

emari ta 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

--

FDO.: FECHA:	FDO.: FECHA:
-----------------	-----------------

**DOCUMENTO 5: PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>5.1 CONDICIONES GENERALES</b> .....	3
5.1.1 Generalidades.....	3
5.1.2 Objetivo .....	4
5.1.3 Ámbito de aplicación .....	4
5.1.4 Condiciones generales de carácter legal .....	4
5.1.5 Normativa de carácter general .....	5
<b>5.2 CONDICIONES TÉCNICAS</b> .....	7
5.2.1 Generalidades.....	7
5.2.2 Materiales .....	7
5.2.2.1 Generalidades.....	7
5.2.2.2 Características de los materiales .....	8
5.2.3 Descripción de los componentes .....	10
5.2.3.1 Embrague.....	10
5.2.3.2 Caja de cambios .....	11
5.2.3.2.1 Eje primario .....	11
5.2.3.2.2 Eje intermedio .....	11
5.2.3.2.3 Eje secundario .....	12
5.2.3.2.4 Engranajes .....	13
5.2.3.2.4.1 Engranajes para la marcha delantera .....	13
5.2.3.2.4.2 Engranajes marcha atrás .....	15
5.2.3.2.5 Rodamientos .....	16
5.2.3.2.5 Sincronizadores .....	17
5.2.3.2.7 Chavetas .....	18
5.2.3.3 Eje de transmisión.....	18
5.2.3.4 Juntas Cardán.....	18
5.2.3.5 Diferencial .....	19

5.2.4 Condiciones de ejecución .....	21
5.2.4.1 Materia prima .....	21
5.2.4.2 Dientes .....	21
5.2.4.3 Acabado superficial.....	22
5.2.4.4 Tolerancias geométricas y dimensionales .....	23
5.2.4.5 Tratamientos térmicos y químicos.....	24
5.2.4.6 Montaje .....	24
5.2.4.7 Engrase y lubricación .....	25
5.2.4.8 Comprobación.....	26
5.2.4.9 Control de calidad .....	27
5.2.4.10 Embalaje y transporte .....	27
<b>5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>28</b>
5.3.1 Planificación .....	28
5.3.2 Elaboración del proyecto.....	28
5.3.3 Pago.....	29
5.3.4 Entrega .....	29
5.3.5 Garantía .....	30
5.3.6 Patentes y licencias .....	30
5.3.7 Secreto profesional .....	30
5.3.7 Secreto profesional .....	31

## **5.1 CONDICIONES GENERALES**

### **5.1.1 Generalidades**

El pliego de condiciones es el documento que tiene como finalidad cumplimentar de manera adecuada las condiciones técnicas, económicas y administrativas fijadas en el proyecto. En él se recogen los aspectos básicos a tener en cuenta para la correcta realización del proyecto.

En este documento se reflejan todas las condiciones y criterios que hay que respetar para la fabricación, gestión y aseguramiento del correcto funcionamiento del sistema de transmisión. Con este documento se aclarará cualquier duda o malentendido que se genere a la hora de llevar a cabo el proyecto.

Antes de realizar cualquier modificación en el sistema de transmisión del automóvil, será imprescindible informar del cambio al director del proyecto, antes de realizar dicho cambio. El director del proyecto es el que tiene el mando en el proyecto y sin su consentimiento no está permitido realizar ningún tipo de cambio en el proyecto. En el caso de realizar cambios sin el consentimiento del mencionado director, las consecuencias serán responsabilidad del fabricante del proyecto.

El proyecto Cálculo y diseño de la transmisión de un automóvil ha sido publicado en Bilbao el 12 de noviembre de 2017.

En este documento y en el Documento 4: Planos, se concretan los materiales empleados, sus propiedades mecánicas y las condiciones que deben cumplir.

El proyecto está formado por los siguientes documentos:

- Documento 1: Índice general
- Documento 2: Memoria
- Documento 3: Anexo de cálculos
- Documento 4: Planos
- Documento 5: Pliego de condiciones
- Documento 6: Presupuesto
- Documento 7: Estado de mediciones

### **5.1.2 Objetivo**

El pliego de condiciones está formado por un conjunto de especificaciones, criterios y normas, que junto al Documento 4: Planos y el Documento 2: Memoria definen todos los requisitos técnicos de este proyecto.

Las modificaciones que se quieran realizar deben ser notificados al director del proyecto, ya que es necesaria su autorización para realizar cualquier cambio en el. Si no se informa del cambio, el fabricante será el responsable de las consecuencias que deriven de la modificación.

Este documento no especifica ni limita las pautas de fabricación de la transmisión, ya que será responsabilidad del fabricante definir las. Será el encargado de escoger los procesos más adecuados y óptimos para la fabricación de la transmisión.

### **5.1.3 Ámbito de aplicación**

Este documento será de aplicación a la fabricación, control, dirección, gestión e inspección de la transmisión. Por lo tanto, el embrague, la caja de cambios, árbol de transmisión y diferencial, de un Mercedes Benz Clase C 180 (2015) de 156 cv y 6 velocidades.

### **5.1.4 Condiciones generales de carácter legal**

La ejecución es responsabilidad del constructor, por lo que si ésta no es correcta, la culpabilidad recaerá sobre el constructor, aunque el director del proyecto haya dado el visto bueno. El constructor es el responsable de todo lo que suceda a partir del comienzo de fabricación del proyecto hasta la entrega.

El constructor deberá entregar informes técnicos, así como señalará el grado de ejecución de las medidas correctoras y su efectividad mensualmente y obligatoriamente. Si los resultados fuesen negativos se estudiará y presentará una propuesta de medidas correctoras.

### **5.1.5 Normativa de carácter general**

El proyecto “Cálculo y diseño de la transmisión de un automóvil” se rige por la normativa vigente, como son la Norma UNE, ISO, DIN y ASME. Si hay alguna discrepancia entre las normas mencionadas, se usará siempre la más restrictiva.

Las omisiones en Planos y Pliego o las descripciones erróneas de detalles del proyecto, que sean manifiestamente indispensables para llevar a cabo el espíritu o la intención expuestos en los Planos y Pliego, o que por uso y costumbre deban ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos, sino que por el contrario deberán ser ejecutados como si hubiesen sido completa y correctamente especificados.

