

emeri la zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO ATALA

SECCIÓN INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

--

Sinadura DATA	Sinadura DATA
------------------	------------------

3.-Kalkuluen aurkibidea

3.1.- Parametro nagusien definizioa.....	1
3.1.1.-Orokortasunak.....	1
3.1.2.-Ezaugarri nagusiak.....	1
3.1.2.1.-Pisu espezifikoa.....	1
3.1.2.2.-Tamaina.....	1
3.1.2.3.-Atsedeen angelua.....	2
3.1.2.2-Gainkarga angelua.....	2
3.2.- Bandaren zabaleraren eta abiaduraren definizioa.....	4
3.2.1.- Sarrera.....	4
3.2.2.-Bandaren ezaugarri orokorrak.....	4
3.2.2.1.-Bandaren luzera.....	4
3.2.2.2.-Bandaren altuera.....	4
3.2.3.-Karga kapazitatea.....	4
3.2.4.-Abiadura.....	5
3.2.5.-Zeharkako sekzioa.....	6
3.2.6.-Inklinazio faktorea.....	6
3.3.-Hasierako datuak.....	7
3.4.-Zintaren sailkapena.....	7
3.4.1.-Aparatuen erabilera klaseak.....	8
3.5.-Konponenteen kalkuluak:	8
3.5.1: Bandaren kalkulua.....	8
3.5.1.1.-Garrio bolumetrikoaren gaitasuna.....	10
3.5.1.2.-Garraio bolumetrikoaren gaitasun zuzendua.....	10
3.5.2: Estazioen kalkulua.....	11
3.5.2.1.-Trantsizio distantzia.....	13
3.5.3: Arrabolak.....	13
3.5.3.1-Aukeraketa kargari dagokionez.....	15
3.5.3.2.-Kargaren zehaztapena.....	17
3.5.4: Esfortzu tangentialak, potentzia eta tentsioak.....	20
3.5.4.1.-Esfortzu tangentiala.....	20

3.5.4.2.-Potentzia.....	29
3.5.4.3-Tentsioak.....	29
3.5.5: Danborrak.....	33
3.5.5.1-Danborren ardatzen dimentsionamendua.....	33
3.6.-Egituraren kalkulua.....	39
3.6.1-Kargak.....	39
3.6.1.1.-Berezko pisua.....	39
3.6.1.2.-Elurraren karga.....	41
3.6.1.1.-Erabileraren karga.....	43
3.6.1.4.-Haizearen karga.....	45
3.6.1.5.-Segurtasun ibilbidearen pisua.....	52
3.6.2.-Karga konbinaketak.....	54
3.6.2.1-Hipotesien analisisa.....	57
3.6.3.-Saretaren konprobapenak Azken Muga Egoeran.....	58
3.6.3.1-Goiko kordoia.....	59
3.6.3.2-Beheko kordoia.....	66
3.6.3.3-Montante bertikalak.....	73
3.6.3.4-Atal horizontaleko barra diagonalak	81
3.6.3.5- Maldako barra diagonal laburrak.....	88
3.6.3.6- Maldako barra diagonal luzeak.....	96
3.6.3.7 - Zeharkako montanteak.....	103
3.6.4.- Euskarrien konprobaketak Azken Muga Egoeran.....	110
3.6.4.1-Lehenengo euskarria.....	110
3.6.4.2-Bigarren euskarria.....	119
3.6.4.3-Hirugarren euskarria.....	129
3.6.4.4-Laugarren euskarria.....	141
3.6.4.5-Bosgarren euskarria.....	151
3.6.4.6-Seigarren euskarria.....	162
3.6.5- Saretaren konprobapenak Zerbitzu Muga Egoeran.....	173
3.6.6- Euskarrien konprobapenak Zerbitzu Muga Egoeran.....	174
3.7.-Zimenduaren kalkulua.....	176
3.8.-Ainguraketa barren kalkulua.....	184

3.-Dokumentua: Kalkuluen Eranskinak

3.1.-Parametro nagusien definizioa

3.1.1.-Orokortasunak

Zinta bat diseinatzerakoan ezagutu behar den lehenengo gauza garraiatuko den materialaren ezaugarriak dira, aurki daitezkeen material desberdinak direla eta. Bere aukeraketarako metodo desberdinak daude. Kasu honetan, materialak, pisu espezifikoa, tamaina eta forma kontuan hartuta bereiztuko dira. Metodo honek ere, garraioaren ikuspuntutik beste ezaugarri batzuk kontuan hartzen ditu: urraketa, atseden-angelua eta gainkarga-angelua.

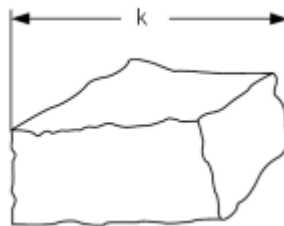
3.1.2.-Ezaugarri nagusiak

3.1.2.1.-Pisu espezifikoa (q_s)

Material baten pisu espezifikoa material horren pisua bolumen unitateko definitzen da, eta kilogramo metro kubikoetan (kg/m^3) adierazten da Nazioarteko Sistemari. Material askotan, pisu unitarioa aldaketan menpe dago, materialaren tamaina eta hezetasuna direla eta. Hala ere, ahal den neurrian, pisu espezifikoa behar bezala zehaztu behar da tamaina eta material motaren arabera.

3.1.2.2.-Tamaina

Materialaren tamaina, material zati hori inskribatu daitekeen paralelepipedoaren dimentsio handienarekin definitzen da. Materialak uniformeak edo mistoak izan daitezke. Material uniformeetarako kontsideratu daitekeen tamaina txikien 2,5mm da. Sailkapen hau kontuan hartuta aukeratuko da bandaren zabalera.



3.1 Irudia: Hartxintxarraren tamaina

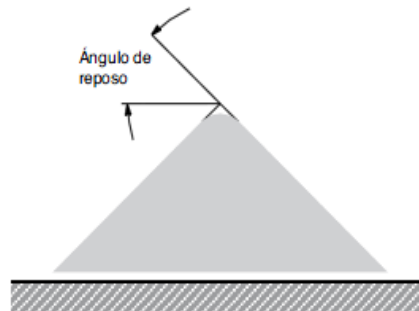
Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín
uniforme hasta mm	mixto hasta mm	mm
50	100	400
75	150	500
125	200	650
170	300	800
250	400	1000
350	500	1200
400	600	1400
450	650	1600
500	700	1800
550	750	2000
600	800	2200

3.2 Irudia: Bandaren zabalera hartxintzarraren tamainaren arabera.

Rulmeça katalogoa.

3.1.2.3.- Atsedena-angelua (α)

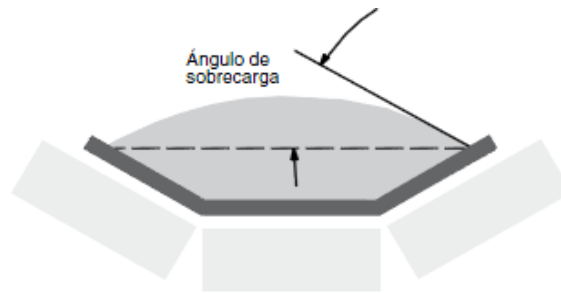
Materialaren arintasuna atsedena angeluaren menpe dago. Angelu hau, horizontala eta kono sortzailearen arteko angelua da. Angelu estatiko bat kontsideratzen da.



3.3 Irudia: Atsedena angelua.

3.1.2.4.- Gainkarga angelua (β)

Gainkarga angelua, edo atsedena angelu dinamikoa, zinta kargatuen zeharkako perfilean eratzen den angelua da. Oro har, atsedena angeluari 5° eta 20° arteko balore bat kenduta lortzen da. Beraz, materialaren jariakortasuna handiagoa izango da, gainkarga angelu txikiagoak dituzten materialetan.



3.3 Irudia: Gainkarga angelua.

Hurrengo irudian azaltzen dira materialaren ezaugarri fisikoen eta angeluen arteko korrelazioa.

Ángulo de sobrecarga β					
5°	10°	20°	25°	30°	β
Ángulo de reposo					
0-19°	20-29°	30-34°	35-39°	40° y más	otros
Características del material					
Dimensión uniforme, particular redondas muy pequeñas, muy húmedas, o muy secas como arena silicea seca, cemento y hormigón húmedo, etc.	Particular redondeadas, secas y lisas, con peso medio como, por ejemplo, semillas de cereales, trigo y judías.	Material irregular, granular en tamaño de peso medio, como, por ejemplo, carbón de antracita, harina de semillas de algodón, arcilla, etc.	Materiales típicos comunes, como, por ejemplo, carbón bituminoso, grava, la mayor parte de los minerales, etc.	Material irregular, viscoso, fibroso y que tiende a entrelazarse (virutas de madera, bagazos exprimidos), arena de fundición, etc.	Pueden incluir material con cualquier característica indicada a continuación en la Tab.2.

3.4 Irudia: Atsedeen angelua, gainkarga angelua eta materialaren arteko korrelazioa. Rulmeca katalogoa.

3.1.2.5.-Urraketa

Zintak eramango duen bandaren aukeraketarako propietate garrantzitsua da. Materialak DIN 22102 arauak ezartzen ditu. Arau honek materialak ezberdintzen ditu, beraien urraketa graduaren arabera: ez urratzaileak edo urraketa oso gutxikoak direnak, urratzaileak edo urraketa gutxikoak direnak eta oso urratzaileak direnak.

3.2.- Bandaren zabaleraren eta abiaduraren definizioa

3.2.1.-Sarrera

Zinta garraiatzaile bat diseinatzerakoan, oso garrantzitsua da bandaren zabalera eta abiadura ondo aukeratzea. Parametro hauen aukeraketa egokiak, material isurpenak saihestuko ditu. Aukeraketa hau, hurrengo faktoreen menpe egongo da:

- Materiala
- Zintaren geometria
- Zintaren garraio gaitasuna

3.2.2.-Bandaren ezaugarri orokorrak

Zinta garraiatzaile baten diseinua egiteko, beharrezkoa da zintaren forma eta ibilbidea definitzea, materiala sartzen den gunetik deskarga punturaino. Horretarako beharrezkoa da zenbait parametroen definizioa.

3.2.2.1.- Bandaren luzera

Zintaren danborren artean dagoen luzera, bandaren ibilbidearekin bat datorrena. Hainbat tarte ezberdin edukiz gero, tarte horizontalen luzera eta tarte inklinatuaren luzera kontsideratuko da. Horrela, bandaren luzera totala sortuz.

3.2.2.2- Bandaren altuera

Karga puntuaren eta deskarga puntuaren arteko goratze diferentzia. Altuera desberdineko tarteak edukita, tarte bakoitzari dagokion altuera zehaztu beharko da.

Altuera hau ez da nahastu behar, goiko danborraren eta zoruaren arteko altuerarekin. Azkeneko altuera hau izango da baldintza moduan ezarriko den altuera.

3.2.3- Karga kapazitatea

Bandak, denbora tarte batean, jasan behar izango duen pisu kantitatea. Parametro hau, banda zabaleraren eta bandaren abiaduraren aukeraketan du garrantzia.

3.2.4.- Abiadura

Abiadura zehazterakoan, orokorrean, abiadura onargarri maximoa izatea komeni da, hau da, ezarritako karga kapazitateak onartzen duen maximoa izatea. Era honetan, banda zabalera txikiagoa izango da eta, beraz, merkeagoa. Hau aukeratzeko orduan, materialaren influentzia eta honen menpe dauden ezaugarriak kontuan hartu behar dira:

- Jariakortasuna: Kasu gehienetan, arinak diren materialak hauts-itxurakoak dira. Beraz, ez da komenigarria abiadura altuak erabiltzea material hauekin, hautsa sortu dezaketelako karga eta deskarga puntuetan.
- Urraketa: Material urratzaileek ertz zorrotzak izaten dituzte, beraz, abiadura oso altuak erabiltzea ez da komenigarria, zintanmozketak sortu ahal dituztelako.
- Tamaina: Honek ere abiadura mugatzen du. Hartxintzarren tamaina gero eta handiagoa izan, pisutsuagoa izango da eta honek, zintaren ehuna ahulduko du.

Ezaugarri hauek balioztatzea oso zaila denez, katalogoetan agertzen diren prozesu esperimentaletatik lortutako datuak kontsideratuko dira. Datu hauek hurrengo taulan zehazten dira:

Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín mm	velocidad max			
uniforme hasta mm	mixto hasta mm		A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

A - materiales ligeros desizables, no abrasivos, peso específico de 0,5-1,0 t/m³
 B - materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de 1,0-1,5 t/m³
 C - materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de 1,5-2 t/m³
 D - materiales abrasivos, pesados y cortantes > 2 t/m³

3.5 Irudia: Banda zabalera eta abiadura aukeratzeko datuak. Rulmecca katalogoa.

Karga gaitasunak onartzen duen bitartean, nahigarria izaten da, abiadura aukeratzeko, zinta ahal den eta beteago egotea. Hala ere, batzuetan beharrezkoa da bandaren tentsioaren aldeko konpromiso batera heltzea. Hau, zintaren abiadura igoz lortzen da, horrela, kargaren zeharkako sekzioa txikitu egingo da eta ondorioz, tentsioa ere bai. Honek eragingo duena, zinta karga gutxiagorekin joatea izango da.

3.2.5.-Zeharkako sekzioa (S)

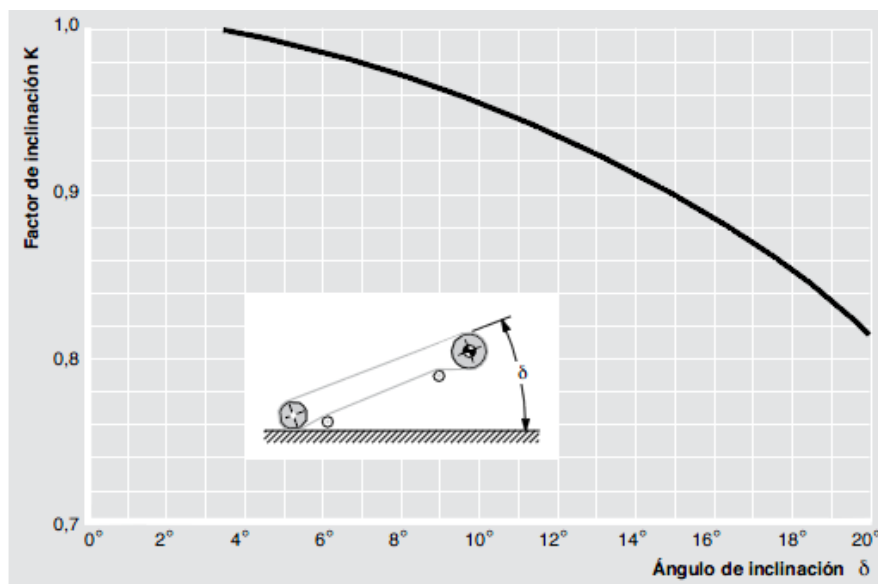
Garraiatuko den materialaren zeharkako sekzioa bandaren zabaleraren, gainkarga angeluaren eta artesa angeluaren menpe dago, halaber arrabolen luzeraren menpe. Magnitude hauek, materialaren menpe daude.

Artesa angelua (λ), batez ere, bandaren malgutasunaren menpe dago. Materialaren tamaina gero eta handiagoa izan, artesa angelua ere gero eta handiagoa izan behar da materialaren isurpena saihesteko. Material motak ez du eraginik, baina materialaren tamainak bai.

3.2.6.- Inklinazio faktorea (k)

Inklinazio faktoreak, garraiatzen den materialaren sekzioaren txikitzea kontuan hartzen du, garraioa maldan egiten bada.

Hurrengo diagramak inklinazio angeluaren arabera K inklinazio faktorea ematen du.



3.6 Irudia: Inklinazio faktorearen diagrama. Rulmecca katalogoa.

3.3.- Hasierako datuak:

Proiektuan zehar garatutako zinta garraiatzaile hau 150 tn/h mugitzeko ahalmena izango du.

Beste zinta batzuen diseinuan oinarrituz eraikiko da zinta hau, hornitzaileen katalogoetatik piezak aukeratuz kostua murrizteko asmoz.

Hauek dira zintak bete beharreko baldintzak:

- Karga kapazitatea: $l_v=150$ tn/h
- Altuera zorutik: $h=13$ m
- Danborren arteko luzera: $L=50$ m
- Hartxintxarraren tamaina: 10-75 mm

3.4.- Zintaren Sailkapena:

Zintak sailkatzeko hainbat irizpide daude, eta horietatik erabilienak garraiatzen duen materialaren arabera eta egituraren araberako sailkapenak dira.

Egituraren araberako sailkapenean, finkoa edo mugikorra izan daiteke:

- Finkoa: Zinta instalatzen den lekutik mugitzen ez denean, normalean zinta hauek tamaina handikoak dira eta gaitasun altukoak.
- Mugikorra: Zinta behar den lekuetara eraman daitekenean, baita era mota hauen barruan birakorrak direnak sartzen dira. Normalena zinta hauek gaitasun txikikoak eta tamaina txikikoak dira, honen mugimendua erraztuz.

Garraiatzen duen materialaren arabera, kasu honetan banda izango da aldaerak izango dituen konponentea. Banda plano, nerbioduna, zimurtsua edo kautxuzko menditxoekin izan daiteke. Honen aukeraketaren kasuan garrantzia dauka ere zintak daukan inklinazioa, malda handia badauka egokia litzateke bandan kautxuzko menditxoak izatea, adibidez.

3.4.1.- Aparatuen Erabilera klaseak:

Aparatuen erabilera klaseak, kasu honetan erreferentzia egiten dio funtzionatzeko erari, zer nolako kargak eta lan ordu kopuruari.

Zinta pentsatuta dago eguneko 24 orduak lan egiteko, jakina batzuetan hori ez dela beteko baina, bete daitekeen hipotesi bat denez egoera txarrerako diseinatu beharra dago. Zinta diseinatu da 150 tona/h-ko kargei eusteko. Lan egiteko era ahalik eta leunena izatea saiatu da diseinua egiterako orduan. Adibidez, karga zintan sartzeko tolbaren neurriak txikitu egin dira karga apur bat pilatzeko eta horrela hau zintan botatzean inpaktu txikienarekin egin dezan.

3.5-Konponenteen kalkulua

3.5.1-Bandaren kalkulua

Lehenik eta behin, materialaren ezaugarrien aukeraketa egingo da. Kasu honetan, materiala hartxintxarra izango da eta bere propietate fisikoak hurrengoak dira:

Propiedades físicas de los materiales

Tipo	Peso específico aparente q_s		Ángulo de reposo	Grado de abrasividad / corrosividad	
	t/m ³	lbs. / Cu.Ft		abrasividad	corrosividad
Grava	1,44-1,60	90-100	40°	B	A

A no abrasivo/no corrosivo
B poco abrasivo / poco corrosivo

3.7 Irudia: Hartxintxarraren propietate fisikoak. Rulmeca katalogoa.

- Pisu espezifikoa, q_s : 1,44 – 1,60 t/m³
- Urraketa gradua: urraketa gutxikoa
- Korrosibitatea: ez korrosiboa

Pisu espezifikoarenean kasuan, balore altuena hartuko da, kalkuluak egoera kritikoenean egin daitezela. Beraz, pisu espezifikoarenean balio, $q_s=1,6$ t/m³ izango da.

Banda zabaleraren aukeraketa egiteko, hartxintxarraren tamaina izango da faktore garrantzitsua. Tamaina hau, 10 eta 75 mm arteko zatiak izango ditu

kontuan. Kasu honetan, 75 mm-ko zatiak hartuko dira kontuan kalkuluak egoera kritikoenean egiteko.

Bestalde, hartxintzarra uniformea edo mistoa den ere ikusi beharko da. Hartxintzarraren kasuan material uniformea da.

Hau kontuan izanda, 3.2 irudian ikusten denez, 75mm-rainoko eta era uniformeko hartxintzar motari 500mm gutxienezko zabalera banda dagokio. Ekonomikoki, banda zabalera ahalik eta txikiena izatea komeni da. Beraz, gutxienezko zabalera 500mm denez, zabalera hori aukeratuko da.

Bandaren zabalera zehaztu ondoren, bandaren abiadura mugatuko da. Horretarako, 3.4 irudian begiratzuz, 500mm-ko banda zabalera izanik eta C motako materiala izanik (1,5 eta 2 tn/m³ arteko pisu espezifikoa), dagokion abiadura maximoa 2 m/s-koa da.

Ezarriko diren hurrengo parametroak, atsedean eta gainkarga angeluak izango dira. Horretarako, 3.4 irudiaz baliatuz, hartxintzarraren angeluak hurrengoak direla ikusiko da:

- $\alpha = 35-39^\circ$
- $\beta = 25^\circ$

Hau horrela izanda, atsedean angeluarentzako balio kritikoena hartuko da, hortaz, $\alpha = 39^\circ$ izango da. Hau, materialaren arintasunaren menpe dago eta horregatik atsedean angelua gero eta handiagoa izan, materialaren arintasuna baxuagoa izango da. Hori dela eta, materiala pilatzeko arriskua egongo litzateke, bandaren tentsioan eragina izanda.

Datu hauek izanda, bandaren gainean dagoen materiala metro lineal bakoitzeko kalkulatu da hurrengo adierazpena erabiliz:

$$q_G = \frac{l_v}{3,6 \cdot v} = \frac{150}{3,6 \cdot 2} = 20,83 \frac{Kg}{m} \quad (3.1)$$

$$l_v = 150 \frac{t}{h}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

3.5.1.1- Garraio bolumetrikoaren gaitasuna

Hurrengo formula erabilia lortzen da:

$$I_M = \frac{l_v}{q_s} = \frac{150}{1,6} = 93,75 \frac{m^3}{h} \quad (3.2)$$

Beraz, garraio bolumetrikoaren gaitasuna 1m/s-ko abiadurarekin definitu daiteke:

$$I_{VT} = \frac{l_M}{v} = \frac{93,75}{1} = 93,75 \frac{m^3}{h} \quad (3.3)$$

3.5.1.2-Garraio bolumetrikoaren gaitasuna, inklinazio eta elikatze faktoreengatik zuzenduta

Inklinatutako banden kasuan, garraio bolumetrikoaren gaitasuna hurrengo erlazioa erabiliz zuzentzen da:

$$I_{VM} = I_{VT} \cdot K \cdot K_1 = 93,75 \cdot 0,905 \cdot 1 = 84,84 \frac{m^3}{h} \quad (3.4)$$

Inklinazio faktorea, K, 3.6 irudiko diagramaz baliatuz lortuko da eta kontuan izanda inklinazio angelua 14° direla. Beraz, diagraman sartuta datu honekin K=0,905 izango da.

Bestalde, beharrezkoa da elikatze mota kontuan hartzea, hau da, materiala zer nolako erregularitasunarekin sartuko den zintan zehar. Faktore honek lortu ditzakeen balioak hurrengoak dira:

- $K_1 = 1$ elikatzea erregularra denean.
- $K_1 = 0,95$ elikatzea erregularitasun gutxikoa bada.
- $K_1 = 0,90 - 0,80$ bitartean, elikatzea irregularra bada.

Kasu honetan, $K_1=1$ hartuko da, kasu kritikoena delako.

Azkenik, banda zabalera eta materialaren alearen tamaina maximoaren erlazioa egiaztatuko da hurrengo adierazpenaren bitartez:

Banda zabalera $\geq 2,5$ alearen tamaina maximoa

$$500 \text{ mm} \geq 2,5 \cdot 75 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} \geq 187,5 \text{ mm}$$

3.5.2-Estazioen kalkulua

Lehenik eta behin, bandaren zabalera, gainkarga angelua eta garraio bolumetrikoaren gaitasuna kontuan izanik, estazioan doazen arrabolen angelua lortuko da.

Esan beharra dago, artesa motako hiru arraboleko estazioa aukeratu da bi arraboleko eta arrabolabateko estazioetan material isurketa egon daitekeelako. Beraz hiru arrabolekoda egokiena.

Beraz 25° -ko gainkarga angeluarekin eta garraio bolumetrikoaren gaitasuna $93,75 \text{ m}^3/\text{h}$ izanda, estazioaren angelua $\lambda=30^\circ$ izango da.

Ancho banda mm	Ángulo de sobrecarga β	lVT m^3/h				
		$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 25^\circ$	$\lambda = 30^\circ$	$\lambda = 35^\circ$	$\lambda = 45^\circ$
500	5°	47.8	55.8	62.6	68.0	78.4
	10°	60.1	67.3	73.4	78.4	87.4
	20°	85.3	91.8	97.2	101.1	106.9
	25°	96.1	104.7	109.8	112.6	117.7
	30°	114.1	119.1	123.8	126.0	129.6

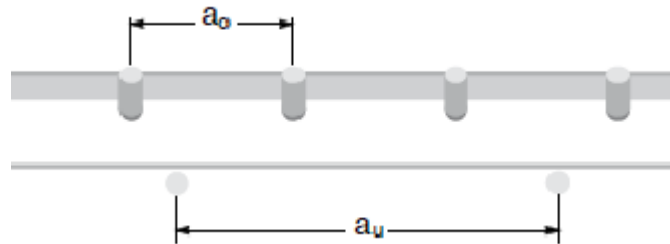
3.8 Irudia: Estazioen angeluak. Rulmeca katalogoa.

Angelua aukeratzeko, kalkuluetatik lortutako garraio bolumetrikoaren gaitasuna ez da izan behar irudiko datuak baino handiagoa. Beraz,

$$93,75 \text{ m}^3/\text{h} < 109,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ikusi daiteke angelu txikiagoak ere egokiak izango liratekeela, hala ere, fabrikanteen katalogoetan agertzen diren angelu egokiak 30° -koak dira.

Estazio mota aukeratu ondoren, estazio hauen arteko distantzia kalkulatu beharko da. Zehazki, goiko estazioen arteko distantzia (a_o) eta beheko estazioen arteko distantzia (a_u). Hau, katalogoetan oinarrituta egingo da.



3.9 Irudia: Estazioen arteko distantzia

Bandaren zabalera eta materialaren pisu espezifikoak jakinda hurrengo taulan sartuz aukeratu egingo dira estazioen arteko distantziak.

Ancho banda m	Paso de las estaciones ida			retorno m
	peso específico del material a transportar t/m ³			
	< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	> 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

3.10 Irudia: Estazioen arteko distantziak. Rulmecca katalogoa.

Kasu honetan, 500 mm-ko banda zabalera batekin eta $1,6 \text{ t/m}^3$ -ko pisu espezifikoak duen material batekin hurrengo datuak lortuko dira:

$$n = \frac{v \cdot 1000 \cdot 60}{D \cdot \pi} \quad (3.5)$$

Gainera hurrengo irudian ikusi daiteke abiadura maximo bakoitzari zein diametro dagokion:

Rodillo diámetro mm	Velocidad de la banda m/s	Revoluciones/ min n
50	1.5	573
63	2.0	606
76	2.5	628
89	3.0	644
102	3.5	655
108	4.0	707
133	5.0	718
159	6.0	720
194	7.0	689

3.12 Irudia: Abiadura maximoa eta bira kopurua. Rulmeca katalogoa.

Arrabolak aukeratzekoan, esan beharra dago, diametro handiagoak dituzten arrabolek, abioan inertzia gehiago sortzen dutela. Honek horrelako abantailak ditu: bira kopuru gutxiago, higadura gutxiago errodamenduetan eta urraketa eskasa.

Hala ere, arrabolen diametroen aukeraketa egokia egiteko bandaren zabalera hartu behar da kontuan.

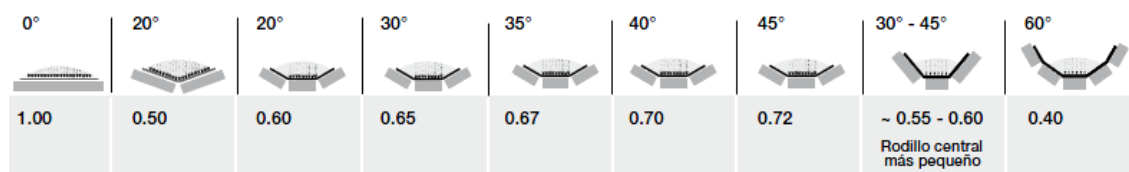
Ancho banda mm	Para velocidad ≤ 2 m/s			2 ÷ 4 m/s			≥ 4 m/s		
	Ø rodillos mm			Ø rodillos mm			Ø rodillos mm		
500	89			89					
650	89			89	108				
800	89	108		89	108	133	133		
1000	108	133		108	133		133	159	
1200	108	133		108	133	159	133	159	
1400	133	159		133	159		133	159	
1600	133	159		133	159	194	133	159	194
1800	159	159	194	159	194				
2000	159	194		159	194		159	194	
2200 y superior	194			194			194		

3.13 Irudia: Gomendatutako arrabolen diametroak. Rulmeca katalogoa.

Gauzak horrela, 500 mm-ko banda zabalera batekin eta ezarritako abiadurarekin (≤ 2 m/s), lortzen den diametroa 89 mm-koa da errodiloentzako.

3.5.3.1- Aukeraketa kargari dagokionez

Banda garraiatzaile baten erabiliko diren errodilo mota eta hauen dimentsioa hurrengo faktoreen menpe dago: zintaren banda zabalera, estazioen arteko distantzia eta batez ere errodiloen gainean dagoen karga maximoen menpe. Baita ere, beste faktore zuzentzaileen menpe. Faktore hauek hurrengo irudietan aukeratuko dira:



3.14 Irudia: Tentsio gehien jasaten duen errodiloaren parte-hartze faktorea (F_p). Rulmeca katalogoa.

Duración	F_s
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

3.15 Irudia: Zerbitzu faktorea (F_s). Rulmeca

Condiciones	F_m
Limpio y con mantenimiento regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o muy corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

3.16 Irudia: Ingurugiro faktorea (F_m).Rulmeca katalogoa.

Tamaño del material	Velocidad de la banda m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm en estrato de material fino	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm sine estrato de material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
300 ÷ 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

3.17 Irudia: Talka faktorea (Fd).Rulmeca katalogoa.

Velocidad banda m/s	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.00

3.18 Irudia: Abiadura faktorea (Fv).Rulmeca katalogoa.

Eskatzen diren parametroetatik abiatuta, hurrengo faktoreak aukeratuko dira:

- **Tentsio gehien jasaten duen errodiloaren parte-hartze faktorea (Fp):** Goiko estazioen $F_p = 0,65$; estazioen angelua 30° delako. Aldiz, beheko estazioa laua denez, kasu honetan $F_p = 1$ izango da.
- **Zerbitzu faktorea (Fs):** lehenago esan den moduan, nahiz eta hau beti horrela ez izan, zinta 24 ordu lan egiteko gaitasuna izan behar du. Beraz, $F_s = 1,2$ izango da.

- **Ingurugiro faktorea (Fm):** hartxintxarra material pixka bat urratzailea denez, $F_m=1$ izango da.
- **Talka faktorea (Fd):** materialaren tamaina maximoa 75 mm-koa denez, $F_d=1$ izango da.
- **Abiadura faktorea (Fv):** bandaren abiadura maximoa 2 m/s-koa denez eta errodiloen diametroa 89mm-rekin aukeratuko denez. Beraz, $F_v=0,96$ izango da.

3.5.3.2-Kargaren zehaztapena

Behin errodiloen diametroa abiadurari eta bira kopuruari dagokionez definituta, estazioen karga estatikoa zehaztu beharko da.

Horretarako, lehenengo bandaren ezaugarriak zehaztu beharko dira. Ezaugarri hauek katalogotik lortzen dira eta bandaren kodigoa hurrengoa da:

DELTA EP 400/3 – 500 – 4+2 Y

Non,

- DELTA: Kautxuzko multigeruza banda.
- EP: Poliesterdun irazkia.
- 400: Apurketa karga N/mm-tan
- 3: Geruza kopurua.
- 500: Banda zabalera
- 4 + 2: Goiko eta beheko estalduren lodiera, mm-tan
- Y: Estalduraren kalitatea

Hau, metro lineal bakoitzeko bandaren pisua kalkulatzeko balioko du. Honetarako, bandaren nukleoaren pisua (q_{bn}) lortu beharko da hurrengo iruditik:

Carga de rotura de la banda N/mm	Banda reforzada con productos textiles (EP) Kg/m ²	Con elementos metálicos Steel Cord (ST) Kg/m ²
200	2.0	-
250	2.4	-
315	3.0	-
400	3.4	-
500	4.6	5.5
630	5.4	6.0
800	6.6	8.5
1000	7.6	9.5
1250	9.3	10.4
1600	-	13.5
2000	-	14.8
2500	-	18.6
3150	-	23.4

3.19 Irudia: Bandaren nukleoaren pisua (q_{bn}). Rulmeca katalogoa.

Bandaren apurketa karga 400N/mm izanik eta EP motakoa izanik, $q_{bn}=3,4$ kg/m² izango da.

