



industriales  
etsii

Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

## DISEÑO DE UNA REDUCTORA DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN VARIABLE Y PALANCA SINCRONIZADORA PARA EL MECANISMO MOTOR DE UNA CINTA TRANSPORTADORA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: **ANTONIO PÉREZ PUJALTE**  
Director: **MIGUEL LUCAS RODRÍGUEZ**



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

Murcia, a 29 de Junio de 2017

# **ÍNDICE DEL PROYECTO.**

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

a. ANEXO 1: CÁCULOS JUSTIFICATIVOS.

2. PLANOS.

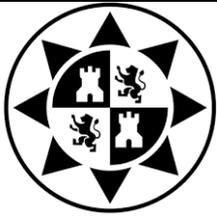
3. PLIEGO DE CONDICIONES.

4. PRESUPUESTO.

**DOCUMENTO N°1**

**MEMORIA**

**DESCRIPTIVA**



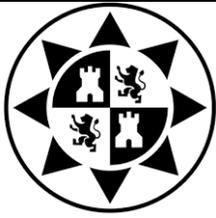
DISEÑO DE UNA REDUCTORA DE RELACIÓN DE  
TRANSMISIÓN VARIABLE Y PALANCA  
SINCRONIZADORA PARA EL MECANISMO  
MOTOR DE UNA CINTA TRANSPORTADORA



MEMORIA DESCRIPTIVA

## ÍNDICE

1. Antecedentes. ....	1
2. Objeto del proyecto. ....	1
3. Alcance. ....	1
4. Emplazamiento. ....	2
5. Reglamentación industrial aplicada. ....	3
6. Descripción del mecanismo. ....	4
6.1. Tipo de transmisión. ....	4
6.2. Tipo de reductor. ....	5
6.3. Elección del tipo de engranaje. ....	9
6.4 Descripción de los ejes. ....	13
6.4.1 Aplicación y configuración del eje. ....	13
6.5 Selección de cojinetes de deslizamiento o rodamiento. ....	14
6.6 Selección de los elementos de fijación. ....	16
6.7 Fijación del reductor. ....	18
7. Lubricación. ....	19
8. Resumen del presupuesto. ....	20
9. Bibliografía. ....	21
10. Documentos del proyecto. ....	22
11. Agradecimientos. ....	22
12. Conclusión a la memoria. ....	23



## **1. Antecedentes.**

Ante la propuesta de realización del Trabajo Fin de Grado, para la obtención del título de Grado en Ingeniería Mecánica, por parte del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica de Cartagena, se elabora el proyecto de “*Diseño de una reductora de transmisión variable y palanca sincronizadora para el mecanismo motor de una cinta transportadora*” por parte del alumno Antonio Pérez Pujalte y bajo la dirección del profesor Don Miguel Lucas Rodríguez.

## **2. Objeto del proyecto.**

El objetivo del presente proyecto consiste en el diseño de un sistema que sea capaz de variar el par y la velocidad de salida para el movimiento de una cinta transportadora.

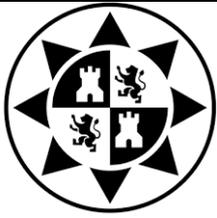
Con dicho fin se diseñará una reductora de transmisión variable con palanca sincronizadora, pues es el mecanismo idóneo que permite incrementar o disminuir el par en función de la velocidad que se quiera alcanzar para una misma potencia motora.

El mecanismo debe ser capaz de proporcionar la velocidad y potencia necesarias a una cinta de 50 metros que es capaz de transportar media tonelada / metro y que transportará residuos de escoria de hierro provenientes de un horno de purificación en dos campañas.

En la primera campaña la cinta transportará residuos a una velocidad de 10 Tn / min y la segunda a 7,5 Tn / min.

## **3. Alcance.**

En el diseño de la reductora se pueden distinguir varias etapas para la implementación de los distintos elementos mecánicos que quedaran perfectamente definidos en los cálculos justificativos y planos.



DISEÑO DE UNA REDUCTORA DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN VARIABLE Y PALANCA SINCRONIZADORA PARA EL MECANISMO MOTOR DE UNA CINTA TRANSPORTADORA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 2 de 23

Secuencia de diseño:

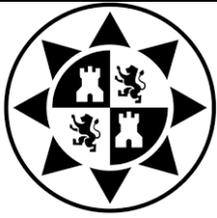
- Potencia, par, velocidad, características del motor (niveles de impacto), dimensiones de chasis, etc.
- Vida aproximada de los elementos mecánicos (engranajes, rodamientos, ejes...).
- Diseño de los engranajes. (Análisis de fuerzas).
- Diseño de los ejes. (Selección del material).
- Estudio estático y a fatiga de los ejes.
- Selección de cojinetes de deslizamiento o rodamiento.
- Estudio de los elementos de fijación (cuñas, anillos de retención, etc.).
- Determinar la fijación de la carcasa.
- Análisis final del diseño.

## 4. Emplazamiento.

La reductora será implantada en la cinta transportadora de la empresa XXXX, que se ubicará en el polígono industrial oeste de Alcantarilla (Murcia), calle Colombia. (Planos extraídos de “Google Maps”).

**Plano de situación.**





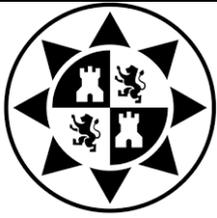
### Plano de emplazamiento.