Independientemente de la normativa y reglamentos de índole técnica de obligada aplicación, que se expondrá en cada uno de los Pliegos de Condiciones Técnicas Particulares, se verán en todo momento, durante la ejecución del proyecto las siguientes normas y reglamentos de carácter general.

- UNE 157001:2002 (Criterios generales para la elaboración de proyectos).
- REAL DECRETO 1435/1992 de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.
- ORDEN de 9 de marzo de 1971 (Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
- REAL DECRETO 1316/1989 de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- LEY 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269 de 10 de noviembre).

- REAL DECRETO 485/1997 de 14 de abril, sobre Señalización de Seguridad en el trabajo.
- REAL DECRETO 486/1997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- REAL DECRETO 487/1997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- REAL DECRETO 773/1997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- REAL DECRETO 1215/1997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos.
- Norma UNE-EN 1050:1997. Seguridad de máquinas. Principios para la evaluación de riesgos.
- REAL DECRETO 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE número 27 de 31 de enero de 1997)
- LEY 54/2003 de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- REAL DECRETO 1311/2005 de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas.
- REAL DECRETO 1644/2008 de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.

## **5.2 CONDICIONES TÉCNICAS**

### **5.2.1 Generalidades**

Todas las piezas que forman el sistema de transmisión deben de cumplir las condiciones que son especificadas en los planos y en el resto de documentos del proyecto. Las condiciones técnicas que forman este documento deben de cumplirse y las condiciones de los elementos comerciales expuestas por los fabricantes también deben cumplirse. Los materiales utilizados poseerán los correspondientes certificados de calidad y origen.

Los elementos fabricados para este proyecto deberán cumplir unos requisitos y normas, por lo que debe ser aprobado por el director del proyecto y homologados por los oficiales correspondientes.

La dirección técnica es la encargada de comprobar tanto los elementos fabricados como los elementos comerciales que se instalan en el mecanismo. El técnico en industrialización debe de comprobar las herramientas que se usarán en el proyecto y será el encargado de sustituirlas en caso de ser defectuosas.

Por último el responsable de calidad del fabricante será el encargado de entregar a la dirección técnica del proyecto, lo informes periódicos sobre los materiales, homologaciones, formación de operarios, metrologías, trazabilidad del producto.... De este modo será más fácil controlar el proceso de montaje para futuras mejoras en el proceso y detección de errores en producción.

### **5.2.2 Materiales**

#### **5.2.2.1 Generalidades**

El departamento de calidad es el responsable de hacer las pruebas de resistencia, dureza... necesarias tanto a la pieza como a las probetas. Antes de la elección del material, se tiene en cuenta que tipo de cargas, función y vida útil que deberá soportar la pieza que se estudia. Los resultados obtenidos deben de registrarse, para una futura consulta en caso de detectar errores.

En general, este proyecto se basa en experiencias anteriores y se usarán los materiales ya utilizados en otros proyectos de la misma índole.

### 5.2.2.2 Características de los materiales

En este apartado se detallan los materiales utilizados para la fabricación de la transmisión. Se explican las propiedades y características de los diferentes materiales.

#### ➤ 18CrNi8

18CrNi8 es un acero cementado aleado que tiene una resistencia elevada al desgaste y una superficie dura. Tiene una resistencia a tracción de 120-145 kg/mm<sup>2</sup> y una tensión de fluencia de 80 kg/mm<sup>2</sup>. Como tiene una resistencia bastante elevada, este material se usa para formar los ejes de la caja de cambios. Tanto como el eje primario, intermedio y secundario. La composición química del material es:

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,15-0,20	0,15-0,40	0,40-0,60	-	-	1,80-2,10	-	1,80-2,10 (Ni)

*Tabla 5.1: composición química 18CrNi8*

#### ➤ 20MnCr5

20MnCr5 es un acero cementado aleado que tiene una resistencia elevada al desgaste y una superficie dura. Tiene una resistencia a tracción de 100-130 kg/mm<sup>2</sup> y una tensión de fluencia de 70 kg/mm<sup>2</sup>. Como tiene una resistencia bastante elevada, este material se usa para formar los engranajes de la caja de cambios. Todos los engranajes que componen este proyecto estarán formados con este material

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,17	Max 0,4	1,1-1,14	Max 0,025	Max 0,025	1-1,3	-	-

➤ *Tabla 5.2: composición química 20MnCr5*

#### ➤ 16MnCr5

16MnCr5 es un acero cementado aleado que tiene una resistencia elevada al desgaste y una superficie dura. Tiene una resistencia a tracción de 80-110 kg/mm<sup>2</sup> y una tensión de fluencia de 60 kg/mm<sup>2</sup>. Como tiene una resistencia bastante elevada,

este material se usa para formar los sincronizadores que permiten cambiar de velocidad en la caja de cambios. Todos los sincronizadores que componen este proyecto estarán formados con este material.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,14-0,17	0,4	1 -1,3	0,025	0,035	0,8-1,10	-	-

➤ Tabla 5.3: composición química 16MnCr5

#### ➤ 51CrMoV4

51CrMoV4 es un tipo de acero mejorado y es utilizado en aplicaciones que necesitan una gran resistencia y elasticidad, como por ejemplo en muelles y elementos similares. Al material se le aplica un proceso de templado para conseguir una resistencia mayor. Este material tiene una resistencia a tracción de 140-170 kg/mm<sup>2</sup> una tensión de fluencia de 120 kg/mm<sup>2</sup>. En este proyecto el material se ha utilizado para fabricar los aros sincronizadores.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,48-0,56	0,15-0,40	0,70-1,16	0,03	0,03	0,90-1,20	0,15-0,25	0,08-0,15

➤ Tabla 5.4: composición química 51CrMoV4

#### ➤ S-355 J2H

Es un acero acabado en frío que tiene gran resistencia a compresión, torsión y flexión. En el proceso de fabricación de perfiles tubulares se consigue una superficie lisa, resultante de la laminación. También se consigue una regularidad del espesor y una tolerancia reducida por debajo de los 5 mm. El límite elástico es de 355 N/mm<sup>2</sup> con una resistencia a tracción de 510-680 N/mm<sup>2</sup>. El material se ha escogido para la fabricación del eje de transmisión o árbol de transmisión, ya que la resistencia a torsión es elevada.