Orain bandaren pisua kalkulatzeko, nukleoaren pisuari goiko eta beheko estalduren pisua batuko zaio. Estalduren pisua 1,15 kg/m² da estaldura milimetro bakoitzeko. Beraz,

$$q_b = q_{bn} + 1,15 \cdot (4 + 2) = 3,4 + 1,15 \cdot 6 = 10,3 \frac{kg}{m^2} \quad (3.6)$$

Hau kalkulaturik, kargen kalkuluak egingo dira:

- Joaneko errotiloak (Goikoak):
- Kapazitate karga estatikoa:

$$Ca = a_0 \cdot \left(q_b + \frac{I_v}{3,6 \cdot v} \right) \cdot 0,981 = 45,81 \text{ daN} \quad (3.7)$$

Non,

$$a_o = 1,5 \text{ m (3.10 iruditik)}$$

$$q_b = 10,3 \text{ kg/m}^2 \text{ (3.6 ekuaziotik)}$$

$$I_v = 150 \text{ tn/h}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

- Kapazitate karga dinamikoa:

$$Ca' = Ca \cdot F_d \cdot F_s \cdot F_m = 54,97 \text{ daN} \quad (3.8)$$

Non,

$$Ca = 45,81 \text{ daN (3.7 ekuaziotik)}$$

$$F_d = 1 \text{ (3.17 iruditik)}$$

$$F_s = 1,2 \text{ (3.15 iruditik)}$$

$$F_m = 1 \text{ (3.16 iruditik)}$$

- Erdiko erroiloak jasaten duen karga:

$$ca = Ca' \cdot F_p = 35,73 \text{ daN} \quad (3.9)$$

Non,

$$Ca' = 54,97 \text{ daN (3.8 ekuaziotik)}$$

$$F_p = 0,65 \text{ (3.14 iruditik)}$$

- Itzuliko erroiloak (Behekoak):

- Kapazitate karga estatikoa:

$$Cr = a_u \cdot q_b \cdot 0,981 = 30,31 \text{ daN} \quad (3.10)$$

Non,

$$a_u = 3 \text{ m (3.10 iruditik)}$$

$$q_b = 10,3 \text{ kg/m}^2 \text{ (3.6 ekuaziotik)}$$

- Kapazitate karga dinamikoa:

$$Cr' = Cr \cdot F_v \cdot F_s \cdot F_m = 34,91 \text{ daN} \quad (3.11)$$

Non,

$$Cr = 30,31 \text{ daN (3.10 ekuaziotik)}$$

$$F_v = 0,96 \text{ (3.18 iruditik)}$$

$$F_s = 1,2 \text{ (3.15 iruditik)}$$

$$F_m = 1 \text{ (3.16 iruditik)}$$

- Itzuliko errodilo lauak jasaten duen karga:

$$cr = Cr' \cdot F_p = 34,91 \text{ daN} \quad (3.12)$$

Non,

$$Ca' = 34,91 \text{ daN (3.11 ekuaziotik)}$$

$$F_p = 1 \text{ (3.14 iruditik)}$$

3.5.4-Esfortzu tangenziala, potentzia eta tentsioak

3.5.4.1-Esfortzu tangenziala

Lehenik eta behin, esfortzu tangenzial totala (F_u) kalkulatu da danbor eragilearen inguruan. Esfortzu hau, mugimendua oztopatzen duten erresistentzia guztiak gainditu behar ditu eta ondorengo erresistentzia guztien batura da:

- Banda deskargatua mugitzeko beharrezko esfortzua.
- Desplazamendu horizontalaren kontra doazen erresistentziak gainditzeko beharrezko esfortzua.
- Materiala nahi den lekura igotzeko beharrezko esfortzua.
- Bigarren mailako erresistentziak gainditzeko beharrezko esfortzua.

Hortaz, esfortzu tangenzial totala danbor eragilearen inguruan adierazpen honen bidez kalkulatu da:

$$F_U = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(2q_b + q_G + q_{RU} + q_{RO}) \pm (q_G \cdot H)] \cdot 0,981 [daN] \quad (3.13)$$

Zinta garraiatzailea profil altimetriko aldakor bat duenean, esfortzu tangenzial totalaren kalkulua bi esfortzutara banatzen da zintaren tarte bakoitza mugitzeko:

- Fa: joaneko esfortzu tangenziala
- Fr: itzuliko esfortzu tangenziala

Beraz,

$$F_U = (Fa_1 + Fa_2 + Fa_3 + \dots) + (Fr_1 + Fr_2 + Fr_3 + \dots) \quad (3.14)$$

Non,

$$Fa = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(q_b + q_G + q_{RO}) \pm (q_G + q_b) \cdot H] \cdot 0,981 [daN] \quad (3.15)$$

$$Fr = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(q_b + q_{RU}) \pm (q_b \cdot H)] \cdot 0,981 [daN] \quad (3.16)$$

Zeinu positiboa edo negatiboa, maldaren norantzaren menpe dago. Joaneko malda, positiboa izango da. Itzulikoa berriz, negatiboa, malda beherakorra delako.

Kalkulu hauek egiteko, beharrezkoak diren koefizienteak lortu beharko dira. Datu hauek katalogotik lortuko dira:

- **Erresistentzia finkoen koefizientea (Cq):** Ardatzen arteko distantzia kontuan hartuz lortuko da. Kasu honetan, ezarritako distantzia 50m-koa izanik, Cq= 2,1 izango da.

Distancia entre ejes	
m	Cq
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1
60	2.0
80	1.8
100	1.7
150	1.5
200	1.4
250	1.3
300	1.2
400	1.1
500	1.05
1000	1.03

3.19 Irudia: Erresistentzia finkoen koefizientea (Cq).Rulmeca

- **Temperatura dela eta, erresistentzia pasiboen koefizientea (Ct):** Ingurugiro temperatura kontuan hartuz lortzen da. Kasu honetan, zinta ezarriko den eskualdean temperatura 20°C-ra heldu daiteke, beraz Ct=1 izango da.

Temperatura °C	+ 20°	+ 10°	0	- 10°	- 20°	- 30°
Factor Ct	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27

3.20 Irudia: Temperatura dela eta, erresistentzia pasiboen koefizientea (Ct).Rulmeca katalogoa.

- **Elementu birakorren eta materialaren barne marruskaduraren koefizientea (f):** Materialaren eta elementu birakorren arteko marruskadura mota eta abiadura kontuan izanda lortuko da. Kasu honetan, zintak jasan dezakeen abiadura maximoa 2m/s denez, f=0,0165 izango da.

Cintas transportadoras horizontales, ascendentes o ligeramente descendentes	velocidad m/s					
	1	2	3	4	5	6
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores estándares	0,0160	0,0165	0,0170	0,0180	0,0200	0,0220
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores altos en condiciones de trabajo difíciles	desde 0,023 hasta 0,027					
Elementos giratorios de cintas transportadoras descendentes con motor freno y/o generador	desde 0,012 hasta 0,016					

3.21 Irudia: Elementu birakorren eta materialaren barne marruskaduraren koefizientea (f). Rulmecca katalogoa.

Lortu beharreko beste datu batzuk goiko eta beheko atal birakorren pisua da. Hau, hurrengo adierazpenetatik lortuko da:

$$q_{RO} = \frac{P_{prs}}{a_o} \left[\frac{kg}{m} \right] \quad (3.17)$$

$$q_{RU} = \frac{P_{pri}}{a_u} \left[\frac{kg}{m} \right] \quad (3.18)$$

Goiko estazioen atal birakorren pisua (Pprs) eta beheko estazioen atal birakorren pisua (Ppri), hurrengo iruditik aukeratuko dira:

Ancho banda mm	Diámetro rodillos mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	5.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—
650	9.1	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
800	10.4	7.8	16.0	11.4	—	—	—	—	—	—
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	—	—	—	—
1200	—	—	20.3	15.7	26.7	20.7	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	29.2	23.2	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	31.8	25.8	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	—	—	—	—	—	—	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3.22 Irudia: Goiko eta beheko estazioen atal birakorren pisua (Pprs eta Ppri). Rulmecca katalogoa.

Kasu honetan, errodiloak 89 mm-ko diametroa dutenez eta bandaren zabalera 500mm-koa denez $P_{prs} = 5,1$ kg eta $P_{pri} = 3,7$ kg izango dira.

Beraz, 3.17 eta 3.18 ekuazioak aplikatuz:

$$q_{RO} = \frac{P_{prs}}{a_o} = \frac{5,1}{1,5} = 3,4 \frac{kg}{m} \quad (3.19)$$

$$q_{RU} = \frac{P_{pri}}{a_u} = \frac{3,7}{3} = 1,23 \frac{kg}{m} \quad (3.20)$$

Datu hauek edukita esfortzu tangentialak kalkulatu dira.

- Joaneko esfortzu tangentiala, 3.15 ekuazioa aplikatuz:
-

$$Fa = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(q_b + q_G + q_{RO}) + (q_G + q_b) \cdot H] \cdot 0,981 = 455,68 \text{ daN} \quad (3.21)$$

Non,

$$L = 50\text{m}$$

$$H = 13\text{m}$$

$$C_q = 2,1 \text{ (3.19 iruditik)}$$

$$C_t = 1 \text{ (3.20 iruditik)}$$

$$f = 0,0165 \text{ (3.21 iruditik)}$$

$$q_b = 10,3 \text{ kg/m}^2 \text{ (3.6 ekuaziotik)}$$

$$q_G = 20,83 \text{ kg/m} \text{ (3.1 ekuaziotik)}$$

$$q_{RO} = 3,4 \text{ kg/m} \text{ (3.19 ekuaziotik)}$$

- Itzuliko esfortzu tangentiala, 3.16 ekuazioa aplikatuz:

$$Fr = [L \cdot C_q \cdot C_t \cdot f(q_b + q_{RU}) - (q_b \cdot H)] \cdot 0,981 = -111,75 \text{ daN} \quad (3.22)$$

$$L = 50\text{m}$$

$$H = 13\text{ m}$$

$$C_q = 2,1 \text{ (3.19 iruditik)}$$

$$C_t = 1 \text{ (3.20 iruditik)}$$

$$f = 0,0165 \text{ (3.21 iruditik)}$$

$$q_b = 10,3 \text{ kg/m}^2 \text{ (3.6 ekuaziotik)}$$

$$q_{RU} = 1,23 \text{ kg/m (3.18 ekuaziotik)}$$

- Esfortzu tangenzial totala, 3.14 ekuazioa aplikatuz:

$$F_U = F_a + F_r = 455,68 + (-111,75) = 343,93 \text{ daN} \quad (3.23)$$

3.5.4.2-Potentzia

Danbor eragilearen inguruko esfortzu tangenzial totala, bandaren abiadura eta erreduktorearen etekina ezagututa, beharrezko potentzia minimoa, hurrengo adierazpenak emango du.

$$P = \frac{F_U \cdot v}{100 \cdot \eta} = 7,99 \text{ kW} \quad (3.24)$$

Non,

$$F_U = 343,93 \text{ daN (3.23 ekuaziotik)}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$\eta = 0,86. \text{ Etekinaren datu hau fabrikanteak emandakoa da.}$$

3.5.4.3-Tentsioak

Tentsio ezberdinak kontsideratuko dira.

T₁ eta T₂ tentsioak

Danbor eragilearen inguruko esfortzu tangenzial totala, T₁(atal tenkatua) eta T₂ (atal motela) tentsioen arteko ezberdintasunari dagokio. Hau, banda mugitzeko beharrezkoa den pare eragilearen ondorio da. Tentsio bi hauen artean erlazio hau mantentzen da:

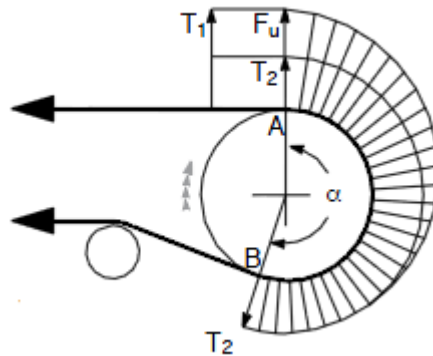
$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{fa} \quad (3.25)$$

Berdintzaren zeinuak itsaspen egoera limitea adierazten du. T_1/T_2 erlazio e^{fa} baino handiagoa bada, bandak danbor eragilean labainduko du eta ez du mugimendurik transmitituko.

Gainera hurrengo adierazpenak lortu daitezke:

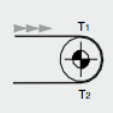
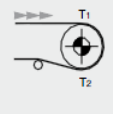
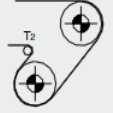
$$T_1 = F_U + T_2 \quad (3.26)$$

$$T_2 = F_U \frac{1}{e^{fa} - 1} = F_U \cdot C_w \quad (3.27)$$



3.23 Irudia: T1 eta T2-ren arteko ezberdintasunaren arteko adierazpen grafikoa

Besarkapen faktorearen (C_w) balioa, bandaren eta danbor eragilearen arteko besarkapen angeluaren eta danborra eta bandaren arteko marruskadura koefizientearen (fa) balioaren menpe dago. Katalogotik lortutako hurrengo iruditik faktore hau lortu daiteke.

Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento α	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.20	0.80
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

3.24 Irudia: Besarkapen faktorea (C_w). Rulmeca katalogoa.

Kasu honetan, motorizazio mota inflexio danbor gabekoa denez, besarkapen angelua 180° izango da. Bestalde torloju bidezko tentsorea eta estalpena daukan danborra jarriko dira. Beraz, $C_w = 0,80$ izango da.

Datu hauekin T1 (3.26 ekuazioa aplikatuz) eta T2-ren (3.27 ekuazioa aplikatuz) balioak lortu daitezke.

$$T_2 = F_U \cdot C_w = 343,93 \cdot 0,8 = 275,14 \text{ daN} \quad (3.28)$$

$$T_1 = F_U + T_2 = 343,93 + 275,14 = 619,07 \text{ daN} \quad (3.29)$$

T₃ tentsioa

Tentsio hau, kontradanborrera hurbiltzean sortzen den tentsioa da. T₂ tentsioaren eta itzuliko esfortzu tangentialaren (Fr) baturaren bidez lortzen da.

Beraz,

$$T_3 = T_2 + Fr = 275,14 + (-111,75) = 163,39 \text{ daN} \quad (3.30)$$

3.25 Irudia: T_3 tentsioaren adierazpen grafikoa

Lan kargak eta bandaren apurketa karga

T_{max} tentsioa, bandaren tentsio unitario maximoa kalkulatzeko erabiltzen da.

Nahiz eta banda aukeratuta egon, bandak tentsio minimoen baldintzak betetzen dituela egiaztatuko da.

Beraz, lan tentsio maximoa T_1 tentsio izanda, bandaren tentsio unitario maximoa kalkulatu da

$$T_{\mu max} = \frac{T_{max} \cdot 10}{N} = \frac{619,07 \cdot 10}{500} = 12,38 \frac{N}{mm} \quad (3.31)$$

Segurtasun irizpide moduan, kontuan hartu behar da ehunezko produktuak erabiliz indartu egin den bandetan, lan karga maximoa bandaren apurketa kargaren 1/10 dela.

Beraz, kasu honetan, 400 N/mm-ko apurketa karga duen banda denez:

$$12,38 \frac{N}{mm} \leq \frac{400}{10} = 40 \frac{N}{mm} \quad (3.32)$$

Segurtasun irizpidea betetzen denez, bandaren aukeraketa egokia izan da eta ez da ezer birkalkulatu behar.

3.5.5-Danborrak

Danborren diametroaren dimentsionamendua, bandaren erresistentziaren ezaugarriak kontuan hartuz egiten da.

Carga de rotura de la banda N/mm	Bandas reforzadas con productos textiles DIN 22102			Bandas reforzadas con elementos metálicos ST DIN 22131		
	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

3.26 Irudia: Gomendatutako danborren diametro minimoak. Rulmeca katalogoa.

Kasu honetan, bandaren apurketa karga 400N/mm izanda eta ehunezko produktu bidez indartutako banda denez, aukeratuko diren danborren diametro minimoak hurrengoak dira:

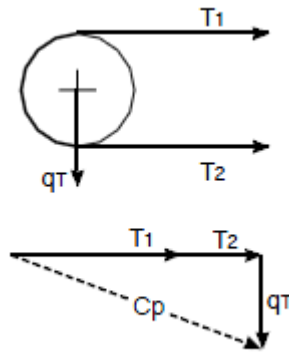
- Danbor eragilea: 400mm
- Kontradanborra: 315mm

Desbideragailuaren erabilera gutxietsi egingo da.

3.5.5.1- Danbor eragilearen eta kontradanborren ardatzen dimentsionamendua

Danbor eragilearen ardatza neke alternoko flexioen eta tortsioen menpe dago. Beraz, diametroa kalkulatzeko, lehenengo flexio momentua (M_f) eta tortsio momentua (M_t) kalkulatu beharko dira.

Ardatzaren flexio momentua, T_1 eta T_2 tentsioen batura bektorialak eta danborraren pisuak (q_t) osatzen duten erresultanteaz sortuta dago.



3.27 Irudia: T_1 eta T_2 tentsioen eta danborraren pisuaren arteko erresultantea

Ardatzaren diametroaren dimentsionamenduak zenbait parametroren zehaztapena eskatzen du:

- C_p , tentsioen erresultantea

$$C_p = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_t^2} = \sqrt{(619,07 + 275,14)^2 + 92,21^2} = 898,95 \text{ daN} \quad (3.33)$$

Non,

q_t danborraren pisua katalogotik ezarritakoa da.

$T_1 = 619,07 \text{ daN}$ (3.29 ekuaziotik)

$T_2 = 275,14 \text{ daN}$ (3.28 ekuaziotik)

- M_f , momentu flektorea

$$M_f = \frac{C_p}{2} \cdot a_g = \frac{898,95}{2} \cdot 0,15 = 67,42 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad (3.34)$$

Non,

a_g euskarriaren eta gainera bridaren arteko distantzia, katalogotik ezarritakoa da.

$$C_p = 898,95 \text{ daN (3.33 ekuaziotik)}$$

- M_t , momentu torsorea

$$M_t = \frac{P}{n} \cdot 954,9 = \frac{7,99}{95,49} \cdot 954,9 = 79,9 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad (3.35)$$

Non,

n , 3.5 ekuazioa aplikatuz:

$$n = \frac{v \cdot 1000 \cdot 60}{D \cdot \pi} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 60}{400 \cdot \pi} = 95,49 \text{ bira/min} \quad (3.36)$$

$$P = 7,99 \text{ kW (3.24 ekuaziotik)}$$

- M_{if} , flexio momentu ideala

$$M_{if} = \sqrt{M_f^2 + (0,75 \cdot M_t^2)} = \sqrt{67,42^2 + (0,75 \cdot 79,9)^2} = 90,2 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad (3.37)$$

Non,

$$M_f = 67,47 \text{ daN} \cdot \text{m (3.34 ekuaziotik)}$$

$$M_t = 79,9 \text{ daN} \cdot \text{m (3.35 ekuaziotik)}$$

- W , modulu erresistentea

$$W = M_{if} \cdot \frac{1000}{\sigma_{adm}} = 90,2 \cdot \frac{1000}{7,82} = 11534,52 \text{ mm}^3 \quad (3.38)$$

Non,

σ_{adm} hurrengo taulatik lortuko den:

Tipo di acero	daN/mm ²
38 NCD	12,2
C 40 Bonificado	7,82
C 40 Normalizado	5,8
Fe 37 Normalizado	4,4

3.28 Irudia: σ_{adm} -ren balioak. Rulmeca katalogoa

Kasu honetan, altzairu tenplatuaren balioa $\sigma_{adm}=7,82$ daN/mm².

Mif = 90,2 daN·m (3.37 ekuaziotik)

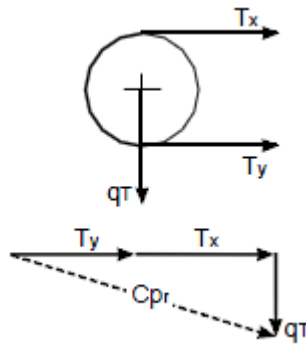
Aurreko ekuazioen konbinaziotik eta diametroaren parametroa bakanduz, dimentsionamendua egiteko beharrezko adierazpena lortuko da:

$$d = \sqrt[3]{W \cdot \frac{32}{\pi}} = \sqrt[3]{11534,52 \cdot \frac{32}{\pi}} = 48,97 \text{ mm} \quad (3.39)$$

Beraz, danbor eragilearen ardatzaren diametro minimoa 48,97mm izango da.

Kontradanberraren kasuan, ardatzak flexio sinplea bakarrik jasaten duela kontsideratuko da.

Beraz, M_f flexio momentua ezarri beharko da. Momentu hau, bandaren hurbiltze tentsioaren (T_y) eta urruntze tentsioaren (T_x)arteko batura bektorialak eta danberraren pisuak (q_i) osatzen duten erresultanteaz sortuta dago. Kasu honetan, $T_x = T_y$ kontsideratuko da, danbor eroak direlako.



3.29 Irudia: T_x eta T_y tentsioen eta danborraren pisuaren arteko erresultantea

Kontradanborraren kasuan ere, ardatzaren diametroaren dimentsionamenduak zenbait parametroren zehaztapena eskatzen du:

- Flexio momentua:

$$Mf = \frac{Cpr}{2} \cdot ag = \frac{331,69}{2} \cdot 0,15 = 24,87 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad (3.40)$$

Non,

$$Cpr = \sqrt{(2 \cdot T_3)^2 + q_t^2} = \sqrt{(2 \cdot 163,39)^2 + 56,89^2} = 331,69 \text{ daN} \quad (3.41)$$

a_g euskarriaren eta gaineko bridaren arteko distantzia, katalogotik ezarritakoa da.

- Modulo erresistentea

$$W = Mf \cdot \frac{1000}{\sigma_{adm}} = 24,87 \cdot \frac{1000}{7,82} = 3180,3 \text{ mm}^3 \quad (3.42)$$

Non,

$$Mf = 24,87 \text{ daN} \cdot \text{m} \quad (3.40 \text{ ekuaziotik})$$

$$\sigma_{adm} = 7,82 \text{ daN/mm}^2 \quad (3.28 \text{ iruditik})$$

- Kontradanberraren diametro minimoa
-

$$d = \sqrt[3]{W \cdot \frac{32}{\pi}} = \sqrt[3]{3180,3 \cdot \frac{32}{\pi}} = 31,87 \text{ mm} \quad (3.43)$$

Beraz, kontradanberraren ardatzaren diametro minimoa 31,87mm izango da.

3.6- Egituraren kalkulua

3.6.1-Kargak

Zintak jasan beharreko kargak hurrengoak lirateke:

- Zintaren elementuen berezko pisua
- Erabilera
- Elurra
- Haizea
- Egituraren berezko pisua

3.6.1.1-Berezko pisua

Hemen estazio, errodilo, banda, danbor eta egitura osatzen duten elementuen, (habeak eta zutabeak) pisua kontuan hartuko dira.

Egituraren elementuen berezko pisua

Pisu hau, lehen esan den moduan, zinta garraiatzailea jasango duen egituraren elementuen pisua da. Karga hau ez da beharrezkoa definitzea, zeren eta programak berak haben eta zutabeen profila ezartzerakoan bere kabuz kalkulatu du.

Estazioen eta errodiloen pisua

Bi estazio mota erabili dira: joaneko estazioak eta itzuliko estazioak:

Joanean 34 estazio jarri dira egitura osoan zehar, eta estazio bakoitza 6 kg-ko pisua du, beraz, guztira 204 kg-ko pisua osatzen dute. Estazio bakoitzak 3 errodilo dauzka, beraz zinta osoan 102 errodilo daude. Errodilo bakoitzak 3 kg izanez, guztira 306 kg-ko pisua osatuko dute errodiloek.

Itzulian, 20 estazio jarri dira egitura osoan zehar eta hauek bakoitzak 1 kg-ko pisua du, guztira 20 kg-ko pisua osatuz. Estazioko errodilo bakarra dago, beraz, 20 errodilo egongo dira bakoitzak 6 kg pisatzen duelarik. Beraz, guztira 120 kg-ko pisua osatuko dute itzuliko errodiloak.

Estazioen pisuaren kalkulua eginez:

$$Estazioen pisu totala = 204 + 306 + 20 + 120 = 650 \text{ kg} \quad (3.44)$$

Pisu hau karga banatu bihurtuz:

$$q_{Estazioak} = \frac{650 \text{ kg}}{52577 \text{ mm}} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 0,121 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.45)$$

Bandaren pisua

Kalkuluak eginez zinta totalean joan-etorriarekin 103 m-ko luzera izango du, eta kalkuluaren arabera zinta metro karratu bakoitzak 10,3 kg baditu, guztira, kontuan hartzen badugu bandak 51,5 m² dituela, 530,45 kg-ko pisu totala izango du bandak zinta osoan zehar.

Pisu hau karga banatu bihurtuz:

$$q_{Banda} = \frac{530,45 \text{ kg}}{52577 \text{ mm}} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 0,099 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.46)$$

Kontuan hartu behar da karga hau, nahiz eta karga estatiko moduan kalkulatu den, karga dinamikoa dela. Beraz, konpentsazio hori egiteko faktore batez biderkatuko da: karga dinamikoaren faktorea

$$F_{cd} = 1,25$$

Beraz,

$$q_{Banda} = 0,099 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \cdot 1,25 = 0,124 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.47)$$

Danborrak

Danbor eragilearen pisua 94kg-koa izango da. Danborrak bi euskarri izango ditu ardatzaren alde bakoitzean eta euskarri bakoitzaren pisua 2,5kg-koa da. Beraz danbor eragilearen pisu totala 99kg-koa da.

Kontradanborraren pisua 60kg-koa izango da. Danbor honek ere 2,5kg-ko bi euskarri ditu ardatzaren alde bakoitzean. Beraz pisu totala 65kg-koa da.

Danborren pisuaren kalkulua eginez:

$$Danborren pisu totala = 99 + 65 = 164 \text{ kg} \quad (3.48)$$

Pisu hau karga banatu bihurtuz:

$$q_{Danborrak} = \frac{164 \text{ kg}}{52577 \text{ mm}} \cdot \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} = 0,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.49)$$

Hau guztia kontuan hartuta, berezko pisuaren kargaren balio totala hurrengoa izango da:

$$q_{BP} = q_{Estazioak} + q_{Danborrak} + q_{Banda} = 0,03 + 0,124 + 0,121 = 0,275 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.50)$$

Non,

$$q_{Estazioak} = 0,03 \text{ N/mm (3.45 ekuaziotik)}$$

$$q_{Danborrak} = 0,124 \text{ N/mm (3.49 ekuaziotik)}$$

$$q_{Banda} = 0,121 \text{ N/mm (3.47 ekuaziotik)}$$

Azkenik, sareta bi daudenez egituran, aurreko karga hau bitan banandu egingo da. Beraz, berezko pisuaren karga sareta bakoitzean:

$$q_{BP} = \frac{0,274}{2} = 0,137 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.51)$$

3.6.1.2- Elurraren karga

Elurraren karga eta distribuzioa eraikuntza batean, bertako klimaren arabera da, euri emaria, inguruko erliebea eta eraikuntzaren forma edo estalkiaren arabera baita ere.

CTE-DB-AE dokumentuak jalkipen naturalengatiko elurraren gainkarga proiektzio horizontalean kalkulatzeko hurrengo formula planteatzen du:

$$q_n = \mu \cdot s_k \quad (3.52)$$

Non,

- μ estalkiaren forma koefizientea izango da, kasu honetan $\mu = 1$ izango da elurraren desplazamendurako eragozpenik ez dagoelako eta distribuzio artifizialik ez delako egongo erabilera lehen esan bezala bestelako akzio aldakorrek ez delako batera agertuko.
- S_k , eremu horizontal batekiko elurraren kargaren balio karakteristikoa izango da, eta eraikinaren kokapenak mugatuko du, dokumentu basikoan Bilborako $s_k = 0,3 \frac{kN}{m^2}$ izanda.

Tabla 3.8 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	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	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	0	0,6	Lugo	470	0,6	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,6	Madrid	660	0,7	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,6	Teruel	550	0,9
Cádiz	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Castellón	0	0,2	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	0	0,2
Ciudad Real	640	0,6	Oviedo	230	0,4	Valladolid	690	0,4
Córdoba	100	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	650	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Gerona / Girona	70	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
Granada	690	0,5						

3.30 Irudia: Elurraren kargaren balio karakteristikoa

3.52 ekuazioa aplikatuz:

$$q_{Elurra} = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0,3 \frac{kN}{m^2} = 0,3 \frac{kN}{m^2} \quad (3.53)$$

Egituraren zabalera 840mm-koa izanik, sareta bakoitzari dagokion luzera tributarioa 420mm-koa da. Beraz, elurraren karga luzera tributarioarengatik biderkatuz, saretaren luzera guztian zehar bananduko den karga lortuko da.

$$q_{Elurra} = 0,3 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,42 m \cdot \frac{1 m}{1000 mm} \cdot \frac{1000 N}{1 kN} = 0,126 N/mm \quad (3.54)$$

Jakinda karga hau eremu horizontaleko karga dela eta saretaren malda inklinatu bat daukala, karga hau egokitu beharko da. Beraz, atal inklinatuan karga hurrengo izango da sareta bakoitzarentzako:

$$q_{Elurra} = 0,126 \frac{N}{mm} \cdot \cos(14,10^\circ) = 0,122 \frac{N}{mm} \quad (3.55)$$

3.6.1.3.- Erabileraren karga

Erabileraren karga, eraikuntza batean erakarrarazten den pisu guztiak dira. Kasu honetan, mantentze lanetarako eskuragarria den egiturarentzat CTE-DB-AE dokumentuak $0,4 \text{ kN/m}^2$ gainkarga balioa ematen du, estalkiaren proiektzio horizontalarekiko dena.

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

3.31 Irudia: Erabileraren kargaren balio karakteristikoa

Beraz, erabileraren karga hurrengo da.

$$q_{Erabilera} = 0,4 \frac{kN}{m^2}$$

Egituraren zabalera 840mm-koa izanik, sareta bakoitzari dagokion luzera tributarioa 420mm-koa da. Beraz, elurraren karga luzera tributarioarengatik biderkatuz, saretaren luzera guztian zehar bananduko den karga lortuko da.

$$q_{Erabilera} = 0,4 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,42 m \cdot \frac{1 m}{1000 mm} \cdot \frac{1000 N}{1 kN} = 0,168 \frac{N}{mm} \quad (3.56)$$

Jakinda karga hau eremu horizontaleko karga dela eta saretaren malda inklinatu bat daukala, karga hau egokitu beharko da. Beraz, atal inklinatuan karga hurrengo izango da:

$$q_{Erabilera} = 0,168 \frac{N}{mm} \cdot \cos(14,10^\circ) = 0,163 \frac{N}{mm} \quad (3.57)$$

Garraiatu beharreko materialaren karga

Karga hau erabileraren barruan kontuan hartuko da karga aldakorra delako. Funtzionamendu ordu bakoitzean 150 tona pasako dira totalen, 2 m/s-ko abiadura baten, beraz:

$$q_{Materiala} = \frac{150tn}{h} \cdot \frac{1h}{3600seg} \cdot \frac{1seg}{2m} \cdot \frac{9810N}{1tn} \cdot \frac{1m}{1000mm} = \frac{0,177N}{mm} \quad (3.58)$$

Karga hau ere, bandarena moduan, nahiz eta karga estatiko moduan kalkulatu, karga dinamikoa da. Beraz, konpentsazio hori egiteko karga dinamikoaren faktorearekin biderkatuko da:

$$F_{cd}=1,25$$

Beraz,

$$q_{Materiala} = 0,177 \frac{N}{mm} \cdot 1,25 = 0,221 \frac{N}{mm} \quad (3.59)$$

Karga hauek kontuan hartuta orduan, erabileraren karga hurrengo izango da sareta bakoitzarentzako:

- Zati horizontalean:

$$q_{ErabileraTotal}=q_{Erabilera} + q_{Materiala} = 0,221 + 0,168 = 0,389 \frac{N}{mm} \quad (3.60)$$

- Maldan:

$$q_{ErabileraTotal} = q_{Erabilera} + q_{Materiala} = 0,221 + 0,163 = 0,384 \frac{N}{mm} \quad (3.61)$$

Non,

$$q_{Erabilera} = 0,221 \text{ N/mm (3.57 ekuaziotik)}$$

$$q_{Materiala} = 0,163 \text{ N/mm (3.59 ekuaziotik)}$$

3.6.1.4- Haizearen karga

Haizeak sortzen dituen akzioak kalkulatzeko, honek egituraren sortzen duen q karga ezagutu behar da. Honetarako, UNE 58-113-88 normak ematen duen hurrengo formularen bidez egingo da kalkulua:

$$q = A \cdot p \cdot C_f \quad (3.60)$$

Non,

- A : Gainazal netoa m^2 -tan. Hau da, haizearen norabideari perpendikularra den planoaren gainean dagoen gainazal solidoa.
- p : Presioa, kN/m^2 . Hau kalkulatzeko

$$p = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot v_s^2 \quad (3.61)$$

Non v_s , haizearen abiadura, m/s -tan, den. Kasu honetan, egitura, aire librean egongo denez, $v_s=20 \text{ m/s}$ izango da.

Beraz, 3.61 formula aplikatuz:

$$p = 0,613 \cdot 10^{-3} \cdot 20^2 = 0,245 \frac{kN}{m^2} \quad (3.62)$$

- C_f : Kotsideratuko den elementuaren, forma koefizientea haizearen norabidean.

Hau jakinda, azalera eta forma koefizientea aukeratuko den barraren arabera egongo dira. Orduan, kalkuluak barren dimentsioen menpe planteatuko dira.

Haizea, alboetatik jotzen duela kontsideratuko da, haizearen norabideari perpendikularra den gainazal solido handiena sareten gainazala delako. Beste norabideak mesprezagarriak dira.