## 5. Reglamentación industrial aplicada.

Para la realización de este proyecto, ha sido necesaria la aplicación de distintas normas que garantizan una toma de decisiones coherente con las distintas normativas, ya sean de carácter obligatorio o recomendadas. Aquí se exponen las más importantes:

- NORMA UNE 157001:2014 Criterios Generales para la Elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- RD 1644/2008 de 10 de octubre (Directiva 2006/42/CE de 17 de mayo) por el que se establecen normas de comercialización y normas de puesta en servicio de máquinas (N).
- RD 842/2002 de 2 de agosto por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de baja tensión (N).
- Normativa Europea de Seguridad (98/37/CEE).
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales y posteriores modificaciones (N).



- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo (N).
- Ley 21/1992 de 16 de julio de Industria (N).
- RD Legislativo 1/2008 de 11 de enero, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (N).
- Decreto 48/1998, de 30 de julio, de protección del medio ambiente frente al ruido en la Región de Murcia (A).
- R.D. 56/95 de 20/01/95 que modifica el R.D. 1435/92 de 27/11/92 sobre aplicación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas.
- American Gear Manufactures Associaton “AGMA”. AGMA 931-AGMA 908 B89 – AGMA 2101 C95.

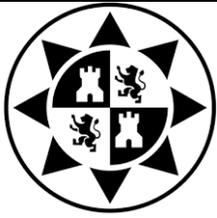
## **6. Descripción del mecanismo.**

Es prioritario establecer el tipo de transmisión que se va aplicar al reductor, la selección del tipo de dientes (rectos, helicoidales etc.), dimensionado de ejes, selección de cojinetes, elementos de sujeción, lubricación etc. que permitan un diseño óptimo que cumpla con las especificaciones de la cinta transportadora.

### **6.1. Tipo de transmisión.**

La transmisión de potencia se puede llevar a cabo mediante diferentes sistemas:

1. Transmisiones por rozamiento.
  - a. Con contacto directo (fricción entre elementos).
  - b. Con enlace flexible (Correas planas o trapezoidales).
2. Transmisiones por engrane.
  - a. Con contacto directo (Ruedas dentadas y tornillos sin fin “*engranajes*”).
  - b. Con enlace flexible (Cadenas o correas dentadas).



Al tratarse del diseño de un reductor para una cinta transportadora se aplicará un sistema de transmisión por engranajes, dada la gran potencia y el gran par implicados en el diseño.

Éstos son ruedas (cilíndricas o no) dentadas que se utilizan para transmitir movimiento y potencia de un eje giratorio a otro.

Como dice el propio nombre del mecanismo, “*reductor*” se trata de producir un cambio de velocidad de la salida del engrane (la velocidad que llevará la cinta transportadora) en relación con la del engrane de entrada (proporcionada por el motor) variando a su vez el Par con la misma potencia motora.

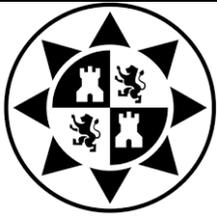
Frente a otros elementos de transmisión se puede destacar lo siguiente en relación con los engranajes:

- Fiabilidad de la relación de transmisión.
- Mayor capacidad de carga.
- Mayor duración.
- Rendimiento elevado, en torno a un 96-98%.
- Más caros.
- Distancia entre ejes menores que en correas y cadenas.
- Necesidad de lubricación (complejidad de la instalación).

## **6.2. Tipo de reductor.**

Basando la selección en la forma de transmisión de los engranajes se puede distinguir entre reductores automáticos o manuales.

El operario de la máquina deberá ser el encargado de variar la velocidad de la cinta conforme lo requiera la producción en cada momento por lo que se descarta la utilización del reductor automático.



### **Reductor manual.**

Depende totalmente del operario para la selección o cambio de marcha.  
Existen tres tipos de reductores manuales:

#### 1. De engrane deslizante.

Es la más simple. La transmisión se produce por la acción deslizante de las ruedas dentadas del eje principal, las cuales engranan o desengranan con las ruedas dentadas apropiadas para obtener la relación de transmisión deseada.

Este sistema obliga a que los engranajes sean rectos provocando un funcionamiento ruidoso y un desgaste prematuro de los dientes debido a los choques durante los cambios, por lo que su uso y aplicación ha quedado obsoleto.

#### 2. De engrane constante.

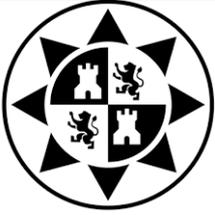
En este tipo de diseño las ruedas dentadas se hallan acopladas constantemente montadas sobre cojinetes que permiten una rotación independiente del eje.

Se utiliza una corona dentada (en ambos extremos) deslizante sobre el eje que engrana con una de las ruedas dentadas dependiendo de la marcha seleccionada fijándola mecánicamente al eje principal, lo que determina la relación de transmisión que queda establecida en cada caso.

#### 3. De engrane sincronizado.

En muchos aspectos es similar a la caja de engrane constante descrita anteriormente pero se sustituye la corona por un mecanismo denominado “*cubo sincronizador*”.

Durante la primera fase del engrane la horquilla de selección desplaza el cubo sincronizador completo hacia la rueda dentada loca seleccionada. El



primer contacto se realiza por medio del cono sincronizador y la rueda dentada. La fricción entre ellos sincroniza rápidamente las velocidades del cubo y la rueda. Los movimientos últimos de la palanca de cambios accionan los fiadores y hacen que el anillo exterior deslice sobre la rueda fijándola al eje provocando el engrane.