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,22	0,55	1,60	0,03	0,03	-	-	-

➤ Tabla 5.5: composición química S355 J2H

#### ➤ C-45

Este material es utilizado para elementos de maquina como pueden ser las chavetas. Es un material que temple bien y tiene un resistencia relativamente baja, ya que se utiliza a modo de fusible mecánico. Tiene una dureza superficial de 55 HRC y una tensión de fluencia de 590 N/mm<sup>2</sup>. En general, tiene unas propiedades mecánicas que los otros aceros, pero es necesario para que se produzca la rotura de la chaveta si se produce algún tipo de fallo en el sistema de transmisión. La composición de este acero es la siguiente:

C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	Otros (%)
0,4-0,5	0,5-0,8	0,40	0,045	0,035	0,22	0,32	0,1 (Ni)

*Tabla 5.6: composición química C-45*

### 5.2.3 Descripción de los componentes

Todos los elementos que forman la transmisión del vehículo están definidos en este documento, para ellos se usarán las especificación del documento 4: Planos. Se comprueba la congruencia de cada pieza con las pruebas y controles de calidad que se hacen en el proceso de fabricación y montaje.

#### 5.2.3.1 Embrague

El disco del embrague tiene 228 mm de diámetro exterior y 158,4 mm de diámetro interior, y se ha seleccionado del catálogo de SACHS. Encima de este se coloca el material de fricción. En el eje tiene un estriado de 6 mm de largo, con un diámetro de 35 mm y modulo 1mm. La norma del estriado es DIN 5480 y tiene 34 dientes. El estriado lleva un ajuste deslizante, para que el disco del embrague se pueda desplazar cuando el conductor pise el pedal del embrague para desembragar. El estriado del embrague tiene un ajuste deslizante de H8/h9.

### 5.2.3.2 Caja de cambios

#### 5.2.3.2.1 Eje primario

El eje primario tiene 231,94 mm de largo y está fabricado de 18CrNi8. Está compuesto de una única sección, de 35 mm de diámetro. En el eje primario está mecanizado un engranaje de 35 dientes, con un diámetro primitivo de 144,72 mm, una anchura de 40 mm y módulo de 4mm. El eje tiene una tolerancia geométrica concentricidad de 0,03 para el correcto equilibrio de los rodamientos cónicos que se colocan en este eje. Los rodamientos se colocan con un ajuste de H7/k6 para que el rodamiento gire sin problema. Al principio del eje se usará un nervado para acoplar al eje, utilizando la norma DIN 5480. Tendrá 35 dientes de módulo 1,5 mm y una largura mínima de 6 mm.

El acabado superficial del eje es de N9 en general, menos en la zona de nervado, la zona de rodamientos y los dientes del engranaje mecanizado que tendrán N7. Para más detalles consultar el plano N° 2 del documento 4:Planos.

#### 5.2.3.2.2 Eje intermedio

El eje intermedio tiene 631,5 mm de largo y está fabricado de 18CrNi8. El eje está compuesto de diferentes secciones, siendo la sección de 36 mm la de diámetro máximo. El eje intermedio tiene una tolerancia geométrica de rectitud para el correcto equilibrio de los elementos que se montan sobre este eje. En las secciones en las que van montados los rodamientos habrá un ajuste de H7/k6 para que el rodamiento gire sin problemas, por lo tanto la calidad superficial será de N7.

Los engranajes van montados por medio de chavetas, para facilitar su sustitución en caso de rotura y para que funcione como fusible mecánico. Los engranajes montados en el eje están directamente conectados a los engranajes del eje secundario, y de este modo se transmite la potencia motor, dependiendo de la marcha seleccionada por el conductor. Los engranajes son helicoidales a excepción del engranaje de marcha atrás, que es un engranaje recto. El engranaje de la 4ª marcha está directamente mecanizado en el eje. La función del engranaje mecanizado es la de aguantar el peso de los demás engranajes. Una cara del eje estará mecanizada con una calidad superficial de N6, ya que apoya el engranaje de la tercera marcha.

Por otro lado, el engranaje de marcha atrás no está conectado directamente al eje secundario, sino que hay un engranaje intermedio que sirve para invertir el giro de la transmisión de potencia.

El eje tiene un acabado superficial de N7. El eje tiene una tolerancia geométrica de rectitud para el correcto equilibrio de los elementos que se colocan en el eje. En las secciones en las que van montadas el rodamiento habrá un ajuste de H7/k6. Para más detalles consultar el plano N° 3 del documento 4:Planos.

### 5.2.3.2.3 Eje secundario

El eje secundario tiene 605 mm de largo y está fabricado de 18CrNi8. El eje está compuesto de diferentes secciones, siendo la sección máxima de un diámetro de 36 mm. Los engranajes montados en este eje giran libremente hasta que se acciona el sincronizador con la marcha seleccionada. Para el funcionamiento óptimo del sincronizador, este estará acoplado en el eje mediante un estriado, DIN 5480. Cada sincronizador debe ser capaz de transmitir una fuerza diferente, por eso los estriados del eje serán de diferentes tamaños. En la tabla mostrada a continuación se muestran las diferentes dimensiones de los estriados empleados para conectar los sincronizadores al eje.

SINCRONIZADOR	Diámetro	Numero de dientes (Tabla 3.61)
1ª y 2ª marcha	34 mm	18 dientes
3ª y 4ª marcha	36mm	19 dientes
5ª y 6ª marcha	32,5 mm	17 dientes
Marcha atrás	31 mm	17 dientes

*Tabla 5.7: dimensiones de los estriados en el eje secundarios*

El eje secundario estará unido a la junta cardán mediante un estriado, con un número de dientes 12 y una longitud de estriado de 35 mm, que coincide con el estriado de la junta cardán, donde se especifica en este mismo documento en el

apartado 5.2.3.4 Juntas Cardán. El ajuste que llevara en el estriado será de H7/k9. El eje tiene un acabado superficial general de N7. La zona donde van apoyados los rodamientos tiene una sección de 30 mm y un ajuste de H7/k6. Para más detalles consultar el plano N° 4 del documento 4:Planos.

