} : 3.780 t·m

M_{z,Ed} : 0.026 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

N_{pl,Rd} : 263.774 t

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{pl,Rd,y} : 45.440 t·m

M_{pl,Rd,z} : 7.369 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.

A : 98.80 cm²

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

W_{pl,y} : 1702.00 cm³

W_{pl,z} : 276.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

k_y, **k_z**, **k_{y,LT}**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.74}$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**, **C_{m,LT}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

C_{m,y} : 1.00

	$C_{m,z} :$	<u>1.00</u>
	$C_{m,LT} :$	<u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$c_y :$	<u>0.97</u>
	$c_z :$	<u>1.00</u>
c_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$c_{LT} :$	<u>0.66</u>
η_y, η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\eta_y :$	<u>0.34</u>
	$\eta_z :$	<u>0.14</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$a_y :$	<u>0.60</u>
	$a_z :$	<u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.454 \text{ t} \leq 39.123 \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{2.454} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{78.246} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.476}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.336} \text{ t·m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.706} \text{ t·m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.094} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{78.246} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{78.340} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.012} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{91.210} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{91.320} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.63} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

W_T: 45.82 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0}: 1.05

5.3.5.11 PILARILLO EMPOTRADO NAVE DE TENIS

Barra N151/N119

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N151	N119	10.800	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.15	0.50	0.00	0.00		
	L _K	1.600	5.400	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N151/N119	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 10.515 m h = 1.7	x: 0 m h = 1.9	x: 0 m h = 34.4	x: 0 m h = 7.7	x: 0 m h = 10.7	h = 0.2	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 40.2	h < 0.1	h = 0.1	x: 0 m h = 10.6	h < 0.1	CUMPLE h = 40.2
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ: 0.42 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr}: 2656.165 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 2656.165 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 7997.124 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : \text{¥}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.I_y : 36660.00 cm⁴I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.I_z : 9690.00 cm⁴I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.I_t : 257.20 cm⁴I_w: Constante de alabeo de la sección.I_w : 2454000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.L_{ky} : 5.400 mL_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.L_{kz} : 1.600 mL_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.L_{kt} : 0.000 mi₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.i₀ : 16.47 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.i_y : 14.65 cmi_z : 7.53 cmy₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.y₀ : 0.00 mmz₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.h_w : 297.00 mmt_w: Espesor del alma.t_w : 12.00 mmA_w: Área del alma.A_w : 35.64 cm²A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.A_{fc,ef} : 64.50 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 10.515 m del nudo N151, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.**N_{t,Ed}** : 7.326 tLa resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.**A** : 170.90 cm²**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 2701.33 kp/cm²**g_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M0}** : 1.05**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.018 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H1+1.5·N(R)1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.**N_{c,Ed}** : 7.840 tLa resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 439.673 t

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{404.196} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.92}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.62}$$

$$f_z : \underline{0.54}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$l_y : \underline{0.42}$$

$$l_z : \underline{0.24}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2656.165} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{2656.165} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{7997.124} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.344} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 21.315 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 19.420 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

M_{c,Rd} : 61.950 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,y} : 2408.00 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.077} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 1.733 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 1.957 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.107} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.908} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : 20.25$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : 65.92$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : 0.94$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 2395.51 \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : 0.002 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.367 \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 200.908 \text{ t}$$

Donde:

A_v : rea transversal a cortante.

$$A_v : 135.26 \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta.

$$A : 170.90 \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : 297.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 12.00 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$8.908 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.908} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.367 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.367} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.402}$$



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.379}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N151, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{5.545} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{19.420} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.917} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-18.795} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{780.53} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$8.908 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{8.908} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.777} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.106} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{8.824} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{83.296} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.74} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.084} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{200.868} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.74} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{119.63} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.12 PILARILLO ARTICULADO NAVE DE TENIS

Barra N153/N165

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N153	N165	9.400	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.17	0.70	0.00	0.00		
	L _K	1.600	6.580	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N153/N165	λ < 2.0 Cumple	x: 0 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 9.162 m h = 0.5	x: 0 m h = 1.8	x: 0 m h = 54.4	x: 0 m h = 5.3	x: 0 m h = 12.7	h = 0.1	x: 0 m h < 0.1	x: 0 m h < 0.1	x: 0 m h = 60.5	x: 0 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE h = 60.5
Notación:																
λ: Limitación de esbeltez																
l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.																
⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ: 0.51 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase:** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1788.919 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 1788.919 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 7997.124 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 36660.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 9690.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 257.20 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 2454000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E: 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 825688 kp/cm²

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 6.580 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.600 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 16.47 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 14.65 cm

i_z : 7.53 cm

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.00 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 35.64 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 64.50 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.162 m del nudo N153, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 2.121 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.016 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.018 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 6.947 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{439.673} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{387.200} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.88}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.68}$$

$$f_z : \underline{0.54}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

l̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$l_y : \underline{0.51}$$

$$l_z : \underline{0.24}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1788.919} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1788.919} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{7997.124} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.544 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.**M_{Ed}⁺** : 30.144 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.**M_{Ed}⁻** : 33.683 t·mEl momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

M_{c,Rd} : 61.950 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.**Clase** : 1**W_{pl,y}**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.**W_{pl,y}** : 2408.00 cm³**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 2701.33 kp/cm²**g_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M0}** : 1.05**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.053 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.**M_{Ed}⁺** : 1.238 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.**M_{Ed}⁻** : 1.345 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.127} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.606} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{20.25}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.94}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artuculo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.147} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Donde:

A_v : rea transversal a cortante.

$$A_v : \underline{135.26} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{297.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.606 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.606} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.147 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N153, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.147} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.605}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.586}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.389}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N153, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.875 \text{ t}}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{33.641 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.345 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{439.673 \text{ t}}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{61.950 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{25.359 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{170.90 \text{ cm}^2}$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00 \text{ cm}^3}$$

$$W_{pl,z} : \underline{985.70 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33 \text{ kp/cm}^2}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.88}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.24}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N153, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.606 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: $\frac{10.606}{t}$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: $\frac{83.313}{t}$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.13 PILAR NAVE DE TENIS

Barra N83/N84

Perfil: HE 340 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N83	N84	8.000	170.90	36660.00	9690.00	257.20
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	b	0.20	2.00	0.20	1.00		
	L _K	1.600	16.000	1.600	8.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N83/N84	λ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,máx} Cumple	x: 7.815 m h = 2.6	x: 0 m h = 7.6	x: 0 m h = 74.0	x: 0 m h = 2.2	x: 0 m h = 13.5	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 71.8	h < 0.1	h = 0.1	x: 0 m h = 1.8	h < 0.1	CUMPLE h = 74.0
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 1.24 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 170.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 302.554 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 302.554 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 7997.124 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 1081.733 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 36660.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 9690.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 257.20 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 2454000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

 $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 16.000 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 1.600 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 8.000 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 16.47 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 14.65 \text{ cm}$ $i_z : 7.53 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$ **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.75 ≤ 176.72 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 297.00 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 12.00 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 35.64 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 64.50 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

 $k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.026 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.815 m del nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 11.562 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 439.673 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 170.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.035 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.076 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 15.399 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 439.673 t

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{201.969} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.46}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

$$c_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{1.44}$$

$$f_z : \underline{0.54}$$

$$f_T : \underline{0.82}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

$$a_T : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\lambda_{y} : \underline{1.24}$$

$$\lambda_{z} : \underline{0.24}$$

$$\lambda_{T} : \underline{0.65}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{302.554} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{302.554} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{7997.124} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{1081.733} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.579} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.740} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{25.732} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{35.849} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{61.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo **M_{b,Rd}** viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{61.616} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{48.432} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.99}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT}^+ : \underline{0.53}$$

$$f_{LT}^- : \underline{0.90}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.22}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.82}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1290.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{95.834} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{412.107} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{82.421} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{1222.417} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{48.897} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{2156.47} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{9690.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{257.20} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.600} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{8.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.29} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.29} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.563} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.555} \text{ t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{25.359} \text{ t·m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{985.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.135} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.219} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{56.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.**h :** 340.00 mm**t_w:** Espesor del alma.**t_w :** 12.00 mm**f_{yd}:** Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd} :** 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y :** 2701.33 kp/cm²**g_{M0}:** Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M0} :** 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.25 < 65.92



Donde:

l_w: Esbeltez del alma.**l_w :** 20.25

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

l_{máx}: Esbeltez máxima.**l_{máx} :** 65.92

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e: Factor de reducción.**e :** 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.**f_{ref} :** 2395.51 kp/cm²**f_y:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y :** 2701.33 kp/cm²**Resistencia a corte V** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h < 0.001

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.**V_{Ed} :** 0.070 tEl esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

V_{c,Rd} : 200.908 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.**A_v :** 135.26 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

d: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

$$A : \underline{170.90} \text{ cm}^2$$

$$d : \underline{297.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{12.00} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$11.219 \text{ t} \leq 41.656 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.219} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{83.313} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.070 \text{ t} \leq 100.454 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.070} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{200.908} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

h : 0.603 ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

h : 0.718 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 10.044 t

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed} : 35.849 t·m

M_{z,Ed} : 0.026 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

N_{pl,Rd} : 439.673 t

M_{pl,Rd,y}, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{pl,Rd,y} : 61.950 t·m

M_{pl,Rd,z} : 25.359 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)**M_{ef,Ed}**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{ef,Ed} : -34.716 t·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

σ_{com,Ed} : 1441.71 kp/cm²

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

W_{y,com} : 2408.00 cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 170.90 cm²

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

M_{b,Rd,y} : 48.432 t·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

11.219 t ≤ 41.656 t ✓

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed,z} : 11.219 t

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd,z} : 83.313 t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.002 t·mEl momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

 $M_{T,Rd}$: 1.777 t·m

Donde:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 119.63 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm² γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.018 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.490 t $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.002 t·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

 $V_{pl,T,Rd}$: 83.282 t

Donde:

 $V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 83.313 t $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 1.39 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 119.63 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$h < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.069 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.002 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 200.832 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 200.908 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 1.39 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 119.63 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

5.3.5.14 VIGA NAVE DE TENIS

Barra N81/N82

Perfil: IPE 450							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N81	N82	9.425	98.80	33740.00	1676.00	66.90
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.10	1.00	0.00	0.42		
	L _K	0.943	9.420	0.000	4.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N81/N82	λ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,max} Cumple	x: 9.425 m h = 5.9	x: 0.179 m h = 6.8	x: 0.179 m h = 67.9	x: 0.179 m h = 0.4	x: 0.179 m h = 13.3	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0.179 m h = 70.5	h < 0.1	h = 0.1	x: 0.179 m h = 1.0	h < 0.1	CUMPLE h = 70.5
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.77 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 93.67 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 445.482 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 803.329 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 3985.800 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: 445.482 t

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 33740.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 1676.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 66.90 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 791000.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 9.420 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 0.943 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 4.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 18.93 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 18.48 cm

i_z : 4.12 cm

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

44.77 ≤ 273.56 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 420.80 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.40 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 39.56 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 27.74 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.059 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N82, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 15.611 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 263.774 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 98.80 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.051 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.068 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 12.707 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 250.072 t

Donde:

Clase : 4

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{186.087} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.90}$$

$$c_z : \underline{0.98}$$

$$c_T : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.70}$$

$$f_z : \underline{0.54}$$

$$f_T : \underline{0.89}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.21}$$

$$a_z : \underline{0.34}$$

$$a_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\lambda_y : \underline{0.57}$$

$$\lambda_z : \underline{0.26}$$

$$\lambda_T : \underline{0.77}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{445.482} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{803.329} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3985.800} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{445.482} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.679} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.679} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{30.842} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{13.910} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{45.440} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{45.440} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{30.179} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

c_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$c_{LT}^+ : \underline{1.00}$$

$$c_{LT}^- : \underline{0.66}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$f_{LT}^- : \underline{1.02}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.00}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.90}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{\text{¥}}$$

$$M_{cr}^- : \underline{59.512} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{\text{¥}}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{34.964} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{\text{¥}}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{48.158} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1499.56} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1676.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{66.90} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{0.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{4.000} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.93} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.93} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.026} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.024} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{7.369} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.133} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.405} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{78.340} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$40.30 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{40.30}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{91.320} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 59.24 cm²

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 98.80 cm²

d : Altura del alma.

d : 420.80 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

10.405 t ≤ 39.170 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 10.405 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 78.340 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.003 t ≤ 45.660 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.003 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 91.320 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.705} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.658} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{6.806} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{30.842} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{263.774} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{45.440} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{7.369} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{29.904} \quad t \cdot m$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{1757.02} \quad kp/cm^2$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{1702.00} \quad cm^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \quad cm^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{45.440} \quad t \cdot m$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.405 \quad t \leq \underline{39.170} \quad t \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.405} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{78.340} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: 0.706 t·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.82 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.010 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.179 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.749 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 78.323 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 78.340 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.86 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.82 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.003 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 91.299 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 91.320 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 0.86 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.82 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

5.3.5.15 PILAR NAVE ADOSADA

Barra N52/N53

Perfil: HE 220 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N52	N53	4.300	91.00	8091.00	2843.00	76.57
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.37	2.00	1.00	0.37		
	L _K	1.600	8.600	4.300	1.600		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N52/N53	λ < 2.0 Cumple	l _w ≤ l _{w,max} Cumple	x: 4.12 m h = 4.8	x: 0 m h = 10.1	x: 0 m h = 62.3	x: 0 m h = 3.1	x: 0 m h = 16.6	h = 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 4.12 m h = 61.8	h < 0.1	h = 0.1	h = 6.6	h < 0.1	CUMPLE h = 62.3
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 1.05 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 91.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 231.129 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 231.129 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : 2346.318 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : 807.105 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$I_y : 8091.00 \text{ cm}^4$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$I_z : 2843.00 \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$I_t : 76.57 \text{ cm}^4$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$I_w : 295400.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$L_{ky} : 8.600 \text{ m}$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$L_{kz} : 1.600 \text{ m}$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$L_{kt} : 4.300 \text{ m}$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$i_0 : 10.96 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$i_y : 9.43 \text{ cm}$

$i_z : 5.59 \text{ cm}$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$y_0 : 0.00 \text{ mm}$

$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

19.79 ≤ 163.18 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

$h_w : 188.00 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma.

$t_w : 9.50 \text{ mm}$

A_w : Área del alma.

$A_w : 17.86 \text{ cm}^2$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef} : 35.20 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.30

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.048 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.120 m del nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.**N_{t,Ed}** : 11.561 tLa resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 242.949 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.**A** : 91.00 cm²**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y** : 2803.26 kp/cm²**g_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M0}** : 1.05**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.057 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.101 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.**N_{c,Ed}** : 13.869 tLa resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{c,Rd} : 242.949 t

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{137.339} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.57}$$

$$c_z : \underline{0.93}$$

$$c_T : \underline{0.81}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{1.20}$$

$$f_z : \underline{0.59}$$

$$f_T : \underline{0.75}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

$$a_T : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\lambda_{y} : \underline{1.05}$$

$$\lambda_{z} : \underline{0.33}$$

$$\lambda_{T} : \underline{0.56}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{231.129} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{231.129} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2346.318} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{807.105} \text{ t}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.542} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.623} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{11.964} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{8.121} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{22.079} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo **M_{b,Rd}** viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{19.219} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{21.579} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

α_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\alpha_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\alpha_{LT}^+ : \underline{0.87}$$

$$\alpha_{LT}^- : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT}^+ : \underline{0.76}$$

$$f_{LT}^- : \underline{0.56}$$

a_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.65}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.30}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{55.055} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{256.541} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{45.319} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{121.795} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{31.261} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{225.786} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{735.55} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{2843.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{76.57} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{4.300} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.600} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{6.10} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{6.10} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.325} \text{ t-m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.294} \text{ t-m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{10.516} \text{ t-m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.166} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.154} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{42.974} \text{ t}$$

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$16.00 < 64.71$$



Donde:

l_w: Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{16.00}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

l_{máx}: Esbeltez máxima.

$$l_{máx} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

e: Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.076} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{112.738} \text{ t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

d: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A : 91.00 cm²

d : 188.00 mm

t_w : 9.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante V_{c,Rd}.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

7.154 t ≤ 21.487 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.154 t

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 42.974 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante V_{c,Rd}.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.076 t ≤ 56.369 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.076 t

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 112.738 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : \underline{0.477} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.618} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.510} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.120 m del nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.**N_{c,Ed}**: 12.867 t**M_{y,Ed}**, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.**M_{y,Ed}**: 9.368 t·m**M_{z,Ed}**: 0.001 t·m**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.**Clase**: 1**N_{pl,Rd}**: Resistencia a compresión de la sección bruta.**N_{pl,Rd}**: 242.949 t**M_{pl,Rd,y}**, **M_{pl,Rd,z}**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.**M_{pl,Rd,y}**: 22.079 t·m**M_{pl,Rd,z}**: 10.516 t·m**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)**A**: Área de la sección bruta.**A**: 91.00 cm²**W_{pl,y}**, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.**W_{pl,y}**: 827.00 cm³**W_{pl,z}**: 393.90 cm³**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.**f_{yd}**: 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**f_y**: 2803.26 kp/cm²**g_{M1}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.**g_{M1}**: 1.05**k_y**, **k_z**, **k_{y,LT}**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.07}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.93}$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**, **C_{m,LT}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.**C_{m,y}**: 1.00**C_{m,z}**: 1.00

	$C_{m,LT} :$	<u>1.00</u>
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$c_y :$	<u>0.57</u>
	$c_z :$	<u>0.93</u>
c_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	$c_{LT} :$	<u>0.87</u>
i_y, i_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$i_y :$	<u>1.05</u>
	$i_z :$	<u>0.33</u>
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$a_y :$	<u>0.60</u>
	$a_z :$	<u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$6.702 \text{ t} \leq 21.485 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{6.702} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{42.971} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.738} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.840} \text{ t}$$

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{42.971} \text{ t}$$

Donde:

 $V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{42.974} \text{ t}$$

 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.31} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.004} \text{ t}$$

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{112.728} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 112.738 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 0.31 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 47.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

5.3.5.16 VIGA NAVE ADOSADA

Barra N53/N55

Perfil: IPE 400							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N53	N55	3.081	84.50	23130.00	1318.00	51.10
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.32	1.00	0.32	1.00		
	L _K	1.000	3.080	1.000	3.081		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N53/N55	λ < 2.0 Cumple	I _w ∈ I _{w,max} Cumple	x: 2.904 m h = 3.8	x: 0.113 m h = 4.5	x: 2.906 m h = 73.9	x: 2.906 m h = 0.2	x: 2.906 m h = 18.0	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 2.906 m h = 71.8	h < 0.1	h = 0.1	x: 0.113 m h = 10.0	h < 0.1	CUMPLE h = 73.9
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.67 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 84.50 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 522.876 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

 $N_{cr,y} : 5151.388 \text{ t}$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

 $N_{cr,z} : 2784.617 \text{ t}$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

 $N_{cr,T} : 522.876 \text{ t}$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

 I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $I_y : 23130.00 \text{ cm}^4$ I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : 1318.00 \text{ cm}^4$ I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : 51.10 \text{ cm}^4$ I_w : Constante de alabeo de la sección. $I_w : 490000.00 \text{ cm}^6$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$

G: Módulo de elasticidad transversal.

 $G : 825688 \text{ kp/cm}^2$ L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $L_{ky} : 3.080 \text{ m}$ L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $L_{kz} : 1.000 \text{ m}$ L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión. $L_{kt} : 3.081 \text{ m}$ i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $i_0 : 17.01 \text{ cm}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

 i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $i_y : 16.54 \text{ cm}$ $i_z : 3.95 \text{ cm}$ y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $y_0 : 0.00 \text{ mm}$ $z_0 : 0.00 \text{ mm}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

43.37 ≤ 263.21 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. $h_w : 373.00 \text{ mm}$ t_w : Espesor del alma. $t_w : 8.60 \text{ mm}$ A_w : Área del alma. $A_w : 32.08 \text{ cm}^2$ $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef} : 24.30 \text{ cm}^2$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

 $k : 0.30$

E: Módulo de elasticidad.

 $E : 2140673 \text{ kp/cm}^2$ f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. $f_{yf} : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.904 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{8.611} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{225.596} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.113 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.077} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{225.596} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 84.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

N_{b,Rd} : 180.183 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 84.50 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M1} : 1.05

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

c_y : 1.00

c_z : 0.97

c_T : 0.80

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

f_y : 0.52

f_z : 0.56

f_T : 0.81

a: Coeficiente de imperfección elástica.

a_y : 0.21

a_z : 0.34

a_T : 0.34

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄_y : 0.21

λ̄_z : 0.29

λ̄_T : 0.67

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 522.876 t

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 5151.388 t

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 2784.617 t

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 522.876 t

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.562} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.739} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{16.396} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{19.619} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{34.894} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)El momento flector resistente de cálculo $M_{b,Rd}$ viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{34.177} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{26.552} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.98}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.76}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$f_{LT}^+ : \underline{0.54}$$

$$f_{LT}^- : \underline{0.87}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_{LT} : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}_{LT}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.26}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.74}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{551.771} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{66.993} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{108.393} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{35.186} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{541.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{57.009} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1156.50} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1318.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{51.10} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.000} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{3.081} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.71} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.71} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.011} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{6.114} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{229.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.180} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.888} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{65.865} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{42.73} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$h : \underline{400.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.60} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$38.49 < 64.71$$



Donde:

l_w: Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{38.49}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

l_{máx}: Esbeltez máxima.

$$l_{máx} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

e: Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h < \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.004} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{80.803} \text{ t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.42} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.

$$d : \underline{373.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.60} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$11.000 \text{ t} \leq 32.933 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{11.000} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{65.865} \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.004 \text{ t} \leq 40.401 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.004} \text{ t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{80.803} \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.585} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.718} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.906 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{4.868} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{19.619} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.009} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{225.596} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{34.894} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.114} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-19.016} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{1454.96} \text{ kp/cm}^2$$

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{1307.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{84.50} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{26.552} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$11.000 \text{ t} \leq \underline{32.929} \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{11.000} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{65.859} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.001 t·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: 0.583 t·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.85 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.100 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.113 m del nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 6.577 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 65.859 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 65.865 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.37 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 37.85 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M0} : 1.05**Resistencia a cortante y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

 $\eta < \underline{0.001}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.002 t $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.000 t·mEl esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

 $V_{pl,T,Rd}$: 80.795 t

Donde:

 $V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 80.803 t $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 0.37 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 37.85 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M0} : 1.05

5.3.5.17 VIGA IPE 270 FORJADO

Barra N123/N201

Perfil: IPE 270		Material: Acero (S275)					
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N123	N201	6.000	45.90	5790.00	420.00	15.90
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ̄	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N123/N201	λ̄ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,max} Cumple	h = 5.1	h = 3.3	x: 5.83 m h = 79.6	x: 0.17 m h = 4.7	x: 5.83 m h = 30.8	h = 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 5.83 m h = 83.8	h < 0.1	h = 0.2	x: 5.83 m h = 29.6	h = 0.1	CUMPLE h = 83.8
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ < 0.01 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 45.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N_{cr} :** ¥

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

37.82 ≤ 250.57 ✓

Donde:

 h_w : Altura del alma. h_w : 249.60 mm t_w : Espesor del alma. t_w : 6.60 mm A_w : Área del alma. A_w : 16.47 cm² $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 13.77 cm² k : Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30 E : Módulo de elasticidad. E : 2140673 kp/cm² f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.051 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

 $N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 6.197 tLa resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

 $N_{t,Rd}$: 122.543 t

Donde:

 A : Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 45.90 cm² f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

 η : 0.033 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 4.047 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 122.543 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 45.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : 0.796 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.000 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.830 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 10.280 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 12.922 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 484.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.047 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.170 m del nudo N123, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.123 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.170 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.092 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 2.590 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase: 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,z}$: 97.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.308 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.830 m del nudo N123, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.505} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{34.054} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{22.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{270.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$33.27 < 64.71$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{33.27}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.033} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{45.358} \quad t$$

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{29.43} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

 A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

 d : Altura del alma.

$$d : \underline{249.60} \quad \text{mm}$$

 t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.60} \quad \text{mm}$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$10.142 \text{ t } \leq 17.027 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.142} \quad t$$

 $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{34.054} \quad t$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.033 \text{ t} \leq 22.679 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.033 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 45.358 \text{ t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.838 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.830 m del nudo N123, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 3.291 \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 10.280 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.042 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 122.543 \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 12.922 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 2.590 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$10.142 \text{ t} \leq 17.027 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.142} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{34.054} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{0.240} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.296} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.830 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{10.082} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{34.023 \text{ t}}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{34.054 \text{ t}}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.54 \text{ kp/cm}^2}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.031 \text{ t}}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{45.316 \text{ t}}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{45.358 \text{ t}}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.54 \text{ kp/cm}^2}$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

5.3.5.18 VIGA HEB 200 FORJADO

Barra N123/N131

Perfil: HE 200 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N123	N131	6.000	78.10	5696.00	2003.00	59.28
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b		1.00	1.00	0.00	0.00	
	L _K		6.000	6.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁		-		1.000			
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N123/N131	λ < 2.0 Cumple	x: 0.375 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	h = 1.5	h = 11.6	x: 3 m h = 2.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 0.6	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.375 m h < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 3 m h = 12.9	x: 0.375 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE h = 12.9

Notación:

- λ: Limitación de esbeltez
- l_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N_t: Resistencia a tracción
- N_c: Resistencia a compresión
- M_y: Resistencia a flexión eje Y
- M_z: Resistencia a flexión eje Z
- V_z: Resistencia a corte Z
- V_y: Resistencia a corte Y
- M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t: Resistencia a torsión
- M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 1.36 ✓

Donde:

Clase : 1

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{117.552} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{334.285} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{117.552} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{5696.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{2003.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{59.28} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{171100.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{6.000} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{6.000} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{9.93} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{8.54} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{5.06} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$18.89 \leq 163.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>170.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>9.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>15.30</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>30.00</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.072} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{208.509} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.116} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 8.764 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 208.509 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase: 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 78.10 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 75.606 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 78.10 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

c_y: 0.72

c_z: 0.36

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

f_y: 0.93

f_z: 1.72

a: Coeficiente de imperfección elástica.

a_y: 0.34

a_z: 0.49

l: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

l_y: 0.81

l_z: 1.36

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 117.552 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 334.285 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 117.552 t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.022 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.372 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 17.153 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 642.50 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N123, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.248} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{38.304} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{14.89}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.217 \text{ t} \leq 19.152 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.217 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 38.304 \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : 0.064$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.081$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.129$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 8.764 \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 0.372 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 208.509 \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 17.153 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 8.164 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : 78.10 \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : 305.80 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.16}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.72}$$

$$c_z : \underline{0.36}$$

i_y, i_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$i_y : \underline{0.81}$$

$$i_z : \underline{1.36}$$

a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N123, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.217 \text{ t} \leq 19.152 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.217} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{38.304} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.19 ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 140

Barra N4/N21

Perfil: HE 140 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N4	N21	6.000	43.00	1509.00	549.70	20.06
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
b	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	6.000	6.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N4/N21	λ < 2.0 Cumple	x: 0.375 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	h = 2.8	h = 30.5	x: 3 m h = 3.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 0.7	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.375 m h < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 3 m h = 31.8	x: 0.375 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE h = 31.8
Notación: λ: Limitación de esbeltez l _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 1.93 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{32.261} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{88.560} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{32.261} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{6.000} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{6.000} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{6.92} \text{ cm}$$

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{116.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{8.12} \text{ cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{16.80} \text{ cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

h : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 3.224 t

La resistencia de cálculo a tracción N_{t,Rd} viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

N_{t,Rd} : 114.800 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 43.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.063 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

h : 0.305 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 7.288 t

La resistencia de cálculo a compresión N_{c,Rd} viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{114.800} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{23.874} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.50}$$

$$c_z : \underline{0.21}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{1.34}$$

$$f_z : \underline{2.79}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.34}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.93}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{32.261} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{88.560} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{32.261} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

 M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.205} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{6.552} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

 $W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.137} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{20.223} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{13.12} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.14 < 64.71$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{13.14}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.120 \text{ t} \leq 10.112 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.120} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 20.223 t**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

 η : 0.082 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.148 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

 η : 0.318 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

Donde:

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 7.288 t $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+$: 0.122 t·m $M_{z,Ed}^+$: 0.000 t·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : 1 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: 114.800 t $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 6.552 t·m $M_{pl,Rd,z}$: 3.198 t·m**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 43.00 cm² $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 245.40 cm³ $W_{pl,z}$: 119.80 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² g_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. g_{M1} : 1.05 k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

 k_y : 1.10

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

 k_z : 1.43

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$
	$C_{m,z} : \underline{1.00}$
c_y, c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$c_y : \underline{0.50}$
	$c_z : \underline{0.21}$
η_y, η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\eta_y : \underline{1.17}$
	$\eta_z : \underline{1.93}$
a_y, a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$a_y : \underline{0.60}$
	$a_z : \underline{0.60}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.120 \text{ t} \leq 10.112 \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.120} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{20.223} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.20 ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 160

Barra N203/N206

Perfil: HE 160 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N203	N206	6.000	54.30	2492.00	889.20	31.24
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	6.000	6.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N203/N206	λ < 2.0 Cumple	x: 0.375 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	h = 0.6	h = 23.5	x: 3 m h = 2.7	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 0.6	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.375 m h < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 3 m h = 25.3	x: 0.375 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE h = 25.3

Notación:

- λ: Limitación de esbeltez
- l_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N_t: Resistencia a tracción
- N_c: Resistencia a compresión
- M_y: Resistencia a flexión eje Y
- M_z: Resistencia a flexión eje Z
- V_z: Resistencia a corte Z
- V_y: Resistencia a corte Y
- M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t: Resistencia a torsión
- M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ: 1.71 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 54.30 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 52.185 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 146.250 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 52.185 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 2492.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 889.20 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 31.24 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 47940.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 6.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 6.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 7.89 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 6.77 cm

i_z : 4.05 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

16.75 ≤ 164.47 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : 134.00 mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : 8.00 mm
A_w : Área del alma.	A_w : 10.72 cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: 20.80 cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : 0.30
E : Módulo de elasticidad.	E : 2140673 kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : 2803.26 kp/cm ²
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad h : 0.006 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 0.804 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : 54.30 cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : 2669.77 kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : 2803.26 kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : 1.05

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : 0.060 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad h : 0.235 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 8.731 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 144.969 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 54.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 37.080 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 54.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

c_y : 0.58

c_z : 0.26

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

f_y : 1.16

f_z : 2.33

a: Coeficiente de imperfección elástica.

a_y : 0.34

a_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 1.02

$\bar{\lambda}_z$: 1.71

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 52.185 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 146.250 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 52.185 t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.027 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N203, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.259 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 9.451 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 354.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N203, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.173} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{27.190} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$13.00 < \underline{64.71}$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{13.00}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{0.92}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.151 \text{ t} \leq 13.595 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N203, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.151 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 27.190 \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : 0.088$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.133$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.253$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N203, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 8.731 \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 0.259 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 144.969 \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{9.451} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{4.539} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.08}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.33}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.58}$$

$$c_z : \underline{0.26}$$

η_y , η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{1.02}$$

$$\eta_z : \underline{1.71}$$

a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N203, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.151 \text{ t} \leq 13.595 \text{ t}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.151} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{27.190} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.21 ELEMENTO LONGITUDINAL HEB 240

Barra N7/N24

Perfil: HE 240 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N7	N24	6.000	106.00	11260.00	3923.00	102.70
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	6.000	6.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	l _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N7/N24	λ < 2.0 Cumple	x: 0.375 m l _w ≤ l _{w,max} Cumple	h = 1.0	h = 7.3	x: 3 m h = 1.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 0.7	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.375 m h < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 3 m h = 8.4	x: 0.375 m h < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE h = 8.4
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> λ: Limitación de esbeltez l_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ : 1.12 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A : 106.00 cm²
f_y : 2701.33 kp/cm²
N_{cr} : 230.232 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 660.824 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 230.232 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 11260.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 3923.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 102.70 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 486900.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 6.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 6.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 11.97 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 10.31 cm

i_z : 6.08 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{rc,ef}}}$$

20.60 £ 168.93 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>206.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>10.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>20.60</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>40.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>2701.33</u> kp/cm ²
Siendo:	
$f_{yf} = f_y$	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 2.754 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{t,Rd} : \underline{272.705} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>106.00</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2572.69</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2701.33</u> kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad h : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 9.491 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 272.705 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 106.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$N_{b,Rd}$: 129.867 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 106.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.81

χ_z : 0.48

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

f_y : 0.79

f_z : 1.35

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.66

$\bar{\lambda}_z$: 1.12

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 230.232 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 660.824 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 230.232 t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.019 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.506 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 27.090 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 1053.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.337 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{49.373} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 33.24 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 240.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 16.40 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma. l_w : 16.40

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $l_{m\acute{a}x}$: 65.92

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción. e : 0.94

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.295 \text{ t} \leq 24.686 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.295 \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 49.373 \text{ t}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$h : 0.053$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.062$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : 0.084$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.000 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 9.477 \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 0.506 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 272.705 \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 27.090 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 12.822 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : 106.00 \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{1053.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{498.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.10}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.81}$$

$$c_z : \underline{0.48}$$

η_y , η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.66}$$

$$\eta_z : \underline{1.12}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.375 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.295 \text{ t} \leq \underline{24.686 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.295} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{49.373} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

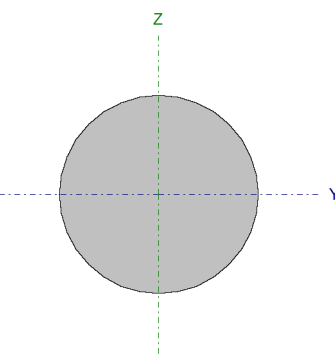
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.22 BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R22

Barra N132/N178

Perfil: R 22		Material: Acero (S275)		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)					
N132	N178	8.600	3.80	1.15	1.15	2.30				
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme										
		Pandeo		Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
		b	0.00	0.00	0.00	0.00				
		L _K	0.000	0.000	0.000	0.000				
		C _m	1.000	1.000	1.000	1.000				
C ₁	-		1.000							
Notación: <i>b</i> : Coeficiente de pandeo <i>L_K</i> : Longitud de pandeo (m) <i>C_m</i> : Coeficiente de momentos <i>C₁</i> : Factor de modificación para el momento crítico										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												Estado		
	λ	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N132/N178	λ ≤ 4.0 Cumple	h = 83.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE h = 83.5
Notación: <i>λ</i> : Limitación de esbeltez <i>N_t</i> : Resistencia a tracción <i>N_c</i> : Resistencia a compresión <i>M_y</i> : Resistencia a flexión eje Y <i>M_z</i> : Resistencia a flexión eje Z <i>V_z</i> : Resistencia a corte Z <i>V_y</i> : Resistencia a corte Y <i>M_yV_z</i> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados <i>M_zV_y</i> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados <i>NM_yM_z</i> : Resistencia a flexión y axil combinados <i>NM_yM_zV_yV_z</i> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados <i>M_t</i> : Resistencia a torsión <i>M_tV_z</i> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados <i>M_tV_y</i> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados <i>x</i> : Distancia al origen de la barra <i>h</i> : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{3.80} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.835} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{8.167} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{9.780} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{3.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.23 BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R24

Barra N111/N203

Perfil: R 24 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N111	N203	7.211	4.52	1.63	1.63	3.26
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
b		0.00	0.00	0.00	0.00	
L _K		0.000	0.000	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	λ	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N111/N203	λ ≤ 4.0 Cumple	h = 73.0	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE h = 73.0

Notación:

- λ: Limitación de esbeltez
- N_t: Resistencia a tracción
- N_c: Resistencia a compresión
- M_y: Resistencia a flexión eje Y
- M_z: Resistencia a flexión eje Z
- V_z: Resistencia a corte Z
- V_y: Resistencia a corte Y
- M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t: Resistencia a torsión
- M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{4.52} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.730} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{8.497} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{11.639} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{4.52} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.24 BARRA DE ARRIOSTRAMIENTO R26

Barra N164/N34

Perfil: R 26							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N164	N34	7.630	5.31	2.24	2.24	4.49
	Notas:						
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado						
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	L _K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación:							
b: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	l	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N164/N34	l ≤ 4.0 Cumple	h = 80.1	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE h = 80.1

Notación:

- l: Limitación de esbeltez
- N_t: Resistencia a tracción
- N_c: Resistencia a compresión
- M_y: Resistencia a flexión eje Y
- M_z: Resistencia a flexión eje Z
- V_z: Resistencia a corte Z
- V_y: Resistencia a corte Y
- M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M_t: Resistencia a torsión
- M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento tursor combinados
- M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento tursor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
- ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento tursor.
- ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento tursor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{5.31} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.801} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{10.943} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{13.659} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{5.31} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.3.5.25 ESTRUCTURA ESCALERA

Barra N80/N78

Perfil: BR-160								
Material: Aluminio (EN AW-5083)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
	N80	N78	2.850	201.06	3216.99	3216.99	6433.98	
	Notas:							
	⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado							
	⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	b	1.00		1.00	0.00	0.00		
	L _K	2.850		2.850	0.000	0.000		
C ₁	-			1.000				
Notación:								
b: Coeficiente de pandeo								
L _K : Longitud de pandeo (m)								
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)														Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _y	V _z	T	M _y V _z	M _z V _y	TV _y	TV _z	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z T		
N80/N78	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 2.0	x: 2.85 m h = 14.5	x: 2.85 m h = 2.8	h = 0.1	h = 0.5	h = 0.6	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	h = 0.1	h = 0.5	x: 2.85 m h = 15.6	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 15.6	
Notación:															
N _t : Resistencia a tracción															
N _c : Resistencia a compresión															
M _y : Resistencia a flexión en el eje Y															
M _z : Resistencia a flexión en el eje Z															
V _y : Resistencia a cortante en el eje Y															
V _z : Resistencia a cortante en el eje Z															
T: Resistencia a torsión															
M _y V _z : Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados															
M _z V _y : Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados															
TV _y : Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados															
TV _z : Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados															
NM _y M _z : Resistencia a axil y flexión biaxial combinados															
NM _y M _z V _y V _z T: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados															
x: Distancia al origen de la barra															
h: Coeficiente de aprovechamiento (%)															
N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.):															
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.															
⁽²⁾ La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.															
⁽³⁾ La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'z', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'y' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.															
⁽⁴⁾ La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que el efecto del torsor y del cortante es despreciable en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes.															

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = N_{Ed}/N_{c,Rd} \leq 1$$

$$h_1 : 0.012 \quad \checkmark$$

$$\eta = N_{Ed}/N_{b,Rd} \leq 1$$

$$h_2 : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N80, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{2.530} \quad t$$

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} : \underline{204.956} \quad t$$

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

$$N_{b,Rd} : \underline{129.187} \quad t$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axil, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{204.956} \quad t$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{201.06} \quad \text{cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

$$N_{b,Rd} : \underline{129.187} \quad t$$

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,y}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$N_{b,Rd,z}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$N_{b,Rd,T}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd,y} : \underline{129.187} \quad t$$

$$N_{b,Rd,z} : \underline{129.187} \quad t$$

$$N_{b,Rd,T} : \underline{204.956} \quad t$$

Donde:

c : es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$c_y : \underline{0.63}$$

$$c_z : \underline{0.63}$$

$$c_T : \underline{1.00}$$

k : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_T : \underline{1.00}$$

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$$A_{eff,y} : \underline{201.06} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,z} : \underline{201.06} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{eff,T} : \underline{201.06} \quad \text{cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

c : es el coeficiente de reducción por pandeo.

$$c_y : \underline{0.63}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Donde:

F: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

λ: es la esbeltez relativa.

$$C_z : 0.63$$

$$C_T : 1.00$$

$$F_y : 1.05$$

$$F_z : 1.05$$

$$F_T : 0.43$$

$$\lambda_y : 0.90$$

$$\lambda_z : 0.90$$

$$\lambda_T : 0.00$$

F: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

a: es un coeficiente de imperfección.

λ₀: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

$$F_y : 1.05$$

$$F_z : 1.05$$

$$F_T : 0.43$$

$$a_y : 0.32$$

$$a_z : 0.32$$

$$a_T : 0.35$$

$$\lambda_{0,y} : 0.00$$

$$\lambda_{0,z} : 0.00$$

$$\lambda_{0,T} : 0.40$$

λ: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_0}{N_{cr}}}$$

Donde:

A_{eff}: es el área eficaz de la sección.

f₀: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr}: es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

$$\lambda_y : 0.90$$

$$\lambda_z : 0.90$$

$$\lambda_T : 0.00$$

$$A_{eff,y} : 201.06 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,z} : 201.06 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,T} : 201.06 \text{ cm}^2$$

$$f_0 : 1121.30 \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{cr,y} : 278.926 \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : 278.926 \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \text{¥}$$

A_{eff}: es el área eficaz de la sección.

A_{eff,y} y A_{eff,z}: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

A_{eff,T}: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión de secciones transversales de tipo 'general'. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local.

$$A_{eff,y} : 201.06 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,z} : 201.06 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,T} : 201.06 \text{ cm}^2$$

N_{cr,y}: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{k_y^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_y: es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

$$N_{cr,y} : 278.926 \text{ t}$$

$$E : 713557.59 \text{ kp/cm}^2$$

$$I_y : 3216.99 \text{ cm}^4$$

k_y : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$k_y : \underline{1.00}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{2.850} \text{ m}$$

$N_{cr,z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{k_z^2 L^2}$$

$$N_{cr,z} : \underline{278.926} \text{ t}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$I_z : \underline{3216.99} \text{ cm}^4$$

k_z : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$k_z : \underline{1.00}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{2.850} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s : \underline{5.66} \text{ cm}$$

G: es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{275229.36} \text{ kp/cm}^2$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{6433.98} \text{ cm}^4$$

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión. Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

$$k_w : \underline{0.00}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{2.850} \text{ m}$$

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_y^2 + i_z^2}$$

$$i_s : \underline{5.66} \text{ cm}$$

Donde:

i_y : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

$$i_y : \underline{4.00} \text{ cm}$$

i_z : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$i_z : \underline{4.00} \text{ cm}$$

k: es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $k = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_T : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.145} \checkmark$$

Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed}^- : \underline{1.007} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} : \underline{6.959} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{6.959} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

a : es el factor de forma.

$$a : \underline{1.698}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

a : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{pl} / W_{el}$$

$$a : \underline{1.698}$$

Donde:

W_{pl} : es el módulo plástico de la sección bruta.

$$W_{pl} : \underline{682.67} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

Resistencia a flexión en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

Flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.197} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} : \underline{6.959} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{6.959} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

α : es el factor de forma.

$$a : \underline{1.698}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

α : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{pl} / W_{el}$$

$$a : \underline{1.698}$$

Donde:

W_{pl} : es el módulo plástico de la sección bruta.

$$W_{pl} : \underline{682.67} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

Resistencia a cortante en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.105} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Donde:

A_v : es el área de cortante.

$$A_v : \underline{160.85} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

A_v : es el área de cortante.

$$A_v = 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_v : \underline{160.85} \text{ cm}^2$$

Donde:

D: es el diámetro del redondo macizo.

$$D : \underline{160.00} \text{ mm}$$

Resistencia a cortante en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.499} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Donde:

A_v : es el área de cortante.

$$A_v : \underline{160.85} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

A_v : es el área de cortante.

$$A_v = 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_v : \underline{160.85} \text{ cm}^2$$

Donde:

D: es el diámetro del redondo macizo.

$$D : \underline{160.00} \text{ mm}$$

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

Se debe satisfacer:

$$T_{Ed}/T_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo. $T_{Ed} : \underline{0.036} \text{ t}\cdot\text{m}$
 T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal. $T_{Rd} : \underline{6.311} \text{ t}\cdot\text{m}$

La obtención de la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales que maximiza dicha resistencia, sin sobrepasar en ningún punto la tensión de plastificación y equilibrando el esfuerzo torsor solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante (en elementos pertenecientes a células) como la presencia de zonas HAZ.

T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal.

$$T_{Rd} = W_{T,pl} \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} \quad T_{Rd} : \underline{6.311} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{T,pl}$: es el módulo de torsión plástico de la sección bruta. $W_{T,pl} : \underline{1072.33} \text{ cm}^3$
 f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación. $f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.10}$

Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.

No es necesario considerar el efecto del cortante en la dirección del eje 'z' para el cálculo de la resistencia a flexión, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 0.5 \quad 0.01 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo. $V_{Ed} : \underline{0.499} \text{ t}$
 V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. $V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z'.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'z', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'y' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.

No es necesario considerar el efecto del cortante en la dirección del eje 'y' para el cálculo de la resistencia a flexión, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 0.5$$

$$0.00 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.105} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'y'.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed} / V_{T,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.105} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

Donde:

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : \underline{4.50} \text{ kp/cm}^2$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : \underline{4.50} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.036} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : \underline{804.25} \text{ cm}^3$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'y' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{T,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

 V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.499} \text{ t}$$

 $V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

 $V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

Donde:

 $\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : \underline{4.50} \text{ kp/cm}^2$$

 V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

 f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

 g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

 $\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : \underline{4.50} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

 T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.036} \text{ t}\cdot\text{m}$$

 $W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : \underline{804.25} \text{ cm}^3$$

 V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^2 + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1$$

$$h : \underline{0.145} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_{zc}} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{\xi_{zc}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_{yc}} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{\xi_{yc}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.156} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.	N_{Ed} : <u>2.322</u> t
M_{y,Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'y'.	M_{y,Ed} : <u>1.007</u> t·m
M_{z,Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'z'.	M_{z,Ed} : <u>0.197</u> t·m
N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.	N_{Rd} : <u>204.956</u> t
M_{y,Rd} : es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.	M_{y,Rd} : <u>6.959</u> t·m
M_{z,Rd} : es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.	M_{z,Rd} : <u>6.959</u> t·m
c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.	c_z : <u>0.63</u>
c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.	c_y : <u>0.63</u>
h_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.	h_{zc} : <u>1.26</u>
h_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.	h_{yc} : <u>1.26</u>
x_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.	x_{zc} : <u>0.98</u>
x_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.	x_{yc} : <u>0.98</u>

N_{Rd}: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{204.956} \text{ t}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.	A_{eff} : <u>201.06</u> cm ²
f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.	f_o : <u>1121.30</u> kp/cm ²
g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.10</u>

M_{y,Rd}: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Rd} = \alpha_y \cdot W_{y,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{6.959} \text{ t·m}$$

Donde:

a_y : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.	a_y : <u>1.698</u>
W_{y,el} : es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.	W_{y,el} : <u>402.12</u> cm ³
f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.	f_o : <u>1121.30</u> kp/cm ²
g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.	g_{M1} : <u>1.10</u>

a_y: es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$\alpha_y = W_{y,pl} / W_{y,el}$$

$$a_y : \underline{1.698}$$

Donde:

$W_{y,pl}$: es el módulo plástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$W_{y,pl} : \underline{682.67} \text{ cm}^3$$

$W_{y,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$W_{y,el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

$M_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Rd} = \alpha_z \cdot W_{z,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{z,Rd} : \underline{6.959} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

a_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$a_z : \underline{1.698}$$

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

α_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$\alpha_z = W_{z,pl} / W_{z,el}$$

$$a_z : \underline{1.698}$$

Donde:

$W_{z,pl}$: es el módulo plástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,pl} : \underline{682.67} \text{ cm}^3$$

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,el} : \underline{402.12} \text{ cm}^3$$

χ_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} \leq 1$$

$$\chi_z : \underline{0.63}$$

Donde:

F_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$F_z : \underline{1.05}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.90}$$

F_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$$

$$F_z : \underline{1.05}$$

Donde:

α : es un coeficiente de imperfección para pandeo por flexión.

$$\alpha : \underline{0.32}$$

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.00}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.90}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_o}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.90}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{eff} : \underline{201.06} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{cr,z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{cr,z} : \underline{278.926 \text{ t}}$$

$N_{cr,z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{cr,z}$.

$$N_{cr,z} : \underline{278.926 \text{ t}}$$

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.63}$$

Donde:

F_y : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$F_y : \underline{1.05}$$

\bar{l}_y : es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{l}_y : \underline{0.90}$$

F_y : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$F_y : \underline{1.05}$$

Donde:

a : es un coeficiente de imperfección para pandeo por flexión.

$$a : \underline{0.32}$$

\bar{l}_0 : es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{l}_0 : \underline{0.00}$$

\bar{l}_y : es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{l}_y : \underline{0.90}$$

\bar{l}_y : es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_0}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{l}_y : \underline{0.90}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{eff} : \underline{201.06 \text{ cm}^2}$$

f_0 : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_0 : \underline{1121.30 \text{ kp/cm}^2}$$

$N_{cr,y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{cr,y} : \underline{278.926 \text{ t}}$$

$N_{cr,y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{cr,y}$.

$$N_{cr,y} : \underline{278.926 \text{ t}}$$

h_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\eta_{zc} = 2 \cdot \chi_z \geq 0.8$$

$$h_{zc} : \underline{1.26}$$

Donde:

c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$c_z : \underline{0.63}$$

h_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\eta_{yc} = 2 \cdot \chi_y \geq 0.8$$

$$h_{yc} : \underline{1.26}$$

Donde:

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$c_y : \underline{0.63}$$

x_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\xi_{zc} = 1.56 \cdot \chi_z \geq 0.8$$

$$x_{zc} : \underline{0.98}$$

Donde:

c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$c_z : \underline{0.63}$$

x_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\xi_{yc} = 1.56 \cdot \chi_y \geq 0.8$$

$$x_{yc} : \underline{0.98}$$

Donde:

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$c_y : \underline{0.63}$$

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 6.2.10 - 6.3.3)

La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que el efecto del torsor y del cortante es despreciable en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes.

Se considera despreciable el efecto del cortante combinado con el torsor en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed}/V_{T,Rd} \leq 0.5$$

$$0.01 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.510} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el momento torsor.

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2}$$

$$V_{Ed} : \underline{0.510} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.499} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.105} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el momento torsor.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : \underline{93.941} \text{ t}$$

Donde:

$t_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$t_{t,Ed} : \underline{4.50} \text{ kp/cm}^2$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : \underline{94.665} \text{ t}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$g_{M1} : 1.10$

$t_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$t_{t,Ed} : 4.50 \text{ kp/cm}^2$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$T_{Ed} : 0.036 \text{ t}\cdot\text{m}$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$W_{T,el} : 804.25 \text{ cm}^3$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. su valor coincide con el obtenido para la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z' y de elementos a cortante en el eje 'y' para la variable V_{Rd} .

$V_{Rd} : 94.665 \text{ t}$

Barra N77/N85

Perfil: CF-160x3.0, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)							
Material: Acero (S235)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N77	N85	0.353	18.01	692.25	394.17	748.51
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
b		1.00	1.00	0.00	0.00		
L_K		0.353	0.353	0.000	0.000		
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C₁		-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N77/N85	λ < 2.0 Cumple	I _w ≤ I _{w,max} Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.173 m h = 18.2	x: 0 m h = 50.0	x: 0 m h = 3.4	x: 0 m h = 21.0	x: 0 m h = 2.9	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 67.5	h < 0.1	x: 0.173 m h = 9.8	x: 0 m h = 23.3	x: 0 m h = 3.2	CUMPLE h = 67.5
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.07 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 14.70 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 6666.683 t

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 10338.228 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 6666.683 t

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 611.17 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 394.11 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 748.51 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 250.21 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 0.353 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 0.353 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 7.88 cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 6.14 cm

i_z : 4.93 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$51.33 \leq 572.66 \quad \checkmark$$

Donde:

 h_w : Altura del alma.

h_w : 154.00 mm

 t_w : Espesor del alma.

t_w : 3.00 mm

 A_w : Área del alma.

A_w : 9.24 cm²

 $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$: 3.60 cm²

 k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

k : 0.40

 E : Módulo de elasticidad.

E : 2140673 kp/cm²

 f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

f_{yf} : 2395.51 kp/cm²

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.182 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.173 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

 $N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 6.102 t

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: 33.533 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 4

 A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 14.70 cm²

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{Mo} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}$: 0.07

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 14.70 cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 6666.683 t

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 10338.228 t

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 6666.683 t

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ¥

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.500 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.000 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 1.050 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 2.101 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase: 2

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 92.09 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.034 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.045 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{ef,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: 1.333 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 4

$W_{ef,z}$: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$W_{ef,z}$: 58.41 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

h : 0.210 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.558 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{12.171} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{9.24} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{154.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$51.33 < 70.00$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{51.33}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{70.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{1.00}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a corte V (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.029}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.263} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{9.171} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.96} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.20} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{154.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{3.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$40.00 < 70.00$$



Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{40.00}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{70.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{1.00}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.558 \text{ t} \leq 6.085 \text{ t}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 2.558 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 12.171 \text{ t}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.263 \text{ t} \leq 4.586 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.263 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 9.171 \text{ t}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad h : 0.675 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : 0.665 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad h : 0.475 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : 5.522 \text{ t}$
 $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : 1.050 \text{ t}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+$: $0.045 \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 2
 $N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd} : 36.966 \text{ t}$
 $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : 2.101 \text{ t}\cdot\text{m}$
 $M_{pl,Rd,z} : 1.726 \text{ t}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.20} \text{ cm}^2$$

 $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{92.09} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{75.65} \text{ cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

 k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

 $C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

 c_y , c_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{1.00}$$

$$c_z : \underline{1.00}$$

 $\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.06}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.08}$$

 a_y , a_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$0.263 \text{ t} \leq 4.145 \text{ t}$$



Donde:

 $V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{0.263} \text{ t}$$

 $V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{8.290} \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.098} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.173 m del nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.142} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{1.452} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{110.21} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.233} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.558} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.139} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{11.002} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{12.171} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{126.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{110.21} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : 0.032 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N77, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.263 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.139 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 8.290 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 9.171 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 126.51 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 110.21 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Barra N78/N76

Perfil: CF-60x2.0, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)							
Material: Acero (S235)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N78	N76	1.200	6.23	35.52	49.19	61.33
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.200	1.200	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	I _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N78/N76	x: 0 m λ < 2.0 Cumple	I _w ∈ I _{w,max} Cumple	x: 1.055 m h = 7.5	x: 0 m h = 17.6	x: 0 m h = 39.2	x: 0 m h = 11.1	x: 0 m h = 6.0	x: 0 m h = 3.5	h < 0.1	h < 0.1	x: 0 m h = 66.0	h < 0.1	x: 0.764 m h = 2.9	x: 0 m h = 6.1	x: 0 m h = 3.6	CUMPLE h = 66.0
Notación: λ: Limitación de esbeltez I _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ̄ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

λ̄ : 0.52 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 5.32 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 46.457 t

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 46.457 t

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{72.149 \text{ t}}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : \underline{31.66 \text{ cm}^4}$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : \underline{49.17 \text{ cm}^4}$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : \underline{61.33 \text{ cm}^4}$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : \underline{5.13 \text{ cm}^6}$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{2140673 \text{ kp/cm}^2}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : \underline{825688 \text{ kp/cm}^2}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{1.200 \text{ m}}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{1.200 \text{ m}}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{0.000 \text{ m}}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{3.90 \text{ cm}}$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{2.44 \text{ cm}}$
	$i_z : \underline{3.04 \text{ cm}}$
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_0 : \underline{0.00 \text{ mm}}$
	$z_0 : \underline{0.00 \text{ mm}}$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CVPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$38.00 \leq 426.70 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : \underline{76.00 \text{ mm}}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{2.00 \text{ mm}}$
A_w : Área del alma.	$A_w : \underline{3.04 \text{ cm}^2}$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : \underline{1.20 \text{ cm}^2}$
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : \underline{0.30}$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{2140673 \text{ kp/cm}^2}$
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf} : \underline{2395.51 \text{ kp/cm}^2}$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.075} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.055 m del nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.914} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{t,Rd} : \underline{12.130} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{5.32} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.176} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{1.773} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{12.130} \text{ t}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{5.32} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{10.065} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{5.32} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

c: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$c_y : \underline{0.83}$$

$$c_z : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$f_y : \underline{0.72}$$

$$f_z : \underline{0.64}$$

a: Coeficiente de imperfección elástica.

$$a_y : \underline{0.49}$$

$$a_z : \underline{0.49}$$

l̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$l_y : \underline{0.52}$$

$$l_z : \underline{0.42}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{46.457} \text{ t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{46.457} \text{ t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{72.149} \text{ t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.392} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.111} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.283} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{12.42} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.111} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.038} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.345} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{15.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.177} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{2.951} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{2.24} \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{56.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{2.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

$$28.00 < 70.00 \quad \checkmark$$

Donde:

l_w : Esbeltez del alma.

$$l_w : \underline{28.00}$$

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$l_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$l_{m\acute{a}x} : \underline{70.00}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \epsilon$$

e : Factor de reducción.

$$e : \underline{1.00}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

 f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm² f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2395.51 kp/cm²**Resistencia a corte V** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

 h : 0.035 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.144 tEl esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

 $V_{c,Rd}$: 4.053 t

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante. A_v : 3.08 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

 A : Área de la sección bruta. A : 5.32 cm² d : Altura del alma. d : 56.00 mm t_w : Espesor del alma. t_w : 2.00 mm f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2395.51 kp/cm² γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_r} < 70 \cdot \varepsilon$$

40.00 < 70.00 ✓

Donde:

 l_w : Esbeltez del alma. l_w : 40.00

$$\lambda_w = \frac{b}{t_r}$$

l_{\max} : Esbeltez máxima.

l_{\max} : 70.00

$$\lambda_{\max} = 70 \cdot \varepsilon$$

e: Factor de reducción.

e : 1.00

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.177 t ≤ 1.475 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.177 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 2.951 t

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.144 t ≤ 2.027 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.144 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 4.053 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

h : 0.649



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.660} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.529} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{1.773} \text{ t}$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.111} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.038} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{12.130} \text{ t}$$

M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{0.283} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.345} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{5.32} \text{ cm}^2$$

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{12.42} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{15.14} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2281.44} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.06}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

c_y, c_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$c_y : \underline{0.83}$$

$$c_z : \underline{0.89}$$

̄l_y, ̄l_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{l}_y : \underline{0.52}$$

$$\bar{l}_z : \underline{0.42}$$

a_y, a_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$a_y : \underline{0.60}$$

$$a_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$0.144 \text{ t} \leq 1.986 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : 0.144 \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : 3.972 \text{ t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$h : 0.029 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.764 m del nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.007 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : 0.238 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 18.10 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2281.44 \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2395.51 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$h : 0.061 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.177 \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.005 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 2.892 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 2.951 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 26.17 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 18.10 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

h : 0.036 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N78, para la combinación de acciones 1.35-PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.144 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.005 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 3.972 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 4.053 t

$t_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{T,Ed}$: 26.17 kp/cm²

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 18.10 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2281.44 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2395.51 kp/cm²

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

g_{M0} : 1.05

Barra N22/N25

Perfil: BR-45							
Material: Aluminio (EN AW-5083)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N22	N25	0.150	15.90	20.13	20.13	40.26
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY			Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	b	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.150	0.150	0.000	0.000		
	C ₁	-			1.000		
	Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (EUROCÓDIGO 9 EN 1999-1-1: 2007)													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _y	V _z	T	M _y V _z	M _z V _y	TV _y	TV _z	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z T	
N22/N25	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m h = 10.7	x: 0 m h = 28.6	x: 0 m h = 54.7	x: 0 m h = 8.3	x: 0 m h = 8.6	x: 0 m h = 2.1	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m h = 8.5	x: 0 m h = 8.8	x: 0 m h = 65.2	N.P. ⁽⁴⁾	CUMPLE h = 65.2

Notación:

- N_t: Resistencia a tracción
- N_c: Resistencia a compresión
- M_y: Resistencia a flexión en el eje Y
- M_z: Resistencia a flexión en el eje Z
- V_y: Resistencia a cortante en el eje Y
- V_z: Resistencia a cortante en el eje Z
- T: Resistencia a torsión
- M_yV_z: Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados
- M_zV_y: Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados
- TV_y: Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados
- TV_z: Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados
- NM_yM_z: Resistencia a axil y flexión biaxial combinados
- NM_yM_zV_yV_zT: Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- ⁽²⁾ La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.
- ⁽³⁾ La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'z', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'y' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.
- ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que el efecto del torsor y del cortante es despreciable en el cálculo del axil y de los momentos fletores resistentes.

Resistencia a tracción (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.4 - 6.3.1)

Se debe satisfacer:

$$\eta = N_{Ed} / N_{c,Rd} \leq 1$$

h₁ : 0.101 ✓

$$\eta = N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1$$

h₂ : 0.107 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.	$N_{Ed} : \underline{1.639} \text{ t}$
$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.	$N_{c,Rd} : \underline{16.212} \text{ t}$
$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.	$N_{b,Rd} : \underline{15.362} \text{ t}$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el esfuerzo axil, para la combinación de acciones considerada.

Clase : 1

$N_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{c,Rd} = A_{eff} \cdot f_o \cdot \gamma_{M1}$$

$N_{c,Rd} : \underline{16.212} \text{ t}$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.	$A_{eff} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$
f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.	$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$
g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.	$g_{M1} : \underline{1.10}$

$N_{b,Rd}$: es la resistencia de cálculo a pandeo.

$N_{b,Rd} : \underline{15.362} \text{ t}$

La resistencia de cálculo a pandeo a considerar será la menor de las siguientes:

$N_{b,Rd,y}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$N_{b,Rd,z}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$N_{b,Rd,T}$: es la resistencia de cálculo a pandeo correspondiente a la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{b,Rd} = \kappa \cdot \chi \cdot A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$N_{b,Rd,y} : \underline{15.362} \text{ t}$
 $N_{b,Rd,z} : \underline{15.362} \text{ t}$
 $N_{b,Rd,T} : \underline{16.212} \text{ t}$

Donde:

c : es el coeficiente de reducción por pandeo.	$c_y : \underline{0.95}$
	$c_z : \underline{0.95}$
	$c_T : \underline{1.00}$
k : es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura.	$k_y : \underline{1.00}$
	$k_z : \underline{1.00}$
	$k_T : \underline{1.00}$

A_{eff} : es el área eficaz de la sección.

$A_{eff,y} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$

$A_{eff,z} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$

$A_{eff,T} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$

g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$g_{M1} : \underline{1.10}$

c : es el coeficiente de reducción por pandeo.

$c_y : \underline{0.95}$

$c_z : \underline{0.95}$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1$$

Donde:

F: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

λ: es la esbeltez relativa.

$$C_T : 1.00$$

$$F_y : 0.54$$

$$F_z : 0.54$$

$$F_T : 0.43$$

$$\lambda_y : 0.17$$

$$\lambda_z : 0.17$$

$$\lambda_T : 0.00$$

F: es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción por pandeo.

$$\phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

Donde:

a: es un coeficiente de imperfección.

λ₀: es el límite de la meseta horizontal en la curva de pandeo correspondiente.

$$F_y : 0.54$$

$$F_z : 0.54$$

$$F_T : 0.43$$

$$a_y : 0.32$$

$$a_z : 0.32$$

$$a_T : 0.35$$

$$\lambda_{0,y} : 0.00$$

$$\lambda_{0,z} : 0.00$$

$$\lambda_{0,T} : 0.40$$

λ: es la esbeltez relativa.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff} \cdot f_0}{N_{cr}}}$$

Donde:

A_{eff}: es el área eficaz de la sección.

f₀: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

N_{cr}: es la carga crítica elástica de pandeo determinada a partir de las características mecánicas de la sección transversal bruta.

$$\lambda_y : 0.17$$

$$\lambda_z : 0.17$$

$$\lambda_T : 0.00$$

$$A_{eff,y} : 15.90 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,z} : 15.90 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,T} : 15.90 \text{ cm}^2$$

$$f_0 : 1121.30 \text{ kp/cm}^2$$

$$N_{cr,y} : 630.037 \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : 630.037 \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \text{¥}$$

A_{eff}: es el área eficaz de la sección.

A_{eff,y} y A_{eff,z}: es el valor de A_{eff} para pandeo por flexión. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

A_{eff,T}: es el valor de A_{eff} para pandeo por torsión de secciones transversales de tipo 'general'. En la determinación de A_{eff} se debe tener en cuenta el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local.

$$A_{eff,y} : 15.90 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,z} : 15.90 \text{ cm}^2$$

$$A_{eff,T} : 15.90 \text{ cm}^2$$

N_{cr,y}: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{k_y^2 L^2}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

I_y: es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

$$N_{cr,y} : 630.037 \text{ t}$$

$$E : 713557.59 \text{ kp/cm}^2$$

$$I_y : 20.13 \text{ cm}^4$$

k_y : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$k_y : \underline{0.20}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{0.750} \text{ m}$$

$N_{cr,z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{k_z^2 L^2}$$

$$N_{cr,z} : \underline{630.037} \text{ t}$$

Donde:

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

I_z : es el momento de inercia de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$I_z : \underline{20.13} \text{ cm}^4$$

k_z : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$k_z : \underline{0.20}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{0.750} \text{ m}$$

$N_{cr,T}$: es la carga crítica de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{k_w^2 \cdot L^2} \right]$$

$$N_{cr,T} : \underline{\text{¥}}$$

Donde:

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s : \underline{1.59} \text{ cm}$$

G: es el módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{275229.36} \text{ kp/cm}^2$$

I_t : es el módulo de torsión de la sección bruta.

$$I_t : \underline{40.26} \text{ cm}^4$$

E: es el módulo de elasticidad longitudinal.

$$E : \underline{713557.59} \text{ kp/cm}^2$$

I_w : es el módulo de alabeo de la sección bruta.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

k_w : es el coeficiente que define la longitud de pandeo por torsión. Se estima como el mayor de los coeficientes que definen las longitudes de pandeo lateral con torsión.

$$k_w : \underline{0.00}$$

L: es la longitud del elemento.

$$L : \underline{0.750} \text{ m}$$

i_s : es el radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de esfuerzos cortantes.

$$i_s = \sqrt{i_y^2 + i_z^2}$$

$$i_s : \underline{1.59} \text{ cm}$$

Donde:

i_y : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'y'.

$$i_y : \underline{1.13} \text{ cm}$$

i_z : es el radio de giro de la sección bruta respecto al eje principal de inercia 'z'.

$$i_z : \underline{1.13} \text{ cm}$$

k: es el coeficiente que tiene en cuenta el debilitamiento por soldadura. $k = 1$ para elementos sin soldaduras.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_T : \underline{1.00}$$

Resistencia a flexión en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.286} \checkmark$$

Flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed}^- : \underline{0.044} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} : \underline{0.155} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.155} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

a : es el factor de forma.

$$a : \underline{1.698}$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

a : es el factor de forma.

$$\alpha = W_{pl} / W_{el}$$

$$a : \underline{1.698}$$

Donde:

W_{pl} : es el módulo plástico de la sección bruta.

$$W_{pl} : \underline{15.19} \text{ cm}^3$$

W_{el} : es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

Resistencia a flexión en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.5 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.547} \quad \checkmark$$

Flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

M_{Ed} : es el momento flector solicitante de cálculo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} : \underline{0.155} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Clase: la clasificación de la sección transversal depende de las dimensiones de sus elementos comprimidos, dado el momento flector, para la combinación de acciones considerada.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$M_{c,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión uniaxial.

$$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{0.155} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

a: es el factor de forma.

$$a : \underline{1.698}$$

W_{el}: es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

f_o: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

a: es el factor de forma.

$$\alpha = W_{pl} / W_{el}$$

$$a : \underline{1.698}$$

Donde:

W_{pl}: es el módulo plástico de la sección bruta.

$$W_{pl} : \underline{15.19} \text{ cm}^3$$

W_{el}: es el módulo elástico de la sección bruta.

$$W_{el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

Resistencia a cortante en el eje Y (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed} / V_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.083} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

V_{Ed}: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.619} \text{ t}$$

V_{Rd}: es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd}: es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

Donde:

A_v: es el área de cortante.

$$A_v : \underline{12.72} \text{ cm}^2$$

f_o: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

A_v: es el área de cortante.

$$A_v = 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_v : \underline{12.72} \text{ cm}^2$$

Donde:

D: es el diámetro del redondo macizo.

$$D : \underline{45.00} \text{ mm}$$

Resistencia a cortante en el eje Z (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.6 - 6.5.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.086} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed}: es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.643} \text{ t}$$

V_{Rd}: es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales uniforme sobre cada elemento plano de pared delgada que la compone, de tal forma que no se sobrepasa en ninguno de ellos la tensión de plastificación y se equilibra el esfuerzo cortante solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante como la presencia de zonas HAZ.

