

eman 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

--

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

DOCUMENTO 2: MEMORIA

2.1 OBJETO DEL PROYECTO	2
2.2 ALCANCE DEL PROYECTO.....	4
2.3. NORMATIVA Y REFERENCIA	6
2.3.1. Normativa	6
2.3.1.1. Normativa de diseño.....	6
2.3.1.2 Normativa de documentación	6
2.3.1.3 Normativa de seguridad.....	7
2.3.2 Bibliografía	7
2.3.2.1 Libros	7
2.3.2.2 Catálogos	8
2.3.2.3 Web.....	8
2.3.2.4 Software	9
2.4. DEFINICIONES Y NOMENCLATURAS.....	10
2.4.1 Nomenclaturas	10
2.4.2 Definiciones.....	15
2.5. CONDICIONES DE DISEÑO	17
2.6. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS.....	18
2.6.1 Embrague.....	18
2.6.1.1 Embrague de fricción o mecánico.....	18
2.6.1.2 Embrague hidráulico.....	20
2.6.1.3 Embrague electromagnético	21
2.6.2 Caja de cambios.....	22
2.6.2.1 Caja de cambios manual o mecánica	22
2.6.2.1.1 Componentes de la caja de cambios manual	23
2.6.2.2 Caja de cambios automática	24
2.6.3 Eje de transmisión.....	25
2.6.3.1 Ejes	26

2.6.3.2 Juntas cardan.....	26
2.6.4 Diferencial	26
2.6.4.1 Diferencial convencional.....	27
2.6.4.2 Diferencial autoblocante	27
2.6.4.3 Diferencial Viscoso “Ferguson”.....	28
2.6.4.4 Diferencial Torsen	28
2.6.5 Configuración de la transmisión.....	29
2.6.5.2 Motor delantero y tracción delantera.....	30
2.6.5.3 Motor trasero y tracción trasera	30
2.6.5.4 Tracción 4 ruedas (4x4).....	30
2.7 SOLUCIÓN ADOPTADA	31
2.7.1 Configuración de la transmisión.....	31
2.7.2 Embrague.....	31
2.7.3 Caja de cambios.....	33
2.7.3.1 Engranajes	34
2.7.3.2 Eje primario	35
2.7.3.3 Eje Intermedio	36
2.7.3.4 Eje Secundario	37
2.7.4 Eje de transmisión.....	38
2.7.5 Diferencial	38
2.7.6 Elementos comerciales	38
2.7.6.1 Rodamientos	38
2.7.6.2 Sincronizadores.....	41
2.7.6.3 Chavetas	42
2.7.6.4 Juntas cardán.....	42
2.8 PLANIFICACIÓN	43
2.10 COSTE DEL PROYECTO.....	44

2.1 OBJETO DEL PROYECTO

La finalidad de proyecto es el cálculo y diseño de la transmisión de un vehículo Mercedes-Benz tipo berlina. El modelo a estudiar es el C 180 (2015).

A petición de la empresa, se ha solicitado diseñar una transmisión para ese modelo de vehículo. El motor está situado en la parte delantera del automóvil y las ruedas motrices son las traseras. Siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante, la potencia nominal del motor es de 156 CV (115 kW) y de 5300 rpm. La transmisión mecánica está formada por 6 marchas hacia adelante y una marcha hacia atrás.

Una vez establecidas las especificaciones necesarias (dimensiones del vehículo, funcionamiento, características técnicas...) se diseñaran los elementos que forman la transmisión, teniendo en cuenta las normas y leyes. Para minimizar y optimizar los costes del producto y fabricación, se intentará utilizar en la medida de lo posible elementos normalizados.



Imagen 2.1: Mercedes Benz Clase C 180 (2015)

Creador del proyecto: Sarria Menchaca, Iñigo

DNI: 72205225-Z

2.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Este proyecto será técnico y simplemente se limitará al campo de la mecánica, es decir, solamente se definirán los elementos mecánicos que forman la transmisión. Por lo tanto, quedan excluidos de este proyecto todos los sistemas eléctricos, electrónicos e hidráulicos que puedan tener influencia en la transmisión.

Por otro lado el proyecto seguirá la norma UNE 157001:2002. El proyecto estará formado por 7 documentos y estos serán suficientes para definir el diseño de la transmisión del vehículo.

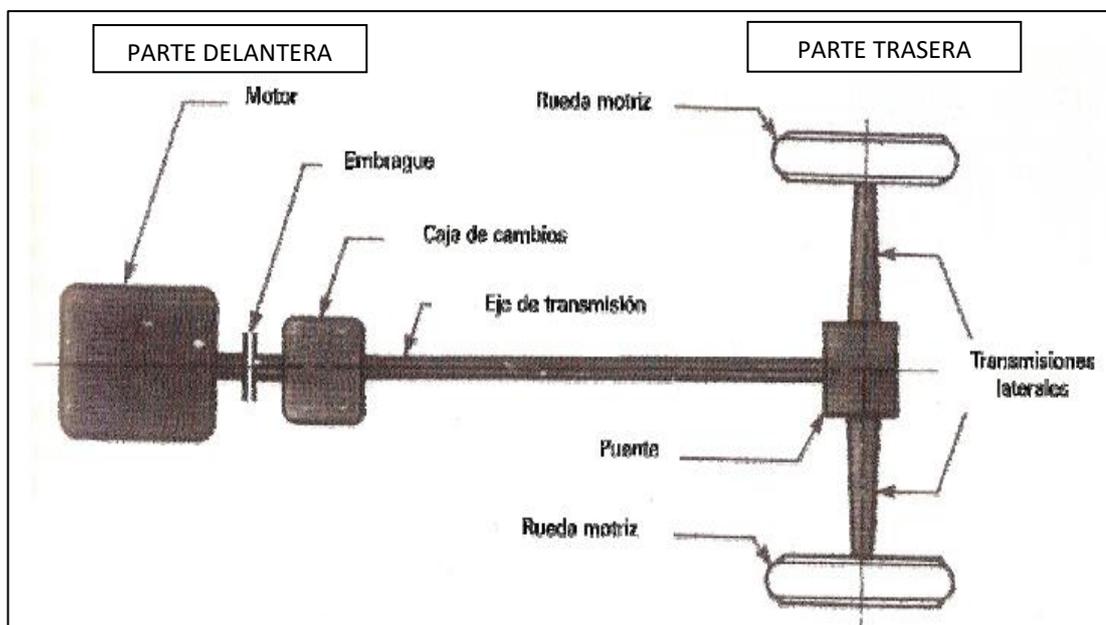


Imagen 2.2: transmisión trasera

A la hora de desarrollar el diseño, deben de tenerse en cuenta las especificaciones técnicas del cliente y los problemas que podría haber en la transmisión:

- El vehículo debe superar todas las condiciones críticas que pueden darse en la carretera y tener la capacidad de movimiento normal con estas condiciones (condiciones dadas por el estado de la carretera, clima, pendientes...)
- Se debe optimizar el peso del vehículo para que el consumo de combustible sea menor, por lo tanto los materiales serán ligeros pero a la vez deben ser resistentes.

- Las relaciones de transmisión de la caja de cambios establecidas en las especificaciones técnicas, deben cumplirse.
- Las dimensiones del vehículo deben respetarse (distancia entre el eje de salida del motor y ruedas motrices traseras.)

Estas serían las condiciones más importantes que debe cumplir del sistema de transmisión, y el diseño se realizará en base a estos criterios establecidos.