Saretan bakoitzean, luzera ezberdinetako 6 barra daude. Beraz, hauetako barra bakoitzak haizearen karga ezberdin bat izango du luzerarengatik. Bestalde, zutabeetako barrak ere kontuan hartuko dira. Barrak hurrengoak dira.

Goiko kordoiaren barrak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 80x40x4 dimentsiokoak dira.

- $L=1,5$ m
- $A= b \cdot L = 0,08 \cdot 1,5 = 0,12$ m²
- $P=0,245$ kN/m² (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,925$. 80x40x4 perfil motaren koefizientea 1,5 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,12 \cdot 0,245 \cdot 1,925 = 0,056 \frac{kN}{m} = 0,056 \frac{N}{mm} \quad (3.63)$$

Beheko kordoiaren barrak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 dimentsiokoak dira.

- $L=1,5$ m
- $A= b \cdot L = 0,05 \cdot 1,5 = 0,075$ m²
- $P=0,245$ kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,93$. 50x30x4 perfil motaren koefizientea 1,5 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,075 \cdot 0,245 \cdot 1,93 = 0,035 \frac{kN}{m} = 0,035 \frac{N}{mm} \quad (3.64)$$

Atal horizontaleko barra diagonalak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 dimentsiokoak dira.

- $L=1,802$ m
- $A= b \cdot L = 0,05 \cdot 1,802 = 0,09$ m²
- $P=0,245$ kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 2,075$. 50x30x4 perfil motaren koefizientea 1,802 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,09 \cdot 0,245 \cdot 2,075 = 0,045 \frac{kN}{m} = 0,045 \frac{N}{mm} \quad (3.65)$$

Maldako barra diagonal laburrak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 dimentsiokoak dira.

- $L=1,587$ m
- $A= b \cdot L = 0,05 \cdot 1,587 = 0,079$ m²
- $P=0,245$ kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 2,029$. 50x30x4 perfil motaren koefizientea 1,587 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,079 \cdot 0,245 \cdot 2,029 = 0,039 \frac{kN}{m} = 0,039 \frac{N}{mm} \quad (3.66)$$

Maldako barra diagonal luzeak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 70x30x4 dimentsiokoak dira.

- $L=1,995$ m

- $A = b \cdot L = 0,07 \cdot 1,995 = 0,139 \text{ m}^2$
- $P = 0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 2,077$. 70x30x4 perfil motaren koefizientea 1,995 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,139 \cdot 0,245 \cdot 2,077 = 0,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,07 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.67)$$

Montante bertikalak

Barra hauek DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 60x40x4 dimentsiokoak dira.

- $L = 1 \text{ m}$
- $A = b \cdot L = 0,06 \cdot 1 = 0,06 \text{ m}^2$
- $P = 0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,78$. 60x40x4 perfil motaren koefizientea 1 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,06 \cdot 0,245 \cdot 1,78 = 0,026 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,026 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.68)$$

Lehenengo eta bigarren euskarriak

Barra hauek DIN 1025-5 arauaren arabeko IPE 80 perfil motakoak dira.

- $L = 1,1 \text{ m}$
- $A = b \cdot L = 1,1 \cdot 0,046 = 0,0506 \text{ m}^2$
- $P = 0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,607$. IPE 80 perfil motaren koefizientea 1,1 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,0506 \cdot 0,245 \cdot 1,607 = 0,019 \frac{kN}{m} = 0,019 \quad (3.69)$$

Albo arriostramenduak

Barra hauek DIN 10056-1 arauaren arabeko L40x40x5 angelu berdineko perfil motakoak dira.

- L=1,771 m
- A= b·L = 1,771 · 0,04 = 0,07 m²
- P=0,245 kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- Cf=1,9. L40x40x5 perfil motaren koefizientea 1,771 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,07 \cdot 0,245 \cdot 1,9 = 0,032 \frac{kN}{m} = 0,032 \frac{N}{mm} \quad (3.70)$$

Hirugarren euskarria

Barra hauek DIN 1025-5 arauaren arabeko IPE 180 perfil motakoak dira.

Zutabe bertikala

- L= 0,363 m
- A= b·L = 0,363 · 0,091 = 0,033 m²
- P=0,245 kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- Cf= 1,3. IPE 180 perfil motaren koefizientea 0,363 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,033 \cdot 0,245 \cdot 1,3 = 0,010 \frac{kN}{m} = 0,010 \frac{N}{mm} \quad (3.71)$$

Zutabe inklinatua

- L= 2,921 m
- A= b·L =2,921 · 0,091 = 0,26 m²

- $P=0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f= 1,66$. IPE 180 perfil motaren koefizientea 2,921 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,26 \cdot 0,245 \cdot 1,66 = 0,1057 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,1057 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.72)$$

Inklinazioa kontuan hartuta,

$$q = 0,105 \cdot \cos(6^\circ) = 0,1051 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.73)$$

Laugarren euskarria

Barra hauek DIN 1025-5 arauaren arabeko IPE 160 perfil motakoak dira.

Zutabe bertikala

- $L= 0,361 \text{ m}$
- $A= b \cdot L = 0,361 \cdot 0,082 = 0,029 \text{ m}^2$
- $P=0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f= 1,3$. IPE 160 perfil motaren koefizientea 0,361 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,029 \cdot 0,245 \cdot 1,3 = 0,009 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,009 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.74)$$

Zutabe inklinatua

- $L= 2,959 \text{ m}$
- $A= b \cdot L = 2,959 \cdot 0,082 = 0,242 \text{ m}^2$
- $P=0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f= 1,68$. IPE 160 perfil motaren koefizientea 2,959 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,242 \cdot 0,245 \cdot 1,68 = 0,099 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,099 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.75)$$

Inklinazioa kontuan hartuta,

$$q = 0,196 \cdot \cos(3^\circ) = 0,099 \frac{N}{mm} \quad (3.76)$$

Bosgarren euskarria

Barra hauek DIN 1025-5 arauaren arabeko IPE 160 perfil motakoak dira.

Zutabe bertikala

- L= 0,612 m
- A= b·L =0,612 · 0,082 = 0,050 m²
- P=0,245 kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- Cf= 1,33. IPE 160 perfil motaren koefizientea 0,621 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,050 \cdot 0,245 \cdot 1,33 = 0,016 \frac{kN}{m} = 0,016 \frac{N}{mm} \quad (3.77)$$

Zutabe inklinatua

- L= 2,892 m
- A= b·L =2,892 · 0,082 = 0,237 m²
- P=0,245 kN/m²(3.62 ekuaziotik)
- Cf= 1,675. IPE 160 perfil motaren koefizientea 2,892 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,237 \cdot 0,245 \cdot 1,675 = 0,097 \frac{kN}{m} = 0,097 \frac{N}{mm} \quad (3.78)$$

Inklinazioa kontuan hartuta,

$$q = 0,19 \cdot \cos(2^\circ) = 0,097 \frac{N}{mm} \quad (3.79)$$

Seigarren euskarria

Barra hauek DIN 1025-5 arauaren arabera IPE 160 perfil motakoak dira.

Zutabe bertikala

- $L = 0,960 \text{ m}$
- $A = b \cdot L = 0,96 \cdot 0,082 = 0,078 \text{ m}^2$
- $P = 0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,41$. IPE 160 perfil motaren koefizientea 0,960 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,078 \cdot 0,245 \cdot 1,41 = 0,027 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,027 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.80)$$

Zutabe inklinatua

- $L = 2,666 \text{ m}$
- $A = b \cdot L = 2,666 \cdot 0,082 = 0,218 \text{ m}^2$
- $P = 0,245 \text{ kN/m}^2$ (3.62 ekuaziotik)
- $C_f = 1,66$. IPE 160 perfil motaren koefizientea 2,666 metroko luzerarekin.

Beraz, 3.60 formula aplikatuz:

$$q = 0,218 \cdot 0,245 \cdot 1,66 = 0,088 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = 0,088 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.81)$$

Inklinazioa kontuan hartuta,

$$q = 0,088 \cdot \cos(2^\circ) = 0,088 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \quad (3.82)$$

3.6.1.5.- Segurtasun ibilbidearen pisua

Elementu honen pisu totala 0,470 N/mm da.

Kontuan izanda, elementu hau zenbait habeetan doala finkatuta, finkapen bakoitzari dagokion luzera tributarioa kalkulatu da. Finkapen habeak, egituraren euskarrietarako erabiliko diren habeak izango dira, hain zuzen ere,

hirugarren, laugarren, bosgarren eta seigarren euskarrietako habeak izango dira.

Euskarrien artean 12m-tako distantzia dago eta azken zutabetik ibilbidearen bukaerara arte 1,5m daude. Bestalde, eskailera lurrean finkatuko denez eta eskailera eta hirugarren euskarriaren artean 11,5 daudenez, euskarri honen luzera tributarioa ezberdina izango da.

Beraz,

Hirugarren euskarriaren luzera tributarioa:

$$L_1 = \frac{11,5}{2} + \frac{12}{2} = 11,75 \text{ m} = 11750 \text{ mm} \quad (3.83)$$

Laugarren euskarriaren luzera tributarioa:

$$L_2 = \frac{12}{2} + \frac{12}{2} = 12 \text{ m} = 12000 \text{ mm} \quad (3.84)$$

Bostgarren euskarriaren luzera tributarioa:

$$L_3 = \frac{12}{2} + \frac{12}{2} = 12 \text{ m} = 12000 \text{ mm} \quad (3.85)$$

Seigarren euskarriaren luzera tributarioa:

$$L_4 = \frac{12}{2} + 1,5 = 7,5 \text{ m} = 7500 \text{ mm} \quad (3.86)$$

Hau jakinda, euskarri bakoitzak jasango duen karga kalkulatu daiteke:

Hirugarren euskarriak jasango duen karga:

$$q_1 = 0,470 \cdot 11750 = 5522,5 \text{ N} \quad (3.87)$$

Laugarren euskarriak jasango duen karga:

$$q_2 = 0,470 \cdot 12000 = 5640 \text{ N} \quad (3.88)$$

Bosgarren euskarriak jasango duen karga:

$$q_3 = 0,470 \cdot 12000 = 5640 \text{ N} \quad (3.89)$$

Seigarren euskarriak jasango duen karga:

$$q_4 = 0,470 \cdot 7500 = 3525 \text{ N} \quad (3.90)$$

3.6.2- Karga konbinaketak

Behin ager daitezkeen kargak aztertu direla, haien konbinaketa ezberdinak planteatu beharko dira, dagokionean segurtasun koefizienteak aplikatuz azken muga egoerak eta zerbitzu muga egoerak planteatzeko.

Azken muga egoerak

Muga egoera hauek eraikinean gainditzekotan, eskakizun estrukturalak betetzen ez direla suposatu daiteke eta beraz hutsegitea.

Egoera hauen konbinaketa planteatzerakoan CTE-DB-SE dokumentuan zehazten den ohiko egoera iraunkor edo behin behineko baten aurrean kargen konbinaketa eta koefizienteak aztertu dira.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3.91)$$

Non,

- G akzio iraunkor bat den, Berezko Pisua kasu honetan.
- Q akzio aldakorra den, Elurra, Erabilera edo Haizea kasu honetan.
- γ segurtasun koefizientea den karga mota bakoitzarentzat
- ψ konbinaketa koefizientea den, akzio aldakor batek haren eragin tartean, beste akzio aldakor batekin batera agertzen denean eta honen eragina maximoa izanda.

Kasu honetan erresistentziarena aldetik segurtasun koefizienteak aztertzean, akzio iraunkor bakarra berezko pisua izango da, eta akzio aldakor nagusiarekiko onuragarria denean $\gamma=0,8$ eta kaltegarria denean $\gamma=1,35$ izango dira.

Akzio aldakorren kasuan, onuragarria izanda $\gamma=0$ izango da, eta kaltegarriak direnean akzio aldakor nagusiarekiko $\gamma=1,5$ izango da.

Konbinaketa koefizienteak akzio aldakor bakoitzarentzat ezberdina izango da. Erabileraren kasuan ez du koefizienterik izango esan bezala erabilera ez delako bestelako akzio aldakorrekin batera agertuko. Elurraren kasuan 1000 [m] baino altuera txikiagoan egonda eraikinaren kokalekua izango den Bilbo (kokalekutik gertuen dagoen hiriburua delako) , koefizientea $\psi_0=0,5$ da. Haizearen kasuan zuzenean ematen da $\psi_0=0,6$.

Gauzak horrela, hasiera batean planteatu diren hipotesiak ondorengoak dira; berezko pisua, elurraren gainkarga, erabileraren gainkarga, eta bukatzeko haizearen indarra kontuan hartuta:

$$1) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} \quad (3.92)$$

$$2) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.93)$$

$$3) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Elurra} \quad (3.94)$$

$$4) 0,8 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Haizea} \quad (3.95)$$

$$5) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra} \quad (3.96)$$

$$6) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.97)$$

$$7) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Elurra} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.98)$$

$$8) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Elurra} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.99)$$

$$9) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.100)$$

$$10) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra} \quad (3.101)$$

$$11) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Elurra} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.102)$$

$$12) 1,35 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1,5 \cdot q_{Elurra} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.103)$$

Zerbitzu muga egoerak

Zerbitzu muga egoerak gaindituak izatekotan, arazo bat suposa dezakete erabiltzailearen erosotasunerako, edo eraikinaren itxura edo funtzionaltasunarekiko.

Zerbitzu muga egoerak aztertzeko, akzioak balio karakteristikotan aztertuko dira, hurrengo konbinaketak lortuz:

$$1) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} \quad (3.104)$$

$$2) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.105)$$

$$3) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Elurra} \quad (3.106)$$

$$4) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Haizea} \quad (3.107)$$

$$5) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Erabilera} + 1 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra} \quad (3.108)$$

$$6) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Erabilera} + 1 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.109)$$

$$7) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Elurra} + 1 \cdot 0,7 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.110)$$

$$8) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Elurra} + 1 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.111)$$

$$9) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Erabilera} + 1,0,5 \cdot q_{Elurra} + 1,0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.112)$$

$$10) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Erabilera} + 1,0,6 \cdot q_{Haizea} + 1,0,5 \cdot q_{Elurra} \quad (3.113)$$

$$11) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Elurra} + 1,0,7 \cdot q_{Erabilera} + 1,0,6 \cdot q_{Haizea} \quad (3.114)$$

$$12) 1 \cdot q_{BerezkoPisua} + 1 \cdot q_{Elurra} + 1,0,6 \cdot q_{Haizea} + 1,0,7 \cdot q_{Erabilera} \quad (3.115)$$

3.6.2.1-Hipotesien analisisia

Sareta definitu behar denez, kontuan hartu behar da erabileraren karga, elurraren karga eta haizearen karga aldi berean gerta daitekeela. Batera eman ezin diren bi egoera bakarrak, haizea ezker aldetik eta eskuin aldetik jotzen duenean izango da, norabide berdinean, baina kontrako noranzkoan ematen direlako.

Haizea bi norabideetan aldi berean jotzea ezinezkoa da. Horregatik, eta sareta simetrikoa delako, haizearen kargaren balioa berdina izango da bai ezkerretik zein eskuinetik jo. Kasu honetan, eskumatik jotzen duela suposatuko da.

Beraz, hipotesiak programan sartuta eta simulazioak ikusi ondoren, ondorioztatzen da:

- Saretan, azken muga egoeran, hipotesi kritikoena eta konprobapenak egiteko erabiliko den hipotesia $1,35 \cdot BP + 1,5 \cdot q_{Erabilera} + 1,5 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra}$ izango da.
- Saretan, zerbitzu muga egoeran, hipotesi kritikoena eta konprobapenak egiteko erabiliko den hipotesia $1 \cdot BP + 1 \cdot q_{Erabilera} + 1 \cdot 0,6 \cdot q_{Haizea} + 1 \cdot 0,5 \cdot q_{Elurra}$ izango da.
- Euskarrietan, azken muga egoeran, hipotesi kritikoena eta konprobapenak egiteko erabiliko den hipotesia $0,8 \cdot BP + 1,5 \cdot q_{Haizea}$ izango da.

- Euskarrietan, zerbitzu muga egoeran, hipotesi kritikoena eta konprobapenak egiteko erabiliko den hipotesia $1 \cdot BP + 1 \cdot q_{Haizea}$ izango da.

3.6.3.- Saretaren konprobapenak Azken Muga Egoeran

Saretaren dimentsionamendua egiterako orduan, lehenik eta behin barra kaltetuena zein den jakin behar da. Hau Inventorretik lortuko da.

Goiko kordoian, beheko kordoian, diagonal eta montantetan zein diren barra kaltetuenak aztertuko da.

Saretaren dimentsioak hurrengoak dira:

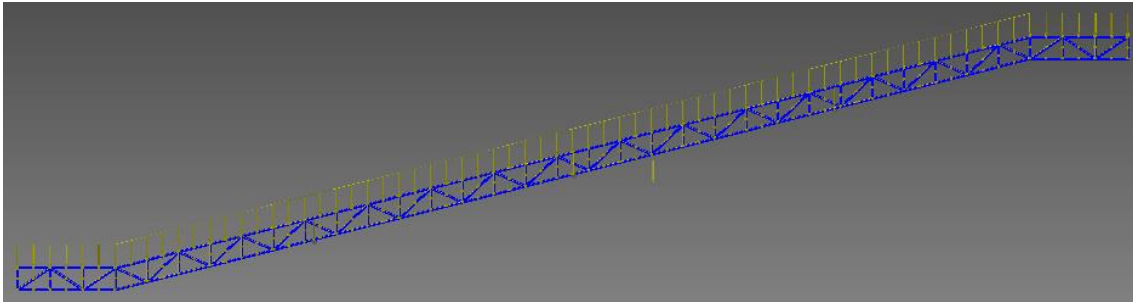
- Atal horizontalak, goikoa eta behekoa:
 - 4,5 m luzera
 - 1 m altuera
 - 0,84 m zabalera, hau da, kordoi bien artean dagoen distantzia
- Atal diagonalak, hau da, malda:
 - 43,5 luzera
 - 14°-ko inklinazioa
 - 1 m altuera
 - 0,84 m zabalera, hau da, kordoi bien artean dagoen distantzia

Konprobatuko diren barren sekzioak hurrengoak dira:

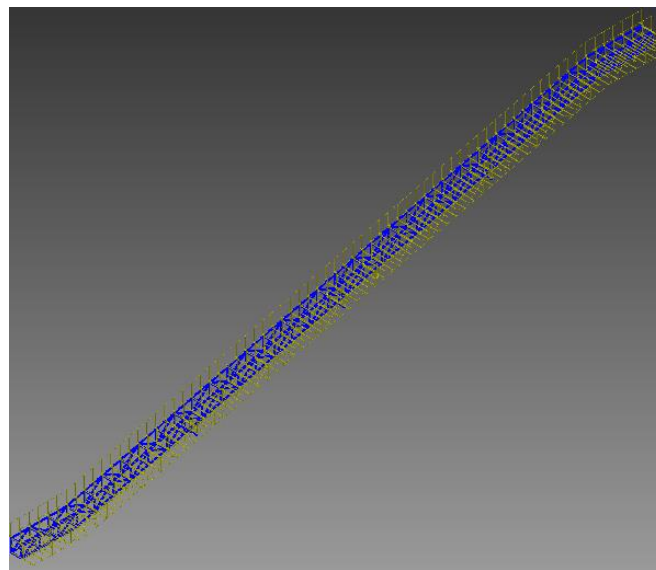
Barra	Perfil mota
Goiko kordoia	80x40x4 perfil errektangeluar hutsa
Beheko kordoia	50x30x4 perfil errektangeluar hutsa
Montante bertikala	60x20x4 perfil errektangeluar hutsa
Atal horizontaleko barra diagonalak	50x30x4 perfil errektangeluar hutsa
Maldako barra diagonal laburrak	50x30x4 perfil errektangeluar hutsa
Maldako barra diagonal luzeak	70x30x4 perfil errektangeluar hutsa
Zeharkako montanteak	50x30x4 perfil errektangeluar hutsa

1. Taula: Konprobatuko diren barrak eta sekzioak

Kargak kalkulu programan sartu ondoren, saretaren eskema hurrengoa izango da kalkuluak egiteko:



3.32 Irudia: Saretaren eskema kargekin



3.33 Irudia: Saretaren eskema kargekin

3.6.3.1-Goiko kordoia

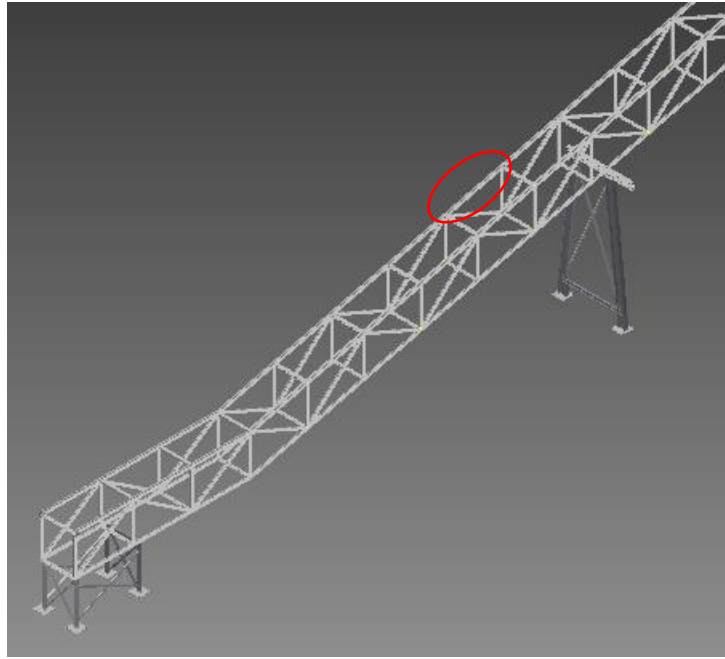
Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 80x40x4 profila aukeratu da.

Aukeraketa hau, diseinuko baldintzetatik dator. Perfil txikiago batekin nahikoa izango litzateke, hala ere, danborrak barra hauen gainean ezarriko direnez, sekzio zabalago bat behar izango da.

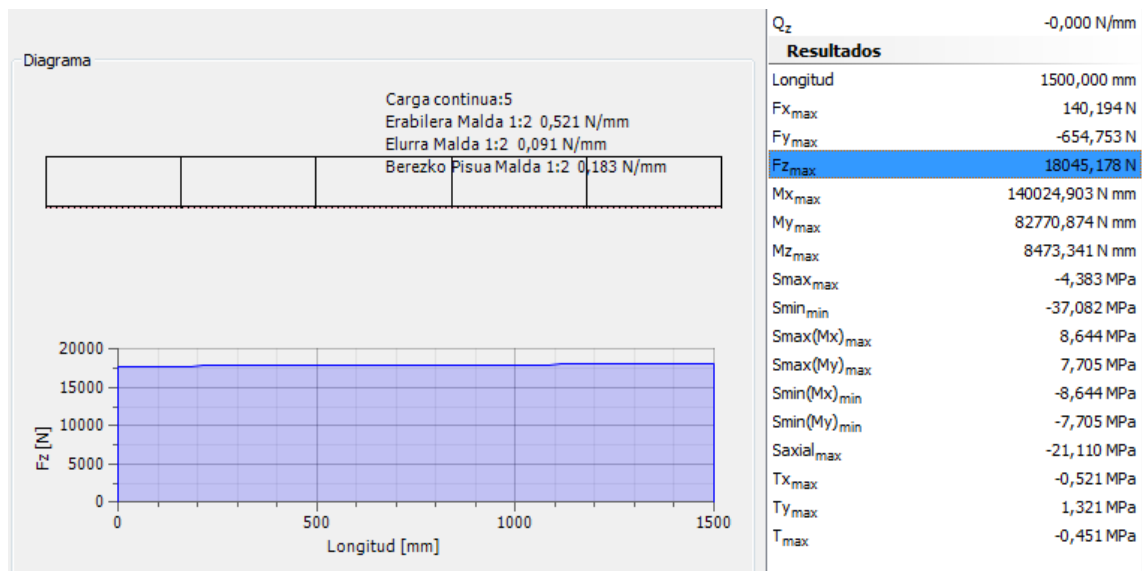
Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobaketak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresiopean indar maximoa $N_{Ed}=18045,17$ N jasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.34 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.35 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.116)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 80x40x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso	Dimensiones					Área sección transv.	Propiedades de la sección											
		H	B	r _o	r _i	A		eje z-z					eje y-y					C _t	I _t
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r _o (mm)	r _i (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{elz} *10 ³ (mm ³)	W _{plz} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{ely} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ²)	C _t *10 ³ (mm ³)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)
80x40	3,0	5,19	80	40	6	3	660,8	17,56	8,78	10,16	16,30	204	52,25	13,06	16,54	28,12	444	15,28	43,88
80x40	4,0	6,71	80	40	8	4	854,8	21,49	10,74	12,77	15,85	256	64,79	16,20	20,91	27,53	576	18,84	55,24
80x40	5,0	8,13	80	40	10	5	1036	24,59	12,30	15,02	15,41	300	75,11	16,78	24,74	26,93	700	21,74	64,97

3.36 Irudia: 80x40x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Barra bakoitzaren luzera, L = 1500 mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.117)$$

Non,

L_k, barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. E = 210000 N/mm²

Beraz 3.117 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 15,85^2}} = 1,09 \quad (3.118)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados					
	laminados en caliente	a	a	a ₀	a ₀
	conformados en frío	c	c	c	c

3.37 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,09$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

Datuak interpolatu 3.38 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,00	→	0,54
1,09	→	χ_z
1,10	→	0,48

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,486$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.119)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,486$

A: azalera. $A=854,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.119 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,486 \cdot 854,8 \cdot 261,9 = 108801,85 \text{ N} \quad (3.120)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 18045,17 \text{ N} < N_{b,Rd} = 108801,85 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 80x40x4 perfil errektanguluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.121)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

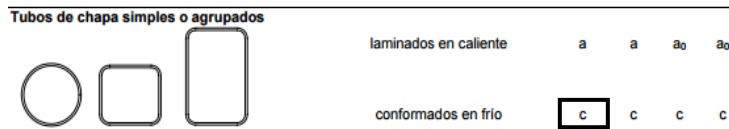
$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.121 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 27,53^2}} = 0,62 \quad (3.122)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.



3.39 Irudia: Zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,62$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.40 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,60	→	0,79
0,62	→	χ_y
0,70	→	0,72

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,776$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.123)$$

Non,

χ : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,776$

A: azalera. $A = 854,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.123 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,776 \cdot 854,8 \cdot 261,9 = 173724,76 \text{ N} \quad (3.124)$$

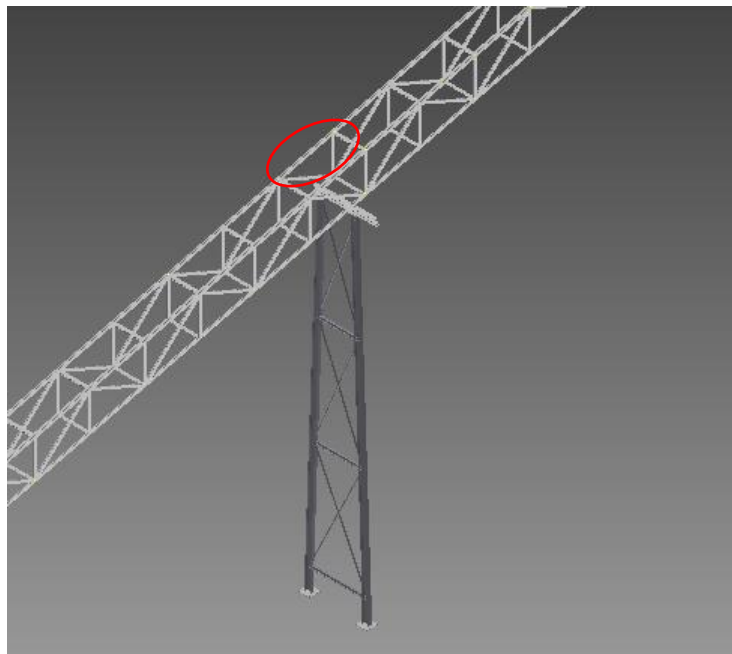
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 18045,17 \text{ N} < N_{b,Rd} = 173724,76 \text{ N}$$

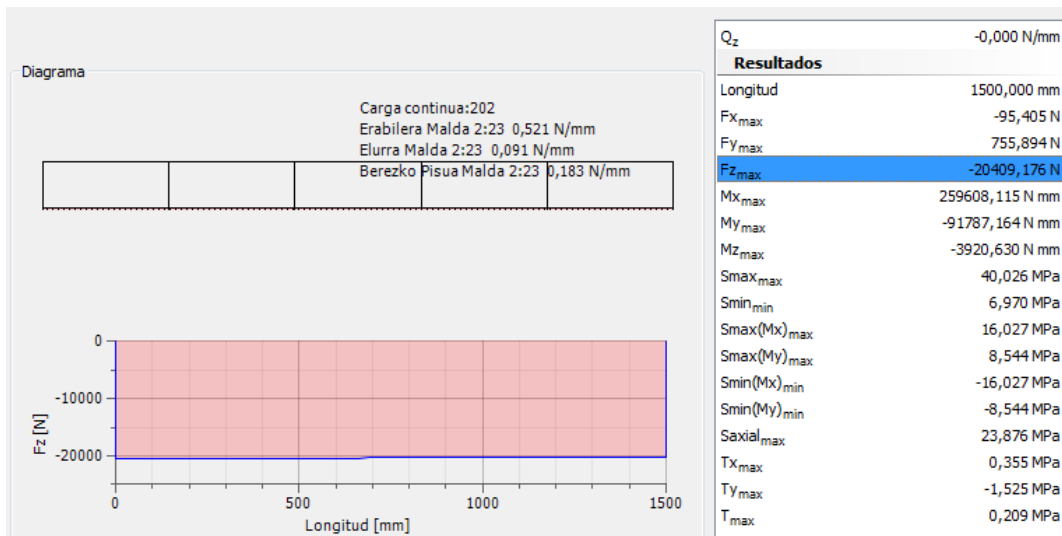
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 80x40x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd}=20409,17 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.41 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.42 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoak izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 854,8 \cdot 261,9 = 223872,12 > 20409,17 \text{ N} \quad (3.125)$$

Trakzioan ere, 80x40x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak balekoak dira.

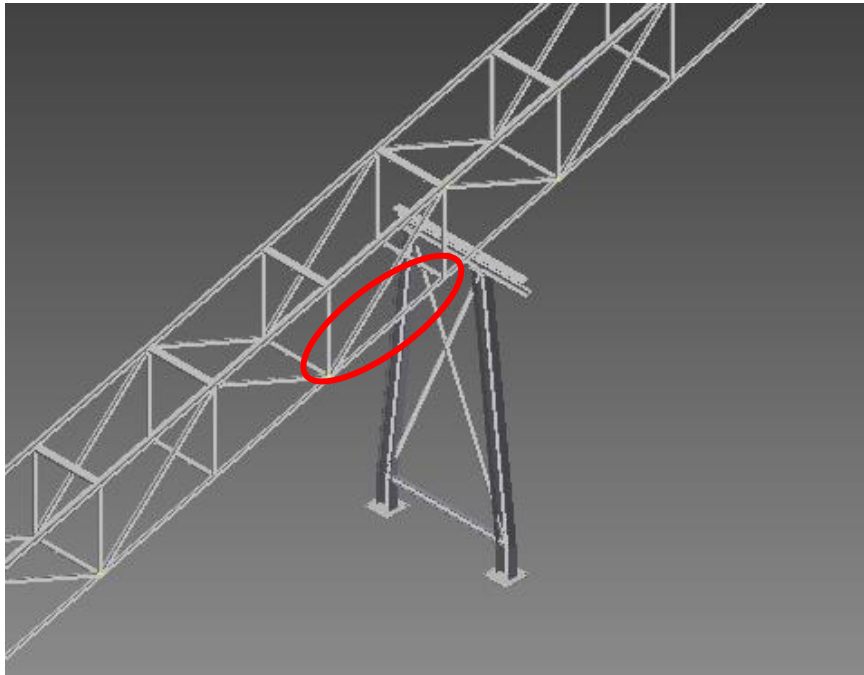
3.6.3.2-Beheko kordoia

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 perfila aukeratu da.