V_{Rd}: es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} = A_v \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

Donde:

A_v: es el área de cortante.

$$A_v : \underline{12.72} \text{ cm}^2$$

f_o: es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1}: es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

A_v: es el área de cortante.

$$A_v = 0.8 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$A_v : \underline{12.72} \text{ cm}^2$$

Donde:

D: es el diámetro del redondo macizo.

$$D : \underline{45.00} \text{ mm}$$

Resistencia a torsión (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.7.1)

Se debe satisfacer:

$$T_{Ed}/T_{Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal.

$$T_{Rd} : \underline{0.140} \text{ t}\cdot\text{m}$$

La obtención de la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal se realiza suponiendo una distribución de tensiones tangenciales que maximiza dicha resistencia, sin sobrepasar en ningún punto la tensión de plastificación y equilibrando el esfuerzo torsor solicitante de cálculo. En su cálculo se considera tanto el pandeo local por cortante (en elementos pertenecientes a células) como la presencia de zonas HAZ.

T_{Rd} : es la resistencia de cálculo a torsión de la sección transversal.

$$T_{Rd} = W_{T,pl} \cdot \frac{f_o}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}}$$

$$T_{Rd} : \underline{0.140} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{T,pl}$: es el módulo de torsión plástico de la sección bruta.

$$W_{T,pl} : \underline{23.86} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

Resistencia a flexión en el eje Y y a cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'y', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'z' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.

No es necesario considerar el efecto del cortante en la dirección del eje 'z' para el cálculo de la resistencia a flexión, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 0.5$$

$$0.09 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.643} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z'.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

Resistencia a flexión en el eje Z y a cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículo 6.2.8)

La comprobación no procede por coincidir con la de elementos a flexión, positiva o negativa dependiendo del signo del momento flector de cálculo, en el eje 'z', puesto que el efecto del esfuerzo cortante en el eje 'y' es despreciable para el cálculo del momento flector resistente.

No es necesario considerar el efecto del cortante en la dirección del eje 'y' para el cálculo de la resistencia a flexión, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed} / V_{Rd} \leq 0.5$$

$$0.08 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : 0.619 \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : 7.488 \text{ t}$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'y'.

$$V_{Rd} : 7.488 \text{ t}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje Y combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed} / V_{T,Rd} \leq 1$$

$$h : 0.085 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : 0.619 \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} : 7.282 \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : 7.282 \text{ t}$$

Donde:

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : 16.19 \text{ kp/cm}^2$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : 7.488 \text{ t}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : 1121.30 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.10$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : 16.19 \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : 0.003 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : 17.89 \text{ cm}^3$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'y' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

Resistencia a torsión y cortante en el eje Z combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.7.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = V_{Ed}/V_{T,Rd} \leq 1$$

$$h : \underline{0.088} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el esfuerzo cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.643} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} : \underline{7.282} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el efecto del momento torsor de cálculo.

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

$$V_{T,Rd} : \underline{7.282} \text{ t}$$

Donde:

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : \underline{16.19} \text{ kp/cm}^2$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante de la sección transversal.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : \underline{16.19} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : \underline{17.89} \text{ cm}^3$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

Resistencia a axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^2 + \left[\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{1.7} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{1.7} \right]^{0.6} \leq 1$$

$$h : \underline{0.652} \checkmark$$

$$h : \underline{0.425} \checkmark$$

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_{zc}} + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^{\xi_{zc}} \leq 1$$

$$\eta = \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rd}} \right)^{\eta_{yc}} + \left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^{\xi_{yc}} \leq 1$$

$$h : \underline{0.171} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35-PP.

Donde:

N_{Ed} : es el axil de compresión solicitante de cálculo.

$$N_{Ed} : \underline{1.639} \quad t$$

$M_{y,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.044} \quad t \cdot m$$

$M_{z,Ed}$: es el momento flector solicitante de cálculo alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Ed} : \underline{0.085} \quad t \cdot m$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} : \underline{16.212} \quad t$$

$M_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Rd} : \underline{0.155} \quad t \cdot m$$

$M_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Rd} : \underline{0.155} \quad t \cdot m$$

c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$c_z : \underline{0.95}$$

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$c_y : \underline{0.95}$$

h_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$h_{zc} : \underline{1.90}$$

h_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$h_{yc} : \underline{1.90}$$

x_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$x_{zc} : \underline{1.48}$$

x_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$x_{yc} : \underline{1.48}$$

N_{Rd} : es la resistencia de cálculo a compresión.

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$N_{Rd} : \underline{16.212} \quad t$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección, incluyendo el descuento por reblandecimiento HAZ y por pandeo local, pero sin reducción por agujeros.

$$A_{eff} : \underline{15.90} \quad cm^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \quad kp/cm^2$$

g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

$M_{y,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$M_{y,Rd} = \alpha_y \cdot W_{y,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{y,Rd} : \underline{0.155} \quad t \cdot m$$

Donde:

a_y : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$a_y : \underline{1.698}$$

$W_{y,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$W_{y,el} : \underline{8.95} \quad cm^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \quad kp/cm^2$$

g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

a_y : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$\alpha_y = W_{y,pl} / W_{y,el}$$

$$a_y : \underline{1.698}$$

Donde:

$W_{y,pl}$: es el módulo plástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$W_{y,pl} : \underline{15.19} \text{ cm}^3$$

$W_{y,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'y'.

$$W_{y,el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

$M_{z,Rd}$: es la resistencia de cálculo a flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$M_{z,Rd} = \alpha_z \cdot W_{z,el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$$

$$M_{z,Rd} : \underline{0.155} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

a_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$a_z : \underline{1.698}$$

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

g_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$g_{M1} : \underline{1.10}$$

a_z : es el factor de forma para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$\alpha_z = W_{z,pl} / W_{z,el}$$

$$a_z : \underline{1.698}$$

Donde:

$W_{z,pl}$: es el módulo plástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,pl} : \underline{15.19} \text{ cm}^3$$

$W_{z,el}$: es el módulo elástico de la sección bruta para flexión alrededor del eje principal de inercia 'z'.

$$W_{z,el} : \underline{8.95} \text{ cm}^3$$

χ_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} \leq 1$$

$$c_z : \underline{0.95}$$

Donde:

F_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$F_z : \underline{0.54}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.17}$$

F_z : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$$

$$F_z : \underline{0.54}$$

Donde:

α : es un coeficiente de imperfección para pandeo por flexión.

$$a : \underline{0.32}$$

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.00}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.17}$$

$\bar{\lambda}_z$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_o}{N_{\text{cr},z}}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.17}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{\text{cr},z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$N_{\text{cr},z} : \underline{630.037} \text{ t}$$

$N_{\text{cr},z}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xy'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{\text{cr},z}$.

$$N_{\text{cr},z} : \underline{630.037} \text{ t}$$

χ_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

Donde:

F_y : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$F_y : \underline{0.54}$$

$\bar{\lambda}_y$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

F_y : es un factor relativo al cálculo del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - \bar{\lambda}_0) + \bar{\lambda}_y^2 \right]$$

$$F_y : \underline{0.54}$$

Donde:

α : es un coeficiente de imperfección para pandeo por flexión.

$$\alpha : \underline{0.32}$$

$\bar{\lambda}_0$: es el límite de la meseta horizontal en la curva para pandeo por flexión.

$$\bar{\lambda}_0 : \underline{0.00}$$

$\bar{\lambda}_y$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

$\bar{\lambda}_y$: es la esbeltez relativa para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} \cdot f_o}{N_{\text{cr},y}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

Donde:

A_{eff} : es el área eficaz de la sección para pandeo por flexión. En su determinación se debe tener en cuenta el descuento por pandeo local.

$$A_{\text{eff}} : \underline{15.90} \text{ cm}^2$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{\text{cr},y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$N_{\text{cr},y} : \underline{630.037} \text{ t}$$

$N_{\text{cr},y}$: es la carga crítica de pandeo por flexión en el plano 'xz'. Su valor coincide con el obtenido en la comprobación de elementos a compresión para la variable $N_{\text{cr},y}$.

$$N_{\text{cr},y} : \underline{630.037} \text{ t}$$

η_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\eta_{zc} = 2 \cdot \chi_z \geq 0.8$$

$$\eta_{zc} : \underline{1.90}$$

Donde:

c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$c_z : \underline{0.95}$$

h_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\eta_{yc} = 2 \cdot \chi_y \geq 0.8$$

$$h_{yc} : \underline{1.90}$$

Donde:

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$c_y : \underline{0.95}$$

x_{zc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$\xi_{zc} = 1.56 \cdot \chi_z \geq 0.8$$

$$x_{zc} : \underline{1.48}$$

Donde:

c_z : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xy'.

$$c_z : \underline{0.95}$$

x_{yc} : es un exponente calculado en función del coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$\xi_{yc} = 1.56 \cdot \chi_y \geq 0.8$$

$$x_{yc} : \underline{1.48}$$

Donde:

c_y : es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión en el plano 'xz'.

$$c_y : \underline{0.95}$$

Resistencia a torsión, cortante, axil y flexión biaxial combinados (Eurocódigo 9 EN 1999-1-1: 2007, artículos 6.2.9 - 6.2.10 - 6.3.3)

La comprobación no procede, por coincidir con la de elementos a flexión biaxial y esfuerzo axil, puesto que el efecto del torsor y del cortante es despreciable en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes.

Se considera despreciable el efecto del cortante combinado con el torsor en el cálculo del axil y de los momentos flectores resistentes, ya que se satisface la siguiente desigualdad:

$$V_{Ed}/V_{T,Rd} \leq 0.5$$

$$0.12 \leq 0.50 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} : \underline{0.892} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el momento torsor.

$$V_{T,Rd} : \underline{7.282} \text{ t}$$

V_{Ed} : es el cortante solicitante de cálculo.

$$V_{Ed} = \sqrt{V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2}$$

$$V_{Ed} : \underline{0.892} \text{ t}$$

Donde:

$V_{z,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'z'.

$$V_{z,Ed} : \underline{0.643} \text{ t}$$

$V_{y,Ed}$: es el cortante solicitante de cálculo en el eje 'y'.

$$V_{y,Ed} : \underline{0.619} \text{ t}$$

$V_{T,Rd}$: es la resistencia de cálculo a cortante reducida por el momento torsor.

$$V_{T,Rd} : \underline{7.282} \text{ t}$$

$$V_{T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{t,Ed} \cdot \sqrt{3}}{f_o / \gamma_{M1}} \right] V_{Rd}$$

Donde:

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} : \underline{16.19} \text{ kp/cm}^2$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante.

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

f_o : es el límite elástico para el 0,2% de deformación.

$$f_o : \underline{1121.30} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : es el coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.10}$$

$\tau_{t,Ed}$: es la tensión tangencial debida al torsor solicitante de cálculo.

$$\tau_{t,Ed} = \frac{T_{Ed}}{W_{T,el}}$$

$$\tau_{t,Ed} : \underline{16.19} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

T_{Ed} : es el momento torsor solicitante de cálculo.

$$T_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$W_{T,el}$: es el módulo de torsión elástico de la sección bruta.

$$W_{T,el} : \underline{17.89} \text{ cm}^3$$

V_{Rd} : es la resistencia de cálculo a cortante. su valor coincide con el obtenido para la comprobación de elementos a cortante en el eje 'z' y de elementos a cortante en el eje 'y' para la variable V_{Rd} .

$$V_{Rd} : \underline{7.488} \text{ t}$$

5.3.6 UNIONES

Una vez calculadas y comprobadas todas las barras se procede al cálculo y dimensionamiento de las uniones de la estructura, tanto internas (uniones entre las propias barras) como externas (placas de anclaje).

Llegados a este punto, cabe destacar que las uniones empleadas en el diseño del polideportivo son, uniones atornilladas, de tal manera que se agiliza y facilita el montaje de los elementos estructurales en la obra, no necesitando mano de obra específica de un soldador.

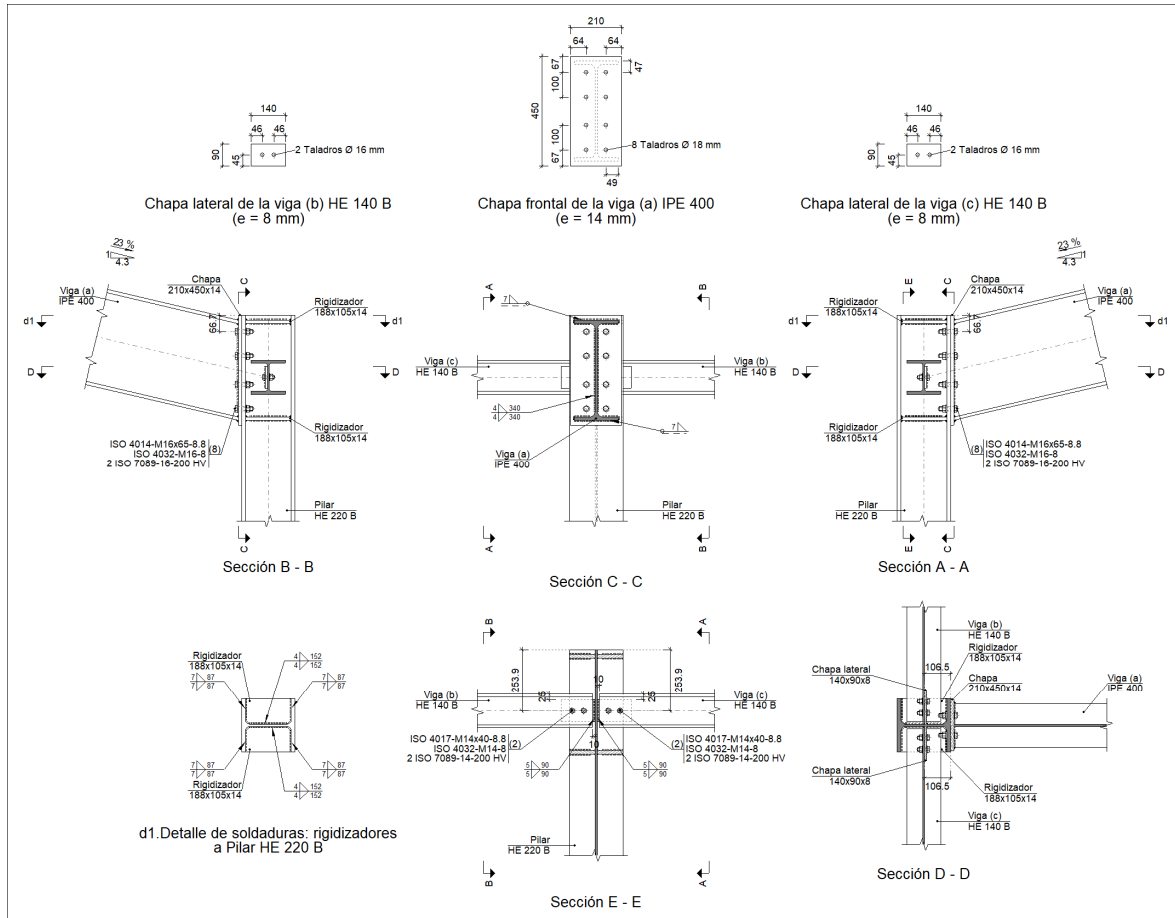
Se procede a detallar algunos de los principales aspectos relacionados tanto con las uniones atornilladas como con las placas de anclaje.

5.3.6.1 VINCULACIÓN INTERIOR

Para la comprobación de la primera unión, se exponen los cálculos hechos para su correcta comprobación y posteriormente se expone un resumen de estos. Para el resto de las uniones, se opta solo por incluir el resumen a modo de abreviación.

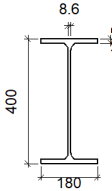
5.3.6.1.1 UNIÓN VIGA-PILAR NAVE ADOSADA

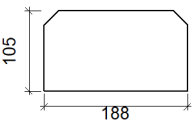
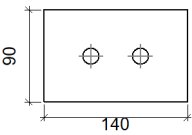
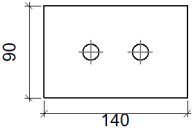
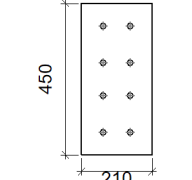
a) Detalle

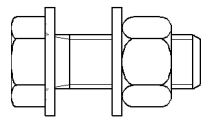


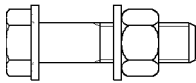
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		188	105	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 140 B		140	90	8	2	16	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) HE 140 B		140	90	8	2	16	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 400		210	450	14	8	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M14x40-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	40	8.8	6524.0	8154.9

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58	
	Cortante	kN	385.84	531.21	72.63	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	68.68	261.90	26.22	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	83.17	261.90	31.75	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	68.68	261.90	26.22	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	83.16	261.90	31.75	
Ala	Cortante	N/mm ²	129.72	261.90	49.53	
Viga (a) IPE 400	Ala	Tracción por flexión	kN	154.59	180.86	85.47
		Tracción	kN	35.67	309.53	11.52
	Alma	Tracción	kN	103.45	186.17	55.57
Viga (c) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	7.66	366.44	2.09
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.10	80.48	1.36
Viga (b) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	7.78	366.44	2.12
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.77	80.48	0.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	87	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	48.6	48.6	0.0	97.1	25.17	48.6	14.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	65.8	114.0	29.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	58.8	58.8	0.0	117.6	30.48	58.8	17.93	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	83.3	144.3	37.39	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	48.6	48.6	0.0	97.1	25.17	48.6	14.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	65.8	114.0	29.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	58.8	58.8	0.0	117.6	30.48	58.8	17.93	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	83.3	144.3	37.39	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	154.59	180.86	85.47
Ala	Compresión	kN	295.53	653.52	45.22
	Tracción	kN	42.87	299.37	14.32
Alma	Tracción	kN	103.45	217.62	47.54

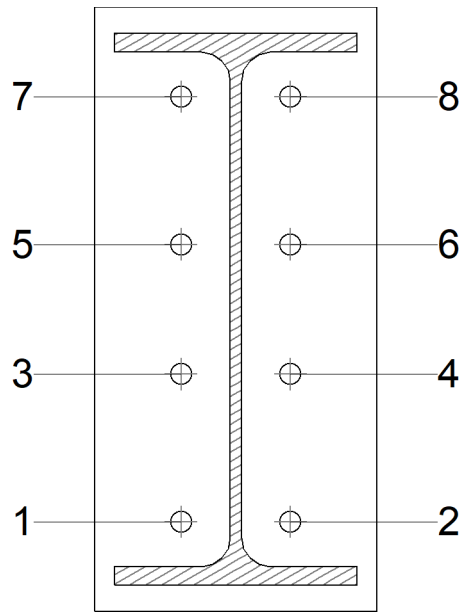
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	4	340	8.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	55.5	69.9	0.3	133.3	34.53	67.1	20.45	410.0	0.85
Soldadura del alma	123.0	123.0	42.4	256.8	66.55	123.0	37.51	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	62.5	78.8	0.3	150.1	38.89	80.2	24.46	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



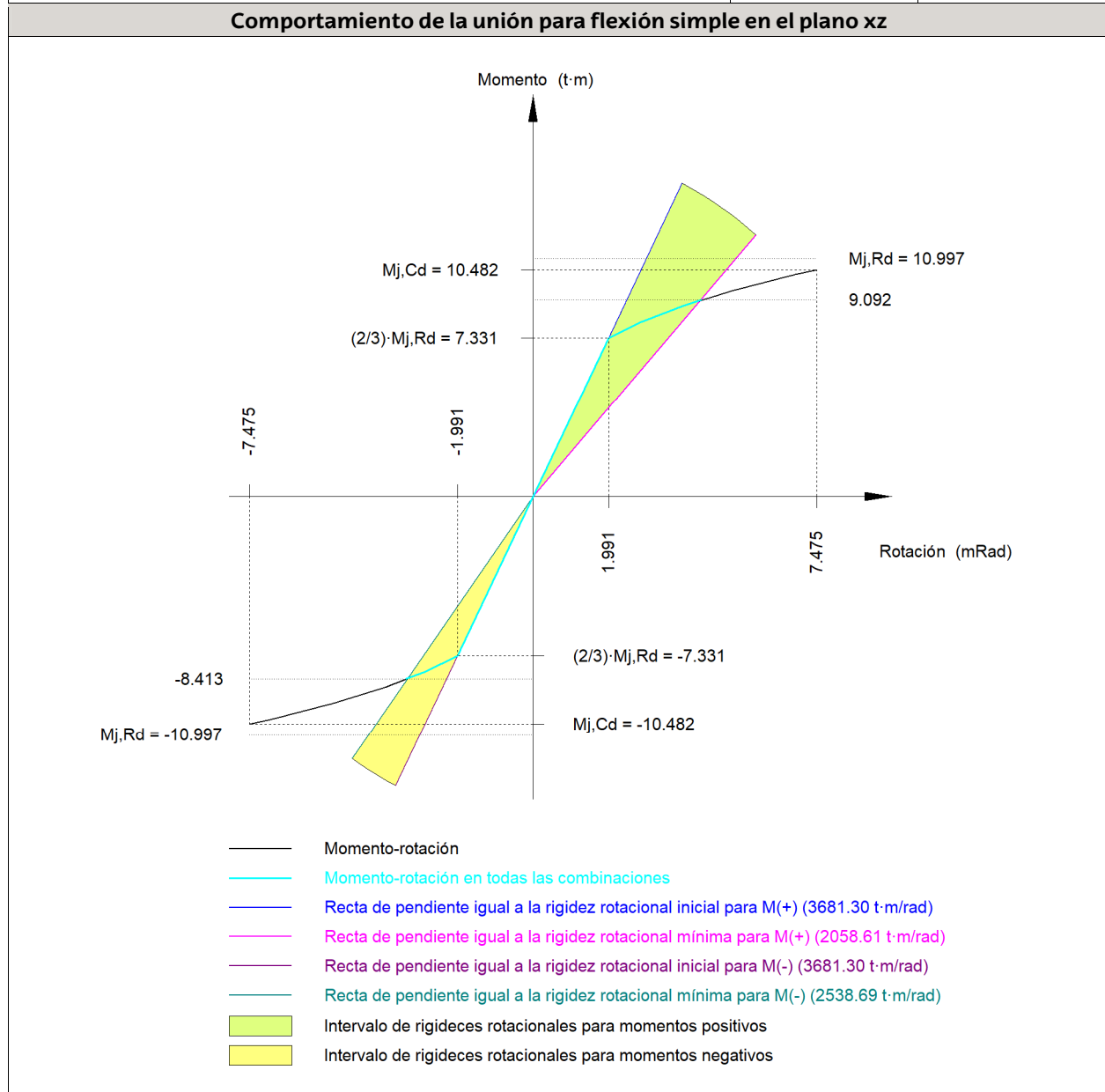
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	110	82	33.2
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	110	82	33.2
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	97	82	36.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	97	82	36.0
5	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	97	82	36.0
6	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	97	82	36.0
7	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	110	82	33.2
8	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	64	110	82	33.2

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	15.386	64.340	23.91	Vástago	77.296	90.432	85.47	83.46	85.47
	Aplastamiento	15.386	183.680	8.38	Punzonamiento	77.296	219.639	35.19		
2	Sección transversal	15.387	64.340	23.91	Vástago	77.296	90.432	85.47	83.46	85.47
	Aplastamiento	15.387	183.680	8.38	Punzonamiento	77.296	219.639	35.19		
3	Sección transversal	15.386	64.340	23.91	Vástago	66.726	90.432	73.79	75.12	75.12
	Aplastamiento	15.386	183.680	8.38	Punzonamiento	66.726	219.639	30.38		
4	Sección transversal	15.387	64.340	23.91	Vástago	66.726	90.432	73.79	75.11	75.11
	Aplastamiento	15.387	183.680	8.38	Punzonamiento	66.726	219.639	30.38		
5	Sección transversal	15.386	64.340	23.91	Vástago	57.372	90.432	63.44	69.23	69.23
	Aplastamiento	15.386	183.680	8.38	Punzonamiento	57.372	219.639	26.12		
6	Sección transversal	15.387	64.340	23.91	Vástago	57.372	90.432	63.44	69.23	69.23
	Aplastamiento	15.387	183.680	8.38	Punzonamiento	57.372	219.639	26.12		
7	Sección transversal	15.386	64.340	23.91	Vástago	67.396	90.432	74.53	77.15	77.15
	Aplastamiento	15.386	183.680	8.38	Punzonamiento	67.396	219.639	30.68		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	15.387	64.340	23.91	Vástago	67.396	90.432	74.53	77.15	77.15
	Aplastamiento	15.387	183.680	8.38	Punzonamiento	67.396	219.639	30.68		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1759.65	3681.30
Calculada para momentos negativos	1759.65	3681.30



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Momento resistente	kNm	89.19	107.88	82.68
Capacidad de rotación	mRad	590.853	667	88.63

3) Viga (c) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.37
	Tensiones combinadas	--	--	--	7.49
	Pandeo local	N/mm ²	17.79	226.73	7.85
	Aplastamiento	kN	4.65	73.22	6.34
	Desgarro	kN	7.78	89.52	8.69
Alma	Aplastamiento	kN	4.65	64.98	7.15
	Desgarro	kN	7.78	163.97	4.74

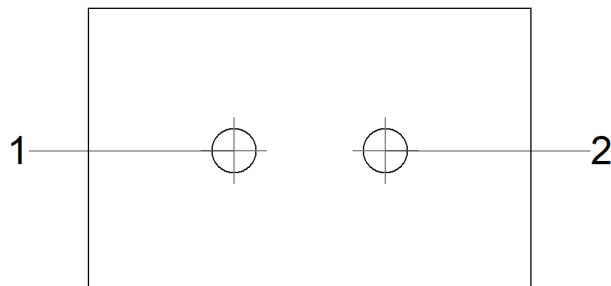
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	6.0	6.0	1.5	12.3	3.19	6.0	1.84	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	36	--	48	45.0
2	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	46	--	48	45.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.646	36.800	12.62	Vástago	0.000	66.240	0.00	12.62	12.62
	Aplastamiento	4.646	73.221	6.34	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		
2	Sección transversal	4.042	36.800	10.98	Vástago	0.000	66.240	0.00	10.98	10.98
	Aplastamiento	3.522	70.593	4.99	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		

4) Viga (b) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.37
	Tensiones combinadas	--	--	--	7.55
	Pandeo local	N/mm ²	16.62	226.73	7.33
	Aplastamiento	kN	4.69	73.13	6.42
	Desgarro	kN	7.89	89.52	8.82
Alma	Aplastamiento	kN	4.69	64.88	7.23
	Desgarro	kN	7.89	163.97	4.81

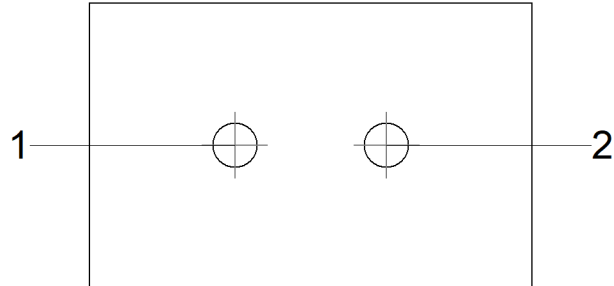
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas							
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00		

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	6.1	6.1	1.5	12.5	3.24	6.1	1.86	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	36	--	48	45.0
2	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	46	--	48	45.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.693	36.800	12.75	Vástago	0.000	66.240	0.00	12.75	12.75
	Aplastamiento	4.693	73.125	6.42	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		
2	Sección transversal	4.096	36.800	11.13	Vástago	0.000	66.240	0.00	11.13	11.13
	Aplastamiento	4.096	87.819	4.66	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		

d) Medición

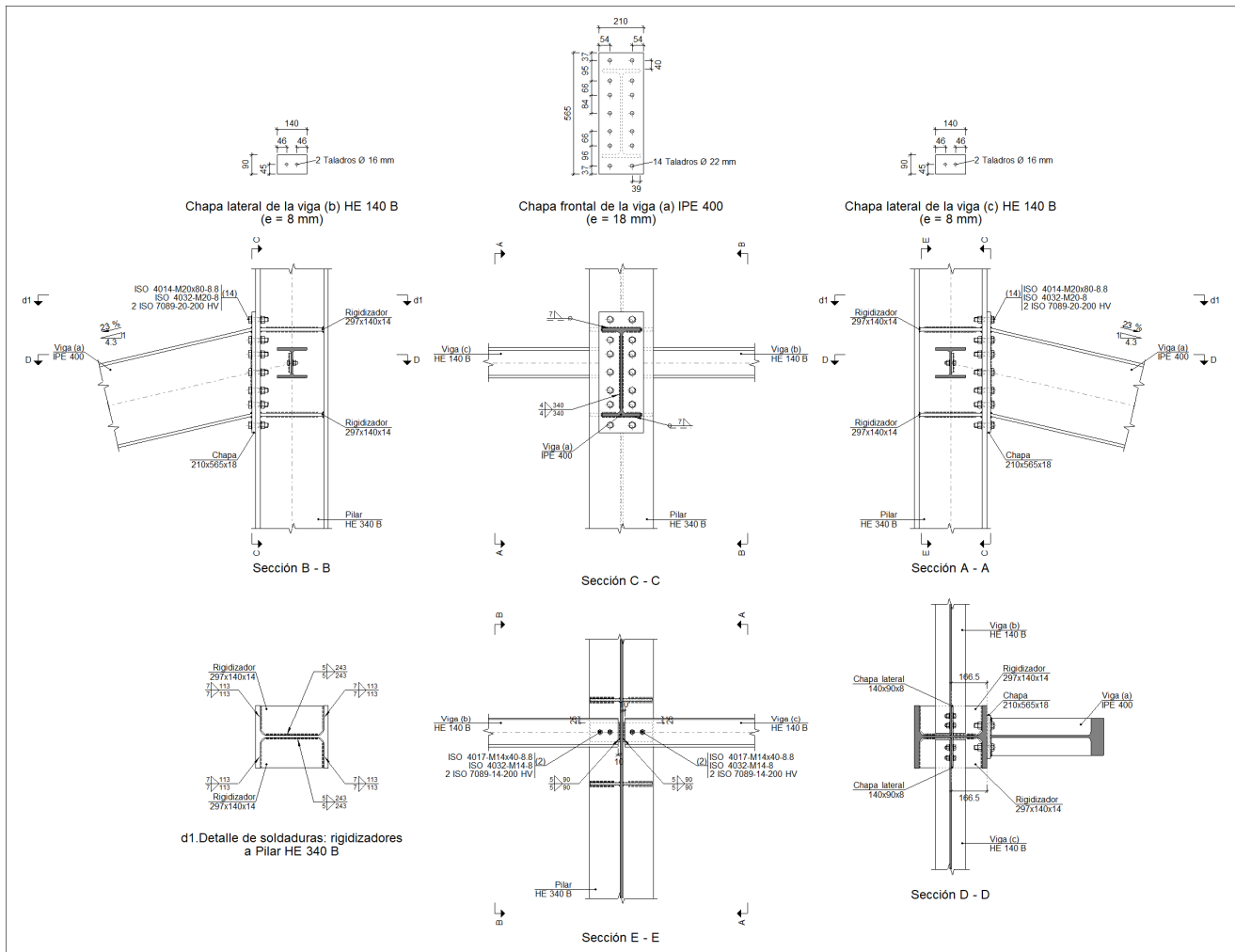
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1896
			5	360
			7	2066

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x105x14	8.68
	Chapas	2	140x90x8	1.58
		1	210x450x14	10.39
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M16x65
		4	ISO 4017-M14x40
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M14
		8	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-14
		16	ISO 7089-16

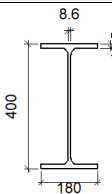
5.3.6.1.2 UNIÓN NAVE FÚTBOL Y ADOSADA

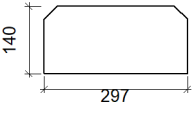
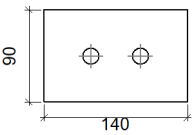
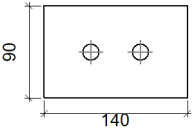
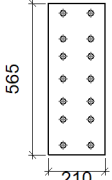
a) Detalle

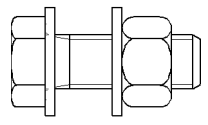


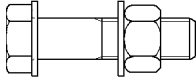
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	14	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 140 B		140	90	8	2	16	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) HE 140 B		140	90	8	2	16	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 400		210	565	18	14	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M14x40-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	40	8.8	6524.0	8154.9

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	616.49	671.00	91.88	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	162.51	261.90	62.05	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	131.41	261.90	50.18	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	163.11	261.90	62.28	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	130.92	261.90	49.99	
Ala	Desgarro	N/mm ²	62.01	261.90	23.68	
	Cortante	N/mm ²	69.70	261.90	26.61	
Viga (a) IPE 400	Ala	Tracción por flexión	kN	206.12	282.24	73.03
		Tracción	kN	76.45	395.00	19.35
	Alma	Tracción	kN	118.01	215.61	54.74
Viga (c) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	71.66	462.87	15.48
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	46.89	189.96	24.68
Viga (b) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	35.05	462.87	7.57
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	19.98	189.96	10.52

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	114.9	114.9	0.0	229.8	59.56	114.9	35.04	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	73.5	127.3	32.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	92.9	92.9	0.1	185.9	48.16	92.9	28.33	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	70.8	122.6	31.78	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	115.3	115.3	0.0	230.7	59.78	115.3	35.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	73.8	127.8	33.11	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	92.6	92.6	0.1	185.2	47.98	92.6	28.23	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	70.5	122.2	31.65	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	206.12	215.02	95.86
Ala	Compresión	kN	450.68	653.52	68.96
	Tracción	kN	146.34	318.21	45.99
Alma	Tracción	kN	118.60	169.94	69.79

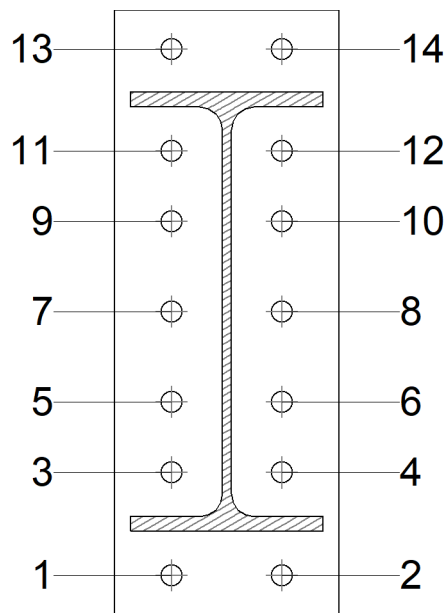
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	4	340	8.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	126.9	160.0	0.0	304.8	78.99	144.3	43.98	410.0	0.85
Soldadura del alma	156.0	156.0	45.8	322.0	83.44	156.0	47.57	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	111.0	139.8	0.0	266.4	69.03	155.5	47.42	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



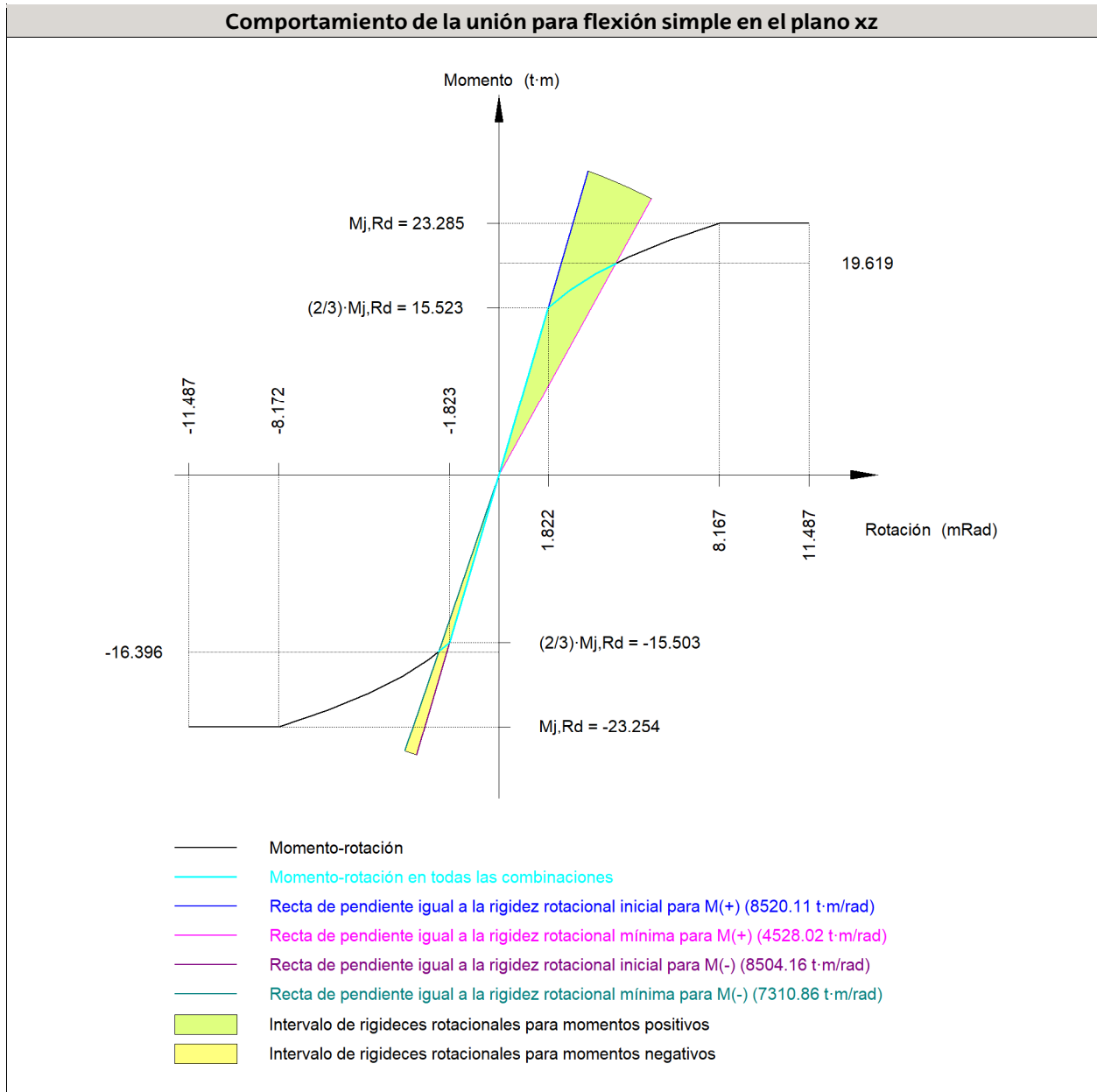
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	37	54	96	103	36.6
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	37	54	96	103	36.6
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	41.1
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	41.1
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	45.5
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	45.5
7	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	84	103	45.5
8	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	84	103	45.5
9	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	45.5
10	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	45.5
11	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	41.1
12	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	66	103	41.1
13	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	37	54	95	103	36.6
14	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	37	54	95	103	36.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	31.105	100.531	30.94	Vástago	105.678	141.120	74.89	53.49	74.89
	Aplastamiento	31.105	295.200	10.54	Punzonamiento	105.678	353.506	29.89		
2	Sección transversal	31.105	100.531	30.94	Vástago	105.582	141.120	74.82	53.44	74.82
	Aplastamiento	31.105	295.200	10.54	Punzonamiento	105.582	353.506	29.87		
3	Sección transversal	31.105	100.531	30.94	Vástago	59.227	141.120	41.97	30.94	41.97
	Aplastamiento	31.105	221.400	14.05	Punzonamiento	59.227	353.506	16.75		
4	Sección transversal	31.105	100.531	30.94	Vástago	59.154	141.120	41.92	30.94	41.92
	Aplastamiento	31.105	221.400	14.05	Punzonamiento	59.154	353.506	16.73		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
5	Sección transversal	6.500	100.531	6.47	Vástago	67.877	141.120	48.10	34.36	48.10
	Aplastamiento	6.500	295.034	2.20	Punzonamiento	67.877	353.506	19.20		
6	Sección transversal	6.506	100.531	6.47	Vástago	67.767	141.120	48.02	34.30	48.02
	Aplastamiento	6.506	295.200	2.20	Punzonamiento	67.767	353.506	19.17		
7	Sección transversal	6.500	100.531	6.47	Vástago	52.648	141.120	37.31	26.65	37.31
	Aplastamiento	6.500	295.028	2.20	Punzonamiento	52.648	353.506	14.89		
8	Sección transversal	6.506	100.531	6.47	Vástago	52.764	141.120	37.39	26.71	37.39
	Aplastamiento	6.506	295.200	2.20	Punzonamiento	52.764	353.506	14.93		
9	Sección transversal	6.500	100.531	6.47	Vástago	89.770	141.120	63.61	45.44	63.61
	Aplastamiento	6.500	221.437	2.94	Punzonamiento	89.770	353.506	25.39		
10	Sección transversal	6.507	100.531	6.47	Vástago	89.890	141.120	63.70	45.50	63.70
	Aplastamiento	6.507	221.512	2.94	Punzonamiento	89.890	353.506	25.43		
11	Sección transversal	21.500	100.531	21.39	Vástago	77.688	141.120	55.05	39.32	55.05
	Aplastamiento	21.500	221.400	9.71	Punzonamiento	77.688	353.506	21.98		
12	Sección transversal	21.500	100.531	21.39	Vástago	77.768	141.120	55.11	39.36	55.11
	Aplastamiento	21.500	221.400	9.71	Punzonamiento	77.768	353.506	22.00		
13	Sección transversal	21.500	100.531	21.39	Vástago	135.175	141.120	95.79	68.42	95.79
	Aplastamiento	21.500	295.200	7.28	Punzonamiento	135.175	353.506	38.24		
14	Sección transversal	21.500	100.531	21.39	Vástago	135.280	141.120	95.86	68.47	95.86
	Aplastamiento	21.500	295.200	7.28	Punzonamiento	135.280	353.506	38.27		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1616.97	8520.11
Calculada para momentos negativos	1616.97	8504.16



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.35	1.80	74.87
Momento resistente	kNm	192.46	228.43	84.25
Capacidad de rotación	mRad	377.193	667	56.58

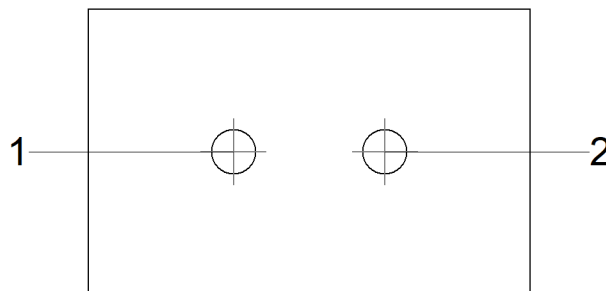
3) Viga (c) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.37
	Tensiones combinadas	--	--	--	40.26
	Pandeo local	N/mm ²	105.41	226.73	46.49
	Aplastamiento	kN	35.84	68.89	52.03
	Desgarro	kN	71.67	89.52	80.06
Alma	Aplastamiento	kN	35.86	60.29	59.48
	Desgarro	kN	71.67	163.97	43.71

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	56.3	56.3	0.9	112.6	29.19	56.3	17.16	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	36	--	48	45.0
2	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	46	--	48	45.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	35.865	36.800	97.46	Vástago	0.000	66.240	0.00	97.46	97.46
	Aplastamiento	35.865	88.010	40.75	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		
2	Sección transversal	35.839	36.800	97.39	Vástago	0.000	66.240	0.00	97.39	97.39
	Aplastamiento	35.839	68.886	52.03	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		

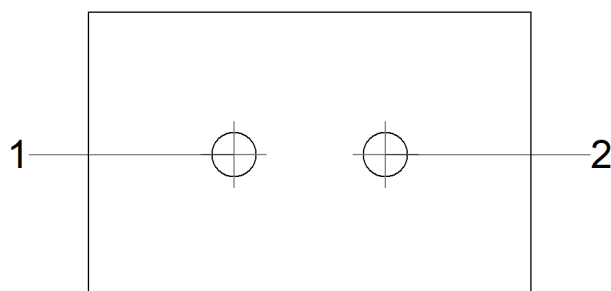
4) Viga (b) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.37
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.73
	Pandeo local	N/mm ²	56.82	226.73	25.06
	Aplastamiento	kN	17.54	68.90	25.46
	Desgarro	kN	35.06	89.52	39.17
Alma	Aplastamiento	kN	17.60	60.37	29.14
	Desgarro	kN	35.06	163.97	21.38

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	27.5	27.5	0.9	55.1	14.28	27.5	8.40	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	36	--	48	45.0
2	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	46	--	48	45.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	17.595	36.800	47.81	Vástago	0.000	66.240	0.00	47.81	47.81
	Aplastamiento	17.525	69.160	25.34	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		
2	Sección transversal	17.543	36.800	47.67	Vástago	0.000	66.240	0.00	47.67	47.67
	Aplastamiento	17.543	68.903	25.46	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		

d) Medición

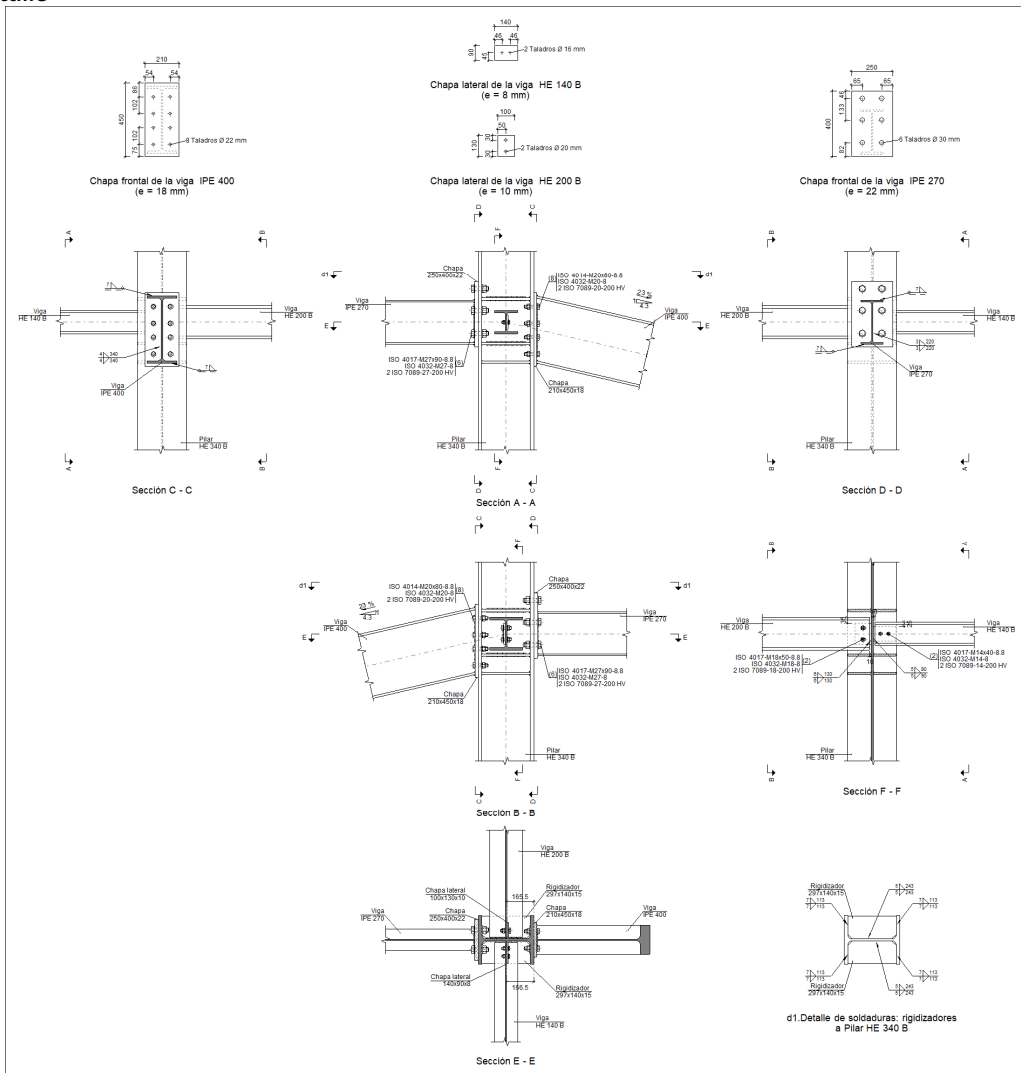
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	680
			5	2304
			7	2482

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x14	18.28
	Chapas	2	140x90x8	1.58
		1	210x565x18	16.77
	Total			

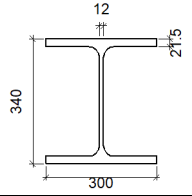
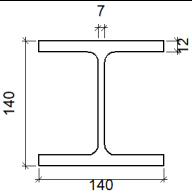
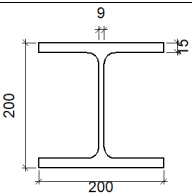
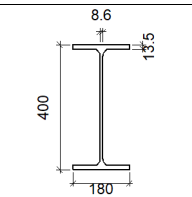
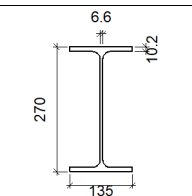
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	14	ISO 4014-M20x80
		4	ISO 4017-M14x40
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M14
		14	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-14
		28	ISO 7089-20

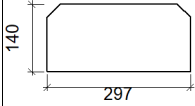
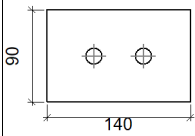
5.3.6.1.3 UNIÓN NAVE FÚTBOL, NAVE ADOSADA Y FORJADO

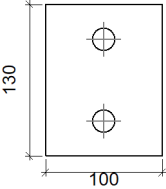
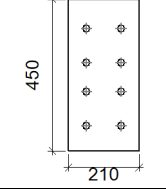
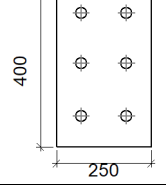
a) Detalle

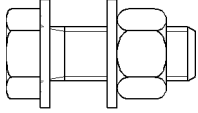
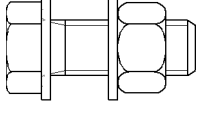
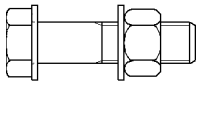
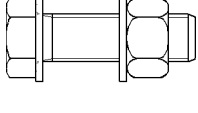


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 400		400	180	13.5	8.6	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría					Taladros		Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	15	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga HE 140 B		140	90	8	2	16	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga HE 200 B		100	130	10	2	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 400		210	450	18	8	22	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 270		250	400	22	6	30	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M14x40-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	40	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M18x50-8.8 ISO 4032-M18-8 2 ISO 7089-18-200 HV		M18	50	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M27x90-8.8 ISO 4032-M27-8 2 ISO 7089-27-200 HV		M27	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltz	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	321.55	468.92	68.57	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	140.89	261.90	53.79	
Rigidizador intermedio	Tensión de Von Mises	N/mm ²	94.70	261.90	36.16	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	53.56	261.90	20.45	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	140.07	261.90	53.48	
Rigidizador intermedio	Tensión de Von Mises	N/mm ²	94.67	261.90	36.15	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	57.37	261.90	21.91	
Ala	Desgarro	N/mm ²	36.45	261.90	13.92	
	Cortante	N/mm ²	33.52	261.90	12.80	
Viga IPE 400	Ala	Tracción por flexión	kN	136.53	282.24	48.37
		Tracción	kN	29.44	416.76	7.06
	Alma	Tracción	kN	89.45	260.20	34.38
Viga IPE 270	Ala	Tracción por flexión	kN	222.58	517.57	43.00
		Tracción	kN	66.82	553.85	12.06
	Alma	Tracción	kN	130.02	288.44	45.08
Viga HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	35.05	462.87	7.57
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	35.79	189.96	18.84
Viga HE 200 B	Alma	Punzonamiento	kN	86.24	661.25	13.04
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	51.94	203.85	25.48

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	106.7	106.7	0.1	213.5	55.33	106.8	32.55	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	49.6	85.8	22.24	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	71.7	71.7	0.0	143.5	37.19	71.8	21.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	0.0	0.0	45.6	79.0	20.47	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	40.6	40.6	0.6	81.2	21.03	40.6	12.37	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	30.9	53.5	13.86	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	106.1	106.1	2.6	212.2	54.99	106.1	32.34	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	48.8	84.5	21.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	71.7	71.7	0.0	143.5	37.17	71.7	21.87	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	0.0	0.0	45.6	79.0	20.46	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	43.5	43.5	0.6	86.9	22.53	43.5	13.25	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	33.1	57.4	14.87	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 400

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	136.53	271.30	50.33
Ala	Compresión	kN	265.04	653.52	40.56
	Tracción	kN	33.07	318.21	10.39
Alma	Tracción	kN	89.45	191.76	46.64

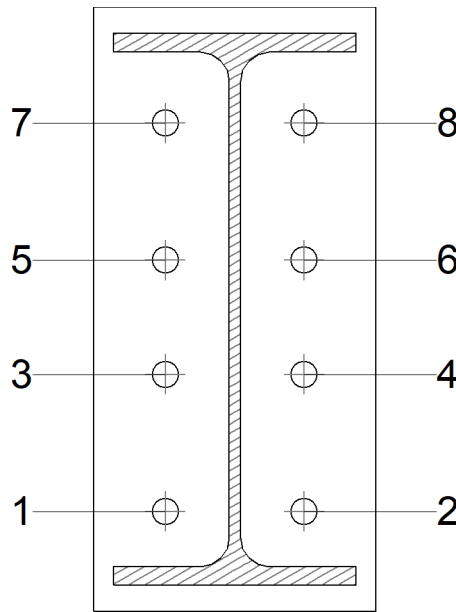
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	4	340	8.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	180	13.5	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	52.6	66.3	0.2	126.4	32.74	70.8	21.60	410.0	0.85
Soldadura del alma	87.9	87.9	20.2	179.3	46.47	87.9	26.81	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	52.0	65.5	0.3	124.9	32.36	72.1	21.98	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



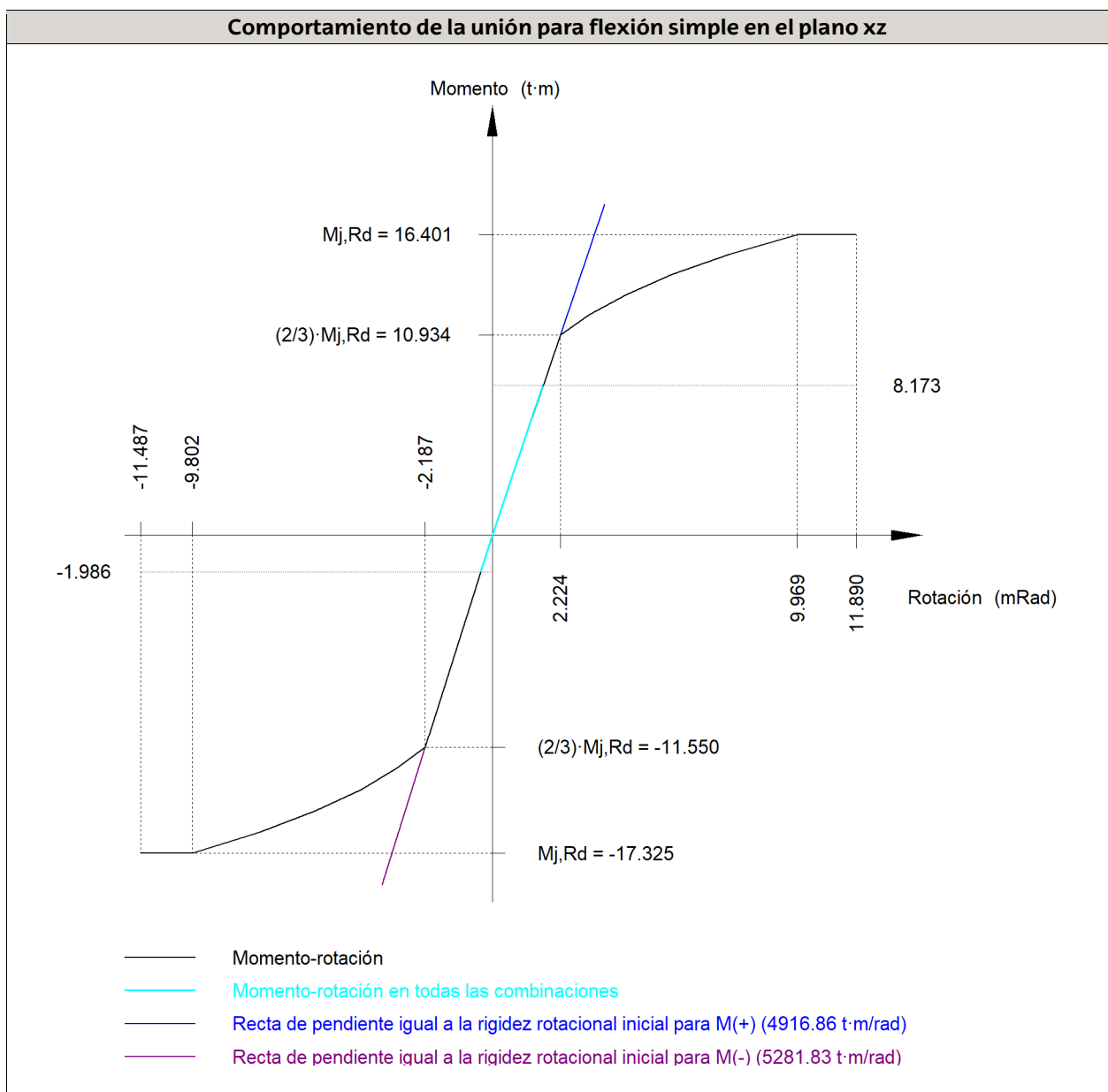
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	102	103	41.1
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	102	103	41.1
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	85	103	37.5
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	85	103	37.5
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	85	103	45.5
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	85	103	45.5
7	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	102	103	45.5
8	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	102	103	45.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	6.974	100.531	6.94	Vástago	20.248	141.120	14.35	14.08	14.35
	Aplastamiento	6.974	295.200	2.36	Punzonamiento	20.248	353.506	5.73		
2	Sección transversal	6.959	100.531	6.92	Vástago	19.450	141.120	13.78	14.44	14.44
	Aplastamiento	6.959	255.410	2.72	Punzonamiento	19.450	353.506	5.50		
3	Sección transversal	6.954	100.531	6.92	Vástago	36.382	141.120	25.78	25.29	25.78
	Aplastamiento	6.954	295.200	2.36	Punzonamiento	36.382	353.506	10.29		
4	Sección transversal	6.938	100.531	6.90	Vástago	35.327	141.120	25.03	24.63	25.03
	Aplastamiento	6.904	254.010	2.72	Punzonamiento	35.327	353.506	9.99		
5	Sección transversal	6.937	100.531	6.90	Vástago	62.416	141.120	44.23	38.49	44.23
	Aplastamiento	6.937	295.200	2.35	Punzonamiento	62.416	353.506	17.66		
6	Sección transversal	6.921	100.531	6.88	Vástago	61.441	141.120	43.54	37.85	43.54
	Aplastamiento	6.896	254.049	2.71	Punzonamiento	61.441	353.506	17.38		
7	Sección transversal	6.939	100.531	6.90	Vástago	71.020	141.120	50.33	42.85	50.33
	Aplastamiento	6.939	295.200	2.35	Punzonamiento	71.020	353.506	20.09		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	6.900	100.531	6.86	Vástago	70.293	141.120	49.81	42.33	49.81
	Aplastamiento	6.886	254.097	2.71	Punzonamiento	70.293	353.506	19.88		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1198.77	4916.86
Calculada para momentos negativos	1198.77	5281.83



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.35	1.80	74.87
Momento resistente	kNm	80.18	160.90	49.83
Capacidad de rotación	mRad	139.798	667	20.97

3) Viga IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	222.58	251.64	88.45
Ala	Compresión	kN	242.37	360.64	67.21
	Tracción	kN	140.50	180.32	77.91
Alma	Tracción	kN	53.56	241.95	22.14

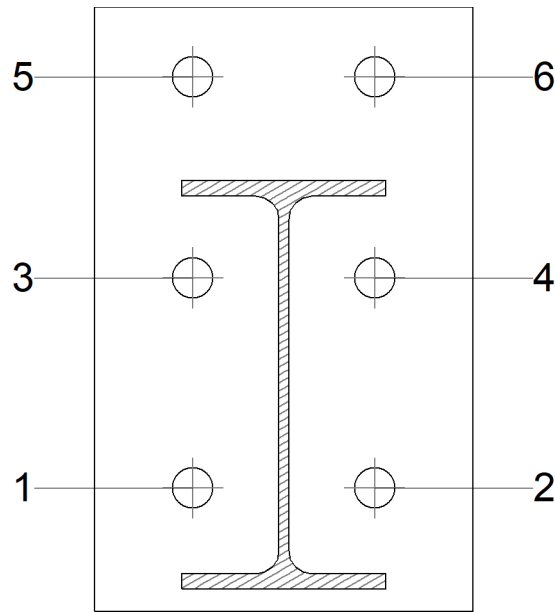
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	135	10.2	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	220	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	135	10.2	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	166.6	166.6	0.1	333.1	86.33	166.6	50.78	410.0	0.85
Soldadura del alma	118.8	118.8	74.7	270.5	70.10	118.8	36.22	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	145.9	145.9	0.1	291.8	75.61	145.9	44.48	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

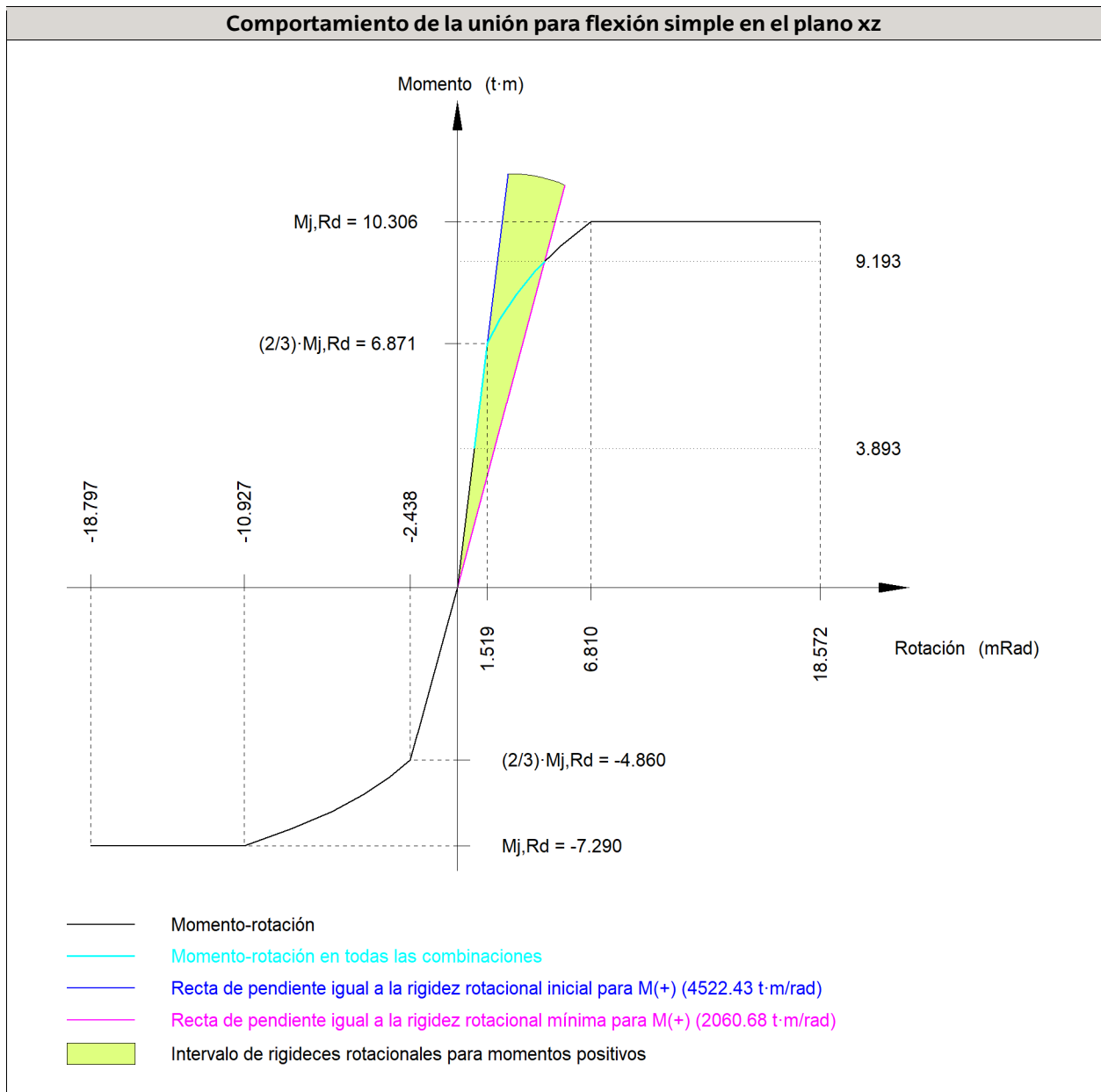


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	65	139	120	54.0
2	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	65	139	120	54.0
3	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	65	133	120	54.0
4	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	65	133	120	54.0
5	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	46	65	133	120	46.3
6	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	46	65	133	120	46.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	49.745	146.880	33.87	Vástago	1.291	264.384	0.49	33.87	33.87
	Aplastamiento	49.745	476.010	10.45	Punzonamiento	1.291	572.916	0.23		
2	Sección transversal	58.899	146.880	40.10	Vástago	0.000	264.384	0.00	40.10	40.10
	Aplastamiento	58.899	476.010	12.37	Punzonamiento	0.000	572.916	0.00		
3	Sección transversal	0.000	146.880	0.00	Vástago	63.439	264.384	23.99	17.14	23.99
					Punzonamiento	63.439	572.916	11.07		
4	Sección transversal	0.000	146.880	0.00	Vástago	63.009	264.384	23.83	17.02	23.83
					Punzonamiento	63.009	572.916	11.00		
5	Sección transversal	0.000	146.880	0.00	Vástago	197.743	264.384	74.79	53.42	74.79
					Punzonamiento	197.743	572.916	34.52		
6	Sección transversal	0.000	146.880	0.00	Vástago	198.498	264.384	75.08	53.63	75.08
					Punzonamiento	198.498	572.916	34.65		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	844.20	4522.43
Calculada para momentos negativos	844.20	1993.79