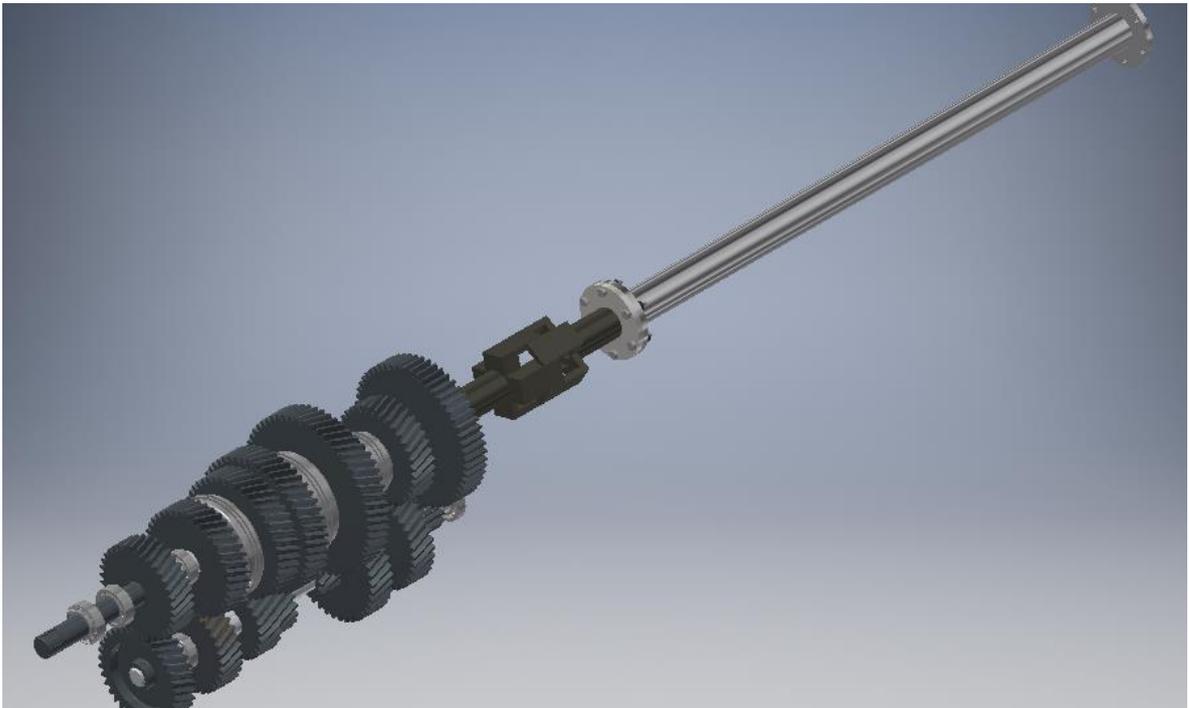


Imagen 2.3: transmisión trasera

2.3. NORMATIVA Y REFERENCIA

2.3.1. Normativa

2.3.1.1. Normativa de diseño

Propiedades mecánicas de los materiales	DIN 2391
Aceros normalizados	UNE 36010
Método de cálculo de los rodamientos	ISO 281-1
Estriado de ejes	DIN 5480
Chavetas	DIN 6885
Rodamientos de bolas rígidas	DIN 625
Calculo resistencia de ejes	ASME
Rodamientos de rodillos cilíndricos	DIN 5412

2.3.1.2 Normativa de documentación

Documentación	UNE 1570001:2002
Numeración de la documentación	UNE 50132:1994
Escritura	UNE 1-034-71/1
Plegado de planos	UNE 1-027-95
Acotación	UNE 1-039-94
Escala	UNE 1-026-83/2
Cajetín	UNE 1-035-95

Formato	UNE 1-026-83
Listado de componentes	UNE 1-135-89
Referencia de componentes	UNE 1-100-83
Perdones dimensionales	UNE EN 20286-1:1996
Perdones geométricos	UNE EN 22768-2:1994
Perdones generales	ISO 2768-m
Dibujos técnicos, principios de expresión	UNE 1-032-82
Acabados superficiales	UNE 1-037-83

2.3.1.3 Normativa de seguridad

Seguridad de las máquinas	UNE-EN 1005:2002+A1:2009
Distancia de seguridad	ISO 13857:2008
Señalización de seguridad	UNE-EN 981:1997
Ergonomía	UNE-EN 13861:2011

2.3.2 Bibliografía

2.3.2.1 Libros

K. H. DECKER. "Elementos de máquinas". Editorial Urmo. Bilbao.

ANGEL SANZ GONZALEZ. "TECNOLOGIA AUTOMOCIÓN 5" Editorial Edebé. Barcelona

FRANCISCO MUÑOZ GRACIA. "Cálculo teórico-práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil I y II". Editorial Dossat. España.

MANUEL CASCAJOSA. "Ingeniería de vehículo. Sistemas y cálculos ". Editorial Tebar. Madrid

J.A. SANTOS. "Ingeniería de proyectos". Euiti Bilbao; Universidad del País Vasco.

MIKEL ABASOLO BILBAO. "Diseño de máquinas". Euiti Bilbao; Universidad del País Vasco.

WILLIAN H. CROUSE. "Transmisión y caja de cambios del automóvil". Marcombo (1984)

2.3.2.2 Catálogos

- Rodamientos FAG
- Catalogo Chavetas Rodavigo
- Catálogo de ejes transmisión Condesa
- Catálogo Servicardan

2.3.2.3 Web

- www.infomecanica.com
- www.opac.com
- www.fuiberica.com
- www.arahidra.com
- www.mercedes-benz.es
- www.coches.net
- www.autocosmos.com
- www.fag.com
- www.rodavigo.com
- www.condesa.com

2.3.2.4 Software

- Autodesk Inventor Professional 2015
- Microsoft Office Word 2010
- Microsoft Office Excel
- Project free
- Cespla

2.4. DEFINICIONES Y NOMENCLATURAS

En este capítulo se definen los conceptos y abreviaturas que aparecen a lo largo de los diferentes documentos del proyecto. El objetivo de este apartado es explicar y facilitar la comprensión de los términos técnicos presentes a lo largo de todo el proyecto. También se exponen las abreviaturas que aparecen en el documento 3, cálculos.

2.4.1 Nomenclaturas

R_r : Resistencia por rodadura

R_p : Resistencia por pendiente

R_i : Resistencia por inercia

R_a : Resistencia por aire

P: Peso vehículo

P_c : Carga máxima vehículo

μ_r : Coeficiente rodadura

X: Pendiente máxima del 30%

F_i : Fuerza de inercia

v_0 : Velocidad inicial vehículo

v: Velocidad

a: Aceleración

t: Tiempo

m_v : Masa vehículo

δ : Peso específico del aire

C: Constante obtenida por el fabricante

v_{\max} : velocidad máxima

S: Superficie transversal del vehículo

g: Gravedad

r_{ext} : Radio exterior embrague

r_{int} : Radio interior embrague

N: Par máximo

μ : Coeficiente rozamiento

P_{max} : Presión óptima para el funcionamiento suave

F_a : Fuerza axial

Troz: Par de rozamiento que soporta el disco

n: Numero caras rozamiento

L_t : Longitud de nervado

k: Factor de soporte

h: Altura portante de los nervios

Z: número de dientes

i_1 : Relación transmisión primera marcha

i_2 : Relación transmisión segunda marcha

i_3 : Relación transmisión tercera marcha

i_4 : Relación transmisión cuarta marcha

i_5 : Relación transmisión quinta marcha

i_6 : Relación transmisión sexta marcha

i_{MA} : Relación transmisión marcha atrás

$\varnothing_{\text{rueda}}$: Diámetro rueda del vehículo

w_{rueda} : Velocidad angular rueda

r_{rueda} : Radio de la rueda del vehículo

w_{motor} : Velocidad angular del motor

r_{dif} : Relación diferencial

$R_{resistente}$: Fuerza resistente

$M_{resistente}$: Par resistente

d : Distancia funcionamiento engranajes

Z_n : Numero dientes virtual

Z : Numero dientes engranajes

β : Angulo de hélice engranaje

m : Modulo engranaje

k_{adm} : Presión admisible rodadura

ψ : Factor de guiado

α : Ángulo ataque/presión

$t_{estimado\ vida}$: Tiempo estimado vida

v_{media} : Velocidad media

ϕ_i : Factor de guiado de cada marcha

b : Ancho engranaje

p : Paso engranaje

R_{prim} : Radio primitivo

h_c : Addendum

h_f : Dedendum

j : Holgura

h: Altura diente

s: Espesor dientes

e: Hueco entre dientes

Rcab: Radico cabeza

Rf: Radio fondo

Rb: Radio base

U_i : Fuerza tangencial de cada marcha

Fr: Fuerza radial

Fa: Fuerza axial

W: Fuerza resultante

q: Coeficiente Wissman

σ_{adm} : Tensión admisible

$\sigma_{flexion}$: Tensión a flexión

J: Momento elástico

σ_{yp} : Tensión de fluencia

CS: Coeficiente de seguridad

Cm: Coeficiente fatiga momento flector

Ct: Coeficiente fatiga momento torsor

r: Radio eje

R_{AX} : Reacción apoyo A en el eje X

R_{BX} : Reacción apoyo B en el eje X

R_{AY} : Reacción apoyo A en el eje Y

R_{BY} : Reacción apoyo B en el eje Y

R_{BZ} : Reacción apoyo B en el eje Z

$M_{i \max_x}$: Momento máximo eje Y

$M_{i \max_y}$: Momento máximo eje X

$M_{i \text{ TOTAL}}$: Momento flector total

$T_{i \text{ TOTAL}}$: Momento torsor total

$F_{a \text{ dif}_i}$: Fuerza axial diferencial

$U_{\text{ dif}_i}$: Fuerza tangencial diferencial

$F_{r \text{ dif}_i}$: Fuerza radial diferencial

F_{e_i} : Fuerza equivalente de cada marcha

X: Factor

Y: Factor

V: Factor de relación

$F_{e \text{ TOT}}$: Fuerza equivalente total

q_i : Porcentaje duración marchas

L_{10} : Duración nominal rodamiento para el 90% fiabilidad

L: Duración nominal rodamiento para una fiabilidad diferente al 90%

C_0 : Capacidad carga dinámica

C: Capacidad carga estática

R: Fiabilidad del rodamiento

\varnothing_{int} : Diámetro interior rodamiento

\varnothing_{ext} : Diámetro exterior rodamiento

$F_{e \text{ eng. } i}$: Fuerza equivalente engranajes

b: Ancho chaveta

h: Altura chaveta

t: Profundidad

L: Longitud chaveta

$L_{\text{transmisión}}$: Longitud eje de transmisión

r_e : Radio eje transmisión

f: Frecuencia

I_{eje} : Momento inercia eje transmisión

y: Desplazamiento eje transmisión

E: Módulo de elasticidad Young

q: Peso específico eje transmisión

f_{crit} : Frecuencia crítica

2.4.2 Definiciones

- Longitud: extensión o volumen de una línea, una superficie o un cuerpo respectivamente.
- Fuerza: capacidad para mover un objeto que tengo peso o haga resistencia.
- Masa: cantidad de materia de un cuerpo, medida por la inercia de este, que determina la aceleración producida por una fuerza que actúa sobre él.
- Presión: magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie.
- Tensión: fuerza interna aplicada, que actúa por unidad de superficie sobre la que se aplica.