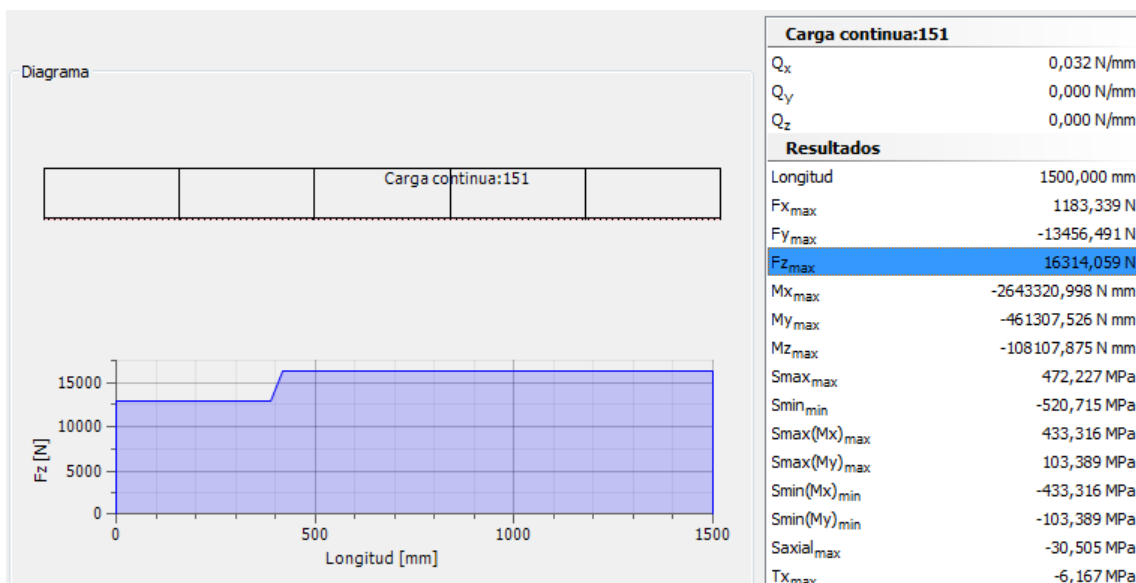
Sekzio hauek balekoak diren ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresiopean indar maximoa $N_{Ed}=16314,05 \text{ N}$ jasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.43 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.44 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.126)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 50x30x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil		Peso	Dimensiones				Área sección transv.	Propiedades de la sección											
								eje z-z					eje y-y					C _t *10 ³ (mm ³)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r _o (mm)	r _i (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{elz} *10 ³ (mm ³)	W _{plz} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ³)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{ely} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ³)		
50x30	2,5	2,82	50	30	5	2,5	358,9	5,05	3,37	3,98	11,86	125	11,30	4,52	5,70	17,74	225	5,72	11,74
50x30	3,0	3,30	50	30	6	3	420,8	5,70	3,80	4,58	11,64	144	12,83	5,13	6,57	17,46	264	6,49	13,53
50x30	4,0	4,20	50	30	8	4	534,8	6,69	4,46	5,58	11,19	176	15,25	6,10	8,05	16,89	336	7,71	16,53

3.45 Irudia: 50x30x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Barra bakoitzaren luzera, L = 1500 mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.127)$$

Non,

L_K, barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. E = 210000 N/mm²

Beraz 3.127 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 11,19^2}} = 1,54 \quad (3.128)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados



laminados en caliente

a a a₀ a₀

conformados en frío

c **c** c c

3.46 Irudia: Zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,54$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.47 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,50	→	0,31
1,54	→	χ_z
1,60	→	0,28

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,298$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.129)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,298$

A: azalera. $A = 534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.129 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,298 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 41739,10 \text{ N} \quad (3.130)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 16314,05 \text{ N} < N_{b,Rd} = 41739,10 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.131)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1500 = 1500 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.131 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1500}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 16,89^2}} = 1,02 \quad (3.132)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados			
	laminados en caliente	a	a a ₀ a ₀
	conformados en frío	c	c c c

3.48 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=1,02$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.49 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,00	→	0,54
1,02	→	χ_y
1,10	→	0,48

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,528$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.133)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,528$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.133 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,528 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 73953,85 \text{ N} \quad (3.134)$$

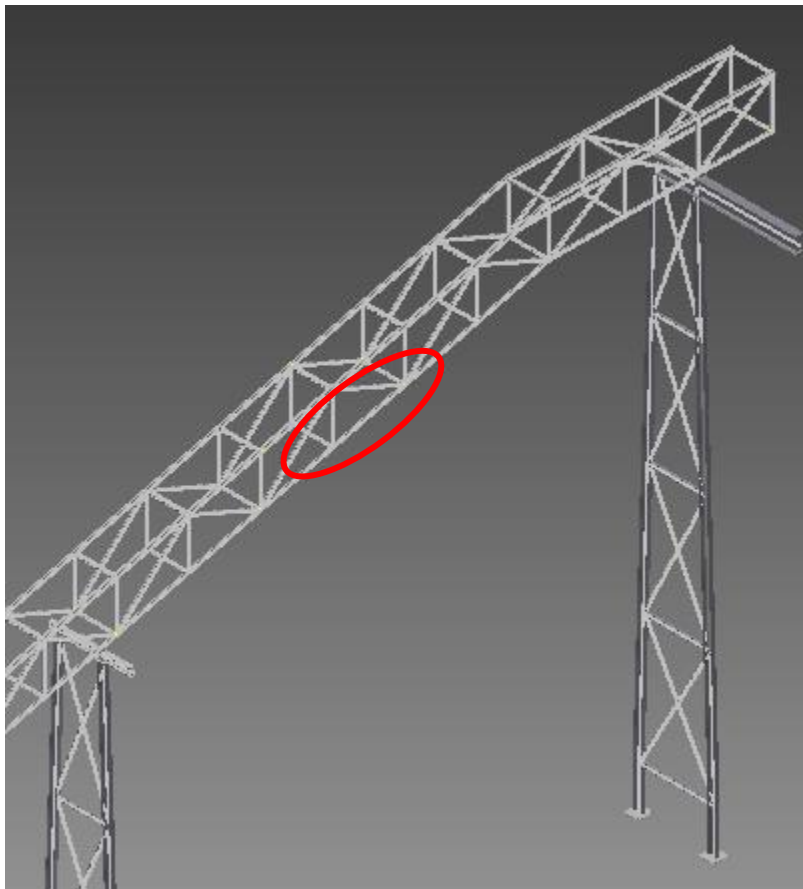
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 16314,05 \text{ N} < N_{b,Rd} = 73953,85 \text{ N}$$

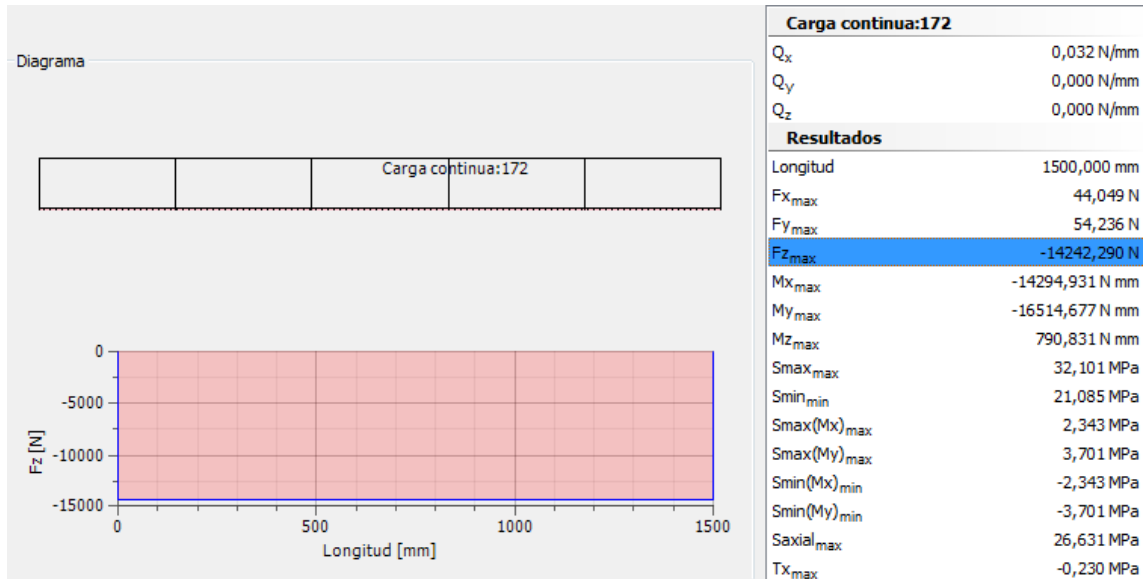
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd} = 14242,29 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.50 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.51 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 534,8 \cdot 261,9 = 140064,12 > 14242,29 \text{ N}$$

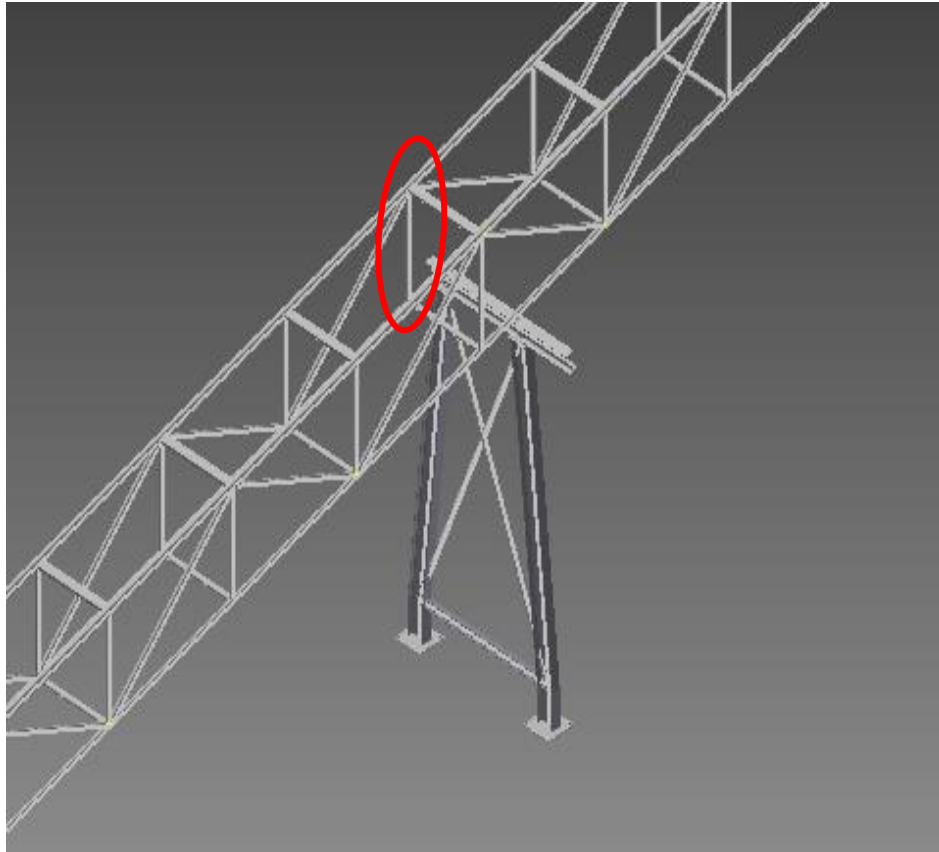
Trakzioan ere, 50x30x4 perfil errektangularraren konprobaketak balekoak dira.

3.6.3.3- Montante bertikalak

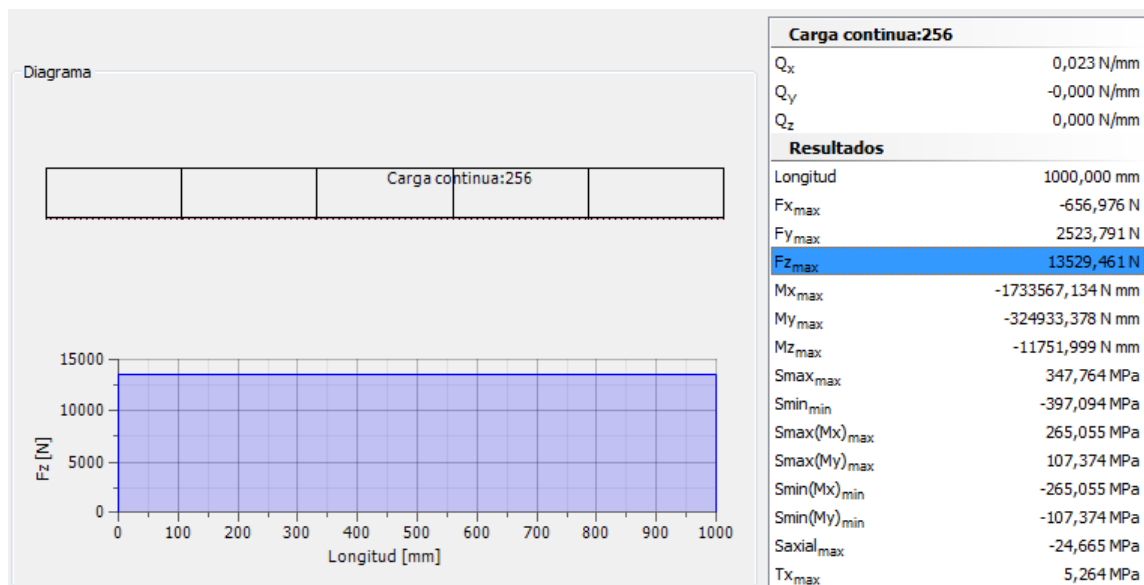
Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 60x20x4 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresiopean indar maximoa $N_{Ed}=13529,46\text{N}$ jasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.52 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.53 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.136)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 60x20x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso	Dimensiones					Área sección transv.	Propiedades de la sección											
								eje z-z					eje y-y					C _t *10 ³ (mm ³)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r ₀ (mm)	r ₁ (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	WeIz *10 ³ (mm ³)	WpIz *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	Wely *10 ³ (mm ³)	Wply *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ²)		
60x20	2,5	2,82	60	20	5	2,5	368,9	2,31	2,31	2,75	8,02	75	13,80	4,80	6,18	19,61	275	4,26	6,96
60x20	3,0	3,30	60	20	6	3	420,8	2,56	2,56	3,14	7,80	84	15,62	5,21	7,11	19,27	324	4,75	7,87
60x20	4,0	4,20	60	20	8	4	534,8	2,90	2,90	3,75	7,37	96	18,42	6,14	8,68	18,56	416	5,46	9,24
60x20	2,3	3,00	60	40	3	2,3	436,3	11,14	3,07	6,04	10,39	110	22,07	7,36	9,06	21,93	210	9,12	20,14

3.54 Irudia: 60x20x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 534,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Biraketa erradioa, z ardatzean: } i_z = 7,37 \text{ mm}$$

$$\text{Biraketa erradioa, y ardatzean: } i_y = 18,56 \text{ mm}$$

Barra bakoitzaren luzera, $L = 1000 \text{ mm}$ izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.137)$$

Non,

L_k , barraren gilborda luzera. Barra biartikulatua.




$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.137 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1000}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 7,37^2}} = 1,56 \quad (3.138)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
			laminados en caliente	a a a ₀ a ₀
			conformados en frío	c c c c

3.55 Irudia: Zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,56$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.56 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,50	→	0,31
1,54	→	χ_z
1,60	→	0,28

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,298$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.139)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,298$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.139 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,298 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 41739,10 \text{ N} \quad (3.140)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 13529,46 \text{ N} < N_{b,Rd} = 41739,10 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 60x20x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.141)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.141 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1000}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 18,56^2}} = 0,62 \quad (3.142)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados					
	laminados en caliente	a	a	a ₀	a ₀
	conformados en frío	c	c	c	c

3.57 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,62$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltz reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.58 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,60	→	0,79
0,62	→	χ_y
0,70	→	0,72

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,776$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.143)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,776$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,776 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 108689,75 \text{ N} \quad (3.144)$$

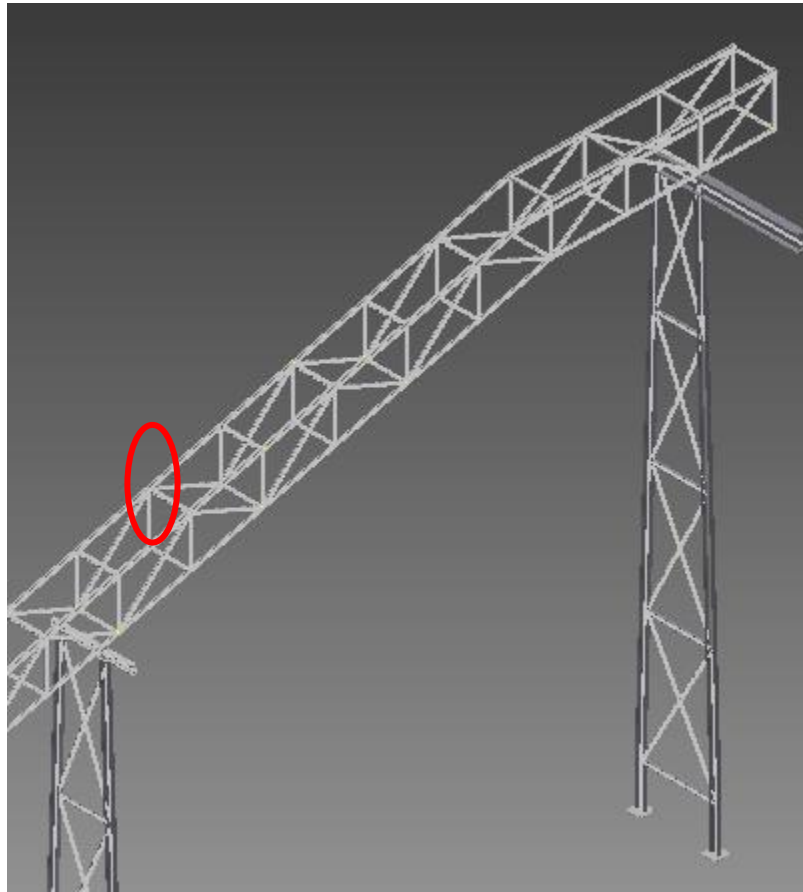
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 13529,46 \text{ N} < N_{b,Rd} = 108689,75 \text{ N}$$

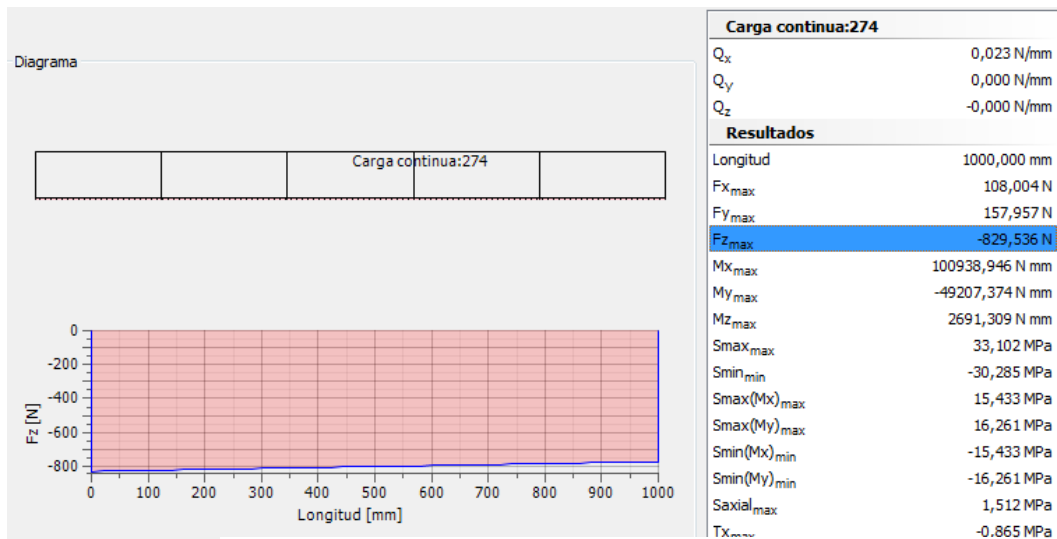
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 60x20x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd}=829,53\text{N}$ jasaten duena da.



3.59 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.60 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 534,8 \cdot 261,9 = 140064,12 \text{ N} > 829,53 \text{ N} \quad (3.145)$$

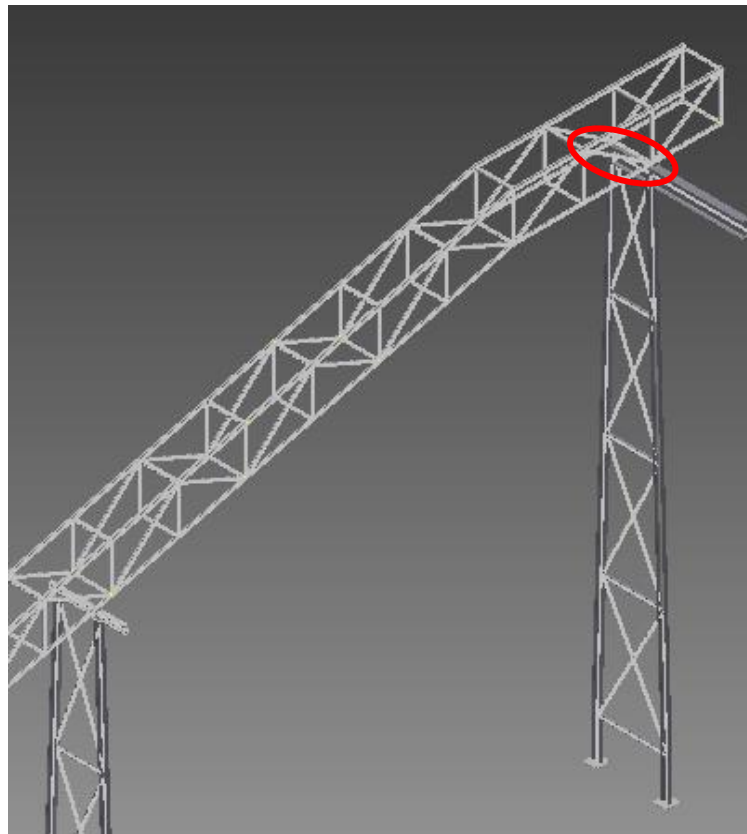
Trakzioan ere, 60x20x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak balekoak dira.

3.6.3.4-Atal horizontaleko barra diagonalak

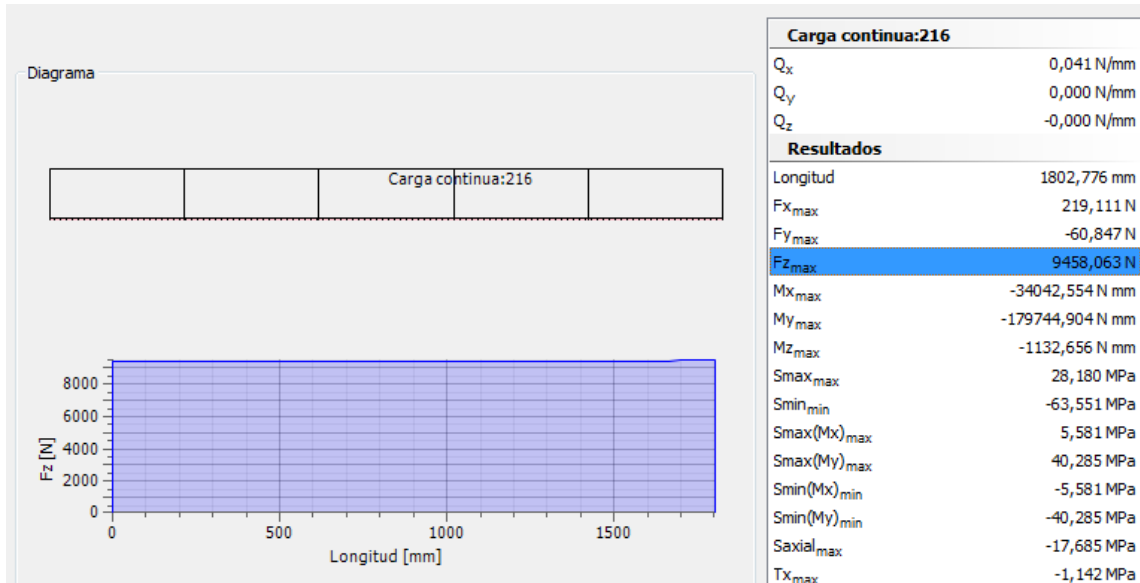
Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresiopean indar maximoa $N_{Ed}=9458,06$ Njasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.61 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.62 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.146)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 50x30x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso	Dimensiones					Área sección transv.	Propiedades de la sección											
		HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)		r _o (mm)	r _i (mm)	eje z-z					eje y-y				
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r _o (mm)	r _i (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{elz} *10 ³ (mm ³)	W _{plz} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{ely} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ²)	C _t *10 ³ (mm ³)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)
50x30	2,5	2,82	50	30	5	2,5	358,9	5,05	3,37	3,98	11,86	125	11,30	4,52	5,70	17,74	225	5,72	11,74
50x30	3,0	3,30	50	30	6	3	420,8	5,70	3,80	4,58	11,84	144	12,83	5,13	6,57	17,46	264	6,48	13,53
50x30	4,0	4,20	50	30	8	4	534,8	6,69	4,46	5,58	11,19	176	15,25	6,10	8,05	16,89	336	7,71	16,53

3.63 Irudia: 50x30x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

Azalera: A = 534,8 mm²

Biraketa erradioa, z ardatzean: i_z=11,19 mm

Biraketa erradioa, y ardatzean: i_y=16,89 mm

Barra bakoitzaren luzera, $L = 1802$ mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.147)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.




$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1802 = 1802 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.147 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1802}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 11,19^2}} = 1,85 \quad (3.148)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
			laminados en caliente	a a a ₀ a ₀
			conformados en frío	c c c c

3.64 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean "c" motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba "c" motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,85$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.65 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,80	→	0,23
1,85	→	χ_z
2,00	→	0,20

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,222$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.149)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,222$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.149,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,222 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 31094,23 \text{ N} \quad (3.150)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 9458,06 \text{ N} < N_{b,Rd} = 31094,23 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.151)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1802 = 1802 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.151 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1802}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 16,89^2}} = 1,22 \quad (3.152)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
	laminados en caliente	a	a	a ₀ a ₀
	conformados en frío	c	c	c c

3.66 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba "c" motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=1,22$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltz reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.67 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,20	→	0,43
1,22	→	χ_y
1,30	→	0,39

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,422$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.153)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,422$

A: azalera. $A = 534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.153 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,422 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 65809,92 \text{ N} \quad (3.154)$$

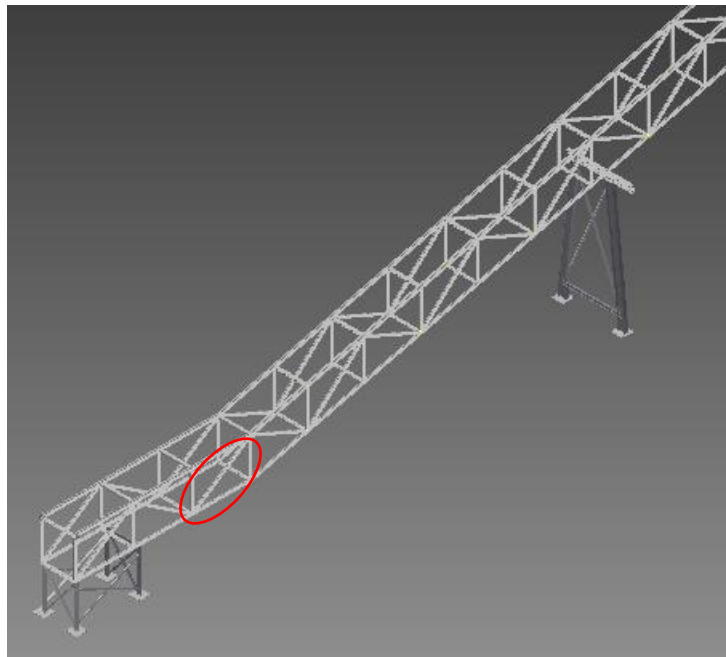
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 9458,06 \text{ N} < N_{b,Rd} = 65809,92 \text{ N}$$

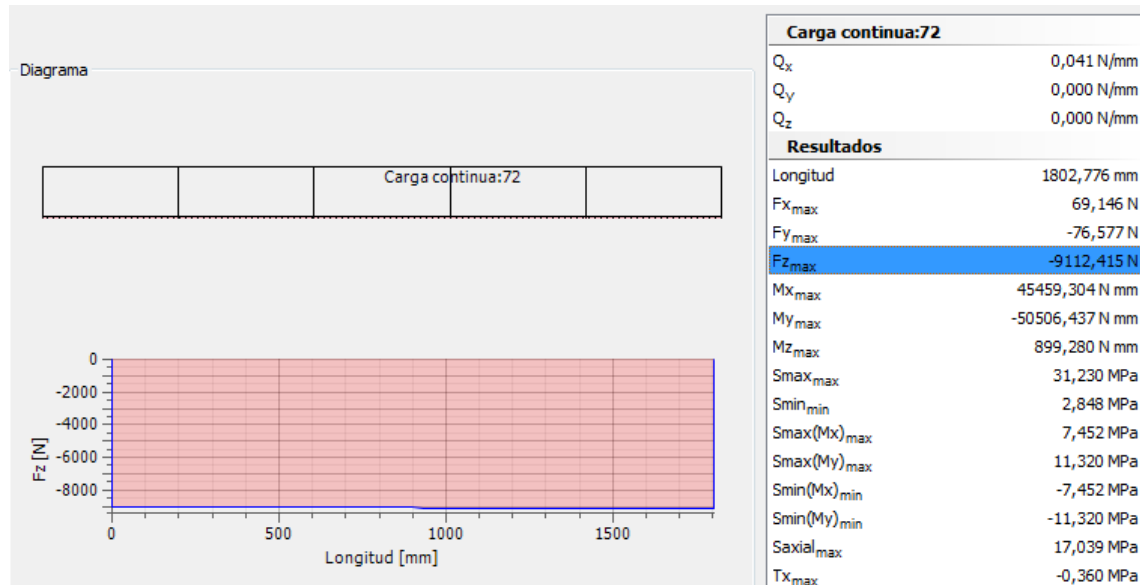
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordioetan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd} = 9112,41 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.68 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.69 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 534,8 \cdot 261,9 = 140064,12 \text{ N} > 9112,41 \text{ N} \quad (3.155)$$

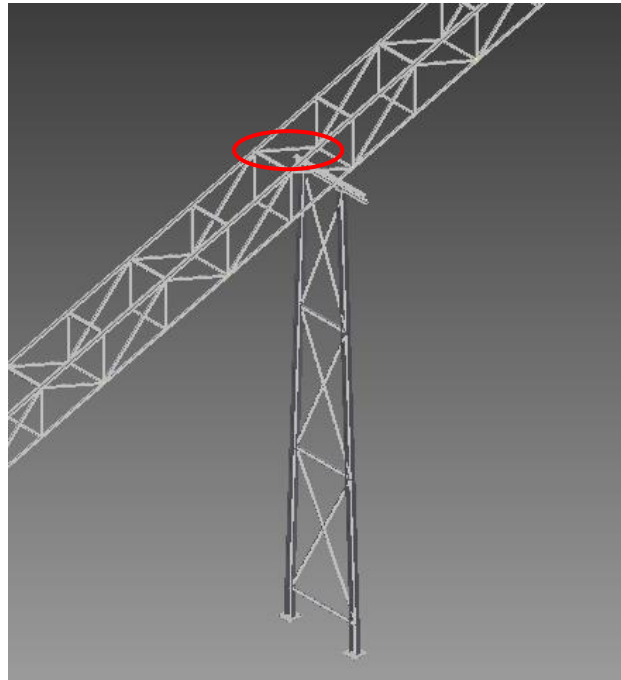
Trakzioan ere, 50x30x4 perfil errektangularraren konprobaketak balekoak dira.

3.6.3.5-Maldako barra diagonal laburrak

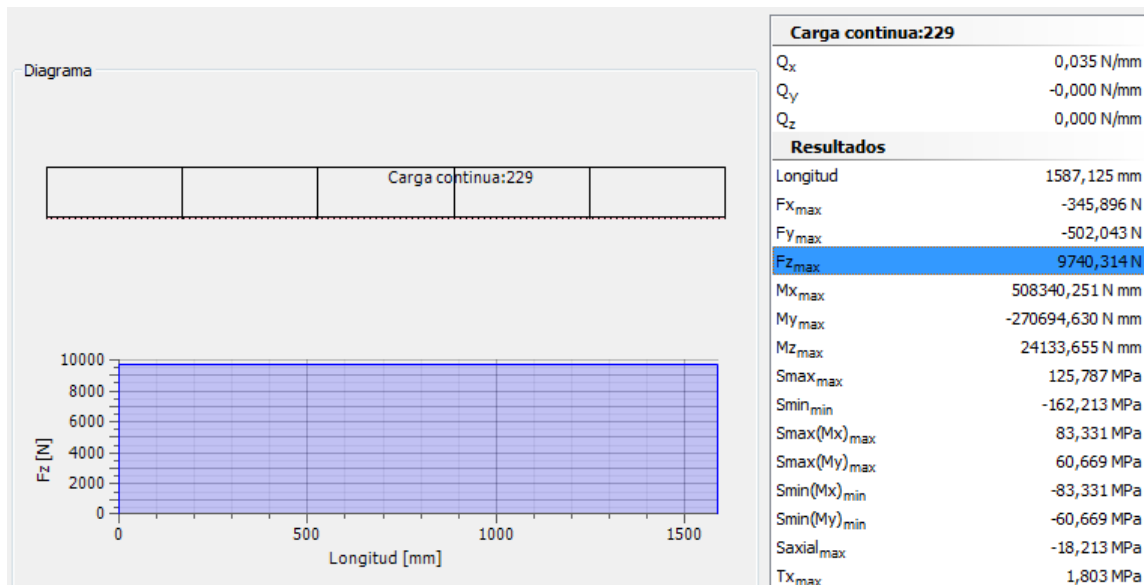
Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresioean indar maximoa $N_{Ed}=9740,31 \text{ N}$ jasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresioean duen portaera konprobatuko da.