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.44	1.80	79.92
Momento resistente	kNm	90.18	101.10	89.19
Capacidad de rotación	mRad	240.198	667	36.03

4) Viga HE 140 B

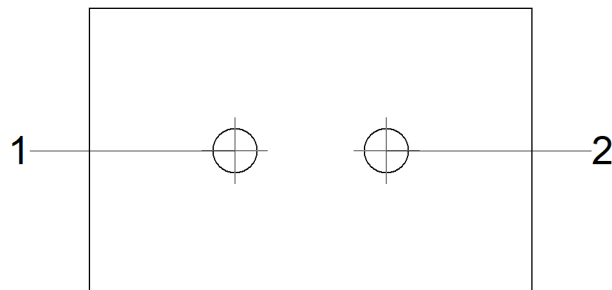
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.37
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.73
	Pandeo local	N/mm ²	56.82	226.73	25.06

	Aplastamiento	kN	17.54	68.90	25.46
	Desgarro	kN	35.06	89.52	39.17
Alma	Aplastamiento	kN	17.60	60.37	29.14
	Desgarro	kN	35.06	163.97	21.38

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.		En ángulo	5	90	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.		27.5	27.5	0.9	55.1	14.28	27.5	8.40	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	36	--	48	45.0
2	ISO 4017-M14x40-8.8	16.0	45	46	--	48	45.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	17.595	36.800	47.81	Vástago	0.000	66.240	0.00	47.81	47.81
	Aplastamiento	17.525	69.160	25.34	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		
2	Sección transversal	17.543	36.800	47.67	Vástago	0.000	66.240	0.00	47.67	47.67
	Aplastamiento	17.543	68.903	25.46	Punzonamiento	0.000	95.992	0.00		

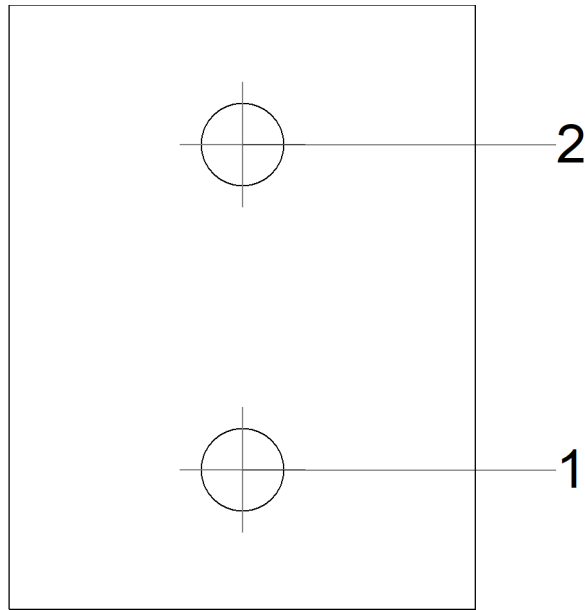
5) Viga HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	27.01
	Pandeo local	N/mm ²	70.66	235.15	30.05
	Aplastamiento	kN	44.87	123.01	36.48
	Desgarro	kN	86.29	136.09	63.41
Alma	Aplastamiento	kN	44.87	132.84	33.78
	Desgarro	kN	86.27	249.04	34.64

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	130	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	39.1	39.1	1.6	78.2	20.28	39.1	11.92	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M18x50-8.8	20.0	30	40	70	--	30.0
2	ISO 4017-M18x50-8.8	20.0	30	40	70	--	30.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	41.716	61.440	67.90	Vástago	0.000	110.592	0.00	67.90	67.90
	Aplastamiento	41.716	122.967	33.92	Punzonamiento	0.000	157.361	0.00		
2	Sección transversal	44.884	61.440	73.05	Vástago	0.000	110.592	0.00	73.05	73.05
	Aplastamiento	44.884	123.008	36.49	Punzonamiento	0.000	157.361	0.00		

d) Medición

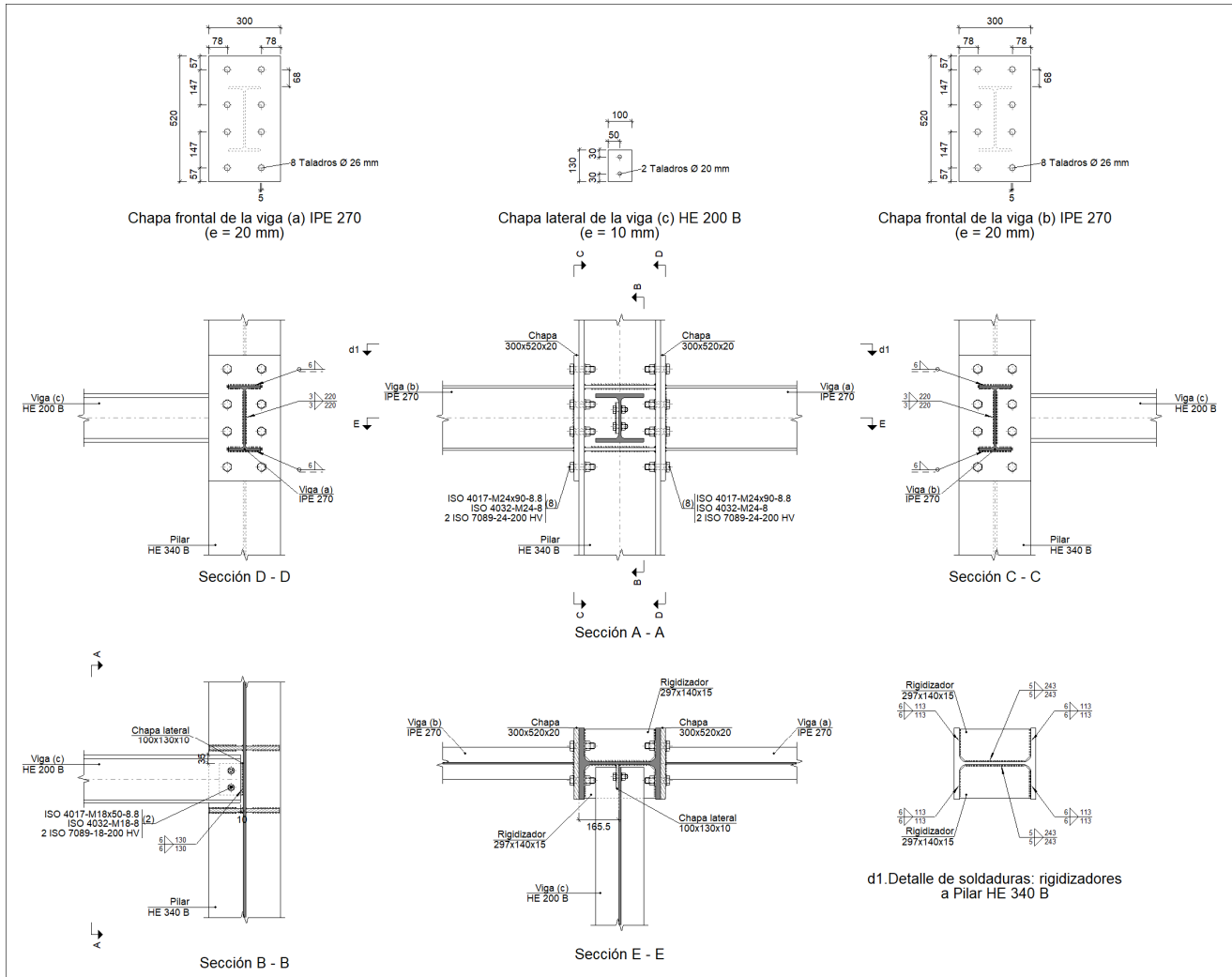
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	439
			4	680
			5	3096
			6	260
			7	3894

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	6	297x140x15	29.38
	Chapas	1	140x90x8	0.79
		1	100x130x10	1.02
		1	210x450x18	13.35
		1	250x400x22	17.27
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M20x80
		2	ISO 4017-M14x40
		2	ISO 4017-M18x50
		6	ISO 4017-M27x90
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M14
		2	ISO 4032-M18
		8	ISO 4032-M20
		6	ISO 4032-M27
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-14
		4	ISO 7089-18
		16	ISO 7089-20
		12	ISO 7089-27

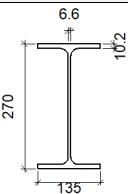
5.3.6.1.4 UNIONES FORJADO

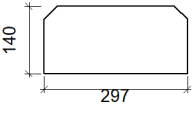
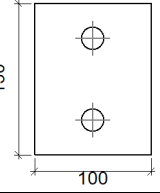
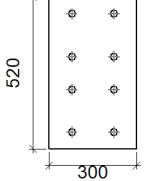
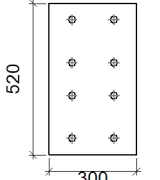
a) Detalle

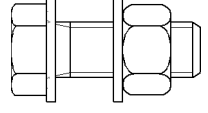


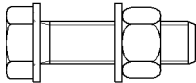
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	15	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 200 B		100	130	10	2	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 270		300	520	20	8	26	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 270		300	520	20	8	26	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M18x50-8.8 ISO 4032-M18-8 2 ISO 7089-18-200 HV		M18	50	8.8	6524.0	8154.9

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M24x90-8.8 ISO 4032-M24-8 2 ISO 7089-24-200 HV		M24	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	311.03	448.77	69.31	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	145.14	261.90	55.42	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	113.55	261.90	43.36	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	144.41	261.90	55.14	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	110.21	261.90	42.08	
Ala	Cortante	N/mm ²	33.99	261.90	12.98	
Viga (b) IPE 270	Ala	Tracción por flexión	kN	236.16	405.58	58.23
		Tracción	kN	74.82	573.57	13.04
	Alma	Tracción	kN	133.28	358.65	37.16
Viga (a) IPE 270	Ala	Tracción por flexión	kN	236.78	405.58	58.38
		Tracción	kN	75.16	573.57	13.10
	Alma	Tracción	kN	133.63	358.65	37.26
Viga (c) HE 200 B	Alma	Punzonamiento	kN	52.83	661.25	7.99
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	52.83	203.85	25.91

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	128.3	128.3	0.1	256.6	66.49	128.3	39.11	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	49.6	86.0	22.28	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	100.4	100.4	0.1	200.8	52.03	100.4	30.61	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	50.4	87.3	22.62	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	127.6	127.6	0.1	255.3	66.16	127.6	38.91	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	49.4	85.6	22.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	97.4	97.4	0.1	194.8	50.49	97.4	29.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	50.6	87.7	22.72	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (b) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	236.16	250.91	94.12
Ala	Compresión	kN	289.27	360.64	80.21
	Tracción	kN	145.40	180.32	80.64
Alma	Tracción	kN	52.76	194.98	27.06

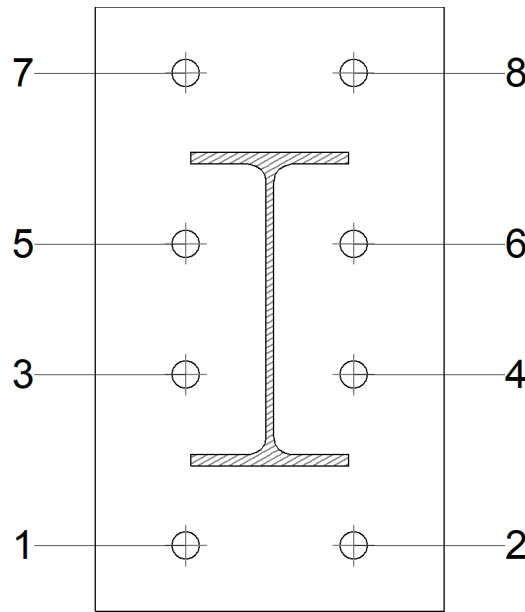
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	135	10.2	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	220	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	135	10.2	90.00	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	184.4	184.4	0.2	368.8	95.57	184.4	56.22	410.0	0.85
Soldadura del alma	151.4	151.4	78.2	331.8	85.99	151.5	46.17	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	192.9	192.9	0.3	385.8	99.97	192.9	58.81	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



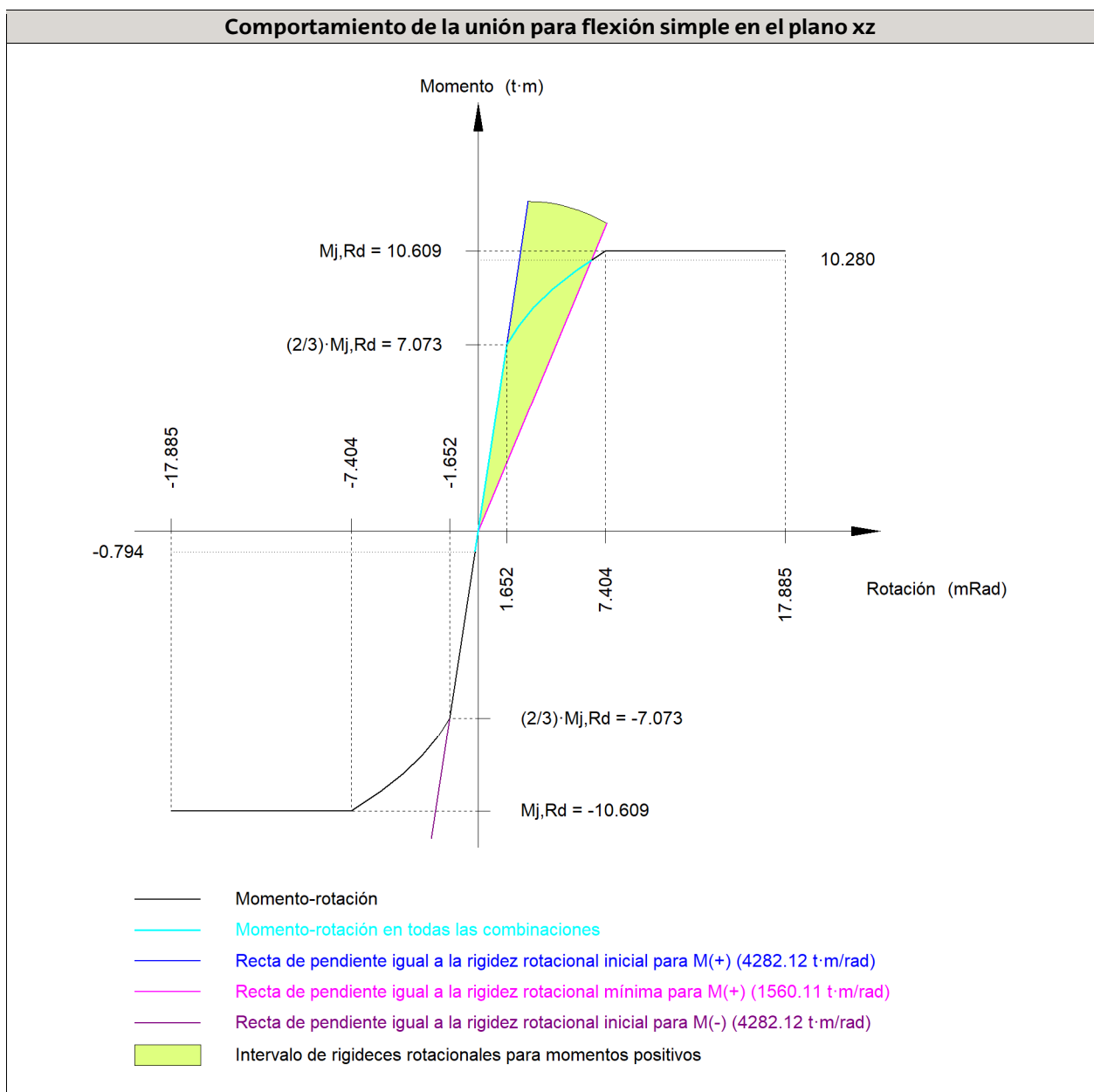
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
2	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
3	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
4	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
5	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
6	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
7	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
8	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	51.524	112.960	45.61	Vástago	16.924	203.328	8.32	45.61	45.61
	Aplastamiento	51.524	393.600	13.09	Punzonamiento	16.924	469.758	3.60		
2	Sección transversal	51.524	112.960	45.61	Vástago	16.167	203.328	7.95	45.61	45.61
	Aplastamiento	51.524	393.600	13.09	Punzonamiento	16.167	469.758	3.44		
3	Sección transversal	13.887	112.960	12.29	Vástago	10.718	203.328	5.27	12.29	12.29
	Aplastamiento	13.887	393.600	3.53	Punzonamiento	10.718	469.758	2.28		
4	Sección transversal	13.887	112.960	12.29	Vástago	9.828	203.328	4.83	12.29	12.29
	Aplastamiento	13.887	393.600	3.53	Punzonamiento	9.828	469.758	2.09		
5	Sección transversal	0.055	112.960	0.05	Vástago	58.660	203.328	28.85	20.61	28.85
	Aplastamiento	0.055	393.600	0.01	Punzonamiento	58.660	469.758	12.49		
6	Sección transversal	0.057	112.960	0.05	Vástago	59.614	203.328	29.32	20.94	29.32
	Aplastamiento	0.057	393.600	0.01	Punzonamiento	59.614	469.758	12.69		
7	Sección transversal	1.315	112.960	1.16	Vástago	184.021	203.328	90.50	64.65	90.50
	Aplastamiento	1.315	393.600	0.33	Punzonamiento	184.021	469.758	39.17		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	1.315	112.960	1.16	Vástago	185.439	203.328	91.20	65.14	91.20
	Aplastamiento	1.315	393.600	0.33	Punzonamiento	185.439	469.758	39.48		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1072.87	4282.12
Calculada para momentos negativos	1072.87	4282.12



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.57	1.80	87.06
Momento resistente	kNm	100.84	104.07	96.90
Capacidad de rotación	mRad	368.405	667	55.26

3) Viga (a) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	236.78	250.91	94.37
Ala	Compresión	kN	278.74	360.64	77.29
	Tracción	kN	145.95	180.32	80.94
Alma	Tracción	kN	53.69	194.98	27.53

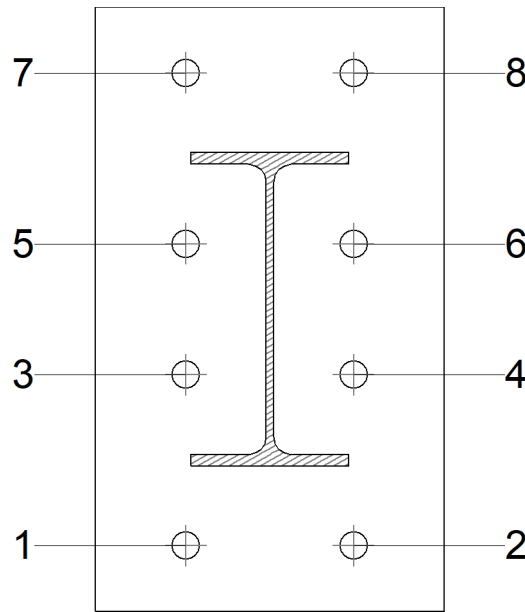
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	135	10.2	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	220	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	135	10.2	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	184.5	184.5	0.1	369.0	95.62	184.5	56.24	410.0	0.85
Soldadura del alma	146.1	146.1	77.8	321.8	83.39	146.1	44.54	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	187.3	187.3	0.1	374.6	97.07	187.3	57.10	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



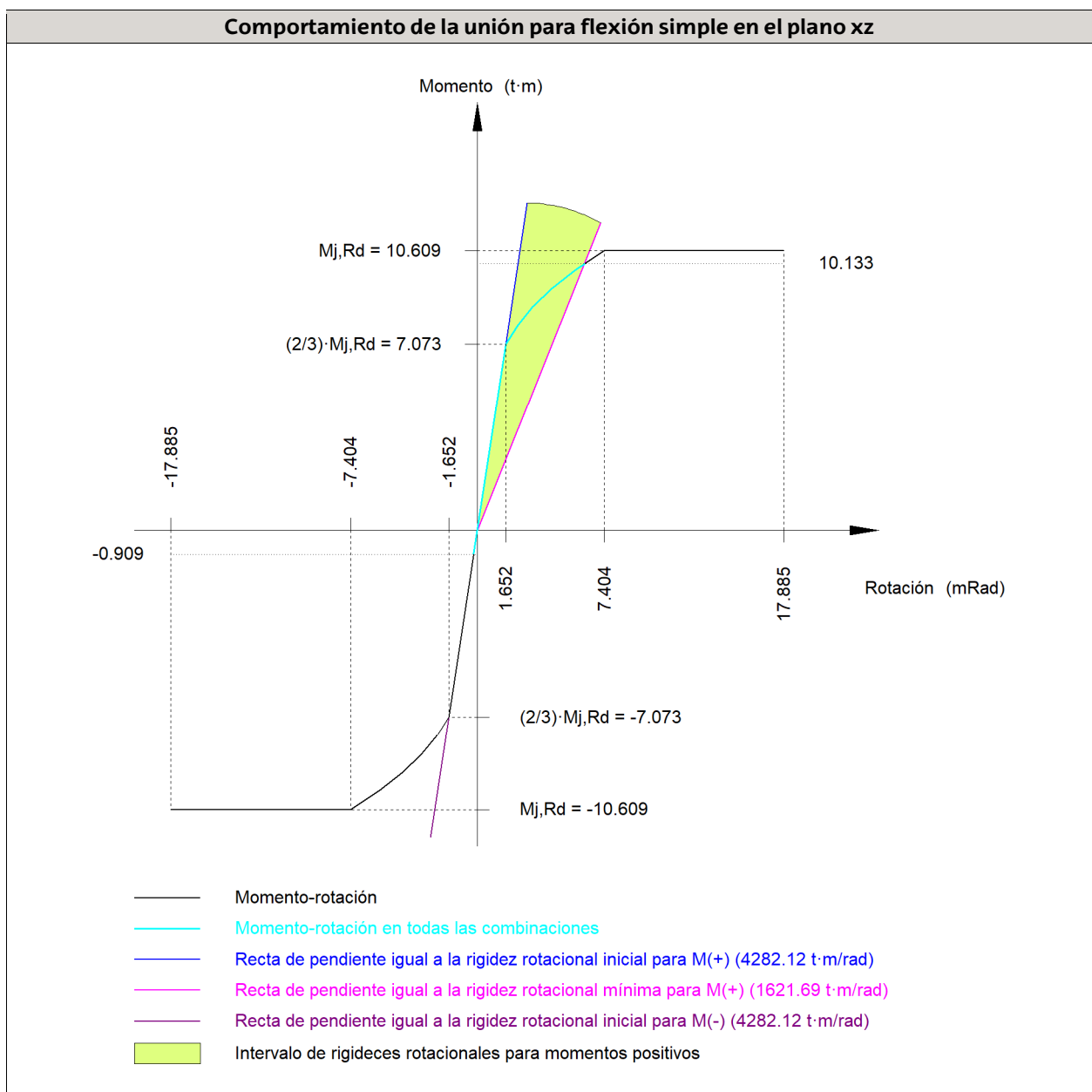
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
2	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
3	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
4	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
5	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
6	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	--	78	113	144	66.0
7	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6
8	ISO 4017-M24x90-8.8	26.0	57	78	147	144	56.6

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	51.291	112.960	45.41	Vástago	18.097	203.328	8.90	45.41	45.41
	Aplastamiento	51.291	393.600	13.03	Punzonamiento	18.097	469.758	3.85		
2	Sección transversal	51.291	112.960	45.41	Vástago	17.274	203.328	8.50	45.41	45.41
	Aplastamiento	51.291	393.600	13.03	Punzonamiento	17.274	469.758	3.68		
3	Sección transversal	1.192	112.960	1.06	Vástago	9.678	203.328	4.76	3.40	4.76
	Aplastamiento	1.192	393.600	0.30	Punzonamiento	9.678	469.758	2.06		
4	Sección transversal	1.926	112.960	1.70	Vástago	10.498	203.328	5.16	3.69	5.16
	Aplastamiento	1.926	393.600	0.49	Punzonamiento	10.498	469.758	2.23		
5	Sección transversal	0.596	112.960	0.53	Vástago	60.022	203.328	29.52	21.09	29.52
	Aplastamiento	0.596	393.600	0.15	Punzonamiento	60.022	469.758	12.78		
6	Sección transversal	0.583	112.960	0.52	Vástago	60.655	203.328	29.83	21.31	29.83
	Aplastamiento	0.583	393.600	0.15	Punzonamiento	60.655	469.758	12.91		
7	Sección transversal	1.511	112.960	1.34	Vástago	183.499	203.328	90.25	64.46	90.25
	Aplastamiento	1.511	393.600	0.38	Punzonamiento	183.499	469.758	39.06		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	1.511	112.960	1.34	Vástago	185.928	203.328	91.44	65.32	91.44
	Aplastamiento	1.511	393.600	0.38	Punzonamiento	185.928	469.758	39.58		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1072.87	4282.12
Calculada para momentos negativos	1072.87	4282.12



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.57	1.80	87.06
Momento resistente	kNm	99.41	104.07	95.52
Capacidad de rotación	mRad	349.370	667	52.41

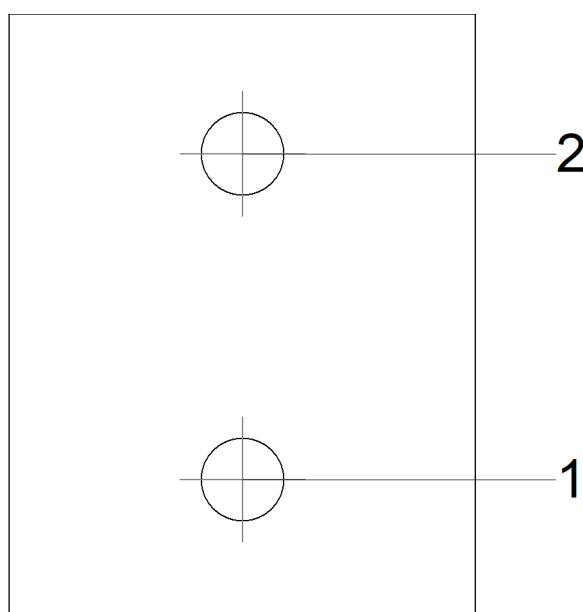
4) Viga (c) HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.10
	Tensiones combinadas	--	--	--	17.21
	Pandeo local	N/mm ²	44.96	235.15	19.12
	Aplastamiento	kN	28.18	123.02	22.91
	Desgarro	kN	52.88	136.09	38.86
Alma	Aplastamiento	kN	22.29	88.62	25.15
	Desgarro	kN	52.88	249.04	21.23

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	130	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	23.9	23.9	1.6	48.0	12.43	24.0	7.30	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M18x50-8.8	20.0	30	40	70	--	30.0
2	ISO 4017-M18x50-8.8	20.0	30	40	70	--	30.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	25.393	61.440	41.33	Vástago	0.000	110.592	0.00	41.33	41.33
	Aplastamiento	25.393	122.912	20.66	Punzonamiento	0.000	157.361	0.00		
2	Sección transversal	28.181	61.440	45.87	Vástago	0.000	110.592	0.00	45.87	45.87
	Aplastamiento	28.181	123.020	22.91	Punzonamiento	0.000	157.361	0.00		

d) Medición

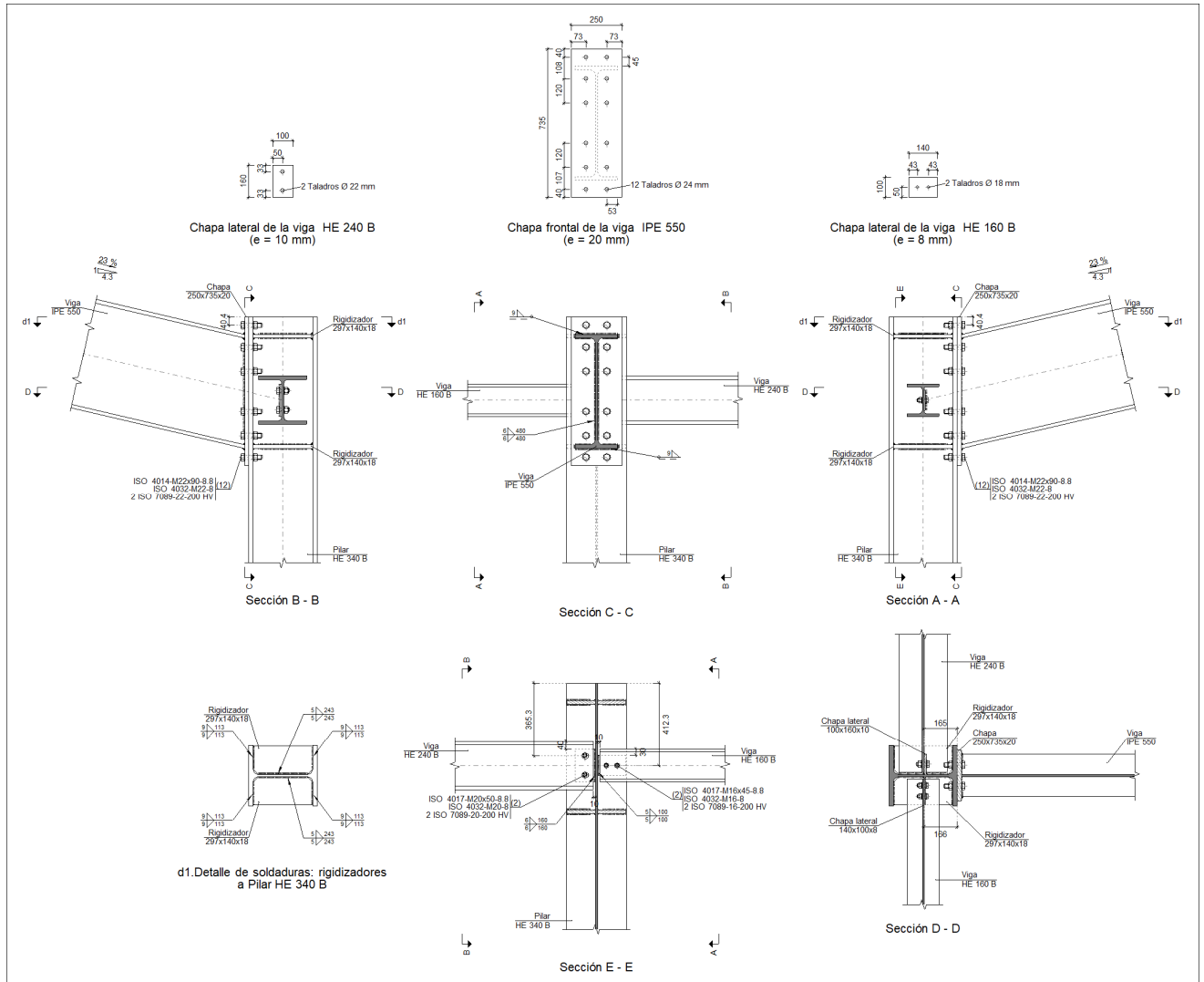
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	878
			5	1944
			6	3083

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x15	19.58
	Chapas	1	100x130x10	1.02
		2	300x520x20	48.98
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M18x50
		16	ISO 4017-M24x90
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M18
		16	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-18
		32	ISO 7089-24

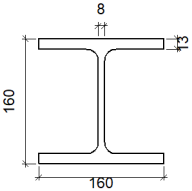
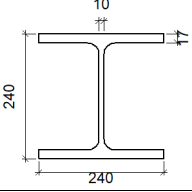
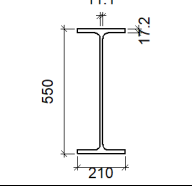
5.3.6.1.5 UNIÓN PILAR-VIGA 2ºPÓRTICO NAVE DE FÚTBOL

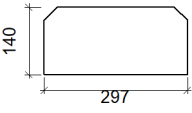
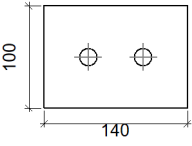
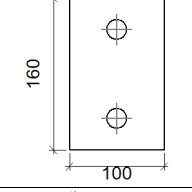
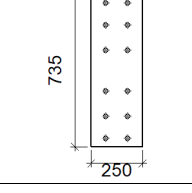
a) Detalle

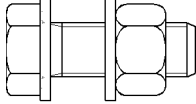
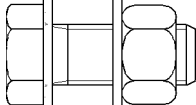
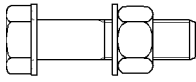


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios										
Pieza	Geometría					Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4	
Chapa lateral: Viga HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4	
Chapa lateral: Viga HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4	
Chapa frontal: Viga IPE 550		250	735	20	12	24	S275	2803.3	4179.4	

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M22x90-8.8 ISO 4032-M22-8 2 ISO 7089-22-200 HV		M22	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	826.19	922.87	89.52	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	109.24	261.90	41.71	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	129.95	261.90	49.62	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	109.56	261.90	41.83	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	129.43	261.90	49.42	
Ala	Desgarro	N/mm ²	132.76	261.90	50.69	
	Cortante	N/mm ²	132.96	261.90	50.77	
Viga IPE 550	Ala	Tracción por flexión	kN	249.82	349.06	71.57
		Tracción	kN	94.73	527.25	17.97
	Alma	Tracción	kN	143.88	233.37	61.65
Viga HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	46.47	510.11	9.11
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	52.64	112.70	46.71
Viga HE 240 B	Alma	Punzonamiento	kN	68.56	802.94	8.54
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	52.64	132.78	39.64

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	77.0	77.0	5.4	154.2	39.96	77.0	23.46	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	75.5	130.8	33.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	91.9	91.9	0.0	183.8	47.62	91.9	28.02	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	94.8	164.3	42.57	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	77.2	77.2	5.4	154.7	40.08	77.2	23.53	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	75.5	130.7	33.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	91.5	91.5	0.0	183.0	47.43	91.5	27.90	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	94.9	164.4	42.60	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	249.82	276.92	90.21
Ala	Compresión	kN	534.24	971.41	55.00
	Tracción	kN	178.62	473.00	37.76
Alma	Tracción	kN	144.89	379.22	38.21

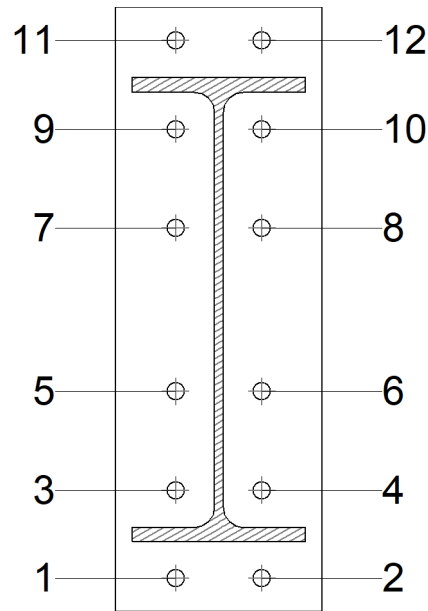
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	73.2	92.3	4.3	176.0	45.61	102.5	31.26	410.0	0.85
Soldadura del alma	90.4	90.4	24.2	185.5	48.07	90.4	27.55	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	93.9	118.3	4.3	225.5	58.45	108.1	32.95	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



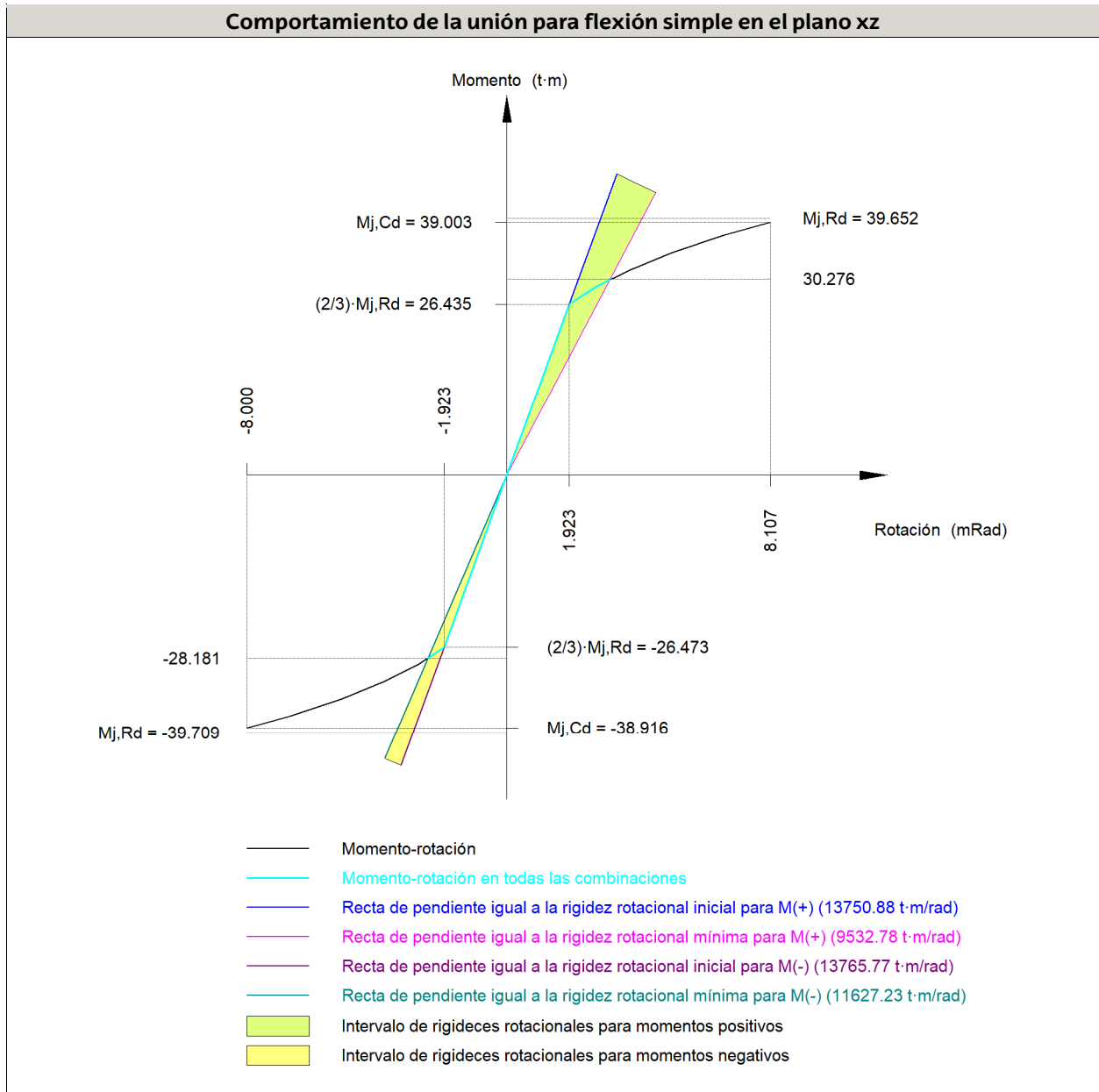
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	73	107	105	40.4
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	73	107	105	40.4
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	107	105	45.2
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	107	105	45.2
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	120	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	120	105	46.5
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	120	105	46.5
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	120	105	46.5
9	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	108	105	45.2
10	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	108	105	45.2
11	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	73	108	105	40.4
12	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	73	108	105	40.4

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	15.995	121.642	13.15	Vástago	157.447	174.528	90.21	64.44	90.21
	Aplastamiento	15.995	360.800	4.43	Punzonamiento	157.447	443.420	35.51		
2	Sección transversal	15.995	121.642	13.15	Vástago	157.337	174.528	90.15	64.39	90.15
	Aplastamiento	15.995	360.800	4.43	Punzonamiento	157.337	443.420	35.48		
3	Sección transversal	15.995	121.642	13.15	Vástago	100.178	174.528	57.40	41.00	57.40
	Aplastamiento	15.995	360.800	4.43	Punzonamiento	100.178	443.420	22.59		
4	Sección transversal	15.995	121.642	13.15	Vástago	100.091	174.528	57.35	40.96	57.35
	Aplastamiento	15.995	360.800	4.43	Punzonamiento	100.091	443.420	22.57		
5	Sección transversal	11.867	121.642	9.76	Vástago	96.293	174.528	55.17	39.41	55.17

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
	Aplastamiento	11.867	360.800	3.29	Punzonamiento	96.293	443.420	21.72		
6	Sección transversal	11.860	121.642	9.75	Vástago	96.176	174.528	55.11	39.36	55.11
	Aplastamiento	11.860	360.800	3.29	Punzonamiento	96.176	443.420	21.69		
7	Sección transversal	11.864	121.642	9.75	Vástago	79.497	174.528	45.55	42.29	45.55
	Aplastamiento	11.864	360.800	3.29	Punzonamiento	79.497	443.420	17.93		
8	Sección transversal	11.857	121.642	9.75	Vástago	79.570	174.528	45.59	42.31	45.59
	Aplastamiento	11.857	360.800	3.29	Punzonamiento	79.570	443.420	17.94		
9	Sección transversal	31.798	121.642	26.14	Vástago	84.632	174.528	48.49	44.39	48.49
	Aplastamiento	31.798	360.800	8.81	Punzonamiento	84.632	443.420	19.09		
10	Sección transversal	31.798	121.642	26.14	Vástago	84.687	174.528	48.52	44.41	48.52
	Aplastamiento	31.798	360.800	8.81	Punzonamiento	84.687	443.420	19.10		
11	Sección transversal	31.798	121.642	26.14	Vástago	136.675	174.528	78.31	65.69	78.31
	Aplastamiento	31.798	360.800	8.81	Punzonamiento	136.675	443.420	30.82		
12	Sección transversal	31.798	121.642	26.14	Vástago	136.745	174.528	78.35	65.71	78.35
	Aplastamiento	31.798	360.800	8.81	Punzonamiento	136.745	443.420	30.84		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2355.60	13750.88
Calculada para momentos negativos	2355.60	13765.77



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.09	1.80	60.53
Momento resistente	kNm	297.01	388.98	76.36
Capacidad de rotación	mRad	391.737	667	58.76

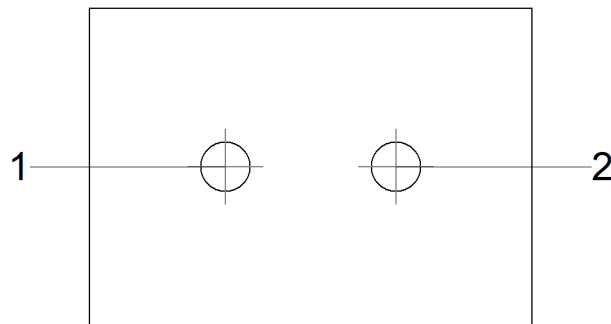
3) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	25.61
	Pandeo local	N/mm ²	47.59	230.97	20.60
	Aplastamiento	kN	23.43	78.95	29.68
	Desgarro	kN	46.50	99.19	46.88
Alma	Aplastamiento	kN	23.43	64.48	36.34
	Desgarro	kN	46.50	205.65	22.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	32.9	32.9	1.7	65.8	17.05	32.9	10.02	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	23.433	50.240	46.64	Vástago	0.000	90.432	0.00	46.64	46.64
	Aplastamiento	23.433	78.949	29.68	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	23.274	50.240	46.33	Vástago	0.000	90.432	0.00	46.33	46.33
	Aplastamiento	23.274	83.616	27.83	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

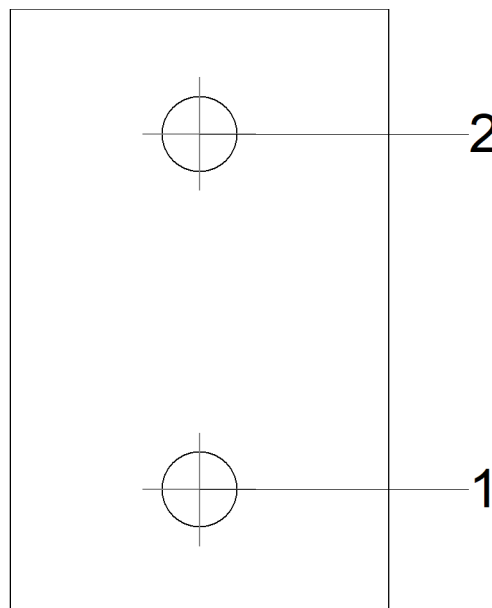
4) Viga HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	17.31
	Pandeo local	N/mm ²	45.19	235.15	19.22
	Aplastamiento	kN	35.34	124.26	28.44
	Desgarro	kN	68.59	175.40	39.10
Alma	Aplastamiento	kN	35.34	164.00	21.55
	Desgarro	kN	68.59	332.85	20.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	25.3	25.3	1.0	50.5	13.09	25.3	7.70	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	33.254	78.400	42.42	Vástago	0.000	141.120	0.00	42.42	42.42
	Aplastamiento	33.254	124.173	26.78	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	35.337	78.400	45.07	Vástago	0.000	141.120	0.00	45.07	45.07
	Aplastamiento	35.337	124.263	28.44	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

d) Medición

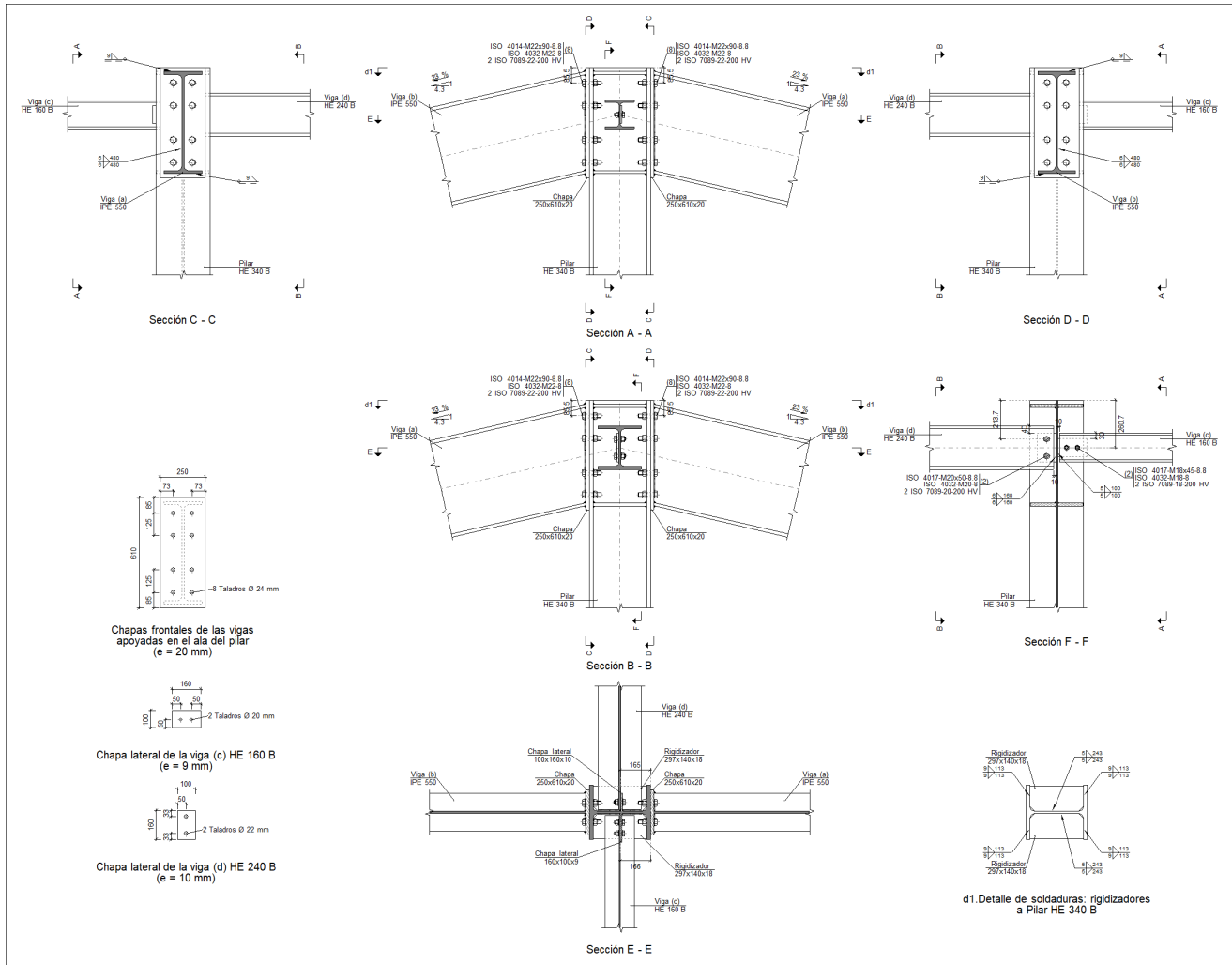
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2144
			6	1280
			9	2600

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x18	23.50
	Chapas	1	140x100x8	0.88
		1	100x160x10	1.26
		1	250x735x20	28.85
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M22x90
		2	ISO 4017-M16x45
		2	ISO 4017-M20x50
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M16
		2	ISO 4032-M20
		12	ISO 4032-M22
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16
		4	ISO 7089-20
		24	ISO 7089-22

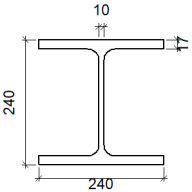
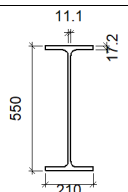
5.3.6.1.6 UNIÓN PILARILLO CENTRAL Y VIGAS DEL 2º PÓRTICO FORJADO

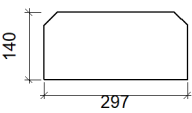
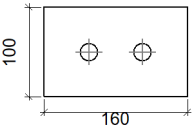
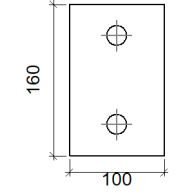
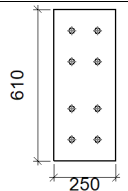
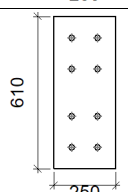
a) Detalle

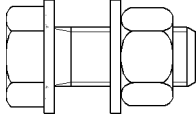
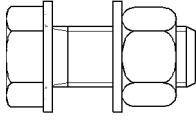
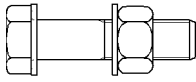


b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 160 B		160	100	9	2	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (d) HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 550		250	610	20	8	24	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 550		250	610	20	8	24	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M18x45-8.8 ISO 4032-M18-8 2 ISO 7089-18-200 HV		M18	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M22x90-8.8 ISO 4032-M22-8 2 ISO 7089-22-200 HV		M22	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	64.34	922.87	6.97	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	9.10	261.90	3.47	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	38.99	261.90	14.89	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	9.19	261.90	3.51	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	30.67	261.90	11.71	
Ala	Desgarro	N/mm ²	17.65	261.90	6.74	
	Cortante	N/mm ²	14.99	261.90	5.72	
Viga (a) IPE 550	Ala	Tracción por flexión	kN	100.20	349.06	28.71
		Tracción	kN	20.89	531.90	3.93
Viga (b) IPE 550	Ala	Tracción	kN	74.27	271.09	27.40
		Tracción por flexión	kN	99.90	349.06	28.62
	Alma	Tracción	kN	20.82	531.90	3.91
Viga (c) HE 160 B	Alma	Tracción	kN	74.07	271.09	27.32
		Punzonamiento	kN	99.91	514.83	19.41
Viga (d) HE 240 B	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	80.00	113.00	70.80
		Punzonamiento	kN	56.37	802.94	7.02
Viga (d) HE 240 B	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	57.82	132.78	43.54
		Punzonamiento	kN	56.37	802.94	7.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	6.0	6.0	0.1	12.1	3.12	6.0	1.84	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	5.9	10.3	2.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	27.2	27.2	3.7	54.7	14.17	27.2	8.28	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	6.5	11.2	2.91	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	4.8	4.8	2.2	10.3	2.67	4.8	1.47	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	5.8	10.1	2.62	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	21.1	21.1	4.2	42.8	11.08	21.1	6.44	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	6.6	11.4	2.94	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	100.20	349.06	28.71
Ala	Compresión	kN	82.74	971.41	8.52
	Tracción	kN	26.86	473.00	5.68
Alma	Tracción	kN	74.27	386.49	19.22

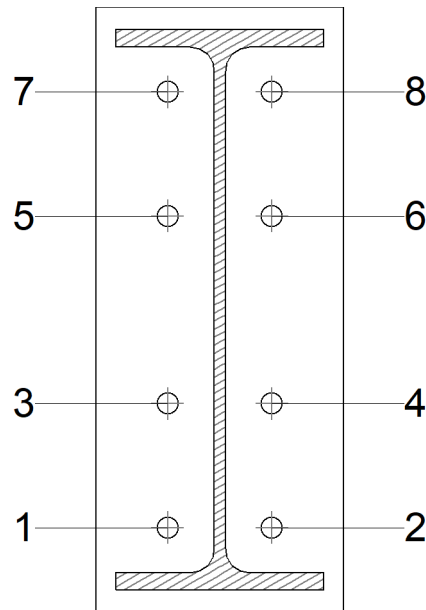
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	11.1	14.0	4.2	27.7	7.18	12.5	3.80	410.0	0.85
Soldadura del alma	42.7	42.7	1.8	85.4	22.13	42.7	13.01	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	27.5	34.7	4.8	66.6	17.25	31.8	9.68	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



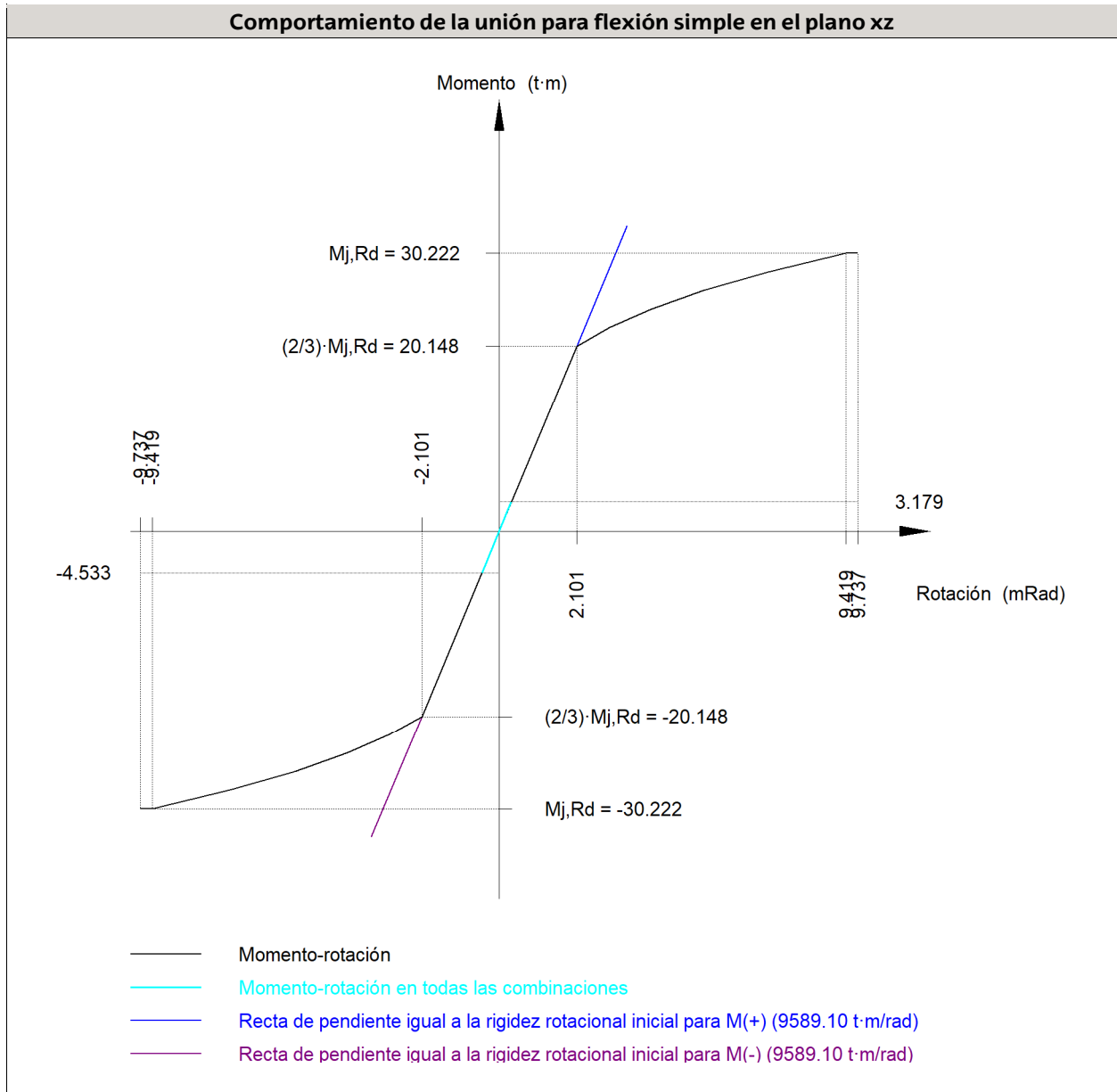
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	9.442	121.642	7.76	Vástago	50.099	174.528	28.71	24.02	28.71
	Aplastamiento	9.442	360.800	2.62	Punzonamiento	50.099	443.420	11.30		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
2	Sección transversal	9.442	121.642	7.76	Vástago	48.421	174.528	27.74	23.38	27.74
	Aplastamiento	9.442	360.800	2.62	Punzonamiento	48.421	443.420	10.92		
3	Sección transversal	5.589	121.642	4.59	Vástago	48.826	174.528	27.98	23.30	27.98
	Aplastamiento	5.589	360.800	1.55	Punzonamiento	48.826	443.420	11.01		
4	Sección transversal	4.343	121.642	3.57	Vástago	46.619	174.528	26.71	22.45	26.71
	Aplastamiento	4.343	360.800	1.20	Punzonamiento	46.619	443.420	10.51		
5	Sección transversal	4.357	121.642	3.58	Vástago	20.241	174.528	11.60	11.32	11.60
	Aplastamiento	4.357	360.800	1.21	Punzonamiento	20.241	443.420	4.56		
6	Sección transversal	4.356	121.642	3.58	Vástago	18.302	174.528	10.49	10.58	10.58
	Aplastamiento	4.356	360.800	1.21	Punzonamiento	18.302	443.420	4.13		
7	Sección transversal	15.053	121.642	12.37	Vástago	9.621	174.528	5.51	12.37	12.37
	Aplastamiento	15.053	360.800	4.17	Punzonamiento	9.621	443.420	2.17		
8	Sección transversal	4.365	121.642	3.59	Vástago	5.451	174.528	3.12	4.74	4.74
	Aplastamiento	4.365	360.800	1.21	Punzonamiento	5.451	443.420	1.23		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	3362.52	9589.10
Calculada para momentos negativos	3362.52	9589.10



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.09	1.80	60.53
Momento resistente	kNm	44.47	296.48	15.00
Capacidad de rotación	mRad	48.548	667	7.28

3) Viga (b) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	99.90	349.06	28.62
Ala	Compresión	kN	76.05	971.41	7.83
	Tracción	kN	26.78	473.00	5.66
Alma	Tracción	kN	74.07	386.49	19.17

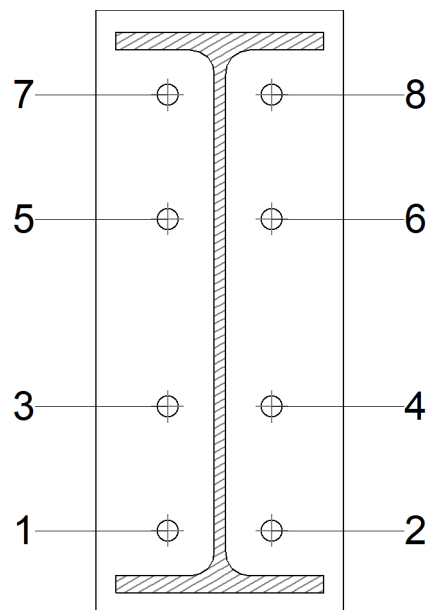
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	10.9	13.7	4.6	27.3	7.07	12.2	3.72	410.0	0.85
Soldadura del alma	42.5	42.5	2.9	85.2	22.08	42.5	12.97	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	27.4	34.6	5.1	66.5	17.22	31.6	9.63	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

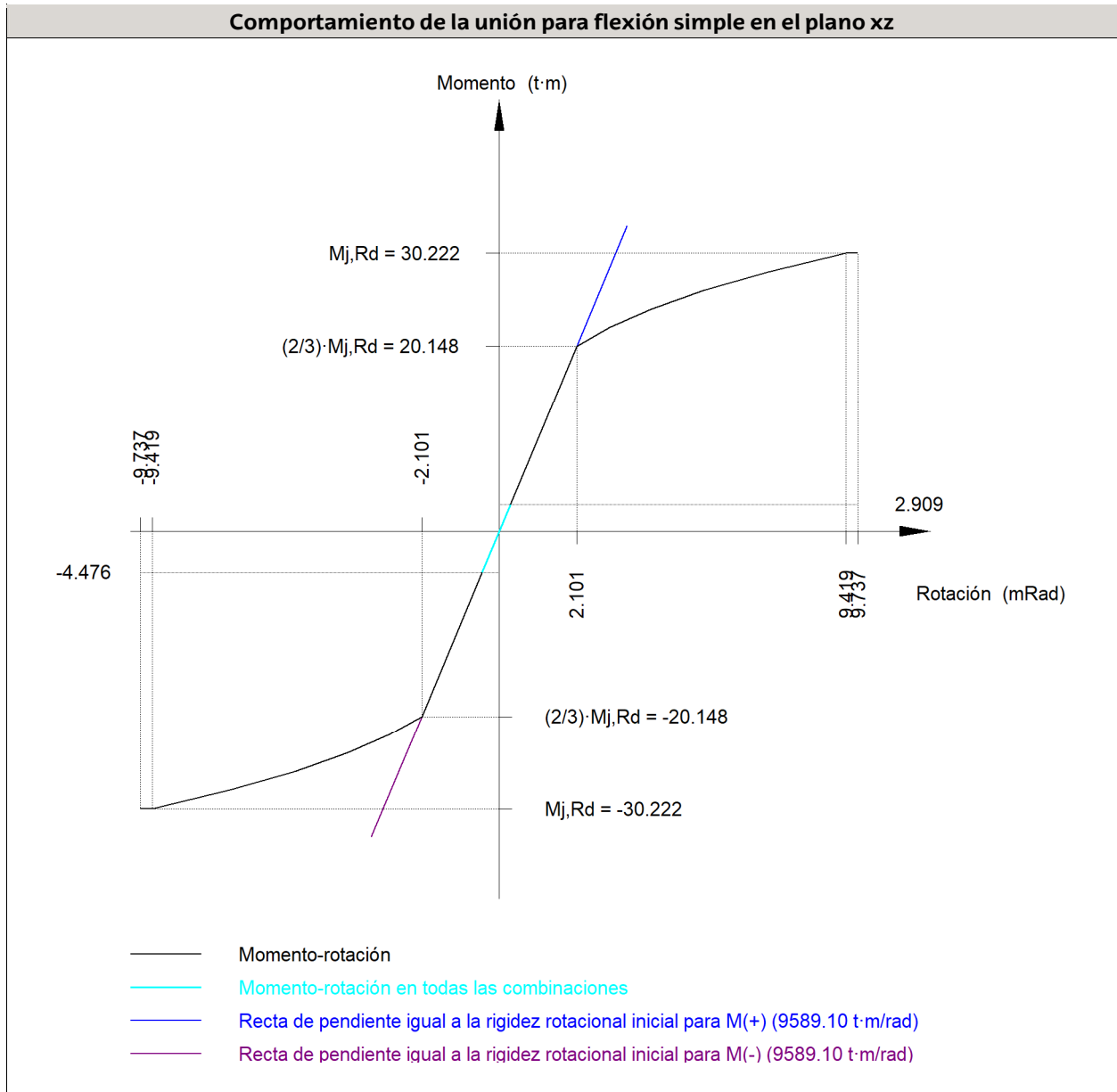


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	46.5
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	73	125	105	45.2