- Potencia: es una magnitud física que expresa la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.
- Par motor: es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia. Es la fuerza para girar un objeto alrededor de un eje.
- Velocidad: es una magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida por un objeto en una unidad de tiempo.
- Aceleración: es una magnitud vectorial que nos indica la variación de velocidad por unidad de tiempo.
- Velocidad angular: es una medida de velocidad de rotación. Está definida como el ángulo girado por una unidad de tiempo.
- Relación de transmisión: es una relación entre las velocidades de rotación de dos engranajes conectados entre sí, donde uno de ellos ejerce una fuerza sobre el otro.
- Rendimiento: es la división entre la energía obtenida y la energía suministrada o consumida por la maquina/proceso.

2.5. CONDICIONES DE DISEÑO

Para realizar el diseño de la transmisión, primeramente es necesario saber el tipo de motor que va a utilizar el vehículo a estudiar. En el modelo de coche que se presenta en este proyecto (Mercedes Clase C 180 2015), el motor transmite una potencia de 156 CV a una velocidad de 5300 rpm. Por otro lado, transmite un par motor máximo de 250 Nm a una velocidad de 4000 rpm.

El vehículo tiene una caja de cambios de 6 velocidades y una marcha atrás, siendo la última marcha (la sexta) la que alcanzará la velocidad máxima del coche, es decir 223 km/h. Por otra parte el automóvil llegará a los 100 km/h en 8,2 segundos.

El motor está situado en la parte delantera del coche y las ruedas motrices son las traseras, por lo tanto se dice que el vehículo es de tracción trasera. La caja de cambios está acoplada en la parte delantera, y la transmisión de potencia se hace mediante un árbol de transmisión.

En cuanto a las relaciones de transmisión de cada par de engranajes, son especificadas por el fabricante y son las expuestas a continuación:

RELACIÓN DE TRANSMISIONES	
1ª Marcha	4,75
2ª Marcha	2,46
3ª Marcha	1,62
4ª Marcha	1,24
5ª Marcha	1
6ª Marcha	0,79
Marcha atrás	4,5

Tabla 2.1: especificaciones del cliente para las relaciones de cada marcha

Para finalizar, el peso total de vehículo es de 1395 kg y las dimensiones de las ruedas son de 205/55 R16.

2.6. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS

En este apartado se procederá al estudio y análisis de los diferentes elementos que son necesarios para el diseño de una transmisión. Después de realizar el estudio, se elegirán los elementos que mejor se ajusten a las condiciones establecidas por el fabricante.

Como se ha mencionado anteriormente, la transmisión que se analiza en este proyecto es de tracción trasera, por lo tanto estará formado por: embrague, caja de cambios, eje de transmisión / árbol de transmisión y diferencial.

2.6.1 Embrague

El embrague es un elemento mecánico que es capaz de acoplar (embragar) y desacoplar (desembragar) los elementos de una transmisión. Está situado entre el eje de salida del motor y el eje de entrada de la caja de cambios. Este sistema es necesario, ya que el motor de combustión solo es capaz de trabajar a un número determinado de vueltas. Es por eso que si se quiere realizar un cambio de velocidad o parar el vehículo, el motor debe desacoplarse y dejar de transmitir potencia al sistema de transmisión. De este modo, no habrá flujo de potencia entre el motor y la caja de cambios y se podrá realizar el cambio de velocidad.

Los embragues están clasificados según en la manera en la que operan, es decir, según el modo en el que transmiten el par torsor:

- Embrague de fricción o mecánico.
- Embrague electromagnético.
- Embrague hidráulico.

2.6.1.1 Embrague de fricción o mecánico

En el sector de la automoción es el tipo de embrague que más se utiliza debido a su versatilidad.

El par se transmite por fricción o rozadura entre superficies. Estas superficies pueden ser planas, cónicas o cilíndricas, pero las más usadas son las superficies planas. El acoplamiento entre ejes se produce de forma progresiva y suave: los ejes pueden estar girando a velocidades muy diferentes, de manera que en el momento que entran en contacto existe deslizamiento entre las superficies debido a la diferencia que hay de velocidades entre los dos ejes. Una vez realizado el contacto, la rozadura hace que este deslizamiento vaya disminuyendo de forma progresiva hasta que finalmente los dos ejes acaban girando a la misma velocidad. Los materiales utilizados para fabricar estos discos tienen unas propiedades para la fricción excelentes.

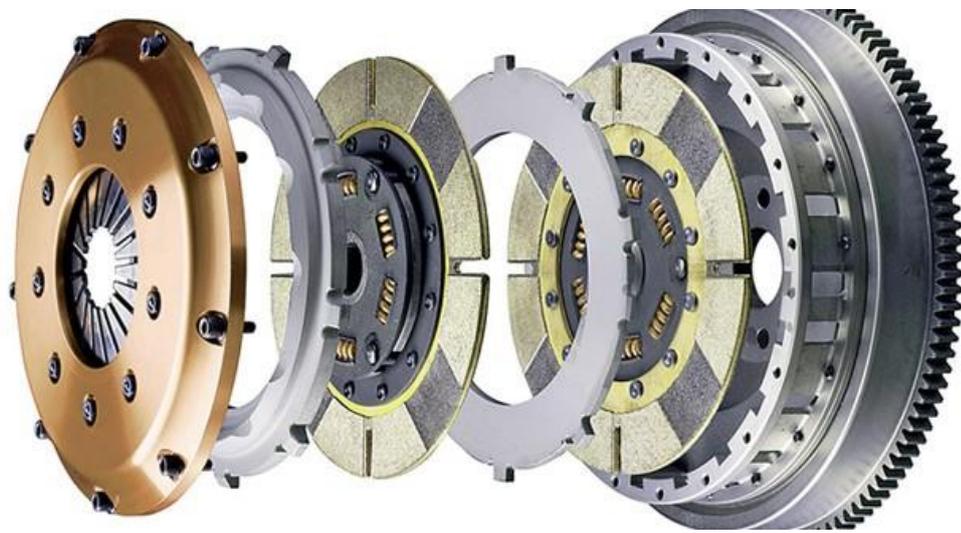


Imagen 2.5: explosión de un embrague de fricción

Como ya se ha mencionado anteriormente estos embragues son los más usados en la automoción, por eso para este proyecto se ha escogido un embrague de este tipo.

Los componentes que forman el embrague son los siguientes:

- Disco de embrague: Este dispositivo está formado por un disco de acero en el que, por medio de unos remaches van sujetos los forros del material de fricción. El disco de embrague es el elemento encargado de transmitir a la caja de cambios todo el par motor sin que se produzcan resbalamientos en condiciones estacionarias.
- Plato de presión: El plato o disco de presión sirve de acoplamiento del conjunto al volante de inercia y va montado entre el disco de fricción y la carcasa. Entre el plato de presión y la carcasa suelen ir montados los

elementos de presión, que pueden ser muelles helicoidales o un diafragma.

- **Carcasa:** Es el elemento que sirve de cubierta al mecanismo de embrague, por el que se fija este volante de inercia por medio de tornillos. En ella se alojan los distintos muelles o diafragma que permitirán la presión del disco de embrague contra el plato de presión y el volante motor.
- **Cojinete de embrague:** Es el elemento por el que se acciona el mecanismo. Se trata de un cojinete de bolas que se desliza sobre el tramo del eje primario situado en la campana de la caja de velocidades.

2.6.1.2 Embrague hidráulico

El embrague hidráulico trabaja como un embrague automático, entre el motor y la caja de cambios. Este embrague permite transmitir el par a partir de una velocidad especificada anteriormente. También permite que el motor gire a ralentí y transmite el par cuando el conductor del vehículo acelera.