#### 5.2.3.2.4 Engranajes

Los engranajes son considerados los elementos más importantes de la caja de cambios, ya que cumplen la función de establecer las diferentes relaciones de transmisión del vehículo. La transmisión de este proyecto está formada por engranajes helicoidales y engranajes rectos.

##### 5.2.3.2.4.1 Engranajes para la marcha delantera

Para las marchas delanteras, esta transmisión consta de 6 pares de engranajes. Todos los engranajes para estas marchas son helicoidales. Cada pareja de engranajes tienen un engranaje fijo que está situado en el eje intermedio. Por otro lado, en el eje secundario se encuentran todos los engranajes que giran locos. A continuación se muestra un resumen de los engranajes utilizados para esta caja de cambios.

<b>PIÑÓN (Z)</b>	<b>1ª Marcha</b>	<b>2ª Marcha</b>	<b>3ª Marcha</b>	<b>4ª Marcha</b>	<b>5ª Marcha</b>	<b>6ª Marcha</b>	<b>Marcha atrás</b>
Nº Dientes	12	20	26	31	35	39	12
Angulo hélice	20°	20°	20°	20°	20°	20°	0°
Angulo presión	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°
Ancho (mm)	40	40	40	40	40	40	40

Paso (mm)	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
Modulo (mm)	4	4	4	4	4	4	4
R primitivo (mm)	25,54	42,56	55,33	65,97	74,49	83,00	24

*Tabla 5.8: dimensiones de los engranajes del eje intermedio*

Para todos los pares de engranajes se ha escogido un acabado superficial de N7. Los engranajes del eje intermedio, concretamente los engranajes 3, 2 y 6 tienen mecanizado un casquillo para que apoyen en los otros engranajes del eje, de este modo la distancia se mantiene constante. Esta superficie de contacto tiene un mecanizado de N6 para no crear interferencias y que sea una superficie muy poco rugosa. A continuación aparecen las dimensiones principales de los engranajes que forman la caja de cambios. Para más información, consultar el apartado 3.4.3 Cálculo de engranajes del Documento 3: anexo de cálculos.

<b>CORONA (Z)</b>	<b>1ª Marcha</b>	<b>2ª Marcha</b>	<b>3ª Marcha</b>	<b>4ª Marcha</b>	<b>5ª Marcha</b>	<b>6ª Marcha</b>	<b>Marcha atrás</b>
Nº Dientes	57	49	43	38	34	30	54
Angulo hélice	20°	20°	20°	20°	20°	20°	0°
Angulo presión	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°
Ancho (mm)	40	40	40	40	40	40	40
Paso (mm)	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
Modulo (mm)	4	4	4	4	4	4	4
R primitivo (mm)	121,31	104,29	91,52	80,88	72,36	63,85	114,93

*Tabla 5.9: dimensiones de los engranajes del eje secundario*

Las ruedas fijas están unidas al eje intermedio mediante chavetas (menos la cuarta marcha), que se encargan de transmitir la potencia que desee el usuario. Para

la unión del eje-engranaje, la zona donde apoya en engranaje lleva una calidad superficial de N7, con un ajuste H7/k6.

En cambio, los engranajes libres están montados sobre unos rodamientos de agujas, para que puedan girar libremente. Para ello llevan un ajuste H7/k6. En un lado los engranajes tienen un saliente mecanizado, en el que se pueden diferenciar dos elementos. El primero es una sección cónica, que se acopla con el aro sincronizador y cumple la misma función que un embrague cónico. El segundo es un dentado DIN 5480, que sirve para conectar con el sincronizador y de esta manera transmitir la potencia, haciendo fijo el engranaje seleccionado. Los engranajes llevan una tolerancia de paralelismo de 0,03 mm, de esta manera queda garantizado un giro adecuado, sin formar elipses y un engrane correcto.

Por otro lado, los engranajes helicoidales que componen las marchas delanteras, tienen una tolerancia circular de oscilación de 0,01 mm. Con esta tolerancia se controla la relación de transmisión y la distancia entre ejes es prácticamente constante. Para más detalles consultar los planos N° 5,7,8,9,10,11 del documento 4:Planos.

#### **5.2.3.2.4.2 Engranajes marcha atrás**

La marcha atrás forma una combinación de 3 engranajes: piñón, corona y engranaje inversor. Estos engranajes son engranajes cilíndricos rectos, en comparación con los engranajes de marchas delanteras.

La función de la rueda inversora, como su propio nombre indica, es la de invertir el giro, porque si no el vehículo circularía hacia delante. El engranaje inversor está mecanizado directamente en el eje de marcha atrás. El eje de marcha atrás se desplaza engranando con las otras dos ruedas, cuando el conductor decide ir marcha atrás. Estos engranajes, como los engranajes de marcha hacia adelante, tienen una tolerancia de oscilación circular de 0,01 mm. Las ruedas son de 20MnCr5 y tienen un acabado superficial de N9, menos las zonas de contacto y de engrane con los otros engranajes, que son de N7. La tolerancia de paralelismo es de 0,03 mm para garantizar un giro adecuado. En la tabla 5.8 aparecen las dimensiones principales de los

engranajes de marcha atrás. El engranaje inversor será igual que el que se encuentra en el eje intermedio, para mantener una relación de 1:1.