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	5.280	121.642	4.34	Vástago	48.265	174.528	27.65	23.76	27.65
	Aplastamiento	5.280	360.800	1.46	Punzonamiento	48.265	443.420	10.88		
2	Sección transversal	5.287	121.642	4.35	Vástago	49.949	174.528	28.62	24.37	28.62
	Aplastamiento	5.287	360.800	1.47	Punzonamiento	49.949	443.420	11.26		
3	Sección transversal	5.285	121.642	4.35	Vástago	46.483	174.528	26.63	22.85	26.63
	Aplastamiento	5.285	360.800	1.46	Punzonamiento	46.483	443.420	10.48		
4	Sección transversal	5.293	121.642	4.35	Vástago	48.697	174.528	27.90	23.68	27.90
	Aplastamiento	5.293	360.800	1.47	Punzonamiento	48.697	443.420	10.98		
5	Sección transversal	5.294	121.642	4.35	Vástago	18.275	174.528	10.47	11.03	11.03
	Aplastamiento	5.294	360.800	1.47	Punzonamiento	18.275	443.420	4.12		
6	Sección transversal	6.783	121.642	5.58	Vástago	20.220	174.528	11.59	11.75	11.75
	Aplastamiento	6.783	360.800	1.88	Punzonamiento	20.220	443.420	4.56		
7	Sección transversal	10.305	121.642	8.47	Vástago	4.285	174.528	2.46	8.47	8.47
	Aplastamiento	10.305	360.800	2.86	Punzonamiento	4.285	443.420	0.97		
8	Sección transversal	26.580	121.642	21.85	Vástago	7.672	174.528	4.40	21.85	21.85
	Aplastamiento	26.580	360.800	7.37	Punzonamiento	7.672	443.420	1.73		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	3362.52	9589.10
Calculada para momentos negativos	3362.52	9589.10



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.09	1.80	60.53
Momento resistente	kNm	43.91	296.48	14.81
Capacidad de rotación	mRad	47.935	667	7.19

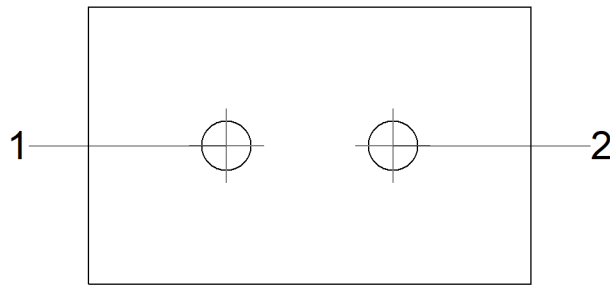
4) Viga (c) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.30
	Tensiones combinadas	--	--	--	44.43
	Pandeo local	N/mm ²	87.34	228.94	38.15
	Aplastamiento	kN	49.99	99.64	50.17
	Desgarro	kN	99.91	108.87	91.77
Alma	Aplastamiento	kN	49.99	78.75	63.48
	Desgarro	kN	99.91	216.53	46.14

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	9.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	70.6	70.6	1.0	141.3	36.62	70.6	21.54	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M18x45-8.8	20.0	50	40	--	60	50.0
2	ISO 4017-M18x45-8.8	20.0	50	50	--	60	50.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	49.987	61.440	81.36	Vástago	0.000	110.592	0.00	81.36	81.36
	Aplastamiento	49.987	99.643	50.17	Punzonamiento	0.000	139.876	0.00		
2	Sección transversal	49.960	61.440	81.31	Vástago	0.000	110.592	0.00	81.31	81.31
	Aplastamiento	49.960	110.700	45.13	Punzonamiento	0.000	139.876	0.00		

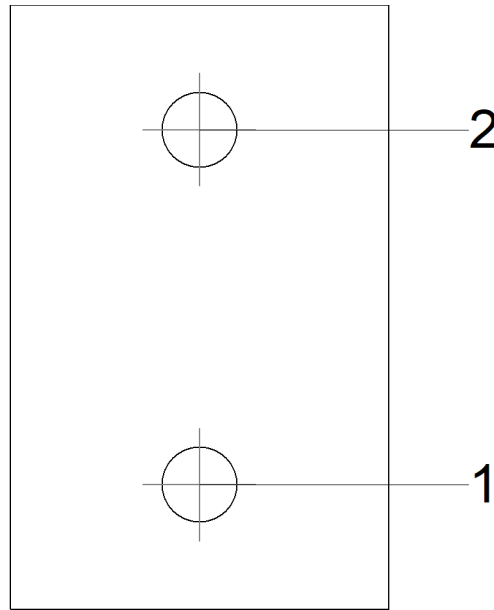
5) Viga (d) HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	14.99
	Pandeo local	N/mm ²	39.10	235.15	16.63
	Aplastamiento	kN	30.00	124.32	24.13
	Desgarro	kN	56.49	175.40	32.21
Alma	Aplastamiento	kN	19.25	99.63	19.32
	Desgarro	kN	56.46	332.85	16.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	20.8	20.8	1.7	41.7	10.79	20.8	6.33	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	26.491	78.400	33.79	Vástago	0.000	141.120	0.00	33.79	33.79
	Aplastamiento	26.491	123.930	21.38	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	30.002	78.400	38.27	Vástago	0.000	141.120	0.00	38.27	38.27
	Aplastamiento	30.002	124.323	24.13	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

d) Medición

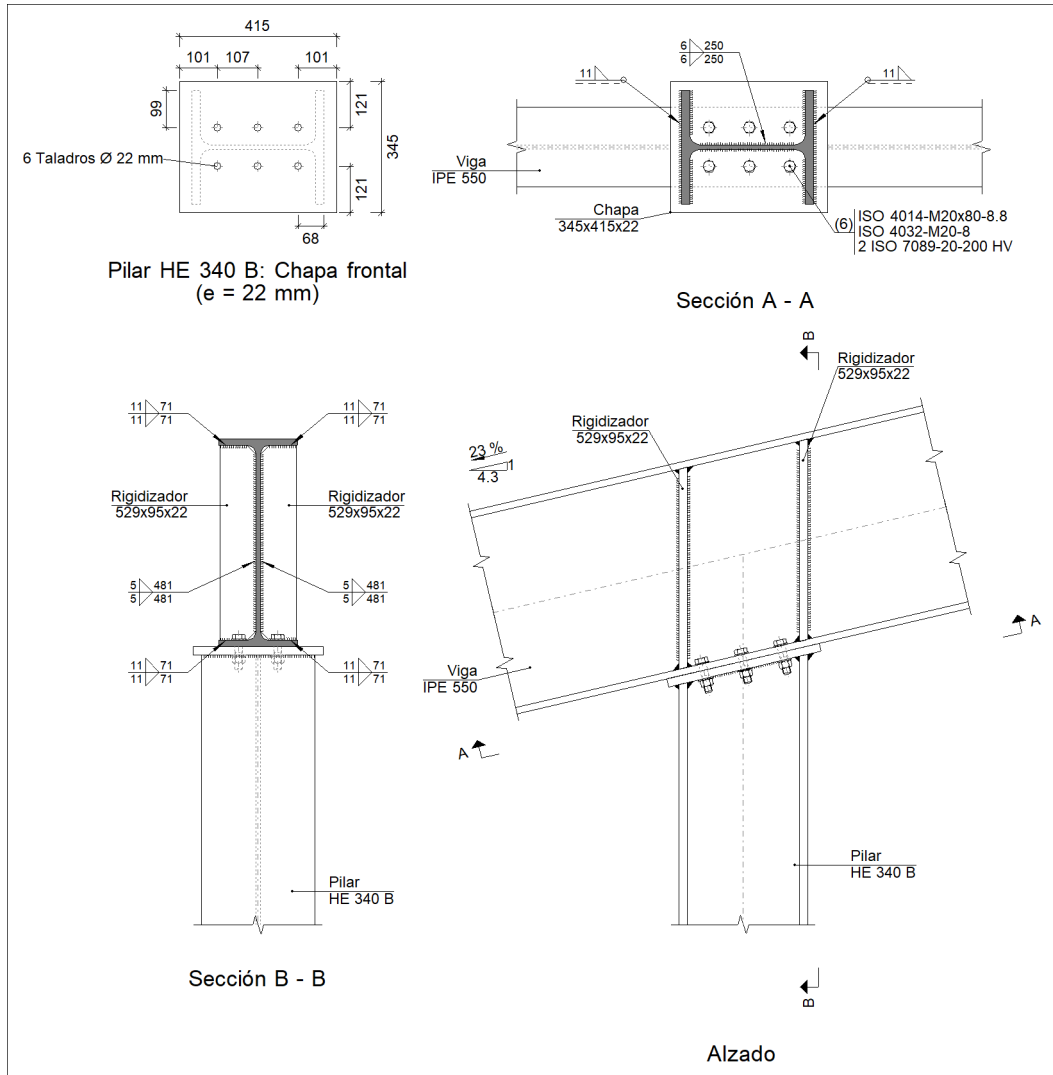
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2144
			6	2241
			9	3393

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x18	23.50
	Chapas	1	160x100x9	1.13
		1	100x160x10	1.26
		2	250x610x20	47.88
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	16	ISO 4014-M22x90
		2	ISO 4017-M18x45
		2	ISO 4017-M20x50
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M18
		2	ISO 4032-M20
		16	ISO 4032-M22
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-18
		4	ISO 7089-20
		32	ISO 7089-22

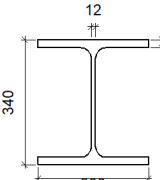
5.3.6.1.7 UNIÓN PILARILLOS ARTICULADOS FORJADO Y VIGA NAVE DE FÚTBOL

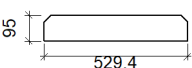
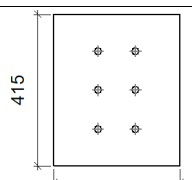
a) Detalle

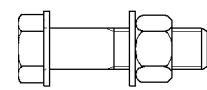


b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles					Acero		
Pieza	Descripción	Geometría					Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)			
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		529.4	95	22	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Pilar HE 340 B		345	415	22	6	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Viga IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	71.78
	Cortante	kN	131.72	830.83	15.85
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	45.86	261.90	17.51
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	42.29	261.90	16.15
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	30.06	261.90	11.48
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	53.04	261.90	20.25
Ala	Desgarro	N/mm ²	26.02	261.90	9.93
	Cortante	N/mm ²	27.18	261.90	10.38

Pilar HE 340 B	Ala	Tracción por flexión	kN	143.40	282.09	50.83
		Tracción	kN	32.85	579.36	5.67
	Alma	Tracción	kN	77.70	226.68	34.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	11	71	17.2	76.87	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	481	11.1	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	11	71	17.2	76.87	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	481	11.1	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	11	71	17.2	76.87	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	481	11.1	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	11	71	17.2	76.87	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	481	11.1	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	27.7	34.9	6.4	67.3	17.45	27.7	8.43	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	14.8	25.6	6.64	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	26.3	33.1	0.5	63.1	16.35	26.3	8.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	14.1	24.4	6.32	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	18.5	23.3	1.5	44.5	11.53	18.5	5.64	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	9.9	17.2	4.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	32.9	41.5	1.7	79.1	20.50	32.9	10.04	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	17.7	30.6	7.94	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Pilar HE 340 B

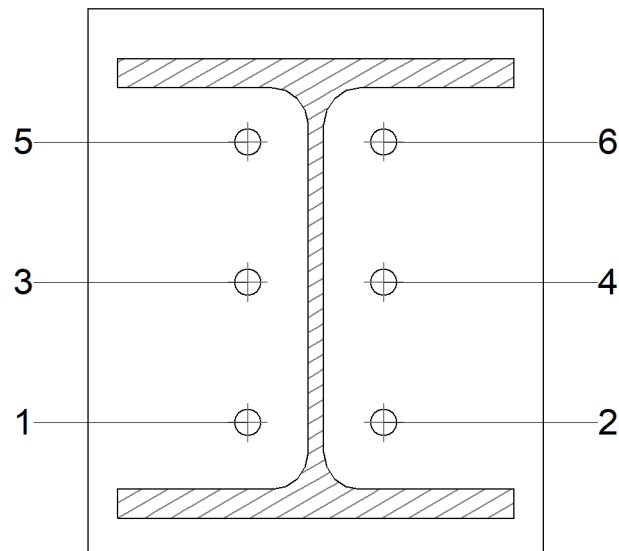
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	143.40	282.24	50.81
Ala	Compresión	kN	198.91	1214.26	16.38
	Tracción	kN	36.17	660.93	5.47
Alma	Tracción	kN	85.08	335.38	25.37

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	11	300	21.5	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	250	12.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	11	300	21.5	76.87				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	20.1	25.3	2.9	48.4	12.55	21.8	6.66	410.0	0.85
Soldadura del alma	66.6	66.6	1.9	133.3	34.54	66.6	20.31	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	22.9	28.9	0.5	55.1	14.28	28.6	8.73	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



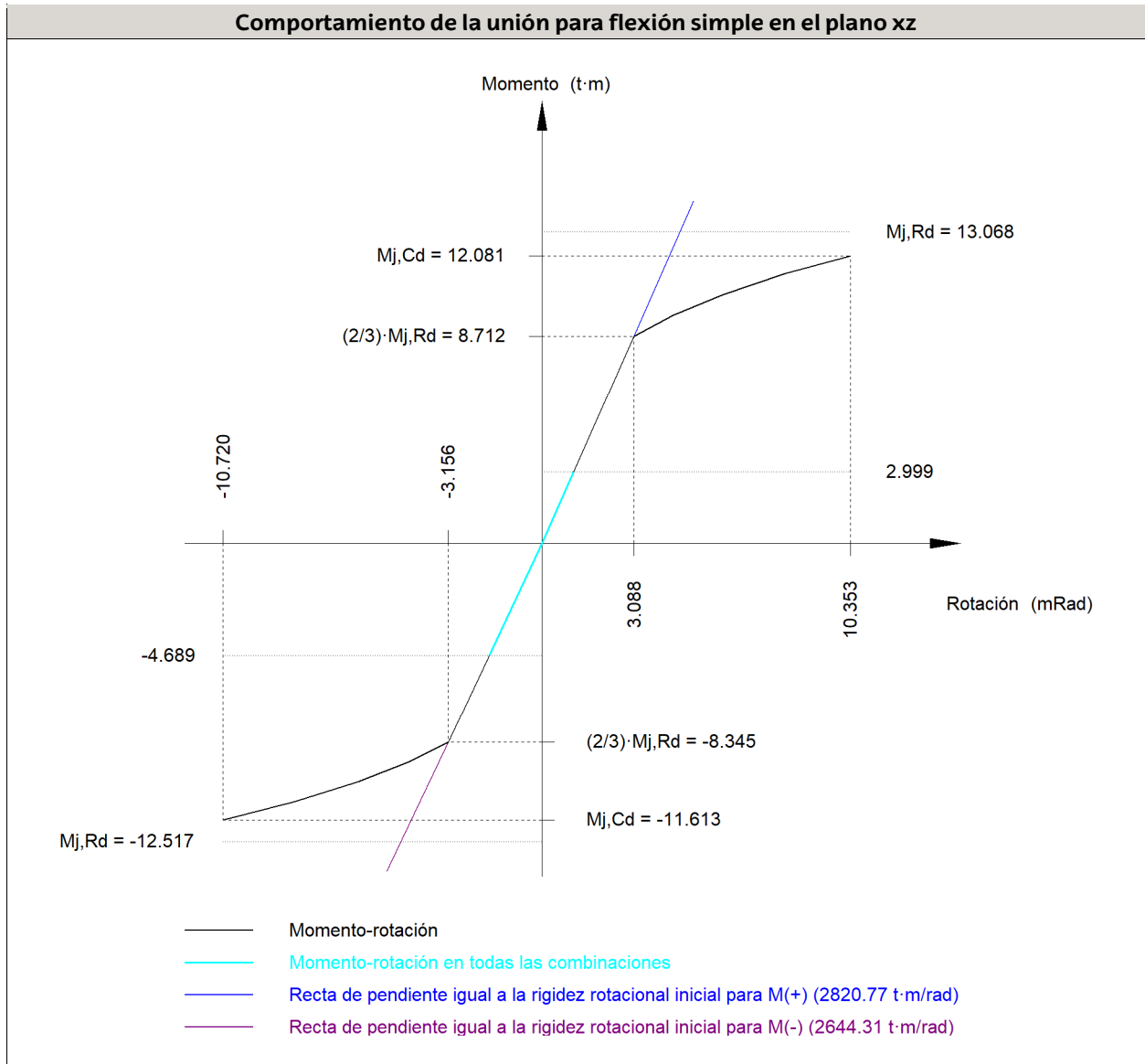
Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	45.5	
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	45.5	
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	45.5	
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	45.5	
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	41.1	
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	54	107	103	41.1	

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	5.354	100.531	5.33	Vástago	70.896	141.120	50.24	37.43	50.24

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
	Aplastamiento	5.354	282.080	1.90	Punzonamiento	70.896	337.794	20.99		
2	Sección transversal	5.615	100.531	5.59	Vástago	71.736	141.120	50.83	37.00	50.83
	Aplastamiento	5.615	282.057	1.99	Punzonamiento	71.736	337.794	21.24		
3	Sección transversal	6.165	100.531	6.13	Vástago	52.194	141.120	36.99	29.36	36.99
	Aplastamiento	6.165	230.395	2.68	Punzonamiento	52.194	337.794	15.45		
4	Sección transversal	7.195	100.531	7.16	Vástago	53.246	141.120	37.73	29.34	37.73
	Aplastamiento	7.195	241.180	2.98	Punzonamiento	53.246	337.794	15.76		
5	Sección transversal	9.787	100.531	9.74	Vástago	31.894	141.120	22.60	23.78	23.78
	Aplastamiento	9.787	229.341	4.27	Punzonamiento	31.894	337.794	9.44		
6	Sección transversal	10.433	100.531	10.38	Vástago	29.901	141.120	21.19	22.71	22.71
	Aplastamiento	10.433	234.364	4.45	Punzonamiento	29.901	337.794	8.85		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	3843.32	2820.77
Calculada para momentos negativos	3843.32	2644.31



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.72	1.80	95.83
Momento resistente	kNm	46.00	122.79	37.46
Capacidad de rotación	mRad	165.414	667	24.81

d) Medición

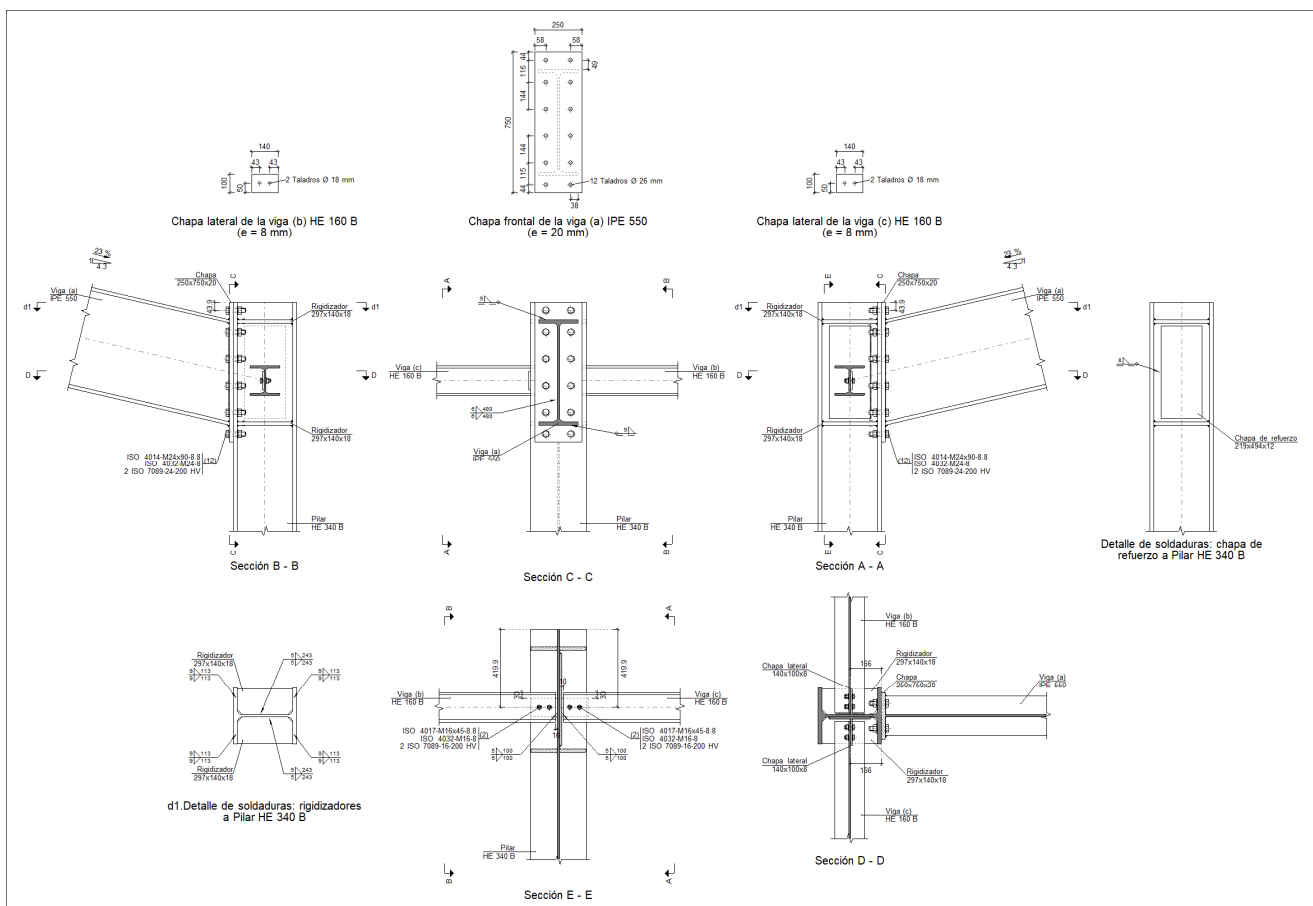
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	3852
			6	499
			11	2292

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	529x95x22	34.75
	Chapas	1	345x415x22	24.73
Total				59.47

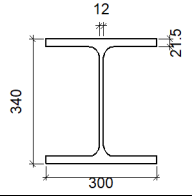
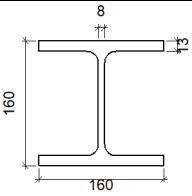
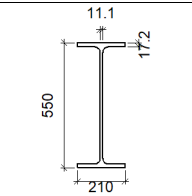
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4014-M20x80
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-20

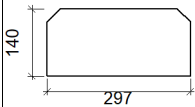
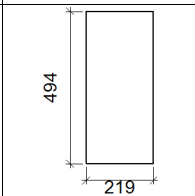
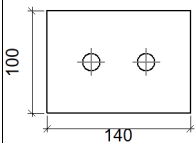
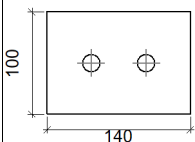
5.3.6.1.8 UNIÓN PILAR-VIGA NAVE DE FÚTBOL

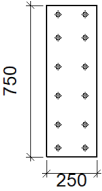
a) Detalle

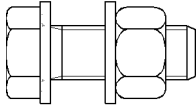
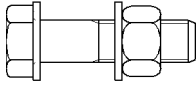


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de refuerzo		219	494	12	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (b) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 550		250	750	20	12	26	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M24x90-8.8 ISO 4032-M24-8 2 ISO 7089-24-200 HV		M24	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	946.93	1845.74	51.30	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	124.78	261.90	47.64	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	149.11	261.90	56.93	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	125.09	261.90	47.76	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	148.65	261.90	56.76	
Ala	Cortante	N/mm ²	150.62	261.90	57.51	
Viga (a) IPE 550	Ala	Tracción por flexión	kN	294.61	406.66	72.45
		Tracción	kN	133.35	624.56	21.35
	Alma	Tracción	kN	144.29	256.78	56.19
Viga (c) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	31.59	510.11	6.19
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.52	112.70	1.35
Viga (b) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	32.60	510.11	6.39
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.63	112.70	1.44

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	En ángulo	8	1427	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	88.2	88.2	0.1	176.5	45.73	88.2	26.90	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	86.4	149.7	38.79	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	105.4	105.4	0.0	210.9	54.65	105.4	32.15	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	108.7	188.3	48.81	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	88.5	88.5	0.1	176.9	45.84	88.5	26.97	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	86.6	150.1	38.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	105.1	105.1	0.0	210.2	54.48	105.1	32.05	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	108.5	188.0	48.71	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 550

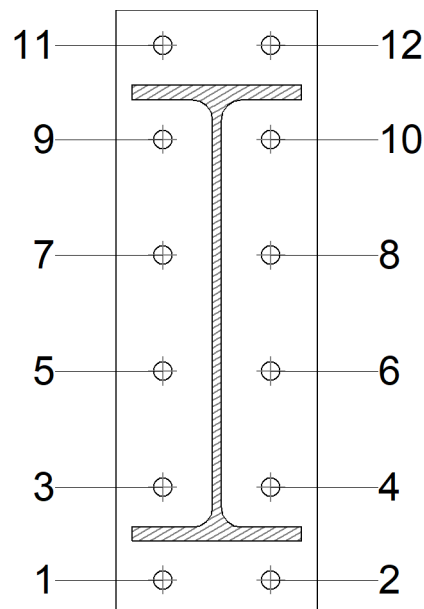
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	294.61	297.26	99.11
Ala	Compresión	kN	607.28	971.41	62.52
	Tracción	kN	214.88	470.29	45.69
Alma	Tracción	kN	152.52	417.53	36.53

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	83.9	105.7	0.6	201.4	52.19	117.5	35.81	410.0	0.85
Soldadura del alma	103.5	103.5	26.1	211.8	54.88	103.5	31.54	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	107.5	135.4	0.5	258.0	66.87	123.7	37.72	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

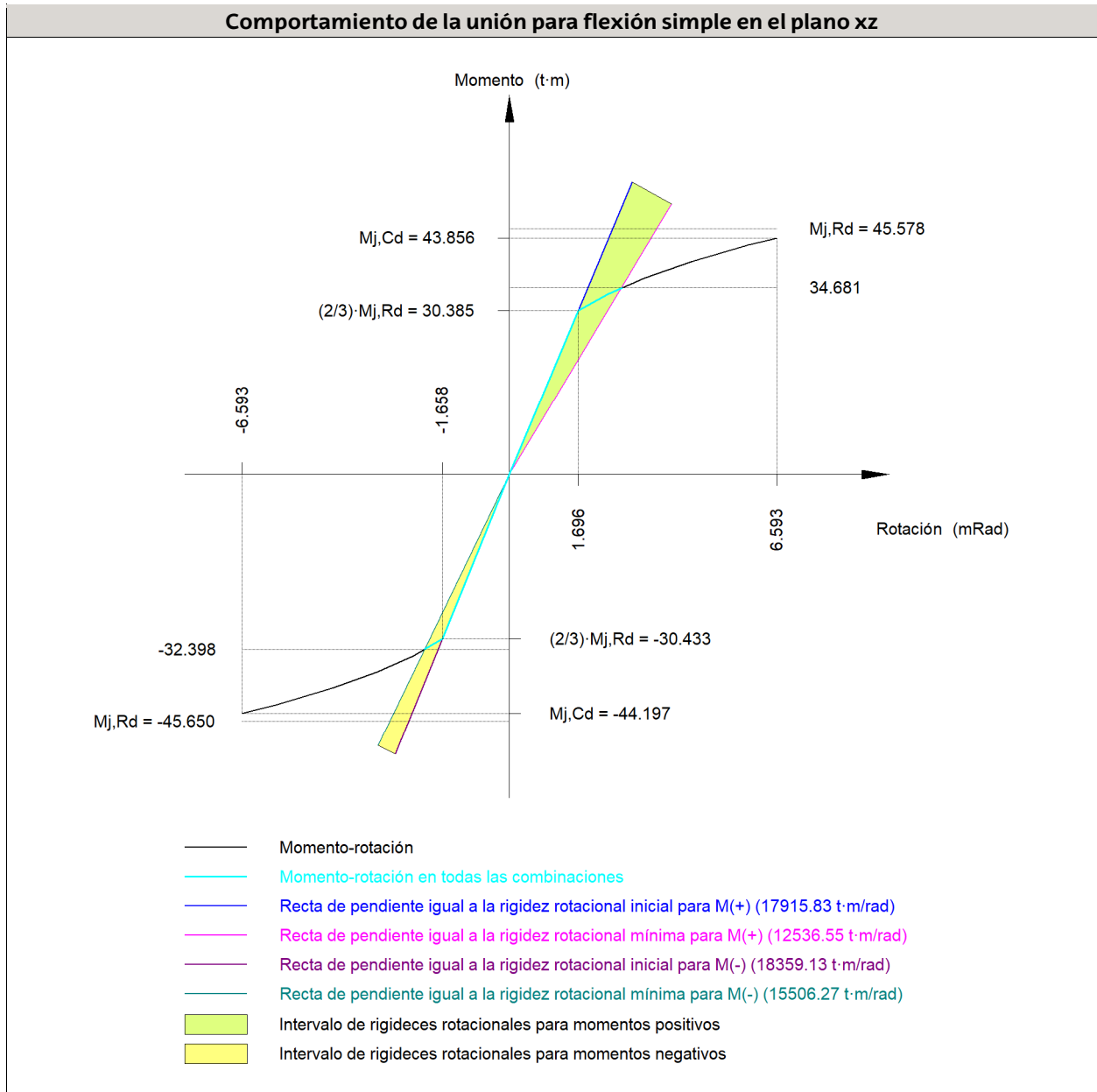


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	44	58	115	134	43.9
2	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	44	58	115	134	43.9
3	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	115	134	49.0
4	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	115	134	49.0
5	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	144	134	49.0
6	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	144	134	49.0
7	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	144	134	49.0
8	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	144	134	49.0
9	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	116	134	49.0
10	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	--	58	116	134	49.0
11	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	44	58	116	134	43.9
12	ISO 4014-M24x90-8.8	26.0	44	58	116	134	43.9

---: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	37.552	144.765	25.94	Vástago	201.521	203.328	99.11	70.79	99.11
	Aplastamiento	37.552	393.600	9.54	Punzonamiento	201.521	469.758	42.90		
2	Sección transversal	37.552	144.765	25.94	Vástago	201.383	203.328	99.04	70.75	99.04
	Aplastamiento	37.552	393.600	9.54	Punzonamiento	201.383	469.758	42.87		
3	Sección transversal	37.552	144.765	25.94	Vástago	128.118	203.328	63.01	45.01	63.01
	Aplastamiento	37.552	393.600	9.54	Punzonamiento	128.118	469.758	27.27		
4	Sección transversal	37.552	144.765	25.94	Vástago	128.006	203.328	62.96	44.97	62.96
	Aplastamiento	37.552	393.600	9.54	Punzonamiento	128.006	469.758	27.25		
5	Sección transversal	5.283	144.765	3.65	Vástago	112.817	203.328	55.49	39.63	55.49
	Aplastamiento	5.283	393.600	1.34	Punzonamiento	112.817	469.758	24.02		
6	Sección transversal	5.283	144.765	3.65	Vástago	112.667	203.328	55.41	39.58	55.41
	Aplastamiento	5.283	393.600	1.34	Punzonamiento	112.667	469.758	23.98		
7	Sección transversal	0.756	144.765	0.52	Vástago	92.079	203.328	45.29	32.35	45.29
	Aplastamiento	0.756	393.600	0.19	Punzonamiento	92.079	469.758	19.60		
8	Sección transversal	5.283	144.765	3.65	Vástago	92.176	203.328	45.33	32.38	45.33
	Aplastamiento	5.283	393.600	1.34	Punzonamiento	92.176	469.758	19.62		
9	Sección transversal	35.713	144.765	24.67	Vástago	108.226	203.328	53.23	38.02	53.23
	Aplastamiento	35.713	393.600	9.07	Punzonamiento	108.226	469.758	23.04		
10	Sección transversal	35.713	144.765	24.67	Vástago	108.300	203.328	53.26	38.05	53.26
	Aplastamiento	35.713	393.600	9.07	Punzonamiento	108.300	469.758	23.05		
11	Sección transversal	35.713	144.765	24.67	Vástago	175.362	203.328	86.25	61.60	86.25
	Aplastamiento	35.713	393.600	9.07	Punzonamiento	175.362	469.758	37.33		
12	Sección transversal	35.713	144.765	24.67	Vástago	175.454	203.328	86.29	61.64	86.29
	Aplastamiento	35.713	393.600	9.07	Punzonamiento	175.454	469.758	37.35		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2712.25	17915.83
Calculada para momentos negativos	2712.25	18359.13



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.60	1.80	89.01
Momento resistente	kNm	340.22	447.12	76.09
Capacidad de rotación	mRad	419.611	667	62.94

3) Viga (c) HE 160 B

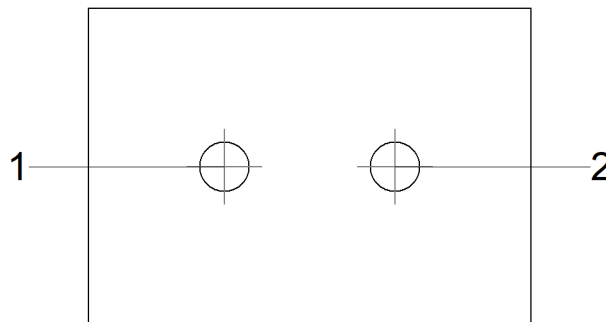
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	17.11
	Pandeo local	N/mm ²	44.76	230.97	19.38
	Aplastamiento	kN	15.82	78.75	20.08
	Desgarro	kN	31.61	99.19	31.86
Alma	Aplastamiento	kN	14.04	65.11	21.57

	Desgarro	kN	31.61	205.65	15.37
--	----------	----	-------	--------	-------

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	22.3	22.3	1.0	44.7	11.59	22.3	6.81	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	15.898	50.240	31.64	Vástago	0.000	90.432	0.00	31.64	31.64
	Aplastamiento	15.898	83.720	18.99	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	15.816	50.240	31.48	Vástago	0.000	90.432	0.00	31.48	31.48

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
	Aplastamiento	15.816	78.755	20.08	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

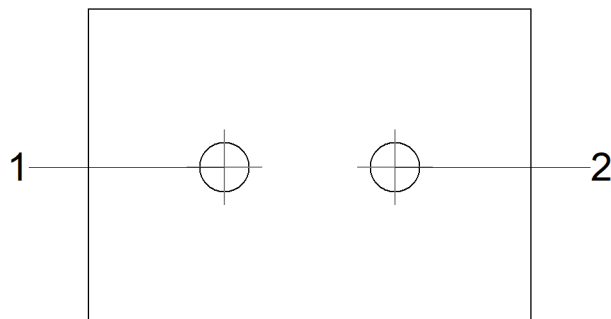
4) Viga (b) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	17.59
	Pandeo local	N/mm ²	46.01	230.97	19.92
	Aplastamiento	kN	16.32	78.75	20.72
	Desgarro	kN	32.61	99.19	32.88
Alma	Aplastamiento	kN	14.04	65.11	21.57
	Desgarro	kN	32.61	205.65	15.86

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	23.0	23.0	1.0	46.1	11.95	23.1	7.03	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	16.397	50.240	32.64	Vástago	0.000	90.432	0.00	32.64	32.64
	Aplastamiento	16.397	83.711	19.59	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	16.318	50.240	32.48	Vástago	0.000	90.432	0.00	32.48	32.48
	Aplastamiento	16.318	78.752	20.72	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

d) Medición

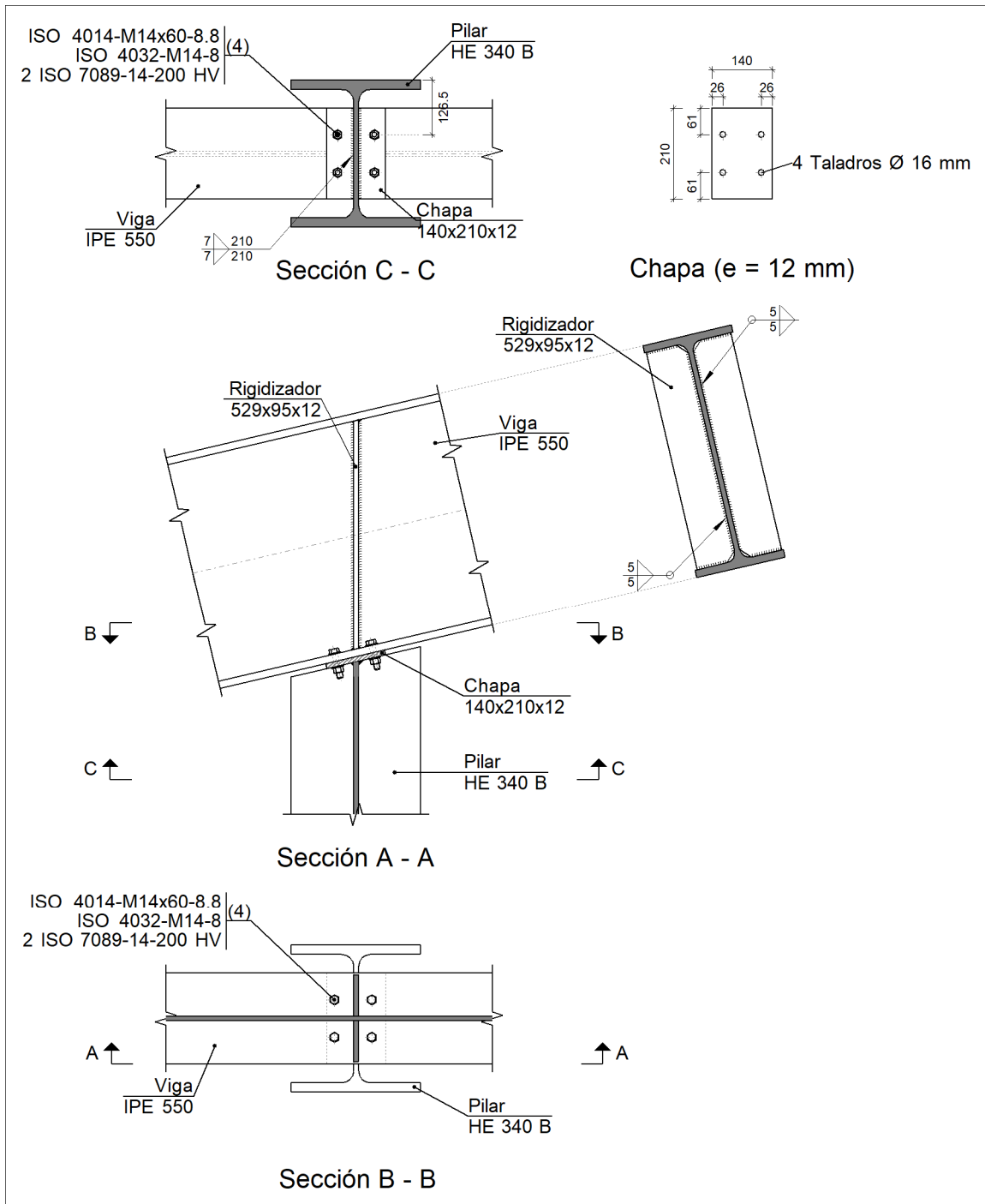
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2344
			6	960
			8	1427
			9	2600

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x18	23.50
	Chapas	2	140x100x8	1.76
		1	219x494x12	10.19
		1	250x750x20	29.44
	Total			

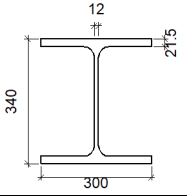
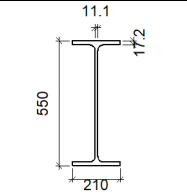
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M24x90
		4	ISO 4017-M16x45
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
		12	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16
		24	ISO 7089-24

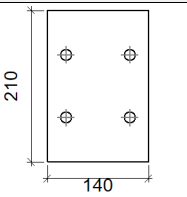
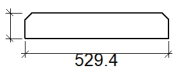
5.3.6.1.9 UNIÓN PILARILLO ARTICULADO VIGA NAVE DE FÚTBOL

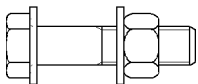
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		140	210	12	4	16	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		529.4	95	12	-	-	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería							
Descripción	Geometría			Acero			
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
ISO 4014-M14x60-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	60	8.8	6524.0	8154.9	

c) Comprobación

1) Viga IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	33.59	938.93	3.58

	Tracción	kN	33.59	260.86	12.88
Ala	Tracción por flexión	kN	15.95	132.48	12.04
	Aplastamiento	kN	6.57	174.12	3.77

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	5	481	11.1	90.00				
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	5	66	11.1	76.87				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	7.0	12.1	3.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85

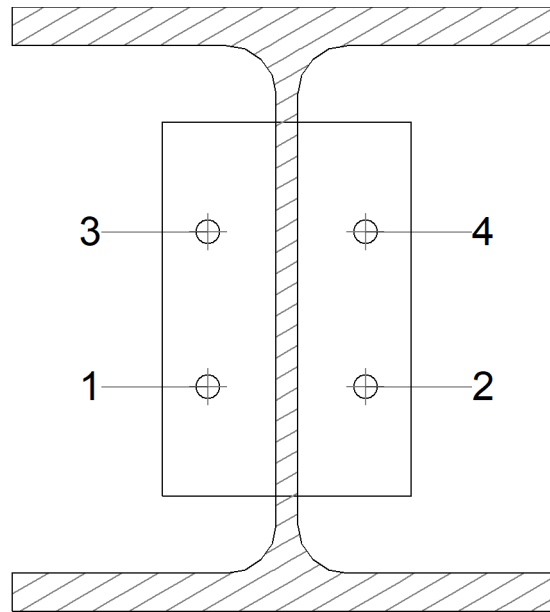
2) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	N/mm ²	0.00	0.15	0.57
	Desgarro	kN	25.63	645.97	3.97
	Tensiones combinadas	--	--	--	9.68
Ala	Tracción por flexión	kN	15.95	82.79	19.26
Alma	Pandeo local	N/mm ²	22.42	261.90	8.56

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	7	210	12.0	76.87				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.5	17.2	5.8	32.7	8.46	17.3	5.26	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	61	26	87	88	25.8
2	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	61	26	87	88	25.8
3	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	61	26	87	88	25.8
4	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	61	26	87	88	25.8

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	6.567	49.260	13.33	Vástago	9.445	66.240	14.26	21.85	21.85
	Aplastamiento	6.567	121.437	5.41	Punzonamiento	9.445	164.558	5.74		
2	Sección transversal	6.567	49.260	13.33	Vástago	9.445	66.240	14.26	21.85	21.85
	Aplastamiento	6.497	130.343	4.98	Punzonamiento	9.445	164.558	5.74		
3	Sección transversal	6.567	49.260	13.33	Vástago	12.759	66.240	19.26	24.88	24.88
	Aplastamiento	6.567	121.437	5.41	Punzonamiento	12.759	164.558	7.75		
4	Sección transversal	6.567	49.260	13.33	Vástago	12.759	66.240	19.26	24.88	24.88
	Aplastamiento	6.497	130.343	4.98	Punzonamiento	12.759	164.558	7.75		

d) Medición

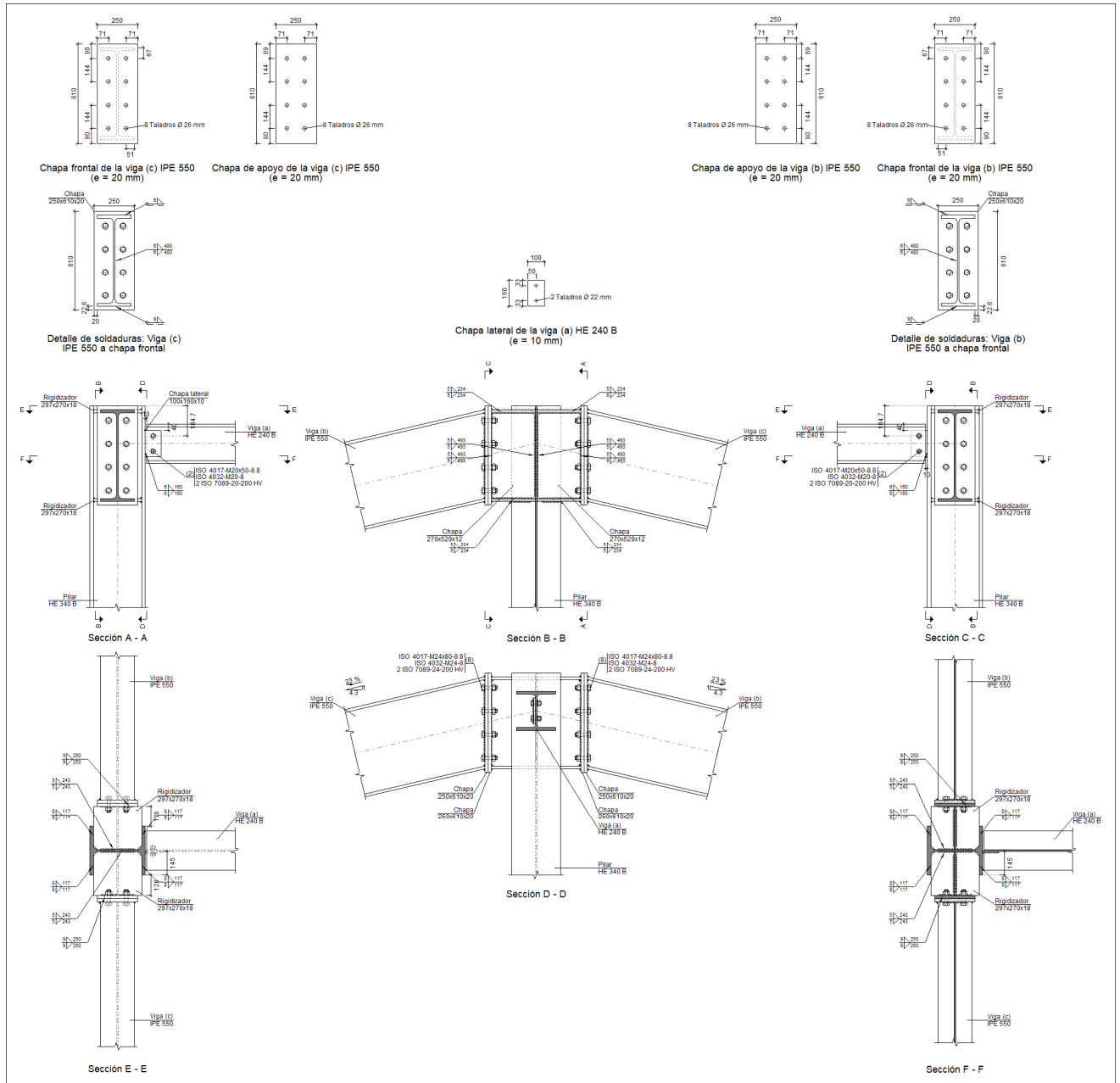
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2494
			7	420

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	529x95x12	9.48
	Chapas	1	140x210x12	2.77
				Total

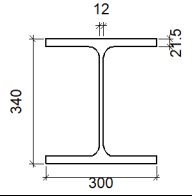
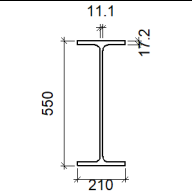
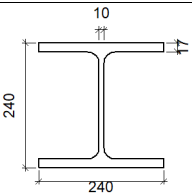
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M14x60
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M14
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-14

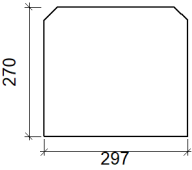
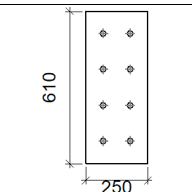
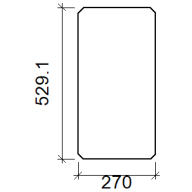
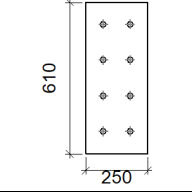
5.3.6.1.10 UNIÓN PILARILLO EMPOTRADO VIGA NAVE DE FÚTBOL

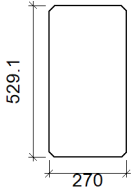
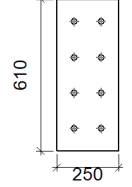
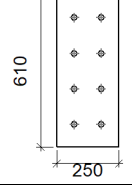
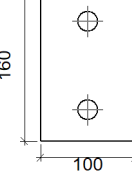
a) Detalle

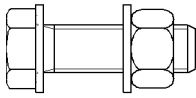
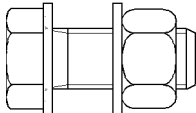


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	270	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 550		250	610	20	8	26	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 550		270	529.1	12	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 550		250	610	20	8	26	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 550		270	529.1	12	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (c) IPE 550		250	610	20	8	26	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 550		250	610	20	8	26	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (a) HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M24x80-8.8 ISO 4032-M24-8 2 ISO 7089-24-200 HV		M24	80	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25
	Cortante	kN	44.54	922.87	4.83
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	28.84	261.90	11.01

	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	18.97	261.90	7.24
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	33.91	261.90	12.95
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	24.23	261.90	9.25
	Chapa frontal [Viga (c) IPE 550]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (c) IPE 550]	Cortante	kN	60.84	424.60	14.33
	Chapa frontal [Viga (b) IPE 550]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (b) IPE 550]	Cortante	kN	64.03	424.60	15.08
	Ala	Desgarro	N/mm ²	25.16	261.90	9.61
		Cortante	N/mm ²	16.61	261.90	6.34
Viga (c) IPE 550	Rigidizadores	Tracción	kN	8.39	495.00	1.70
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	32.64	393.56	8.29
	Chapa vertical	Tracción	kN	23.52	448.68	5.24
Viga (b) IPE 550	Rigidizadores	Tracción	kN	8.85	495.00	1.79
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	34.49	393.56	8.76
	Chapa vertical	Tracción	kN	24.22	448.68	5.40

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	9	250	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	9	250	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	9	250	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	9	250	18.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	5	493	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	493	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	234	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	234	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	5	493	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	493	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	234	12.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	234	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	18.7	32.4	8.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.0	12.0	3.12	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	8.8	8.8	3.7	18.7	4.84	8.8	2.67	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	12.3	21.3	5.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.1	12.4	3.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	6.9	6.9	0.9	14.0	3.62	6.9	2.11	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	22.0	38.2	9.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	5.8	10.1	2.62	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	9.2	9.2	0.8	18.5	4.80	9.2	2.82	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	15.7	27.3	7.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.5	13.0	3.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	6.7	6.7	1.6	13.6	3.53	6.7	2.03	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	5.6	9.7	2.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	5.6	9.7	2.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	26.0	45.0	11.67	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	18.6	32.3	8.36	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	5.5	9.5	2.47	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	5.5	9.5	2.47	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	27.4	47.4	12.28	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	17.3	30.0	7.77	0.0	0.00	410.0	0.85

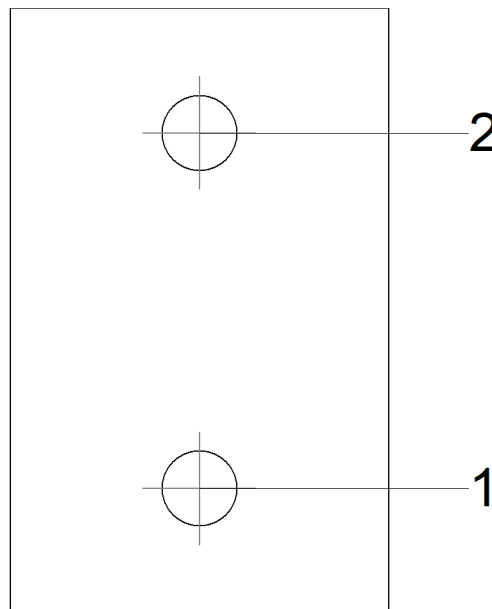
2) Viga (a) HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	18.24
	Pandeo local	N/mm ²	47.63	235.15	20.26
	Aplastamiento	kN	36.78	124.30	29.59
	Desgarro	kN	69.95	175.40	39.88
Alma	Aplastamiento	kN	24.56	99.54	24.67
	Desgarro	kN	69.92	332.85	21.01

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	25.7	25.7	1.8	51.6	13.36	25.7	7.84	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	33.169	78.400	42.31	Vástago	0.000	141.120	0.00	42.31	42.31
	Aplastamiento	33.169	124.032	26.74	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	36.781	78.400	46.91	Vástago	0.000	141.120	0.00	46.91	46.91
	Aplastamiento	36.781	124.299	29.59	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

3) Viga (c) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	32.64	392.29	8.32
Ala	Compresión	kN	44.78	971.41	4.61
	Tracción	kN	8.45	473.00	1.79
Alma	Tracción	kN	23.52	417.53	5.63

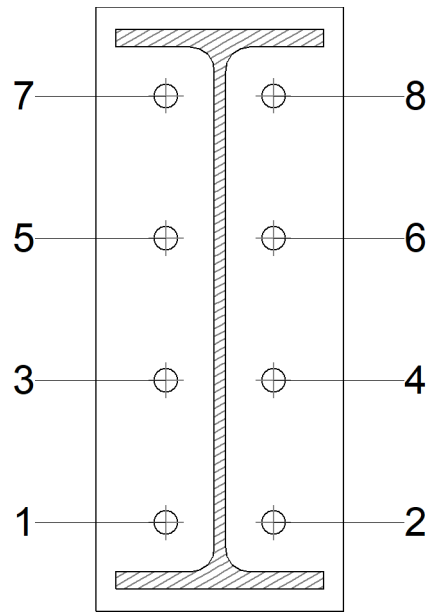
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	11.5	14.4	0.9	27.6	7.14	13.8	4.20	410.0	0.85
Soldadura del alma	12.0	12.0	4.4	25.1	6.50	12.0	3.65	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	10.4	13.1	1.0	25.1	6.49	13.8	4.21	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



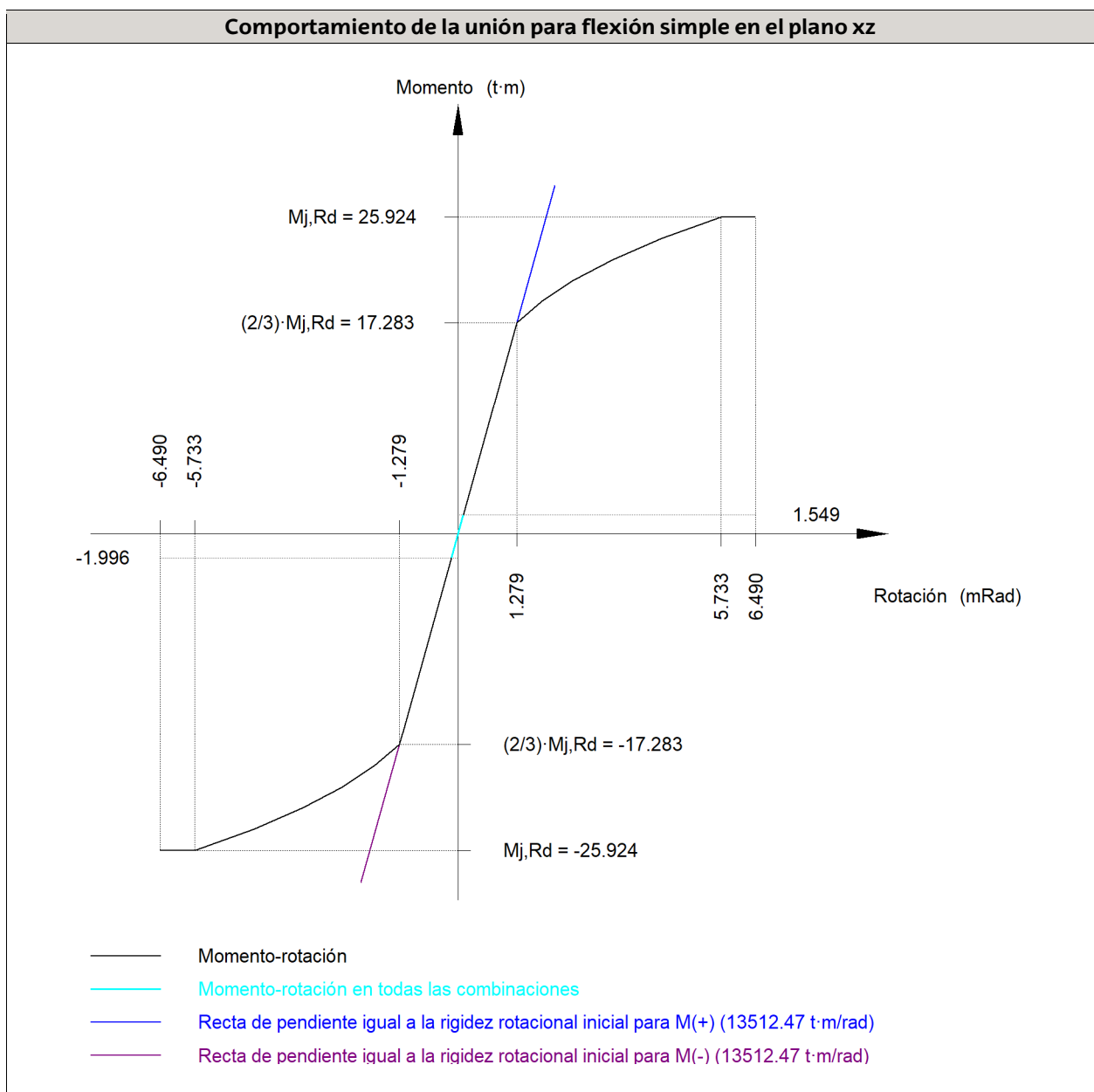
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
2	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
3	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
4	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
5	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
6	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
7	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
8	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	5.376	112.960	4.76	Vástago	13.830	203.328	6.80	7.31	7.31
	Aplastamiento	5.376	370.984	1.45	Punzonamiento	13.830	467.100	2.96		
2	Sección transversal	5.345	112.960	4.73	Vástago	12.203	203.328	6.00	7.10	7.10
	Aplastamiento	5.345	393.600	1.36	Punzonamiento	12.203	467.100	2.61		
3	Sección transversal	5.324	112.960	4.71	Vástago	12.444	203.328	6.12	7.03	7.03
	Aplastamiento	5.324	371.249	1.43	Punzonamiento	12.444	467.100	2.66		
4	Sección transversal	5.294	112.960	4.69	Vástago	10.352	203.328	5.09	7.72	7.72
	Aplastamiento	5.294	393.600	1.35	Punzonamiento	10.352	467.100	2.22		
5	Sección transversal	5.309	112.960	4.70	Vástago	13.539	203.328	6.66	9.22	9.22
	Aplastamiento	5.309	371.891	1.43	Punzonamiento	13.539	467.100	2.90		
6	Sección transversal	5.335	112.960	4.72	Vástago	15.669	203.328	7.71	9.91	9.91
	Aplastamiento	5.335	393.600	1.36	Punzonamiento	15.669	467.100	3.35		
7	Sección transversal	5.350	112.960	4.74	Vástago	15.261	203.328	7.51	9.92	9.92
	Aplastamiento	5.350	371.671	1.44	Punzonamiento	15.261	467.100	3.27		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	5.376	112.960	4.76	Vástago	16.917	203.328	8.32	10.46	10.46
	Aplastamiento	5.376	393.600	1.37	Punzonamiento	16.917	467.100	3.62		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1821.14	13512.47
Calculada para momentos negativos	1821.14	13512.47



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.62	1.80	89.93
Momento resistente	kNm	19.58	254.31	7.70
Capacidad de rotación	mRad	22.760	667	3.41

4) Viga (b) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	34.49	392.29	8.79
Ala	Compresión	kN	43.66	971.41	4.49
	Tracción	kN	8.91	473.00	1.88
Alma	Tracción	kN	24.22	417.53	5.80

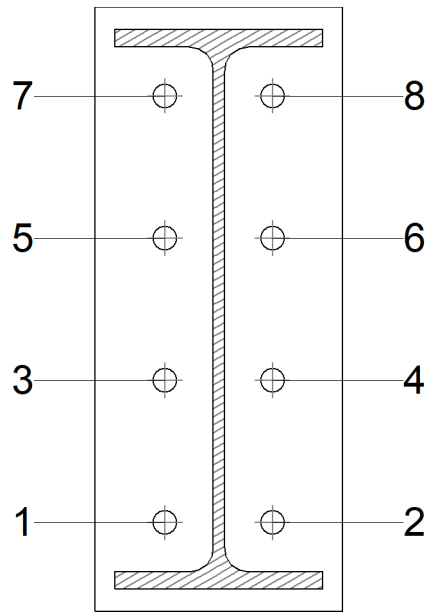
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	10.9	13.8	1.7	26.4	6.84	13.0	3.98	410.0	0.85
Soldadura del alma	12.6	12.6	4.6	26.5	6.87	12.6	3.85	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	9.6	12.1	0.9	23.2	6.01	12.7	3.88	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



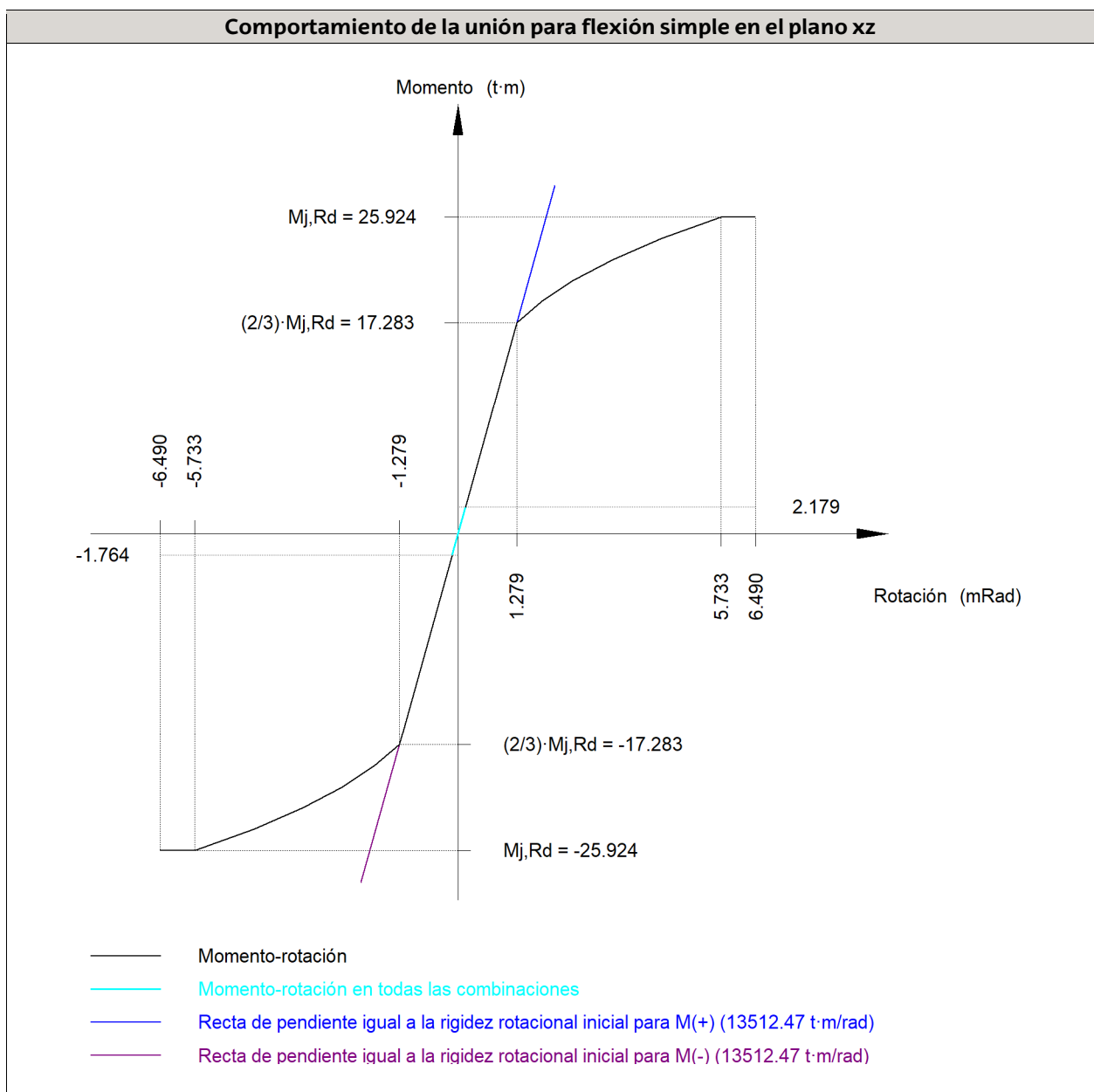
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
2	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
3	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
4	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
5	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
6	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
7	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0
8	ISO 4017-M24x80-8.8	26.0	--	71	144	108	48.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	5.131	112.960	4.54	Vástago	10.387	203.328	5.11	6.76	6.76
	Aplastamiento	5.131	393.600	1.30	Punzonamiento	10.387	467.100	2.22		
2	Sección transversal	5.286	112.960	4.68	Vástago	12.173	203.328	5.99	6.91	6.91
	Aplastamiento	5.286	362.535	1.46	Punzonamiento	12.173	467.100	2.61		
3	Sección transversal	4.538	112.960	4.02	Vástago	9.612	203.328	4.73	6.29	6.29
	Aplastamiento	4.538	393.600	1.15	Punzonamiento	9.612	467.100	2.06		
4	Sección transversal	4.712	112.960	4.17	Vástago	11.073	203.328	5.45	6.97	6.97
	Aplastamiento	4.712	363.660	1.30	Punzonamiento	11.073	467.100	2.37		
5	Sección transversal	3.954	112.960	3.50	Vástago	16.138	203.328	7.94	8.69	8.69
	Aplastamiento	3.954	393.600	1.00	Punzonamiento	16.138	467.100	3.46		
6	Sección transversal	4.152	112.960	3.68	Vástago	14.382	203.328	7.07	8.03	8.03
	Aplastamiento	4.152	365.254	1.14	Punzonamiento	14.382	467.100	3.08		
7	Sección transversal	4.229	112.960	3.74	Vástago	17.875	203.328	8.79	9.32	9.32
	Aplastamiento	4.229	383.664	1.10	Punzonamiento	17.875	467.100	3.83		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
8	Sección transversal	4.576	112.960	4.05	Vástago	16.508	203.328	8.12	8.79	8.79
	Aplastamiento	4.576	378.660	1.21	Punzonamiento	16.508	467.100	3.53		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1821.14	13512.47
Calculada para momentos negativos	1821.14	13512.47