La transmisión del movimiento desde la parte conductora a la conducida se logra mediante aceite. Una bomba centrífuga comunica con una turbina mediante un fluido especial y cumple su función de transmisión de par. Esta bomba centrífuga es accionada por el motor del vehículo y la turbina es unida a la caja de cambios.

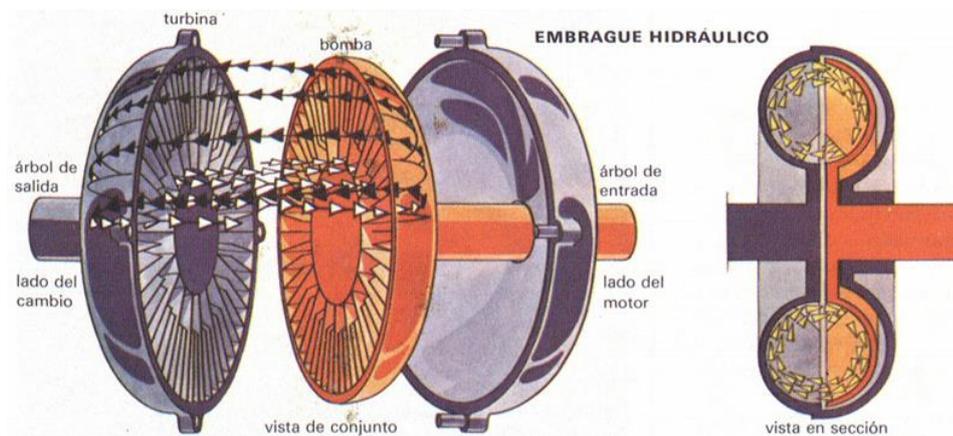


Imagen 2.6: embrague hidráulico

2.6.1.3 Embrague electromagnético

El embrague electromagnético está formado por una corona hecha de acero, y está montada sobre el eje de salida de potencia del motor. Es capaz de realizar el flujo de energía sin que exista una conexión directa entre los dos ejes. Dentro de la corona está colocada una bobina, que al pasar una corriente eléctrica por ella crea un campo magnético alrededor del embrague.

La transmisión de par se realiza mediante el espacio que existe en el interior de la corona. Este está relleno con chapas de acero y polvo magnético. Al pasar corriente por dicha bobina, el polvo magnético se acumula y así la corona y el disco se unen para transmitir el par motor. Por otro lado, cuando no circula corriente por el cableado, el polvo no se acumula y la corona realiza el giro sin transmitir potencia al disco, es decir, estaría desembragado.



Imagen 2.7: embrague electromagnético

El coste económico de este tipo de elementos es demasiado elevado, es por eso que solo se utiliza en el sector de la industria, para máquinas o componentes muy concretos.

2.6.2 Caja de cambios

La caja de cambios o caja de velocidades es el elemento mecánico encargado de obtener en las ruedas el par motor suficiente para poner en movimiento el vehículo desde el estado de parado. Una vez el automóvil esté en marcha, se obtiene un par suficiente en las ruedas motrices para que el coche sea capaz de vencer las resistencias tales como la de rozamiento por rodadura, aerodinámica, pendiente e inercia.

La caja de cambios está situada tras el embrague, y no modifica la potencia del motor. Es decir, la potencia que transmite el motor siempre es constante, es la caja de cambios la encargada de actuar sobre el par motor, modificándolo según sean las condiciones establecidas por el entorno.

Las principales resistencias que tiene que superar el vehículo cuando está en marcha son las siguientes:

- Resistencia del aire: depende de la superficie y la velocidad a la que vaya el automóvil.
- Resistencia por inercia: principalmente va en función de la aceleración del vehículo.
- Resistencia por pendiente: depende del peso máximo del vehículo y la inclinación de la pendiente en la que se encuentre.
- Resistencia por rodamiento: es la resistencia que ofrece el asfalto. Puede variar según el tipo de neumático, el asfalto y el peso.

2.6.2.1 Caja de cambios manual o mecánica

En este tipo de caja de cambios, el conductor es el que selecciona la marcha o la velocidad. Los engranajes que forman la caja de cambios están sincronizados, y están compuestos de elementos mecánicos encargados de la sincronización que hacen que los ejes giren a la misma velocidad. De ese modo los cambios de marcha serán

mucho más suaves y el sistema no sufrirá daños. Existen dos tipos de cajas de cambios manuales, por un lado las de toma directa y por otro las de toma constante:

- Caja de cambios de toma directa: este tipo de cajas está formado únicamente por dos ejes. El eje primario es el encargado de recibir el par motor directamente desde la salida del motor. El eje primario transmite la potencia al eje secundario, y este a su vez transmite la potencia al diferencial para realizar el flujo de potencia a las ruedas motrices.
- Caja de cambios de toma constante: estas cajas están formadas por tres ejes. La salida del embrague está conectado al eje primario mediante un acoplamiento que no modifica el par de salida del motor. El eje primario transmite el par motor al eje intermediario, que están siempre en contacto. El eje intermediario transmite la potencia al eje secundario.



Imagen 2.8: caja de cambios manual

2.6.2.1.1 Componentes de la caja de cambios manual

- Engranajes: los ejes que se han mencionado en el apartado anterior tienen acoplados unos engranajes que son los encargados de establecer una relación de transmisión. Estos engranajes principalmente pueden ser de dientes rectos o helicoidales. Los engranajes con los dientes helicoidales son menos ruidosos y son activados mediante los sincronizadores.
- Sincronizadores: son los elementos encargados de seleccionar las diferentes marchas. Están alojados en el extremo de cada engranaje y reducen las

revoluciones de un engranaje engranado al desplazarse a las mismas revoluciones que el engranaje de la marcha seleccionada. Están constituidos por una pieza central, una corona dentada y una horquilla.

- Rodamientos: es un elemento rotativo que es capaz de soportar el esfuerzo axial, radial o la combinación de ambos. Dependiendo de las solicitudes de los ejes las dimensiones de estos elementos puede ser diferente.

2.6.2.2 Caja de cambios automática

La selección de las marchas en este tipo de cajas se hace de manera automática, es decir el conductor solo tiene que acelerar o frenar y no interfiere en el cambio de marchas.

Dependiendo de las condiciones del entorno, la potencia del vehículo, la velocidad, las resistencias que se oponen al avance... Un elemento electrónico-hidráulico es el encargado de efectuar el cambio de marchas relacionando todas las condiciones mencionadas anteriormente.

Mientras que las cajas de cambios manuales están formadas con engranajes cilíndricos, las cajas de cambios automáticos están compuestas de trenes epicicloides, que son los encargados de establecer las diferentes relaciones de transmisión de cada marcha.

A continuación se muestra una tabla donde se pueden apreciar las ventajas y desventajas de las cajas de cambios manuales y automáticas.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CAJA MANUAL	Cambio de marcha rápido Larga durabilidad Eficiencia mecánica alta	Brusquedad en el cambio de marcha efectuado a altas velocidades
CAJA AUTOMÁTICA	Comodidad Fácil mantenimiento Gran poder de tracción	Eficiencia mecánica baja Peso

Tabla 2.2: diferencias caja automática y manual

Teniendo en cuenta esta comparación, se ha optado por una caja de cambios manual, ya que el rendimiento mecánico que ofrecen estas cajas es más elevado que el de las cajas de cambio automáticas. En nuestro caso como el par que transmite el vehículo que se está estudiando es elevado, sería conveniente que este rendimiento también se mantenga elevado.

2.6.3 Eje de transmisión

El eje de transmisión es un elemento mecánico que se utiliza expresamente en los modelos que tienen el motor en la parte delante y son de tracción trasera, es decir, las ruedas motrices son las de atrás. Este elemento es el encargado de transmitir la potencia desde la salida de la caja de cambios al diferencial.

Este componente tiene que ser capaz de resistir a los esfuerzos cortantes elevados, y también debe tener la capacidad para transmitir el par motor completo a las ruedas motrices, manteniendo las deformaciones mínimas. El mecanismo que se utiliza para la unión del eje de transmisión se denomina junta de cardan.



Imagen 2.9: eje de transmisión

2.6.3.1 Ejes

Normalmente los ejes están divididos en dos partes, dependiendo de las dimensiones del vehículo, y están unidos mediante juntas cardan. En este caso, se unirán dos ejes de 1 m cada uno.

En general suelen usarse ejes huecos, porque estos son capaces de transmitir el mismo par que los ejes rígidos y son mucho más ligeros. En general están hechos de acero y muy equilibrados, ya que si no están equilibrados debido al peso que tienen son sometidos a revoluciones altas se generan vibraciones que pueden acortar la vida útil de este componente.

2.6.3.2 Juntas cardan

Cuando dos ejes están partidos y conforman uno solo, cuando se quiere transferir movimiento del uno al otro y que sea de manera constante, se utilizan juntas homocinéticas.