A continuación se muestra una vista explosionada del cubo sincronizador:

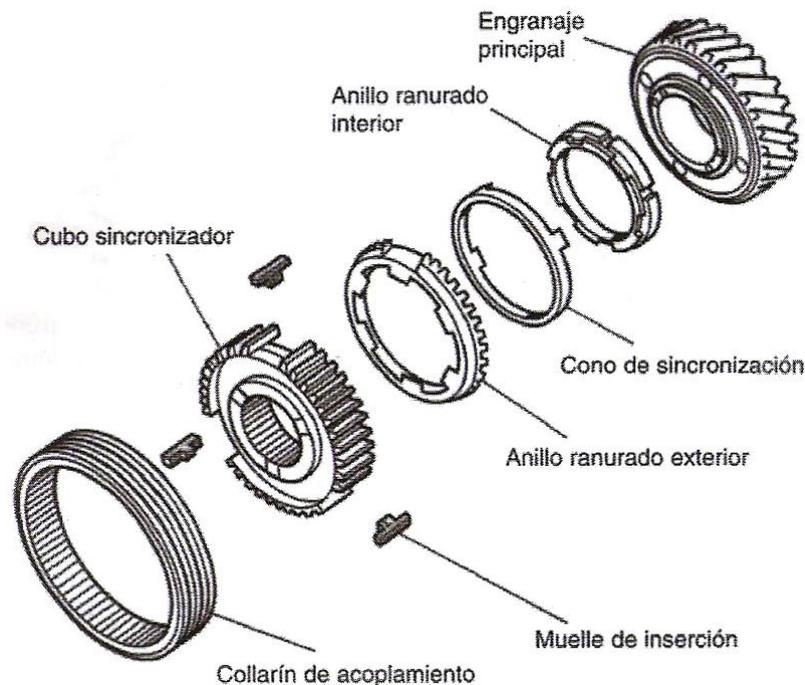
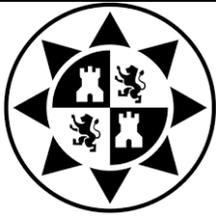


Figura extraída de “Manual técnico del automóvil”, P.P.J Read y V.C Reid



Mecanismo de sincronización que un reductor de múltiples velocidades:

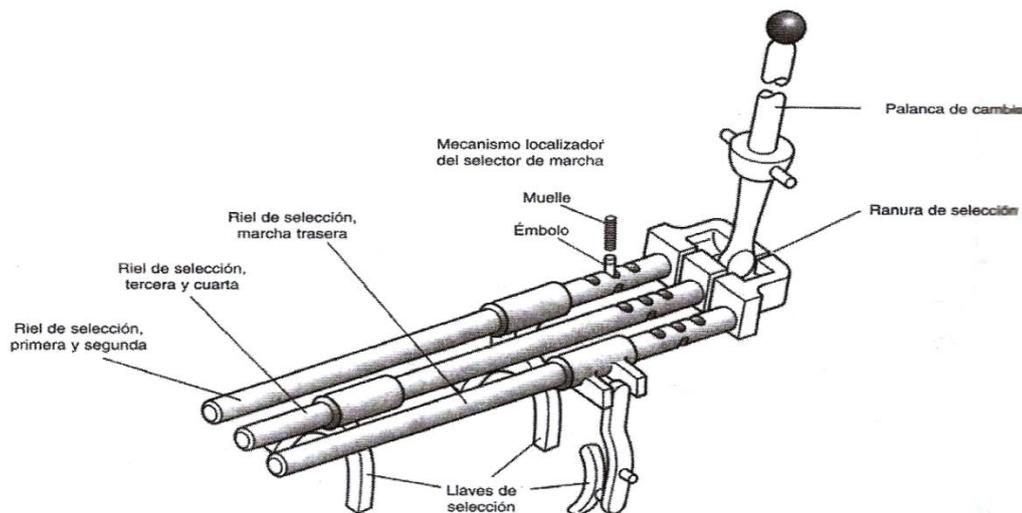


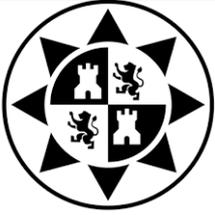
Figura extraída de “Manual técnico del automóvil”, P.P.J Read y V.C Reid

Al cubo sincronizador se incorpora un anillo ranurado de un material de alta resistencia que ofrece las siguientes ventajas:

- Ajuste más preciso de las velocidades de los piñones, reduciendo el desgaste y esfuerzo constante de los componentes del reductor.
- Previene el engrane de los piñones mientras sus velocidades no están totalmente sincronizadas.
- Cambio de marcha más suave en todo el rango del reductor.

Para asegurar que sólo se pueda seleccionar una marcha se incorpora un mecanismo de bloqueo en el selector del reductor.

Por todo esto se seleccionará para el presente proyecto un reductor manual de engrane sincronizado.