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.62	1.80	89.93
Momento resistente	kNm	21.37	254.31	8.40
Capacidad de rotación	mRad	24.846	667	3.73

d) Medición

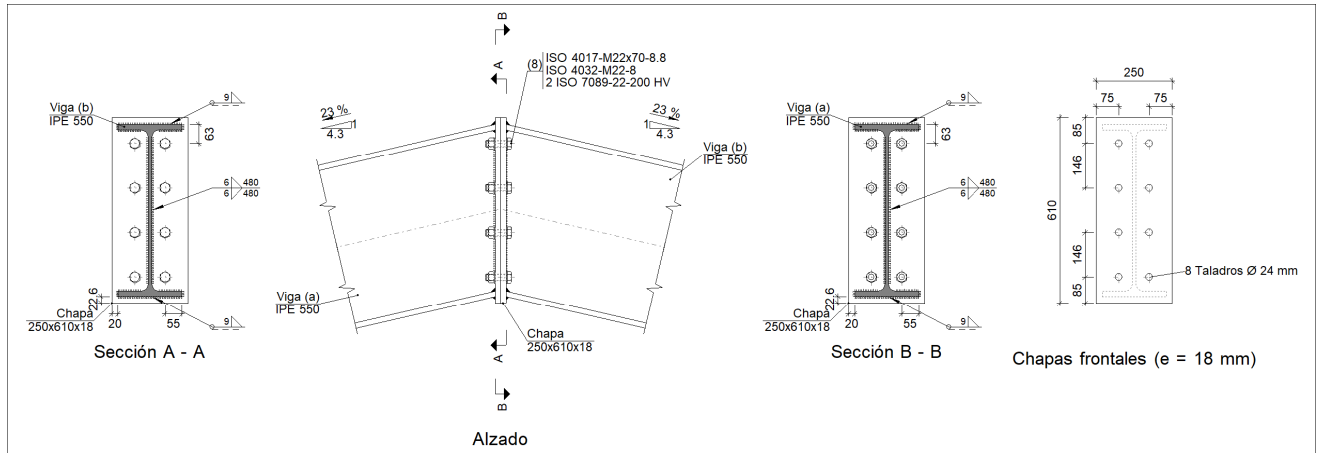
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	7761
			6	2241
			8	1872
			9	3585

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x270x18	45.32
	Chapas	1	100x160x10	1.26
		2	270x529x12	26.91
		4	250x610x20	95.77
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M20x50
		16	ISO 4017-M24x80
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M20
		16	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-20
		32	ISO 7089-24

5.3.6.1.11 UNIÓN DINTELES NAVE DE FÚTBOL

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		250	610	18	8	24	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M22x70-8.8 ISO 4032-M22-8 2 ISO 7089-22-200 HV		M22	70	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	166.29	341.97	48.63
Ala	Aplastamiento	kN	242.68	971.41	24.98
	Tracción	kN	43.02	473.00	9.09
Alma	Tracción	kN	114.28	379.87	30.08

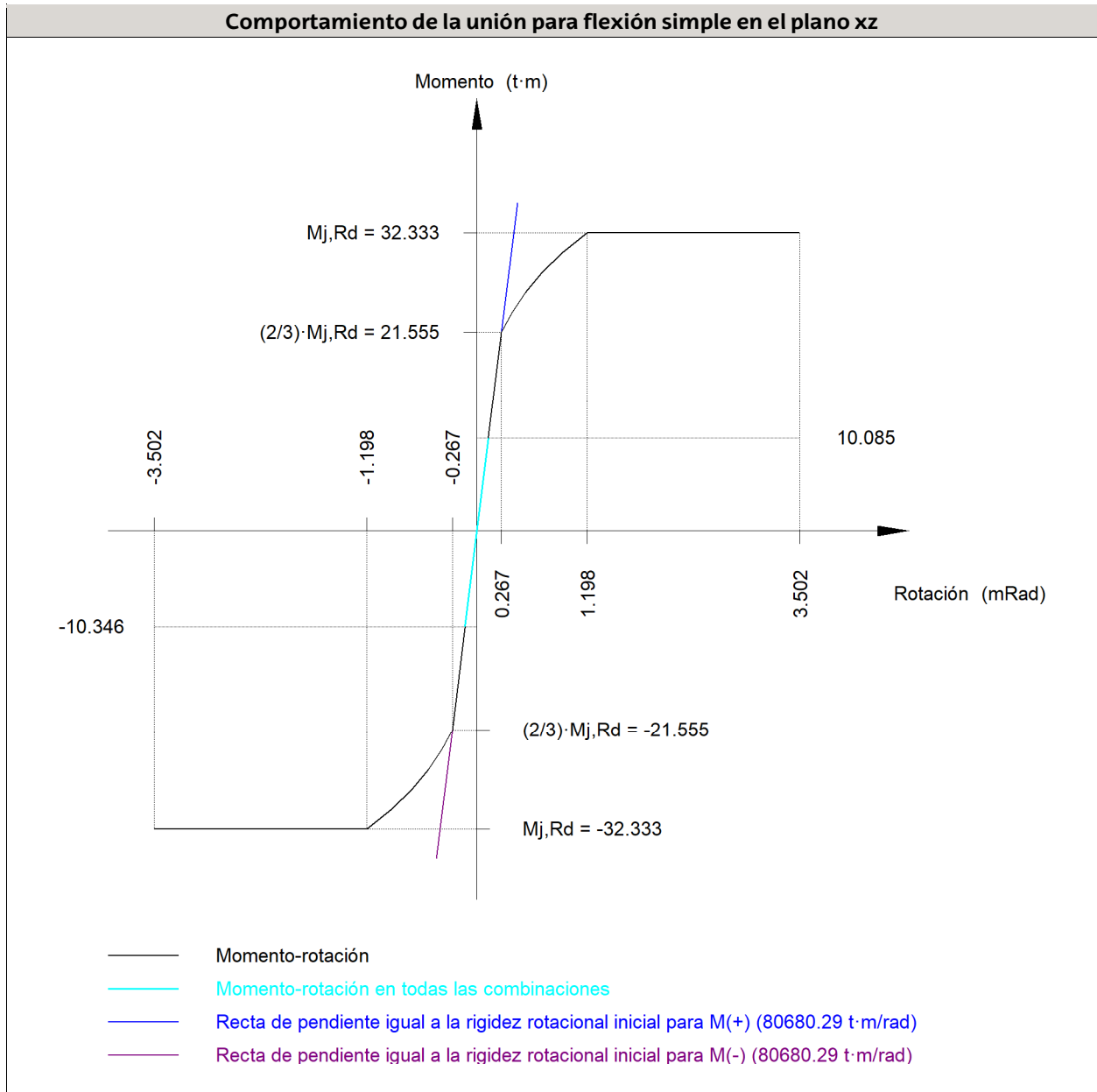
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	57.5	45.7	0.0	97.8	25.35	57.6	17.55	410.0	0.85
Soldadura del alma	62.7	62.7	1.1	125.5	32.52	62.7	19.13	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	28.8	36.3	0.3	69.1	17.90	33.6	10.23	410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	16469.96	80680.29
Calculada para momentos negativos	16469.96	80680.29



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.53	1.80	84.86
Momento resistente	kNm	101.50	317.19	32.00
Capacidad de rotación	mRad	36.616	667	5.49

2) Viga (b) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	166.29	341.97	48.63
Ala	Compresión	kN	242.68	971.41	24.98
	Tracción	kN	43.02	473.00	9.09
Alma	Tracción	kN	114.28	379.87	30.08

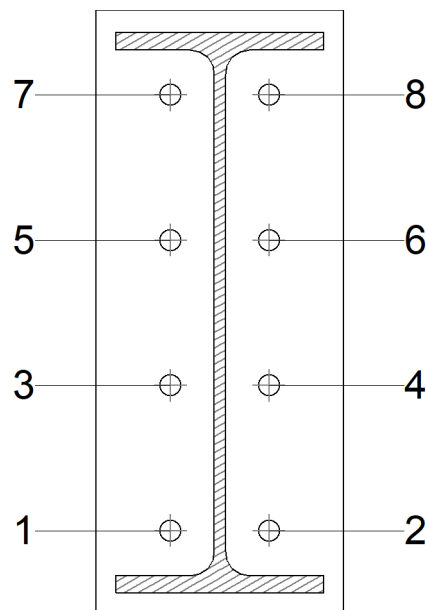
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	57.5	45.7	0.0	97.8	25.35	57.6	17.55	410.0	0.85
Soldadura del alma	62.7	62.7	1.5	125.5	32.52	62.7	19.13	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	28.8	36.3	0.3	69.1	17.90	33.6	10.23	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

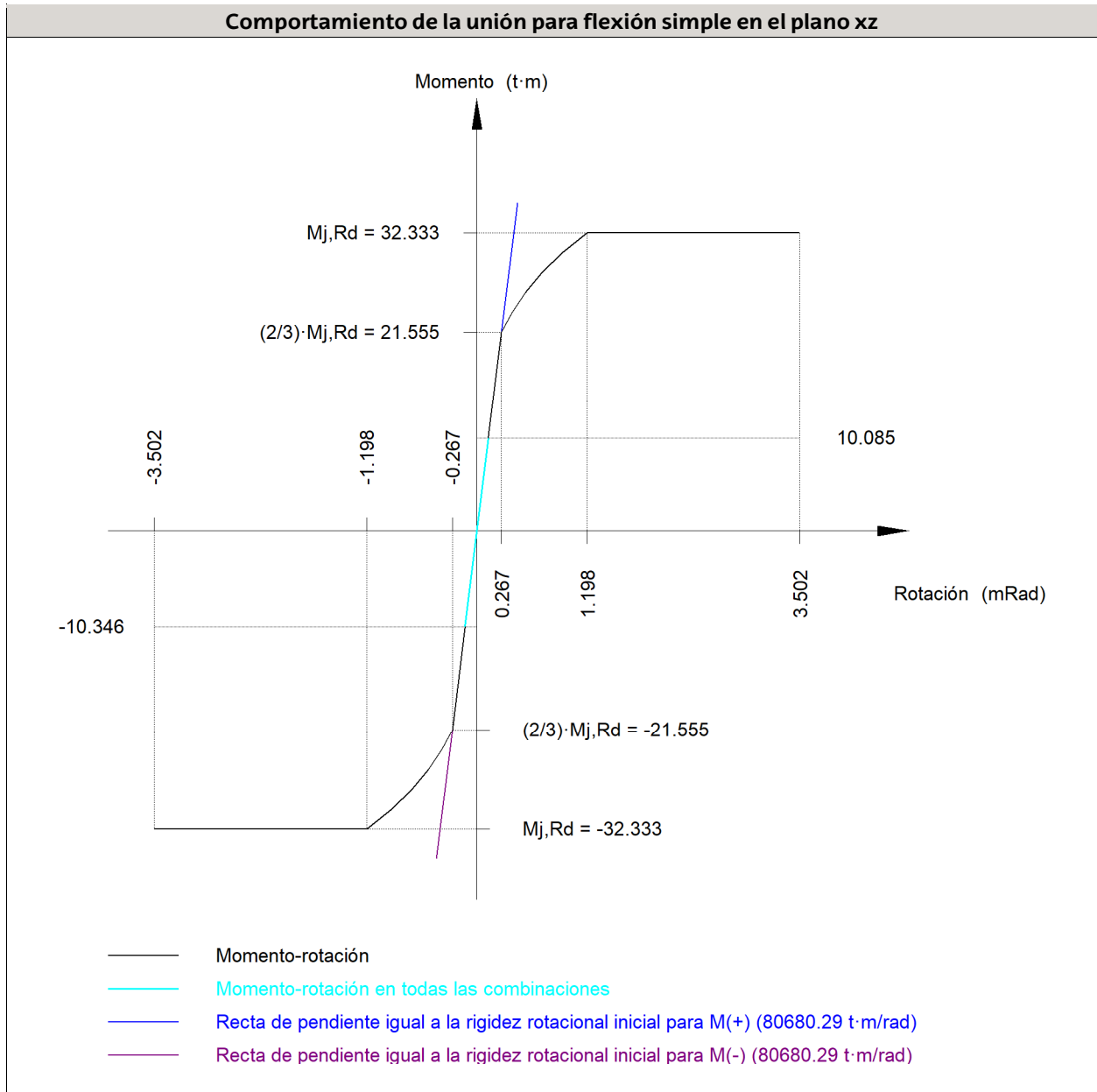


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
2	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
3	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
4	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
5	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
6	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
7	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0
8	ISO 4017-M22x70-8.8	24.0	--	75	146	99	44.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	41.524	96.960	42.83	Vástago	53.427	174.528	30.61	42.83	42.83
	Aplastamiento	41.524	324.720	12.79	Punzonamiento	53.427	396.685	13.47		
2	Sección transversal	22.306	96.960	23.01	Vástago	53.474	174.528	30.64	23.50	30.64
	Aplastamiento	22.306	324.720	6.87	Punzonamiento	53.474	396.685	13.48		
3	Sección transversal	7.188	96.960	7.41	Vástago	46.080	174.528	26.40	21.22	26.40
	Aplastamiento	7.188	324.720	2.21	Punzonamiento	46.080	396.685	11.62		
4	Sección transversal	7.188	96.960	7.41	Vástago	46.055	174.528	26.39	21.19	26.39
	Aplastamiento	7.188	324.720	2.21	Punzonamiento	46.055	396.685	11.61		
5	Sección transversal	11.193	96.960	11.54	Vástago	74.677	174.528	42.79	31.66	42.79
	Aplastamiento	11.193	324.720	3.45	Punzonamiento	74.677	396.685	18.83		
6	Sección transversal	11.193	96.960	11.54	Vástago	74.504	174.528	42.69	31.59	42.69
	Aplastamiento	11.193	324.720	3.45	Punzonamiento	74.504	396.685	18.78		
7	Sección transversal	22.530	96.960	23.24	Vástago	84.869	174.528	48.63	35.84	48.63
	Aplastamiento	22.530	324.720	6.94	Punzonamiento	84.869	396.685	21.39		
8	Sección transversal	22.530	96.960	23.24	Vástago	84.733	174.528	48.55	35.78	48.55
	Aplastamiento	22.530	324.720	6.94	Punzonamiento	84.733	396.685	21.36		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	16469.96	80680.29
Calculada para momentos negativos	16469.96	80680.29



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.53	1.80	84.86
Momento resistente	kNm	101.50	317.19	32.00
Capacidad de rotación	mRad	36.616	667	5.49

d) Medición

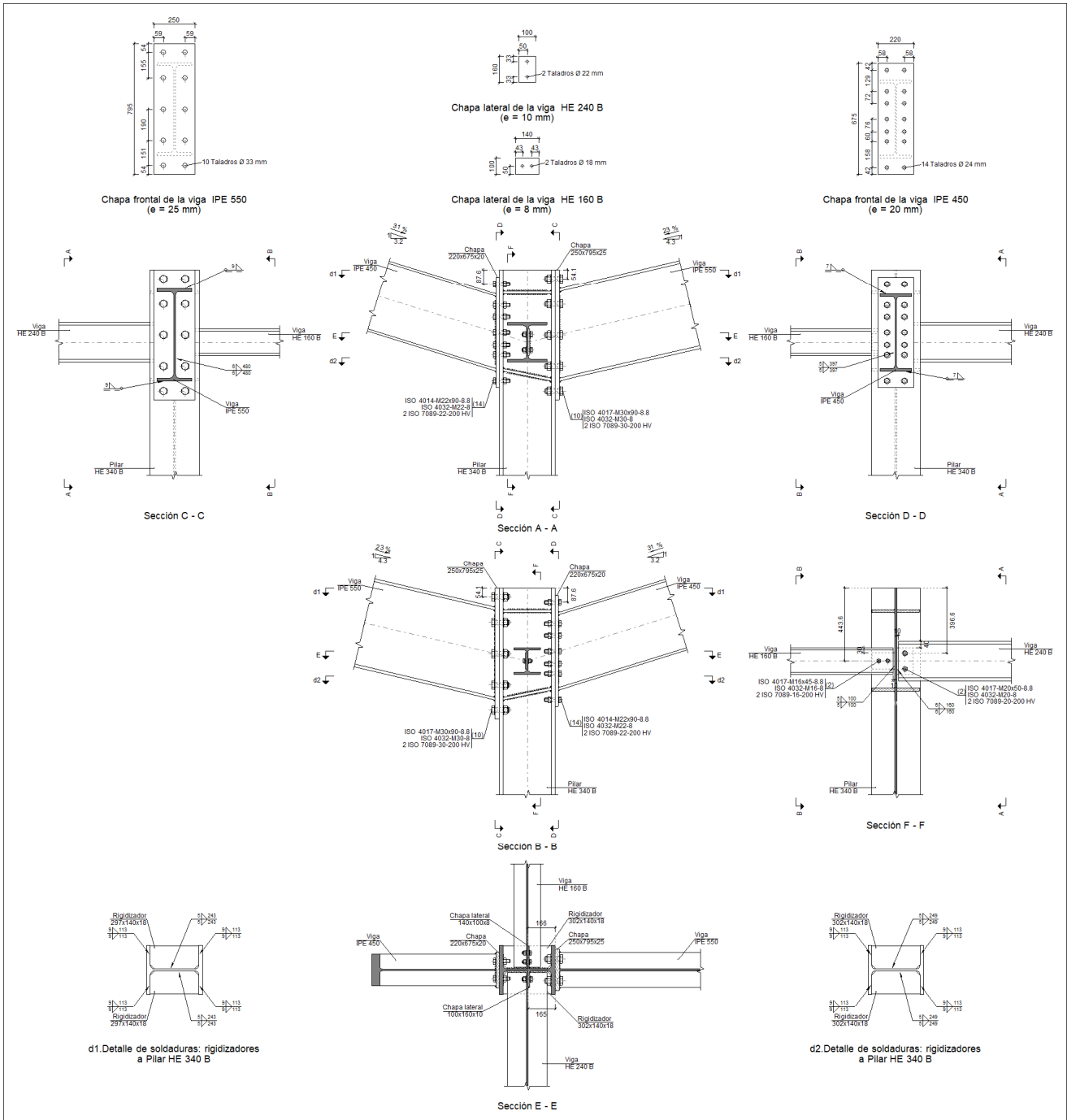
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1921
			9	1585

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	250x610x18	43.10
				Total

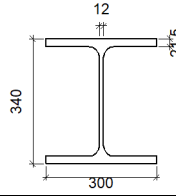
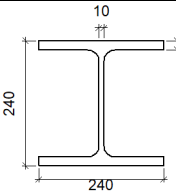
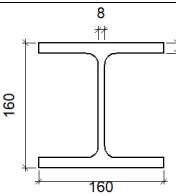
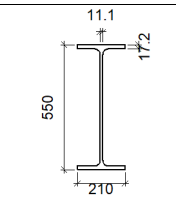
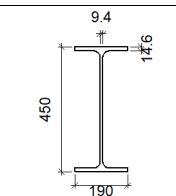
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4017-M22x70
Tuercas	Clase 8	8	ISO 4032-M22
Arandelas	Dureza 200 HV	16	ISO 7089-22

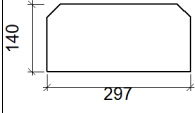
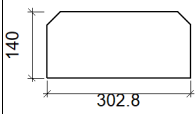
5.3.6.1.12 UNIÓN PILAR-VIGAS NAVES FÚTBOL Y TENIS 2º PÓRICO

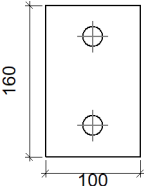
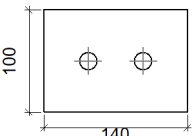
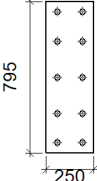

a) Detalle

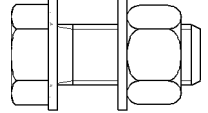
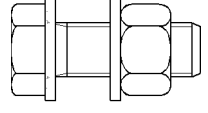
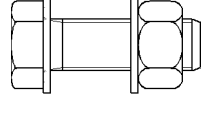


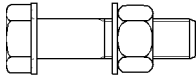
b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios										
Pieza	Geometría					Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4	
Rigidizador		302.8	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4	

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 550		250	795	25	10	33	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga IPE 450		220	675	20	14	24	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M30x90-8.8 ISO 4032-M30-8 2 ISO 7089-30-200 HV		M30	90	8.8	6524.0	8154.9

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M22x90-8.8 ISO 4032-M22-8 2 ISO 7089-22-200 HV		M22	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	494.03	848.46	58.23	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	114.86	261.90	43.85	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	166.60	261.90	63.61	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	111.00	261.90	42.38	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	171.26	261.90	65.39	
Ala	Desgarro	N/mm ²	109.56	261.90	41.83	
	Cortante	N/mm ²	108.85	261.90	41.56	
Viga IPE 550	Ala	Tracción por flexión	kN	391.64	558.87	70.08
		Tracción	kN	138.13	688.29	20.07
	Alma	Tracción	kN	221.50	327.26	67.68
Viga IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	214.01	349.06	61.31
		Tracción	kN	22.35	523.63	4.27
	Alma	Tracción	kN	214.01	267.44	80.02
Viga HE 240 B	Alma	Punzonamiento	kN	93.15	802.94	11.60
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	55.30	132.78	41.64
Viga HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	66.71	510.11	13.08
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	55.30	112.70	49.07

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	78.73	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	249	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	78.73	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	249	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	81.2	81.2	1.9	162.4	42.09	81.2	24.75	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	50.7	87.8	22.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	105.6	128.8	2.5	246.8	63.96	105.6	32.20	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	59.8	103.6	26.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	78.5	78.5	1.9	157.0	40.67	78.5	23.92	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	50.8	88.0	22.79	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	108.6	132.4	2.5	253.7	65.75	108.6	33.11	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	59.7	103.3	26.78	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	391.64	406.34	96.38
Ala	Compresión	kN	531.63	971.41	54.73
	Tracción	kN	260.40	473.00	55.05
Alma	Tracción	kN	150.98	456.86	33.05

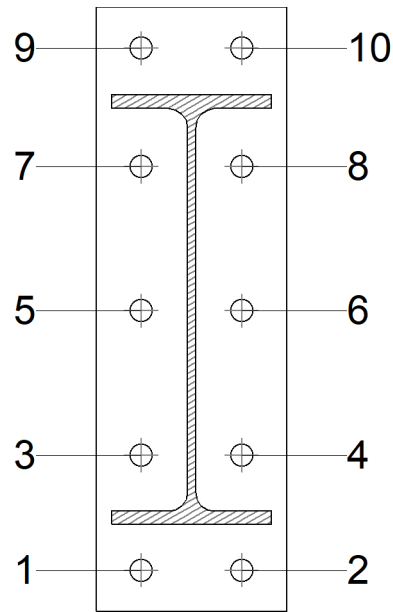
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	93.9	118.4	0.2	225.5	58.45	131.1	39.97	410.0	0.85
Soldadura del alma	111.6	111.6	28.7	228.6	59.24	111.6	34.01	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	128.8	162.3	0.2	309.3	80.14	136.7	41.67	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



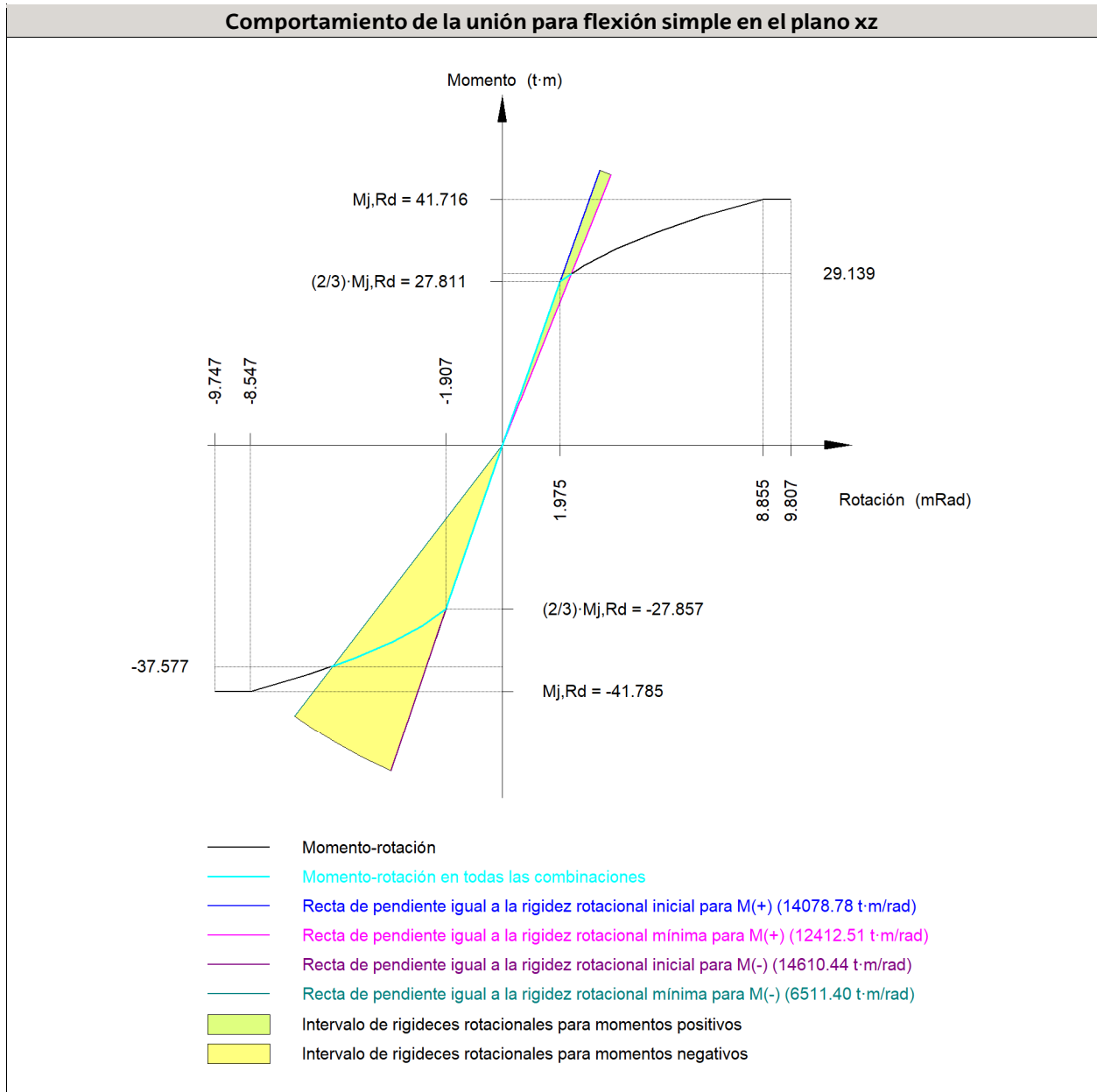
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	54	59	151	132	54.1
2	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	54	59	151	132	54.1
3	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	151	132	59.0
4	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	151	132	59.0
5	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	190	132	59.0
6	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	190	132	59.0
7	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	155	132	59.0
8	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	155	132	59.0
9	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	54	59	155	132	54.1
10	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	54	59	155	132	54.1

---: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	32.278	179.520	17.98	Vástago	290.120	323.136	89.78	66.91	89.78
	Aplastamiento	32.278	528.900	6.10	Punzonamiento	290.120	643.699	45.07		
2	Sección transversal	32.278	179.520	17.98	Vástago	292.447	323.136	90.50	67.88	90.50
	Aplastamiento	32.278	528.900	6.10	Punzonamiento	292.447	643.699	45.43		
3	Sección transversal	32.278	179.520	17.98	Vástago	163.173	323.136	50.50	41.97	50.50
	Aplastamiento	32.278	528.900	6.10	Punzonamiento	163.173	643.699	25.35		
4	Sección transversal	32.278	179.520	17.98	Vástago	165.009	323.136	51.06	42.75	51.06
	Aplastamiento	32.278	528.900	6.10	Punzonamiento	165.009	643.699	25.63		
5	Sección transversal	17.201	179.520	9.58	Vástago	93.355	323.136	28.89	28.43	28.89
	Aplastamiento	17.201	528.900	3.25	Punzonamiento	93.355	643.699	14.50		
6	Sección transversal	17.311	179.520	9.64	Vástago	95.478	323.136	29.55	29.31	29.55
	Aplastamiento	17.311	514.295	3.37	Punzonamiento	95.478	643.699	14.83		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
7	Sección transversal	55.079	179.520	30.68	Vástago	99.581	323.136	30.82	30.68	30.82
	Aplastamiento	55.079	528.900	10.41	Punzonamiento	99.581	643.699	15.47		
8	Sección transversal	32.719	179.520	18.23	Vástago	99.600	323.136	30.82	22.41	30.82
	Aplastamiento	32.719	528.900	6.19	Punzonamiento	99.600	643.699	15.47		
9	Sección transversal	55.079	179.520	30.68	Vástago	188.106	323.136	58.21	41.58	58.21
	Aplastamiento	55.079	528.900	10.41	Punzonamiento	188.106	643.699	29.22		
10	Sección transversal	55.079	179.520	30.68	Vástago	188.130	323.136	58.22	41.59	58.22
	Aplastamiento	55.079	528.900	10.41	Punzonamiento	188.130	643.699	29.23		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2724.79	14078.78
Calculada para momentos negativos	2724.79	14610.44



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.18	1.80	65.39
Momento resistente	kNm	368.63	409.91	89.93
Capacidad de rotación	mRad	592.048	667	88.81

3) Viga IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	214.01	222.39	96.23
Ala	Compresión	kN	329.82	760.87	43.35
	Tracción	kN	107.01	363.26	29.46
Alma	Tracción	kN	141.54	147.71	95.82

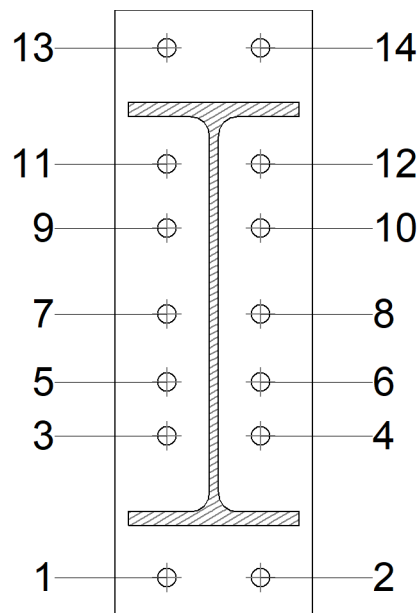
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	72.4	98.4	5.2	185.3	48.03	109.1	33.27	410.0	0.85
Soldadura del alma	118.6	118.6	36.1	245.3	63.57	118.6	36.15	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	105.2	142.9	3.9	269.1	69.73	132.2	40.29	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



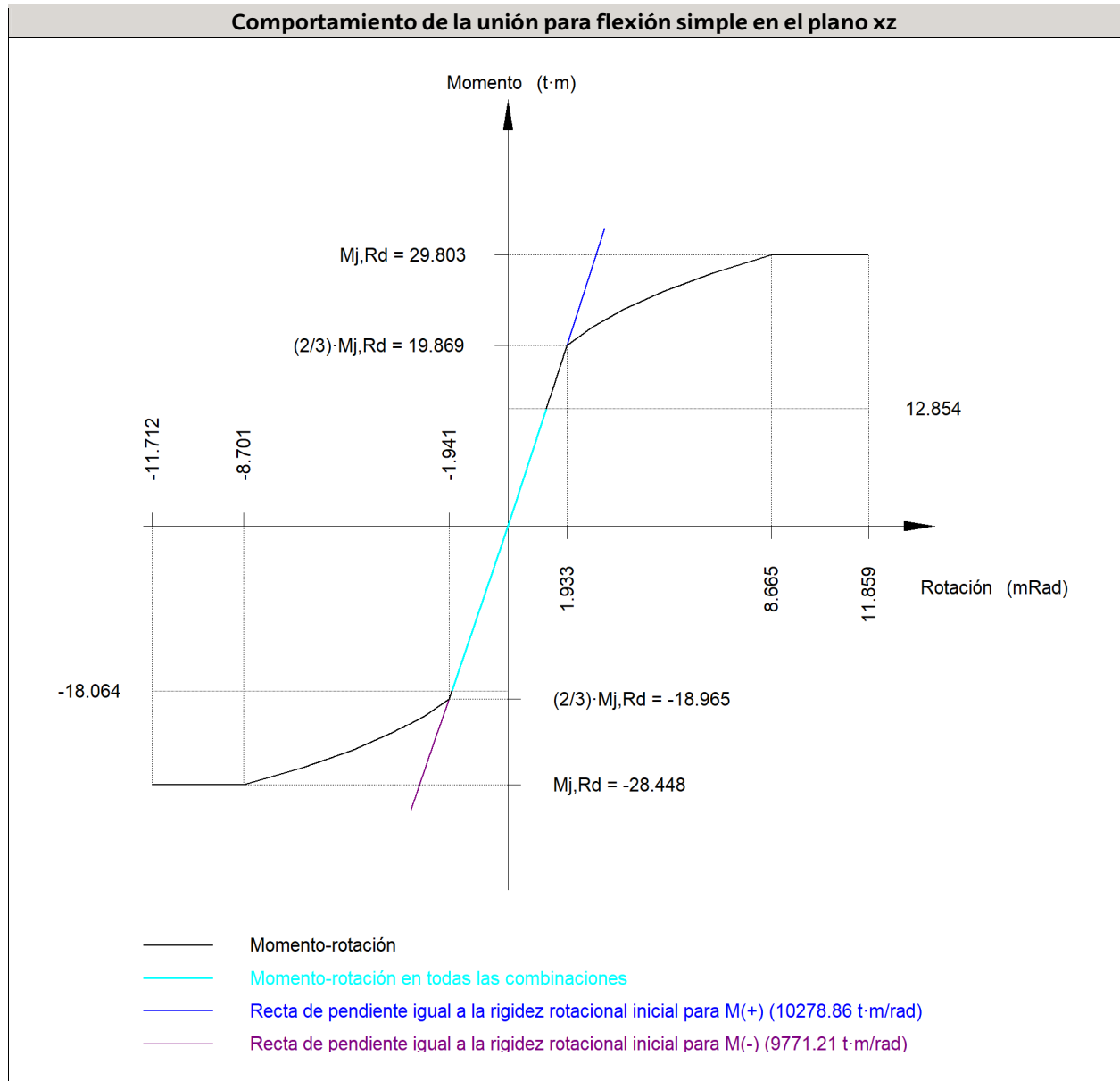
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	42	58	158	105	42.0
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	42	58	158	105	42.0
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	60	105	46.5
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	60	105	46.5
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	60	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	60	105	46.5
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	76	105	46.5
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	76	105	46.5
9	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	72	105	46.5

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
10	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	72	105	46.5
11	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	72	105	46.5
12	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	72	105	46.5
13	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	42	58	129	105	42.0
14	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	42	58	129	105	42.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	28.915	121.642	23.77	Vástago	167.956	174.528	96.23	77.26	96.23
	Aplastamiento	28.915	360.799	8.01	Punzonamiento	167.956	443.420	37.88		
2	Sección transversal	28.915	121.642	23.77	Vástago	164.839	174.528	94.45	75.90	94.45
	Aplastamiento	28.915	360.800	8.01	Punzonamiento	164.839	443.420	37.17		
3	Sección transversal	20.178	121.642	16.59	Vástago	75.286	174.528	43.14	39.35	43.14
	Aplastamiento	20.178	210.467	9.59	Punzonamiento	75.286	443.420	16.98		
4	Sección transversal	20.178	121.642	16.59	Vástago	73.174	174.528	41.93	38.40	41.93
	Aplastamiento	20.178	210.467	9.59	Punzonamiento	73.174	443.420	16.50		
5	Sección transversal	10.450	121.642	8.59	Vástago	87.753	174.528	50.28	44.46	50.28
	Aplastamiento	10.392	211.380	4.92	Punzonamiento	87.753	443.420	19.79		
6	Sección transversal	10.289	121.642	8.46	Vástago	84.696	174.528	48.53	43.12	48.53
	Aplastamiento	10.289	211.789	4.86	Punzonamiento	84.696	443.420	19.10		
7	Sección transversal	10.403	121.642	8.55	Vástago	58.675	174.528	33.62	32.57	33.62
	Aplastamiento	10.403	290.592	3.58	Punzonamiento	58.675	443.420	13.23		
8	Sección transversal	10.299	121.642	8.47	Vástago	55.732	174.528	31.93	31.28	31.93
	Aplastamiento	10.299	291.716	3.53	Punzonamiento	55.732	443.420	12.57		
9	Sección transversal	10.417	121.642	8.56	Vástago	42.051	174.528	24.09	20.97	24.09
	Aplastamiento	10.417	358.455	2.91	Punzonamiento	42.051	443.420	9.48		
10	Sección transversal	10.314	121.642	8.48	Vástago	42.088	174.528	24.12	20.91	24.12
	Aplastamiento	10.314	360.800	2.86	Punzonamiento	42.088	443.420	9.49		
11	Sección transversal	28.198	121.642	23.18	Vástago	37.892	174.528	21.71	23.18	23.18
	Aplastamiento	28.198	270.606	10.42	Punzonamiento	37.892	443.420	8.55		
12	Sección transversal	29.354	121.642	24.13	Vástago	37.917	174.528	21.73	24.13	24.13
	Aplastamiento	29.354	270.604	10.85	Punzonamiento	37.917	443.420	8.55		
13	Sección transversal	29.354	121.642	24.13	Vástago	85.313	174.528	48.88	38.66	48.88
	Aplastamiento	29.354	360.794	8.14	Punzonamiento	85.313	443.420	19.24		
14	Sección transversal	29.354	121.642	24.13	Vástago	85.352	174.528	48.90	38.61	48.90
	Aplastamiento	29.354	360.800	8.14	Punzonamiento	85.352	443.420	19.25		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1740.09	10278.86
Calculada para momentos negativos	1740.09	9771.21



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.66	1.80	36.82
Momento resistente	kNm	177.21	279.08	63.50
Capacidad de rotación	mRad	157.852	667	23.68

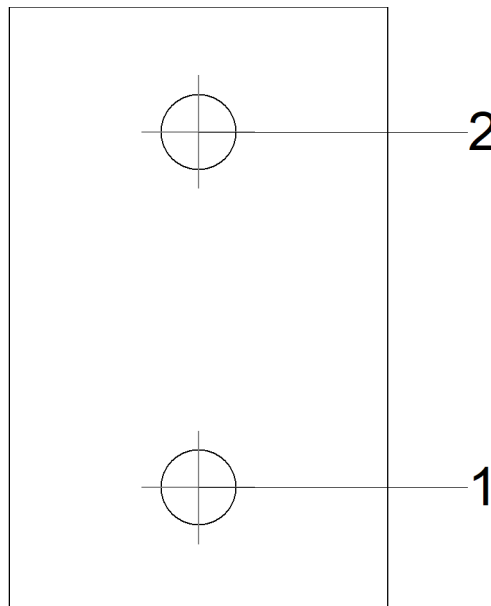
4) Viga HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	23.72
	Pandeo local	N/mm ²	62.03	235.15	26.38
	Aplastamiento	kN	48.31	124.27	38.87
	Desgarro	kN	93.17	175.40	53.12
Alma	Aplastamiento	kN	48.31	164.00	29.46
	Desgarro	kN	93.17	332.85	27.99

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	34.3	34.3	1.0	68.6	17.79	34.3	10.46	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	45.541	78.400	58.09	Vástago	0.000	141.120	0.00	58.09	58.09
	Aplastamiento	45.541	124.205	36.67	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	48.310	78.400	61.62	Vástago	0.000	141.120	0.00	61.62	61.62
	Aplastamiento	48.310	124.273	38.87	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

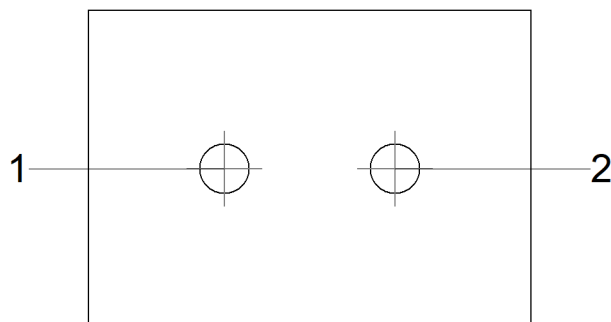
5) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	34.56
	Pandeo local	N/mm ²	90.45	230.97	39.16
	Aplastamiento	kN	33.37	78.73	42.38
	Desgarro	kN	66.72	99.19	67.26
Alma	Aplastamiento	kN	30.95	64.34	48.10
	Desgarro	kN	66.72	205.65	32.44

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	47.2	47.2	1.0	94.4	24.45	47.2	14.38	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	33.405	50.240	66.49	Vástago	0.000	90.432	0.00	66.49	66.49
	Aplastamiento	33.405	83.611	39.95	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	33.366	50.240	66.41	Vástago	0.000	90.432	0.00	66.41	66.41
	Aplastamiento	33.366	78.728	42.38	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

d) Medición

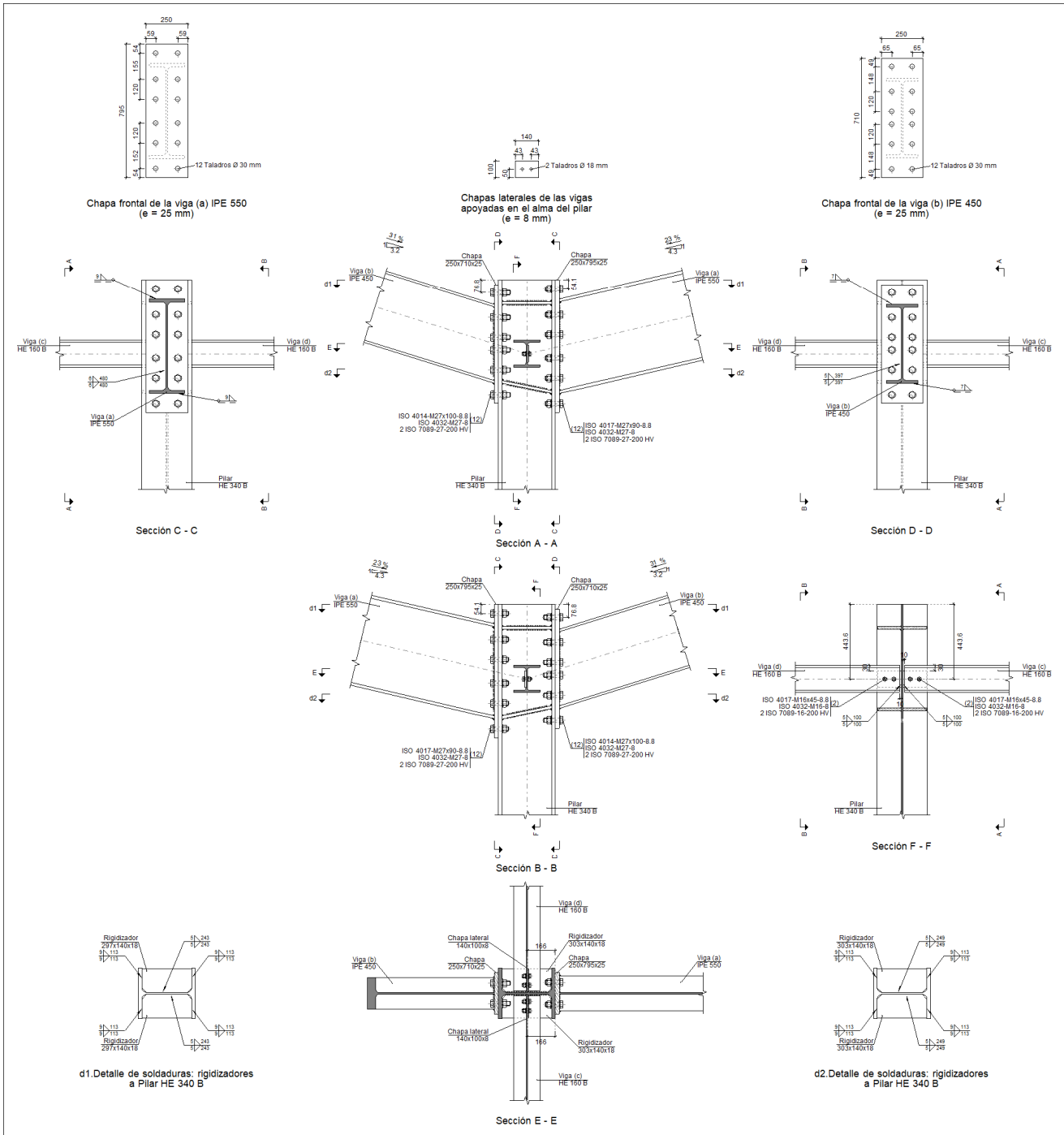
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	2961
			6	1280
			7	718
			9	2600

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	297x140x18	11.75
		2	302x140x18	11.98
	Chapas	1	140x100x8	0.88
		1	100x160x10	1.26
		1	220x675x20	23.31
		1	250x795x25	39.00
	Total			

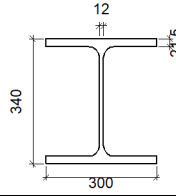
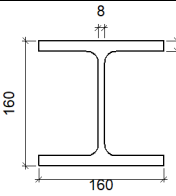
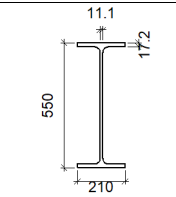
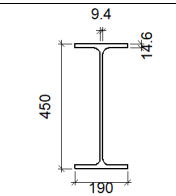
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	14	ISO 4014-M22x90
		2	ISO 4017-M16x45
		2	ISO 4017-M20x50
		10	ISO 4017-M30x90
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M16
		2	ISO 4032-M20
		14	ISO 4032-M22
		10	ISO 4032-M30
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16
		4	ISO 7089-20
		28	ISO 7089-22
		20	ISO 7089-30

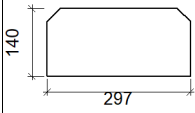
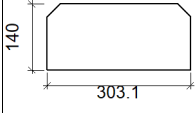
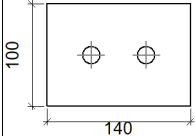
5.3.6.1.13 UNIÓN PILAR-VIGAS NAVES FÚTBOL Y TENIS

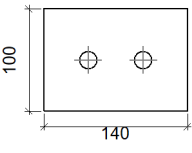
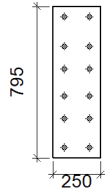
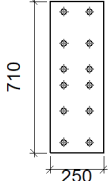
a) Detalle

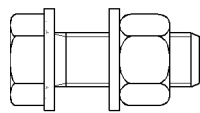
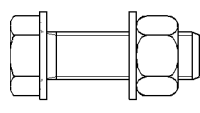
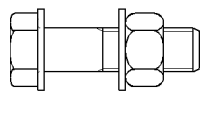


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 550		550	210	17.2	11.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		303.1	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga (d) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 550		250	795	25	12	30	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 450		250	710	25	12	30	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M27x90-8.8 ISO 4032-M27-8 2 ISO 7089-27-200 HV		M27	90	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M27x100-8.8 ISO 4032-M27-8 2 ISO 7089-27-200 HV		M27	100	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltéz	--	--	--	38.25
	Cortante	kN	360.69	848.46	42.51

	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	109.74	261.90	41.90
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	164.21	261.90	62.70
	Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	109.12	261.90	41.67
	Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	164.95	261.90	62.98
	Ala	Cortante	N/mm ²	77.77	261.90	29.69
Viga (a) IPE 550	Ala	Tracción por flexión	kN	342.05	493.58	69.30
		Tracción	kN	120.45	688.29	17.50
	Alma	Tracción	kN	193.48	327.28	59.12
Viga (b) IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	279.43	503.61	55.49
		Tracción	kN	36.30	688.29	5.27
	Alma	Tracción	kN	279.43	329.85	84.71
Viga (c) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	66.71	510.11	13.08
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.42	112.70	1.26
Viga (d) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	65.63	510.11	12.87
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.26	112.70	1.12

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	78.44				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	249	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	113	18.0	78.44				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	249	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	77.6	77.6	0.1	155.2	40.22	77.6	23.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	36.6	63.4	16.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	103.8	127.2	0.0	243.6	63.13	103.8	31.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	41.8	72.4	18.77	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	77.2	77.2	0.1	154.3	40.00	77.2	23.53	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	36.6	63.4	16.43	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	104.3	127.8	0.0	244.7	63.41	104.3	31.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	41.8	72.4	18.76	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 550

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	342.05	371.82	91.99
Ala	Compresión	kN	544.52	971.41	56.05
	Tracción	kN	227.23	473.00	48.04
Alma	Tracción	kN	167.38	389.22	43.00

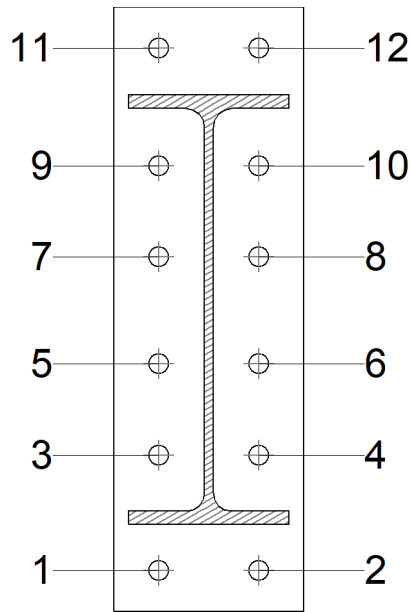
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	
Soldadura del alma	En ángulo	6	480	11.1	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	210	17.2	76.87	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	88.9	112.0	0.0	213.5	55.32	124.4	37.93	410.0	0.85
Soldadura del alma	108.7	108.7	28.2	222.8	57.73	108.7	33.13	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	113.2	142.6	0.0	271.7	70.42	130.3	39.72	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



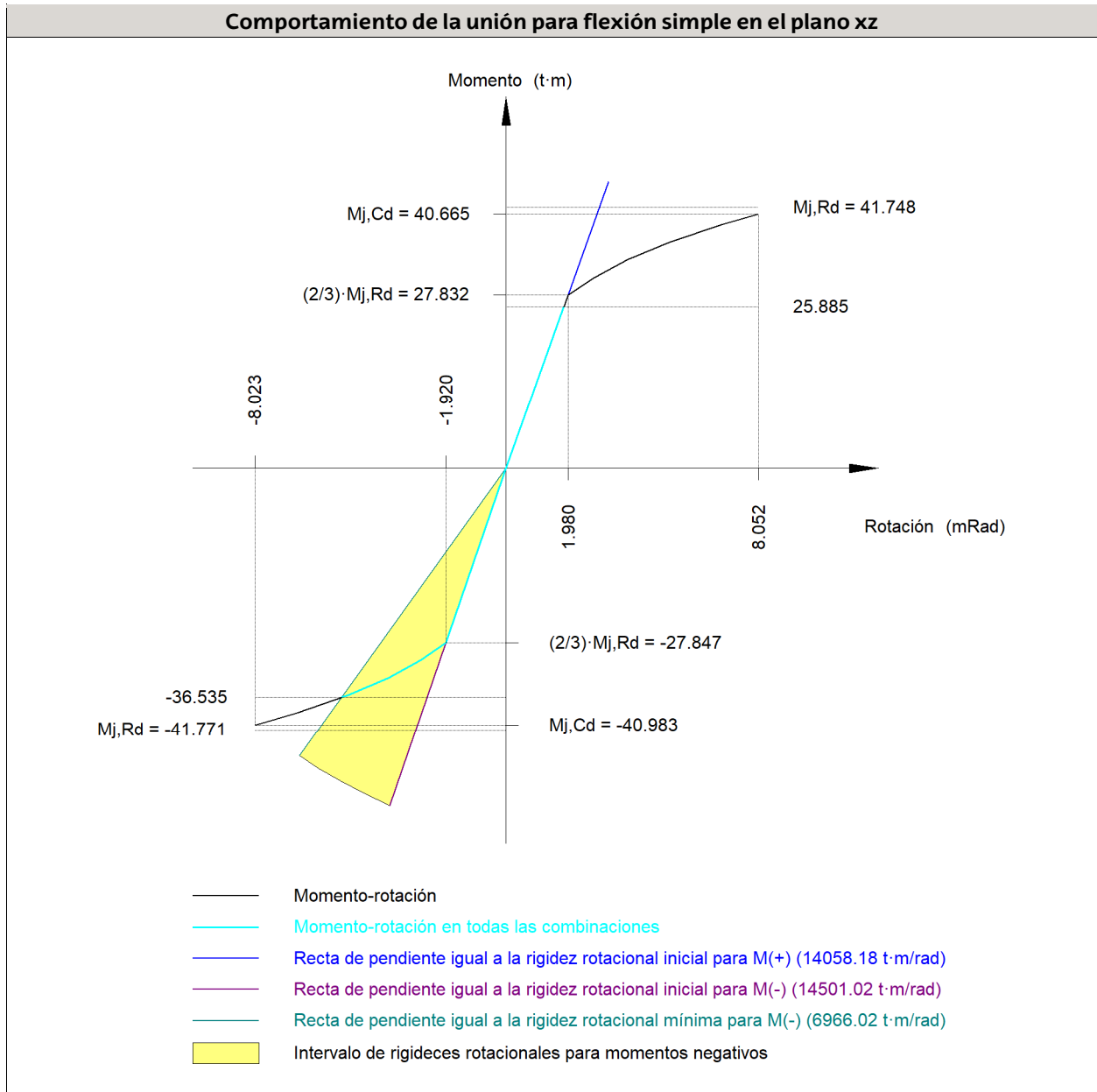
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	54	59	152	132	54.1
2	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	54	59	152	132	54.1
3	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
4	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
5	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
6	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
7	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
8	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
9	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
10	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	--	59	120	132	59.0
11	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	54	59	155	132	54.1
12	ISO 4017-M27x90-8.8	30.0	54	59	155	132	54.1

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	31.853	146.880	21.69	Vástago	242.938	264.384	91.89	65.63	91.89
	Aplastamiento	31.853	476.010	6.69	Punzonamiento	242.938	572.916	42.40		
2	Sección transversal	31.853	146.880	21.69	Vástago	243.220	264.384	91.99	65.71	91.99
	Aplastamiento	31.853	476.010	6.69	Punzonamiento	243.220	572.916	42.45		
3	Sección transversal	31.853	146.880	21.69	Vástago	133.600	264.384	50.53	36.09	50.53
	Aplastamiento	31.853	476.010	6.69	Punzonamiento	133.600	572.916	23.32		
4	Sección transversal	31.853	146.880	21.69	Vástago	133.817	264.384	50.61	36.15	50.61
	Aplastamiento	31.853	476.010	6.69	Punzonamiento	133.817	572.916	23.36		
5	Sección transversal	2.128	146.880	1.45	Vástago	121.804	264.384	46.07	32.91	46.07
	Aplastamiento	2.128	476.010	0.45	Punzonamiento	121.804	572.916	21.26		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
6	Sección transversal	2.128	146.880	1.45	Vástago	122.094	264.384	46.18	32.99	46.18
	Aplastamiento	2.128	476.010	0.45	Punzonamiento	122.094	572.916	21.31		
7	Sección transversal	3.623	146.880	2.47	Vástago	65.831	264.384	24.90	17.79	24.90
	Aplastamiento	3.623	476.010	0.76	Punzonamiento	65.831	572.916	11.49		
8	Sección transversal	3.623	146.880	2.47	Vástago	65.683	264.384	24.84	17.75	24.84
	Aplastamiento	3.623	476.010	0.76	Punzonamiento	65.683	572.916	11.46		
9	Sección transversal	54.150	146.880	36.87	Vástago	73.385	264.384	27.76	36.87	36.87
	Aplastamiento	54.150	476.010	11.38	Punzonamiento	73.385	572.916	12.81		
10	Sección transversal	40.642	146.880	27.67	Vástago	73.276	264.384	27.72	27.67	27.72
	Aplastamiento	40.642	476.010	8.54	Punzonamiento	73.276	572.916	12.79		
11	Sección transversal	54.150	146.880	36.87	Vástago	142.038	264.384	53.72	38.37	53.72
	Aplastamiento	54.150	476.010	11.38	Punzonamiento	142.038	572.916	24.79		
12	Sección transversal	54.150	146.880	36.87	Vástago	141.891	264.384	53.67	38.33	53.67
	Aplastamiento	54.150	476.010	11.38	Punzonamiento	141.891	572.916	24.77		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2715.28	14058.18
Calculada para momentos negativos	2715.28	14501.02



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.44	1.80	79.92
Momento resistente	kNm	358.41	409.77	87.47
Capacidad de rotación	mRad	653.751	667	98.06

3) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	279.43	325.64	85.81
Ala	Compresión	kN	406.95	760.87	53.49
	Tracción	kN	184.68	363.26	50.84
Alma	Tracción	kN	112.46	185.64	60.58

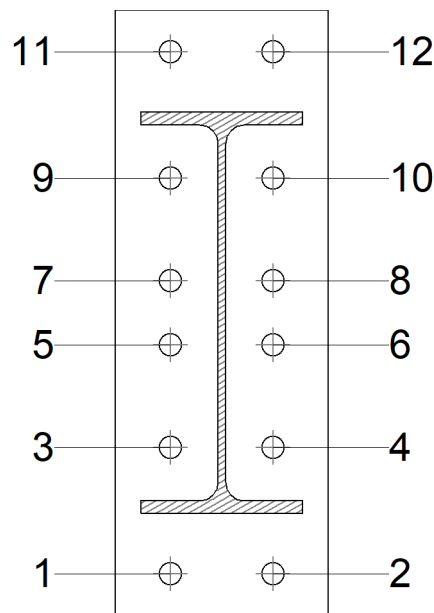
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	95.2	129.3	0.0	243.4	63.06	143.6	43.79	410.0	0.85
Soldadura del alma	121.7	121.7	34.9	250.9	65.01	121.7	37.11	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	124.6	169.2	0.0	318.4	82.52	151.4	46.15	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



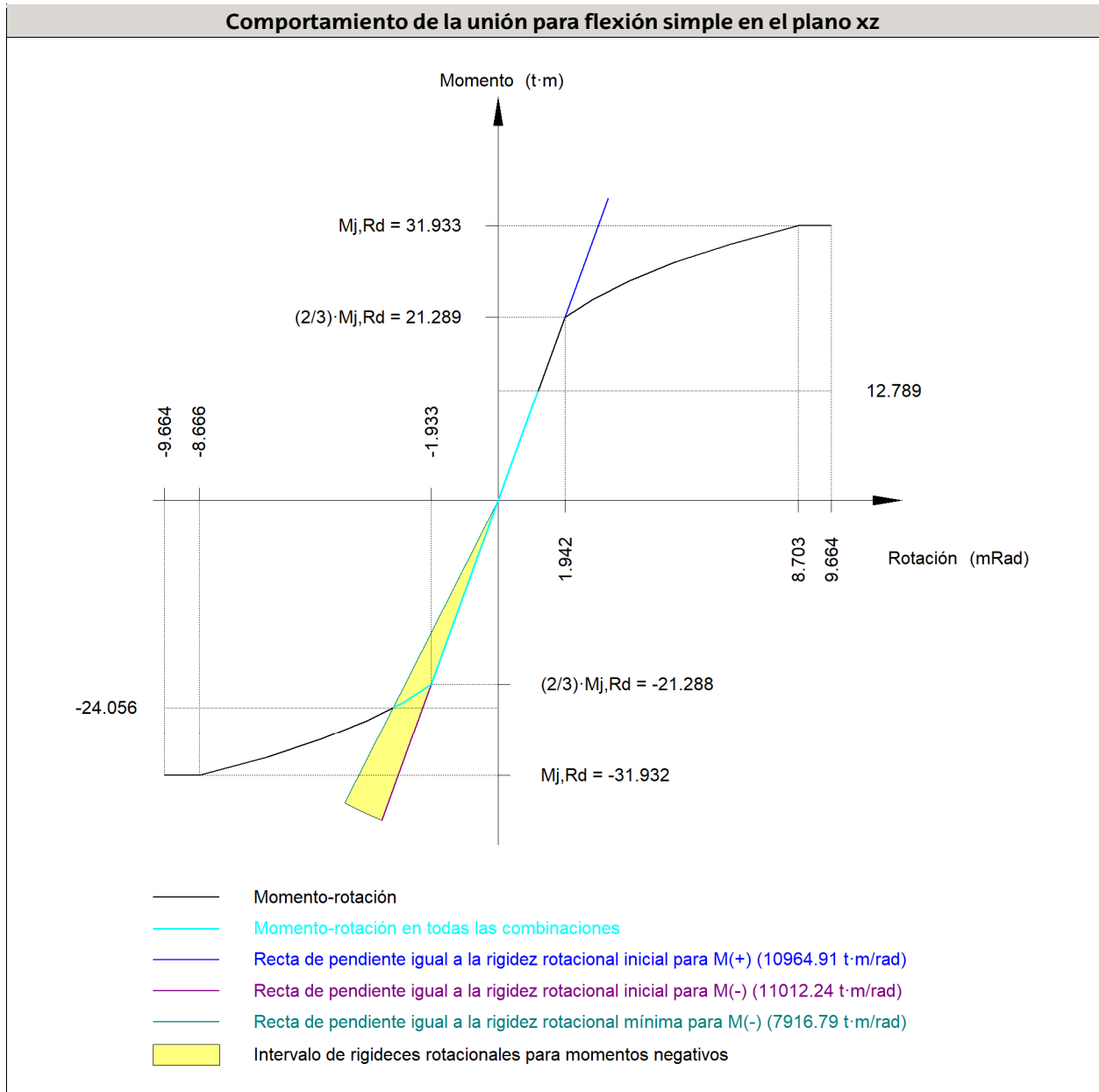
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	49	65	148	120	48.8
2	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	49	65	148	120	48.8
3	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	120	120	54.0
4	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	120	120	54.0
5	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	75	120	54.0
6	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	75	120	54.0
7	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	75	120	54.0
8	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	75	120	54.0
9	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	120	120	54.0

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
10	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	--	65	120	120	54.0
11	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	49	65	148	120	48.8
12	ISO 4014-M27x100-8.8	30.0	49	65	148	120	48.8

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	17.963	183.218	9.80	Vástago	226.868	264.384	85.81	61.29	85.81
	Aplastamiento	17.963	476.010	3.77	Punzonamiento	226.868	572.916	39.60		
2	Sección transversal	17.963	183.218	9.80	Vástago	226.478	264.384	85.66	61.19	85.66
	Aplastamiento	17.963	476.010	3.77	Punzonamiento	226.478	572.916	39.53		
3	Sección transversal	17.963	183.218	9.80	Vástago	96.901	264.384	36.65	26.18	36.65
	Aplastamiento	17.963	476.010	3.77	Punzonamiento	96.901	572.916	16.91		
4	Sección transversal	17.963	183.218	9.80	Vástago	96.652	264.384	36.56	26.11	36.56
	Aplastamiento	17.963	476.010	3.77	Punzonamiento	96.652	572.916	16.87		
5	Sección transversal	8.490	183.218	4.63	Vástago	78.021	264.384	29.51	21.08	29.51
	Aplastamiento	8.490	279.817	3.03	Punzonamiento	78.021	572.916	13.62		
6	Sección transversal	3.791	183.218	2.07	Vástago	77.687	264.384	29.38	20.99	29.38
	Aplastamiento	3.791	279.817	1.35	Punzonamiento	77.687	572.916	13.56		
7	Sección transversal	3.791	183.218	2.07	Vástago	49.720	264.384	18.81	13.43	18.81
	Aplastamiento	3.791	476.010	0.80	Punzonamiento	49.720	572.916	8.68		
8	Sección transversal	3.791	183.218	2.07	Vástago	49.355	264.384	18.67	13.33	18.67
	Aplastamiento	3.791	476.010	0.80	Punzonamiento	49.355	572.916	8.61		
9	Sección transversal	34.775	183.218	18.98	Vástago	40.508	264.384	15.32	18.98	18.98
	Aplastamiento	34.775	476.010	7.31	Punzonamiento	40.508	572.916	7.07		
10	Sección transversal	34.775	183.218	18.98	Vástago	40.481	264.384	15.31	18.98	18.98
	Aplastamiento	34.775	476.010	7.31	Punzonamiento	40.481	572.916	7.07		
11	Sección transversal	34.775	183.218	18.98	Vástago	96.107	264.384	36.35	25.97	36.35
	Aplastamiento	34.775	476.010	7.31	Punzonamiento	96.107	572.916	16.78		
12	Sección transversal	34.775	183.218	18.98	Vástago	96.248	264.384	36.40	26.00	36.40
	Aplastamiento	34.775	476.010	7.31	Punzonamiento	96.248	572.916	16.80		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2064.72	10964.91
Calculada para momentos negativos	2064.72	11012.24



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.44	1.80	79.92
Momento resistente	kNm	235.99	313.25	75.33
Capacidad de rotación	mRad	314.417	667	47.16

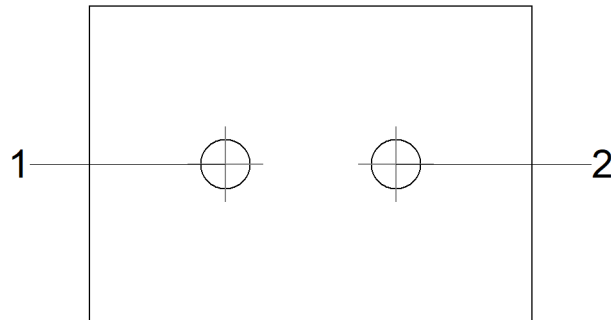
4) Viga (c) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	34.56
	Pandeo local	N/mm ²	90.45	230.97	39.16
	Aplastamiento	kN	33.37	78.73	42.38
	Desgarro	kN	66.72	99.19	67.26
Alma	Aplastamiento	kN	30.95	64.34	48.10
	Desgarro	kN	66.72	205.65	32.44

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	47.2	47.2	1.0	94.4	24.45	47.2	14.38	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	33.405	50.240	66.49	Vástago	0.000	90.432	0.00	66.49	66.49
	Aplastamiento	33.405	83.611	39.95	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	33.366	50.240	66.41	Vástago	0.000	90.432	0.00	66.41	66.41
	Aplastamiento	33.366	78.728	42.38	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

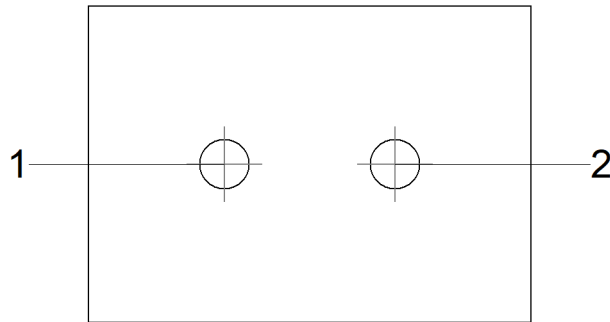
5) Viga (d) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	34.03
	Pandeo local	N/mm ²	89.05	230.97	38.56
	Aplastamiento	kN	32.83	78.73	41.70
	Desgarro	kN	65.64	99.19	66.17
Alma	Aplastamiento	kN	30.89	64.34	48.00
	Desgarro	kN	65.64	205.65	31.92