### 5.2.3.2.5 Rodamientos

La elección de los rodamientos se ha hecho mediante el catálogo de FAG. Los rodamientos tienen que tener un diámetro interior acorde con los diámetros fijados en los ejes. Es necesario seleccionar el tipo de rodamiento recomendado para cada situación, las cargas que tiene que soportar... Es por eso que la capacidad que tienen los rodamientos es importante. Los siguientes rodamientos son los seleccionados para este proyecto, ya que se ajustan a las exigencias de la caja de cambios:

<b>EJE PRIMARIO</b>		
Apoyo A´ REF:C208E TCPS	Ø=35 mm (Cónico)	C=55kN
Apoyo B´ REF:C208E TCPS	Ø=35 mm (Cónico)	C=55kN
<b>EJE INTERMEDIO</b>		
Apoyo A REF:N206 TPV2	Ø=30 mm (Cilíndrico)	C=39 kN
Apoyo B REF:QJ306 TPV2	Ø=30 mm (Bolas)	C=56,5 kN
<b>EJE SECUNDARIO</b>		
Apoyo C REF:20306 T	Ø=30 mm (Cilíndrico)	C=49 kN
Apoyo D REF:QJ306 TPV2	Ø=30 mm (Bolas)	C=56,5 kN
<b>ENGRANAJES LOCOS</b>		
1ª marcha REF: N207 TVP2	Ø=33mm (Aguja)	C=39 kN
2ª marcha REF:N202 E TVP2	Ø=35 mm (Aguja)	C=50 kN
3ª marcha REF: N202 E TVP2	Ø=35 mm (Aguja)	C=50 kN
4ª marcha REF: N208 E TVP2	Ø=36 mm (Aguja)	C=29 kN

5ª marcha REF:N201 E TVR 2	Ø=32 mm (Aguja)	C=29 kN
6ª marcha REF: N201 E TVR2	Ø=32 mm (Aguja)	C=39 kN

*Tabla 5.10: clasificación rodamientos*

### 5.2.3.2.5 Sincronizadores

Los sincronizadores están compuestos por 3 elementos diferentes. Por un lado está el anillo sincronizador, por otro el cubo sincronizador y por último el sincronizador en sí.

El anillo sincronizador esta hecho de 51CrMoV4. El anillo sincronizador tiene conicidad, y gracias a ella, este elemento se queda fijado a la rueda que le corresponda. El anillo lo forma un dentado DIN 5480 y así se acopla al sincronizador. Según la rueda que tenga, los aros tienen diferentes tamaños y otros dentados. El acabado superficial de los anillos sincronizadores es de N7. Se distinguen principalmente dos anillas. Por un lado las anillas para la 1ª, 2ª, 3ª y 4ª marcha que son comunes, y por otro las anillas para las marchas 5ª y 6ª.

El cubo sincronizador está compuesto por el material 16MnCr5. Según en la sección en la que estén colocados, los elementos tienen diferentes tamaños entre ellos. Los cubos sincronizadores están estriado por dentro y por fuera. El estriado interior sirve como fijación con el eje por ello deberá llevar un ajuste H7/j6. La función del estriado exterior es la de acoplar el anillo sincronizador y el sincronizador, para que cumpla su función como un único elemento. El estriado, al igual que los anteriores estriados siguen la norma DIN5480. El acabado superficial del cubo sincronizador es de N7 ya que es un elemento crítico.

El último elemento es el sincronizador. Este elemento se desplaza a la izquierda o derecha, con el objetivo de acoplar el engranaje, el anillo y el cubo sincronizador como si fuesen único elemento. El sincronizador está conectado a la palanca de cambios, mediante una horquilla. De esta manera, el conductor puede configurar las marchas según las necesidades. En la siguiente tabla se muestran las medidas y el estriado que tienen los 3 sincronizadores de la caja de cambios. Para más detalles consultar el plano N° 12-13 del documento 4:Planos.

### 5.2.3.2.7 Chavetas

Las chavetas son elementos comerciales que siguen la norma DIN 6885 A y su material es de C-45. Este material permite a las chavetas comportarse como fusibles mecánicos. Por otro lado, las dimensiones de las chavetas en este proyecto son todas las mismas 20x10x8 mm.

### 5.2.3.3 Eje de transmisión

El eje de transmisión está formado por dos etapas de 1 m cada una, lo que hace un total de 2m. El eje es del material C-45 y tiene una tolerancia geométrica de cilindrad de 0,25 mm a lo largo de todo el eje. La calidad superficial del eje es de N11, exceptuando los extremos que tienen una calidad de N7, ya que va soldada una placa que sirve de unión con la junta cardán. Para unir el eje de transmisión uno con otro y para la unión con las juntas cardán se utilizan 6 tornillos de M8x30, de una calidad 8.8.