Este tipo de juntas tiene como función principal transmitir el movimiento de un eje a otro manteniendo la misma velocidad. Aunque la posición de la caja de cambios sea constante, la posición del diferencial va cambiando así que el ángulo que forman va a ser cambiante.

2.6.4 Diferencial

Este elemento es capaz de adaptarse en cada momento a las necesidades de giro de cada una de las ruedas motrices, ya que cuando se realiza la operación de giro cada rueda tendrá una velocidad diferente. Es decir, permite que la rueda exterior gire más rápido que la rueda interior en una curva.

De no contar con la presencia de este elemento, las dos ruedas girarían a la misma velocidad y la rueda exterior deslizaría sobre la superficie de contacto.

2.6.4.1 Diferencial convencional

Los diferenciales comunes por tres engranajes de tipo cónico dispuesto en forma de "U". El primer engranaje es el que está situado en el eje transmisor de potencia y los otros dos están colocados de manera vertical en el eje de cada rueda. El engranaje que está situado en el eje de transmisión se le denomina planetarios y los engranajes verticales se les llama satélites.

Cuando ambas ruedas recorren el mismo camino, por ir el vehículo en línea recta, el engranaje planetario se mantiene en situación neutra. Sin embargo, en una curva los engranajes satélites se desplazan ligeramente, compensando con ello las diferentes velocidades de giro de las ruedas.

La diferencia de giro también se produce entre los dos ejes. Las ruedas directrices describen una circunferencia de radio mayor que las no directrices, por ello se utiliza el diferencial.

Por otro lado, cuando se está realizando el giro, una de las ruedas se llevara una potencia mayor que la otra. La rueda exterior absorbe un par menor que el que absorbe la rueda interior, pero al sumar los dos pares será el mismo que el par motor transmitido desde la caja de cambios. Esto puede ocasionar un problema ya que si una de las ruedas desliza sobre la superficie o se pierde el contacto con el asfalto, una de las ruedas se llevara toda la potencia del motor, de esta manera perdiendo tracción.

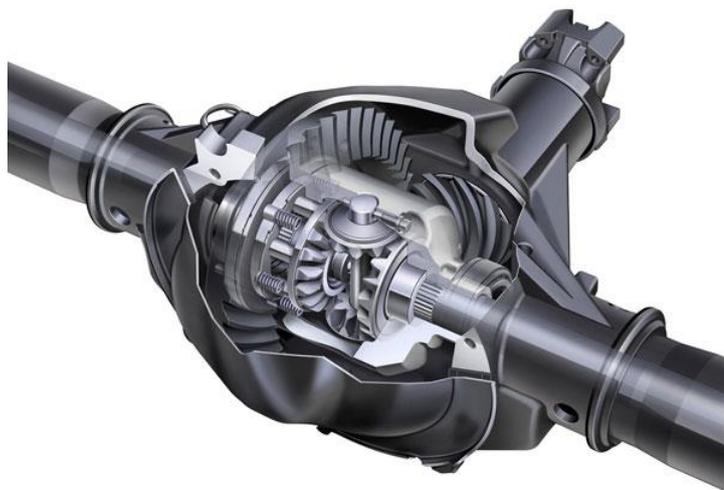


Imagen 2.10: diferencial

2.6.4.2 Diferencial autoblocante

Los diferenciales autoblocantes tienen el mismo fundamento de funcionamiento que el diferencial común. La gran diferencia entre ellos es que en el caso de que una rueda deslice, la otra rueda no recibirá toda la potencia.

Su función principal es reducir la velocidad de la rueda que gire a más velocidad. Esto se debe a que la rueda con más resistencia al giro es capaz de transmitir una mayor potencia, por lo que la tracción se ve mejorada. Con un diferencial autoblocante el automóvil gana más en estabilidad y no se embala, de esta manera el vehículo al recuperar el contacto normal con la superficie no existe el riesgo de que se desvíe bruscamente.

2.6.4.3 Diferencial Viscoso “Ferguson”

En este tipo de diferencial cada semieje está unido a un juego de discos especiales intercalados dentro de una carcasa hermética que contiene un fluido de gran viscosidad, por ejemplo, silicona.

Cuando hay diferencia de giro entre los semiejes, el fluido se vuelve más viscoso y tiende a hacer solidarios los dos juegos de discos. De este modo se igualan las dos velocidades de giro y así pudiendo transmitir hasta el cien por cien de la fuerza al eje con mayor adherencia.

Si se le acopla un diferencial convencional mencionando en el apartado anterior, puede cumplir con la función de diferencial autoblocante.

2.6.4.4 Diferencial Torsen

Es una modificación del diferencial autoblocante. Este tipo de diferencial es capaz de repartir el deslizamiento de manera independiente a la velocidad de giro de los semiejes.

Está compuesto de tres pares de ruedas helicoidales que engranan a través de dientes rectos situados en sus extremos. La retención o el aumento de la fricción se producen porque las ruedas helicoidales actúan como un mecanismo de tornillo sin fin. El punto de contacto entre los dientes de los engranajes es desplazado sobre una línea

recta lo largo del mismo diente. Esto significa la unión del movimiento de giro de las ruedas con el movimiento de deslizamiento que supone la fricción. El grado de resistencia es determinado por el ángulo de la hélice de las ruedas helicoidales.

El diferencial Torsen es capaz de repartir la fuerza del motor a cada semieje en función de la resistencia que se oponga a cada rueda de giro, pero al mismo tiempo permite que la rueda interior en una curva gire menos que la exterior, aunque esta última reciba menos par.

2.6.5 Configuración de la transmisión

Los componentes y la disposición de la transmisión varían según la posición del motor y también de las ruedas que transmiten la fuerza motriz.

Hoy en día principalmente existen 3 configuraciones diferentes: motor delantero y tracción trasera, motor delantero y tracción delantera y motor trasero y tracción trasera. Existe también la posibilidad de transmitir la potencia a las 4 ruedas del automóvil, denominada tracción 4x4, pero en este proyecto no se valora esa opción ya que este tipo de configuración es utilizada mayormente para vehículos de alto pesaje como los todoterrenos, camiones o incluso tractores.

2.6.5.1 Motor delantero y tracción trasera

El motor está situado en la parte delantera del vehículo. Hoy en día es la configuración más utilizada, sobre todo en vehículos con una gran cilindrada. El flujo de potencia empieza desde el eje de salida del motor, pasa por la caja de cambios y del eje de salida de la caja se transmite la potencia al eje de transmisión. Este eje es el encargado de transmitir la potencia al diferencial, que estará situado en la parte trasera del vehículo.

Esta disposición es más efectiva con el acelerado, ya que tiene mayor peso en la zona trasera. También tienen más espacio para la dirección del vehículo y es mucho más ligera y ágil.

2.6.5.2 Motor delantero y tracción delantera

En este tipo de configuración, las ruedas motrices son las delanteras, por lo tanto no es necesario un eje de transmisión que lleve la potencia a la parte trasera del automóvil. De este modo, el eje de salida de la caja de cambios estará conectado directamente al diferencial. Esta disposición tiene un buen agarre en general

2.6.5.3 Motor trasero y tracción trasera

Este tipo de configuración no es muy común. Como en los vehículos de motor delantero y tracción delantera, el eje de salida de la caja de cambios está directamente conectado al diferencial. Es normal que los automóviles con gran cilindrada utilicen este tipo de disposición

2.6.5.4 Tracción 4 ruedas (4x4)

El motor puede estar situado en la parte trasera o delantera del vehículo, y se transmite potencia a las cuatro ruedas del automóvil. Como se ha mencionado anteriormente, este tipo de configuración es utilizado por vehículos con gran pesaje, o para vehículos que tienen que circular por terrenos complicados.

2.7 SOLUCIÓN ADOPTADA

Una vez descritos todos los componentes mecánicos que pueden formar la transmisión del vehículo a estudiar, se hará una selección de los elementos más adecuados para tratar este proyecto.

2.7.1 Configuración de la transmisión

El vehículo que se está estudiando en este proyecto es de una cilindrada elevada. Según las especificaciones técnicas del cliente, la potencia a transmitir es considerable, por lo tanto se ha optado por montar el motor en la parte delantera y que las ruedas motrices sean las traseras.