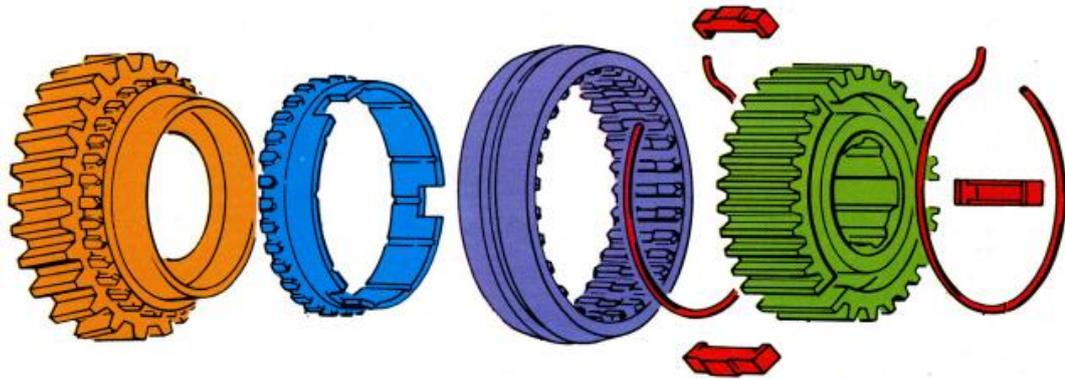
### Tipos de sincronizadores.

Hay una gran variedad de tipos de sincronizadores pero en general se pueden agrupar en cuatro modelos distintos:

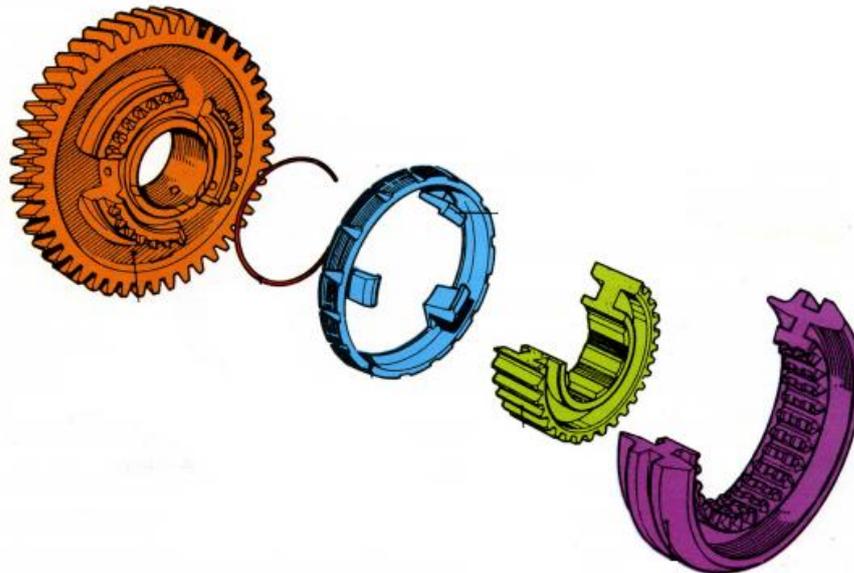
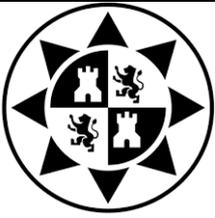
- Sincronizador Renault.
- Sincronizador Borg Warner.
- Sincronizador New Process.
- Sincronizador Porsche.

Dadas las características del mecanismo no es prioritario un sistema de máxima precisión y ruido en el cambio de marcha, por lo que se descarta el uso de sincronizadores New Process (además en caso de rotura este modelo no permite el desarme) y Porsche.

El funcionamiento del Renault y Borg Warner son similares se seleccionará por la complejidad de diseño:



*“Sicronizador Borg Warner”*



*“Sincronizador Renault”*

Dadas las características de cada uno se escogerá el sincronizador Borg Warner para el diseño del reductor.

El mecanismo de selección de la palanca sincronizadora se llevará a cabo mediante un mecanismo de transmisión por cadena. Queda detallado en el Anexo I del presente proyecto.

### **6.3. Elección del tipo de engranaje.**

Dado el tipo de mecanismo que ocupa el proyecto el análisis para la elección se centrará entre los engranajes cilíndricos rectos y los engranajes helicoidales los cuales serán elegidos por los motivos que se exponen a continuación:

En los engranajes rectos sus dientes son paralelos al eje de rotación, su uso se limita a la transmisión de potencia entre ejes paralelos, siendo por otra parte el engranaje más sencillo.

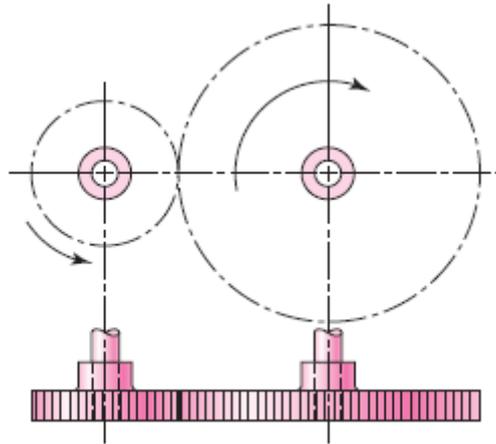
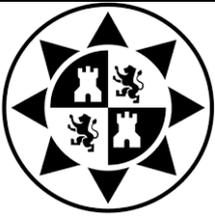


Figura extraída de “*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*”, Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett

En los engranajes helicoidales los dientes forman una espiral respecto al eje de rotación (ángulo de hélice), pueden utilizarse para las mismas aplicaciones que los rectos.