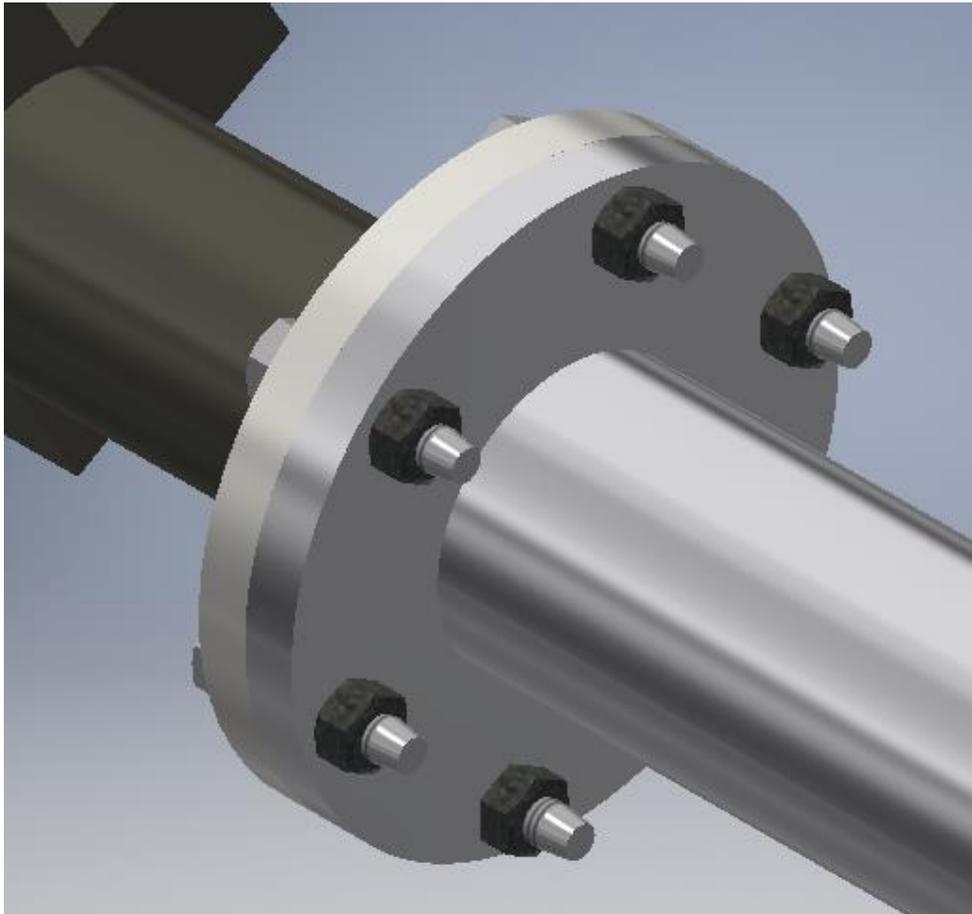
*Imagen 5.1: eje de transmisión*

### 5.2.3.4 Juntas Cardán

Las juntas cardán se encuentran en los extremos del eje de transmisión. La junta que está conectado con la salida de la caja de cambios, es decir el eje secundario, tiene un estriado interior para poder transmitir el par torsor. Por otro lado, la junta cardán que está unida con el diferencial también dispone de un estriado interno. Para conectar las juntas cardan, se utilizan 6 tornillos de M8x30 en cada uno de los extremos. Después se aseguran con tuercas de M8. Como se ha mencionado

anteriormente, en el eje de transmisión hay soldadas dos placas en los que se encuentran los 6 agujeros necesarios para unir las juntas con el eje.

El estriado interior del eje sigue la norma DIN 5480, y tiene una longitud de 223 mm con 12 dientes. Por otro lado, el ajuste del estriado será de apriete ya que es necesario que transmite la potencia y la junta no se desacople del eje secundario o del diferencial respectivamente.



*Imagen 5.2: unión junta-eje transmisión*

### 5.2.3.5 Diferencial

#### Piñón

El piñón del diferencial se encuentra mecanizado en el eje del diferencial, que a su vez está acoplado al eje de transmisión mediante una junta cardán y un nervado, que sigue la norma DIN 5480.

El engranaje es de 40NiCrMo7 y es de tipo cónico. Tiene un acabado N9 pero en la zona de los dientes tiene un acabado superficial de N7. Sus dimensiones principales están descritas en la siguiente tabla.

### **Corona**

Este engranaje engrana con el piñón del anterior punto. Está fabricado por un acero 40NiCrMo7, igual que el piñón. Tiene un acabado superficial de N7. EL engranaje es de tipo helicoidal.

### **Satélites**

Los satélites reciben el giro del eje donde se encuentran acoplado, y esos engranan con los planetarios. Son engranajes de dientes cónicos y sus dimensiones son las siguientes:

### **Planetarios**

Los planetarios son engranajes de dientes cónicos que engrana con los engranajes anteriores.

### **5.2.4 Condiciones de ejecución**

Los elementos que forman la transmisión del vehículo pueden ser de tres tipos diferentes. Por un lado están los elementos que diseñan dependiendo las prestaciones y exigencias necesarias y luego están los elementos comerciales y normalizados. Los dos últimos tipos de elementos mencionados son producidos por fabricantes especiales y solo es necesario comprobar que cumplan las condiciones técnicas necesarias.

#### **5.2.4.1 Materia prima**

El origen de la mayoría de las piezas es de barras laminadas denominadas redondo. Los engranajes, ejes y sincronizadores son fabricados mediante mecanizado. La materia prima debe ir con un certificado de calidad de material como puede ser el certificado RoHS y la aprobación del reglamento REACH del fabricante, para asegurar que cumple con las condiciones medioambientales establecidas por la ley y la composición química del material es el adecuado.

#### **5.2.4.2 Dientes**

Algunos componentes de la caja de cambio tienen dientes o estriados, como por ejemplo los ejes y los engranajes. Estos estriados son de perfil envolvente. Para la fabricación de los dientes se utiliza una fresa madre ya que no deja marcas en la pieza y es de los métodos más utilizados en la industria, con unos resultados aceptables.

Dependiendo del tamaño de los engranajes se debe recordar que los engranajes se pueden fabricar por fundido, forjado, extrusión, estirado, laminado o troquelado.

El procedimiento de fabricación de los dientes es el siguiente:

1. Identificar materia prima a utilizar
2. Calcular accesorios de maquina generadora
3. Maquinar en torno vertical la pieza vertical.
4. Seleccionar cortador y paso de diente e insertarlo a la generadora

5. Iniciar el proceso de dentado.
6. Ya terminado el dentado se procede a hacer ajustes.
7. Rectificados y temples se realizan según los requerimientos del cliente.
8. Estriado o nervado: control de calidad más riguroso, ya que lleva ajustes.

#### **5.2.4.3 Acabado superficial**

Es un proceso de fabricación empleado en la manufactura cuya finalidad es obtener una superficie con unas características adecuadas para la aplicación que se requiera. Estas son las superficies que deben llevar acabado superficial:

- Superficies de gran precisión.
- Superficies estéticas, tienen gran impacto psicológico en el usuario respecto a la calidad del producto.
- Superficies que tengan contacto o que tengan movimiento relativo.
- Nervados que tengan un ajuste de apriete, del holgura o deslizamiento.
- Asentamientos de ejes como pueden ser los rodamientos o carcasas.
- Alojamiento de chavetas.

El control de calidad en las piezas con acabados superficiales es más exhausto ya que deben superar los controles necesarios para comprobar que el acabado es el adecuado para cumplir su función.