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	46.4	46.4	1.0	92.8	24.06	46.4	14.15	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	32.866	50.240	65.42	Vástago	0.000	90.432	0.00	65.42	65.42
	Aplastamiento	32.866	83.612	39.31	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	32.827	50.240	65.34	Vástago	0.000	90.432	0.00	65.34	65.34
	Aplastamiento	32.827	78.728	41.70	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

d) Medición

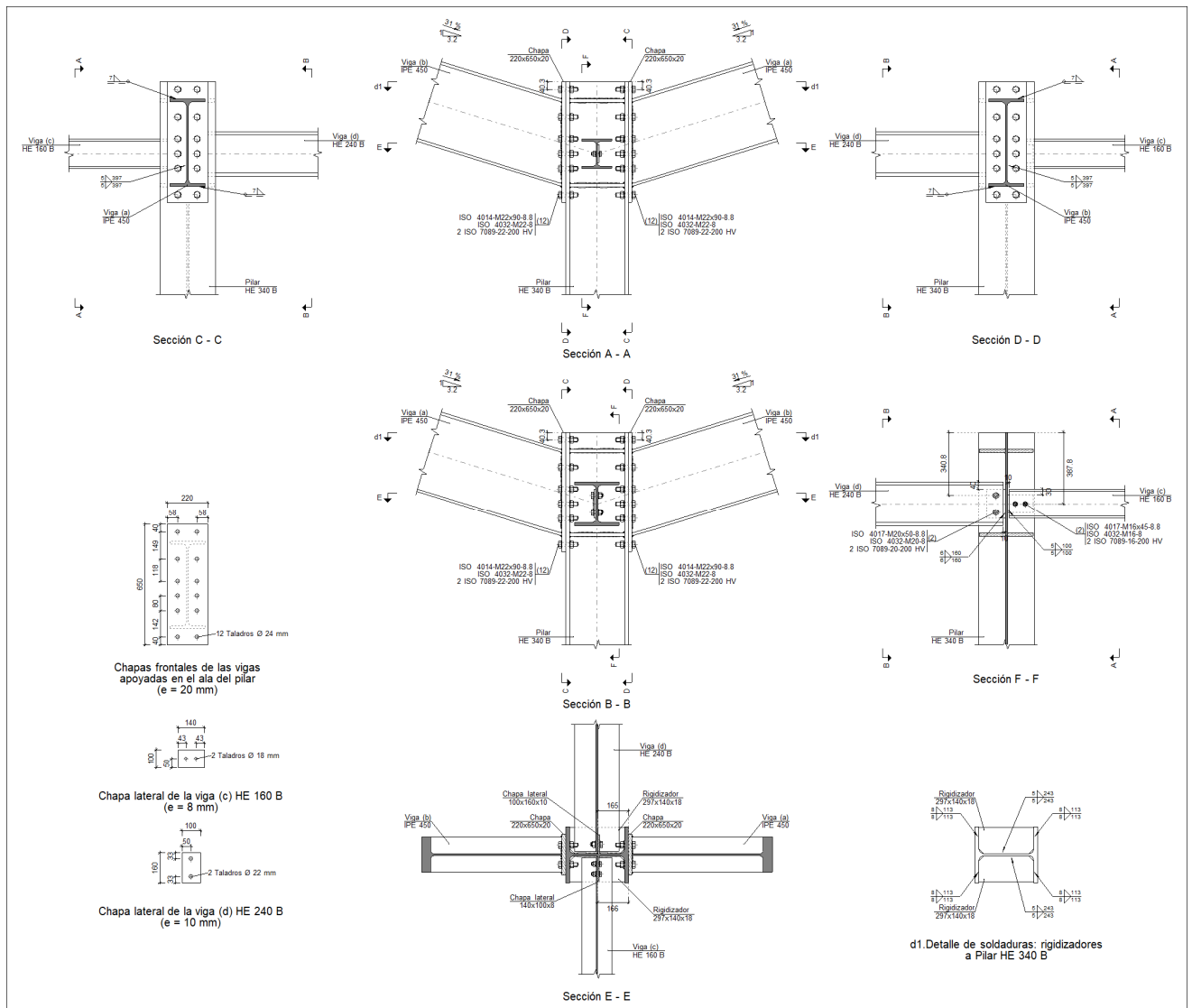
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	3162
			6	960
			7	718
			9	2600

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	297x140x18	11.75
		2	303x140x18	11.99
	Chapas	2	140x100x8	1.76
		1	250x795x25	39.00
		1	250x710x25	34.83
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4014-M27x100
		4	ISO 4017-M16x45
		12	ISO 4017-M27x90
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
		24	ISO 4032-M27
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16
		48	ISO 7089-27

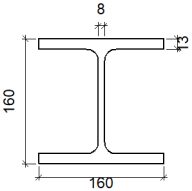
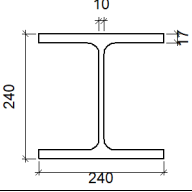
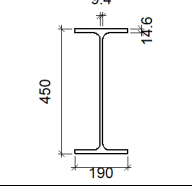
5.3.6.1.14 UNIÓN PILAR VIGAS NAVES DE TENIS 2º PÓRICO

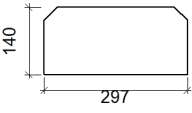
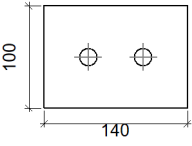
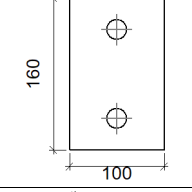
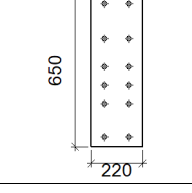
a) Detalle

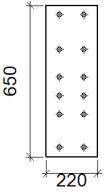


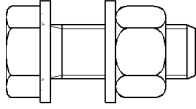
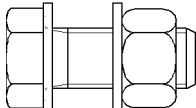
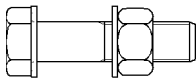
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles					Acero		
Pieza	Descripción	Geometría					Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)			
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios										
Pieza	Geometría					Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		297	140	18	-	-	S275	2803.3	4179.4	
Chapa lateral: Viga (c) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4	
Chapa lateral: Viga (d) HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4	
Chapa frontal: Viga (a) IPE 450		220	650	20	12	24	S275	2803.3	4179.4	

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (b) IPE 450		220	650	20	12	24	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4014-M22x90-8.8 ISO 4032-M22-8 2 ISO 7089-22-200 HV		M22	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	150.63	774.05	19.46	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	76.11	261.90	29.06	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	118.54	261.90	45.26	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	85.23	261.90	32.54	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	108.48	261.90	41.42	
Ala	Desgarro	N/mm ²	33.56	261.90	12.81	
	Cortante	N/mm ²	33.00	261.90	12.60	
Viga (a) IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	218.15	349.06	62.50
		Tracción	kN	46.25	523.63	8.83
	Alma	Tracción	kN	148.78	251.43	59.17
	Ala	Tracción por flexión	kN	196.00	349.06	56.15

Viga (b) IPE 450		Tracción	kN	41.56	523.63	7.94
	Alma	Tracción	kN	134.22	251.43	53.38
Viga (c) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	75.73	510.11	14.85
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	56.68	112.70	50.29
Viga (d) HE 240 B	Alma	Punzonamiento	kN	84.96	802.94	10.58
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	51.38	132.78	38.69

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	60.5	60.5	1.4	121.1	31.37	60.5	18.45	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	16.1	27.9	7.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	94.3	94.3	2.3	188.6	48.86	94.3	28.73	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.6	32.2	8.35	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	67.8	67.8	1.4	135.6	35.14	67.8	20.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	15.9	27.5	7.12	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	86.3	86.3	0.1	172.6	44.73	86.3	26.31	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.8	32.6	8.45	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	218.15	257.49	84.72
Ala	Compresión	kN	387.71	760.87	50.96
	Tracción	kN	136.51	363.26	37.58
Alma	Tracción	kN	109.70	196.95	55.70

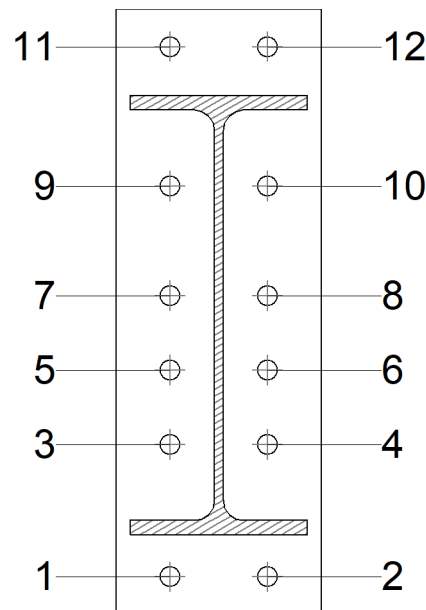
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	87.0	118.1	0.8	222.3	57.61	129.9	39.60	410.0	0.85
Soldadura del alma	97.9	97.9	26.4	201.1	52.11	97.9	29.85	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	105.7	143.6	0.5	270.3	70.06	131.9	40.21	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



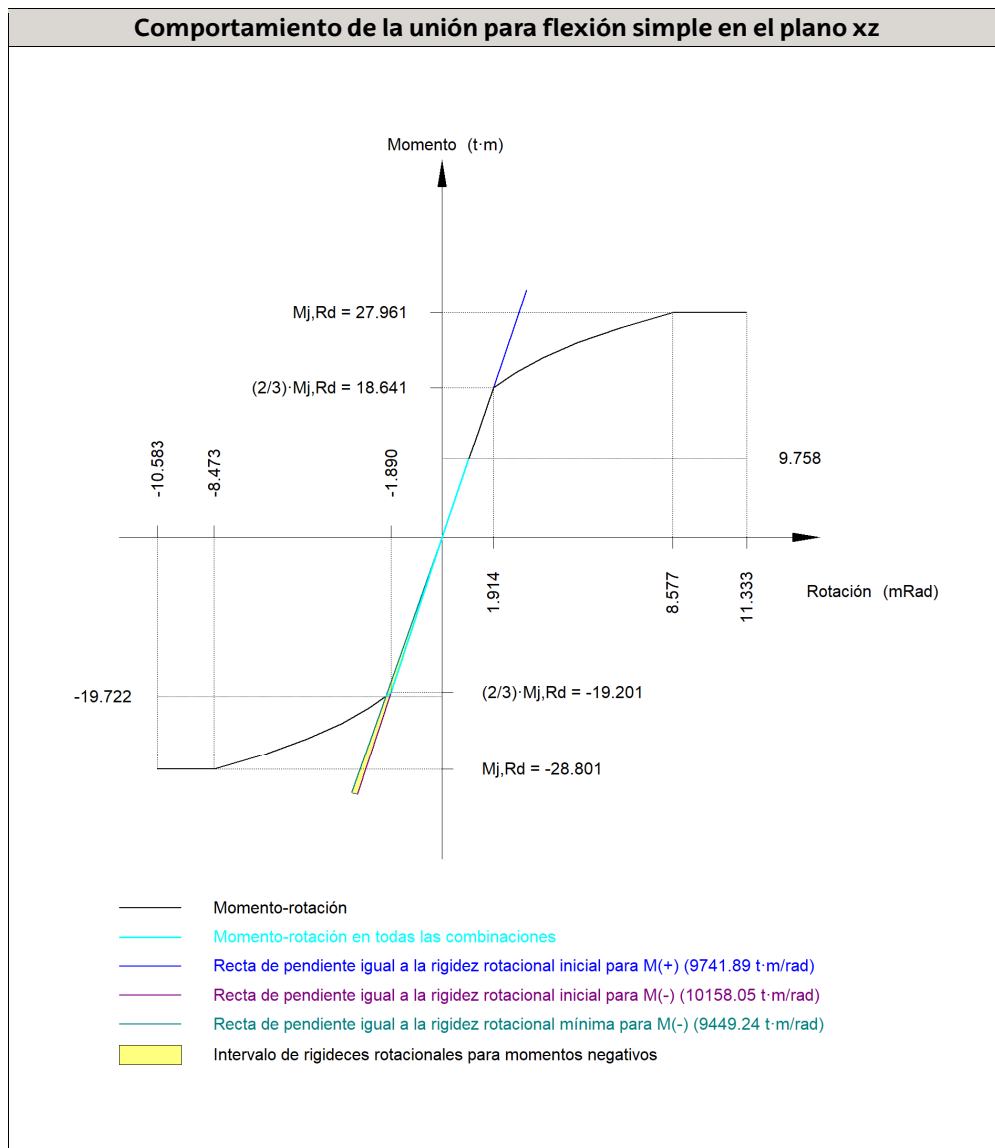
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	142	105	40.3
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	142	105	40.3
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
9	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	118	105	46.5
10	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	118	105	46.5
11	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	149	105	40.3
12	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	149	105	40.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	24.199	121.642	19.89	Vástago	147.864	174.528	84.72	66.59	84.72
	Aplastamiento	24.199	360.800	6.71	Punzonamiento	147.864	443.420	33.35		
2	Sección transversal	24.199	121.642	19.89	Vástago	145.060	174.528	83.12	65.30	83.12
	Aplastamiento	24.199	360.800	6.71	Punzonamiento	145.060	443.420	32.71		
3	Sección transversal	20.435	121.642	16.80	Vástago	79.026	174.528	45.28	39.31	45.28
	Aplastamiento	20.435	310.689	6.58	Punzonamiento	79.026	443.420	17.82		
4	Sección transversal	20.435	121.642	16.80	Vástago	76.829	174.528	44.02	38.27	44.02
	Aplastamiento	20.435	310.689	6.58	Punzonamiento	76.829	443.420	17.33		
5	Sección transversal	9.401	121.642	7.73	Vástago	80.525	174.528	46.14	40.06	46.14
	Aplastamiento	9.401	310.437	3.03	Punzonamiento	80.525	443.420	18.16		
6	Sección transversal	9.226	121.642	7.58	Vástago	77.489	174.528	44.40	38.67	44.40
	Aplastamiento	9.226	311.106	2.97	Punzonamiento	77.489	443.420	17.48		
7	Sección transversal	9.416	121.642	7.74	Vástago	51.838	174.528	29.70	28.74	29.70
	Aplastamiento	9.416	310.361	3.03	Punzonamiento	51.838	443.420	11.69		
8	Sección transversal	9.241	121.642	7.60	Vástago	49.441	174.528	28.33	27.35	28.33
	Aplastamiento	9.241	311.232	2.97	Punzonamiento	49.441	443.420	11.15		
9	Sección transversal	9.440	121.642	7.76	Vástago	30.241	174.528	17.33	16.95	17.33
	Aplastamiento	9.440	358.957	2.63	Punzonamiento	30.241	443.420	6.82		
10	Sección transversal	9.266	121.642	7.62	Vástago	30.241	174.528	17.33	16.95	17.33
	Aplastamiento	9.266	360.800	2.57	Punzonamiento	30.241	443.420	6.82		
11	Sección transversal	68.463	121.642	56.28	Vástago	65.104	174.528	37.30	56.28	56.28
	Aplastamiento	68.463	360.800	18.98	Punzonamiento	65.104	443.420	14.68		
12	Sección transversal	68.463	121.642	56.28	Vástago	65.104	174.528	37.30	56.28	56.28
	Aplastamiento	68.463	360.800	18.98	Punzonamiento	65.104	443.420	14.68		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1759.67	9741.89
Calculada para momentos negativos	1759.67	10158.05



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.90	1.80	49.97
Momento resistente	kNm	193.47	282.54	68.48
Capacidad de rotación	mRad	197.226	667	29.58

3) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	196.00	257.49	76.12
Ala	Compresión	kN	326.86	760.87	42.96
	Tracción	kN	122.75	363.26	33.79
Alma	Tracción	kN	99.41	196.95	50.48

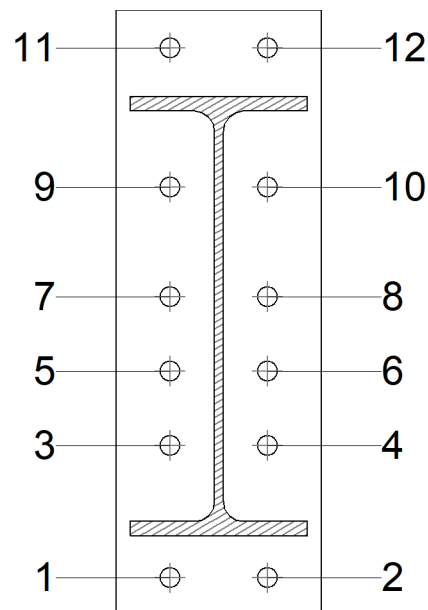
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	74.0	100.6	3.2	189.4	49.07	110.7	33.76	410.0	0.85
Soldadura del alma	87.9	87.9	33.7	185.2	47.99	87.9	26.79	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	94.9	128.9	1.9	242.6	62.86	118.7	36.19	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



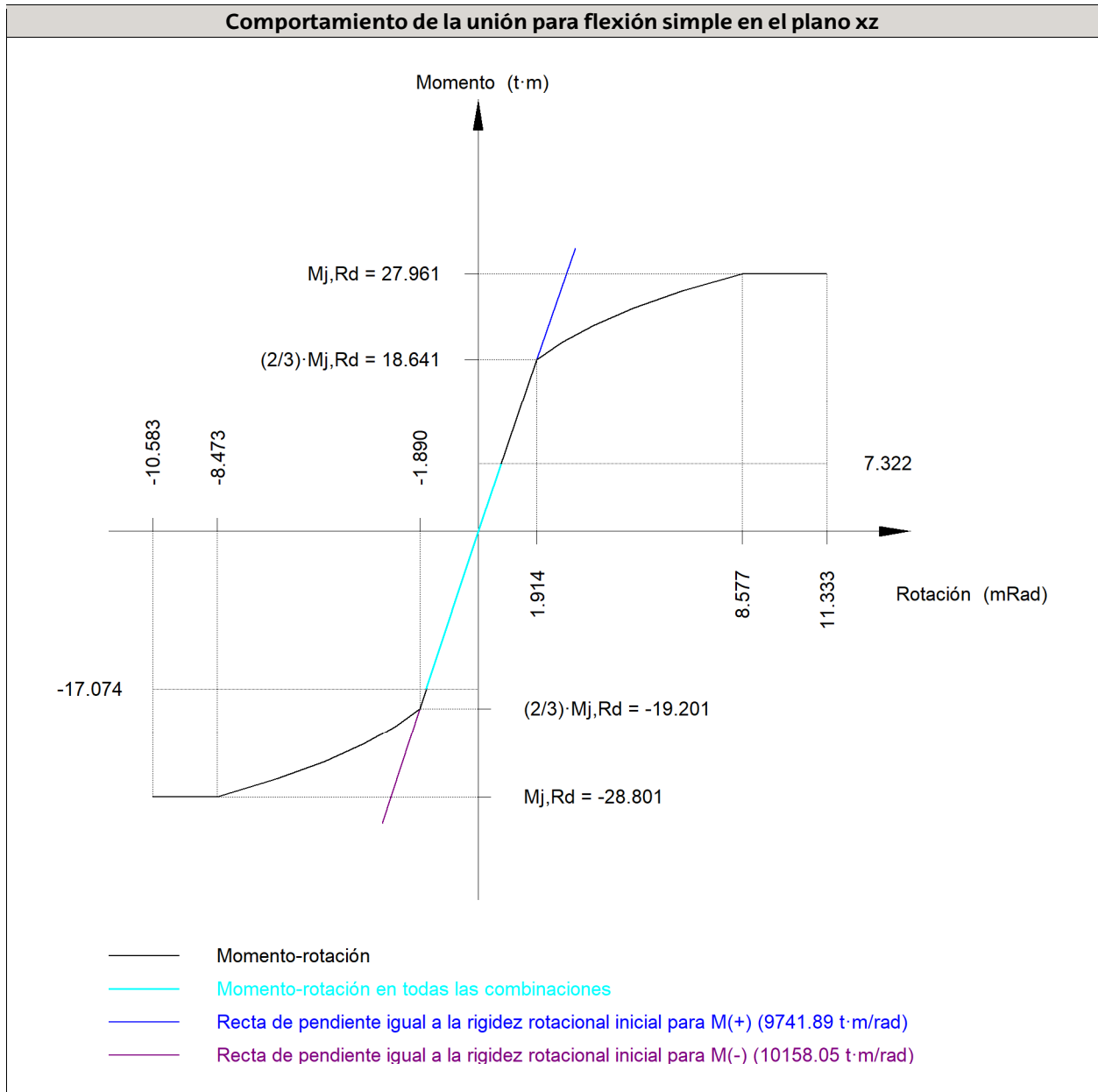
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	142	105	40.3
2	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	142	105	40.3
3	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
4	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
5	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
6	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
7	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
8	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	80	105	46.5
9	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	118	105	46.5

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
10	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	--	58	118	105	46.5
11	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	149	105	40.3
12	ISO 4014-M22x90-8.8	24.0	40	58	149	105	40.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	15.928	121.642	13.09	Vástago	130.050	174.528	74.52	62.33	74.52
	Aplastamiento	11.075	202.065	5.48	Punzonamiento	130.050	443.420	29.33		
2	Sección transversal	15.928	121.642	13.09	Vástago	132.851	174.528	76.12	63.62	76.12
	Aplastamiento	11.251	202.019	5.57	Punzonamiento	132.851	443.420	29.96		
3	Sección transversal	15.928	121.642	13.09	Vástago	69.097	174.528	39.59	37.40	39.59
	Aplastamiento	15.928	310.689	5.13	Punzonamiento	69.097	443.420	15.58		
4	Sección transversal	15.928	121.642	13.09	Vástago	71.292	174.528	40.85	38.44	40.85
	Aplastamiento	15.928	310.689	5.13	Punzonamiento	71.292	443.420	16.08		
5	Sección transversal	11.100	121.642	9.12	Vástago	69.942	174.528	40.08	37.75	40.08
	Aplastamiento	11.100	310.960	3.57	Punzonamiento	69.942	443.420	15.77		
6	Sección transversal	11.275	121.642	9.27	Vástago	72.975	174.528	41.81	39.14	41.81
	Aplastamiento	11.275	310.524	3.63	Punzonamiento	72.975	443.420	16.46		
7	Sección transversal	11.112	121.642	9.13	Vástago	44.393	174.528	25.44	27.30	27.30
	Aplastamiento	11.112	311.045	3.57	Punzonamiento	44.393	443.420	10.01		
8	Sección transversal	11.287	121.642	9.28	Vástago	47.426	174.528	27.17	28.69	28.69
	Aplastamiento	11.287	310.473	3.64	Punzonamiento	47.426	443.420	10.70		
9	Sección transversal	11.132	121.642	9.15	Vástago	21.602	174.528	12.38	12.66	12.66
	Aplastamiento	11.132	360.800	3.09	Punzonamiento	21.602	443.420	4.87		
10	Sección transversal	11.307	121.642	9.30	Vástago	21.602	174.528	12.38	12.93	12.93
	Aplastamiento	11.307	359.568	3.14	Punzonamiento	21.602	443.420	4.87		
11	Sección transversal	63.826	121.642	52.47	Vástago	46.781	174.528	26.80	52.47	52.47
	Aplastamiento	63.826	360.800	17.69	Punzonamiento	46.781	443.420	10.55		
12	Sección transversal	63.826	121.642	52.47	Vástago	46.781	174.528	26.80	52.47	52.47
	Aplastamiento	63.826	360.800	17.69	Punzonamiento	46.781	443.420	10.55		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	1759.67	9741.89
Calculada para momentos negativos	1759.67	10158.05



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.90	1.80	49.97
Momento resistente	kNm	167.49	282.54	59.28
Capacidad de rotación	mRad	158.830	667	23.82

4) Viga (c) HE 160 B

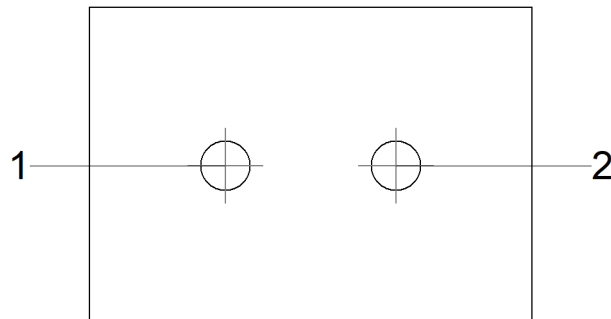
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	39.56
	Pandeo local	N/mm ²	66.92	230.97	28.97

	Aplastamiento	kN	37.99	78.81	48.20
	Desgarro	kN	75.77	99.19	76.38
Alma	Aplastamiento	kN	38.00	64.27	59.12
	Desgarro	kN	75.75	205.65	36.84

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	53.6	53.6	1.7	107.2	27.77	53.6	16.33	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	37.995	50.240	75.63	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.63	75.63
	Aplastamiento	37.995	78.807	48.21	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	37.897	50.240	75.43	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.43	75.43
	Aplastamiento	37.897	83.593	45.34	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

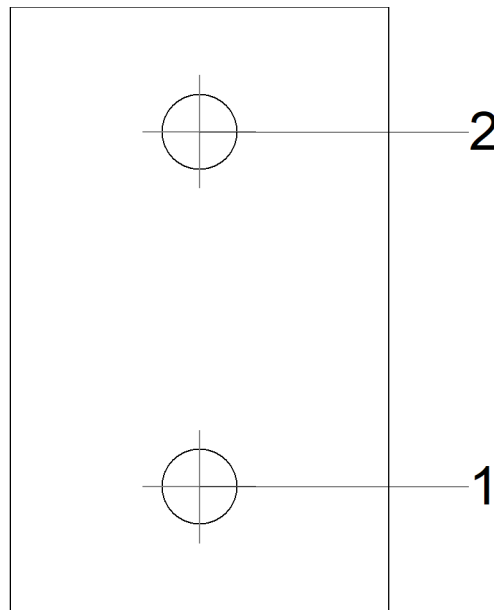
5) Viga (d) HE 240 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	21.80
	Pandeo local	N/mm ²	56.99	235.15	24.24
	Aplastamiento	kN	44.28	124.28	35.63
	Desgarro	kN	85.05	175.40	48.49
Alma	Aplastamiento	kN	44.28	164.00	27.00
	Desgarro	kN	85.05	332.85	25.55

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	31.3	31.3	1.7	62.7	16.24	31.3	9.54	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	41.449	78.400	52.87	Vástago	0.000	141.120	0.00	52.87	52.87
	Aplastamiento	41.449	124.197	33.37	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	44.282	78.400	56.48	Vástago	0.000	141.120	0.00	56.48	56.48
	Aplastamiento	44.282	124.279	35.63	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

d) Medición

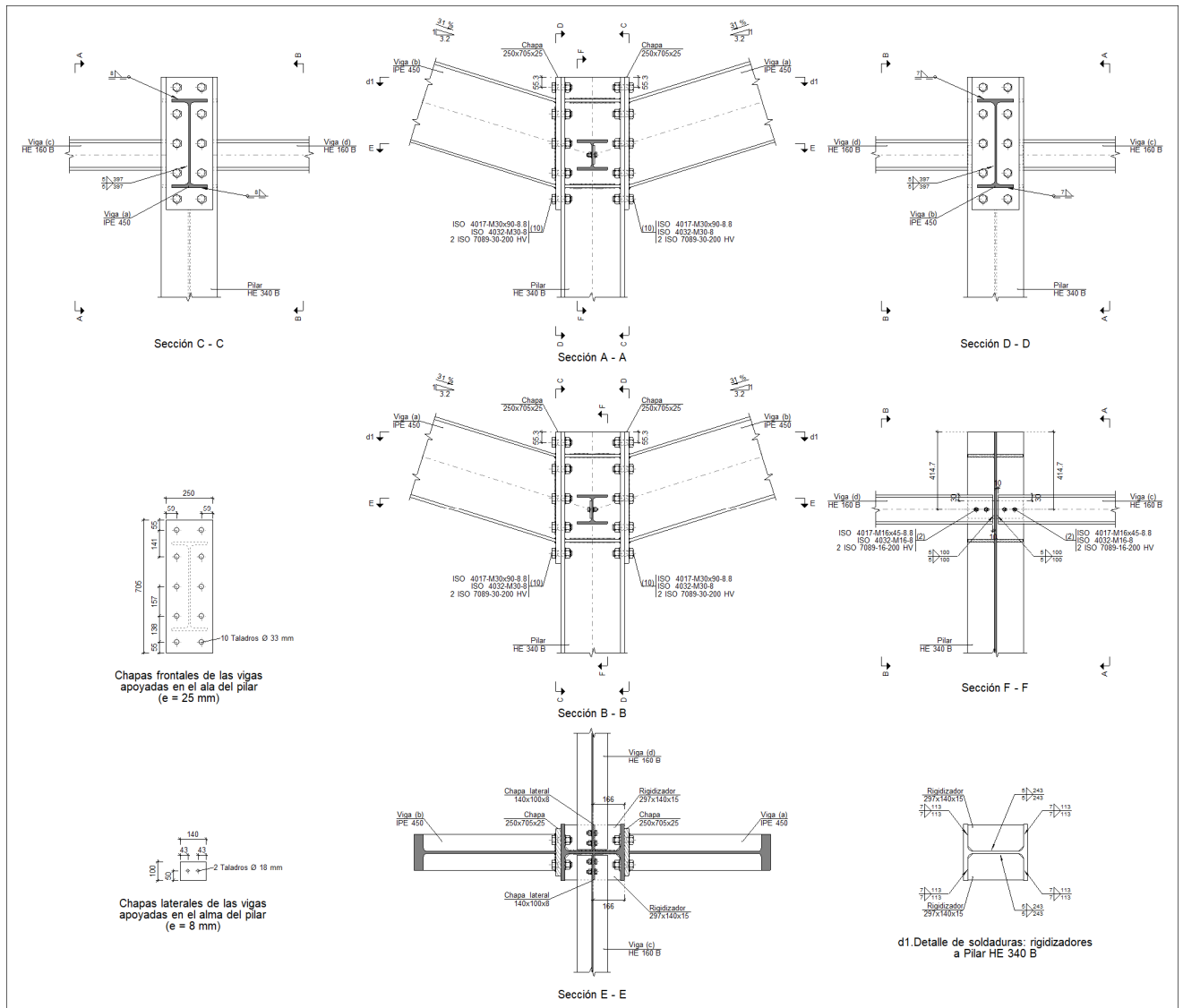
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	3731
			6	320
			7	1437
			8	1808

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x18	23.50
	Chapas	1	140x100x8	0.88
		1	100x160x10	1.26
		2	220x650x20	44.90
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	24	ISO 4014-M22x90
		2	ISO 4017-M16x45
		2	ISO 4017-M20x50
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M16
		2	ISO 4032-M20
		24	ISO 4032-M22
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16
		4	ISO 7089-20
		48	ISO 7089-22

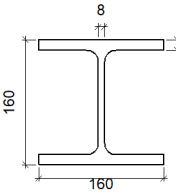
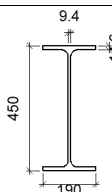
5.3.6.1.15 UNIÓN PILAR VIGAS NAVES DE TENIS

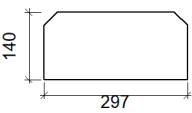
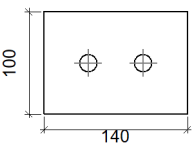
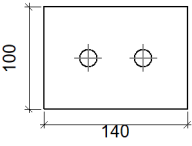
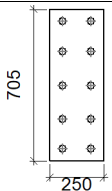
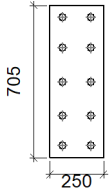
a) Detalle

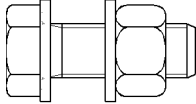
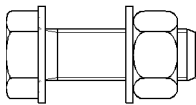


b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	140	15	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (c) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (d) HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (a) IPE 450		250	705	25	10	33	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 450		250	705	25	10	33	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M30x90-8.8 ISO 4032-M30-8 2 ISO 7089-30-200 HV		M30	90	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25	
	Cortante	kN	347.96	769.15	45.24	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	146.53	261.90	55.95	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	200.43	261.90	76.53	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	146.53	261.90	55.95	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	200.42	261.90	76.53	
Ala	Cortante	N/mm ²	61.50	261.90	23.48	
Viga (a) IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	365.66	557.15	65.63
		Tracción	kN	128.87	573.57	22.47
	Alma	Tracción	kN	209.75	336.26	62.38
Viga (b) IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	290.72	557.15	52.18
		Tracción	kN	102.52	573.57	17.87
	Alma	Tracción	kN	166.76	336.26	49.59
Viga (c) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	75.68	510.11	14.84
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.56	112.70	1.39
Viga (d) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	75.73	510.11	14.85
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.54	112.70	1.37

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	111.0	111.0	0.0	222.0	57.54	111.0	33.84	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	36.9	63.9	16.56	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	151.8	151.8	0.0	303.7	78.70	151.9	46.30	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	42.5	73.7	19.09	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	111.0	111.0	0.0	222.0	57.54	111.0	33.85	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	36.9	63.9	16.56	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	151.8	151.8	0.0	303.7	78.70	151.8	46.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	42.5	73.7	19.09	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	365.66	398.46	91.77
Ala	Compresión	kN	533.85	760.87	70.16
	Tracción	kN	245.45	363.26	67.57
Alma	Tracción	kN	121.73	327.57	37.16

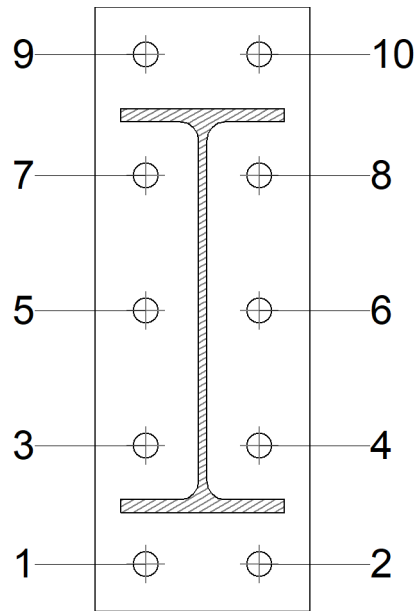
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	190	14.6	72.72	
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	190	14.6	72.72	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	115.3	156.6	0.0	294.8	76.38	173.8	52.98	410.0	0.85
Soldadura del alma	131.0	131.0	29.1	266.9	69.16	131.0	39.95	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	142.6	193.7	0.0	364.6	94.49	162.6	49.56	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



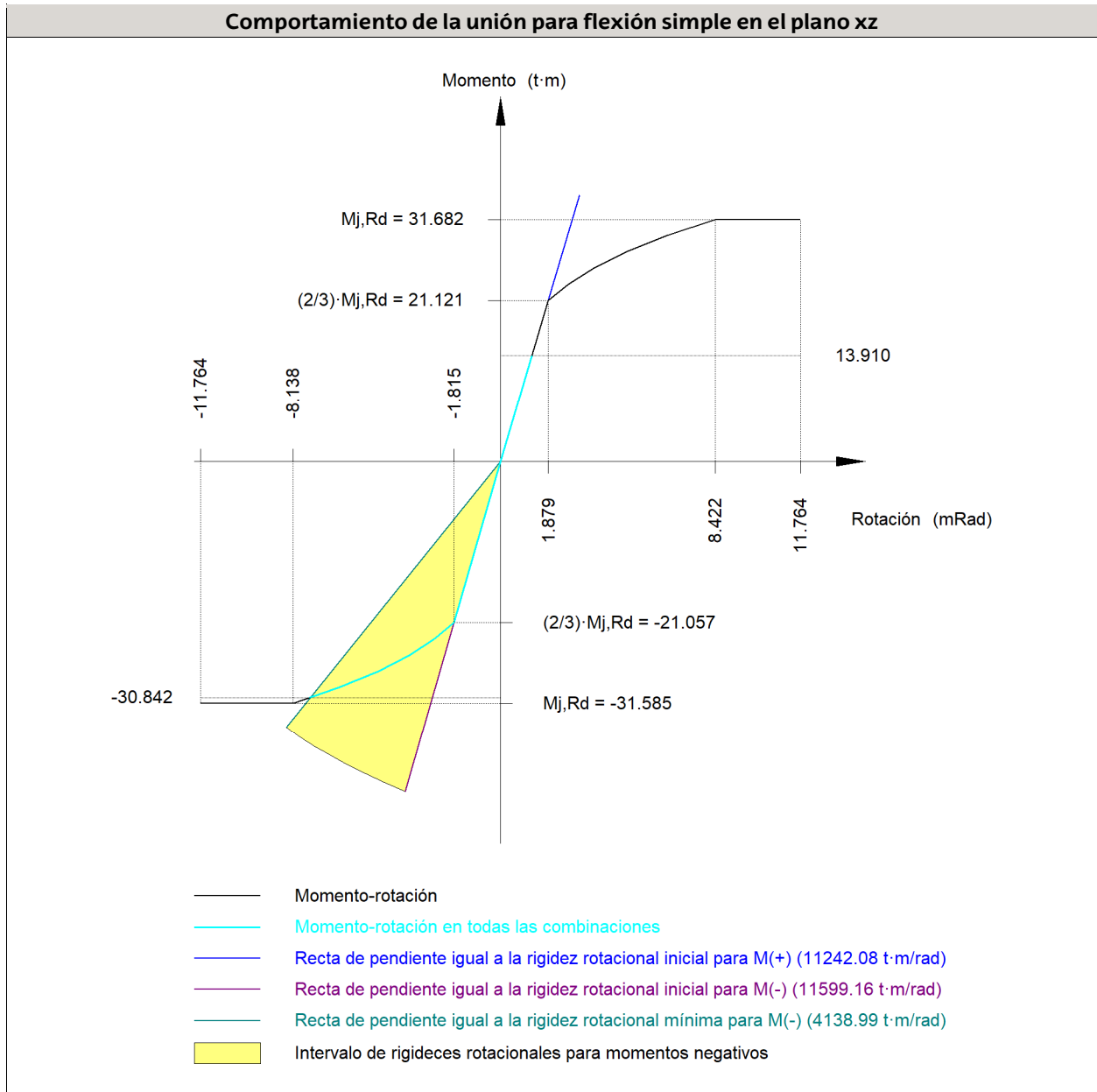
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	138	132	55.3
2	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	138	132	55.3
3	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	138	132	59.0
4	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	138	132	59.0
5	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	157	132	59.0
6	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	157	132	59.0
7	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	141	132	59.0
8	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	141	132	59.0
9	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	141	132	55.3
10	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	141	132	55.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	18.742	179.520	10.44	Vástago	274.086	323.136	84.82	60.59	84.82
	Aplastamiento	14.085	295.604	4.76	Punzonamiento	274.086	643.699	42.58		
2	Sección transversal	18.742	179.520	10.44	Vástago	274.070	323.136	84.82	60.58	84.82
	Aplastamiento	14.085	295.604	4.76	Punzonamiento	274.070	643.699	42.58		
3	Sección transversal	18.742	179.520	10.44	Vástago	143.964	323.136	44.55	31.82	44.55
	Aplastamiento	18.742	528.900	3.54	Punzonamiento	143.964	643.699	22.37		
4	Sección transversal	18.742	179.520	10.44	Vástago	143.951	323.136	44.55	31.82	44.55
	Aplastamiento	18.742	528.900	3.54	Punzonamiento	143.951	643.699	22.36		
5	Sección transversal	9.244	179.520	5.15	Vástago	81.617	323.136	25.26	18.04	25.26
	Aplastamiento	9.244	528.900	1.75	Punzonamiento	81.617	643.699	12.68		
6	Sección transversal	9.244	179.520	5.15	Vástago	81.601	323.136	25.25	18.04	25.25

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
	Aplastamiento	9.244	528.900	1.75	Punzonamiento	81.601	643.699	12.68		
7	Sección transversal	35.402	179.520	19.72	Vástago	57.404	323.136	17.76	19.72	19.72
	Aplastamiento	35.402	528.900	6.69	Punzonamiento	57.404	643.699	8.92		
8	Sección transversal	35.402	179.520	19.72	Vástago	57.409	323.136	17.77	19.72	19.72
	Aplastamiento	35.402	528.900	6.69	Punzonamiento	57.409	643.699	8.92		
9	Sección transversal	35.402	179.520	19.72	Vástago	115.241	323.136	35.66	25.47	35.66
	Aplastamiento	35.402	528.900	6.69	Punzonamiento	115.241	643.699	17.90		
10	Sección transversal	35.402	179.520	19.72	Vástago	115.249	323.136	35.67	25.48	35.67
	Aplastamiento	35.402	528.900	6.69	Punzonamiento	115.249	643.699	17.90		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2196.11	11242.08
Calculada para momentos negativos	2196.11	11599.16



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.18	1.80	65.39
Momento resistente	kNm	302.56	309.85	97.65
Capacidad de rotación	mRad	633.453	667	95.02

3) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	290.72	398.46	72.96
Ala	Compresión	kN	417.13	760.87	54.82
	Tracción	kN	195.22	363.26	53.74
Alma	Tracción	kN	96.93	327.57	29.59

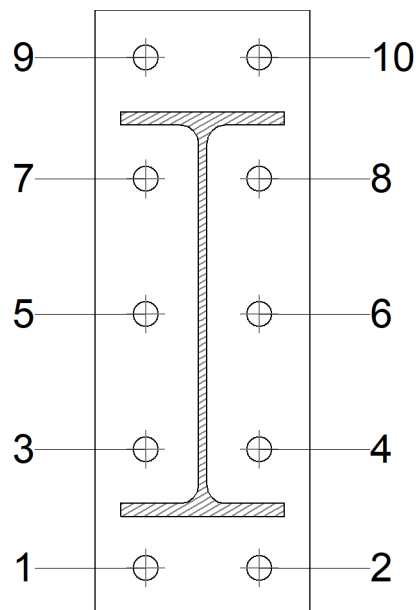
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	101.1	137.3	0.0	258.4	66.95	151.8	46.27	410.0	0.85
Soldadura del alma	116.3	116.3	34.1	240.0	62.20	116.3	35.47	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	129.6	176.0	0.0	331.3	85.85	144.5	44.06	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

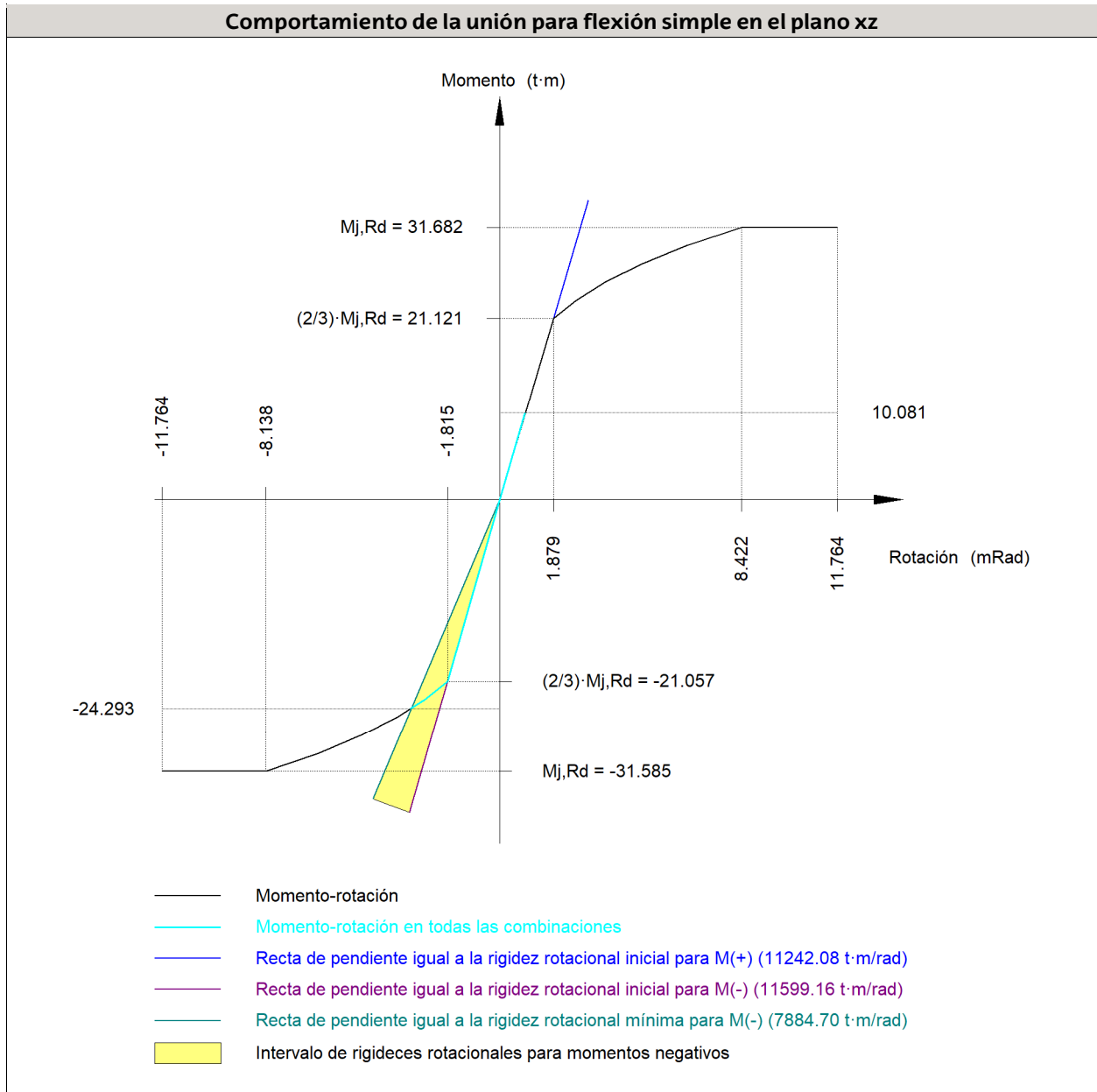


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	138	132	55.3
2	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	138	132	55.3
3	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	138	132	59.0
4	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	138	132	59.0
5	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	157	132	59.0
6	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	157	132	59.0
7	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	141	132	59.0
8	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	--	59	141	132	59.0
9	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	141	132	55.3

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
10	ISO 4017-M30x90-8.8	33.0	55	59	141	132	55.3
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	16.322	179.520	9.09	Vástago	217.915	323.136	67.44	48.17	67.44
	Aplastamiento	16.322	528.900	3.09	Punzonamiento	217.915	643.699	33.85		
2	Sección transversal	16.322	179.520	9.09	Vástago	217.915	323.136	67.44	48.17	67.44
	Aplastamiento	16.322	528.900	3.09	Punzonamiento	217.915	643.699	33.85		
3	Sección transversal	16.322	179.520	9.09	Vástago	114.634	323.136	35.48	25.34	35.48
	Aplastamiento	16.322	528.900	3.09	Punzonamiento	114.634	643.699	17.81		
4	Sección transversal	16.322	179.520	9.09	Vástago	114.634	323.136	35.48	25.34	35.48
	Aplastamiento	16.322	528.900	3.09	Punzonamiento	114.634	643.699	17.81		
5	Sección transversal	9.885	179.520	5.51	Vástago	65.355	323.136	20.23	14.45	20.23
	Aplastamiento	9.885	528.900	1.87	Punzonamiento	65.355	643.699	10.15		
6	Sección transversal	9.885	179.520	5.51	Vástago	65.355	323.136	20.23	14.45	20.23
	Aplastamiento	9.885	528.900	1.87	Punzonamiento	65.355	643.699	10.15		
7	Sección transversal	33.776	179.520	18.81	Vástago	41.452	323.136	12.83	18.81	18.81
	Aplastamiento	33.776	528.900	6.39	Punzonamiento	41.452	643.699	6.44		
8	Sección transversal	33.776	179.520	18.81	Vástago	41.448	323.136	12.83	18.81	18.81
	Aplastamiento	33.776	528.900	6.39	Punzonamiento	41.448	643.699	6.44		
9	Sección transversal	33.776	179.520	18.81	Vástago	83.261	323.136	25.77	18.81	25.77
	Aplastamiento	33.776	528.900	6.39	Punzonamiento	83.261	643.699	12.93		
10	Sección transversal	33.776	179.520	18.81	Vástago	83.256	323.136	25.76	18.81	25.76
	Aplastamiento	33.776	528.900	6.39	Punzonamiento	83.256	643.699	12.93		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2196.11	11242.08
Calculada para momentos negativos	2196.11	11599.16



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.18	1.80	65.39
Momento resistente	kNm	238.32	309.85	76.91
Capacidad de rotación	mRad	261.915	667	39.29

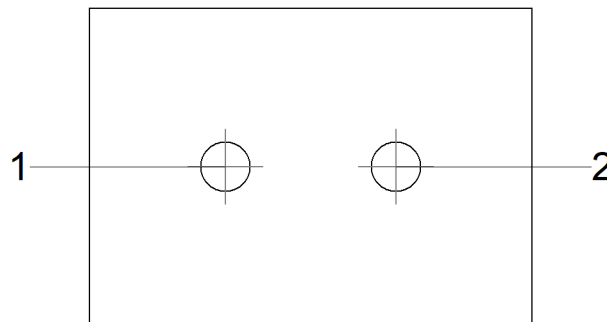
4) Viga (c) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	39.54
	Pandeo local	N/mm ²	64.99	230.97	28.14
	Aplastamiento	kN	37.96	78.81	48.17
	Desgarro	kN	75.71	99.19	76.33
Alma	Aplastamiento	kN	37.97	64.27	59.08
	Desgarro	kN	75.70	205.65	36.81

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w	
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	53.5	53.5	1.7	107.1	27.75	53.5	16.32	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	37.969	50.240	75.58	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.58	75.58
	Aplastamiento	37.969	78.807	48.18	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	37.871	50.240	75.38	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.38	75.38
	Aplastamiento	37.871	83.593	45.30	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

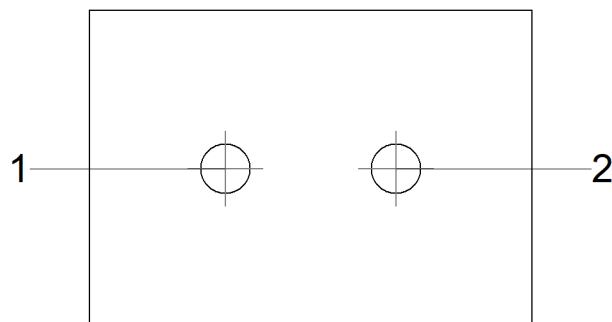
5) Viga (d) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	39.56
	Pandeo local	N/mm ²	66.92	230.97	28.97
	Aplastamiento	kN	37.99	78.81	48.20
	Desgarro	kN	75.77	99.19	76.38
Alma	Aplastamiento	kN	38.00	64.27	59.12
	Desgarro	kN	75.75	205.65	36.84

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	53.6	53.6	1.7	107.2	27.77	53.6	16.33	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	37.995	50.240	75.63	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.63	75.63
	Aplastamiento	37.995	78.807	48.21	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	37.897	50.240	75.43	Vástago	0.000	90.432	0.00	75.43	75.43
	Aplastamiento	37.897	83.593	45.34	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

d) Medición

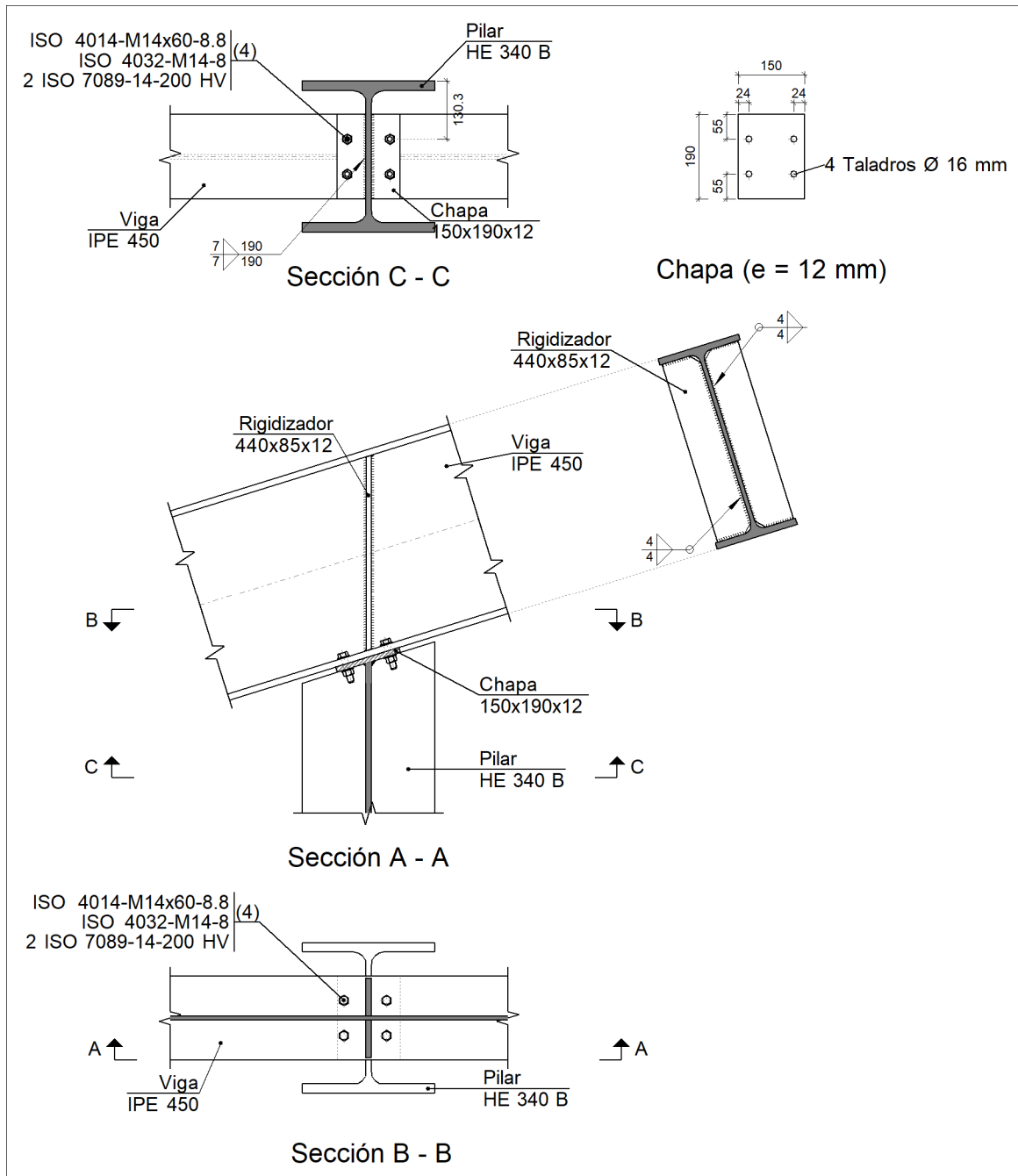
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	3931
			7	2526
			8	718

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x140x15	19.58
	Chapas	2	140x100x8	1.76
		2	250x705x25	69.18
Total				90.52

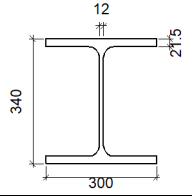
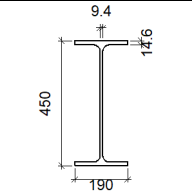
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M16x45
		20	ISO 4017-M30x90
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
		20	ISO 4032-M30
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16
		40	ISO 7089-30

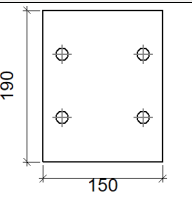
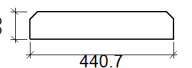
5.3.6.1.16 UNIÓN PILARILLO VIGA NAVES DE TENIS ARTICULADO

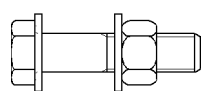
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		150	190	12	4	16	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		440.7	85	12	-	-	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería							
Descripción	Geometría			Acero			
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
ISO 4014-M14x60-8.8 ISO 4032-M14-8 2 ISO 7089-14-200 HV		M14	60	8.8	6524.0	8154.9	

c) Comprobación

1) Viga IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	53.37	777.88	6.86
	Tracción	kN	53.37	229.43	23.26

Ala	Tracción por flexión	kN	25.04	132.48	18.90
	Aplastamiento	kN	7.40	130.05	5.69

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	4	399	9.4	90.00				
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	4	60	9.4	72.72				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	16.7	29.0	7.51	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85

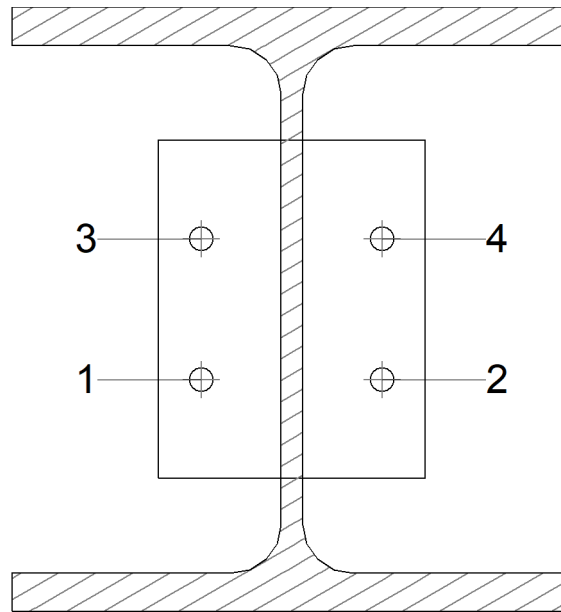
2) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	N/mm ²	0.00	0.12	1.14
	Desgarro	kN	26.01	573.39	4.54
	Tensiones combinadas	--	--	--	11.51
Ala	Tracción por flexión	kN	25.04	43.36	57.76
Alma	Pandeo local	N/mm ²	19.07	261.90	7.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	7	190	12.0	72.72				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	6.9	18.3	9.8	36.5	9.47	18.4	5.62	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	55	24	79	101	24.3
2	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	55	24	79	101	24.3
3	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	55	24	79	101	24.3
4	ISO 4014-M14x60-8.8	16.0	55	24	79	101	24.3

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	7.396	49.260	15.01	Vástago	15.523	66.240	23.44	31.71	31.71
	Aplastamiento	7.396	137.760	5.37	Punzonamiento	15.523	164.558	9.43		
2	Sección transversal	7.396	49.260	15.01	Vástago	15.523	66.240	23.44	31.71	31.71
	Aplastamiento	7.396	106.893	6.92	Punzonamiento	15.523	164.558	9.43		
3	Sección transversal	7.396	49.260	15.01	Vástago	25.568	66.240	38.60	42.51	42.51
	Aplastamiento	7.396	137.760	5.37	Punzonamiento	25.568	164.558	15.54		
4	Sección transversal	7.396	49.260	15.01	Vástago	25.568	66.240	38.60	42.51	42.51
	Aplastamiento	7.396	106.893	6.92	Punzonamiento	25.568	164.558	15.54		

d) Medición

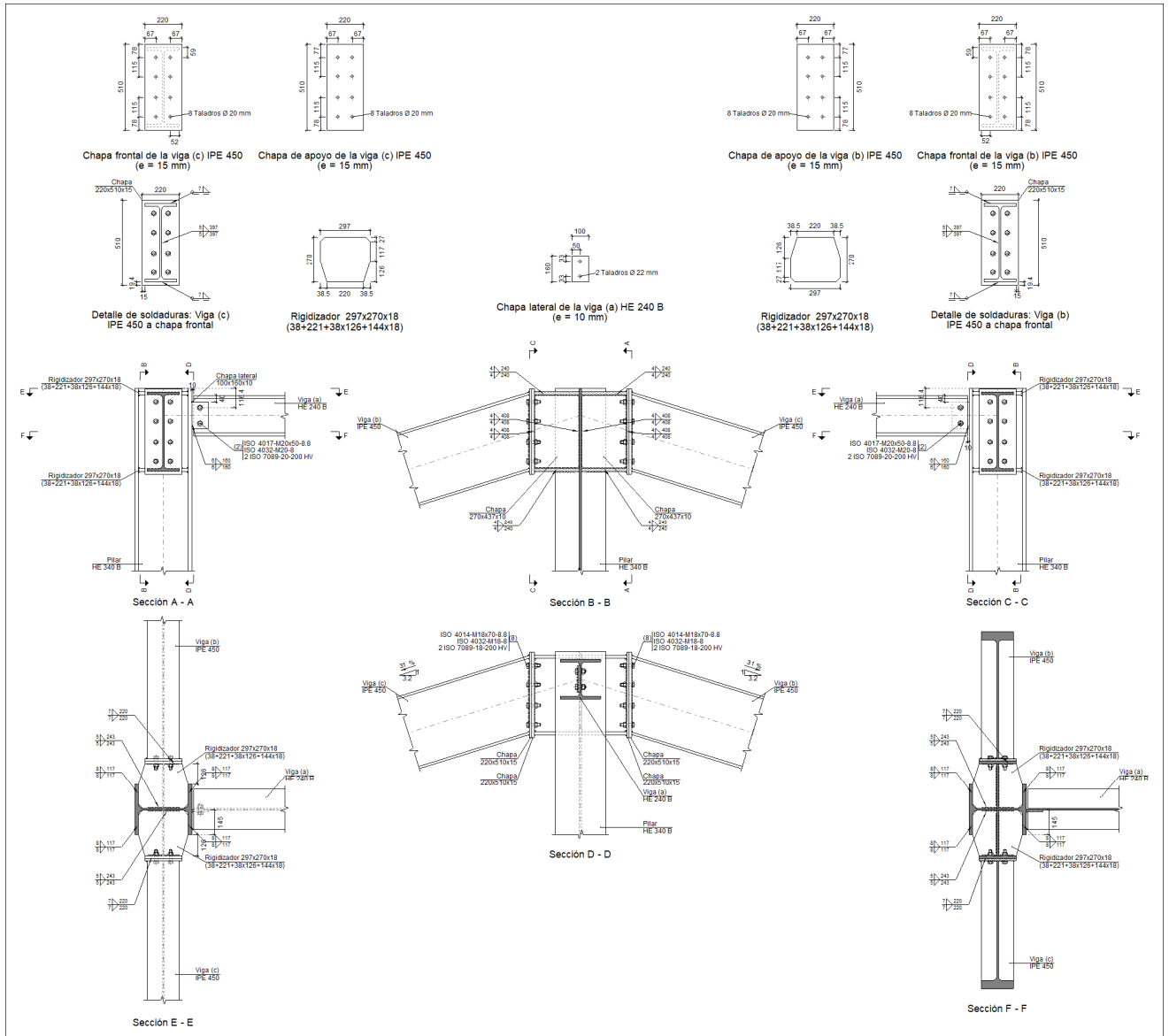
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2107
			7	380

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	440x85x12	7.06
	Chapas	1	150x190x12	2.68
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M14x60
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M14
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-14

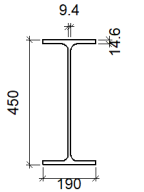
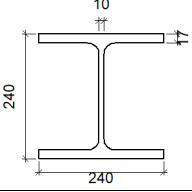
5.3.6.1.17 UNIÓN PILARILLO VIGA NAVES DE TENIS EMPOTRADO

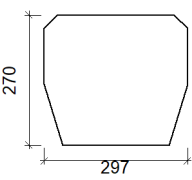
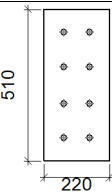
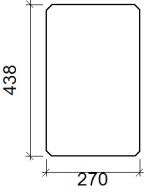

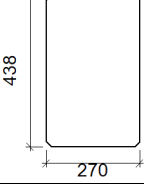
a) Detalle


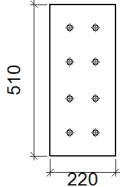
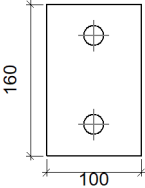


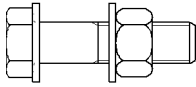
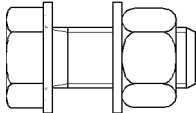
b) Descripción de los componentes de la unión

Pieza	Descripción	Esquema	Canto total (mm)	Perfiles			Acero		
				Geometría			Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
				Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)			
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 240 B		240	240	17	10	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	270	18	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 450		220	510	15	8	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 450		270	438	10	-	-	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 450		220	510	15	8	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 450		270	438	10	-	-	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (c) IPE 450		220	510	15	8	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa frontal: Viga (b) IPE 450		220	510	15	8	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa lateral: Viga (a) HE 240 B		100	160	10	2	22	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M18x70-8.8 ISO 4032-M18-8 2 ISO 7089-18-200 HV		M18	70	8.8	6524.0	8154.9
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	38.25
	Cortante	kN	30.55	774.05	3.95
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	45.28	261.90	17.29
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	34.26	261.90	13.08
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	44.68	261.90	17.06
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	48.43	261.90	18.49
Chapa frontal [Viga (c) IPE 450]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00

	Chapa vertical [Viga (c) IPE 450]	Cortante	kN	81.20	362.91	22.37
	Chapa frontal [Viga (b) IPE 450]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (b) IPE 450]	Cortante	kN	115.50	362.91	31.83
	Ala	Desgarro	N/mm ²	41.19	261.90	15.73
		Cortante	N/mm ²	24.19	261.90	9.24
Viga (c) IPE 450	Rigidizadores	Tracción	kN	12.83	447.86	2.87
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	52.22	221.18	23.61
	Chapa vertical	Tracción	kN	36.98	293.44	12.60
Viga (b) IPE 450	Rigidizadores	Tracción	kN	17.67	447.86	3.95
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	71.88	221.18	32.50
	Chapa vertical	Tracción	kN	50.52	293.44	17.22

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	7	220	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	7	220	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	7	220	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	117	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	243	12.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	7	220	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	408	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	408	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	240	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	240	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	408	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	408	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	240	10.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	240	10.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	29.4	51.0	13.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.2	12.4	3.21	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	20.0	20.0	1.4	40.1	10.40	20.0	6.11	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	22.3	38.5	9.99	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.0	12.0	3.12	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	21.7	21.7	0.2	43.5	11.26	21.7	6.63	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	29.0	50.3	13.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.8	13.6	3.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	18.9	18.9	1.6	37.8	9.80	18.9	5.75	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	31.5	54.5	14.12	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.6	13.1	3.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	28.6	28.6	0.7	57.2	14.81	28.6	8.71	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	15.0	26.0	6.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	15.0	26.0	6.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	31.0	53.6	13.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	42.3	73.3	18.98	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	13.5	23.5	6.08	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	13.5	23.5	6.08	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	28.7	49.6	12.86	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	60.2	104.2	27.00	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 240 B