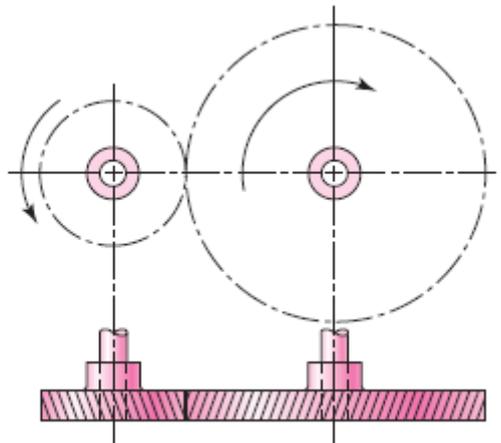
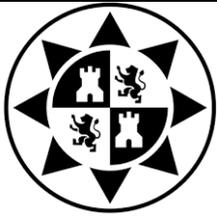


Figura extraída de “*Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*”, Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.

Se optará por este tipo de engranajes puesto que gracias a ese ángulo de hélice el engranado se realiza de forma gradual lo que provoca menor ruido, la relación de contacto se mayor, no se produce tanto desgaste en los dientes y son más resistentes a fatiga, aunque su precio es más elevado.



DISEÑO DE UNA REDUCTORA DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN VARIABLE Y PALANCA SINCRONIZADORA PARA EL MECANISMO MOTOR DE UNA CINTA TRANSPORTADORA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 12 de 23

Este acoplamiento gradual de los dientes y transferencia uniforme de la cara de un diente a otro proporcionan a los engranes helicoidales la capacidad para transmitir cargas pesadas a altas velocidades; Por todo esto se descarta la utilización de engranajes rectos.

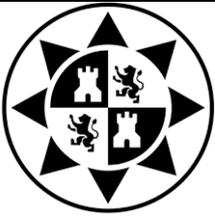
Los engranajes helicoidales pueden transmitir potencia entre ejes paralelos, donde uno de ellos tendrá hélice a derechas y otro a izquierdas con el mismo ángulo, y entre ejes no paralelos o cruzados donde los ángulos de hélice serán iguales u opuestos siendo la suma de ambos el ángulo entre ejes.

Debido al espacio a utilizar se optará por la transmisión entre ejes paralelos.

Otro tipo son los engranajes helicoidales dobles, estos equivalen a dos engranajes helicoidales con sentidos opuestos montados lado a lado en el mismo eje desarrollando reacciones axiales opuestas y por lo tanto cancelando dichas cargas.

Su principal ventaja es que se minimiza el desgaste lateral gracias a los dientes opuestos y pueden transmitir mayor relación de par; sin embargo su alto coste de fabricación hace que no sea la solución óptima para este proyecto, puesto que no se espera una carga axial resultante demasiado elevada, y por tanto se optaría por un tipo de rodamiento axial que pudiera paliar esa situación.

Por tanto se diseñarán parejas de engranajes helicoidales simples en ejes paralelos.

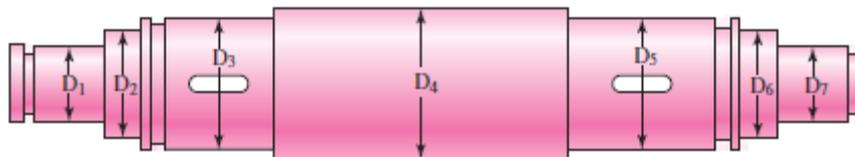


## 6.4 Descripción de los ejes.

### 6.4.1 Aplicación y configuración del eje.

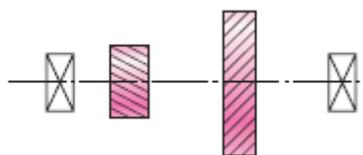
Se trata de un elemento mecánico rotatorio, por lo general, de sección transversal circular cuyo objetivo es la transmisión de potencia o movimiento, que actuará de sistema de rotación de los demás componentes mecánicos tales como ruedas dentadas, cojinetes o el propio sincronizador.

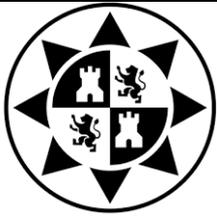
Dado la incorporación de estos elementos se aplicará una geometría de cilindro escalonado.



Estos resaltos que provocan los cambios de diámetro propiciarán un medio excelente para aguantar cualquier empuje evitando la salida de algún componente mecánico, al igual que sirve de localización axial de dichos elementos.

Los componentes que soportan carga como los engranajes se colocarán entre los cojinetes con el fin de que estos reciban dichas cargas, por facilidad constructiva del bastidor y desmontaje de los engranajes en caso necesario los cojinetes irán siempre en los extremos del eje como indica la figura siguiente por lo que en el presente proyecto no se diseñarán ejes con engranajes en voladizo.





La carga axial se transmitirá al eje a través de anillos de retención o pasadores al igual que el par de torsión por medio de chavetas o ajustes de presión.

Se diseñarán con el diámetro más grande en el centro del eje y diámetros progresivamente más pequeños hacia los extremos, para permitir que los componentes se deslicen hacia las puntas facilitando el ensamblaje o desensamblaje.

El reductor tendrá la siguiente disposición:

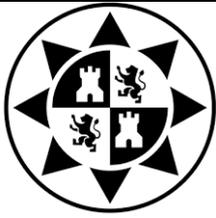
- Eje primario; recibe la potencia, velocidad y par proporcionados por el motor a través del disco de embrague.
- Eje intermedio; en él se encuentran los diferentes piñones de las marchas.
- Eje secundario; proporciona la velocidad y el par adecuado a la cinta transportadora; incorpora el cubo sincronizador.