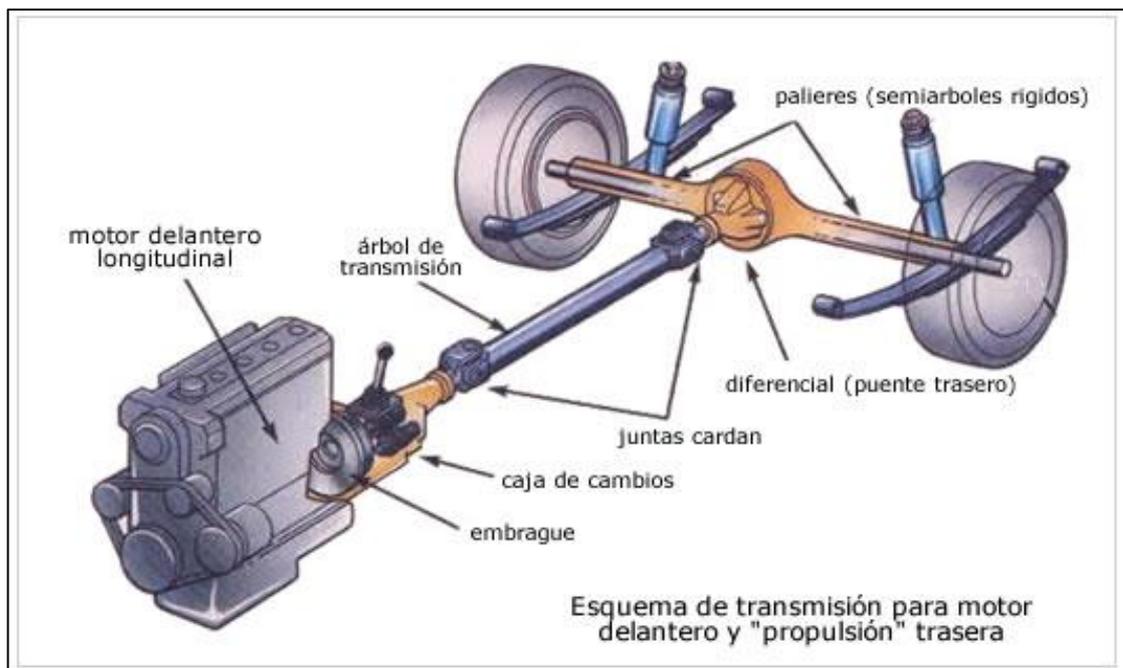


Imagen 2.11: disposición de motor delantero y tracción trasera

2.7.2 Embrague

El tipo de embrague que se va a utilizar es de fricción, ya que como se ha mencionado anteriormente es el tipo de embrague más utilizado en la industria del automóvil, debido a su versatilidad.

El embrague sirve para acoplar o desacoplar dos ejes que están en contacto entre sí. Cuando los ejes están acoplados se dice que está embragado, en cambio, cuando no hay transmisión de potencia entre los ejes se dice que está desembragado.

El responsable de accionar el embrague es el conductor del vehículo. Cuando pisa el pedal, los ejes dejan de estar en contacto y cesa la transmisión de potencia. Una vez efectuado el cambio de marcha, los discos vuelven a estar en contacto de nuevo permitiendo un acoplamiento suave y progresivo.

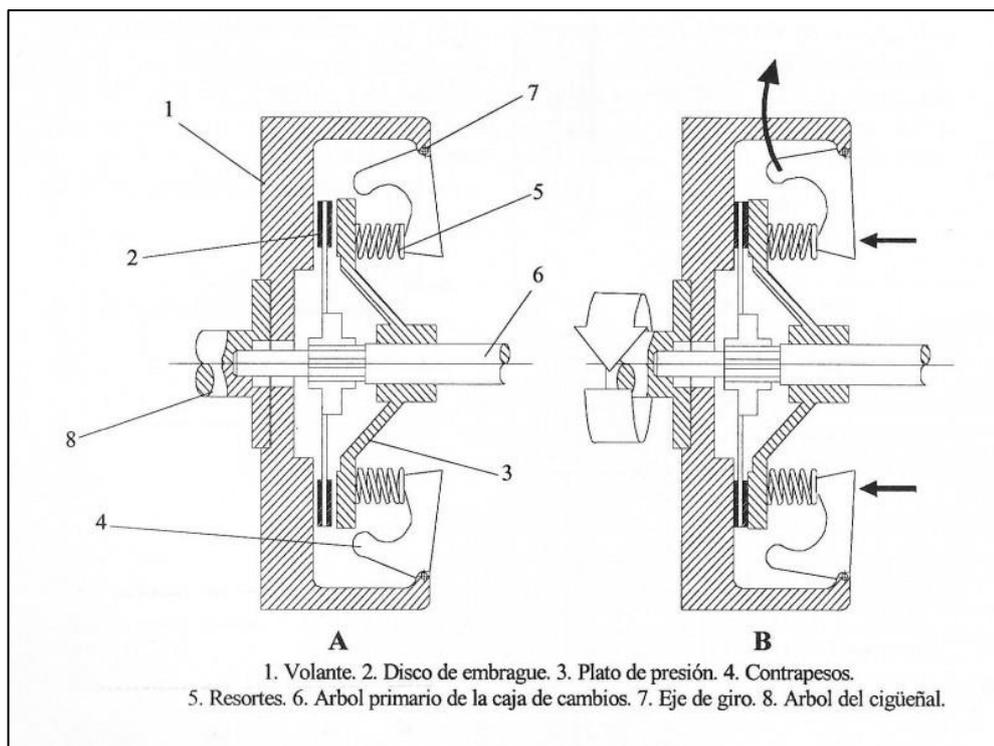


Imagen 2.12: embrague desacoplado (A) y acoplado (B)

En este proyecto se ha escogido un embrague del catálogo SACHS. Las características calculadas están especificadas en el Documento 3: Anexo de cálculos apartado 3.3 Embragues.

El diámetro del embrague calculado es de 226,2 mm y el diámetro mínimo interior debe ser de 158,4 mm. Finalmente, del catálogo de SACHS se ha seleccionado uno con un diámetro de 228 mm. La presión que debe soportar el embrague es de 1,68 kg/cm². Según los cálculos del apartado 3.3.2 Dimensiones del embrague, el embrague seleccionado es capaz de transmitir un par torsor de 305,5 Nm, por lo tanto es un embrague válido ya que el par máximo a transmitir es de 250 Nm. El embrague está conectado al eje primario de la caja de cambios, por lo tanto de

llevar un nervado tanto como el embrague y el eje. El modulo seleccionado, según la norma DIN 5480 es de 1 mm, por lo tanto estará compuesto de 35 dientes y una largura mínima de 6 mm. Los cálculos realizado se encuentran en el apartado 3.3 del Documento 3: Anexo de cálculos.

2.7.3 Caja de cambios

La caja de cambios será de tipo manual, compuesta de 6 velocidades hacia delante y una marcha hacia atrás. Por lo tanto la caja estará formada por 6 pares de engranajes helicoidales. Por otro lado, la función de marcha atrás está formado por 3 engranajes rectos.

La caja de cambios es la responsable de transformar el par motor que llega desde el motor. Es capaz de aumentar o disminuirlo, utilizando las diferentes combinaciones que dispone gracias a los engranajes. El conductor es capaz de seleccionar las diferentes marchas para adecuarse a las diferentes que pueda encontrarse en el asfalto.

El automóvil debe ser capaz de superar las resistencias dadas por el ambiente. Estas resistencias son:

- Resistencia por rodadura
- Resistencia por inercia
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia por pendiente

Se ha probado que el vehículo es capaz de superar las combinaciones más críticas que se dan en la carretera. Para más detalles sobre las fuerzas que se oponen al movimiento, consultar el apartado 3.2 Dinámica del vehículo y 3.4.2 Comprobación de la 1ª y 6ª marcha del Documento 3: Anexo de cálculos.

2.7.3.1 Engranajes

Los engranajes son los encargados de adaptar el par motor a las solicitudes del conductor del automóvil. En el eje intermedio, los engranajes juran con el eje ya que está unido mediante unas chavetas.

Por otro lado, los engranajes que se encuentran en el eje secundario giran locos. Es decir, están unidos con sus respectivas parejas, pero no giran con el eje secundario. Cuando se selecciona una marcha, los sincronizadores son los encargados de hacer girar el eje a la velocidad de la marcha seleccionada por el conductor.

Los engranajes son todos de tipo helicoidal ya que son capaces transmitir más fuerza que otros engranajes. Aun así, los engranajes que forman la marcha atrás son engranajes rectos. Además, entre los engranajes de la marcha atrás hay que sumar un tercer engranaje entre ellos, para poder invertir el giro y cumplir su función.

Para todos los pares de engranajes se ha escogido un acabado superficial de N7. A continuación aparecen las dimensiones principales de los engranajes que forman la caja de cambios. Para más información, consultar el apartado 3.4.3 Calculo de engranajes del Documento 3: anexo de cálculos.