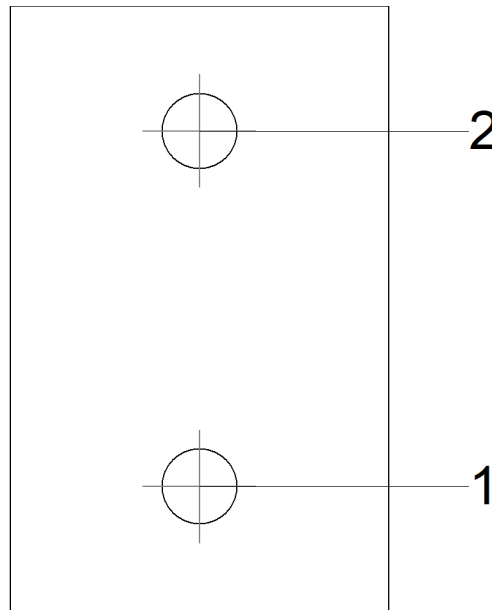
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.06
	Tensiones combinadas	--	--	--	14.70
	Pandeo local	N/mm ²	38.34	235.15	16.30
	Aplastamiento	kN	29.34	124.33	23.60
	Desgarro	kN	55.07	175.40	31.40
Alma	Aplastamiento	kN	24.02	99.55	24.13
	Desgarro	kN	55.07	332.85	16.55

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	160	10.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	20.2	20.2	1.8	40.6	10.52	20.2	6.17	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	33	40	94	--	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	25.730	78.400	32.82	Vástago	0.000	141.120	0.00	32.82	32.82
	Aplastamiento	25.730	123.893	20.77	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		
2	Sección transversal	29.340	78.400	37.42	Vástago	0.000	141.120	0.00	37.42	37.42
	Aplastamiento	29.340	124.331	23.60	Punzonamiento	0.000	194.599	0.00		

3) Viga (c) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	52.22	221.18	23.61
Ala	Compresión	kN	52.39	671.98	7.80
	Tracción	kN	12.70	363.26	3.50
Alma	Tracción	kN	36.98	281.28	13.15

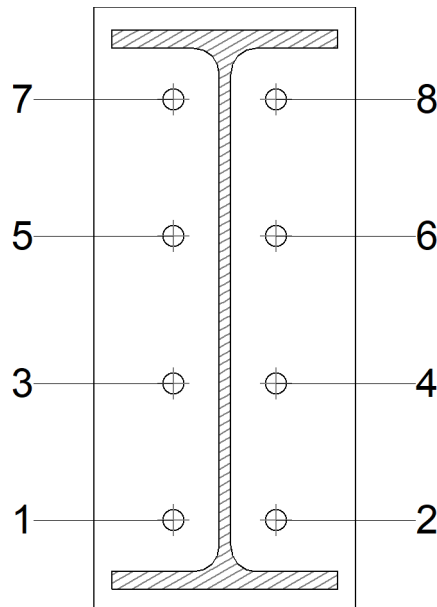
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72	
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	21.6	29.4	1.6	55.4	14.35	28.5	8.69	410.0	0.85
Soldadura del alma	28.1	28.1	1.2	56.3	14.58	28.1	8.57	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	19.1	26.0	0.8	49.0	12.69	21.8	6.66	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



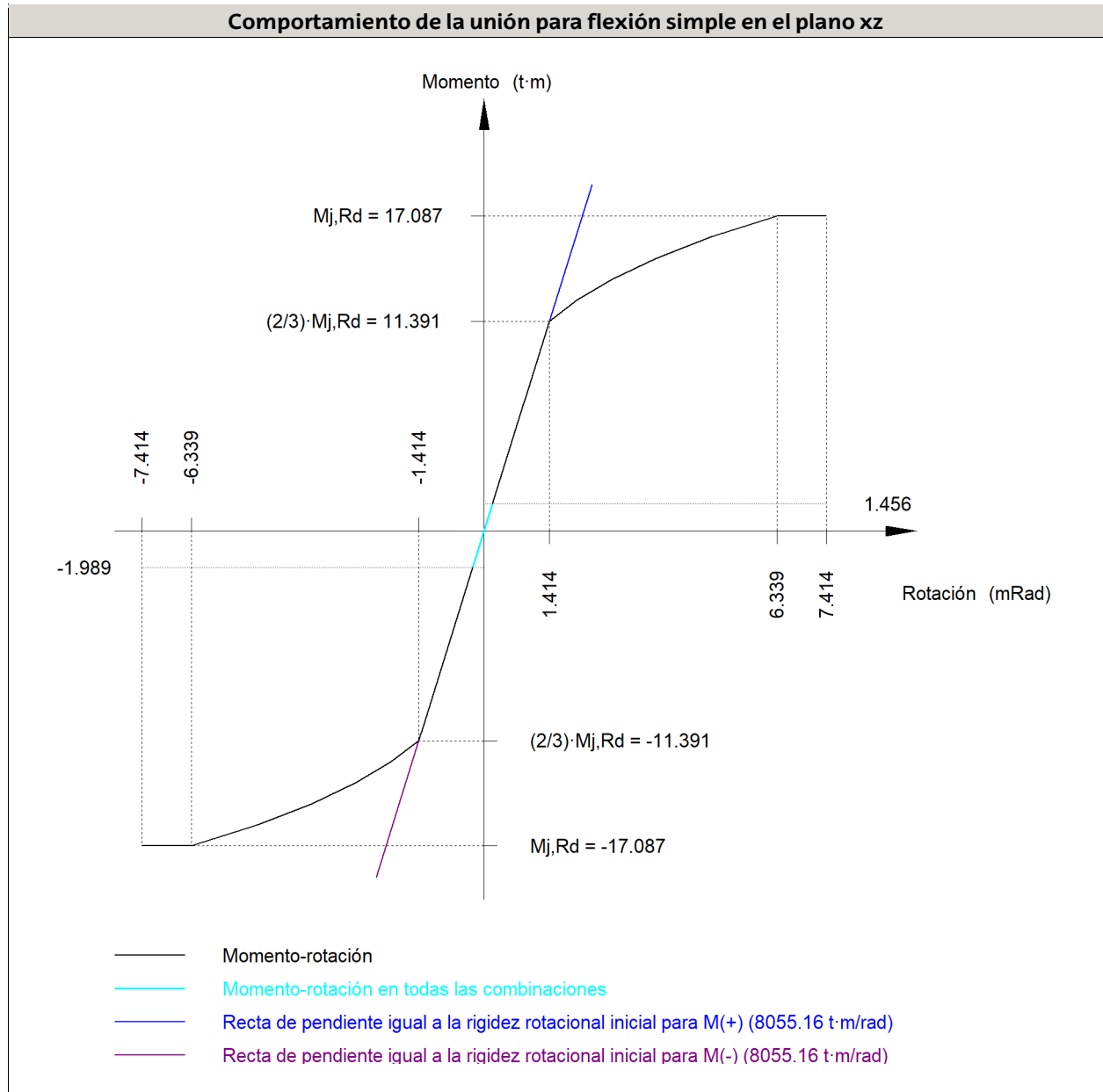
Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
2	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
3	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
4	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
5	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
6	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
7	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
8	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	7.165	81.430	8.80	Vástago	26.108	110.592	23.61	18.09	23.61
	Aplastamiento	7.165	221.400	3.24	Punzonamiento	26.108	262.268	9.95		
2	Sección transversal	6.083	81.430	7.47	Vástago	25.749	110.592	23.28	18.11	23.28
	Aplastamiento	6.083	221.400	2.75	Punzonamiento	25.749	262.268	9.82		
3	Sección transversal	6.780	81.430	8.33	Vástago	24.264	110.592	21.94	16.36	21.94
	Aplastamiento	6.780	221.400	3.06	Punzonamiento	24.264	262.268	9.25		
4	Sección transversal	5.625	81.430	6.91	Vástago	23.792	110.592	21.51	16.45	21.51
	Aplastamiento	5.625	221.400	2.54	Punzonamiento	23.792	262.268	9.07		
5	Sección transversal	6.756	81.430	8.30	Vástago	13.189	110.592	11.93	12.45	12.45
	Aplastamiento	6.756	221.400	3.05	Punzonamiento	13.189	262.268	5.03		
6	Sección transversal	7.725	81.430	9.49	Vástago	13.072	110.592	11.82	12.61	12.61
	Aplastamiento	7.725	221.400	3.49	Punzonamiento	13.072	262.268	4.98		
7	Sección transversal	7.725	81.430	9.49	Vástago	13.585	110.592	12.28	12.92	12.92
	Aplastamiento	7.725	221.400	3.49	Punzonamiento	13.585	262.268	5.18		
8	Sección transversal	7.725	81.430	9.49	Vástago	13.769	110.592	12.45	13.06	13.06
	Aplastamiento	7.725	221.400	3.49	Punzonamiento	13.769	262.268	5.25		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2172.73	8055.16
Calculada para momentos negativos	2172.73	8055.16



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.67	1.80	93.00
Momento resistente	kNm	19.51	167.62	11.64
Capacidad de rotación	mRad	33.306	667	5.00

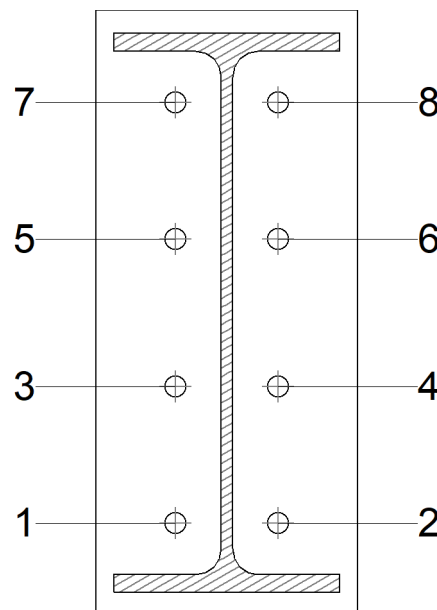
4) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	71.88	221.18	32.50
Ala	Compresión	kN	73.66	760.87	9.68
	Tracción	kN	17.49	363.26	4.81
Alma	Tracción	kN	50.52	281.28	17.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72				
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	22.2	30.2	1.8	56.9	14.75	29.0	8.85	410.0	0.85
Soldadura del alma	38.7	38.7	3.2	77.6	20.11	38.7	11.80	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	26.4	35.8	0.8	67.4	17.46	30.4	9.28	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

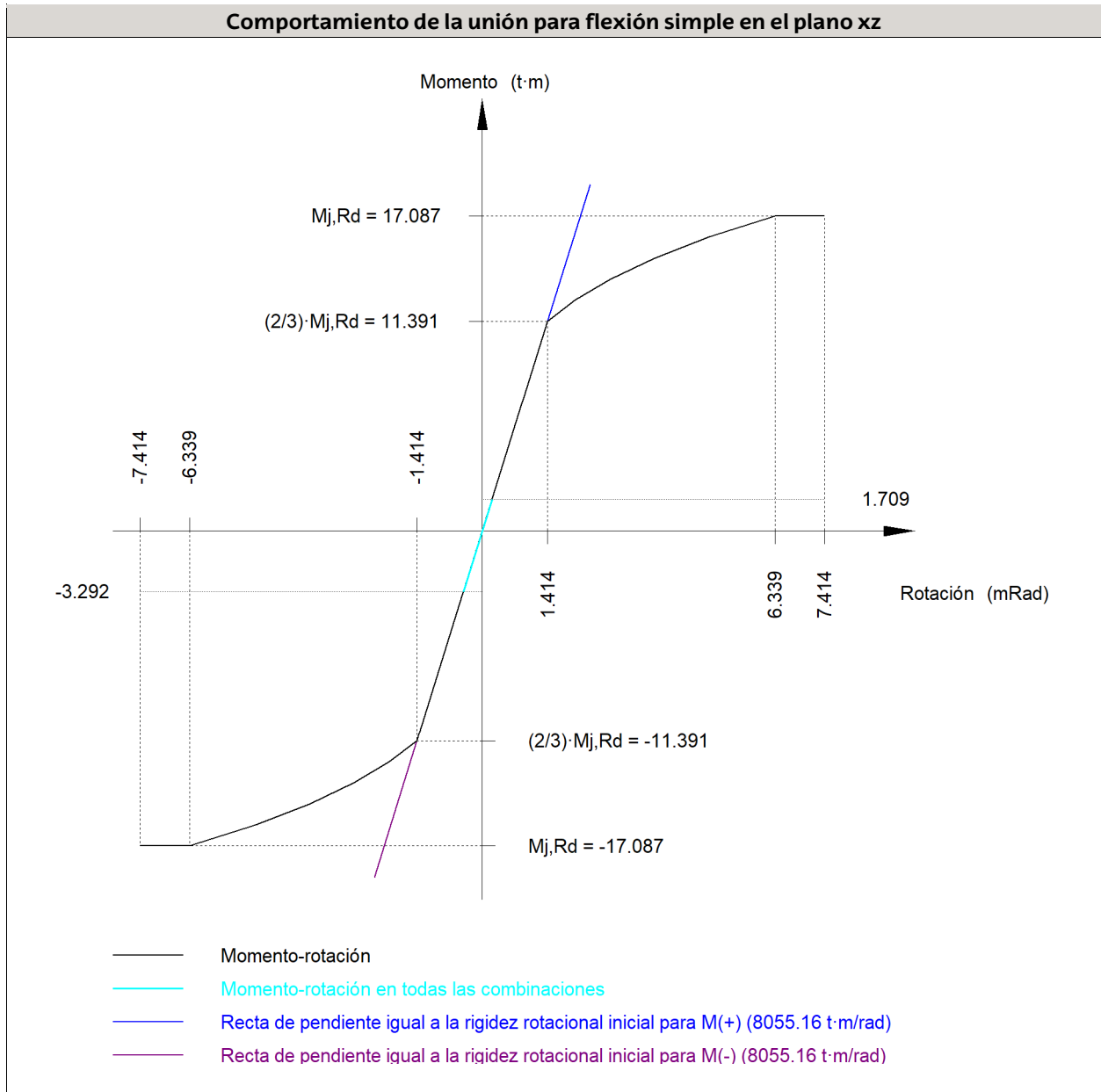


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
2	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
3	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
4	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
5	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
6	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
7	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0
8	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	115	86	38.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.555	81.430	6.82	Vástago	35.624	110.592	32.21	25.44	32.21
	Aplastamiento	5.555	221.400	2.51	Punzonamiento	35.624	262.268	13.58		
2	Sección transversal	6.639	81.430	8.15	Vástago	35.941	110.592	32.50	25.23	32.50
	Aplastamiento	6.639	221.400	3.00	Punzonamiento	35.941	262.268	13.70		
3	Sección transversal	5.373	81.430	6.60	Vástago	32.735	110.592	29.60	23.38	29.60
	Aplastamiento	5.373	221.400	2.43	Punzonamiento	32.735	262.268	12.48		
4	Sección transversal	6.200	81.430	7.61	Vástago	33.151	110.592	29.98	23.18	29.98
	Aplastamiento	6.200	221.400	2.80	Punzonamiento	33.151	262.268	12.64		
5	Sección transversal	5.471	81.430	6.72	Vástago	17.237	110.592	15.59	14.11	15.59
	Aplastamiento	5.471	221.400	2.47	Punzonamiento	17.237	262.268	6.57		
6	Sección transversal	6.171	81.430	7.58	Vástago	17.644	110.592	15.95	13.13	15.95
	Aplastamiento	6.171	221.400	2.79	Punzonamiento	17.644	262.268	6.73		
7	Sección transversal	5.563	81.430	6.83	Vástago	14.155	110.592	12.80	13.90	13.90
	Aplastamiento	5.563	221.400	2.51	Punzonamiento	14.155	262.268	5.40		
8	Sección transversal	6.564	81.430	8.06	Vástago	14.016	110.592	12.67	12.35	12.67
	Aplastamiento	6.564	221.400	2.96	Punzonamiento	14.016	262.268	5.34		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2172.73	8055.16
Calculada para momentos negativos	2172.73	8055.16



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.67	1.80	93.00
Momento resistente	kNm	32.29	167.62	19.26
Capacidad de rotación	mRad	55.115	667	8.27

d) Medición

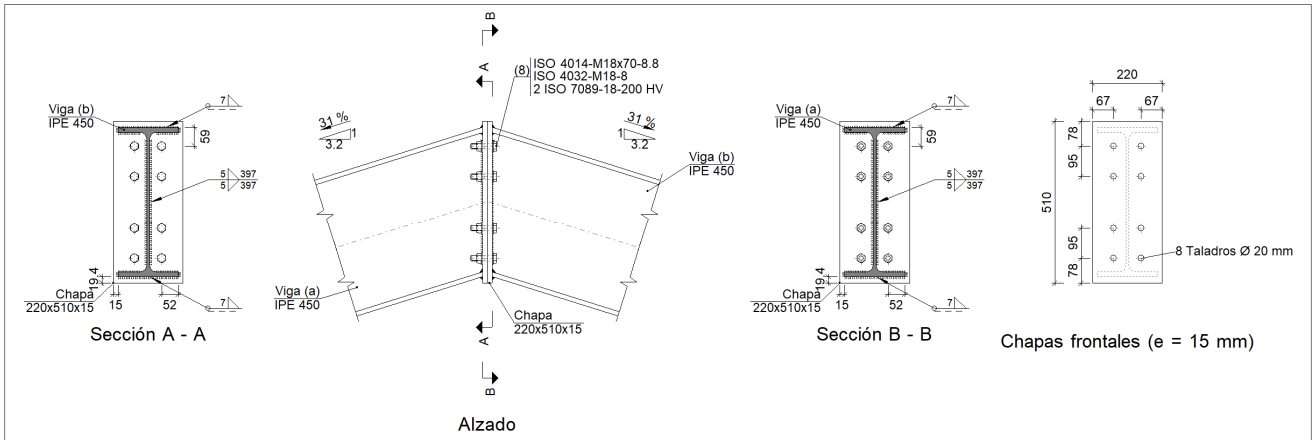
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	5184
			5	3531
			6	320
			7	3197
			8	1872

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x270x18 (38+221+38x126+144x18)	42.58
	Chapas	1	100x160x10	1.26
		2	270x437x10	18.57
		4	220x510x15	52.85
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	16	ISO 4014-M18x70
		2	ISO 4017-M20x50
Tuercas	Clase 8	16	ISO 4032-M18
		2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	32	ISO 7089-18
		4	ISO 7089-20

5.3.6.1.18 UNIÓN DINTELES NAVES DE TENIS

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Esquema	Geometría			Taladros		Tipo	Acero	
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal		220	510	15	8	20	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4014-M18x70-8.8 ISO 4032-M18-8 2 ISO 7089-18-200 HV		M18	70	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	145.48	160.94	90.39
Ala	Aplastamiento	kN	241.70	760.87	31.77
	Tracción	kN	46.67	363.26	12.85
Alma	Tracción	kN	145.48	256.30	56.76

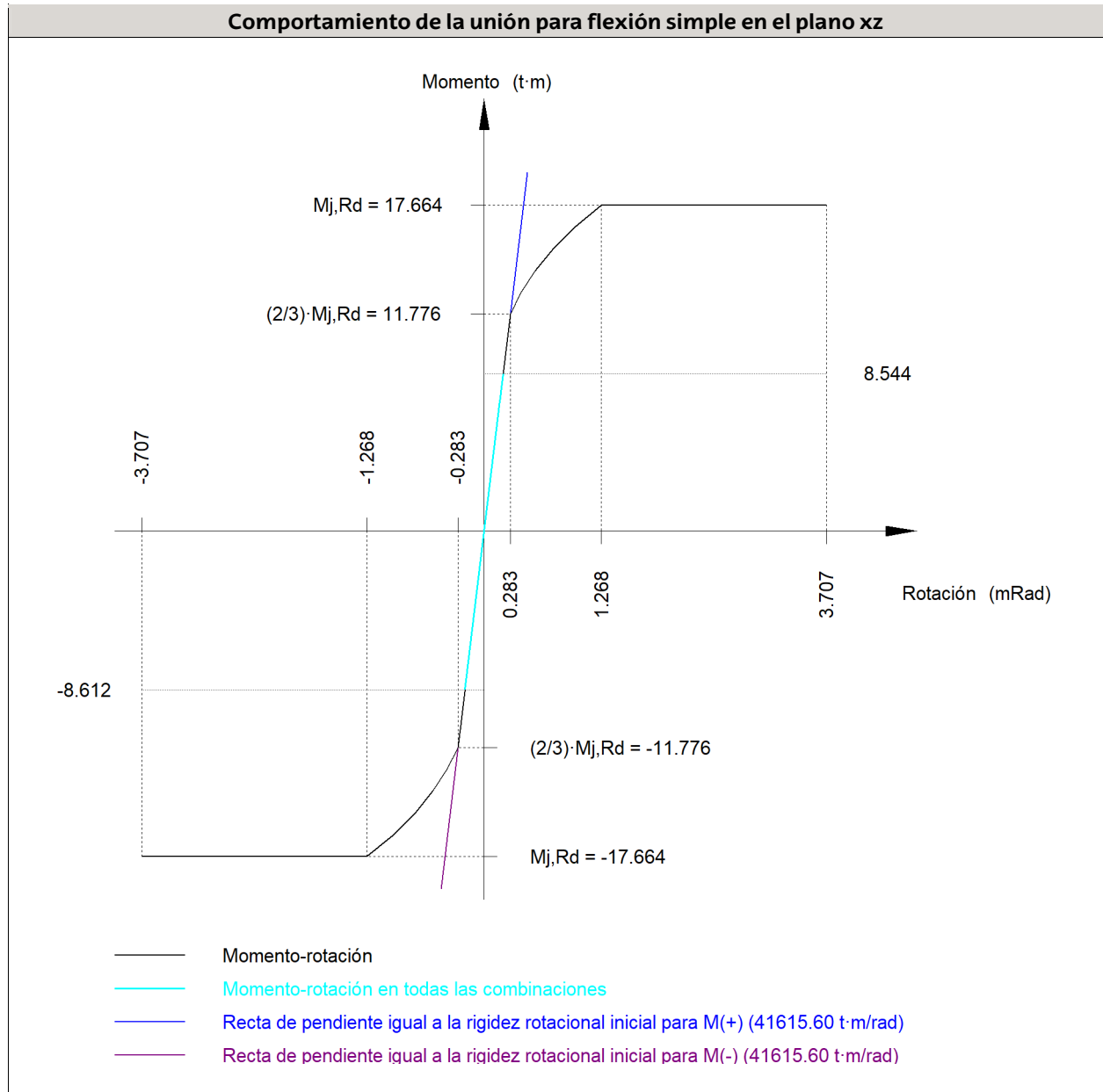
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72	
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	75.4	55.5	0.0	122.2	31.67	75.4	22.99	410.0	0.85
Soldadura del alma	118.9	118.9	1.0	237.7	61.61	118.9	36.24	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	70.7	96.0	5.1	180.9	46.87	76.0	23.16	410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	10104.58	41615.60
Calculada para momentos negativos	10104.58	41615.60



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.67	1.80	93.00
Momento resistente	kNm	84.48	173.28	48.75
Capacidad de rotación	mRad	55.823	667	8.37

2) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	145.48	160.94	90.39
Ala	Compresión	kN	241.70	760.87	31.77
	Tracción	kN	46.67	363.26	12.85
Alma	Tracción	kN	145.48	256.30	56.76

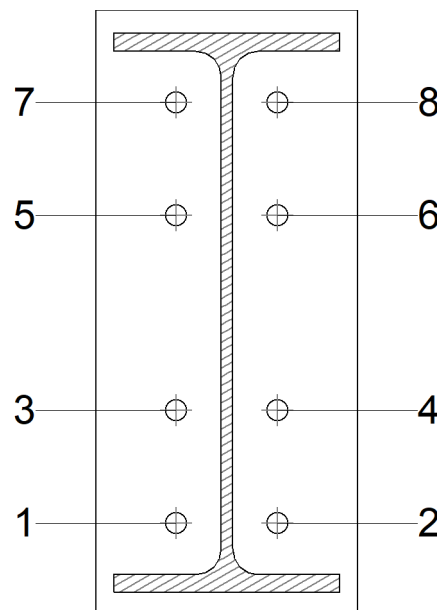
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	72.72
Soldadura del alma	En ángulo	5	397	9.4	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	72.72

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	75.4	55.5	0.0	122.2	31.67	75.4	22.99	410.0	0.85
Soldadura del alma	118.9	118.9	0.3	237.7	61.61	118.9	36.24	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	70.7	96.0	3.2	180.8	46.84	76.0	23.16	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

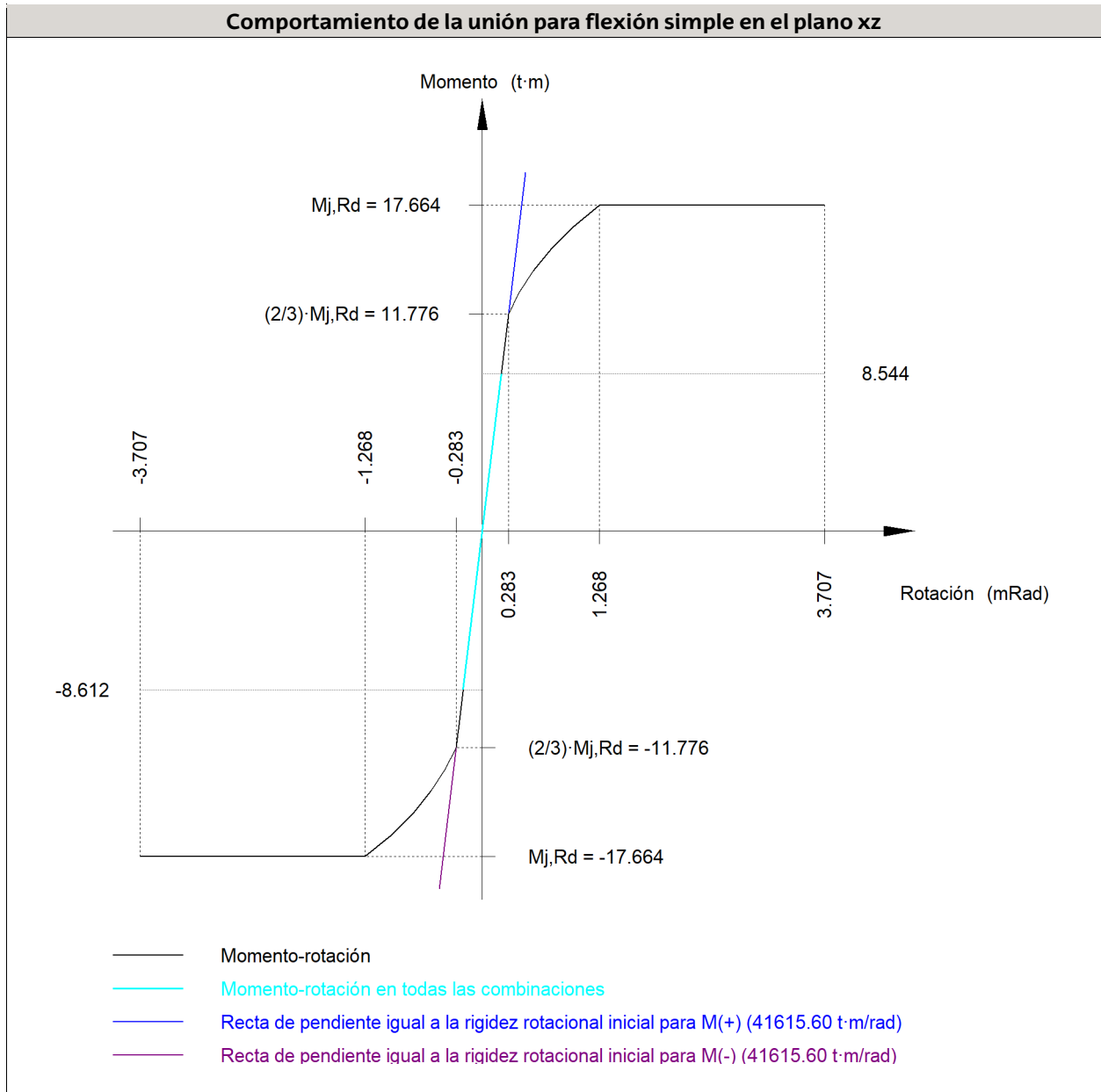


Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
2	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
3	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
4	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
5	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
6	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
7	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0
8	ISO 4014-M18x70-8.8	20.0	--	67	95	85	38.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	17.625	81.430	21.64	Vástago	96.376	110.592	87.15	65.90	87.15
	Aplastamiento	17.625	221.400	7.96	Punzonamiento	96.376	262.268	36.75		
2	Sección transversal	17.625	81.430	21.64	Vástago	96.376	110.592	87.15	65.90	87.15
	Aplastamiento	17.625	221.400	7.96	Punzonamiento	96.376	262.268	36.75		
3	Sección transversal	11.086	81.430	13.61	Vástago	99.963	110.592	90.39	68.21	90.39
	Aplastamiento	11.086	221.400	5.01	Punzonamiento	99.963	262.268	38.11		
4	Sección transversal	11.086	81.430	13.61	Vástago	99.963	110.592	90.39	68.21	90.39
	Aplastamiento	11.086	221.400	5.01	Punzonamiento	99.963	262.268	38.11		
5	Sección transversal	11.087	81.430	13.62	Vástago	77.979	110.592	70.51	55.10	70.51
	Aplastamiento	11.087	221.400	5.01	Punzonamiento	77.979	262.268	29.73		
6	Sección transversal	11.087	81.430	13.62	Vástago	77.979	110.592	70.51	55.10	70.51
	Aplastamiento	11.087	221.400	5.01	Punzonamiento	77.979	262.268	29.73		
7	Sección transversal	11.088	81.430	13.62	Vástago	75.711	110.592	68.46	53.64	68.46
	Aplastamiento	11.088	221.400	5.01	Punzonamiento	75.711	262.268	28.87		
8	Sección transversal	11.088	81.430	13.62	Vástago	75.711	110.592	68.46	53.64	68.46
	Aplastamiento	11.088	221.400	5.01	Punzonamiento	75.711	262.268	28.87		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (t·m/rad)	Plano xz (t·m/rad)
Calculada para momentos positivos	10104.58	41615.60
Calculada para momentos negativos	10104.58	41615.60



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.67	1.80	93.00
Momento resistente	kNm	84.48	173.28	48.75
Capacidad de rotación	mRad	55.823	667	8.37

d) Medición

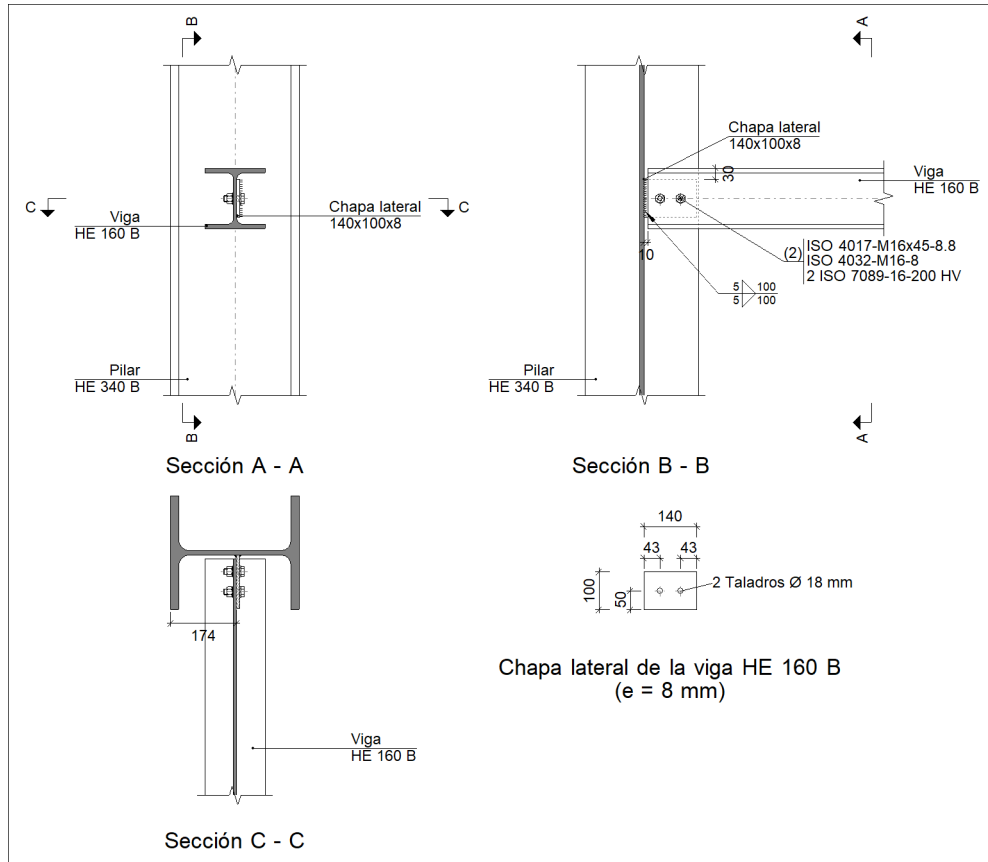
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	1587
			7	1437

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	220x510x15	26.42
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	8	ISO 4014-M18x70
Tuercas	Clase 8	8	ISO 4032-M18
Arandelas	Dureza 200 HV	16	ISO 7089-18

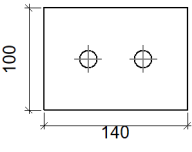
5.3.6.1.19 UNIÓN ARRIOSTRAMIENTO LATERAL NAVES DE TENIS

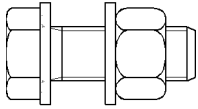
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 B		340	300	21.5	12	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa lateral: Viga HE 160 B		140	100	8	2	18	S275	2803.3	4179.4

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	6524.0	8154.9

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Comprobaciones de resistencia						
Viga HE 160 B	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	85.63	193.18	44.33

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.26
	Tensiones combinadas	--	--	--	44.29
	Pandeo local	N/mm ²	115.93	230.97	50.19
	Aplastamiento	kN	42.84	78.73	54.41
	Desgarro	kN	85.65	99.19	86.34
Alma	Aplastamiento	kN	42.92	78.81	54.47
	Desgarro	kN	85.65	205.65	41.65

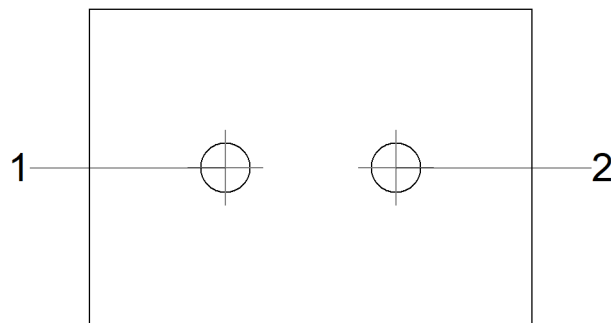
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	100	8.0	90.00	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	60.6	60.6	1.7	121.1	31.39	60.6	18.46	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	33	--	54	43.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	50	43	--	54	43.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	42.923	50.240	85.44	Vástago	0.000	90.432	0.00	85.44	85.44
	Aplastamiento	42.923	83.634	51.32	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		
2	Sección transversal	42.837	50.240	85.26	Vástago	0.000	90.432	0.00	85.26	85.26
	Aplastamiento	42.837	78.733	54.41	Punzonamiento	0.000	125.508	0.00		

d) Medición

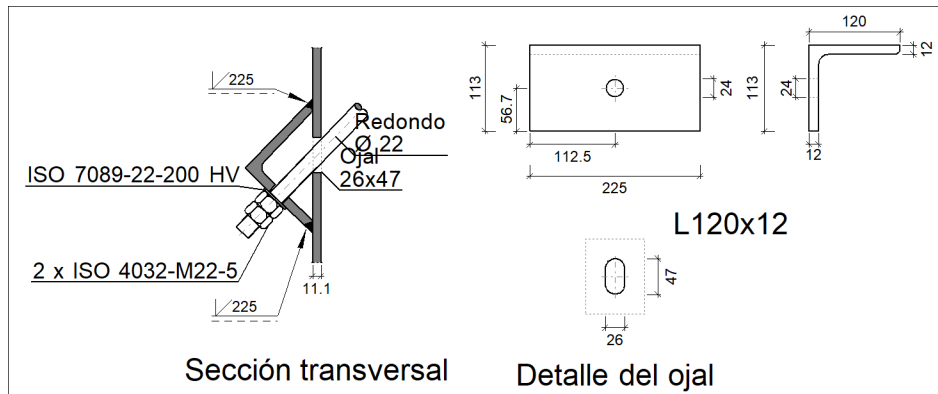
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	200

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	140x100x8	0.88
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M16x45
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16

5.3.6.1.20 UNIÓN R22

a) Detalle



b) Comprobación

1) L120x12 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	42.44	364.72	11.64
Flector	--	--	--	78.60

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	11	225

l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

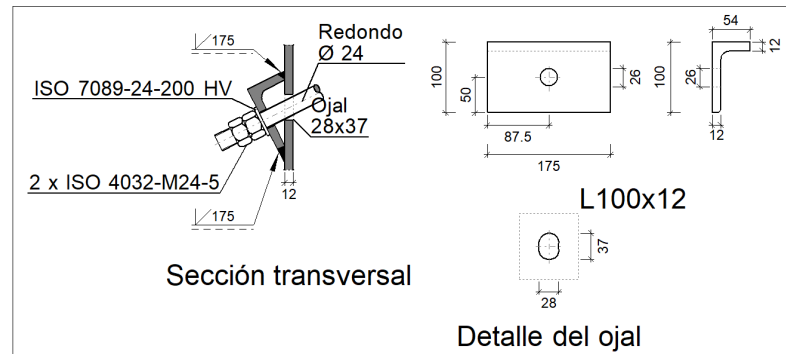
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	12	450

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L120x12	225	4.83
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M22
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-22

5.3.6.1.21 UNIÓN R24

a) Detalle



b) Comprobación

1) L100x12 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	35.92	270.36	13.28
Flector	--	--	--	62.92

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)						
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	12	175						
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.					410.0	0.85		

c) Medición

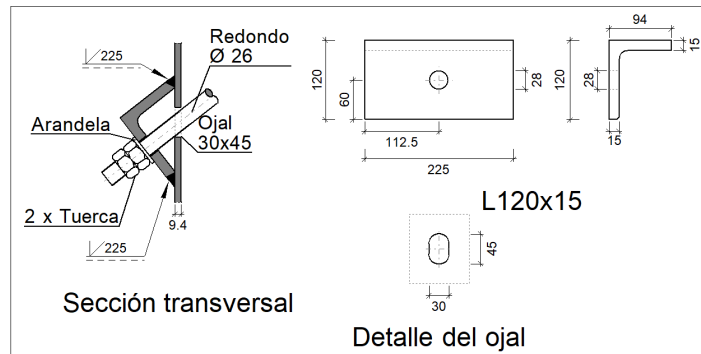
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	12	350

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L100x12	175	3.10
	Total			3.10

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M24
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-24

5.3.6.1.22 UNIÓN R26

a) Detalle



b) Comprobación

1) L120x15 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	56.36	446.83	12.61
Flector	--	--	--	71.48

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)					
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	9	225					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple	15	450

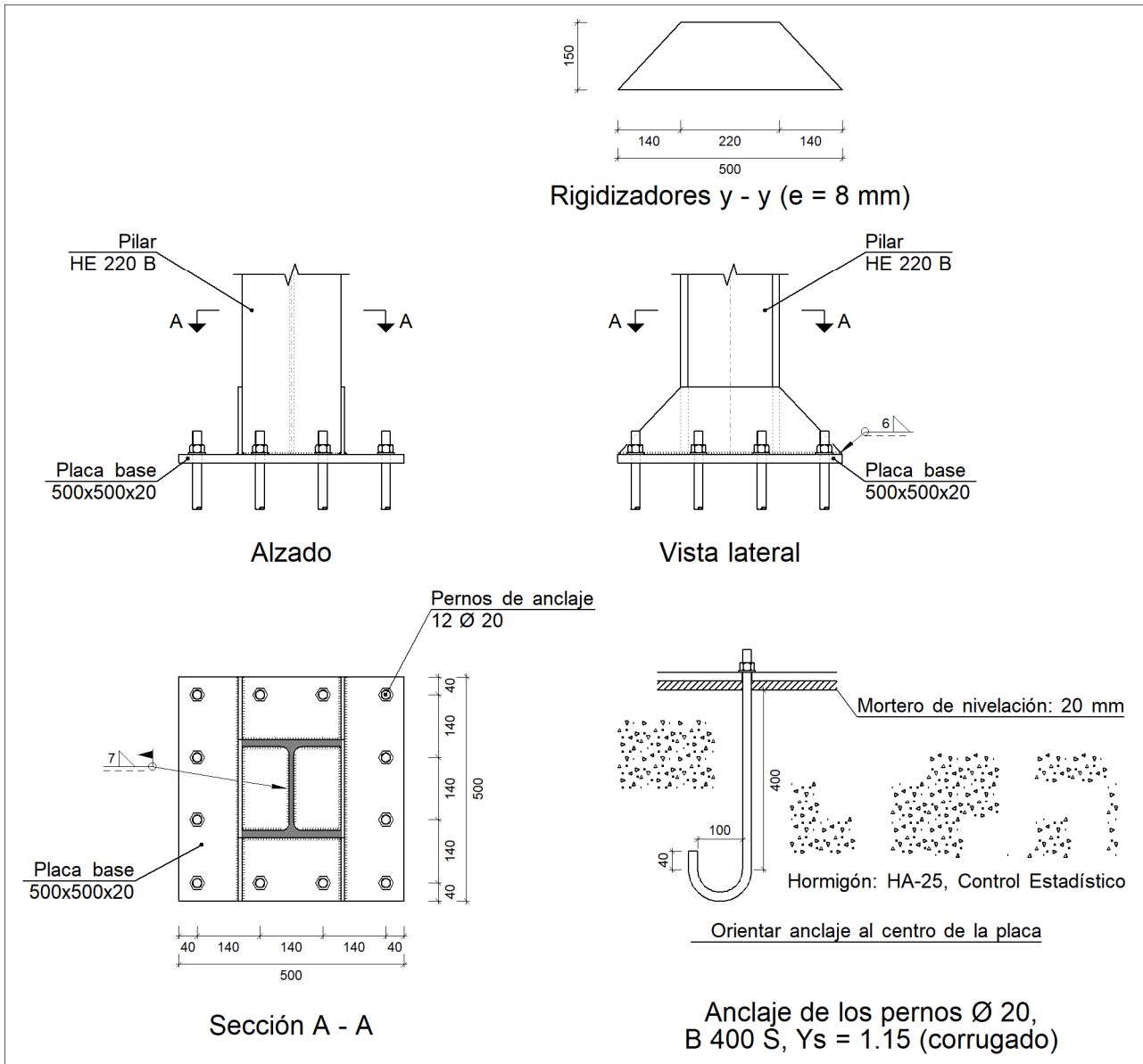
Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L120x15	225	5.96
			Total	5.96

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T26
Arandelas	1	A26

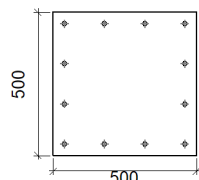
5.3.6.2 VINCULACIÓN EXTERIOR

5.3.6.2.1 PLACA DE ANCLAJE TIPO 1 (NAVE ADOSADA)

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		500	500	20	12	20	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		500	150	8	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:	Valores	Estado
Comprobación		
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 140 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 9.062 t Calculado: 7.317 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 6.343 t Calculado: 0.624 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 9.062 t Calculado: 8.208 t	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 8.143 t Calculado: 7.052 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2275.22 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 21.358 t Calculado: 0.596 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 1875.18 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1856.08 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2202.17 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1889.05 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 722.068	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 908.105	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3666.46	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4858.76	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2172.48 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

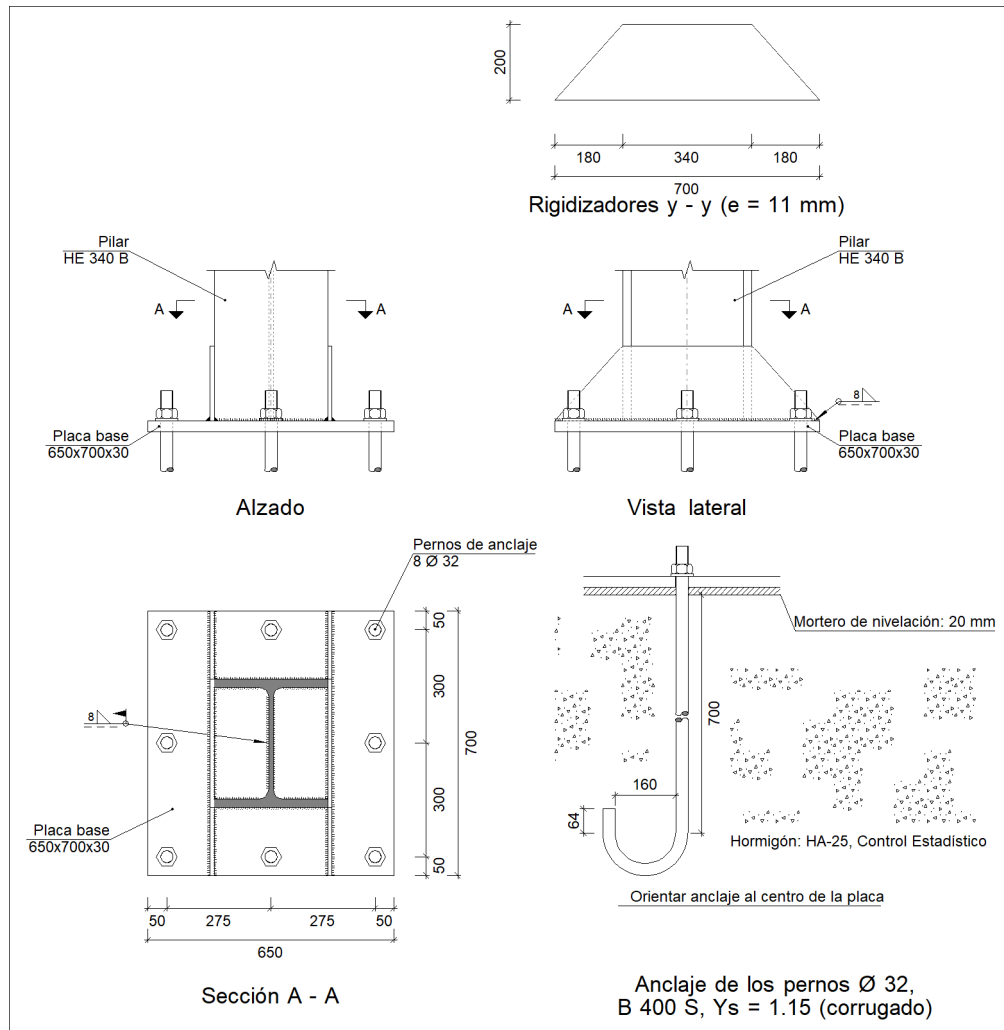
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1936
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	12	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x20	39.25
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x8	6.78
	Total			46.03
B 400 S, $\gamma_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	12	$\varnothing 20 - L = 460 + 228$	20.38
	Total			20.38

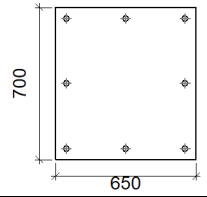
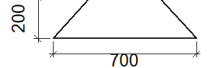
5.3.6.2.2 PLACA DE ANCLAJE TIPO 2 (PORTICOS CENTRALES FÚTBOL Y TENIS)

a) Detalle



Anclaje de los pernos Ø 32,
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		650	700	30	8	32	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		700	200	11	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1554	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 115 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 42.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 32 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 25.373 t Calculado: 21.515 t Máximo: 17.761 t Calculado: 1.524 t Máximo: 25.373 t Calculado: 23.691 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.851 t Calculado: 20.651 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2585.75 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 51.26 t Calculado: 1.402 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 1891.82 kp/cm ² Calculado: 1902.97 kp/cm ² Calculado: 1988.17 kp/cm ² Calculado: 2508.99 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 723.308	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 949.823	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5119.33	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3372.37	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2445.89 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -156): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	700	11.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 156): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	700	11.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -156): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 156): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

d) Medición

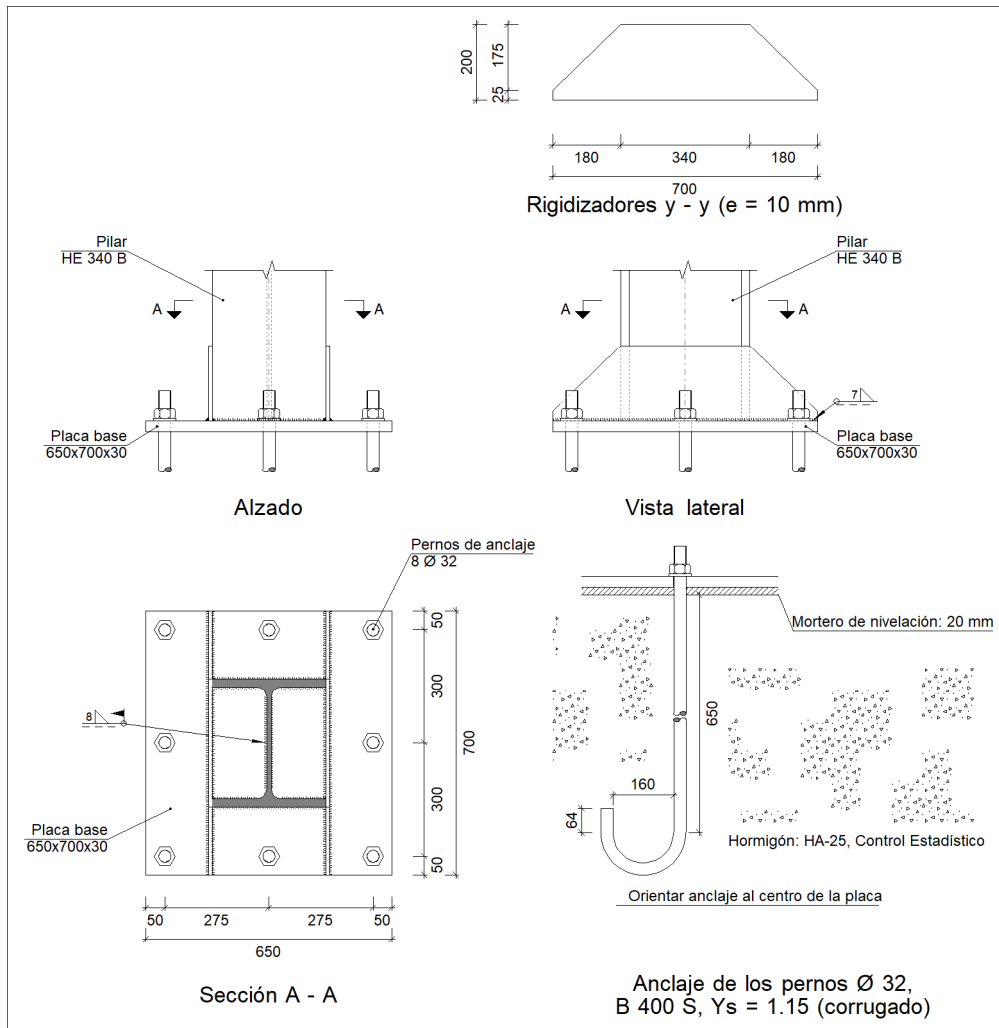
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	8	2714
	En el lugar de montaje	En ángulo	8	1554

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	8	T32
Arandelas	8	A32

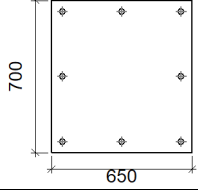
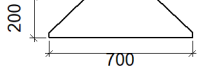
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x700x30	107.15
	Rigidizadores pasantes	2	700/340x200/0x11	17.96
	Total			125.11
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 32 - L = 782 + 366	57.96
	Total			57.96

5.3.6.2.3 PLACA DE ANCLAJE TIPO 3 (PILARILLOS NAVES DE TENIS)

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		650	700	30	8	32	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		700	200	10	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1554	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^{\wedge} (N/mm ²)	t^{\wedge} (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^{\wedge} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 116 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 32 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 23.561 t Calculado: 19.767 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 16.492 t Calculado: 1.414 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 23.561 t Calculado: 21.787 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.851 t Calculado: 18.557 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2329.78 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 51.26 t Calculado: 1.326 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 1658.04 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1388.82 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2396.46 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2395.38 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1561.31	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2368.18	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3547.19	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3550.01	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2141.43 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

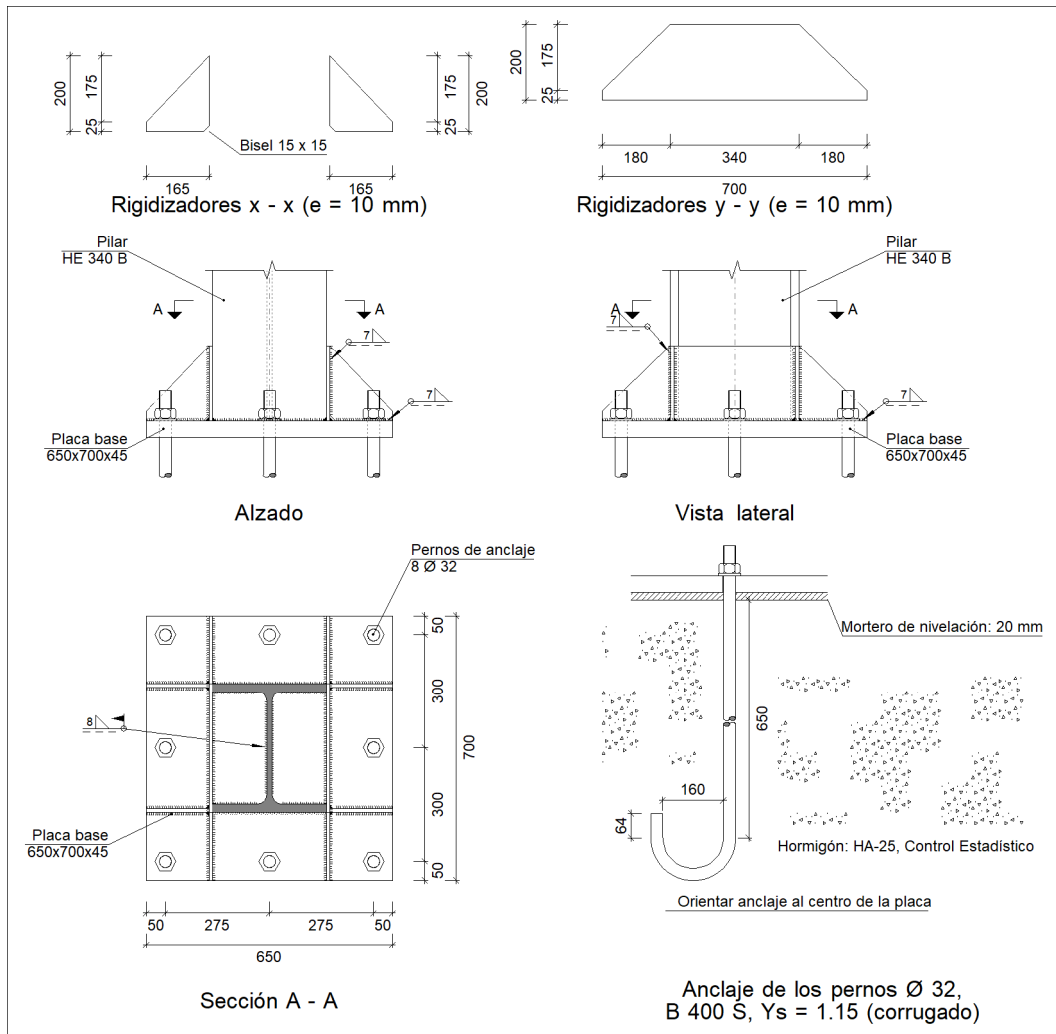
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	7	2714
	En el lugar de montaje	En ángulo	8	1554

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	8	T32
Arandelas	8	A32

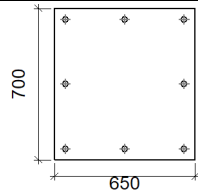
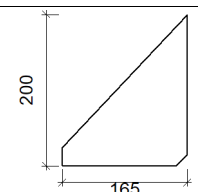
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x700x30	107.15
	Rigidizadores pasantes	2	700/340x200/25x10	17.03
	Total			124.19
B 400 S, $V_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 32 - L = 732 + 366$	55.44
	Total			55.44

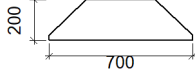
5.3.6.2.4 PLACA DE ANCLAJE TIPO 4

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		650	700	45	8	32	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		165	200	10	-	-	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		700	200	10	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1554	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:	Valores	Estado
Comprobación		
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 116 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 46	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 46.6	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 32 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 23.561 t Calculado: 20.516 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 16.492 t Calculado: 1.431 t	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción + Cortante:	Máximo: 23.561 t Calculado: 22.561 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 20.851 t Calculado: 19.248 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2414.22 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 76.889 t Calculado: 1.34 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 781.379 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1003.46 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1944.95 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2221.96 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 12432.4	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 12142	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4730.83	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4058.28	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2111.92 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	165	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	7	185	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	165	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	7	185	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	165	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	7	185	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	165	10.0	90.00				
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	7	185	10.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	b _w
	s [^] (N/mm ²)	t [^] (N/mm ²)	t (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s [^] (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	b_w
	s^\wedge (N/mm ²)	t^\wedge (N/mm ²)	$t_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	s^\wedge (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -165): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 165): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	7	4654
	En el lugar de montaje	En ángulo	8	1554

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	8	T32
Arandelas	8	A32

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x700x45	160.73
	Rigidizadores pasantes	2	700/340x200/25x10	17.03
	Rigidizadores no pasantes	4	165/0x200/25x10	5.83
	Total			183.59
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 32 - L = 747 + 366$	56.19
	Total			56.19

5.3.7 CIMENTACIÓN

Una vez calculadas y dimensionadas todas las vinculaciones de la estructura, tanto internas como externas, y antes dar por acabado el calculo de toda esta, hay que determinar los elementos de cimentación. Por lo que, en este apartado se definen, dimensionan y calculan las zapatas y vigas de atado. De nuevo, se intenta agrupar todos aquellos elementos posibles para disminuir el tipo de cada uno, de tal manera que se facilita la puesta en obra y se reducen los costes.

La cimentación es la parte de la estructura, encargada de transmitir al terreno las tensiones a que está sometida el resto de la estructura y anclarla. La elección del tipo de cimentación depende especialmente de la naturaleza y características mecánicas del terreno y de la magnitud de las cargas existentes. En el caso a estudio, el tipo de cimentación proyectado es superficial, dada la resistencia del suelo y la facilidad para encontrar un estrato propicio a una profundidad relativamente próxima a la cota de terreno, cuya tensión admisible tendrá un valor de 2,5 kp/cm² en situaciones persistentes, y de 3,75 kp/cm² en situaciones accidentales.

El cálculo se ha llevado a cabo mediante la utilización del módulo CYPE 3D de cálculo de estructuras, de acuerdo a la normativa vigente. El cálculo desarrollado por dicho módulo, tiene en cuenta las acciones debidas a las cargas transmitidas por los elementos portantes verticales, la presión de contacto con el terreno y el peso propio de las mismas. Se realizan, bajo estas acciones y en cada combinación de cálculo, las siguientes comprobaciones sobre cada una de las direcciones principales de las zapatas: flexión, cortante, vuelco, cuantías mínimas, longitudes de anclaje, diámetros mínimos y separaciones mínimas y máximas de armaduras; comprobando, además, las dimensiones geométricas mínimas, tensiones medias y máximas, compresión oblicua y el espacio necesario para anclar los arranques o pernos de anclajes. Los datos de partida son los siguientes:

The screenshot shows the 'Datos generales' dialog box with the following settings:

- Verificar deslizamiento de zapatas
- Adherencia (a): 0.000 kp/cm²
- Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d'): 25.00 grados
- Situaciones persistentes: 2.50 kp/cm²
- Situaciones sísmicas y accidentales: 3.75 kp/cm²
- Acciones:**
 - Considerar combinaciones con viento
 - Considerar combinaciones con sismo
- Hormigón:**
 - Tipo: HA-25, Control Estadístico
 - Tamaño máximo de árido: 30 mm
- Acero:**
 - Zapatas: B 400 S, Control Normal
 - Encepados: B 400 S, Control Normal
 - Vigas centradoras y de atado: B 400 S, Control Normal
- Clase general de exposición:**
 - I
 - IIa
 - IIIa
 - IIIb
 - IIIc
 - IV

Corrosión por cloruros

 - Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar.
 - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).
- Clase específica de exposición
- Designación del tipo de ambiente: IIIa
- Buttons: Aceptar, Cancelar

Ilustración 118. Datos generales de la obra. Cimentación.

- Tensión admisible de terreno en situaciones persistentes: 2,5 kp/cm²
- Tensión admisible de terreno en situaciones transitorias: 3,75 kp/cm²

- Tipo hormigón: HA-25 (Control Estadístico)
- Tamaño máximo de árido 30 mm.
- Acero en armado de zapatas y vigas de atado: B 400 S (Control Normal)
- Clase general de exposición: IIIa.

Se diseña la cimentación con zapatas aisladas para resolver la cimentación del pabellón polideportivo, unidas entre sí mediante vigas de atado, proporcionando una mayor estabilidad y solidaridad al conjunto, impidiendo desplazamientos horizontales. Toda la cimentación se resolverá con hormigón HA-25, armado con acero corrugado B400S.

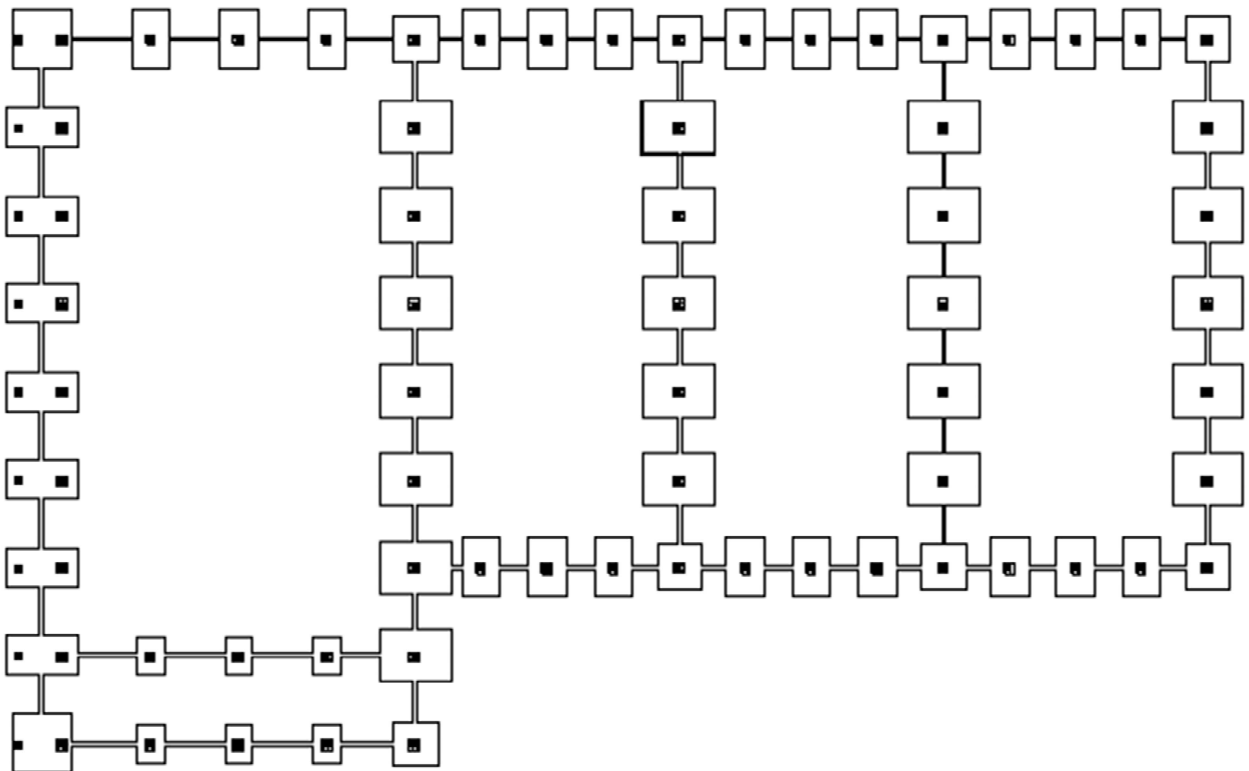


Ilustración 119. Disposición de la cimentación.

A continuación se muestra los tipos de zapata empleados, y sus correspondientes comprobaciones, se opta por adjuntar solo una comprobación por cada tipo de zapata y viga de atado.