## **6.5 Selección de cojinetes de deslizamiento o rodamiento.**

En todo mecanismo o máquina se ha de incluir la selección de cojinetes pues son componentes intermedios entre dos elementos de un mecanismo, girando uno en relación al otro destinados a facilitar el movimiento relativo entre ellos con un rozamiento mínimo y garantizar sus posiciones relativas bajo carga.

Se deberá dar preferencia a los cojinetes de deslizamiento en los siguientes casos:

- Cuando sean primordiales el silencio y la suavidad de funcionamiento.
- Para los números de revoluciones más altos.
- Para las máximas exigencias de precisión.
- Para las fuertes sacudidas y vibraciones.
- Cuando se requieran cojinetes partidos o diámetros pequeños.



DISEÑO DE UNA REDUCTORA DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN VARIABLE Y PALANCA SINCRONIZADORA PARA EL MECANISMO MOTOR DE UNA CINTA TRANSPORTADORA



Revisión 0

MEMORIA DESCRIPTIVA

Página 15 de 23

Y a los cojinetes de rodamiento:

- En montajes sencillos y económicos.
- Con fácil mantenimiento.
- Velocidades pequeñas o moderadas.
- Cuando se busca un elevado rendimiento.

Dado el tipo de reductor, para el presente proyecto se seleccionarán cojinetes de rodamiento por los motivos que se exponen a continuación tras la comparativa con los cojinetes de deslizamiento:

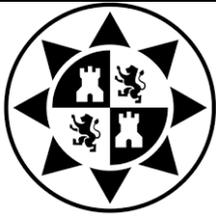
- El rozamiento de arranque es mucho menor, así como la influencia de la velocidad de giro sobre éste. También el rozamiento en servicio es menor, a igualdad de condiciones de carga y velocidad, en consecuencia, menor es la generación de calor.
- Se elimina el periodo de rodaje así como la influencia del material del eje y su acabado (rugosidad).
- Soportan mayor capacidad de carga por anchura.
- Normalización de las dimensiones exteriores, precisión carga admisible, etc. lo que garantiza la intercambiabilidad de rodamientos de diferentes marcas.
- La lubricación es más sencilla con mantenimiento escaso y menor consumo de lubricante.

Atendiendo a la forma del elemento rodante distinguiremos:

- Rodamiento de bolas.
- Rodamiento de rodillos cónicos.
- Rodamiento de rodillos cilíndricos.
- Rodamiento de agujas.

Dados los cálculos realizados en el Anexo I se seleccionarán los siguientes tipos de rodamiento:

- Rodamientos rígidos de bolas.
- Rodamientos de rodillos cónicos.



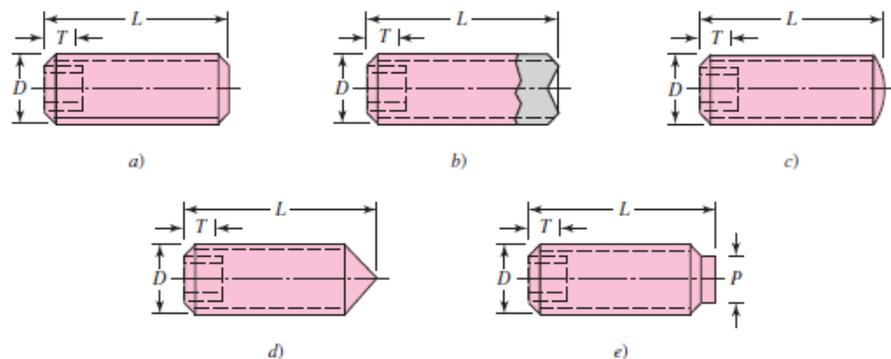
## 6.6 Selección de los elementos de fijación.

Existen diversos componentes que se incorporan a los ejes para fijar el resto de elementos mecánicos tales como:

### Tornillos de fijación.

Se basan en la compresión para desarrollar la fuerza de sujeción. Los tornillos de sujeción deben tener una longitud de casi la mitad del diámetro del eje.

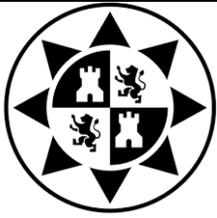
Tornillos de sujeción de cabeza hueca: a) punta plana; b) punta ahuecada; c) punta ovalada; d) punta cónica; e) punta de macho corto.



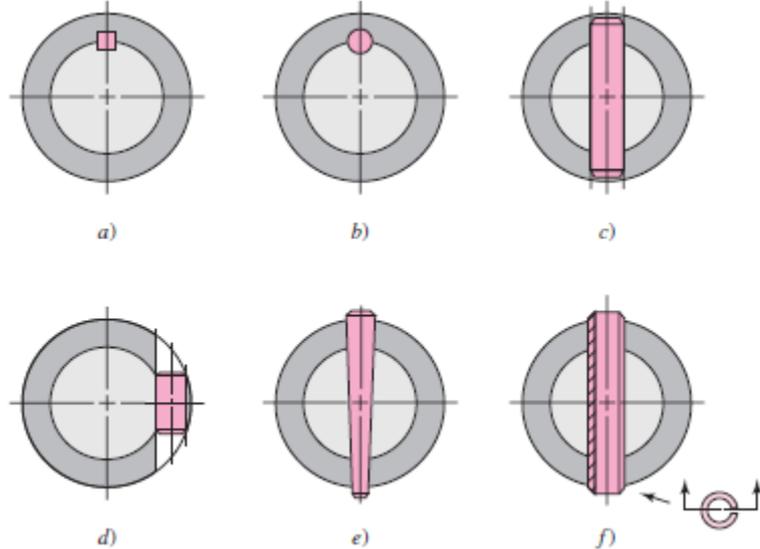
*Diferentes tipos de tornillos. Figura extraída de “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett*