PIÑÓN (Z)	1ª Marcha	2ª Marcha	3ª Marcha	4ª Marcha	5ª Marcha	6ª Marcha	Marcha atrás
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 2.3: dimensiones de los engranajes del eje intermedio

CORONA (Z)	1ª Marcha	2ª Marcha	3ª Marcha	4ª Marcha	5ª Marcha	6ª Marcha	Marcha atrás
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 2.4: dimensiones de los engranajes del eje secundario

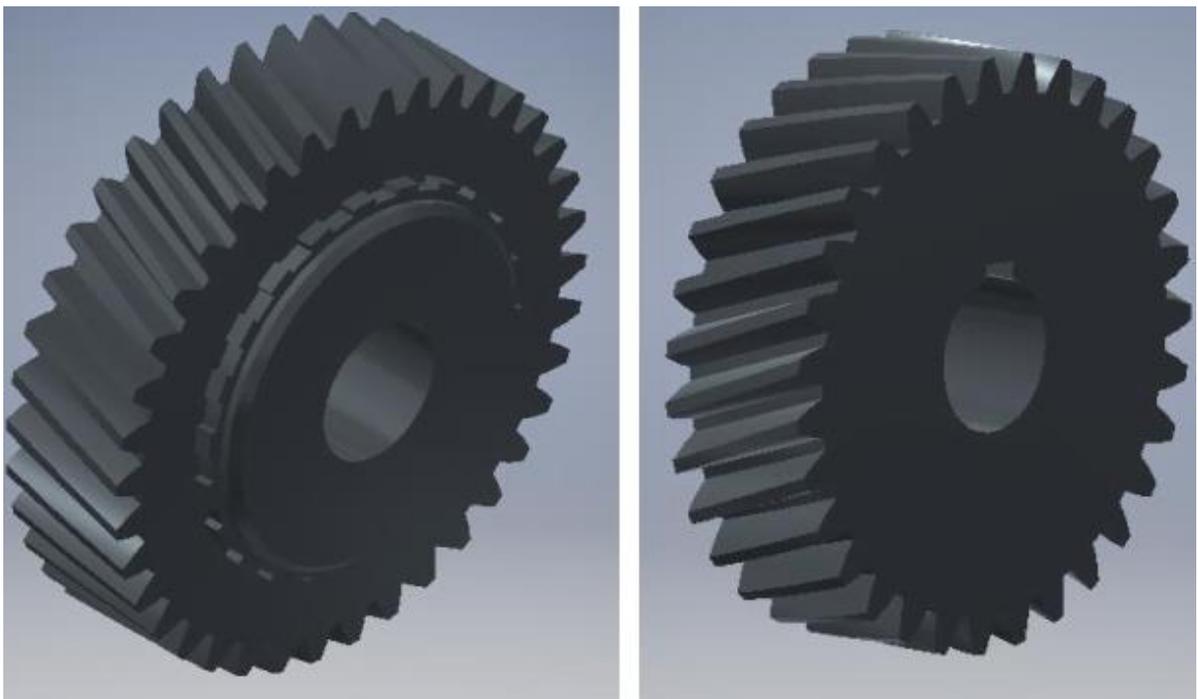


Imagen 2.13: engranajes del eje intermedio y eje secundario

2.7.3.2 Eje primario

El eje primario es el encargado de recibir el giro del embrague y lo transmite al eje intermedio. El estriado, como se ha mencionado anteriormente sigue la norma DIN

5480, y de esta manera se transmite el par del disco al eje. La rueda que va en el eje está directamente mecanizada, por lo tanto no tiene chaveta.

Este eje debe ser capaz de soportar los esfuerzos que se generan en él. El diámetro escogido para este eje es de 35 mm. El embrague tendrá 35 dientes internos por lo tanto este eje tendrá también 35 dientes. El ajuste que se le hará en el eje es de H8/h9 ya que debe cumplir la función de deslizamiento sobre el disco del embrague.

El material seleccionado para el eje y el engranaje es 18CrNi8 que es un acero cementado de alta graduación, de gran resistencia por aplicación de elevada responsabilidad. El eje es de una longitud de 231,94 mm.



Imagen 2.14: eje primario

2.7.3.3 Eje Intermedio

En el eje intermedio se encuentran 6 engranajes helicoidales y un engranaje recto, que es el encargado de transmitir la marcha atrás. Todos los engranajes giran a la misma velocidad que el eje. El eje debe ser capaz de soportar todos los esfuerzos generados por los engranajes. En los extremos del eje hay colocados dos rodamientos (A y B), que sirven como apoyo y deben aguantar también las fuerzas axiales y radiales que se presentan. El eje está formado por diferentes secciones, y tiene una longitud total de 631,5mm. El engranaje de la 4ª marcha se mecaniza en el propio eje, para ejercer de soporte a los otros engranajes.

El eje está fabricado del material 18CrN8, al igual que el eje primario. Para más información sobre las dimensiones del eje y su cálculo consultar el apartado 3.4.4.2 Eje intermedio del documento 3: anexo de cálculos. Consultar el plano N° 3 del documento 4: Planos.

2.7.3.4 Eje Secundario

En el eje secundario están las ruedas locas y los sincronizadores. Los sincronizadores son los encargados de hacer que los engranajes se fijen al eje y no giren locamente, una función muy similar a la del embrague. De esta manera se transmite el par del eje intermedio al eje secundario.

Cada engranaje gira libremente, por eso se coloca encima de unos rodamientos para así minimizar el rozamiento y fricción y no desgastar el eje. Los engranajes engranan con el sincronizador gracias a los piñones que están mecanizados en cada uno de los engranajes del eje secundario. Cuando el conductor selecciona una marcha, la horquilla desplaza el sincronizador por el cubo sincronizador y así une el engranaje al eje.

El material de fabricación del eje es el mismo que el del eje intermedio, 18CrN8. Tiene dos rodamientos en los extremos que sirven como apoyo (C y D). La longitud total del eje es de 605 mm y tiene un diámetro máximo de 37 mm. La salida del eje está estriada mediante DIN 5480, para conectar el eje con una junta cardán, y así transmitir el par al eje de transmisión. Para más información consultar el plano N° 4 del documento 4: Planos.

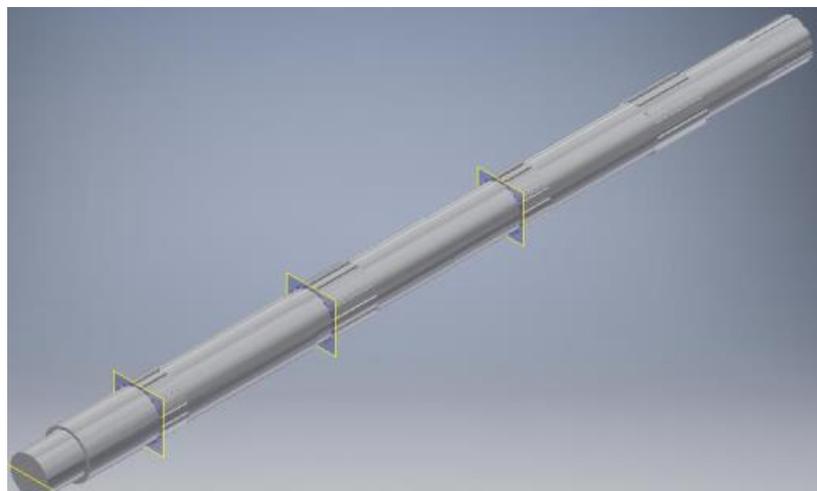


Imagen 2.15: eje secundario

2.7.4 Eje de transmisión

El eje de transmisión o árbol de transmisión es el encargado de transmitir la potencia de la salida de la caja de cambios al diferencial, que está situado en la parte trasera del vehículo. El diferencial está situado a 2 m de la salida, por lo tanto el eje de transmisión estará formado por dos etapas de 1 m cada una. El eje vacío seleccionado del catálogo de CONDESA es de un diámetro exterior de 55 mm de un espesor de 2,5 mm, por lo tanto el diámetro interior es de 50 mm.

El eje seleccionado es capaz de aguantar a resistencia mediante el código ASME y está comprobado que aguanta las vibraciones según la norma ISO 7919-5. Para más información consultar el apartado 3.4.8 Eje de transmisión del documento 3: anexo de cálculos.

Para unir el eje de transmisión con el eje secundario, se utiliza una junta cardán. La junta cardán está acoplado al eje secundario mediante un estriado. Para unir la junta con el eje de transmisión se utiliza una palca soldada al eje, con agujeros para unirlos mediante tornillos.

El material escogido para el eje es de un acero acabado en frío denominado S355 J2H.

2.7.5 Diferencial

El diferencial es un conjunto de varios engranajes. El diferencial escogido para esta transmisión es de tipo convencional, ya que es el modelo más utilizado en la industria del automóvil. El diferencial convencional está formado por un conjunto piñón-corona. El material seleccionado para formar los engranajes del diferencial es el mismo utilizado para los otros engranajes de la transmisión. Los satélites y los planetarios tendrán 15 y 17 dientes respectivamente. .

2.7.6 Elementos comerciales

Los elementos comerciales son los elementos que se realiza un cálculo previo para comprobar si este elemento es capaz de soportar los esfuerzos que recibirá en un futuro. La elección de estos elementos se realiza mediante un catálogo industrial.