	Clase de Ra	Estado superficial	Procedimiento de fabricación	Aplicaciones
Sin sobremedida para mecanizado y sin arranque de viruta		Basto, sin eliminación de rebabas	Forja Fundición Corte con soplete	Bastidores de máquinas agrícolas (cultivadores, gradas, etc.)
	N12 N11	Basto, aunque sin rebabas	Forja, fundición y oxí-corte de calidad	Maquinaria agrícola en general
Con sobremedida para mecanizado y arranque de viruta	N10 N9	Desbastado Marcas apreciables al tacto y visibles	Lima Torno Fresadora	Agujeros, avellanados, superficies no funcionales, ajustes fijos
	N8 N7	Marcas ligeramente perceptibles al tacto, aunque visibles	Lima, torno o fresadora con mayor precisión	Ajustes duros Caras de piezas para referencia o apoyo
	N6 N5	Acabado muy fino Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Preparación previa en torno o fresadora para acabar con rasqueteado, escañado, etc.	Ajustes deslizantes Correderas Aparataje de medida y control
	N4 N3  N2 N1	Acabado finísimo, especular Marcas totalmente invisibles	Acabado final mediante lapeado (acabado con abrasivo), bruñido o rectificación de calidad	Calibres y piezas especiales de precisión

*Tabla 5.11: aplicaciones de los estados superficiales*

#### 5.2.4.4 Tolerancias geométricas y dimensionales

Normalmente las piezas con acabado superficial deben de tener unas tolerancias, por lo que en este proyecto se ha seguido con este criterio.

En caso de haber dudas o contradicciones sobre las tolerancias que hay que aplicar en alguna pieza de la transmisión, o si se requiere algún tipo de modificación, es necesario notificar al director del proyecto.

Las tolerancias que aparecen en los planos deben ser respetadas. Todas las piezas deben ser sometidas a un control de calidad. En este caso el control de calidad se basa en realizar el documento FAI "First Article Inspection". En el estudio se toman tres muestras de las piezas y se miden todas las cotas que aparezcan en el plano. Se comprueba que las cotas están dentro de tolerancia, para dar el visto bueno al lote fabricado y superar el control de calidad. También se realiza un control visual para asegurar que el material está en buenas condiciones y no tiene síntomas de oxidación.

#### **5.2.4.5 Tratamientos térmicos y químicos**

Algunas pizas llevan tratamientos químicos, dependiendo del material empleado para la fabricación.

Componentes como los ejes y engranajes deben ser sometidos al tratamiento de templado y cementación, para mejorar las propiedades mecánicas del material, así como la resistencia, la dureza, la elasticidad... De este modo estos materiales se comportaran de una manera más óptima frente al desgaste.

Otros componentes reciben tratamientos químicos como puede ser el Zincado. De esta manera la pieza recibe un recubrimiento que impide la corrosión y la oxidación de la pieza. Es el caso del eje de transmisión, ya que puede estar en condiciones ambientales con una humedad elevada que favorezca a la oxidación.

El control de calidad es necesario para verificar que los tratamientos han sido satisfactorios, por eso se realizan pruebas de dureza Brinell y ensayos destructivos con probetas para dar por valido el lote. Para los tratamientos químicos como el zincado se realizan pruebas con probetas en las cámaras salinas.

#### **5.2.4.6 Montaje**

Después de la fabricación de todas las piezas y superar los controles de calidad exigidos, se procede con el montaje. Las piezas deben estar en buenas condiciones ( sin marcas, rayas, golpes...) y sin impurezas, para que el mecanismo no tenga suciedad.

Una vez obtenidas todas las piezas fabricadas y los elementos comerciales necesarios, se llevan al taller para proceder al ensamblaje.

1. Montar el conjunto de presión del embrague.
2. Montar el conjunto del plato de inercia del embrague.
3. Montar el embrague completo.
4. Montar las chavetas en el eje primario, intermedio y secundario.

5. Colocar engranajes, sincronizadores y anillos de seguridad en sus respectivas posiciones utilizando la hoja de proceso para comprobar que se sigue la correcta secuencia.
6. Ensamblaje de rodamientos.
7. Unir el eje de transmisión a la caja de cambios, utilizando las jutas cardán.
8. Unir el diferencial al otro extremo de la junta cardán.
9. Montar el conjunto fabricado en el vehículo.

Los recursos necesarios como herramientas y maquinas deben estar a disposición del operario. Es obligatorio utilizar un martillo de plástico duro para no dañar las piezas.

En caso de fallo o rotura de algún elemento de la transmisión, para proceder con el desmontaje se seguirán los mismos pasos de montaje pero a la inversa.

#### **5.2.4.7 Engrase y lubricación**

El aceite o valvulina es el líquido encargado de lubricar los elementos giratorios como son los engranajes y rodamientos. De este modo el aceite se encarga de controlar la temperatura de la caja de cambios. Como es un aceite espeso, el cambio de marcha es más sencillo y su película protege a los engranajes de rasponazos. Existen diferentes tipos de aceites para las transmisiones, en este proyecto se opta por un aceite tipo GL-4. Este aceite es capaz de soportar condiciones exigentes de choque, deslizamiento y presión.

El aceite que se va a aplicar en este proyecto es de la marca VAICO, con nombre 80w90 GL4.

Es conveniente no usar el aceite demasiado tiempo, ya que puede causar daños en los engranajes. El aceite pierde calidad y tiene menos resistencia al calor, incluyendo también las impurezas que saturan el aceite.

<b>Especificaciones API</b>	<b>Tipo de engranajes</b>	<b>Condiciones de operación</b>	<b>Características</b>
GL-1	Cónicos, helicoidales y sin corona	Carga liviana, baja presión y deslizamiento	No contienen EP ni modificadores de fricción
GL-2	Cónicos, helicoidales y sin corona	Carga liviana y baja presión	Protección de herrumbre
GL-3	Corona	Moderados condiciones de deslizamiento, carga y velocidad	Bajo EP
GL-4	Todos los tipos en particular helicoidales	Severas condiciones de deslizamiento y velocidad	Medio EP
GL-5	Todos los tipos en particular helicoidales	Condiciones severas de presión, choque y deslizamiento	Alto EP
GL-6	Todos los tipos	Condiciones severas de presión, choque y deslizamiento	Alto EP con modificadores de fricción

*Tabla 5.12: especificaciones API para los aceites de engranajes*

#### 5.2.4.8 Comprobación

Una vez montada la transmisión, el fabricante es el responsable de hacer una serie de controles o pruebas en el producto, para verificar que la maquina funciona perfectamente. Los ensayos se realizan en el taller y consta de diferentes tipos de pruebas. Se comprueba la resistencia con carga y sin carga y variando la lubricación de los engranajes. Para esta comprobación se dispone de un utillaje calibrado, que simula el montaje en un coche.