3.70 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.71 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.156)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 50x30x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil		Peso	Dimensiones				Área sección transv.	Propiedades de la sección											
								eje z-z						eje y-y					
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r ₀ (mm)	r _i (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{elz} *10 ³ (mm ³)	W _{plz} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{ely} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ²)		
50x30	2,5	2,82	50	30	5	2,5	358,9	5,05	3,37	3,98	11,86	125	11,30	4,52	5,70	17,74	225	5,72	11,74
50x30	3,0	3,30	50	30	6	3	420,8	5,70	3,80	4,58	11,84	144	12,83	5,13	6,57	17,46	264	6,49	13,53
50x30	4,0	4,20	50	30	8	4	534,8	6,69	4,46	5,58	11,19	176	15,25	6,10	8,05	16,89	336	7,71	16,53

3.72 Irudia: 50x30x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 534,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Biraketa erradioa, z ardatzean: } i_z = 11,19 \text{ mm}$$

$$\text{Biraketa erradioa, y ardatzean: } i_y = 16,89 \text{ mm}$$

Barra bakoitzaren luzera, $L = 1587 \text{ mm}$ izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoa planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.157)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

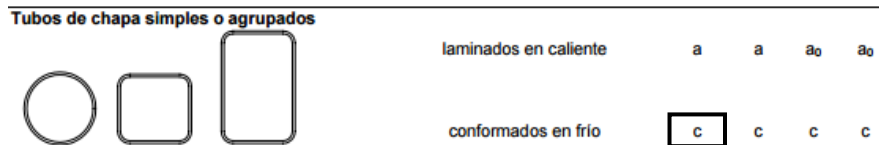
$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1587 = 1587 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.157 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1587}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 11,19^2}} = 1,63 \quad (3.158)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.



3.73 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,63$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltz reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.74 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,60	→	0,28
1,63	→	χ_z
1,80	→	0,23

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,272$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.159)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,272$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.159 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,272 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 38167,47 \text{ N} \quad (3.160)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 9740,31 \text{ N} < N_{b,Rd} = 31094,23 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.161)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

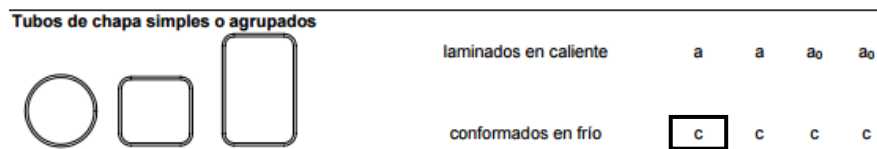
$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 1587 = 1587 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.162 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1587}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 16,89^2}} = 1,08 \quad (3.163)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.



3.75 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=1,08$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.76 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,00	→	0,54
1,02	→	χ_y
1,10	→	0,48

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,528$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.164)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,528$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.164 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,528 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 73953,85 \text{ N} \quad (3.165)$$

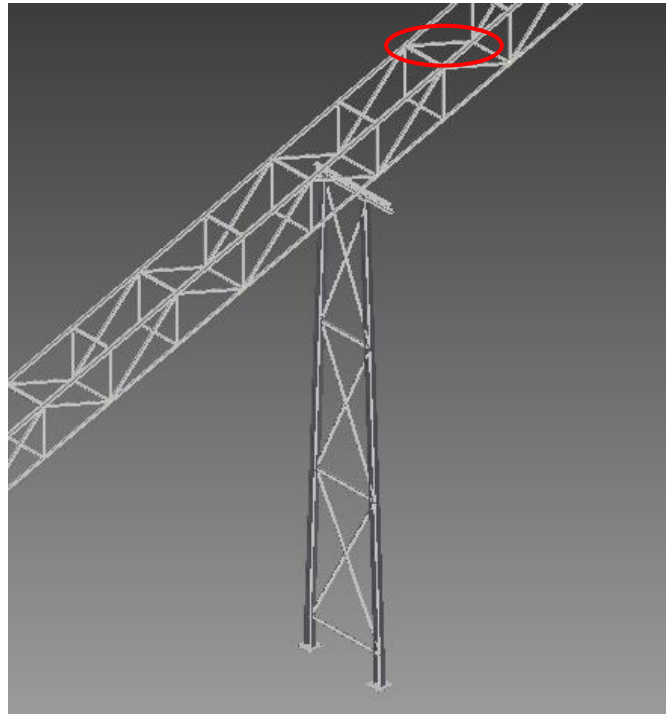
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 9740,31 \text{ N} < N_{b,Rd} = 73953,85 \text{ N}$$

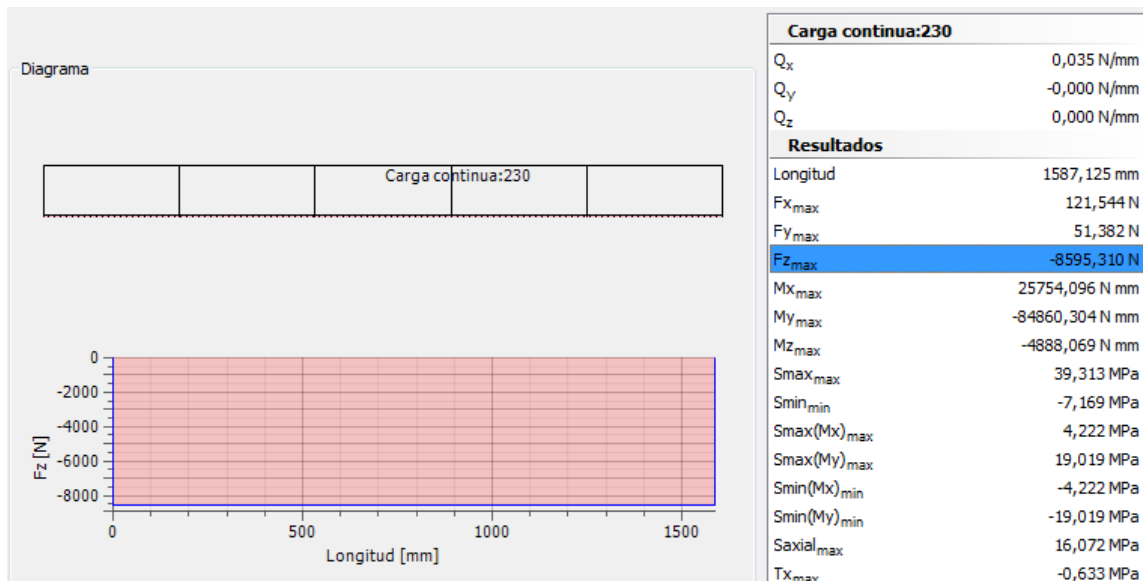
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd}=8595,31 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.77 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.78 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 534,8 \cdot 261,9 = 140064,12 \text{ N} > 8595,31 \text{ N} (3.166)$$

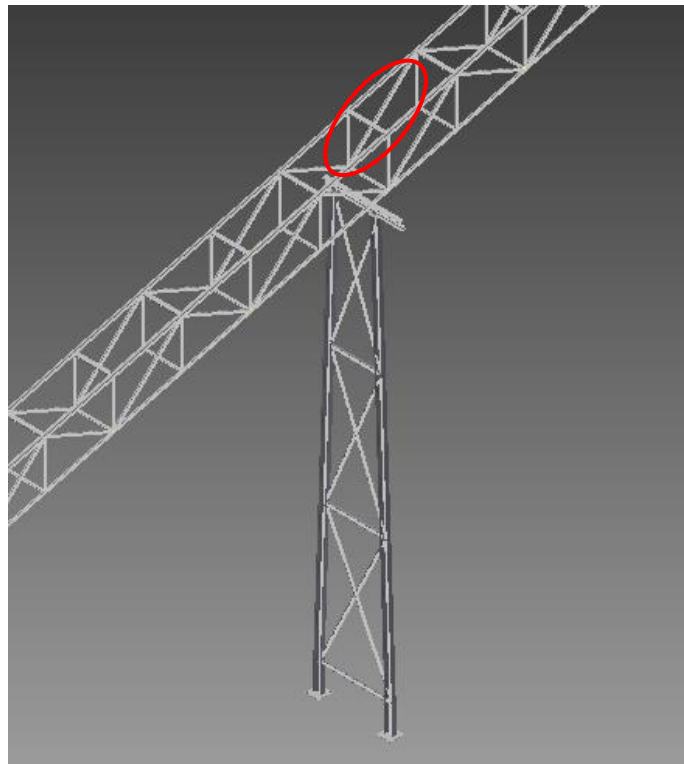
Trakzioan ere, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak balekoak dira.

3.6.3.6-Maldako barra diagonal luzeak

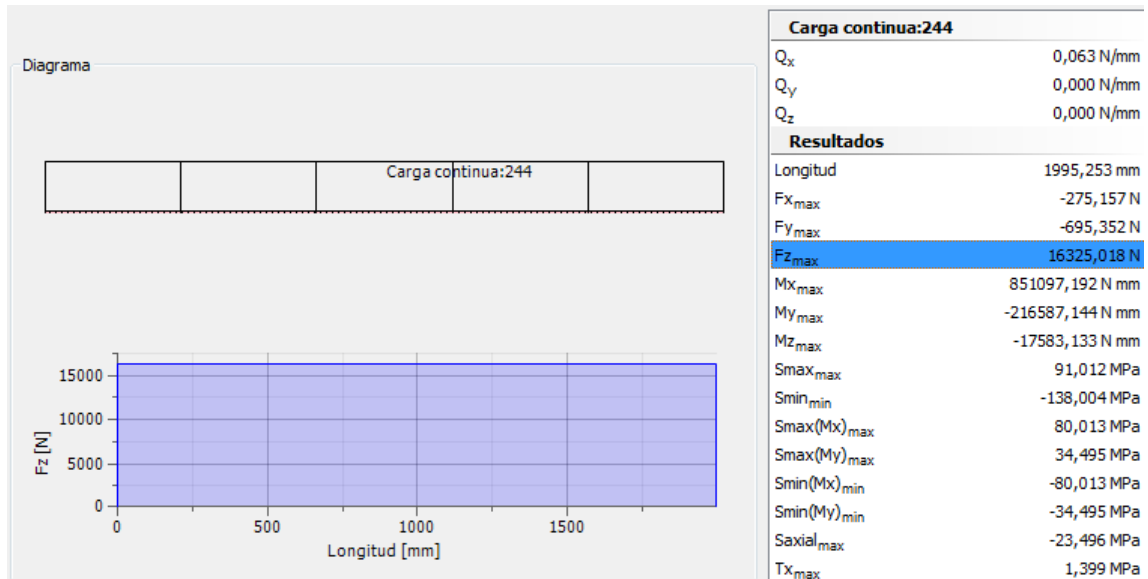
Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 70x30x4 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresiopean indar maximoa $N_{Ed}=16325,01$ Njasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.79 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.80 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.167)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 70x30x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil		Peso	Dimensiones				Área sección transv.	Propiedades de la sección											
								eje z-z					eje y-y					C _t *10 ³ (mm ³)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)
HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)	r ₀ (mm)	r _i (mm)	A (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{elz} *10 ³ (mm ³)	W _{plz} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	A _{vz} (mm ³)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{ely} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ³)		
70x30	2,5	3,60	70	30	5	2,5	458,9	6,95	4,63	5,36	12,30	125	26,62	7,61	9,79	24,08	325	8,24	18,62
70x30	3,0	4,25	70	30	6	3	540,8	7,90	5,26	6,20	12,08	144	30,57	8,74	11,38	23,78	384	9,41	21,53
70x30	4,0	5,45	70	30	8	4	694,8	9,42	6,28	7,66	11,64	176	37,23	10,64	14,20	23,15	496	11,33	26,53
70x30	5,0	6,56	70	30	10	5	835,6	10,49	6,99	8,64	11,21	200	42,30	12,08	16,56	22,50	600	12,76	30,45

3.81 Irudia: 70x30x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 694,8 \text{ mm}^2$$

Biraketa erradioa, z ardatzean: $i_z=11,64$ mm

Biraketa erradioa, y ardatzean: $i_y=23,15$ mm

Barra bakoitzaren luzera, $L = 1995$ mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.168)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1995 = 1995 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000$ N/mm²

Beraz 3.168 aplikatuz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1995}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 11,64^2}} = 1,97 \quad (3.169)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados					
	laminados en caliente	a	a	a ₀	a ₀
	conformados en frío	c	c	c	c

3.82 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,97$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.83 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,80	→	0,23
1,97	→	χ_z
2,00	→	0,20

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,204$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.170)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,204$

A: azalera. $A=694,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.170 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,204 \cdot 694,8 \cdot 261,9 = 37212,48 \text{ N} \quad (3.171)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 16325,01 \text{ N} < N_{b,Rd} = 37212,48 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 70x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.172)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.


$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1995 = 1995 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.172 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1995}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1995}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 23,15^2}} = 0,99 \quad (3.173)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
	laminados en caliente	a	a	a ₀ a ₀
	conformados en frío	c	c	c c

3.84 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean "c" motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba "c" motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,99$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.85 Irudia: Gilbordura koefizienten taula

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,90	→	0,60
0,99	→	χ_y
1,00	→	0,54

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,546$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.174)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,546$

A: azalera. $A = 694,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.174 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,546 \cdot 694,8 \cdot 261,9 = 99354,59 \text{ N} \quad (3.175)$$

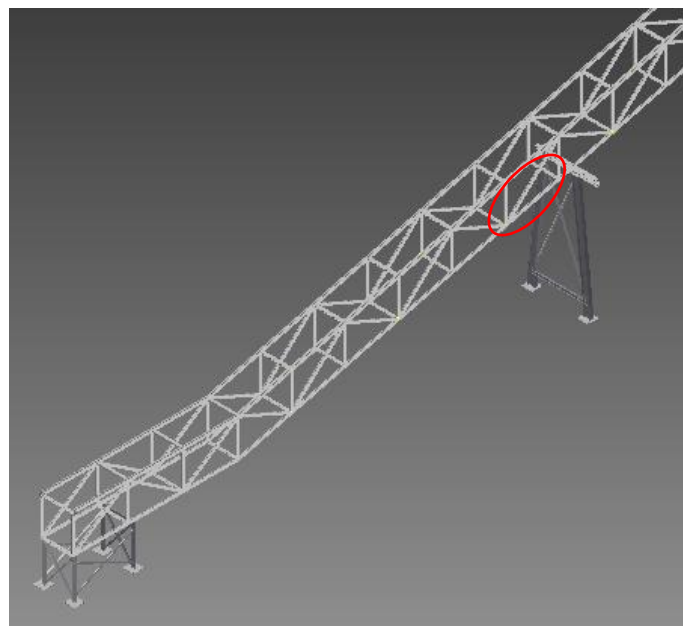
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 16325,01 \text{ N} < N_{b,Rd} = 99354,59 \text{ N}$$

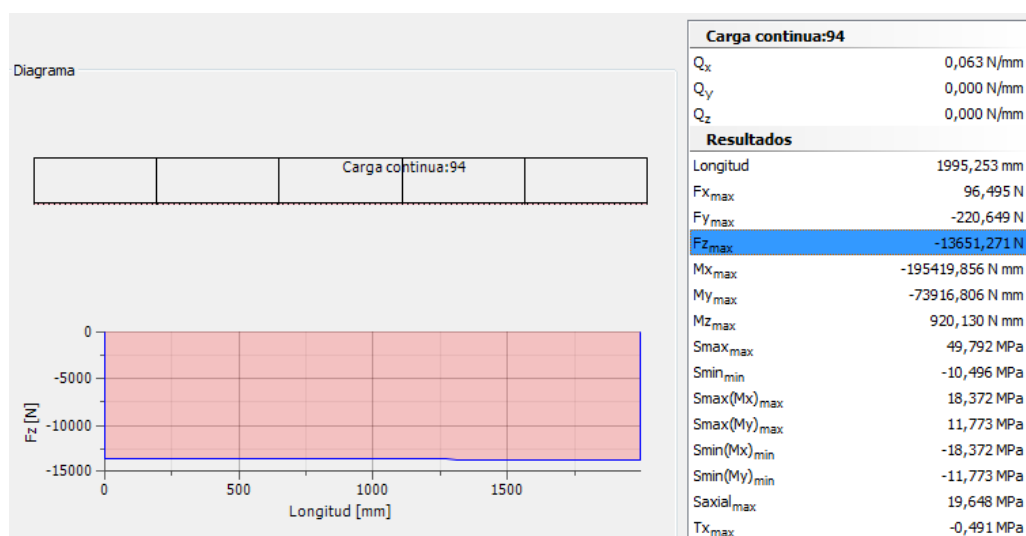
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 70x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd} = 13651,27 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.86 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.87 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 694,8 \cdot 261,9 = 181968,12 \text{ N} > 13651,27 \text{ N} \quad (3.176)$$

Trakzioan ere, 70x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak balekoak dira.

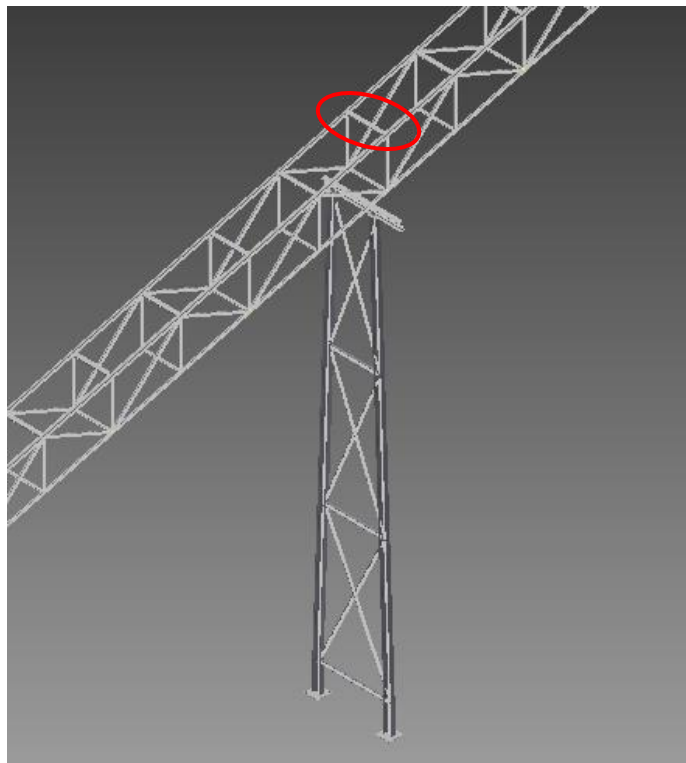
3.6.3.7 - Zeharkako montanteak

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren arabeko sekzio huts errektangularreko 50x30x4 perfila aukeratu da.

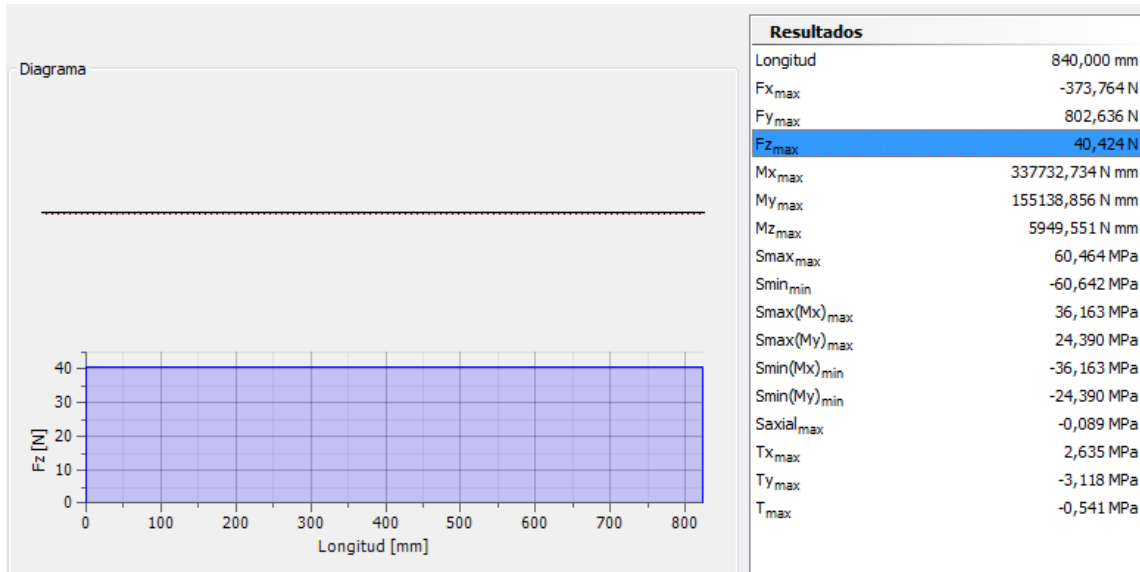
Sekzio hauek balekoak diren ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, konpresioean indar maximoa $N_{Ed}=40,42 \text{ N}$ jasaten duena da. Konpresioa jasaten duen barrak izanik egoera kaltegarriena, gilbordura efektua dela eta, lehenik eta behin konpresioean duen portaera konprobatuko da.



3.88 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.89 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.177)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, 50x30x4 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso	Dimensiones					Área sección transv.	Propiedades de la sección												
		HxB (mm)	e (mm)	G (kg/m)	H (mm)	B (mm)		r _o (mm)	r _i (mm)	eje z-z						eje y-y				
I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{eIz} *10 ³ (mm ³)						W _{pIz} *10 ³ (mm ³)			i _z (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{eIy} *10 ³ (mm ³)	W _{pIy} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vy} (mm ²)				
50x30	2,5	2,82	50	30	5	2,5	358,9	5,05	3,37	3,98	11,86	125	11,30	4,52	5,70	17,74	225	5,72	11,74	
50x30	3,0	3,30	50	30	6	3	420,8	5,70	3,80	4,58	11,64	144	12,83	5,13	6,57	17,46	264	6,49	13,53	
50x30	4,0	4,20	50	30	8	4	534,8	6,69	4,46	5,58	11,19	176	15,25	6,10	8,05	16,89	336	7,71	16,53	

3.90 Irudia: 50x30x4 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

Azalera: A =534,8 mm²

Biraketa erradioa, z ardatzean: i_z=11,19 mm

Biraketa erradioa, y ardatzean: i_y=16,89 mm

Barra bakoitzaren luzera, $L = 840$ mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.178)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.




$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 840 = 840 \text{ mm}$$

E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.178 aplikatu,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{840}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 11,19^2}} = 0,86 \quad (3.178)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatu, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
			laminados en caliente	a a a ₀ a ₀
			conformados en frío	c c c c

3.91 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, z ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=0,86$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltz reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.92 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerentasuna		Gilbordura koefizientea
0,80	→	0,66
0,86	→	χ_z
0,90	→	0,60

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,615$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.179)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,615$

A: azalera. $A=534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.179 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,615 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 86139,43 \text{ N} \quad (3.180)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 40,42 \text{ N} < N_{b,Rd} = 86139,43 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.181)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

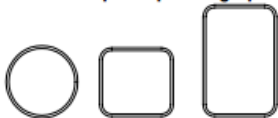
$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 840 = 840 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.181 aplikatuz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{840}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 16,89^2}} = 0,57 \quad (3.182)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tubos de chapa simples o agrupados				
	laminados en caliente	a	a	a ₀ a ₀
	conformados en frío	c	c	c c

3.93 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, sekzio hutseko barra errektangeluarrak erabiliko direnez eta hotzean konformatutako perfilak direnez, y ardatzean “c” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “c” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,57$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.94 Irudia: Gilbordura koefizienteen taula

Datuak interpolatuz,

Lerentasuna		Gilbordura koefizientea
0,50	→	0,84
0,57	→	χ_y
0,60	→	0,79

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,802$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.183)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,802$

A: azalera. $A = 534,8 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.183 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,802 \cdot 534,8 \cdot 261,9 = 112331,42 \text{ N} \quad (3.184)$$

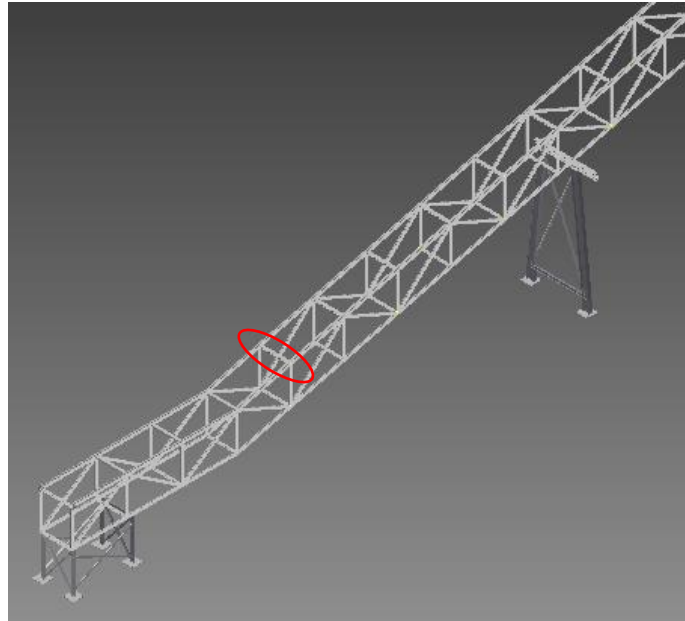
Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 40,42 \text{ N} < N_{b,Rd} = 112331,42 \text{ N}$$

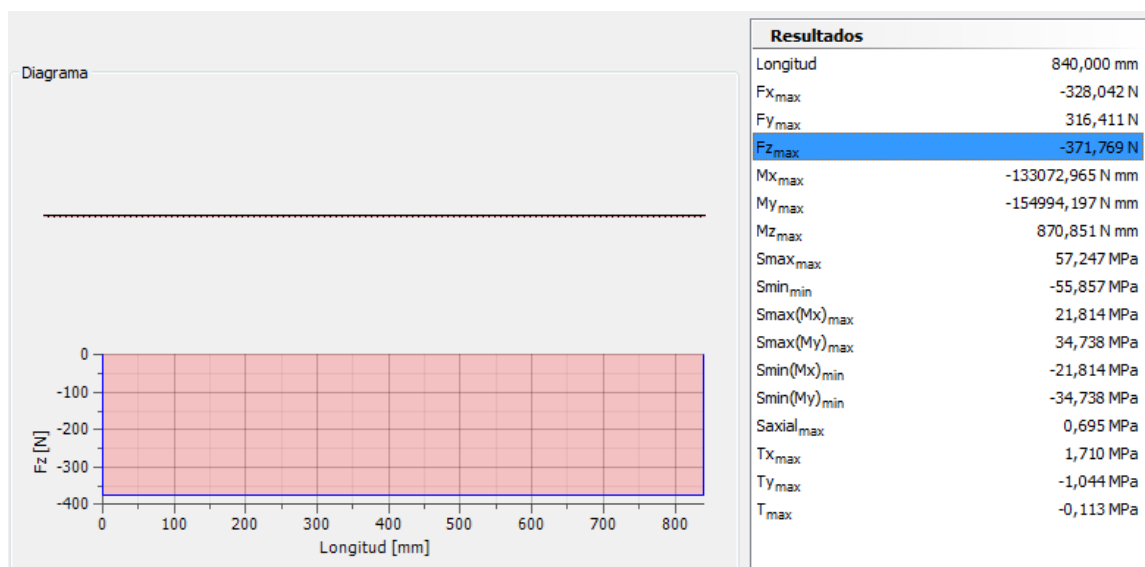
Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak planotik kanpo balekoak dira.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Kordoietan dauden barretatik, kritikoena, trakziopean indar maximoa $N_{t,Rd}=371,76$ N jasaten duena da.



3.95 Irudia: Aztertu den barraren kokalekua



3.96 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 534,8 \cdot 261,9 = 140064,12 > 371,76 \text{ N} \quad (3.185)$$

Trakzioan ere, 50x30x4 perfil errektangeluarraren konprobaketak balekoak dira.

Hala ere, estazioak finkatuta doazen zeharkako montanteak dimentsionatzeko DIN EN 10219-2 arauaren araberako sekzio huts errektangularreko 80x40x4 perfila aukeratu da diseinu arrazoiengatik. Estazioen zabalerak, 80 mm-ko zabalera duen sekzioa eskatzen du, beraz hau aukeratu da.

80x40x4 perfilak, 50x30x4 perfila baino biraketa erradioa du, hain zuzen ere 15,85 mm-koa "z" ardatzean eta 20,91 mm-koa "y" ardatzean. Horregatik, 80x40x4 sekzioa ere balekoa izango da montante hauek dimentsionatzeko.

3.6.4.- Euskarrienkonprobaketak Azken Muga Egoeran

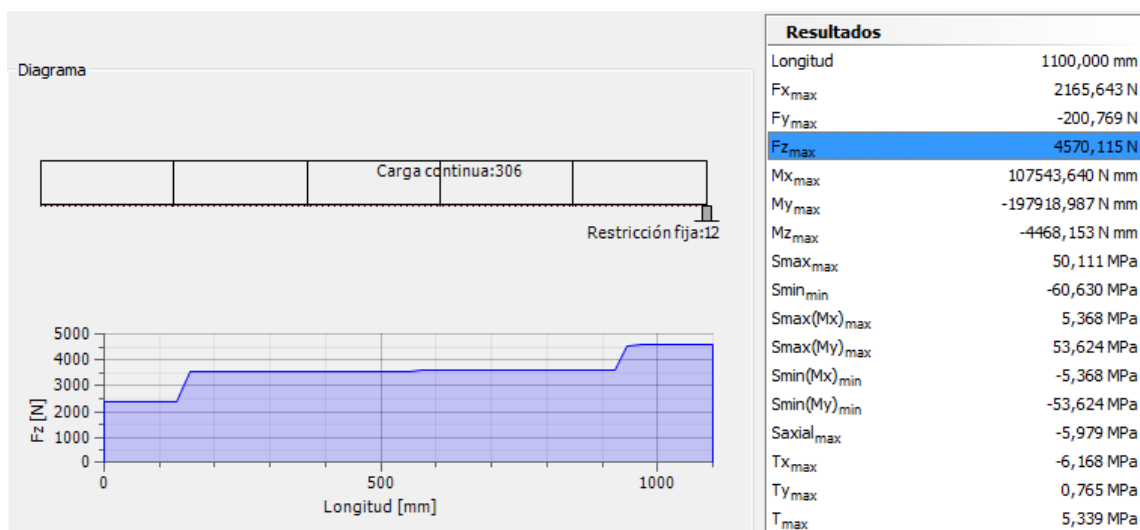
3.6.4.1-Lehenengo euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren araberako IPE 80 perfila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KOMPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 4570,11$ N jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.97 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _s (mm)	I _k *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁹ (mm ⁶)
IPE 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	764,38	80,14	20,03	23,22	32,38	357,74	8,49	3,69	5,82	10,54	20,06	0,70	0,12

3.98 Irudia: IPE 80 perfilaren propietateak. Prontuariora.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

Azalera: $A = 764,38 \text{ mm}^2$

Biraketa erradioa, z ardatzean: $i_z = 10,54 \text{ mm}$

Biraketa erradioa, y ardatzean: $i_y = 32,38 \text{ mm}$

Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: $W_{el,z} = 3,69 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: $W_{el,y} = 20,03 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Zutabearen luzera, $L = 1100 \text{ mm}$ izango dira bai planoan, bai planotik kanpo. Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} N \quad (3.186)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 1100 = 770 \text{ mm}$$

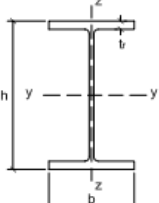
E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.186 aplikatuz

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{770}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 0,84 N \quad (3.187)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero	S235 a S355		S450		
		Eje de pandeo ⁽¹⁾				
		y	z	y	z	
Perfiles laminados en I	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a ₀	a ₀
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c



3.99 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=0,84$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.100 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,80	→	0,72
0,84	→	χ_z
0,90	→	0,66

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,696$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} N \quad (3.188)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,696$

A: azalera. $A = 764,38 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz 3.188 aplikatuz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,696 \cdot 764,38 \cdot 261,9 = 139333,02 \text{ NN} \quad (3.189)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 4570,11 \text{ N} < N_{b,Rd} = 139333,02 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 80 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \text{ N} \quad (3.190)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

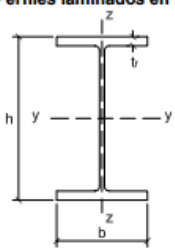
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 1100 = 770 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{770}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,27 \text{ N} \quad (3.191)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450		
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z	
Perfiles laminados en I		$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a ₀	a ₀
			$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
			$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.101 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,27$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.102 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,20	→	1,00
0,27	→	χ_y
0,30	→	0,98

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,986$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} N \quad (3.192)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,986$

A: azalera. $A = 764,38 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,986 \cdot 764,38 \cdot 261,9 = 197388,44N \quad (3.193)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulaturako indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 4570,11 \text{ N} < N_{b,Rd} = 197388,44 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 80 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 4570,11 \text{ N}$ eta momento flektoreak $M_{y,Ed} = 107543,64 \text{ N}\cdot\text{mm}$ eta $M_{z,Ed} = 197918,98 \text{ N}\cdot\text{mm}$ jasaten dituena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, "pieza guztirako" eta "gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako".