2.7.6.1 Rodamientos

Son los elementos giratorios que transmite la carga mediante contacto por los elementos rodantes que llevan en el interior y también sirven como apoyo para el eje. En el proyecto se usarán rodamientos de bolas, cónicos, cilíndricos y de aguja. Los rodamientos de bolas se utilizan para cargas radiales y axiales, y los rodamientos con rodillos cilíndricos solo se usan para los apoyos que sufren fuerza radial.

Los rodamientos utilizados en este proyecto, tiene 3 componentes principales: el anillo interior, el anillo exterior y los elementos rodantes, que pueden ser circulares o cilíndricos. El espacio donde va colocado el rodamiento se tiene que tener en cuenta y también cual es el elemento que va a ser fijo, si el anillo exterior o el anillo interior.

Para el correcto funcionamiento de un rodamiento hay aspectos que son de gran importancia como son la lubricación y el correcto montaje del rodamiento. Las superficies de contacto deben estar bien lubricadas, de esta manera se reduce el desgaste. El calor generado no es tan elevado y previene la corrosión de las superficies. Es importante mantener estos elementos limpios y libres de impurezas, ya que pueden acortar la vida útil considerablemente.

Para el apoyo de los ejes se utilizan 4 rodamientos. Por un lado, el eje intermedio con 2 apoyos, A y B, se usa unos rodamientos cilíndricos y otro de bolas.

Por otro lado, eje secundario está compuesto por otros dos rodamientos para los apoyos C y D, donde uno será de rodillos y el otro de bolas. En los 4 casos, la anilla exterior estará fijada y el anillo interior será el encargado de girar.



Imagen2.16: rodamiento cilíndrico y de bolas

Los engranajes locos disponen de rodamientos para que giren libremente. Para ello se usan rodamientos de aguja, que son rodamientos que no soportan cargas axiales pero tiene una gran capacidad de carga, para soportar las cargas radiales.



Imagen2.17: rodamiento de aguja

Los rodamientos se escogen mediante el catálogo de FAG, y estos son los rodamientos seleccionados, incluyendo su referencia, dimensión principal y capacidad.

EJE PRIMARIO		
Apoyo A´ REF:C208E TCPS	Ø=35 mm (Cónico)	C=55kN
Apoyo B´ REF:C208E TCPS	Ø=35 mm (Cónico)	C=55kN
EJE INTERMEDIO		
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
EJE SECUNDARIO		
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

ENGRANAJES LOCOS		
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
Marcha atrás REF : N200ETV	Ø=31 mm (Aguja)	C=29 kN

Tabla 2.5: clasificación rodamientos

2.7.6.2 Sincronizadores

Los sincronizadores son la combinación de tres elementos: el aro sincronizador, el cubo sincronizador y el sincronizador en sí. La caja de cambios tratada en este proyecto está compuesta por 3 sincronizadores. Uno para las marchas 1ª y 2ª, otro para las marchas 3ª y 4ª, otro para las marchas 5ª y 6ª .

Cada una de las marchas tiene un aro sincronizador que se engancha gracias a la conicidad que tienen las ruedas locas. Como se ha mencionado anteriormente, el acoplamiento es un proceso muy similar al del embrague cónico. Los estriados que disponen los sincronizadores siguen la norma DIN 5480, como todos los estriados a lo largo de este proyecto. Las dimensiones de los sincronizadores son diferentes dependiendo de las marchas, ya que las potencias a transmitir son diferentes. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones principales de los sincronizadores que componen este proyecto:

Los aros sincronizadores están fabricados de 51CrMoV4 y tienen un acabado general de N7. Los cubos sincronizadores y los sincronizadores también tienen un acabado superficial de N7 pero están fabricados de 16 MnCr5. Los anillos y los cubos sincronizadores tienen un ajuste de H7/j6. El ajuste del dentado intero del cubo sincronizador con el eje secundario es de H7/k9.

Para consultar más información sobre los sincronizadores, consultar el apartado 3.4.6 del documento 3: anexo de cálculos. Para las especificaciones sobre las dimensiones consultar los planos 12-13 del documento 4: planos.

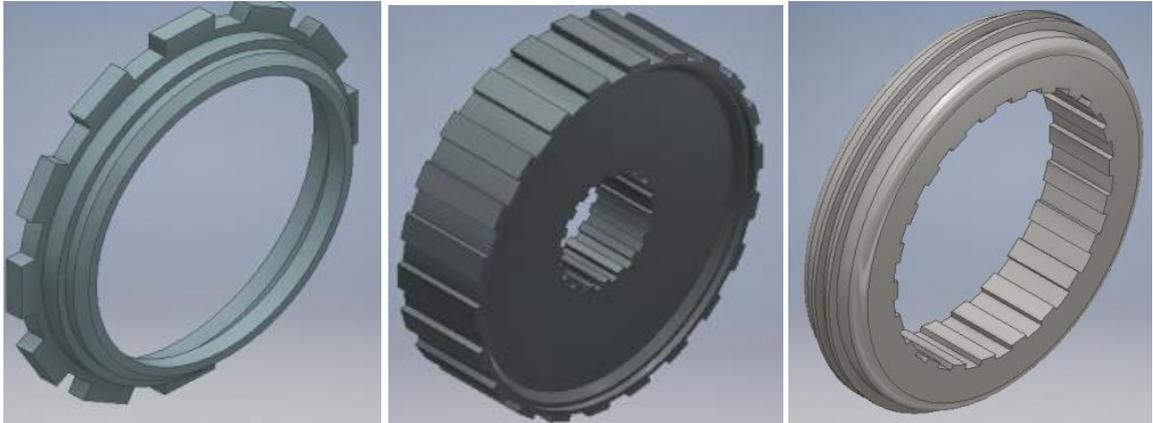


Imagen2.18: sincronizador

2.7.6.3 Chavetas

Las chavetas son los elementos seleccionados que sirven para unir los engranajes a los ejes y así transmitir la potencia que sea requerida. Para el montaje tanto como el eje principal como para el eje intermedio, se ha optado por unas chavetas DIN 6885, con unas dimensiones de 20x10x8 mm, se utilizarán las mismas chavetas en todos los engranajes, ya que de esta manera se estandariza y se evitan confusiones a la hora del montaje.

Se ha optado por realizar la caja de cambios en vez de usar un eje estriado, ya que las chavetas están compuestas por un acero con propiedades mecánicas inferiores a las normales. De este modo, cumple una doble función de fusible mecánico. Cuando la transmisión de potencia sea mayor a la potencia máxima, la chaveta rompe y no permite la transmisión de potencia. Así el vehículo se detiene debido a un fallo del motor.

Las chavetas son seleccionadas del catálogo RODAVIGO.

2.7.6.4 Juntas cardán

Se opta por usar una junta cardán para unir el eje secundario con el eje de transmisión. La junta es seleccionada del catálogo SERVICARDAN. La junta tiene una longitud total de 212,00 mm, y tiene un dentado interior de 12 dientes que coincide con el estriado del eje secundario. Por otro lado, en el otro extremo se encuentran 8 agujeros que sirven para introducir los tornillos de M8 y fijar ese extremo con el eje de transmisión. La conexión con el diferencial se hace de la misma forma, utilizando el mismo nervado y la misma cantidad de tornillos M8 con tuercas. El par de transmisión máximo es de 1300 Nm y la velocidad de rotación máxima 7000 rpm.

2.8 PLANIFICACIÓN

AÑO	2017																2018			
	Septiembre		Octubre					Noviembre						Diciembre			Enero			
	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S1	S2	S3	S4	
INICIO PROYECTO	█	█	█																	
1.-Oferta	█																			
2.-Apertura		█																		
3.-Análisis		█	█																	
DISEÑO DE PRODUCTO				█	█	█	█	█	█	█										
1.- Diseño embrague				█																
2.-Diseño engranajes					█															
3.-Diseño de ejes						█														
4.- Diseño eje de transmisión							█													
5.-Rodamientos								█												
6.-Resto de componentes comerciales									█											
DISEÑO UTILLAJE DE FABRICACIÓN										█										
FASE FABRICACIÓN PROTOTIPO											█	█								
HOMOLOGACIÓN PROTORIPO													█							
FASE DE FABRICACIÓN														█	█	█				
1.-Engranajes															█					
2.-Ejes																█				
3.-Diferencial																	█			
ELEMENTOS COMERCIALES																		█	█	
1.- Recepción																				
2.-Control calidad																				
MONTAJE FINAL																		█	█	
CONTROL CALIDAD																			█	
PRUEBA FINAL																			█	
FIN																			█	

2.9 COSTE DEL PROYECTO

Tal y como se estima en el Documento 6: Presupuesto, el coste del diseño y de una transmisión es el siguiente.

Presupuesto total: 7.379,55€

El coste del presupuesto total es: siete mil trescientos setenta y nueve euros y cincuenta y cinco céntimos.