### Cuñas y pasadores.

Se utilizan sobre ejes con el objetivo de fijar elementos rotatorios tales como engranajes o poleas. Las cuñas permiten la transmisión del par de torsión del eje al elemento que soporta mientras que los pasadores posicionan axialmente el elemento y pueden transferir par de torsión y de empuje.



a) Cuña cuadrada; b) cuña redonda; c) y d) pasadores redondos; e) pasador ahuecado; f) pasador elástico tubular hendido. Los pasadores e) y f) se muestran más largos de lo normal para ilustrar el biselado en los extremos; sus longitudes se deben mantener menores que los diámetros de las mazas para prevenir lesiones debidas a los salientes en partes rotatorias.



*Diferentes tipos de cuñas y pasadores. Figura extraída de “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett*

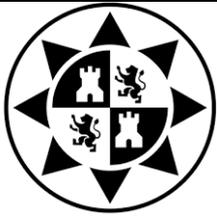
### Anillos de retención.

Se puede emplear un anillo de retención en lugar de un hombro de eje o un manguito para posicionar axialmente un componente sobre un eje o en un agujero de alojamiento.

A fin de que los anillos se asienten adecuadamente en el fondo de la ranura, y soporten las cargas axiales que se ejercen en contra de los lados de la ranura, el radio de fondo debe ser razonablemente agudo.

En ubicaciones donde los esfuerzos de flexión sean altos se desestimaré el uso de los anillos de retención ya que provocan factores de concentración de esfuerzos relativamente altos, alrededor de 5 para flexión axial y 3 para torsión.

Se aplicarán anillos de retención exteriores en engranajes y rodamientos y anillos de retención interiores en el bastidor.

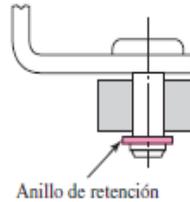


Ejemplos en la siguiente imagen:

Usos comunes de los anillos de retención: a) anillo externo y b) su aplicación; c) anillo interno y d) su aplicación.



a)

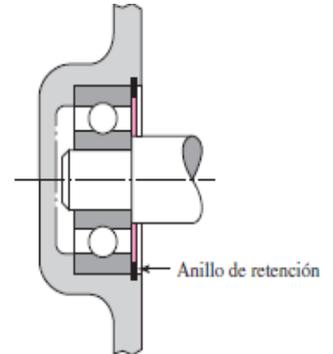


Anillo de retención

b)



c)



Anillo de retención

d)

*Diferentes tipos de anillos de retención. Figura extraída de “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”, Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett*

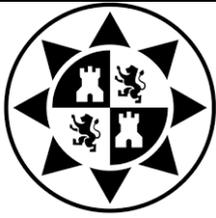
Con todo ello se seleccionará el elemento más adecuado en cada caso, vistos los resultados del Anexo I.

## 6.7 Fijación del reductor.

El reductor irá montado sobre el interior de una carcasa de fundición, más concretamente fundición gris clase 20. Debido a la envergadura de la misma se ha optado por este material con fin de reducir costes de mecanizado posteriores.

La carcasa se compone de dos elementos, módulo superior e inferior. El módulo superior contará con el tapón de llenado de aceite así como cuatro orejetas de izado roscadas que facilitarán su desmontaje, el módulo inferior actuará de cárter y contará con el tapón de vaciado de aceite, a su vez este irá montado sobre una bancada.

Ambos módulos permanecerán unidos mediante dieciséis tornillos con tuerca y arandela, ocho a cada lado de la carcasa. Se han seleccionado tornillos DIN 931 M36 por lo que se recomiendan también para la fijación a la bancada (en caso de que ésta sea de acero o fundición en cualquier otro caso será decisión del cliente).



## **7. Lubricación.**

El funcionamiento eficaz del reductor depende en gran medida de una lubricación adecuada de todos los elementos internos.

En el diseño del mismo deben existir las siguientes características:

- Se dispondrá de medios para comprobar el nivel de aceite y el recambio del mismo.
- Para prevenir la posible pérdida de lubricante se instalarán juntas de aceite en los ejes que salen de la caja de cambios, como anillos de goma (O-ring).
- Se dispondrá de un sistema de respiración o ventilación para prevenir el aumento de presión en el reductor cuando se calienta.

Se puede distinguir entre lubricación por salpicadura o barboteo y lubricación a presión forzada.

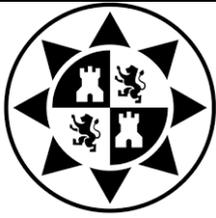
### Presión forzada.

Se trata de un sistema de bombeo que recoge el aceite del cárter y lo envía a presión a todos los elementos del reductor a través de un sistema de tubos garantizando la llegada del aceite lubricante allá donde se necesita de forma fiable y constante.

Todo este sistema de bombeo, tuberías y válvulas supone un encarecimiento del sistema a diseñar.

### Barboteo o salpicadura.

Se utiliza para mecanismos que puedan estar “encerrados” en una caja o chasis, el aceite lubricante se acumula en el cárter del reductor y mediante el giro de las ruedas y eje golpean el aceite proyectándolo hacia los elementos mecánicos de la caja.