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.194)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT} = 1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z = 1$ eta $\alpha_y = 0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,84 \cdot \frac{4570,11}{0,696 \cdot 200191,12} = 1,016 \quad (3.195)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,27 \cdot \frac{4570,11}{0,986 \cdot 200191,12} = 1,003 \quad (3.196)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 764,38 \cdot \frac{275}{1,05} = 200191,12 \text{ N} \quad (3.197)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,97) = 0,21 \quad (3.198)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,1) = 0,56 \quad (3.199)$$

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$\frac{4570,11}{0,986 \cdot 764,38 \cdot 261,9} + 1,003 \cdot \frac{0,56 \cdot 107543,64 + 0}{20,03 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,016 \cdot \frac{0,21 \cdot 197918,98 + 0}{3,69 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,023 + 0,011 + 0,04 = 0,074$$

0,074 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 80 perfila.

Gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.200)$$

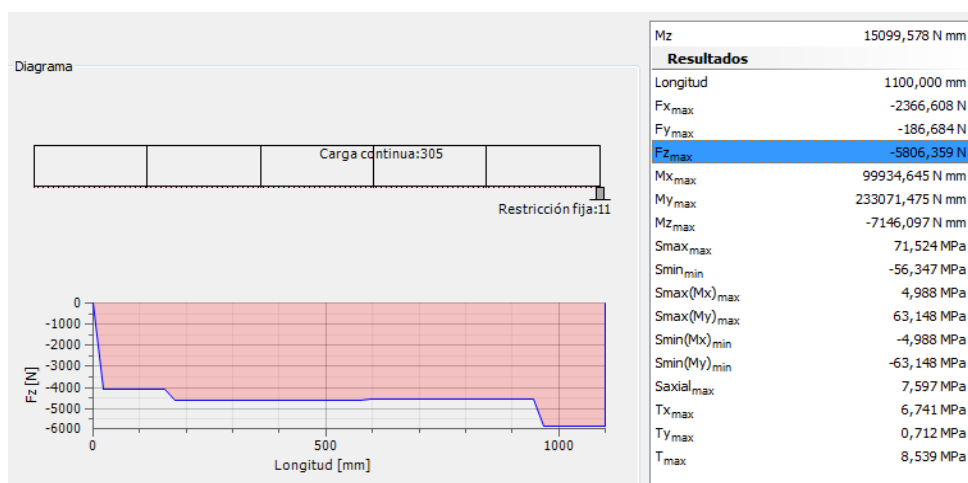
$$\frac{4570,11}{0,696 \cdot 764,38 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,003 \cdot \frac{0,56 \cdot 107543,64 + 0}{1 \cdot 20,03 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,016 \cdot \frac{0,21 \cdot 197918,98 + 0}{3,69 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,03 + 0,009 + 0,04 = 0,079$$

0,079 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 80 perfila.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Euskarri honetan, zutabe kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=5806,35N$ jasaten duena da.



3.103 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 764,38 \cdot 261,9 = 200191,12 \text{ N} > 5806,35 \text{ N} \quad (3.201)$$

Trakzioan ere, IPE 80 perfila balekoa da.

FLEXOTRAKZIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena flexotrakziopean, indar maximoa $N_{Ed} = 5806,35 \text{ N}$ eta momento flektoreak $M_{y,Ed} = 99934,64 \text{ N}\cdot\text{mm}$ eta $M_{z,Ed} = 233071,47 \text{ N}\cdot\text{mm}$ jasaten dituena da.

Konprobapena hurrengo adierazpenaren bidez egingo da:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (3.202)$$

Non,

$$M_{el,Rdy} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 20,03 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 5245857 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 3,69 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 966411 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Datuak ordezkatzuz,

$$\frac{5806,35}{200191,12} + \frac{99934,64}{5245857} + \frac{233071,47}{966411} = 0,02 + 0,01 + 0,24 = 0,27$$

$0,27 < 1$ enez konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 80 perfila.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 80 perfila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.203)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 920 = 920 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{920}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,005 \quad (3.203)$$

1,005 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.204)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 920 = 920 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{920}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,32 \quad (3.205)$$

0,32 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostremendua

Barra hauek dimentsionatzeko EN 10056-1 arauaren arabeko L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

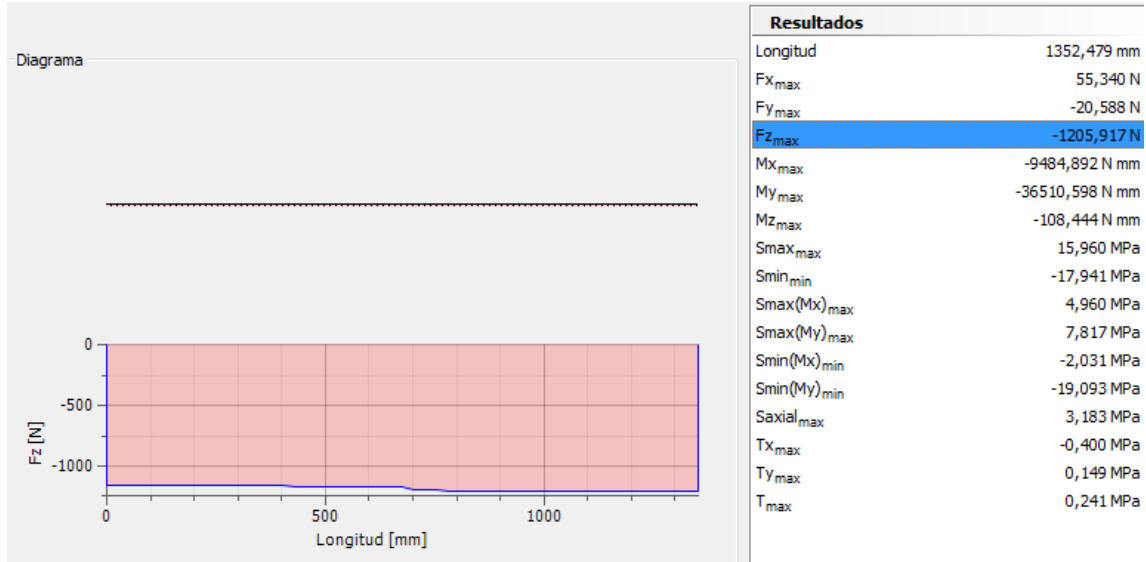
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)						Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección							
		h	b	t	r ₁	r ₂	z ₅ = y ₅ (mm)		v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z			eje u-u		eje v-v			
												$I_y = I_z$ *10 ⁴ (mm ⁴)	$W_{el,y1}$ $W_{el,z1}$ *10 ³ (mm ³)	$W_{el,y2}$ $W_{el,z2}$ *10 ³ (mm ³)	$i_y = i_z$ (mm)	I_u *10 ⁴ (mm ⁴)	i_u (mm)	I_v *10 ⁴ (mm ⁴)	i_v (mm)	I_v *10 ⁴ (mm ⁴)
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,89	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.104 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostramenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=1205,91\text{N}$ jasaten duena da.



3.105 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 1205,91 \text{ N} \quad (3.206)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

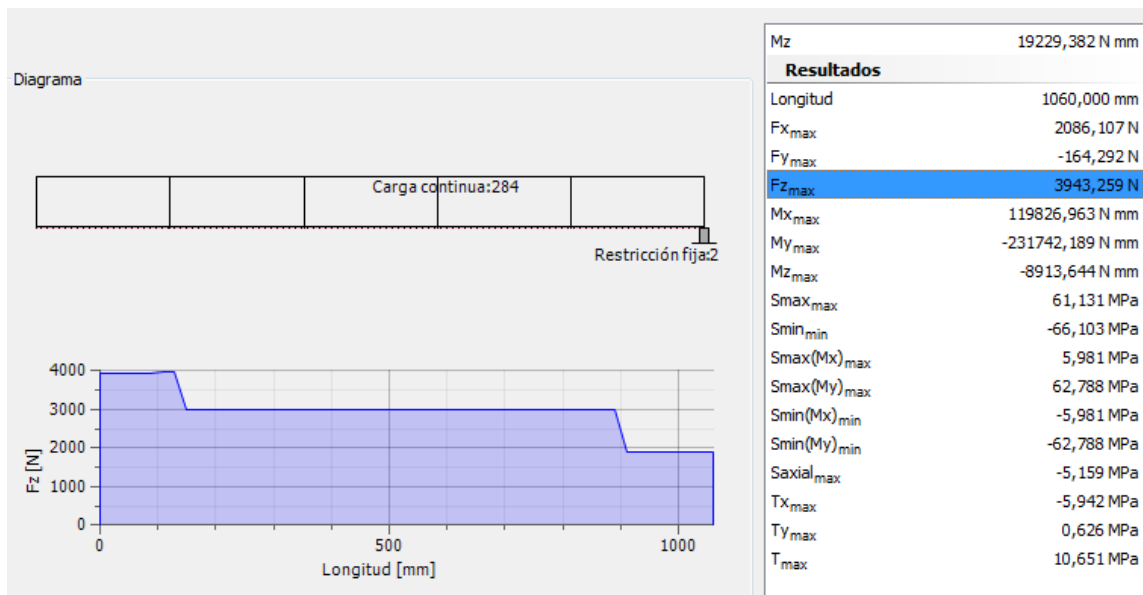
3.6.4.2-Bigarren euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabeko IPE 80 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KOMPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed}=3943,25$ N jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.106 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.207)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, IPE 80 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _s (mm)	I _w *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ³ (mm ³)
IPE 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	764,38	80,14	20,03	23,22	32,38	357,74	8,49	3,69	5,82	10,54	20,06	0,70	0,12

3.107 Irudia: IPE 80 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 764,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Biraketa erradioa, z ardatzean: } i_z = 10,54 \text{ mm}$$

$$\text{Biraketa erradioa, y ardatzean: } i_y = 32,38 \text{ mm}$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: } W_{el,z} = 3,69 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: } W_{el,y} = 20,03 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zutabearen luzera, $L = 1100$ mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo. Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.208)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

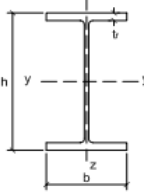
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 1100 = 770 \text{ mm}$$

E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{770}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 0,84 \quad (3.209)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero	S235 a S355		S450		
		Eje de pandeo ⁽¹⁾				
		y	z	y	z	
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.108 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=0,84$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.109 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,80	→	0,72
0,84	→	χ_z
0,90	→	0,66

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,696$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.210)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,696$

A: azalera. $A = 764,38 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,696 \cdot 764,38 \cdot 261,9 = 139333,02 \text{ N} \quad (3.211)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatuak indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 3943,25 \text{ N} < N_{b,Rd} = 139333,02 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 80 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.212)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

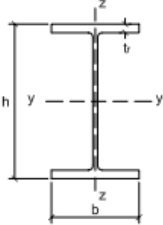
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 1100 = 770 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{770}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,27 \quad (3.213)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero	S235 a S355		S450		
		Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.110 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,27$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.111 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,20	→	1,00
0,27	→	χ_y
0,30	→	0,98

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,986$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.214)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,986$

A: azalera. $A = 764,38 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,986 \cdot 764,38 \cdot 261,9 = 197388,44 \text{ N} \quad (3.215)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 3943,25 \text{ N} < N_{b,Rd} = 197388,44 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 80 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresioean, indar maximoa $N_{Ed}= 3943,25$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=119826,96$ N·mm eta $M_{z,Ed}=231742,18$ N·mm jasaten duena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, “pieza guztirako” eta “gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako”.

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.216)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT}=1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z=1$ eta $\alpha_y=0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,84 \cdot \frac{3943,25}{0,696 \cdot 200191,12} = 1,014 \quad (3.217)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,27 \cdot \frac{3943,25}{0,986 \cdot 200191,12} = 1,003 \quad (3.218)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 764,38 \cdot \frac{275}{1,05} = 200191,12 \text{ N} \quad (3.219)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,88) = 0,24 \quad (3.220)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,1) = 0,56 \quad (3.221)$$

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$\frac{3943,25}{0,986 \cdot 764,38 \cdot 261,9} + 1,003 \cdot \frac{0,56 \cdot 119826,96 + 0}{20,03 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,014 \cdot \frac{0,24 \cdot 231742,18 + 0}{3,69 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,019 + 0,012 + 0,054 = 0,085$$

0,085 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 80 perfila.

Gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.222)$$

$$\frac{3943,25}{0,696 \cdot 764,38 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,003 \cdot \frac{0,56 \cdot 119826,96 + 0}{1 \cdot 20,03 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,014 \cdot \frac{0,6 \cdot 231742,18 + 0}{3,69 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,02 + 0,01 + 0,054 = 0,084$$

0,084 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 80 perfila.

Euskarri honetan ez dago tentsioa jasaten duen zutaberik, beraz ez da trakziopeko konprobapenik egin behar.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabeko IPE 80 perfila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.223)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 920 = 920 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{920}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,005 \quad (3.224)$$

1,005 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.225)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 920 = 920 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{920}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,32 \quad (3.226)$$

$0,32 < 2$ da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostramendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren arabeko L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

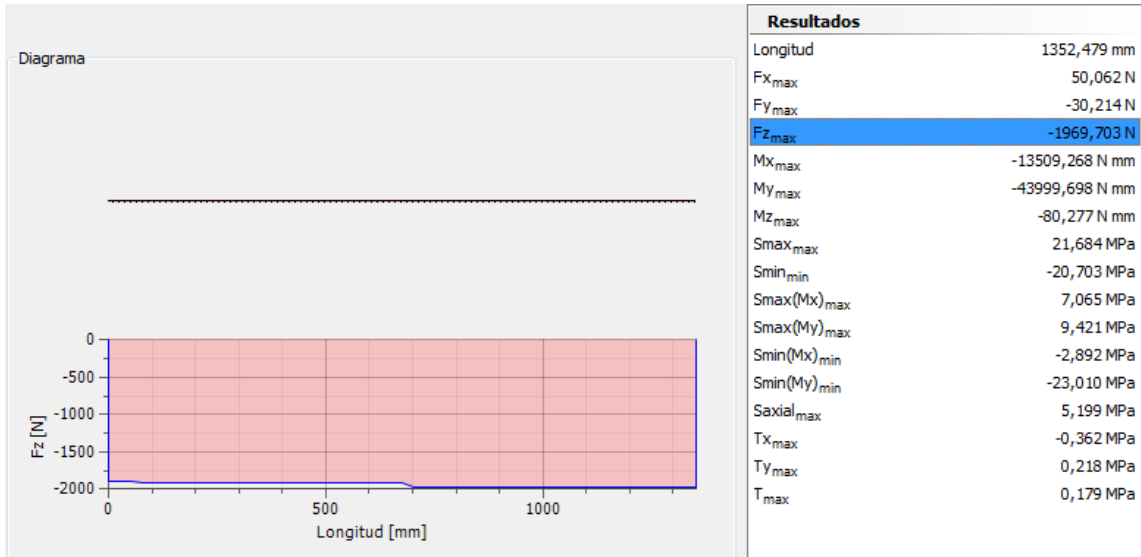
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r ₁	r ₂		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z			eje u-u		eje v-v		i _{y2} *10 ⁴ (mm ⁴)	
												i _y = i _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y1} *10 ³ (mm ³)	W _{el,y2} *10 ³ (mm ³)	i _y =i _z (mm)	i _u (mm)	i _v (mm)			
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.112 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostramenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 1969,7 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.113 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 1969,7\text{N} \quad (3.227)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

Leheneno eta bigarren euskarrien arteko arriostamendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren arabera L iturako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

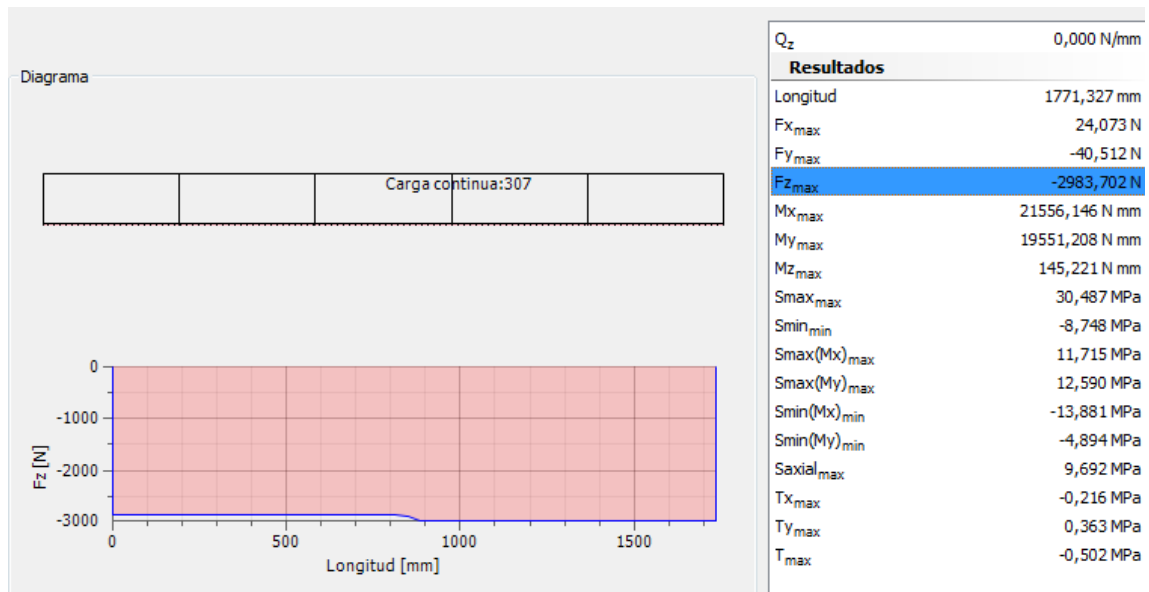
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r ₁	r ₂		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z			eje u-u		eje v-v			
												I _y = I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y1} *10 ³ (mm ³)	W _{el,y2} *10 ³ (mm ³)	i _y = i _z (mm)	I _u *10 ⁴ (mm ⁴)	i _u (mm)	I _v *10 ⁴ (mm ⁴)	i _v (mm)	I _{vz} *10 ⁴ (mm ⁴)
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.114 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostamenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 2983,702 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.115 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 2983,702 \text{ N} \quad (3.228)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

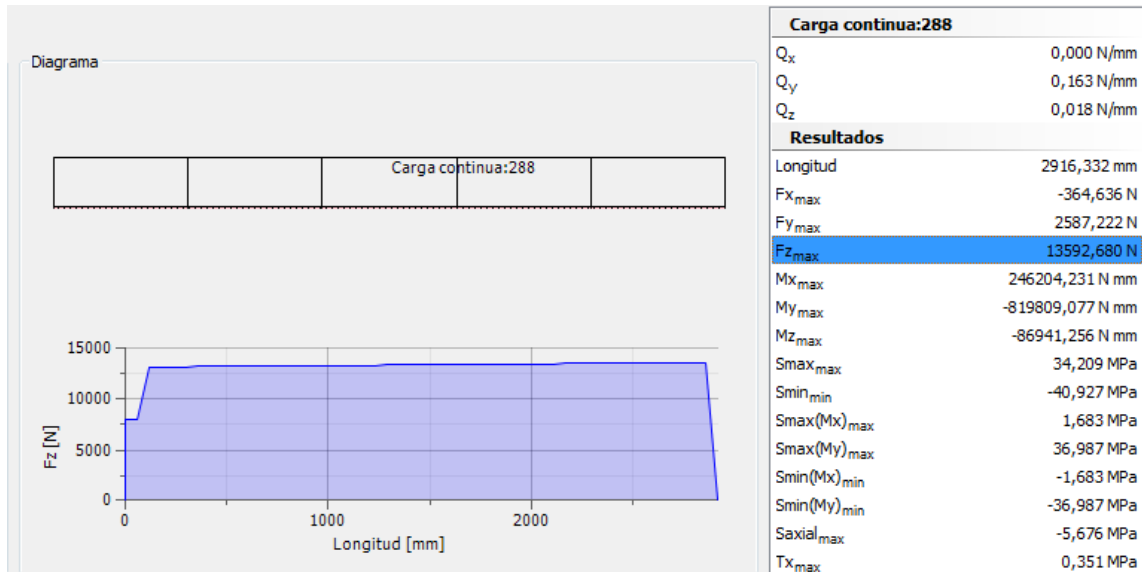
3.6.4.3-Hirugarren euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabeko IPE 180 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 13592,68 \text{ N}$ jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.116 Irudia: Azertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.229)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, IPE 180 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{ply} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _z (mm)	I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁸ (mm ⁸)
IPE 140	12,90	140	73	4,7	6,9	7	1.642,68	541,22	77,32	88,34	57,40	764,31	44,92	12,31	19,25	16,54	26,70	2,45	1,98
IPE 160	15,77	160	82	5	7,4	9	2.009,26	869,29	108,66	123,86	65,78	965,86	68,31	16,66	26,10	18,44	30,34	3,60	3,96
IPE 180	18,80	180	91	5,3	8	9	2.394,86	1.316,96	146,33	166,41	74,16	1.125,26	100,85	22,16	34,60	20,52	31,84	4,79	7,43
IPE 200	22,36	200	100	5,6	8,5	12	2.848,64	1.943,17	194,32	220,64	82,59	1.400,24	142,37	28,47	44,61	22,36	36,66	6,98	12,99

3.117 Irudia: IPE 180 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 2394,86 \text{ mm}^2$$

$$\text{Biraketa erradioa, z ardatzean: } i_z = 20,52 \text{ mm}$$

$$\text{Biraketa erradioa, y ardatzean: } i_y = 74,16 \text{ mm}$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: } W_{el,z} = 22,16 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: } W_{el,y} = 146,33 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zutabearen luzera, $L = 2916$ mm izango dira bai planoan, bai planotik kanpo. Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.230)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

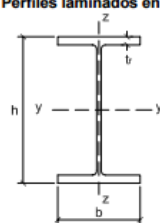
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 2916 = 2041,2 \text{ mm}$$

E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{2041,2}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 20,52^2}} = 1,31 \quad (3.231)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.118 Irudia: Zeharkako sekzioaren araberako gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,31$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.119 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,10	→	0,54
1,13	→	χ_z
1,20	→	0,48

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,525$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.232)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,525$

A: azalera. $A=2394,86 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,525 \cdot 2394,86 \cdot 261,9 = 329287,26 \text{ N} \quad (3.233)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 13592,68 \text{ N} < N_{b,Rd} = 329287,26 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 180 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.234)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

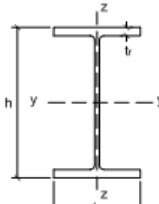
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 2916 = 2041,2 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{2041,2}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 74,16^2}} = 0,31 \quad (3.235)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.120 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,31$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
< 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.121 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,30	→	0,98
0,31	→	χ_z
0,40	→	0,95

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,983$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

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

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,983$

A: azalera. $A = 2394,86 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,983 \cdot 2394,86 \cdot 261,9 = 616551,19 \text{ N} \quad (3.236)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 13592,68 \text{ N} < N_{b,Rd} = 616551,19 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 180 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresioean, indar maximoa $N_{Ed}=13592,68$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=246204,23$ N·mm eta $M_{z,Ed}=819809,23$ N·mm jasaten duena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, “pieza guztirako” eta “gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako”.

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.238)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT}=1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z=1$ eta $\alpha_y=0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,31 \cdot \frac{13592,68}{0,525 \cdot 627213,83} = 1,032 \quad (3.239)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,31 \cdot \frac{13592,68}{0,983 \cdot 200191,12} = 1,011 \quad (3.240)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2394,86 \cdot \frac{275}{1,05} = 627213,83 \text{ N} \quad (3.241)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,4 = 0,76 \quad (3.242)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,1) = 0,56 \quad (3.243)$$

Beraz, datuak ordezkatur:

$$\frac{13592,68}{0,983 \cdot 2394,86 \cdot 261,9} + 1,011 \cdot \frac{0,56 \cdot 246204,23 + 0}{146,33 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,032 \cdot \frac{0,76 \cdot 819809,23 + 0}{22,16 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,02 + 0,003 + 0,11 = 0,133$$

$0,133 < 1$ enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 180 perfila.

Gilbordura makurduarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.244)$$

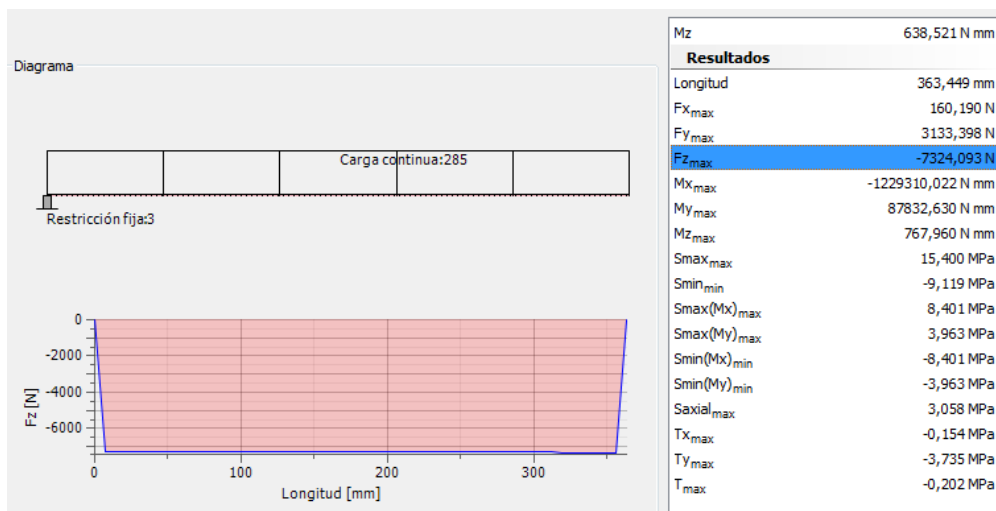
$$\frac{13592,68}{0,525 \cdot 2394,86 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,011 \cdot \frac{0,56 \cdot 246204,23}{1 \cdot 146,33 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,032 \cdot \frac{0,76 \cdot 819809,23}{22,16 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,041 + 0,0024 + 0,11 = 0,1534$$

$0,1534 < 1$ enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 180 perfila.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Euskarri honetan, zutabe kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=7324,09N$ jasaten duena da.



3.122 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

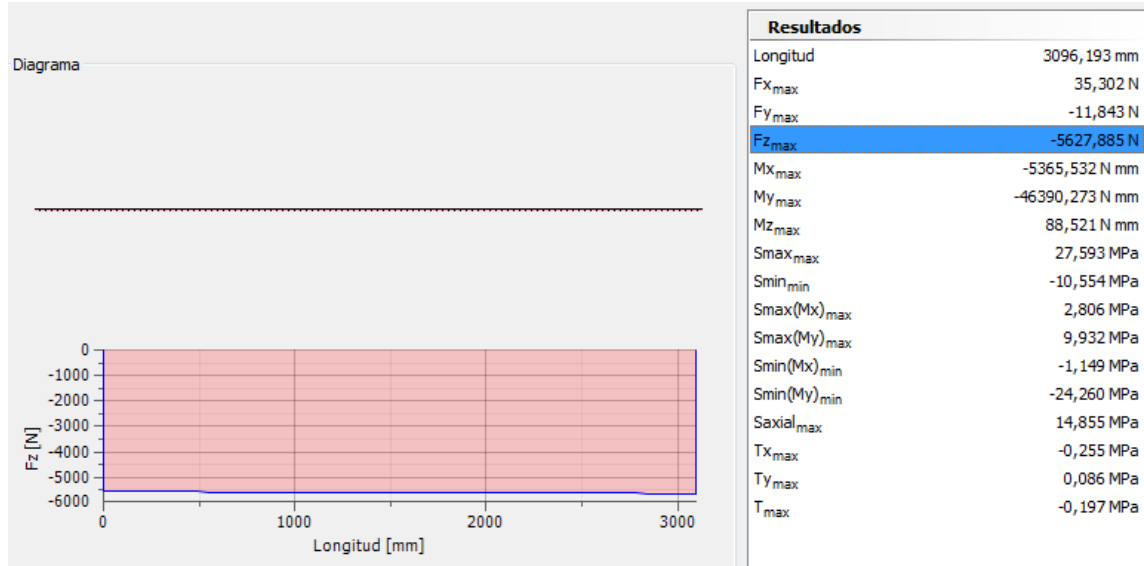
Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 2394,86 \cdot 261,9 = 627213,83 \text{ N} > 7324,09 \text{ N} \quad (3.245)$$

Trakzioan ere, IPE 180 perfila balekoa da.

FLEXOTRAKZIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena flexotrakziopean, indar maximoa $N_{Ed}=7324,09$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=1229310,022$ N·mm eta $M_{z,Ed}=87832,63$ N·mm jasaten dituena da.



3.123 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Konprobapena hurrengo adierazpenaren bidez egingo da:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (3.246)$$

Non,

$$M_{el,Rdy} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 146,33 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 38323827 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 22,13 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 5795847 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Datuak ordezkatzuz,

$$\frac{7324,09}{627213,83} + \frac{1229310,022}{38323827} + \frac{87832,63}{5795847} = 0,011 + 0,032 + 0,015 = 0,058$$

$0,058 < 1$ enez konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 180 perfila.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 80 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lertentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.247)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,66 \quad (3.248)$$

$1,66 < 2$ da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.249)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,54 \quad (3.250)$$

$0,54 < 2$ da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostremendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren arabeko L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

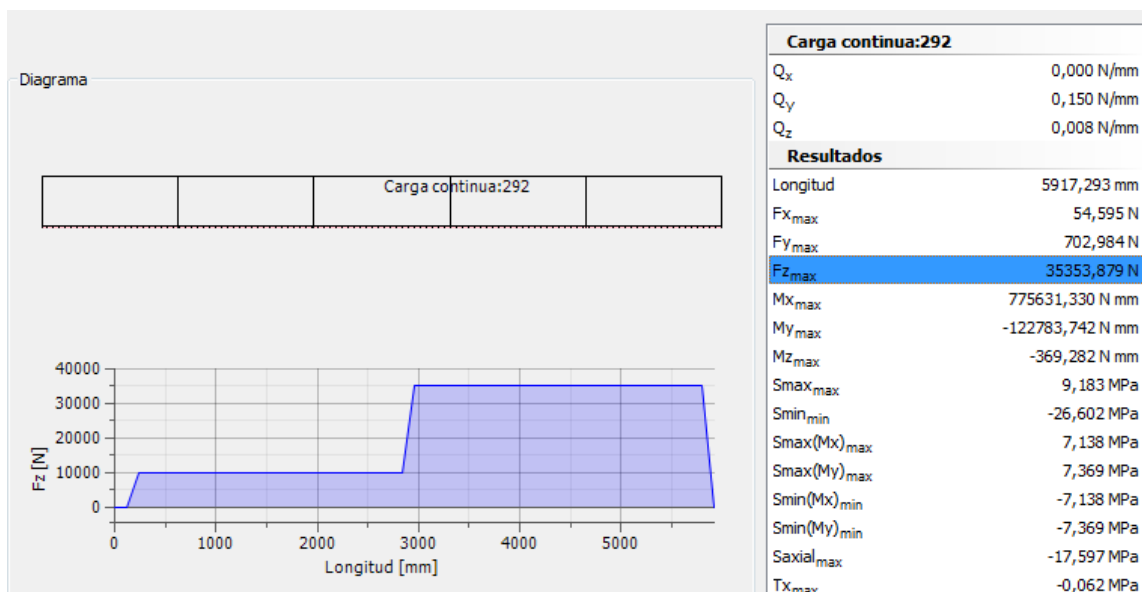
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r1	r2		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z				eje u-u		eje v-v		
												I _y = I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y1} W _{el,z1} *10 ³ (mm ³)	W _{el,z2} *10 ³ (mm ³)	i _y =i _z (mm)	I _u *10 ⁴ (mm ⁴)	i _u (mm)	I _v *10 ⁴ (mm ⁴)	i _v (mm)	I _{yz} *10 ⁴ (mm ⁴)
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.124 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostamenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 5627,88 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.125 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengo izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 5627,88 \text{ N} \quad (3.251)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

Sareta eta pasarela eusten dituen montantea

Montante hau dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabeko IPE 180 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.252)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 20,52^2}} = 1,85 \quad (3.253)$$

$1,85 < 2$ da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.254)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 74,16^2}} = 0,51 \quad (3.255)$$

$0,51 < 2$ da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

3.6.4.4-Laugarren euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 160 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KONPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed}=35353,87$ N jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.256)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, IPE 160 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _s (mm)	I _w *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁸ (mm ⁸)
IPE 140	12,90	140	73	4,7	6,9	7	1.642,68	541,22	77,32	88,34	57,40	764,31	44,92	12,31	19,25	16,54	26,70	2,45	1,98
IPE 160	15,17	160	82	5	7,4	9	2.009,26	869,29	108,66	123,86	65,78	965,86	68,31	16,66	26,10	18,44	30,34	3,60	3,96
IPE 180	16,80	180	91	5,3	8	9	2.394,86	1.316,96	146,33	166,41	74,16	1.125,26	100,85	22,16	34,60	20,52	31,84	4,79	7,43
IPE 200	22,36	200	100	5,6	8,5	12	2.848,64	1.943,17	194,32	220,64	82,59	1.400,24	142,37	28,47	44,61	22,36	36,66	6,98	12,99

3.126 Irudia: IPE 160 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

Azalera: $A = 2009,26 \text{ mm}^2$

Biraketa erradioa, z ardatzean: $i_z = 18,44 \text{ mm}$

Biraketa erradioa, y ardatzean: $i_y = 65,78 \text{ mm}$

Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: $W_{el,z} = 16,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: $W_{el,y} = 108,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Zutabearen luzera, $L = 2958 \text{ mm}$ izango da planoan eta $L = 5917 \text{ mm}$ planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.257)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

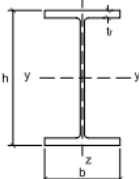
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 2958 = 2070,6 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{2070,6}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 18,44^2}} = 1,29 \quad (3.258)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450		
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z	
Perfiles laminados en I		$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
			$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a	
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c	

3.127 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,29$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.128 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,20	→	0,48
1,29	→	χ_z
1,30	→	0,43

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,438$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.259)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,438$

A: azalera. $A=2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,438 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 230486,63 \text{ N} \quad (3.260)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatuak indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 35353,87 \text{ N} < N_{b,Rd} = 230486,63 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.261)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

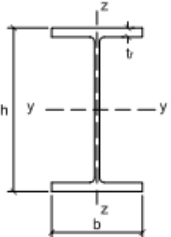
$$L_K = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 5917 = 4141,9 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{4141,9}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 65,78^2}} = 0,72 \quad (3.262)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero	S235 a S355		S450		
		Eje de pandeo ⁽¹⁾				
Perfiles laminados en I		y	z	y	z	
	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.129 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=0,72$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.130 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
0,70	→	0,85
0,72	→	χ_z
0,80	→	0,80

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,828$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.263)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,828$

A: azalera. $A = 2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,828 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 435714,46 \text{ N} \quad (3.264)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 35353,87 \text{ N} < N_{b,Rd} = 435714,46 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresioean, indar maximoa $N_{Ed} = 35353,87$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed} = 775631$ N·mm eta $M_{z,Ed} = 122783,33$ N·mm jasaten duena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, "pieza guztirako" eta "gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako".