ZAPATAS AISLADAS**Descripción**

Referencias	Geometría	Armado
N133, N6, N111, N114, N117, N15, N12 y N9	Zapata cuadrada Ancho: 320.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 21Ø12c/15 Sup Y: 21Ø12c/15 Inf X: 21Ø12c/15 Inf Y: 21Ø12c/15
N192, N193, N194, N166, N167 y N168	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 275.0 cm Ancho zapata Y: 200.0 cm Canto: 75.0 cm	Sup X: 13Ø12c/15 Sup Y: 18Ø12c/15 Inf X: 13Ø12c/15 Inf Y: 18Ø12c/15
N125, N91, N74, N57, N40, N23, N26, N43, N60, N77, N94, N97, N80, N63, N46, N29, N32, N49, N66, N83, N100 y N108	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 375.0 cm Ancho zapata Y: 500.0 cm Canto: 105.0 cm	Sup X: 26Ø16c/19 Sup Y: 19Ø16c/19 Inf X: 26Ø16c/19 Inf Y: 19Ø16c/19
(N1 - N3) y (N128 - N130)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 205.0 cm Ancho inicial Y: 350.0 cm Ancho final X: 205.0 cm Ancho final Y: 60.0 cm Ancho zapata X: 410.0 cm Ancho zapata Y: 410.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 32Ø12c/12.5 Sup Y: 32Ø12c/12.5 Inf X: 32Ø12c/12.5 Inf Y: 32Ø12c/12.5
(N18 - N20), (N35 - N37), (N52 - N54), (N69 - N71), (N86 - N88), (N103 - N105) y (N120 - N122)	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 140.0 cm Ancho inicial Y: 400.0 cm Ancho final X: 140.0 cm Ancho final Y: 110.0 cm Ancho zapata X: 280.0 cm Ancho zapata Y: 510.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 40Ø12c/12.5 Sup Y: 22Ø12c/12.5 Inf X: 40Ø12c/12.5 Inf Y: 22Ø12c/12.5
N152, N150, N148, N153, N151, N149, N147, N145, N143, N146, N144, N142, N140, N138, N136, N141, N139, N137, N171, N170 y N169	Zapata rectangular centrada Ancho zapata X: 275.0 cm Ancho zapata Y: 420.0 cm Canto: 90.0 cm	Sup X: 33Ø12c/12.5 Sup Y: 21Ø12c/12.5 Inf X: 33Ø12c/12.5 Inf Y: 21Ø12c/12.5

Comprobación

Referencia: N133		
Dimensiones: 320 x 320 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Vi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.257 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.244 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.341 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		

Referencia: N133		
Dimensiones: 320 x 320 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Vi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Reserva seguridad: 81.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 221.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -5.61 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 5.18 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 4.41 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 4.02 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 6.14 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N133:	Mínimo: 65 cm Calculado: 68 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: N133		
Dimensiones: 320 x 320 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Vi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 68 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 68 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 68 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 68 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N192		
Dimensiones: 275 x 200 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Vi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.628 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.571 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 1.063 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 202.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 280.3 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 10.99 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 7.27 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 8.12 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.52 t	Cumple

Referencia: N192		
Dimensiones: 275 x 200 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Vi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 21.88 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N192:	Mínimo: 65 cm Calculado: 68 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0006 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 48 cm Calculado: 48 cm Calculado: 15 cm	Cumple Cumple Cumple

Referencia: N192		
Dimensiones: 275 x 200 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 48 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 48 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N125		
Dimensiones: 375 x 500 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.302 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.291 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.364 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 1203.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 703.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.26 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 11.05 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 2.68 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 5.78 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 4.7 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 105 cm	Cumple

Referencia: N125		
Dimensiones: 375 x 500 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/19 Vi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N125:	Mínimo: 65 cm Calculado: 97 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm Calculado: 16 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 73 cm Calculado: 73 cm Calculado: 134 cm Calculado: 134 cm Calculado: 73 cm Calculado: 73 cm Calculado: 134 cm Calculado: 134 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N125		
Dimensiones: 375 x 500 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/19 Vi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: (N1 - N3)		
Dimensiones: 410 x 410 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Vi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.277 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.316 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.518 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 369.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 155.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -8.30 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -10.51 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 5.18 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 8.38 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 5.27 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Calculado: 83 cm	
- N1:	Mínimo: 40 cm	Cumple
- N3:	Mínimo: 65 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple

Referencia: (N1 - N3)		
Dimensiones: 410 x 410 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 118 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 118 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 118 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 118 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: (N1 - N3)		
Dimensiones: 410 x 410 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: (N18 - N20)		
Dimensiones: 280 x 510 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.356 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.506 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.677 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 276.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 42.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -6.29 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 19.52 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 3.16 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 13.05 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 9.29 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N18:	Calculado: 83 cm Mínimo: 40 cm	Cumple
- N20:	Mínimo: 65 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple

Referencia: (N18 - N20)		
Dimensiones: 280 x 510 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 12.5 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 55 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 53 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 55 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple

Referencia: (N18 - N20)		
Dimensiones: 280 x 510 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Se cumplen todas las comprobaciones		
Referencia: N152		
Dimensiones: 275 x 420 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.319 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.264 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.125 kp/cm ² Calculado: 0.649 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 4050.6 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 24.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 2.23 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 28.32 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.06 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 20.00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 4.36 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N152:	Mínimo: 65 cm Calculado: 83 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple

Referencia: N152		
Dimensiones: 275 x 420 x 90		
Armados: Xi:Ø12c/12.5 Yi:Ø12c/12.5 Xs:Ø12c/12.5 Ys:Ø12c/12.5		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm Calculado: 12.5 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 35 cm Calculado: 35 cm Calculado: 106 cm Calculado: 106 cm Calculado: 35 cm Calculado: 35 cm Calculado: 106 cm Calculado: 106 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Por otro lado, se opta de nuevo por poner solo una comprobación para las vigas de atado. Ya que todas las vigas de atado, tienen la misma disposición y características, solo se expone una comprobación de estas.

VIGAS DE ATADO**Descripción**

Referencias	Geometría	Armado
C [N133-N125], C [N125-N108], C [N108-N91], C [N91-N74], C [N74-N57], C [N57-N40], C [N40-N23], C [N23-N6], C [N15-N32], C [N32-N49], C [N49-N66], C [N66-N83], C [N83-N100], C [N100-N117], C [N111-N94], C [N94-N77], C [N77-N60], C [N60-N43], C [N43-N26], C [N26-N9], C [N12-N29], C [N29-N46], C [N46-N63], C [N63-N80], C [N80-N97], C [N97-N114], C [N6-N171], C [N171-N170], C [N170-N169], C [(N1 - N3)-(N18 - N20)], C [(N18 - N20)-(N35 - N37)], C [(N35 - N37)-(N52 - N54)], C [(N52 - N54)-(N69 - N71)], C [(N69 - N71)-(N86 - N88)], C [(N86 - N88)-(N103 - N105)], C [(N103 - N105)-(N120 - N122)], C [(N120 - N122)-(N128 - N130)], C [N166-N167], C [N167-N168], C [N168-N133], C [N125-N194], C [N194-N193] y C [N193-N192]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N6-N136], C [N136-N138], C [N138-N140], C [N140-N9], C [N9-N142], C [N142-N144], C [N144-N146], C [N146-N12], C [N12-N148], C [N148-N150], C [N150-N152], C [N152-N15], C [N117-N153], C [N153-N151], C [N151-N149], C [N149-N114], C [N114-N147], C [N147-N145], C [N145-N143], C [N143-N111], C [N111-N141], C [N141-N139], C [N139-N137] y C [N137-N108]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N169-(N1 - N3)], C [(N128 - N130)-N166] y C [N192-(N120 - N122)]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación

Referencia: C.1 [N133-N125] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

6 INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE AGUA

El cálculo de la instalación de suministro de agua del polideportivo se lleva a cabo y se proyecta en cumplimiento de la Exigencia básica HS 4: Suministro de agua, del Documento Básico de Salubridad, y está formada por una red de distribución de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y una red de distribución de agua fría, con su correspondiente acometida a la red general de distribución de agua potable.

En el presente polideportivo se dispone de dos vestuarios, el primero de 60m² equipado con 5 duchas y un cuarto de baño de 6m² y el segundo de 72m², equipado con 5 duchas y un cuarto de baño de 6m². Cada aseo, dispone de un lavabo y un inodoro.

Al tratarse de un edificio de pública concurrencia, los grifos y cisternas deben dotarse de dispositivos de ahorro de agua, tales como pulsadores temporizados, cisternas de media descarga, etc. Por otro lado, se dispone una red de retorno, en cumplimiento de los requisitos establecidos en el Documento Básico de Salubridad.

Para cumplir la calidad mínima que se requiere, el agua de la instalación debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano. La instalación de suministro de agua debe tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa (biofilm). Además, los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- Para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por la el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.
- No deben modificar la potabilidad, el olor, el color ni el sabor del agua.
- Deben ser resistentes a la corrosión interior.
- Deben ser capaces de funcionar eficazmente en las condiciones de servicio previstas.
- No deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí.
- Deben ser resistentes a temperaturas de hasta 40°C, y a las temperaturas exteriores de su entorno inmediato.
- Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano.
- Su envejecimiento, fatiga, durabilidad y las restantes características mecánicas, físicas o químicas, no deben disminuir la vida útil prevista de la instalación.

Para cumplir las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.

La instalación de suministro de agua desarrollada en el presente proyecto está formada por una red de distribución de Agua Caliente Sanitaria (ACS) con una caldera de gas natural, para el suministro de agua caliente a las duchas de los vestuarios, la correspondiente red de retorno de ACS, y una red de distribución de agua fría para el suministro a los restantes elementos de aseos, vestuarios, etc.; además de la acometida e instalación general necesaria.

Aparte, se debe cumplir con unos caudales mínimos que figuran en la tabla 77.

Tabla 77. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Por lo tanto, ya que se disponen de dos lavabos se requiere un caudal mínimo de 0,2dm³/s (agua fría) y 0,13dm³/s (ACS) para dicho equipamiento. Del mismo modo, al haber dos inodoros con cisterna se requiere un caudal de 0,08dm³/s (agua fría) Y por último, al disponer de 10 duchas, se requiere 2dm³/s (agua fría) y 1dm³/s (ACS), siendo su totalidad para el caso más crítico, que todos los aparatos estén en funcionamiento, un caudal de 2,28dm³/s. Además, la presión en cualquier punto de consumo no debe ser superior a 40 m.c.a., y la temperatura de A.C.S. en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C.

7 INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE AGUAS

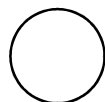
Para el proyecto en estudio se prevé una instalación separativa para la evacuación de aguas fecales y aguas pluviales para la red de saneamiento.

7.1 AGUAS PLUVIALES

Las aguas pluviales son agua de lluvia que no es absorbida por el suelo, sino que escurre de edificios, calles, estacionamientos y otras superficies. Las aguas pluviales se recolectan en alcantarillas y fluyen a colectores pluviales y al sistema de drenaje pluvial de la ciudad. Este tipo de aguas, tiene que ser evacuada correctamente, por lo que en el siguiente apartado se va a detallar el dimensionamiento que se realizará siguiendo la normativa del Documento Básico HS Salubridad.

7.1.1 INTENSIDAD PLUVIOMETRICA

La intensidad pluviométrica i se obtiene en función de la isoyeta y la zona pluviométrica correspondientes a la localidad en la que se ubica el polideportivo, que se establecen de acuerdo a la figura B.1 (Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas) del DB-HS que se muestra a continuación, denominado ilustración :



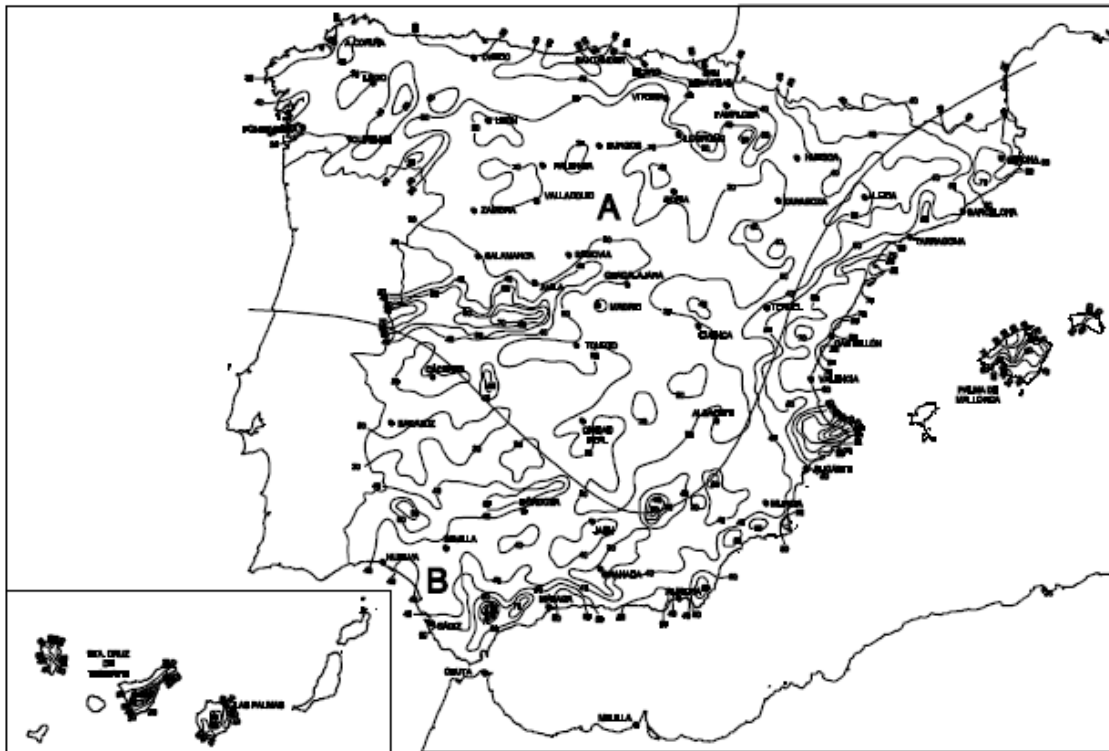


Ilustración 120. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.

El polideportivo está ubicado en el municipio de Santurtzi, en la provincia de Bizkaia, por lo tanto, como se muestra en la siguiente imagen de detalle, su zona pluviométrica correspondiente es la A y su isoyeta 50.



Acudiendo a la tabla B.1 del Apéndice B del Documento Básico HS 5 (denominada tabla 78) con estos datos, se obtiene que la intensidad pluviométrica i tiene un valor de 155 mm/h.

Tabla 78. Intensidad Pluviométrica i (mm/h)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

7.1.2 SUPERFICIE DE CUBIERTA

El dimensionamiento de los elementos de evacuación de aguas pluviales viene determinada por la superficie de cubierta en proyección horizontal. Por lo tanto se va a calcular dicho valor a continuación.

Como anteriormente se ha explicado, las naves colindan entre sí con limahoyas, por lo que para el cálculo de las áreas pluviales atendiendo a las distintas direcciones de vertido de estas, se distinguen cuatro tipos de áreas:

- 1) Una de las cubierta de fútbol con la cubierta de la nave adosada, formando un área de 720m²
- 2) La otra cubierta de fútbol con la cubierta colindante de tenis, formando un área de 900m²
- 3) Las cubiertas de tenis cuando colindan formando un área de 648m²
- 4) Y por último la cubierta de tenis que no colinda con ninguna otra, formando un área de 324m².

7.1.3 SUMIDEROS

El número mínimo de sumideros a lo largo de los canalones, viene determinado de acuerdo a lo establecido en la tabla 4.6 del DB HS 5 que se muestra a continuación como tabla 79, en función de la superficie en proyección horizontal de la cubierta.

Tabla 79. Número de sumideros en función de la superficie de cubierta.

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

De modo que, atendiendo a las superficies obtenidas en el apartado anterior, se tiene:

- S1: Número Sumideros 1: $720/150=4,8 \rightarrow 5$ Sumideros
- S2: Número Sumideros 2: $900/150=6$ Sumideros
- S3: Número Sumideros 3: $648/150=4,32 \rightarrow 5$ Sumideros
- S4: Número Sumideros 4: = 4 Sumideros

Por lo tanto, los sumideros S1 y S4 se colocan a los lados de la nave donde descargan las cubiertas correspondientes, y los sumideros S2 y S3 se colocan al lado de las limahoyas que van a descargar el agua correspondiente a esas cubiertas.

7.1.4 CANALONES

El diámetro nominal de los canalones de sección semicircular de evacuación de aguas pluviales, se establece en función de los valores dados en la tabla 4.7 del DB HS 5, denominada tabla 80, a partir de su pendiente y de la superficie a la que da servicio.

Tabla 80. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100mm/h.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Pendiente del canalón				Diámetro nominal del canalón (mm)
	0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100	
60	80	115	165	125	
90	125	175	255	150	
185	260	370	520	200	
335	475	670	930	250	

Sin embargo, dichos valores corresponde a un régimen con intensidad pluviométrica de 100 mm/h, por lo que de acuerdo a lo establecido en el DB HS 5 debe aplicarse un factor de corrección *f* a la superficie obtenida, para todo régimen con intensidad pluviométrica diferente, como en el caso a estudio. Dicho factor de corrección viene dado por la ecuación:

$$f = i / 100 \rightarrow 155 / 100 = 1,55$$

Con lo que, para el polideportivo se tiene que:

- $S1^1: 720 \times 1,55 = 1116m^2$
- $S2^1: 900 \times 1,55 = 1395m^2$
- $S3^1: 648 \times 1,55 = 1004,4m^2$
- $S4^1: = 324 \times 1,55 = 502,2m^2$

Entrando con este dato en la tabla 4.7 del DB-SE-HS, la mostrada anteriormente, se obtiene el diámetro mínimo que deben tener los canalones. Al tratarse de una gran cubierta, no se encuentran los valores en la tabla, sin embargo se interpola y se adopta el valor del diámetro que corresponde al valor de la superficie mayor, para ir del lado de la seguridad. El diámetro requerido para los canalones es de 310 mm.

7.1.5 BAJANTES

El diámetro nominal de las bajantes se establece en función de la superficie de cubierta en proyección horizontal servida por cada una de ellas, considerando el factor de corrección anteriormente indicado, atendiendo a los valores establecidos en la tabla 4.8 del DB HS 5 que se muestra a continuación como tabla 81:

Tabla 81. Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h.

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Se adopta, por lo tanto, el valor el valor del diámetro que corresponde al valor de la superficie más restrictiva, optando por el lado de la seguridad, por lo tanto al ser el área más restrictiva 1395m² se instalan las bajantes con un diámetro nominal de 160mm.

7.1.6 COLECTORES

El diámetro de los colectores de aguas pluviales se establece en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve considerando también el factor de corrección anteriormente indicado. Dichos diámetros garantizan que, en régimen permanente, el agua ocupa la totalidad de la sección transversal de la tubería. Atendiendo a los valores establecidos en la tabla 4.9 del DB HS 5 que se muestra a continuación como tabla 82:

Tabla 82. Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100mm/h.

Superficie proyectada (m ²)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Se instalan colectores de saneamiento enterrados, con una inclinación del 2% y un diámetro exterior 200 mm, colocado sobre un lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada.

7.1.7 ARQUETAS

En este apartado se determina el número de arquetas que es necesario. Éstas se sitúan debajo de cada bajante, separadas de la fachada, y donde exista algún cambio de dirección. Con una tubería de 200 mm de diámetro como mínimo que le llegará, se obtiene de acuerdo a la tabla 4.13 CTE (DB-SE-HS apartado 4.5), ilustrada como tabla 83 el tamaño mínimo de arqueta:

Tabla 83. Dimensiones de las arquetas.

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Se establece, por lo tanto, que las dimensiones mínimas de las arquetas para los tramos con tubería de diámetro mínimo 200 mm es de 60cm x 60 cm.

7.2 AGUAS SANITARIAS

La instalación de evacuación de aguas residuales está formada por una red de evacuación que conduce el agua desde los diversos aparatos del sistema a los colectores, para su canalización hasta las arquetas y posterior salida a la red de saneamiento. Para la ejecución de la red de fecales se hace uso de un sistema similar de bajantes y colectores enterrados hasta arquetas registrables. La instalación de saneamiento se ajusta a un sistema unitario que evacue todo tipo de aguas por una sola red de conductos. Los aparatos sanitarios se sitúan buscando la agrupación alrededor de la bajante y quedando los inodoros a una distancia de esta no mayor de 1m.

Se destaca el requisito impuesto por el Código Técnico de la Edificación, por el cual se establece el dimensionamiento de la red de aguas residuales de forma independiente de la red referente a pluviales.

El dimensionamiento de los elementos de la red depende del agua a evacuar, que se establece en función de la cantidad y tipo de aparatos instalados en el edificio. Los diámetros mínimos de las derivaciones individuales y sifones de la red de evacuación se dimensionan mediante la adjudicación de unidades de desagüe, de acuerdo a lo establecido en la tabla 4.1 del Documento Básico HS 5 que se muestra a continuación como tabla 84, en función del tipo de aparato y el uso (privado o público) de los mismos.

Tabla 84. USs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios.

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)		
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público	
Lavabo	1	2	32	40	
Bidé	2	3	32	40	
Ducha	2	3	40	50	
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50	
Inodoro	Con cisterna	4	5	100	100
	Con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	50	
	Suspendido	-	2	40	
	En batería	-	3.5	-	
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-	
Vertedero	-	8	-	100	
Fuente para beber	-	0.5	-	25	
Sumidero sifónico	1	3	40	50	
Lavavajillas	3	6	40	50	
Lavadora	3	6	40	50	
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

Tabla 85. Unidades de desagüe requeridas.

TIPO APARATO SANITARIO	DE	UNIDADES DE DESAGÜE	Ø SIFÓN Y DERIVACIÓN INDIVIDUAL	TOTAL DE APARATOS SANITARIOS	TOTAL UNIDADES
Ducha		3	50mm	10	30
Lavabo		2	40mm	2	4
Inodoro cisterna	con	5	100mm	2	10
Nº TOTAL DE UNIDADES DE DESAGÜE					44

7.2.1 RAMALES COLECTORES

El dimensionado de ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante, se establece en función del número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector, de acuerdo a la tabla 4.3 del DB HS 5, denominada en este documento como tabla 86.

Tabla 86. Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante.

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Se opta por una pendiente del 2%, y teniendo en cuenta el máximo número de unidades es 44, se tiene un diámetro de 90 mm para los ramales colectores.

7.2.2 BAJANTES DE AGUAS RESIDUALES

El dimensionado de las bajantes debe realizarse de forma tal que no se rebase el límite de ± 250 Pa de variación de presión y para un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no sea mayor que 1/3 de la sección transversal de la tubería. El diámetro de las bajantes se obtiene en la tabla 4.4 del CTE-DB-HS, denominada como tabla 87 en este documento, como el mayor de los valores obtenidos considerando el máximo número de UD en la bajante y el máximo número de UD en cada ramal en función del número de plantas.

Tabla 87. Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y el número UD.

Máximo número de UD, para una altura de bajante de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de bajante de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Se obtiene, con los valores anteriores de 44 unidades y una pendiente del 2%, un diámetro mínimo de 90 mm.

7.2.3 COLECTORES HORIZONTALES DE AGUAS RESIDUALES

Los colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme. El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la tabla 4.5 del CTE-DB-HS en función del máximo número de UD y de la pendiente, denominada a continuación como tabla 88.

Tabla 88. Diámetro de los colectores horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada.

	Máximo número de UD			Diámetro (mm)
	Pendiente			
	1 %	2 %	4 %	
-	-	20	25	50
-	-	24	29	63
-	-	38	57	75
96	96	130	160	90
264	264	321	382	110
390	390	480	580	125
880	880	1.056	1.300	160
1.600	1.600	1.920	2.300	200
2.900	2.900	3.500	4.200	250
5.710	5.710	6.920	8.290	315
8.300	8.300	10.000	12.000	350

Se obtiene, con los valores anteriores de 44 unidades y una pendiente del 2%, un diámetro mínimo de 90 mm.

7.2.4 ARQUETAS DE AGUAS FECALES

El dimensionamiento de las arquetas de la instalación de evacuación de aguas residuales, se realizará atendiendo a lo establecido en la tabla 4.13 del CTE-DB-HS, posteriormente mencionada como tabla 89, que establece la longitud A y anchura a B mínimas necesarias, en función del diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 89. Dimensiones de las arquetas.

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Se establece, por lo tanto, que las dimensiones mínimas de las arquetas para los tramos con tubería de diámetro mínimo 90 mm es de 40cm x 40 cm.

8 ILUMINACIÓN DEL POLIDEPORTIVO

Al ser un polideportivo, la iluminación es de vital importancia. Es por ello que se han instalado los lucernarios. Sin embargo, para días no soleados o para las noches no son suficiente, aunque si de gran ayuda para el coste energético. A causa de esto, se han instalado y calculado la iluminación del polideportivo, siendo estos sus elementos:

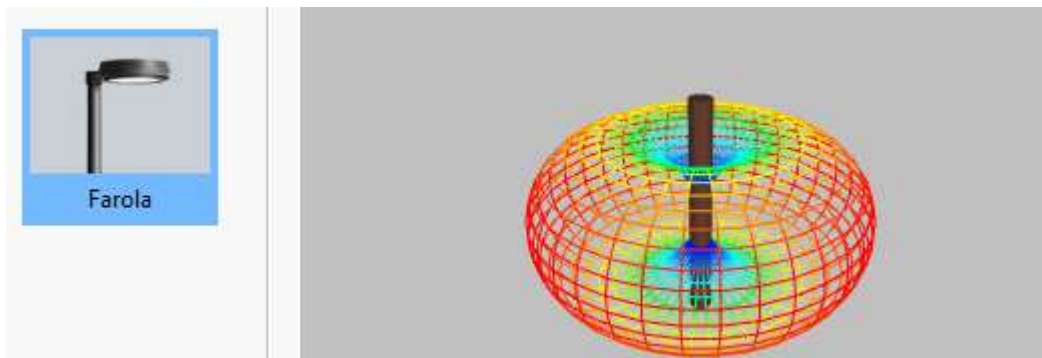


Ilustración 121. Farola exterior.

Se han instalado 7 farolas cilíndricas, de dos lámparas fluorescentes de 54W alrededor del edificio, siguiendo el paseo a seguir para entrar en las naves.

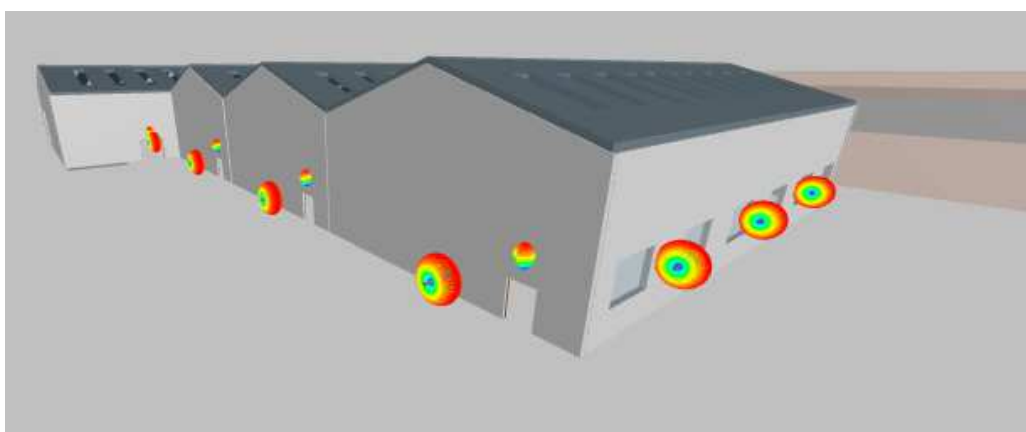


Ilustración 122. Disposición de las farolas exteriores.

Además de esto, en el interior de las naves, se han instalado lámparas suspendidas fluorescentes de 80W, y en los aseos 3 lámparas Led empotradas de 1 W, además de las correspondientes luces de emergencia.

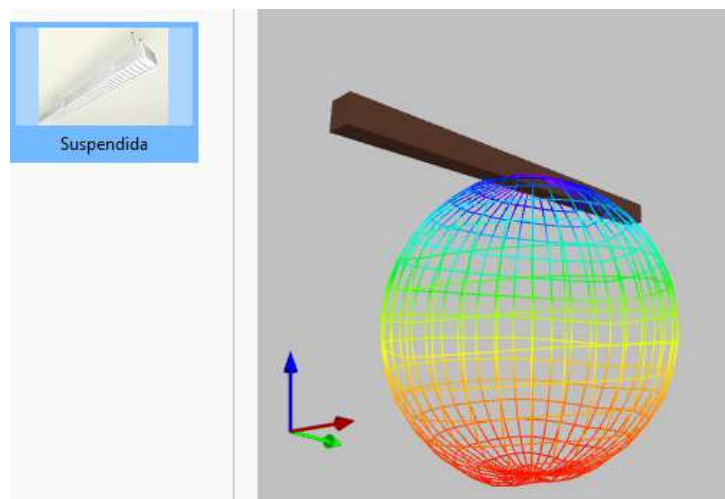


Ilustración 123. Lámparas suspendidas fluorescentes de 80W



Ilustración 124. Lámparas Led empotradas de 1 W.

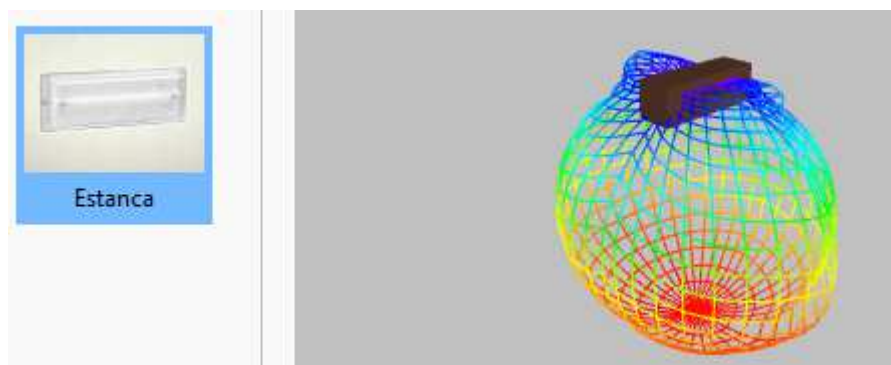


Ilustración 125. Luz de emergencia.

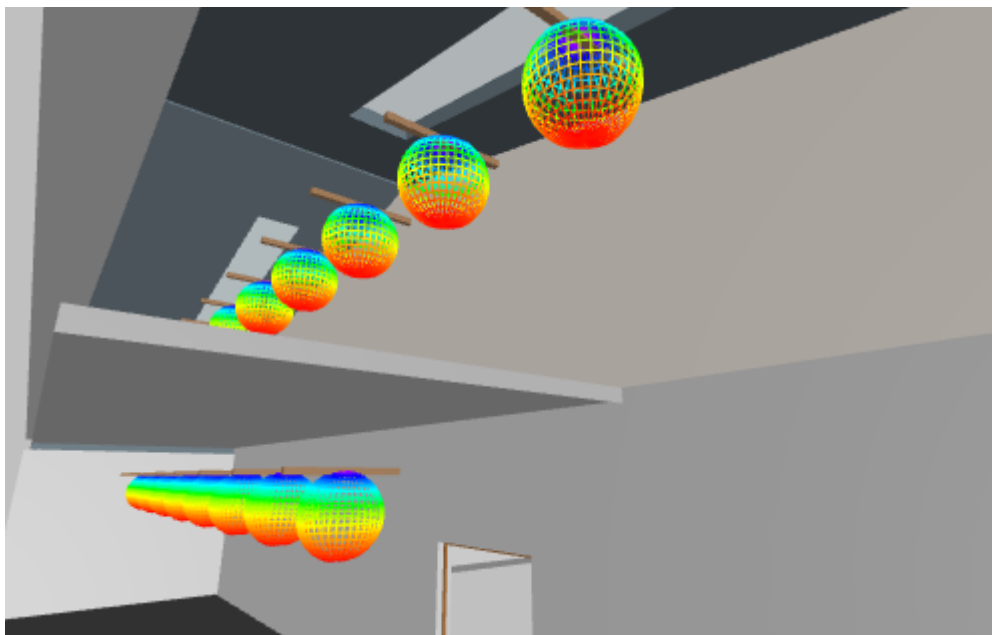


Ilustración 126. Iluminación del almacén.

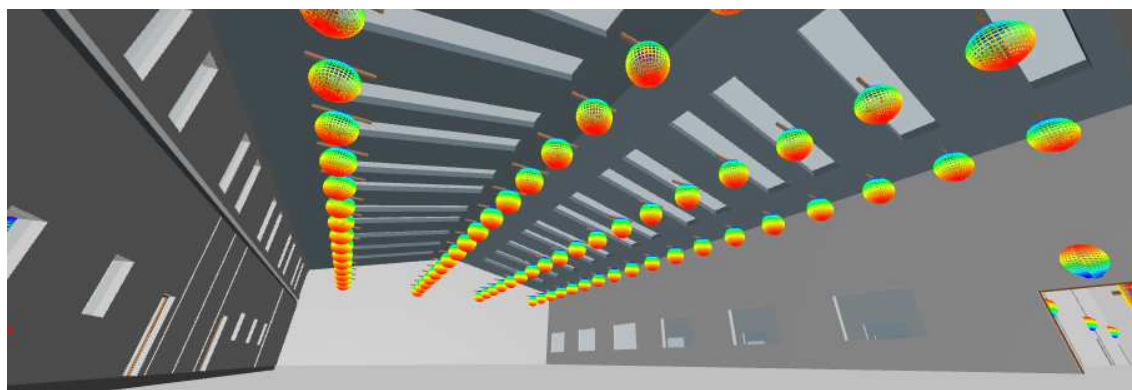


Ilustración 127. Iluminación de la nave de fútbol.

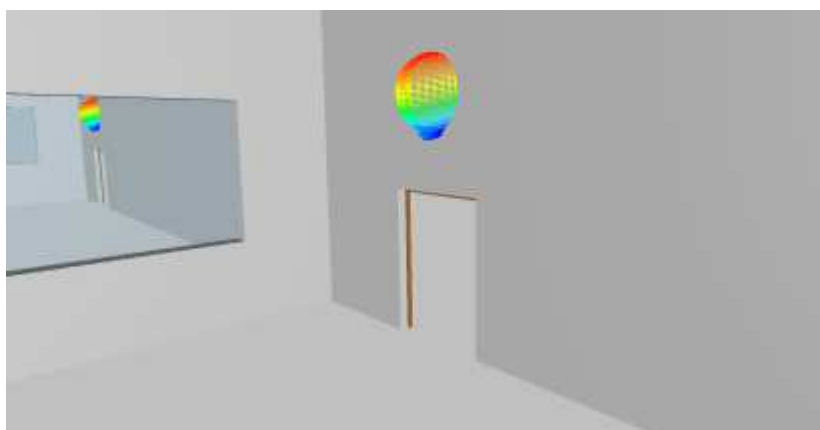


Ilustración 128. Luz de emergencia.

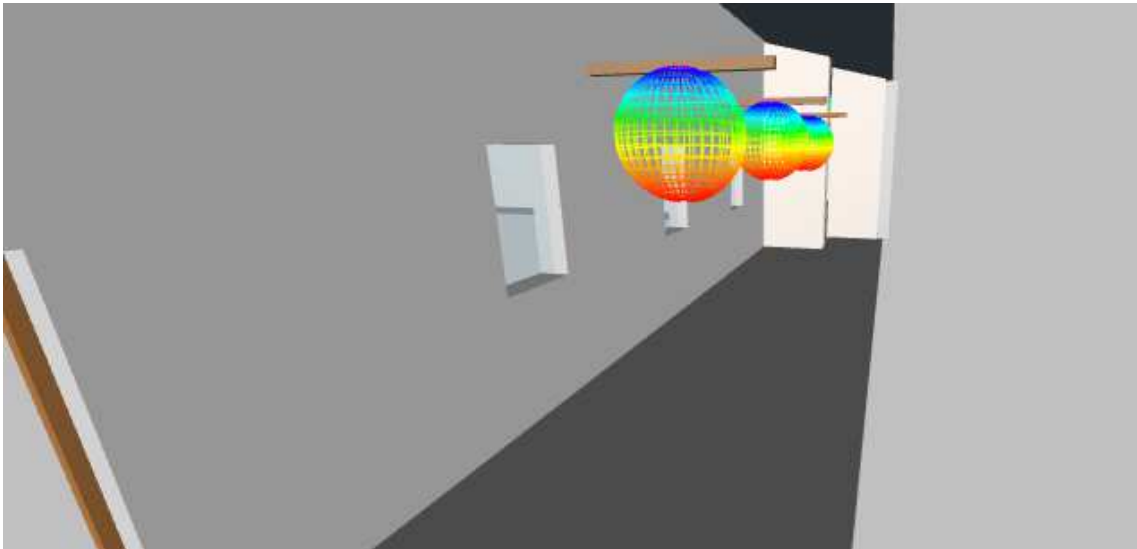


Ilustración 129. Iluminación de los vestuarios.

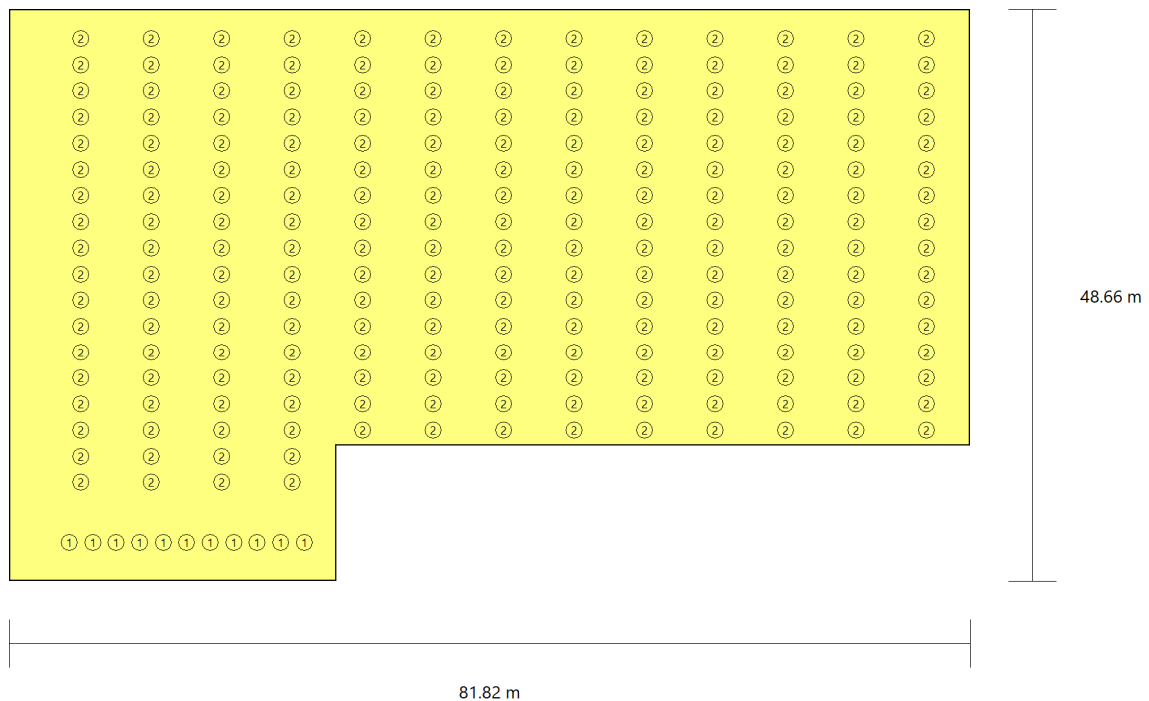
A continuación se muestra el cálculo realizado para la iluminación del polideportivo, sin tener en cuenta los lucernarios, por lo que en la realidad la iluminación sería mejor que la calculada. No se han tenido en cuenta a causa de los imprevistos atmosféricos que puedan suceder, por lo que se ha calculado en el peor de los casos, siendo de noche y sin nada de luz solar.

8.1 ALUMBRADO INTERIOR

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
(Planta 1)	3362.05 m ²	2.70 m	9077.53 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	0.85
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	1.20
Coefficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coefficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coefficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	22.41
Número mínimo de puntos de cálculo:	25

Disposición de las luminarias



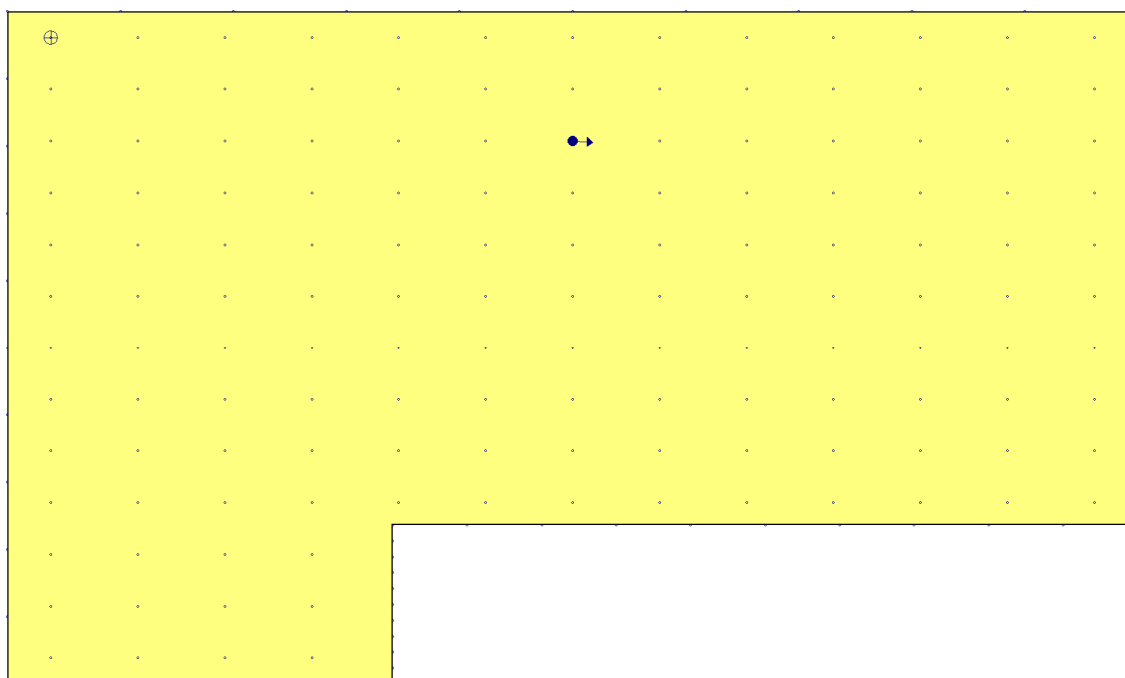
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	11	Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W)	12300	69.89	22	11 x 176.00
2	216	Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W)	12300	69.89	22	216 x 176.00
Total = 39952.00 W						

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	22.81
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	198.68
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	26.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m ²):	5.98
Cociente de luz diurna (%):	0.000
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m ²):	11.88
Factor de uniformidad (%):	11.48
Índice de rendimiento cromático:	85.00

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



⊕ Iluminancia mínima (22.81 lux)

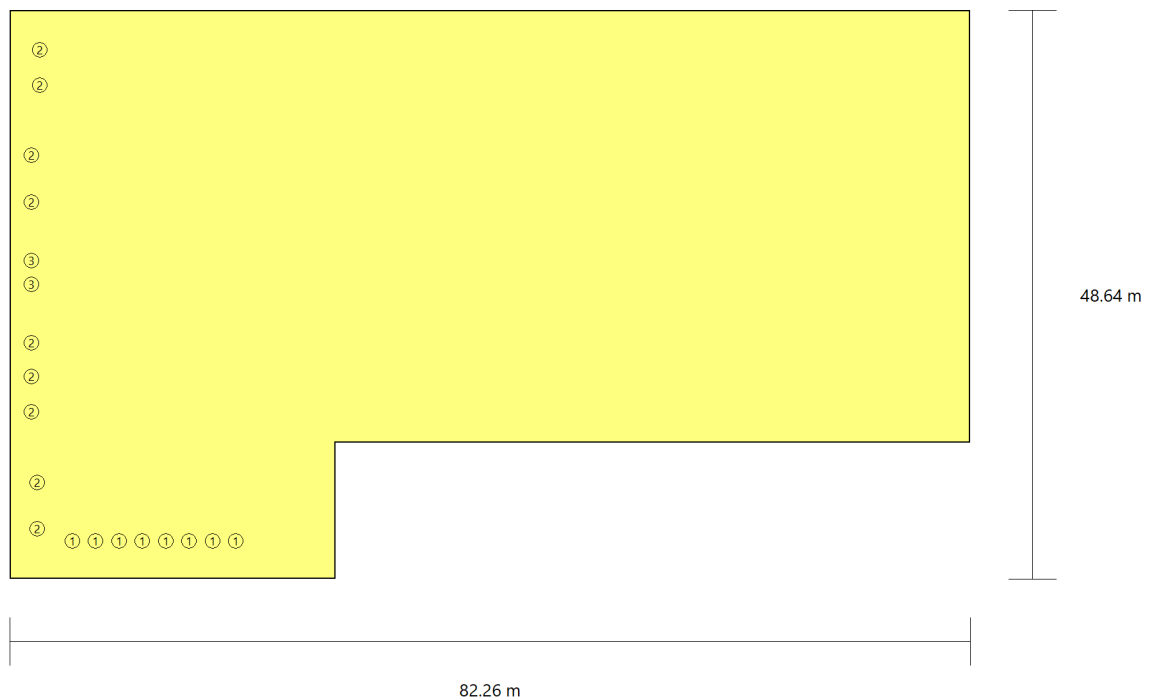
←● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 26.00)

○ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 202)

RECINTO			
Referencia	Superficie	Altura libre	Volumen
(Planta baja)	3370.27 m ²	2.70 m	9099.72 m ³

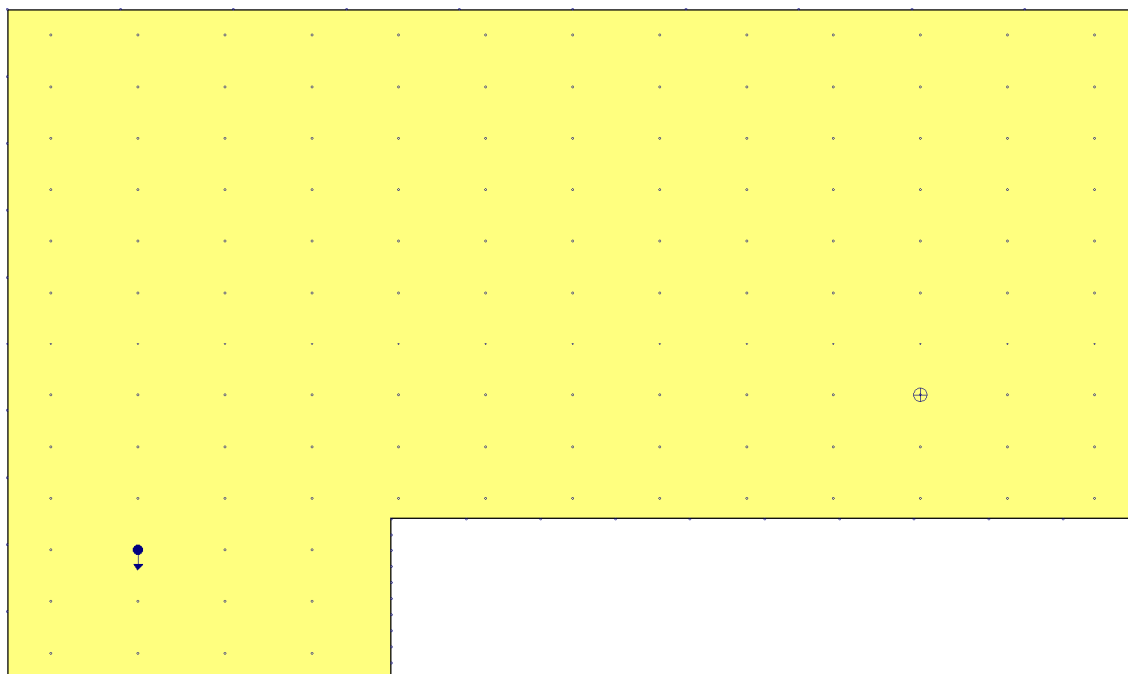
Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	0.85
Altura para la comprobación de deslumbramiento UGR (m):	1.20
Coefficiente de reflectancia (Suelos):	0.20
Coefficiente de reflectancia (Techos):	0.70
Coefficiente de reflectancia (Paredes):	0.50
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local K:	11.98
Número mínimo de puntos de cálculo:	25

Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	8	Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W)	12300	69.89	22	8 x 176.00
2	9	Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W)	12300	69.89	22	9 x 176.00
3	2	Downlight de empotrar (3 lámparas LED de 1 W)	89	29.59	99	2 x 3.00
Total = 2998.00 W						

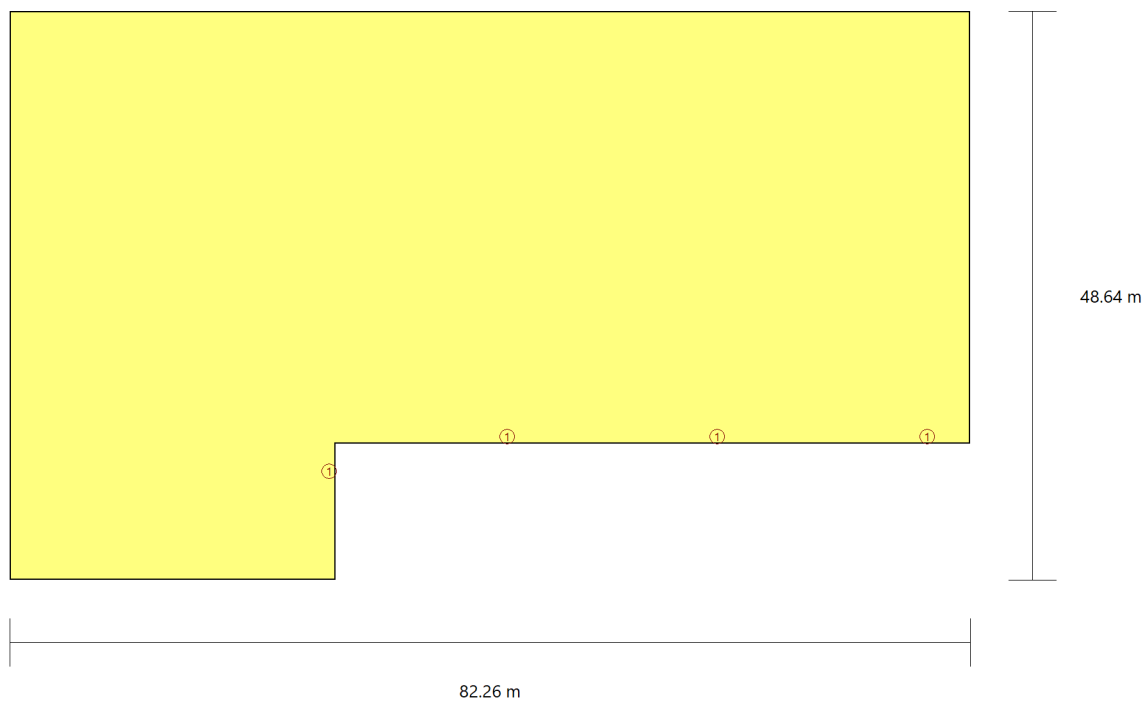
Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	0.01
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	12.06
Índice de deslumbramiento unificado UGR:	27.00
Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m ²):	7.38
Cociente de luz diurna (%):	0.000
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada (W/m ²):	0.89
Factor de uniformidad (%):	0.08
Índice de rendimiento cromático:	85.00

Valores calculados de iluminancia**Posición de los valores pésimos calculados**

- ⊕ Iluminancia mínima (0.01 lux)
- ◀● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 27.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 202)

Alumbrado de emergencia	
Coefficiente de reflectancia:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias



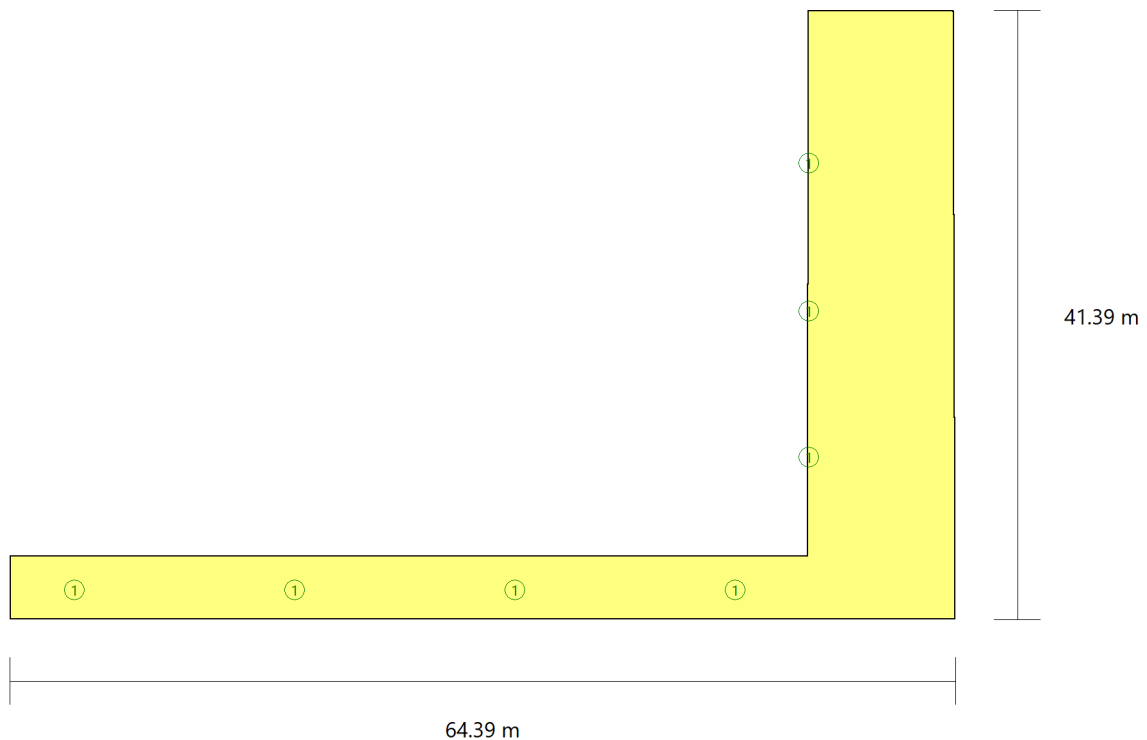
Nº	Cantidad	Descripción
1	4	Estanca (750 lúmenes)

8.2 ALUMBRADO EXTERIOR

ZONA EXTERIOR	
Referencia	Superficie
Exterior paseo	650.71 m ²

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo (m):	0.85
Factor de mantenimiento:	0.80

Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/(W))	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	7	Farola (Cilíndrica, 2 lámparas fluorescentes de 54 W)	8900	72.95	82	7 x 122.00
						Total = 854.00 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima (lux):	0.07
Iluminancia media horizontal mantenida (lux):	22.43
Factor de uniformidad:	0.32

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



- ⊕ Iluminancia mínima (0.07 lux)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 308)

8.3 CURVAS FOTOMÉTRICAS

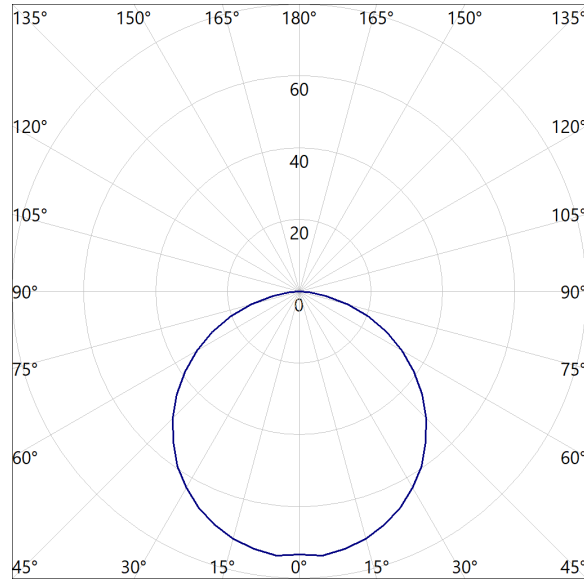
TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado normal)

Tipo 1

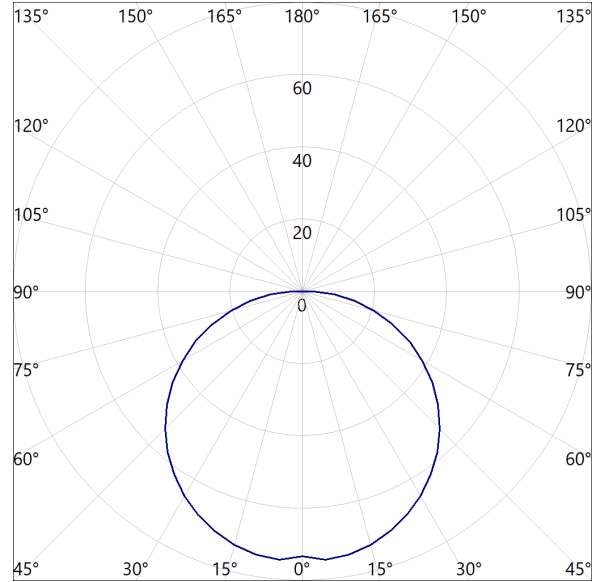
Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W) (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 19)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

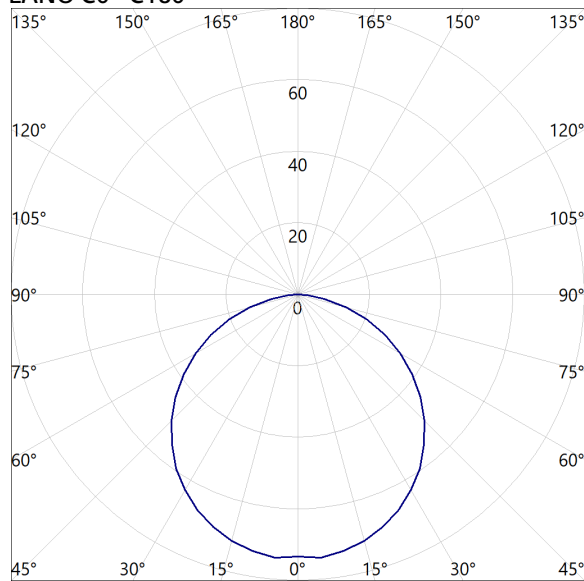


Tipo 2

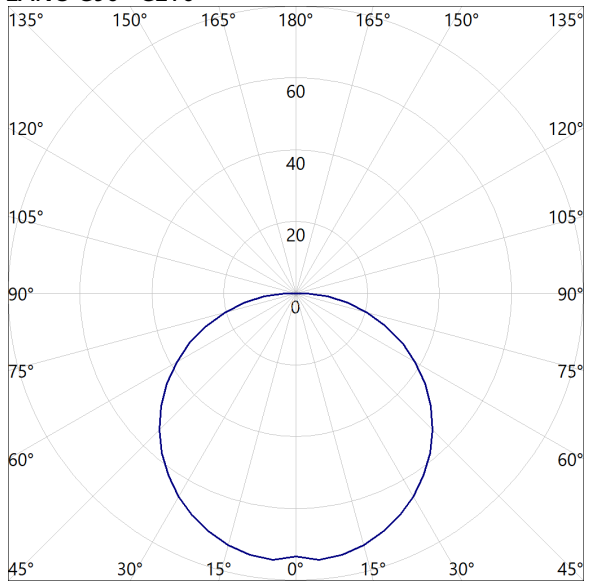
Suspendida (2 lámparas fluorescentes de 80 W) (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 225)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

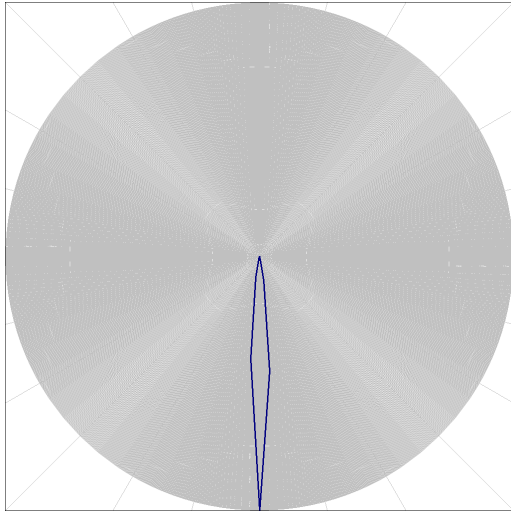


Tipo 3

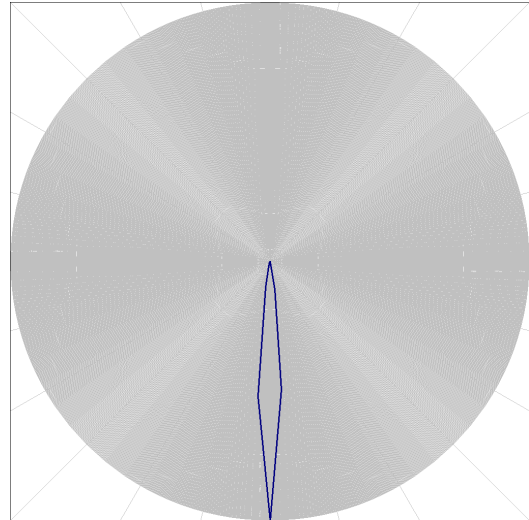
Downlight de empotrar (3 lámparas LED de 1 W) (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 2)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



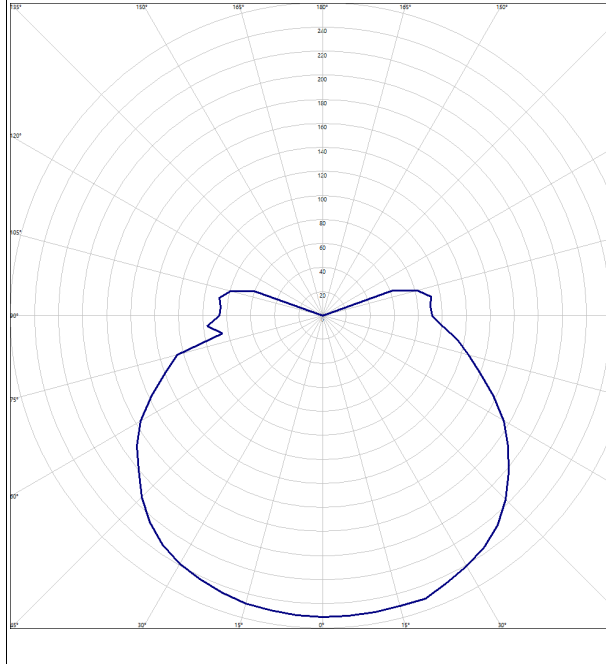
TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado de emergencia)

Tipo 1

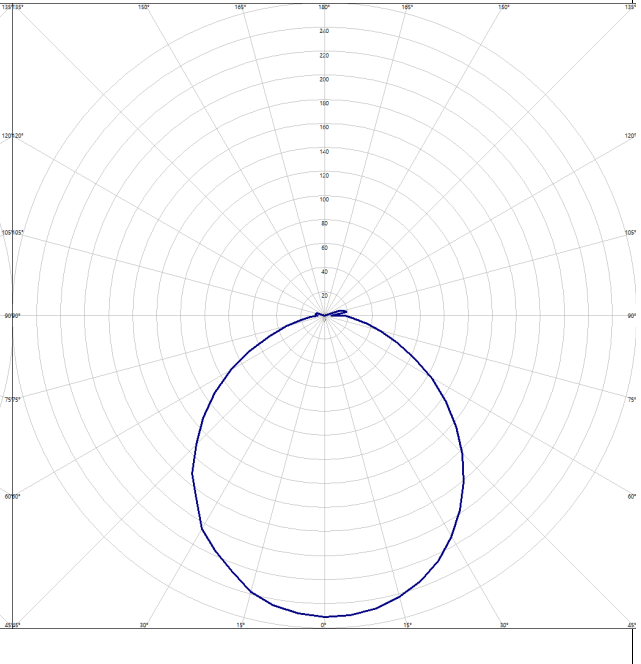
Estanca (750 lúmenes) (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



TIPOS DE LUMINARIA (Alumbrado Exterior)

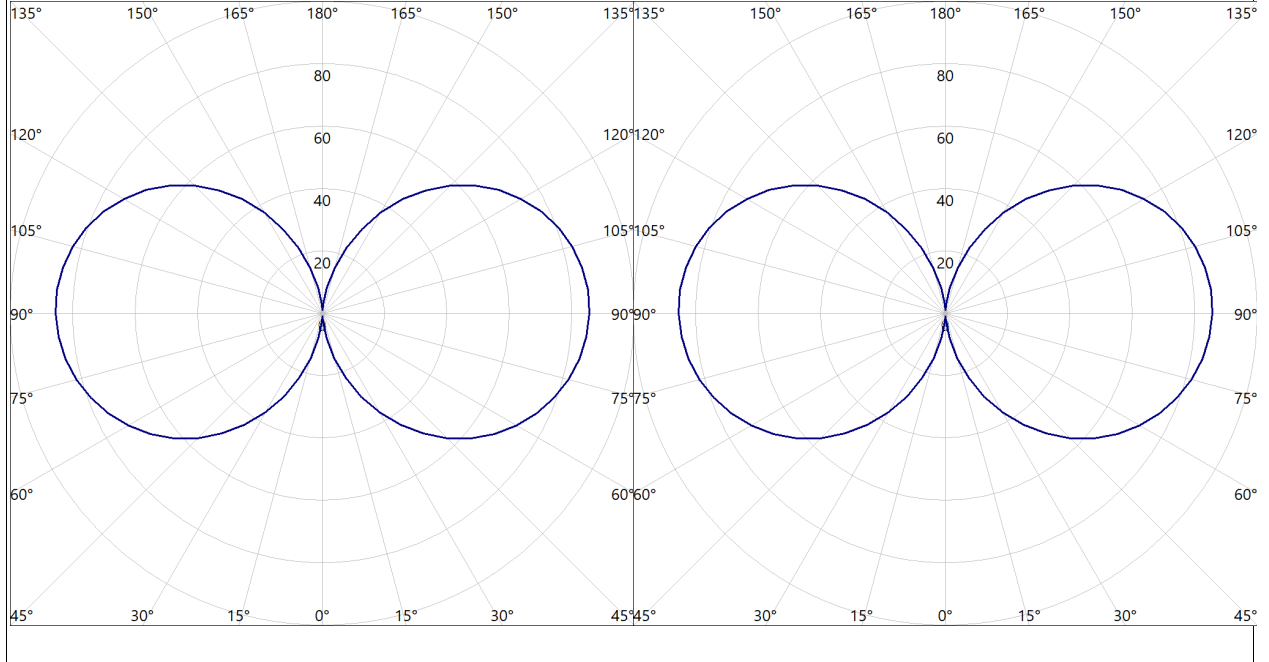
Tipo 1

Farola (Cilíndrica, 2 lámparas fluorescentes de 54 W) (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 7)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180

PLANO C90 - C270



Firmado en Santurtzi, día 26 de julio de 2021

Jon Ander Molina Viforcós