Tiene el inconveniente de la imposibilidad de distribuir de manera uniforme y proporcional el aceite a todos los componentes mecánicos y la menor refrigeración de los mismos.

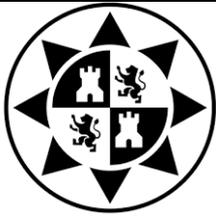
Sin embargo debido a la sencillez del proceso resulta un sistema ideal para mecanismos y motores de pequeño uso industrial, así como reductores y diferenciales, por lo que se seleccionara como sistema de lubricación para el presente proyecto pues no supone un elevado coste como sería la instalación del sistema de bombeo y al no utilizar cojinetes de deslizamiento su uso no es primordial.

La elección del barboteo como sistema de lubricación impone que el lubricante elegido sea aceite. Se dispondrá de un nivel óptimo del mismo en el cárter del reductor con el objetivo de que todos los elementos mecánicos se lubriquen de la mejor forma posible.

## **8. Resumen del presupuesto.**

Capitulo 1º.	Elementos mecánicos(a fabricar).....	2.717,05 €
Capitulo 2º.	Elementos de catálogo.....	25.084,87 €
Capitulo 3º.	Tornillería.....	904,72 €
Capitulo 4º.	Elementos de fundición.....	2.785,2 €
Capitulo 5º.	Elementos de lubricación.....	34.829,4 €
Capitulo 6º.	Fabricación.....	5.120 €
	<b>Total</b>	<b>71.441,24 €</b>

Asciende el presupuesto total de **ejecución material** del presente proyecto a la cantidad de SETENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS (71.441,24 €).



Presupuesto de ejecución material ..... 71.441,24 €

Beneficio industrial (6%) .....4.286,47 €

Total.....75.727,71 €

Asciende el presupuesto total de **ejecución por contrata** del presente proyecto a la cantidad de **SETENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS VEINTISIETE EUROS CON SETENTA Y UN CÉNTIMOS (75.727,71 €)**.

## **9. Bibliografía.**

“Diseño en ingeniería mecánica de Shigley”. Novena edición. Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett.

“Diseño de elementos de máquinas”. Cuarta edición. Robert L. Mott.

“Elementos de máquinas”. K.H. Decker.

“Manual técnico del automóvil”. P.P.J. Read y V.C. Reid.

Normativa AGMA.

Normativa DIN.

Normativa SAE.

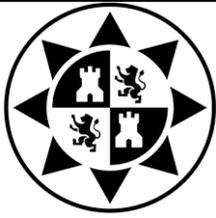
Apuntes de la asignatura “Diseño de elementos de máquinas”.

Apuntes de la asignatura “Diseño computacional”

Apuntes de la asignatura “Proyectos de ingeniería”.

Apuntes de la asignatura “Máquinas térmicas”.

Apuntes de la asignatura “Diseño industrial”.



Apuntes de la asignatura “Materiales en ingeniería”.

Repositorio digital UPCT.

Catálogo de rodamientos FAG.

[www.diccionario.motorgiga.com](http://www.diccionario.motorgiga.com)

<http://www.aemdessau.de/es/productos/motores-trifasicos/asincronos.html>  
<http://www.aemdessau.de/es/productos/motores-trifasicos/asincronos.html>

## **10. Documentos del proyecto.**

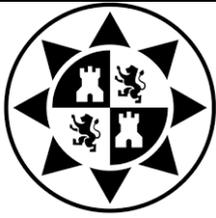
1. Memoria.
  - a. Memoria Descriptiva.
  - b. Cálculos Justificativos.
2. Planos.
3. Pliego de Condiciones.
4. Presupuesto.

## **11. Agradecimientos.**

Quiero empezar dedicando todo el esfuerzo y dedicación que he puesto en el presente proyecto y en todos estos años de carrera a mis padres Pepe y María Dolores, gracias, si hoy estoy donde estoy es sin duda gracias a vuestro apoyo incondicional y cariño durante todos los días de mi vida, ninguna palabra que escriba hoy aquí será suficiente para expresar todo lo que siento hacia vosotros.

Gracias a mis hermanos, Pepe y Sergio, por estar siempre ahí a veces con más riñas otras con menos pero siempre ahí, os quiero.

A mis padrinos, tíos y primos pues no he podido tener una familia mejor, muchas gracias a todos.



A mis abuelos Antonio y Carmen, Antonio y Lola y a mi tío Antonio Dios los tenga en su gloria por darme fuerza desde arriba para continuar y no desistir aunque vengan malos momentos.

A todos mis compañeros y amigos que durante estos años hemos compartido horas de estudio, desesperación, risas y algún que otro viaje para el recuerdo.

Al director del presente proyecto Don Miguel Lucas Rodríguez, si soy mejor ingeniero una parte de culpa es suya por su exigencia y dedicación en la elaboración de los trabajos de fin de grado.

En definitiva a todas aquellas personas que de un modo u otro confiaron en mí y me apoyaron tanto en los buenos como en los malos momentos, muchas gracias a todos.

## **12. Conclusión a la memoria.**

Estimando que para la redacción del proyecto se han tenido en cuenta las prescripciones de la legislación vigente y que de acuerdo con ellas se han cubierto las condiciones impuestas por la especificación entregada por el Departamento de Ingeniería Mecánica, se somete a la aprobación por los órganos oficiales, dándolo por terminado.

Antonio Pérez Pujalte

En Murcia, a 29 de Junio de 2017

Ingeniero Industrial Mecánico.