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.265)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT}=1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z=1$ eta $\alpha_y=0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,29 \cdot \frac{35353,87}{0,438 \cdot 526225,19} = 1,118 \quad (3.266)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 0,72 \cdot \frac{35353,87}{0,828 \cdot 200191,12} = 1,092 \quad (3.267)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2009,26 \cdot \frac{275}{1,05} = 526225,19 \text{ N} \quad (3.268)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,3) = 0,48 \quad (3.269)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (0,2) = 0,68 \quad (3.270)$$

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$\frac{35353,87}{0,828 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 1,092 \cdot \frac{0,68 \cdot 775631 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,118 \cdot \frac{0,48 \cdot 122783,74 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,08 + 0,02 + 0,015 = 0,115$$

0,115 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.271)$$

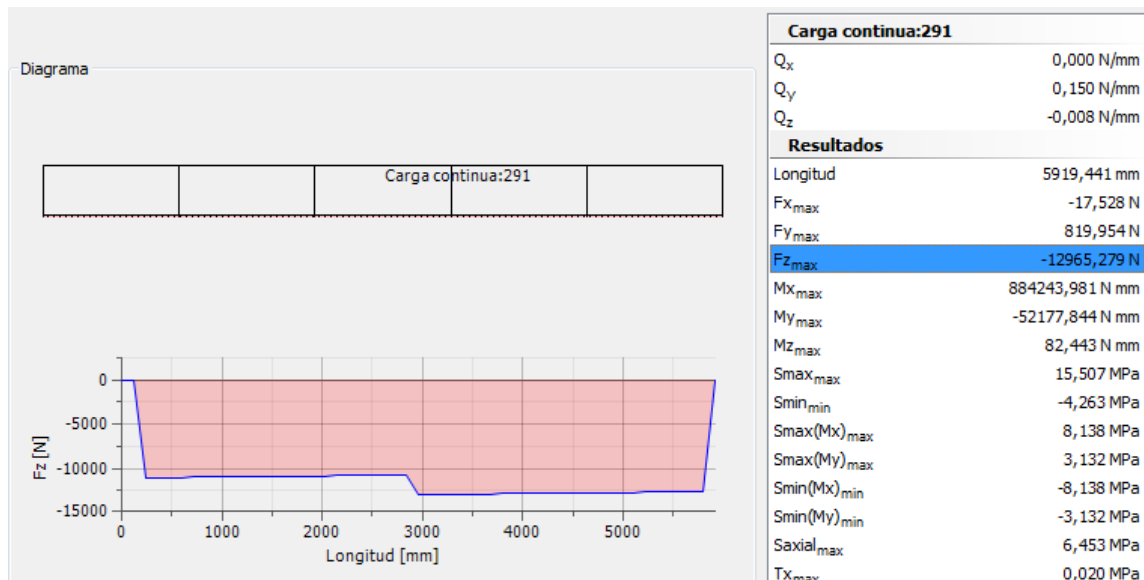
$$\frac{35353,87}{0,438 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,092 \cdot \frac{0,68 \cdot 775631 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,118 \cdot \frac{0,48 \cdot 122783,74 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,15 + 0,016 + 0,015 = 0,181$$

0,181 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Euskarri honetan, zutabe kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=12965,27N$ jasaten duena da.



3.131 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 2009,26 \cdot 261,9 = 526225,19 \text{ N} > 12965,27 \text{ N} \quad (3.272)$$

Trakzioan ere, IPE 160 perfila balekoa da.

FLEXOTRAKZIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena flexotrakziopean, indar maximoa $N_{Ed}=12965,27$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=884243,98$ N·mm eta $M_{z,Ed}=52177,84$ N·mm jasaten dituena da.

Konprobapena hurrengo adierazpenaren bidez egingo da:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (3.273)$$

Non,

$$M_{el,Rdy} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 28458054 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 4363254 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Datuak ordezkaturaz,

$$\frac{12965,27}{526225,19} + \frac{884243,98}{28458054} + \frac{52177,84}{4363254} = 0,024 + 0,031 + 0,011 = 0,066$$

$0,066 < 1$ enez konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 80 perfila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da eta montante luzeena konprobatu egingo da, kritikoena izango delako.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z^2}} \quad (3.274)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,66 \quad (3.275)$$

1,66 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.276)$$

Non,

L_K , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_K = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,54 \quad (3.277)$$

0,54 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostramendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren arabera L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

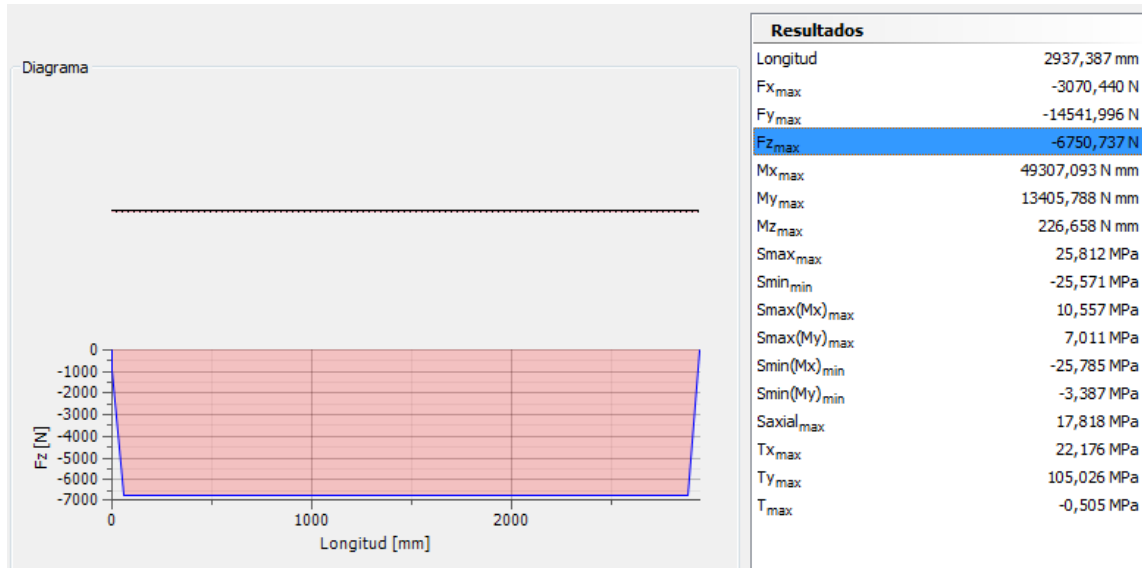
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r ₁	r ₂		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z			eje u-u		eje v-v			
												i _y = i _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y1} W _{el,z1} *10 ³ (mm ³)	W _{el,y2} W _{el,z2} *10 ³ (mm ³)	i _y = i _z (mm)	i _u *10 ⁴ (mm ⁴)	i _v *10 ⁴ (mm ⁴)	i _v (mm)	i _v *10 ⁴ (mm ⁴)	
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.132 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostamenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 6750,73\text{N}$ jasaten duena da.



3.133 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 6750,73\text{N} \quad (3.278)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

Sareta eta pasarela eusten dituen montantea

Montante hau dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabeko IPE 180 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z^2}} \quad (3.279)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 20,52^2}} = 1,85 \quad (3.280)$$

1,85 < 2 da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.281)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 74,16^2}} = 0,51 \quad (3.282)$$

0,51 < 2 da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

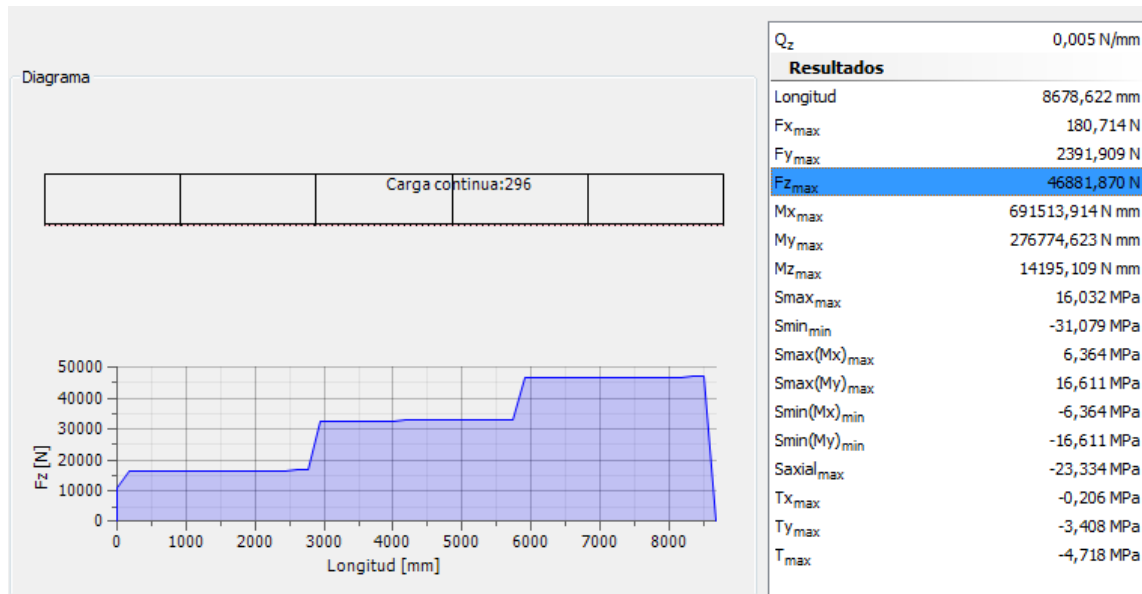
3.6.4.5-Bosgarren euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 160 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KOMPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 46881,87 \text{ N}$ jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.134 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.283)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, IPE 160 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _e (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _e (mm)	I _w *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁹ (mm ⁶)
IPE 140	12,90	140	73	4,7	6,9	7	1.642,68	541,22	77,32	88,34	57,40	764,31	44,92	12,31	19,25	16,54	26,70	2,45	1,98
IPE 160	15,77	160	82	5	7,4	9	2.009,26	869,29	108,66	123,86	65,78	965,86	68,31	16,66	26,10	18,44	30,34	3,60	3,96
IPE 180	18,80	180	91	5,3	8	9	2.394,86	1.316,96	146,33	166,41	74,16	1.129,26	100,85	22,16	34,60	20,52	31,84	4,79	7,43
IPE 200	22,36	200	100	5,6	8,5	12	2.848,64	1.943,17	194,32	220,64	82,59	1.400,24	142,37	28,47	44,61	22,36	36,66	6,98	12,99

3.135 Irudia: IPE 160 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

Azalera: A =2009,26 mm²

Biraketa erradioa, z ardatzean: i_z=18,44 mm

Biraketa erradioa, y ardatzean: i_y=65,78 mm

Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: W_{el,z}=16,66 ·10³ mm³

Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: W_{el,y}=108,66 ·10³ mm³

Zutabearen luzera, $L = 2892$ mm izango da planoan eta $L=8678$ mm planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.284)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

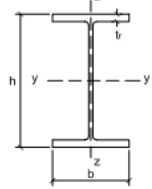
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 2892 = 2024,4 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{2024,4}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 18,44^2}} = 1,26 \quad (3.285)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero					
	S235 a S355		S450			
	Eje de pandeo ⁽¹⁾					
	y	z	y	z		
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.136 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,26$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.137 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,20	→	0,48
1,26	→	χ_z
1,30	→	0,43

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,45$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.286)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,45$

A: azalera. $A=2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,45 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 239432,46 \text{ N} \quad (3.287)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 46881,87 \text{ N} < N_{b,Rd} = 239432,46 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.288)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

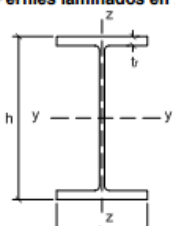
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 8678 = 6074,6 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{6074,6}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 65,78^2}} = 1,06 \quad (3.289)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero Eje de pandeo ⁽¹⁾	S235 a S355		S450	
		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0 a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c c

3.138 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=1,06$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.139 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,00	→	0,67
1,06	→	χ_z
1,10	→	0,60

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,63$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.290)$$

Non,

χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,63$

A: azalera. $A = 2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,63 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 331521,87 \text{ N} \quad (3.291)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 46881,87 \text{ N} < N_{b,Rd} = 331521,87 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresioean, indar maximoa $N_{Ed} = 46881,87$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed} = 691513,91$ N·mm eta $M_{z,Ed} = 276774,62$ N·mm jasaten duena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, “pieza guztirako” eta “gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako”.

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.292)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT} = 1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z = 1$ eta $\alpha_y = 0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,26 \cdot \frac{46881,87}{0,45 \cdot 526225,19} = 1,1 \quad (3.293)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,06 \cdot \frac{46881,87}{0,63 \cdot 200191,12} = 1,23 \quad (3.294)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2009,26 \cdot \frac{275}{1,05} = 526225,19 \text{ N} \quad (3.295)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,1) = 0,56 \quad (3.296)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot (-0,8) = 0,28 \quad (3.297)$$

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$\frac{46881,87}{0,63 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 1,23 \cdot \frac{0,28 \cdot 691513,91 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,14 \cdot \frac{0,56 \cdot 276774,62 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,14 + 0,008 + 0,04 = 0,188$$

0,188 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.298)$$

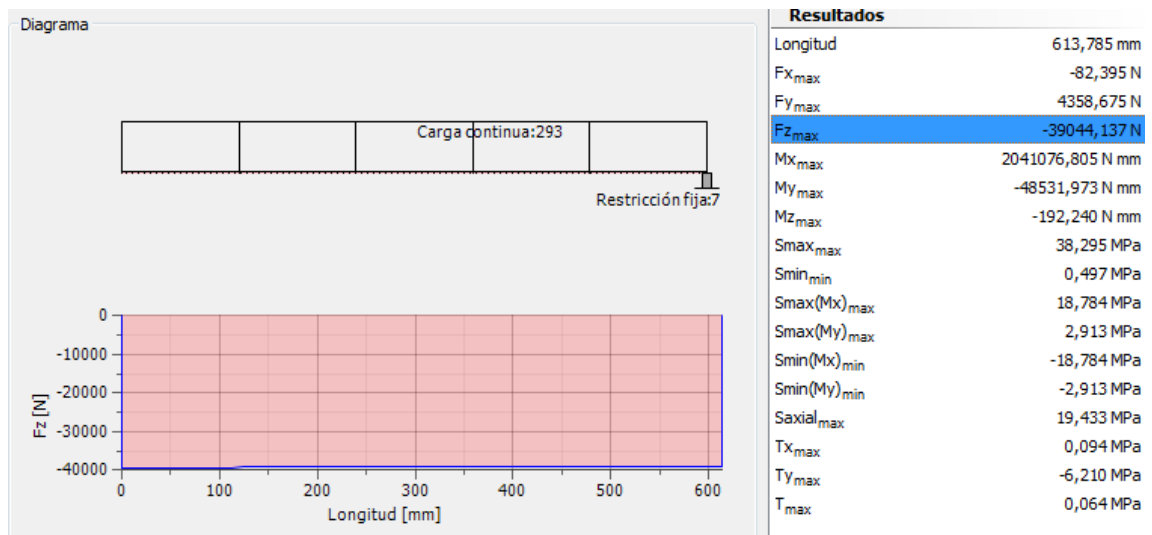
$$\frac{46881,87}{0,45 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,23 \cdot \frac{0,28 \cdot 691513,91 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,14 \cdot \frac{0,56 \cdot 276774,62 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,15 + 0,006 + 0,04 = 0,196$$

0,196 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Euskarri honetan, zutabe kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=39044,13\text{N}$ jasaten duena da.



3.140 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 2009,26 \cdot 261,9 = 526225,19 \text{ N} > 39044,13 \text{ N} \quad (3.299)$$

Trakzioan ere, IPE 160 perfila balekoa da.

FLEXOTRAKZIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena flexotrakziopean, indar maximoa $N_{Ed}=39044,13 \text{ N}$ eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=2041076,80 \text{ N}\cdot\text{mm}$ eta $M_{z,Ed}=48531,97 \text{ N}\cdot\text{mm}$ jasaten dituena da.

Konprobapena hurrengo adierazpenaren bidez egingo da:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (3.300)$$

Non,

$$M_{el,Rdy} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 28458054 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 4363254 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Datuak ordezkaturaz,

$$\frac{39044,13}{526225,19} + \frac{2041076,80}{28458054} + \frac{48531,97}{4363254} = 0,07 + 0,071 + 0,011 = 0,152$$

$0,152 < 1$ enez konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 80 perfila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da eta montante luzeena konprobatu egingo da, kritikoena izango delako.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.301)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,66 \quad (3.302)$$

1,66 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.303)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,54 \quad (3.304)$$

0,54 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostremendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren arabeko L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

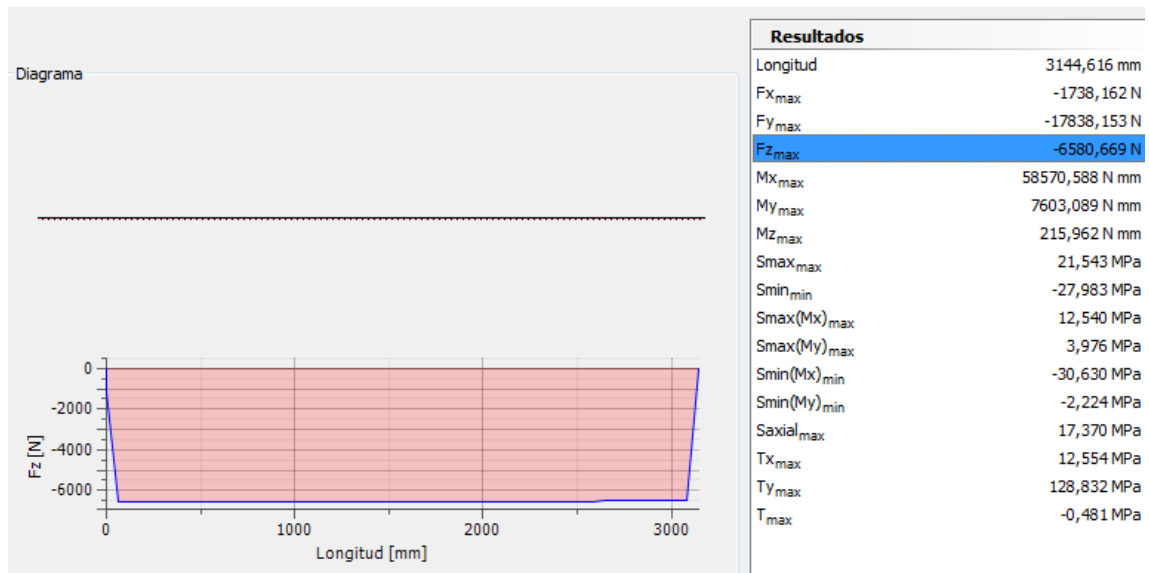
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r ₁	r ₂		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z				eje u-u		eje v-v		
												$I_y = I_z$ *10 ⁴ (mm ⁴)	$W_{el,y1}$ $W_{el,z1}$ *10 ³ (mm ³)	$W_{el,y2}$ $W_{el,z2}$ *10 ³ (mm ³)	$i_y = i_z$ (mm)	I_u *10 ⁴ (mm ⁴)	i_u (mm)	I_v *10 ⁴ (mm ⁴)	i_v (mm)	I_{yz} *10 ⁴ (mm ⁴)
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.141 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostramenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 6580,66\text{N}$ jasaten duena da.



3.142 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 6580,66\text{N} \quad (3.305)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

Sareta eta pasarela eusten dituen montantea

Montante hau dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 180 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.306)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 20,52^2}} = 1,85 \quad (3.307)$$

1,85 < 2 da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.308)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 1655 = 3310 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{3310}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 74,16^2}} = 0,51 \quad (3.309)$$

0,51 < 2 da, beraz, IPE 180 perfila balekoa da.

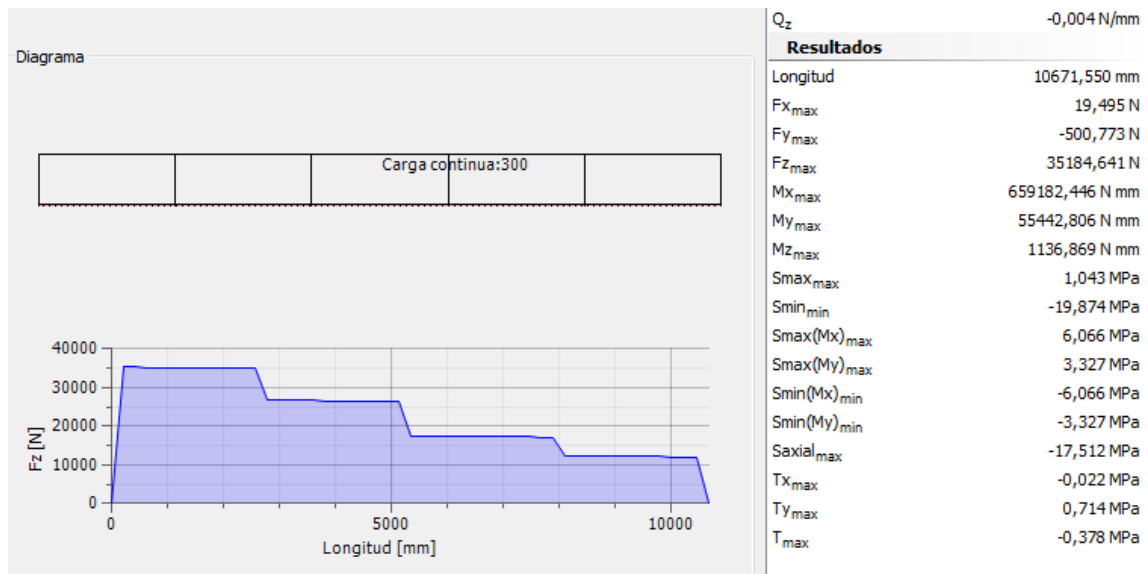
3.6.4.6-Seigarren euskarria

Zutabeak

Zutabe hauek dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 160 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

KOMPRESIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena konpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 35184,64 \text{ N}$ jasaten duena da. Lehenik eta behin konpresiopean duen portaera konprobatuko da.



3.143 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Hasteko, materialaren muga elastikoaren tentsioa eta kalkuluaren erresistentzia zehaztuko dira. Altzairua S275 izanda:

$$f_y = 275 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05} = 261,9 \frac{N}{mm^2} \quad (3.310)$$

Perfilen prontuarioaz baliatuz, IPE 160 sekzioaren propietateak lortuko ditugu:

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _r (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z						
								I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	s _z (mm)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁹ (mm ⁹)
IPE 140	12,90	140	73	4,7	6,9	7	1.642,68	541,22	77,32	88,34	57,40	764,31	44,92	12,31	19,25	16,54	26,70	2,45	1,98
IPE 160	15,77	160	82	5	7,4	9	2.009,26	869,29	108,66	123,86	65,78	965,86	68,31	16,66	26,10	18,44	30,34	3,60	3,96
IPE 180	18,80	180	91	5,3	8	9	2.394,86	1.316,96	146,33	166,41	74,16	1.125,26	100,85	22,16	34,80	20,52	31,84	4,79	1,43
IPE 200	22,36	200	100	5,6	8,5	12	2.848,64	1.943,17	194,32	220,64	82,59	1.400,24	142,37	28,47	44,61	22,36	36,66	6,98	12,99

3.144 Irudia: IPE 160 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik balio hauek aterako ditugu:

$$\text{Azalera: } A = 2009,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Biraketa erradioa, z ardatzean: } i_z = 18,44 \text{ mm}$$

$$\text{Biraketa erradioa, y ardatzean: } i_y = 65,78 \text{ mm}$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, z ardatzean: } W_{el,z} = 16,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\text{Modulu erresistente elastikoa, y ardatzean: } W_{el,y} = 108,66 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zutabearen luzera, $L = 2667\text{mm}$ izango da planoan eta $L=10671\text{mm}$ planotik kanpo.

Aukeratutako perfila baliozkoa dela konprobatuko da. Horretarako, kasu kritikoena planoan denez, hau kalkulatu da. Kasu honetan, konprobapena lerdentasuna kalkulatu egingo da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.311)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

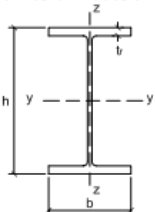
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 2667 = 1866,9 \text{ mm}$$

E , elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1866,9}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 18,44^2}} = 1,16 \quad (3.312)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.145 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabera gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, z ardatzean “b” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, planoan gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “b” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_z=1,16$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbitez reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.146 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Datuak interpolatuz,

Lerdentasuna		Gilbordura koefizientea
1,10	→	0,54
1,16	→	χ_z
1,20	→	0,48

Gilbordura koefizientea, $\chi_z = 0,495$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.313)$$

Non,

χ_z : gilbordura koefizientea. $\chi_z=0,495$

A: azalera. $A=2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd}= 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_z \cdot A \cdot f_{yd} = 0,495 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 260525,54 \text{ N} \quad (3.314)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 35184,64 \text{ N} < N_{b,Rd} = 260525,54 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoan balekoak dira.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.315)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra landatu-artikulatua.

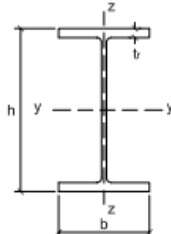
$$L_k = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 10671 = 7469,7 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{7469,7}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 65,78^2}} = 1,30 \quad (3.316)$$

Hau lortu ostean, CTE-z baliatuz, gilbordura koefizienteen taula aztertuko da, baina lehenik eta behin, zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba zein motakoa izango den ikusiko da.

Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
		$t > 100 \text{ mm}$	d	d	c	c

3.147 Irudia: Zeharkako sekzioaren arabeko gilbordura kurba

Kasu honetan, I eran laminatutako perfilak erabiliko direnez, y ardatzean “a” motako gilbordura kurba izango da.

Hau jakinda, gilbordura koefizientea lortuko da. Horretarako, aurretik lortutako gilbordura kurba “a” motakoa dela jakinda eta lerdentasuna $\lambda_y=1,30$ dela jakinda, taula aztertuko da.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltz reducida Coeficiente (α) de imperfección	Curva de pandeo				
	a ₀	a	b	c	d
	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
≤ 0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

3.148 Irudia: Gilbordura koefizienteen

Gilbordura koefizientea, $\chi_y = 0,47$ izango da.

Konprobaketarekin bukatzeko, gilbordurak jasaten duen erresistentzia kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bidez:

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} \quad (3.317)$$

Non, χ_y : gilbordura koefizientea. $\chi_y=0,47$

A: azalera. $A = 2009,26 \text{ mm}^2$

$f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$N_{b,Rd} = \chi_y \cdot A \cdot f_{yd} = 0,47 \cdot 2009,26 \cdot 261,9 = 247325,84 \text{ N} \quad (3.318)$$

Aukeratutako perfila baliozkoa izateko, kalkulatu indar hau, barrak konpresiopean jasaten duen indarra baino handiagoa izan behar da:

$$N_{Ed} = 35184,64 \text{ N} < N_{b,Rd} = 247325,84 \text{ N}$$

Kasu honetan, aurretik esandakoa betetzen da beraz, IPE 160 perfilaren konprobaketak planoatik kanpo balekoak dira.

FLEXOKONPRESIOAN

Zutabe kritikoena flexokonpresiopean, indar maximoa $N_{Ed} = 35184,64 \text{ N}$ eta momento flektoreak $M_{y,Ed} = 659182,44 \text{ N}\cdot\text{mm}$ eta $M_{z,Ed} = 55442,80 \text{ N}\cdot\text{mm}$ jasaten duena da.

Kodigo teknikoko formulak erabiliko dira, hain zuzen ere, “pieza guztirako” eta “gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako”.

Pieza guztirako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.319)$$

Suposatuko denez indarrak grabitate zentroan aplikatuta daudela, $e_{n,y}$ eta $e_{n,z}$ 0 balioa hartzen dute.

χ_{LT} : albo gilbordura koefizientea, $\chi_{LT}=1$

Barra, 3 klasekoa denez, $\alpha_z=1$ eta $\alpha_y=0,8$ izango da

Beharrezko datuak kodigo teknikoan bilatuz:

$$k_z = 1 + 0,6 \cdot \lambda_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,16 \cdot \frac{35184,64}{0,495 \cdot 526225,19} = 1,09 \quad (3.320)$$

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \lambda_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,30 \cdot \frac{35184,64}{0,47 \cdot 200191,12} = 1,29 \quad (3.321)$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2009,26 \cdot \frac{275}{1,05} = 526225,19 \text{ N} \quad (3.322)$$

$$C_{m,z} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 \quad (3.323)$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,22 = 0,68 \quad (3.324)$$

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$\frac{35184,64}{0,47 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 1,29 \cdot \frac{0,68 \cdot 659182,44 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1 \cdot 1,09 \cdot \frac{0,6 \cdot 55442,80 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,14 + 0,02 + 0,008 = 0,168$$

$0,168 < 1$ denez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Gilbordura makurdurarekiko jasaten ez duten piezentzako,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{n,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{n,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad (3.325)$$

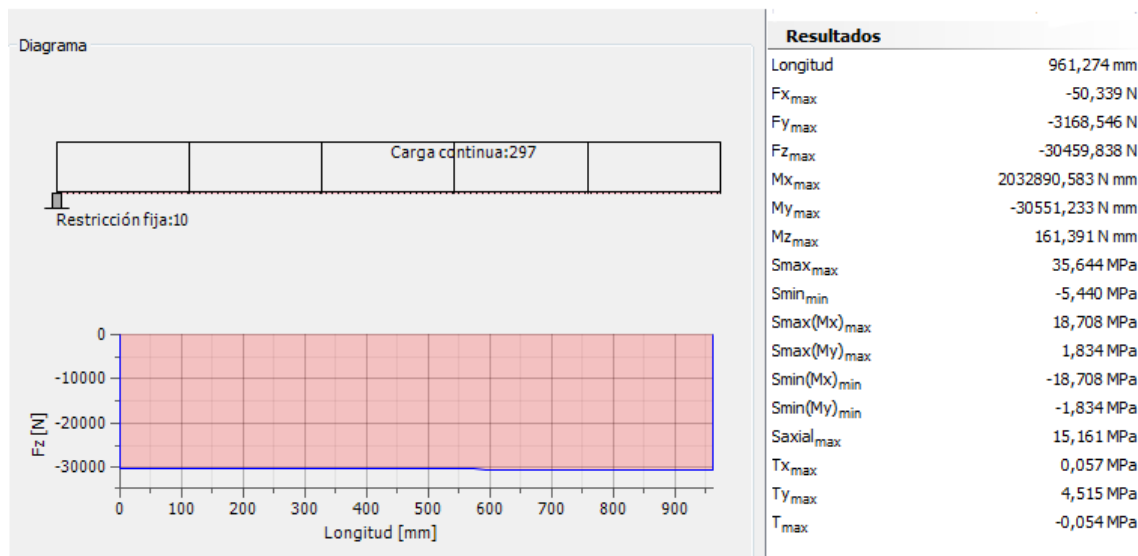
$$\frac{35184,64}{0,495 \cdot 2009,26 \cdot 261,9} + 0,8 \cdot 1,29 \cdot \frac{0,68 \cdot 659182,44 + 0}{108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9} + 1,09 \cdot \frac{0,6 \cdot 55442,80 + 0}{16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9}$$

$$0,13 + 0,016 + 0,008 = 0,154$$

0,154 < 1enez, konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

TRAKZIOKO KONPROBAPENA

Euskarri honetan, zutabe kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd}=30459,83N$ jasaten duena da.



3.149 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 2009,26 \cdot 261,9 = 526225,19 \text{ N} > 30459,83 \text{ N} \quad (3.326)$$

Trakzioan ere, IPE 160 perfila balekoa da.