#### **5.2.4.9 Control de calidad**

A lo largo del proceso de fabricación se hacen diversos controles de calidad para asegurar que el producto final cumple con su función y es seguro. La materia prima es de gran importancia, es por eso que se exige el certificado de calidad del material. En estos certificados deben aparecer los resultados de los ensayos así como la composición química de la materia prima.

Los elementos fabricados y montados deben ser medidos, para realizar una primera muestra de artículos, denominado FAI "First Article Inspection". Es necesario comprobar todas las cotas que aparecen en los planos definidos en este proyecto en el documento 4: Planos. Como se ha mencionado anteriormente, de cada referencia se medirán 3 piezas, y se comprueba que todas las cotas marcadas cumplen con las tolerancias establecidas. Una vez realizada la metrología, la pieza se da por buena.

Todos los ensayos son documentados, en el caso de haber errores poder detectarlos con rapidez y tener trazabilidad. Se realiza un Check-List de comprobación, donde el responsable del control de calidad rellena las diferentes casillas verificando que se cumple. Toda esta documentación debe tener la localización, fecha y responsable.

#### **5.2.4.10 Embalaje y transporte**

Una vez finalizado el producto, se procede a realizar el embalaje. Las dimensiones de la caja deben ser más grandes que las de la transmisión, y el interior debe estar relleno con espuma o plástico protector en su defecto. El producto se fincará bien en la caja de madera para que en el transporte no sufra ningún golpe. Una vez fijada la transmisión dentro de la caja, se coloca en un pale de mayores dimensiones que las de la caja para asegurar un envío correcto. Se da plástico para evitar humedades, se etiqueta el producto con la dirección de envío y el número de serie de la unidad y se fleja.

Con este tipo de embalaje, se asegura que el cliente reciba el producto en óptimas condiciones, ya sean envíos por tierra, mar y/o aire.

## 5.3 CONDICIONES ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

### 5.3.1 Planificación

1. El fabricante dispone de 15 días hábiles para el desarrollo y presentación del plan de trabajo para la fabricación de la transmisión. En el plan se especificara la duración del proceso, y los pasos a seguir son los siguientes:
  - Organización
  - Mecanización
  - Montaje
  - Mantenimiento
  - Controles de calidad
  - Pruebas y ensayos
  - Entrega
2. En caso de demora en la entrega, se informará al proyectista y al cliente.
3. El proyectista y el cliente pueden considerar no válido el retraso, en ese caso se multará al fabricante con una penalización económico pudiendo ser de hasta un 7% del coste total del producto.

### 5.3.2 Elaboración del proyecto

1. El fabricante debe empezar con el proyecto en la fecha indicada en el contrato.
2. El fabricante no podrá realizar cambios o trabajos que supongan un aumento de coste sin antes consultarlo con el proyectista ni con el cliente.
3. Las pruebas y ensayos que se realizarán en el taller estarán dentro del contrato.

**5.3.3 Pago**

1. Cuando el cliente y el proyectista estén de acuerdo en el precio, el cliente tiene 3 plazos para realizar el pago:
  - El 20% del coste total una vez aceptado el pedido.
  - El 55% del coste total una vez puesto en marcha el proyecto.
  - El 25% del coste total transcurridos 90 días de haber empezado el proyecto.
2. Los gastos financieros que surjan con bancos o entidades serán responsabilidad del cliente.
3. Si el cliente no realiza el pago dentro del plazo estipulado, se le multara con una sanción económica y administrativa.

**5.3.4 Entrega**

1. Una vez superados los ensayos y controles de calidad y haber sido embalado el producto final, se transportará al taller del cliente.
2. El cliente puede realizar las pruebas y ensayos que estime necesario a la transmisión del vehículo.
3. El montaje de la transmisión con el resto de elementos del automóvil será responsabilidad del fabricante del coche. A partir de ese momento las marcas, golpes o defectos que puedan darse en la transmisión, serán de la responsabilidad del cliente y será el encargado de arreglarlo.
4. Una vez finalizado el montaje del coche y su puesta en marcha, la responsabilidad no será del fabricante del automóvil, si no de la persona que utilizar el vehículo.

**5.3.5 Garantía**

1. Una vez hayan transcurrido los 30 días de prueba del producto, el fabricante tiene 6 meses para arreglar las piezas que tengan fallo.
2. Dentro de la garantía, según los planos y especificaciones, cualquier pieza o subconjunto que tenga algún fallo se reemplazará. En estos casos, se desplazará un técnico y solucionará los problemas del cliente sin costes adicionales.
3. Si en las piezas hubiera fallo alguno causado por el embalaje, el cliente podrá reclamar el arreglo de estas dentro de la garantía.
4. En el caso de que dichas piezas hayan sido manipuladas por el personal técnico no propuesto por el fabricante, o la reclamación está fuera de fecha, el fabricante no se hará responsable, lo deberá solucionar el cliente.

**5.3.6 Patentes y licencias**

1. Si el proyectista quiere utilizar otros métodos, patentes, licencias o compañías, deberá conseguir los permisos que se requieran para ello y enseñárselos al cliente si este se los pide.
2. En caso de que se rompan los derechos por los bienes industriales, y se genere una pérdida de dinero, el fabricante deberá de recompensar económicamente al cliente.

**5.3.7 Secreto profesional**

1. Si el cliente cree que el proyectista recibe información confidencial, este se lo hará saber.
2. El proyectista no podrá enseñar información del proyecto sin consentimiento del cliente.

3. Lo mismo ocurre con la información técnica confidencial que el proyectista le dará al cliente. El cliente no podrá dar esa información sin el consentimiento del proyectista.

### **5.3.7 Secreto profesional**

Las razones principales por las que un contrato se rompe son las siguientes:

- Incumplimiento de las condiciones fijadas en el contrato.
- Incumplimiento del plazo de tiempo para la fabricación.
- Quiebra o fracaso del fabricante.
- Enfermedad grave o muerte del proyectista.

Firmado:

Grado en Ingeniería Mecánica

Iñigo Sarria Menchaca

72205225-Z

Bilbao, 13 de Noviembre del 2017