FLEXOTRAKZIOKO KONPROBAPENA

Zutabe kritikoena flexotrakziopean, indar maximoa $N_{Ed}=30459,83$ N eta momento flektoreak $M_{y,Ed}=2032890,58$ N·mm eta $M_{z,Ed}=30551,23$ N·mm jasaten dituena da.

Konprobapena hurrengo adierazpenaren bidez egingo da:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (3.327)$$

Non,

$$M_{el,Rdy} = W_{el,y} \cdot f_{yd} = 108,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 28458054 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$M_{el,Rdz} = W_{el,z} \cdot f_{yd} = 16,66 \cdot 10^3 \cdot 261,9 = 4363254 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Datuak ordezkatzuz,

$$\frac{30459,83}{526225,19} + \frac{2032890,58}{28458054} + \frac{30551,23}{4363254} = 0,05 + 0,07 + 0,007 = 0,127$$

$0,127 < 1$ enez konprobaketa honetan baliokoa izango da IPE 160 perfila.

Montantea

Montantea dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren arabera IPE 80 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da eta montante luzeena konprobatu egingo da, kritikoena izango delako.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.328)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 10,54^2}} = 1,66 \quad (3.329)$$

1,66 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.330)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra biartikulatua.

$$L_k = 1 \cdot L = 1 \cdot 1520 = 1520 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{1520}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 32,38^2}} = 0,54 \quad (3.331)$$

0,54 < 2 da, beraz, IPE 80 perfila balekoa da.

Arriostramendua

Barra hauek dimentsionatzeko DIN EN 10056-1 arauaren araberako L itxurako L40x40x5 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, konprobapenak egingo dira.

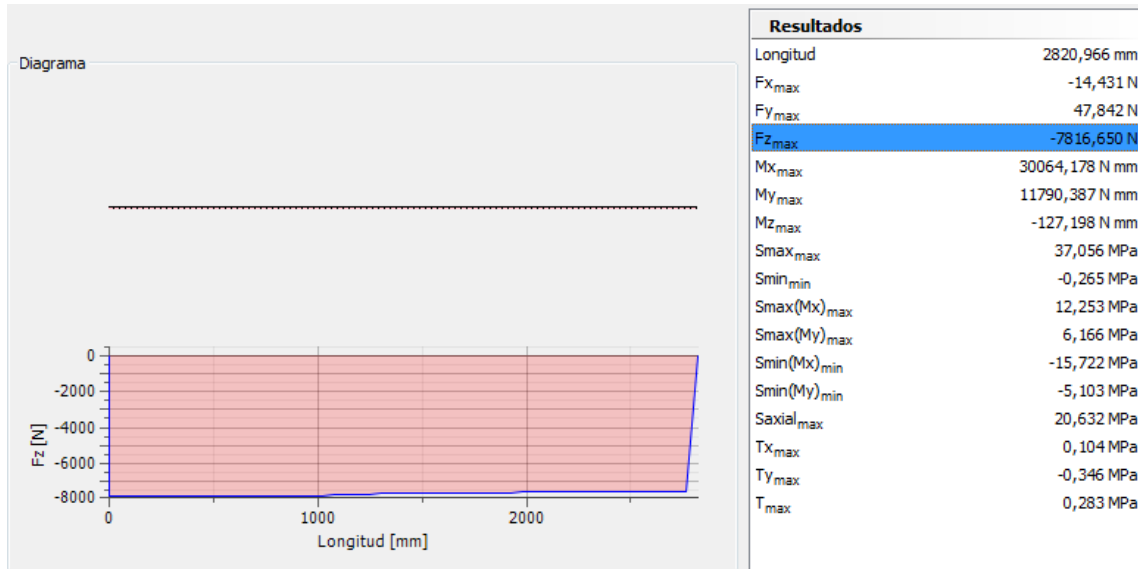
Perfil	Peso G kg/m	Dimensiones (mm)					Área A (mm ²)	Posición de los ejes				Propiedades de la sección								
		h	b	t	r ₁	r ₂		z _s = y _s (mm)	v (mm)	u ₁ (mm)	u ₂ (mm)	ejes y-y/z-z			eje u-u		eje v-v			
												$I_y = I_z$ *10 ⁴ (mm ⁴)	$W_{el,y1}$ $W_{el,z1}$ *10 ³ (mm ³)	$W_{el,y2}$ $W_{el,z2}$ *10 ³ (mm ³)	$i_y = i_z$ (mm)	I_u *10 ⁴ (mm ⁴)	i_u (mm)	I_v *10 ⁴ (mm ⁴)	i_v (mm)	I_{yz} *10 ⁴ (mm ⁴)
L 40x40x4	2,42	40	40	4	6	3	307,86	11,2	28,3	15,8	14,0	4,48	1,55	4,00	12,06	7,09	15,18	1,86	7,78	-2,61
L 40x40x5	2,97	40	40	5	6	3	378,86	11,6	28,3	16,4	14,1	5,43	1,91	4,67	11,97	8,60	15,06	2,27	7,73	-3,17
L 45x45x4,5	3,06	45	45	4,5	7	3,5	390,01	12,6	31,8	17,8	15,8	7,15	2,21	5,69	13,54	11,33	17,04	2,98	8,74	-4,17
L 50x50x4	3,06	50	50	4	7	3,5	389,26	13,6	35,4	19,2	17,5	8,98	2,47	6,61	15,19	14,22	19,12	3,74	9,80	-5,24

3.150 Irudia: L40x40x5 perfilaren propietateak. Prontuarioa.

Taulatik: $A=378,86 \text{ mm}^2$

San Andreseko gurutze moduan ezarritako arriostramenduetan trakziopean dagoen barra da lan gehien egiten duena, beraz barra honen konprobapena egingo da trakziopean.

Barra kritikoena trakziopean, indar maximoa $N_{t,Rd} = 7816,65 \text{ N}$ jasaten duena da.



3.151 Irudia: Aztertu den barraren emaitzak

Beraz konprobapena hurrengoa izango da:

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} = 378,86 \cdot 261,9 = 99223,43 \text{ N} > 7816,65 \text{ N} \quad (3.332)$$

Trakziopeko konprobapena betetzen da, beraz perfil hau balekoa da.

Sareta eta pasarela eusten dituen montantea

Montante hau dimentsionatzeko DIN 1025-5 IPE arauaren araberako IPE 330 profila aukeratu da. Sekzio hau balekoa den ikusteko, habearen lerdentasuna 2 baino txikiagoa izatea nahikoa da. Konprobapen hau planoan eta planotik kanpo aztertuko da.

Planoan

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} \quad (3.333)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 2915 = 5830 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_z^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{5830}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 35,48^2}} = 1,89 \quad (3.334)$$

1,89 < 2 da, beraz, IPE 330 perfila balekoa da.

Planotik kanpo

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} \quad (3.335)$$

Non,

L_k , barraren gilbordura luzera. Barra mensulan.

$$L_k = 2 \cdot L = 2 \cdot 2915 = 5830 \text{ mm}$$

E, elastikotasun modulua. $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Beraz,

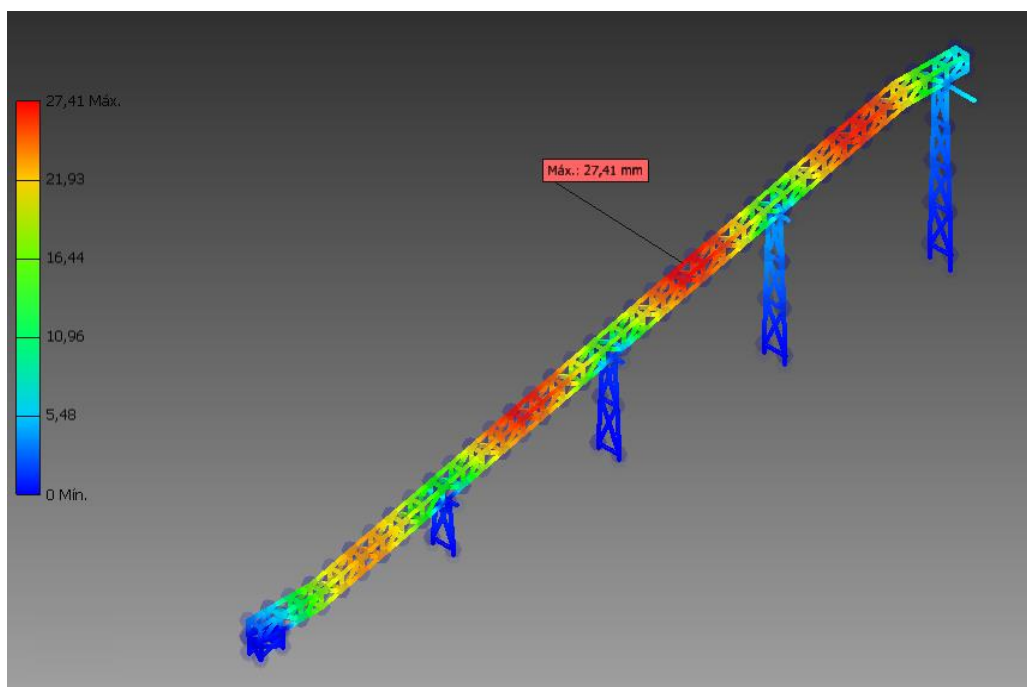
$$\lambda_y = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot i_y^2}} = \sqrt{\frac{275}{\left(\frac{\pi}{5830}\right)^2 \cdot 210000 \cdot 137,09^2}} = 0,48 \quad (3.336)$$

0,48 < 2 da, beraz, IPE 330 perfila balekoa da.

3.6.5- Saretaren konprobapenak Zerbitzu Muga Egoeran

Konprobaketak honen bidez, saretaren deformaketaren konprobaketa egingo da. Zerbitzu muga egoeraren egoera kaltegarrienean aztertuko da.

Horretarako, Inventor programak deformaketa maximoko puntuan zenbatekoa den datu honen erresultantea erakutsiko du.



3.152 Irudia: Egitura osoaren deformazioen eskema

Kasu honetan deformaketa maximoaren erresultantea 27,41 mm da. Deformaketa maximoa zenbatekoa den jakinda, hurrengo adierazpenaren bitartez aztertuko da:

$$\delta_R \leq \frac{L}{300} \quad (3.337)$$

Non,

δ_R : deformaketa maximoaren erresultantea, mm-tan

L: euskarrien arteko luzera, mm-tan

Beraz, datuak ordezkatzuz:

$$27,41 \leq \frac{12000}{300}$$

27,41mm < 40 mm → Betetzen da, beraz deformazioaren konprobapena ona da.

3.6.6- Euskarrien konprobapenak Zerbitzu Muga Egoeran

Konprobapen honen kasuan, euskarrien zutabeen desplazamendu horizontala aztertu egingo da. Hurrengo adierazpena erabiliz egingo da:

$$\delta_H \leq \frac{h}{300} \quad (3.338)$$

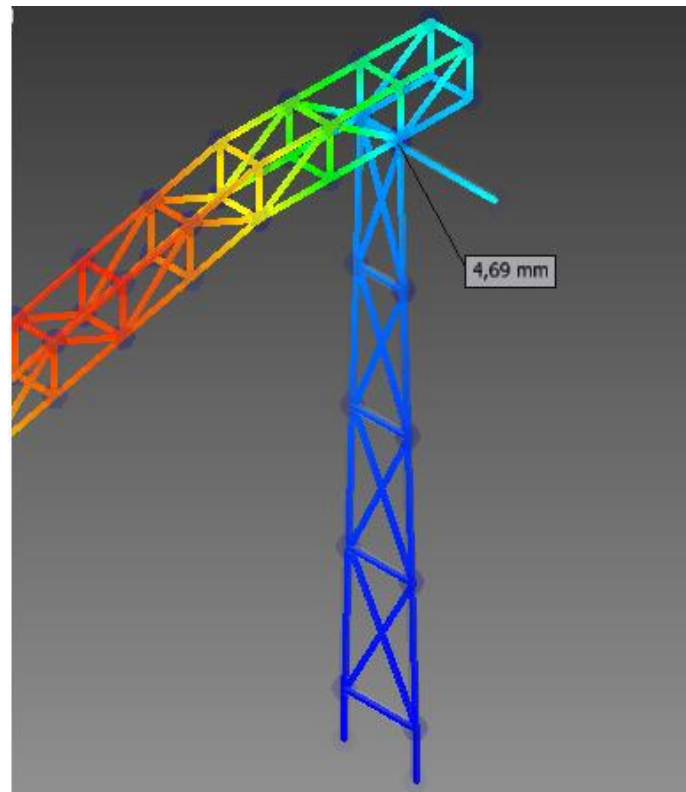
Non,

δ_H : Desplazamendu horizontala, mm-tan

h: zutabearen altuera, mm-tan

Euskarrien kasuan, desplazamendu horizontal maximoa jasaten duena, seigarren euskarria da, hau da, altuena. Hortaz, euskarri honen zutabeak dira aztertuko direnak.

Horretarako, Inventor programak deformaketa horizontal maximoko puntuan zenbatekoa den datu hau erakutsiko du.



3.153 Irudia: Seigarren euskarriaren deformatzioen eskema

Kasu honetan deformatura horizontal maximoa seigarren euskarrian 4,69 mm da.

Datuak adierazpenean ordezkatzuz:

$$4,69 \leq \frac{11633}{300}$$

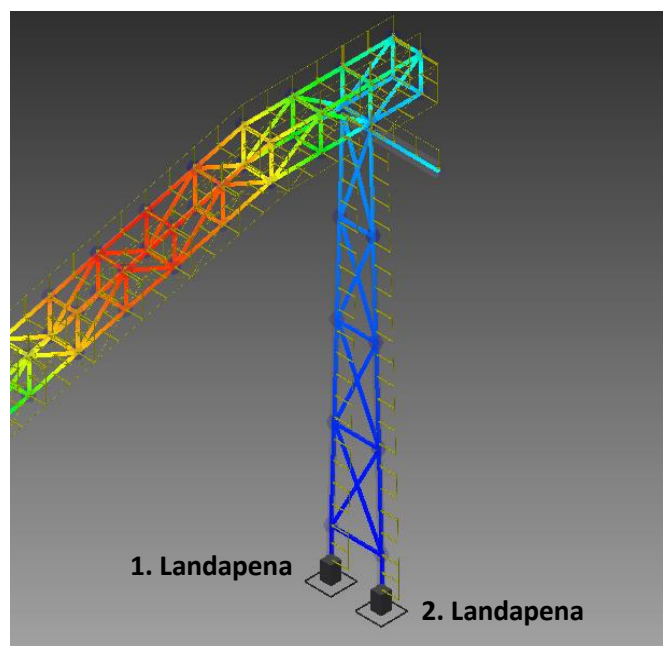
4,69 mm < 38,77 mm → Betetzen da, beraz deformatzioaren konprobapena ona da.

3.7.-Zimenduaren kalkulua

Egituraren euskarriak lurrian finkatzeko, hormigoizko blokeak ezarriko dira euskarri bakoitzaren zutabeen oinarrian.

Beraz, zutabe bakoitzaren erreakzioetatik abiatuz, hormigoizko blokearen bolumena kalkulatu egingo da.

Horretarako, egituraren kalkulu programan ikus daiteke seigarren euskarriaren landapenetan egongo direla erreakzio kritikoenak. Zutabe baten erreakzioak trakzioko erreakzioak izango dira eta beste zutabearena, berriz, konpresioko erreakzioak.



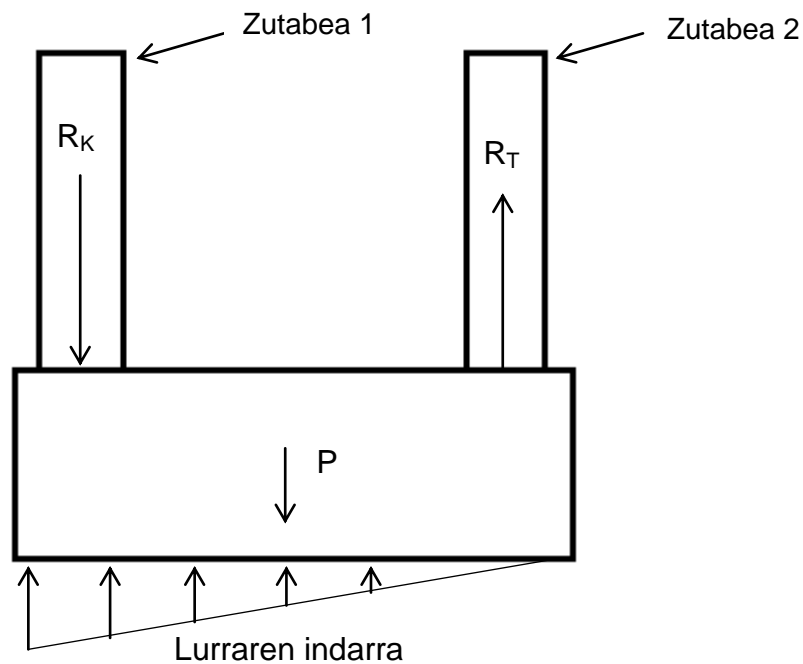
3.154 Irudia: Seigarren euskarriaren deformazioen eskema

Hain zuzen ere, lehenengo landapenaren erreakzioak konpresiokoak izango dira eta bigarren landapenaren erreakzioak trakziokoak.

Fuerza de reacción 1	
Total	40971,999 N
Fuerza de reacción 2	
Total	29953,253 N

3.155 Irudia: Erreakzioak landapenetan

Datu hauekin hurrengo kalkuluak egingo dira:



3. 156 Irudia: Erreakzioen eskema

Non,

- R_T , trakziozko erreakzioa. $R_T = 29953,253 \text{ N}$
- R_K , konpresiozko erreakzioa. $R_K = 40971,999 \text{ N}$

Lurraren indarrari eta zimenduaren berezko pisuari egonkortasunari dagokion segurtasun koefizienteak aplikatu beharko zaizkie.

Erreakzioaren balioa zuzenean hartzen da egonkortasuna egiaztatzeko, erabili diren segurtasun koefizienteak handiagoak direla jakinda eta ondorioz, hurrengo kalkulua segurtasunaren aldetik eginda dago.

		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

3. 157 Irudia: Segurtasun koefizienteak

Kasu honetan zimenduaren berezko pisuak 0,9 koefizientea izango du eta lurraren indarrak 0,8 koefizientea izango du, biak direlako indar egonkortzaileak.

Beraz, egingo den lehenengo kalkulua, erreakzioek sortzen duten pareta izango da. Horretarak bi zutabeen artean dagoen erdiko puntuan momentuen batura egingo da.

$$\sum M = 0 \quad (3.339)$$

$$R_K \cdot L + R_T \cdot L - M_R = 0 \quad (3.340)$$

$$40971,999 \cdot 0,76 + 29953,253 \cdot 0,76 = M_R$$

$$M_R = 53903,18 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ondoren eszentrizitatea zein den kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bitartez:

$$e = \frac{M_R}{N + P} \quad (3.341)$$

Non,

- M_R , erreakzioen pareta. $M_R=53903,18 \text{ N} \cdot \text{m}$
- P , zimentuaren pisua.
- N , erreakzioen arteko indarra. $N = 40971,999 - 29953,253 = 11018,71 \text{ N}$

Beraz, zimentuaren pisua kalkulatzeko, 1,8m x 3m x 0,8m-ko zimentua suposatuko dugu. Horrela, zimenduaren bolumena $2,88\text{m}^3$ da. Zimenduaren pisua kalkulatzeko:

$$P = V \cdot \gamma \quad (3.342)$$

Non,

- V , zimenduaren bolumena. $V=4,32\text{m}^3$
- γ , hormigoiaaren dentsitatea. $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$

3.342 formula aplikatuz:

$$P = 4,32 \cdot 2500 \cdot 9,81 = 105948 \text{ N}$$

Zimenduaren pisuari segurtasun koefizientea aplikatuz:

$$P = 70632 \cdot 0,9 = 96453,2 \text{ N}$$

Hau jakinda, 3.341 formula aplikatu da, eszentrizitatea kalkulatzeko:

$$e = \frac{53903,18}{11018,74 + 96853,2} = 0,48 \text{ m}$$

Kalkulu hau balekoa den konprobatzeko hurrengo adierazpena erabiliko da:

$$e < \frac{a}{6} \quad (3.343)$$

Non,

- a, zimenduaren zabalera. Kasu honetan a=3m

3.343 adierazpena aplikatuz:

$$e < \frac{3}{6}$$

$$0,48 \text{ m} < 0,5 \text{ m}$$

Adierazpena betetzen da, beraz hormigoia dimentsionaketa egokia da.

Gainera, lurrak hormigoia dion erresistentzia konprobatu beharko da. Horretarako, hurrengo adierazpena erabiliko da:

$$\sigma_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{N + P}{(a - 2e)} \leq \frac{4}{3} \cdot \sigma_{adm} \quad (3.344)$$

Non,

- σ_1 , lurrak jasaten duen tentsioa
- N, erreazioen arteko indarra. N = 11018,71 N
- P, zimenduaren pisua. P=96453,2 N
- a, hormigoia luzeza. a = 300 cm
- e, eszentritzitatea. e = 48 cm
- σ_{adm} , lurraren erresistentzia admisiblea. $\sigma_{adm}=10\text{kg/cm}^2$

Beraz 3,344 aplikatuz:

$$\sigma_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{11018,71 + 96453,2}{(300 - 2 \cdot 48)} = 702,43 \frac{\text{N}}{\text{cm}} = 71,60 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

Lortutako σ_1 , hormigoia zabalerarengatik zatitu behar da, kg/cm^2 -tan lortzeko. Beraz,

$$\sigma_1 = \frac{71,60}{180} = 0,39 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Hau adierazpenaren bigarren zatiarekin alderatuz:

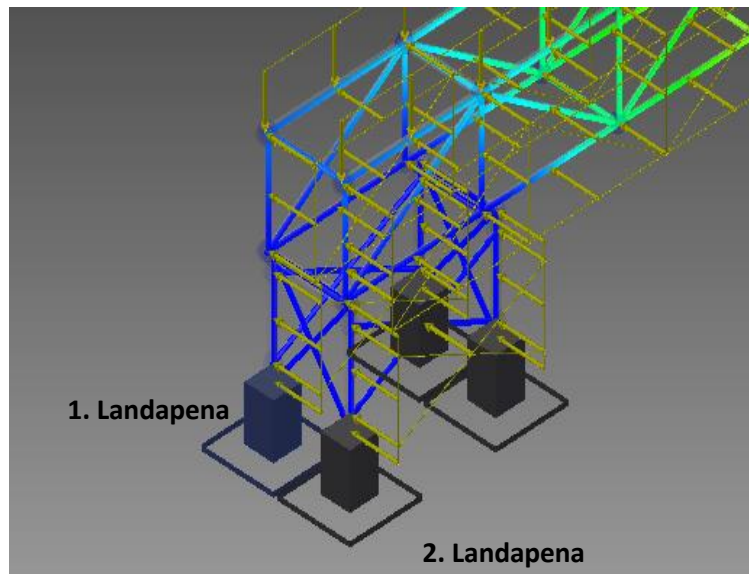
$$\sigma_1 = 0,39 \frac{kg}{cm^2} \leq \frac{4}{3} \cdot 10 = 13,3 \frac{kg}{cm^2} \quad (3.345)$$

$$0,39 \text{ kg/cm}^2 \leq 13,33 \text{ kg/cm}^2$$

Beraz, lurak jasango du hormigoiaeren pisua.

Hormigoi bolumen hau, hirugarren, laugarren, bosgarren eta seigarren euskarrietan erabiliko da, zabalera berdina dutelako. Lehenengo eta bigarren euskarriek zabalera txikiagoa dute eta diseinu baldintzengatik hauentzako egokiagoa den hormigoi bolumena kalkulatu da. Hau egiteko, aurreko metodo berdina jarraituko da.

Horretarako, egituraren kalkulu programan ikus daitezke lehenengo euskarriaren landapenetan egongo direla erreakzio kritikoak. Zutabe baten erreakzioak trakzioko erreakzioak izango dira eta beste zutabearena, berriz, konpresioko erreakzioak.



3.158 Irudia: Lehenengo euskarriaren deformazioen eskema

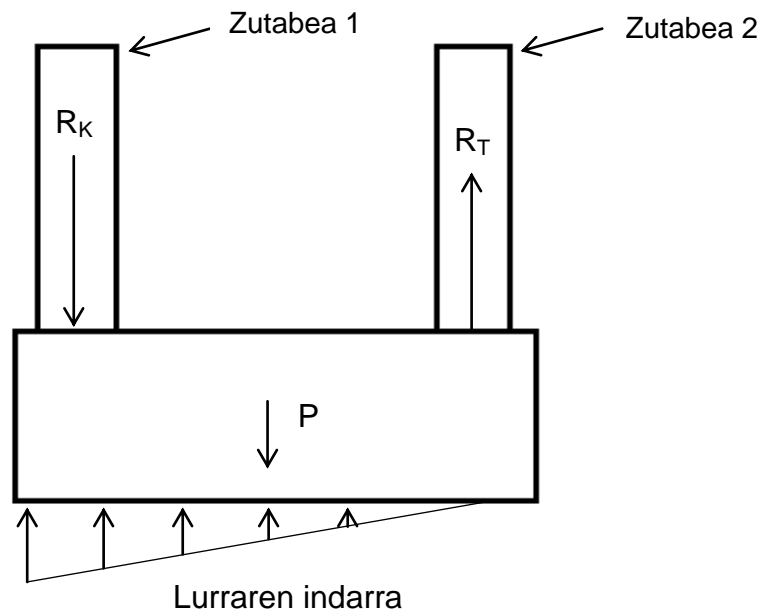
Hain zuzen ere, lehenengo landapenaren erreakzioak konpresiokoak izango dira eta bigarren landapenaren erreakzioak trakziokoak.

Fuerza de reacción 1	
Total	5766,370 N

Fuerza de reacción 2	
Total	7234,633 N

3. 159 Irudia: Erreakzioak euskarrietan

Datu hauekin hurrengo kalkuluak egingo dira:



3. 160 Irudia: Erreakzioen eskema

Non,

- R_T , trakziozko erreakzioa. $R_T = 7234,633 \text{ N}$
- R_K , konpresiozko erreakzioa. $R_K = 5766,37 \text{ N}$

Lurraren indarrari eta zimenduaren berezko pisuari egonkortasunari dagokion segurtasun koefizienteak aplikatu beharko zaizkie.

Erreakzioaren balioa zuzenean hartzen da egonkortasuna egiaztatzeko, erabili diren segurtasun koefizienteak handiagoak direla jakinda eta ondorioz, hurrengo kalkulua segurtasunaren aldetik eginda dago.

		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

3. 161 Irudia: Segurtasun koefizienteak

Kasu honetan zimenduaren berezko pisuak 0,9 koefizientea izango du eta lurraren indarrak 0,8 koefizientea izango du, biak direlako indar egonkortzaileak.

Beraz, egingo den lehenengo kalkulua, erreakzioek sortzen duten pareta izango da. Horretarak bi zutabeen artean dagoen erdiko puntuan momentuen batura egingo da.

$$\sum M = 0 \quad (3.346)$$

$$R_K \cdot L + R_T \cdot L - M_R = 0 \quad (3.347)$$

$$5766,37 \cdot 0,42 + 7234,63 \cdot 0,42 = M_R$$

$$M_R = 5460,42 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ondoren eszentrizitatea zein den kalkulatu da hurrengo adierazpenaren bitartez:

$$e = \frac{M_R}{N + P} \quad (3.348)$$

Non,

- M_R , erreakzioen pareta. $M_R=5460,42 \text{ N} \cdot \text{m}$
- P , zimentuaren pisua.
- N , erreakzioen arteko indarra. $N = 7234,63 - 5766,37 = 1468,26 \text{ N}$

Beraz, zimentuaren pisua kalkulatzeko, $0,8\text{m} \times 2\text{m} \times 0,6\text{m}$ -ko zimentua suposatuko dugu. Horrela, zimentuaren bolumena $2,88\text{m}^3$ da. Zimentuaren pisua kalkulatzeko:

$$P = V \cdot \gamma \quad (3.349)$$

Non,

- V , zimentuaren bolumena. $V=0,96\text{m}^3$
- γ , hormigoaren dentsitatea. $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$

3.349 formula aplikatuz:

$$P = 0,96 \cdot 2500 \cdot 9,81 = 23544 \text{ N}$$

Zimentuaren pisuari segurtasun koefizientea aplikatuz:

$$P = 23544 \cdot 0,9 = 21189,6 \text{ N}$$

Hau jakinda, 3.348 formula aplikatu da, eszentrizitatea kalkulatzeko:

$$e = \frac{5460,42}{1468,26 + 21189,6} = 0,24 \text{ m}$$

Kalkulu hau balekoa den konprobatzeko hurrengo adierazpena erabiliko da:

$$e < \frac{a}{6} \quad (3.350)$$

Non,

- a, zimenduaren zabalera. Kasu honetan a=3m

3.350 adierazpena aplikatuz:

$$e < \frac{3}{6}$$

$$0,24 \text{ m} < 0,33 \text{ m}$$

Adierazpena betetzen da, beraz hormigoia dimentsionaketa egokia da.

Gainera, lurrak hormigoia dion erresistentzia konprobatu beharko da. Horretarako, hurrengo adierazpena erabiliko da:

$$\sigma_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{N + P}{(a - 2e)} \leq \frac{4}{3} \cdot \sigma_{adm} \quad (3.351)$$

Non,

- σ_1 , lurrak jasaten duen tentsioa
- N, erreakzioen arteko indarra. N = 1468,26N
- P, zimenduaren pisua. P=21189,6 N
- a, hormigoia luzeza. a = 200 cm
- e, eszentritzitatea. e = 24 cm
- σ_{adm} , lurra erresistentzia admisiblea. $\sigma_{adm}=10\text{kg/cm}^2$

Beraz 3,344 aplikatuz:

$$\sigma_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{1468,26 + 21189,6}{(200 - 2 \cdot 24)} = 198,75 \frac{N}{cm} = 20,26 \frac{kg}{cm}$$

Lortutako σ_1 , hormigoia zabalerarengatik zatitu behar da, kg/cm^2 -tan lortzeko. Beraz,

$$\sigma_1 = \frac{20,26}{80} = 0,25 \frac{kg}{cm^2}$$

Hau adierazpenaren bigarren zatiarekin alderatuz:

$$\sigma_1 = 0,25 \frac{kg}{cm^2} \leq \frac{4}{3} \cdot 10 = 13,3 \frac{kg}{cm^2} \quad (3.352)$$

$$0,25 \text{ kg/cm}^2 \leq 13,33 \text{ kg/cm}^2$$

Beraz, lurrak jasango du hormigoia-aren pisua.

3.8.-Ainguraketa barren kalkulua

Altzairuzko barrak, zimendua eta zutabeak lotzeko erabiliko dira. Beharrezko dimentsioen baldintzak EHE ezarritakoak dira.

$$l_b = m \cdot \varnothing^2 \geq \left(\frac{f_{yk}}{20} \right) \cdot \varnothing \quad (3.353)$$

Non,

- l_b , ainguraketa luzera.
- \varnothing , barraren diametroa. Kasu honetan 24mm-koa suposatuko da.
- m , itsaspen koefizientea. Hormigoia HA-25 eta barrak B400S direnez, $m=1,2$.
- f_{yk} , altzairuaren limite elastikoa, B400S denez, $f_{yk}=400\text{MPa}$.

3.353 formula aplikatuz,

$$l_b = m \cdot \varnothing^2 = 1,2 \cdot 24^2 = 691,2 \text{ mm}$$

$$\left(\frac{f_{yk}}{20} \right) \cdot \varnothing = \frac{400}{20} \cdot 24 = 480 \text{ mm}$$

$$691,2 \text{ mm} \geq 480 \text{ mm}$$

Baldintza betetzen da, beraz ainguraketa barrak 650mm-koak eta 24mm-ko diametrokoak izango dira.

Lehenengo eta bigarren euskarrien ainguraketa barrak besteak baino txikiagoak izango dira, zimenduaren altuera txikiagoa delako. Beraz, hauek ere dimentsionatu beharko dira. Horretarako aurreko adierazpen berdina erabiliko da:

$$l_b = m \cdot \varnothing^2 \geq \left(\frac{f_{yk}}{20} \right) \cdot \varnothing \quad (3.354)$$

Non,

- l_b , ainguraketa luzera.

- \emptyset , barraren diametroa. Kasu honetan 20mm-koa suposatuko da.
- m , itsaspen koefizientea. Hormigoia HA-25 eta barrak B400S direnez, $m=1,2$.
- f_{yk} , altzairuaren limite elastikoa, B400S denez, $f_{yk}=400\text{MPa}$.

3.353 formula aplikatuz,

$$l_b = m \cdot \emptyset^2 = 1,2 \cdot 20^2 = 480 \text{ mm}$$

$$\left(\frac{f_{yk}}{20}\right) \cdot \emptyset = \frac{400}{20} \cdot 20 = 400 \text{ mm}$$

$$480 \text{ mm} \geq 400 \text{ mm}$$

Baldintza betetzen da, beraz ainguraketa barrak 450mm-koak eta 20mm-ko diametrokoak izango dira.

Eneko Larrinaga Rodríguez
72318799-Z
Ingeniaritza Mekanikoko Gradua

Sinatua:

2017ko iraila