

Caracterización, diseño y funcionamiento de Máquina Envolvedora Industrial

MEMORIA PRESENTADA POR:
Carlos García Sifre

GRADO DE

Ingeniería Mecánica

Convocatoria de defensa: 09/2020

RESUMEN:

El buen funcionamiento del proceso logístico es esencial para que se cumpla el ciclo del producto, lo que involucra el buen transporte y embalado. La máquina envolvedora es vital a la hora de asegurar una buena sujeción de la carga, así como de facilitar que dicho producto sea más fácil de ordenar en pallets.

Para el presente proyecto se realizará el estudio de una Máquina Envolvedora Industrial donde se observará el desarrollo y obtención de datos técnicos de dicha máquina a través del uso de diferentes programas empleados a lo largo de la carrera demostrando así los conocimientos y aplicación del alumno durante estos últimos cuatro años.

Con la realización de un prólogo se introducirá al lector en el mundo de las envolvedoras, citando diversos tipos, explicando su funcionamiento y que finalidad desempeñan en la empresa finalizando así con la selección del tipo de envolvedora que pretende ser el objeto de estudio.

El propósito del proyecto es el estudio de dicha envolvedora donde se analizarán tanto el material que se utilice para hacer la máquina como el material utilizando por la máquina con el fin de determinar un óptimo funcionamiento. También se realizarán estudios de viabilidad económica con el propósito de obtener datos necesarios para una empresa a la hora de realizar un desembolso económico.

PALABRAS CLAVE

Envolvedora; Enfardadora; Filmadora; Film de embalaje

ABSTRACT

The proper functioning of the logistics process is essential for the product cycle to be completed, which involves a nice transportation and packaging. The wrapping machine is vital to ensure a nice hold of the load, as well as to facilitate that this product is easier to order on pallets.

For the present project, the study of an Industrial Wrapping Machine will be carried out, where the development and obtaining of technical data of that machine will be observed through the use of different programs used throughout the degree, demonstrating the knowledge and application of the student during these last four years.

With the realization of a prologue, the reader will be introduced to the world of wrapping machines, quoting some types, explaining how they work and their purpose at the company, thus ending with the selection of the type of wrapping machine that is intended to be the object of study.

The purpose of the project is the study of this wrapping machine as the material that will be used to make the machine and the material that is used by the machine will be analysed in order to establish the efficient operation. Economic feasibility studies will also be carried out in order to obtain the necessary information for a company when making an economic outlay.

KEYWORDS

Wrapping machine; Baler; Filmmaker; Packaging Film

Contenido

RESUMEN:	1
PALABRAS CLAVE.....	1
ABSTRACT.....	2
KEYWORDS	2
1. Estado del arte	7
1.1. Requerimientos del proyecto	7
1.2. Cliente potencial	8
1.3. Limitaciones geográficas y entorno	8
1.4. Definición de producto	8
1.4.1. Tipos de procesos de embalaje.....	8
1.4.2. Tipos más utilizados de film.....	9
1.5. Competencia.....	9
2. Índice de contenidos	12
2.1.1. Carácter académico	12
2.1.2. Carácter técnico	12
2.2. Justificación del proyecto.....	12
2.3. Descripción del proyecto.....	13
2.3.1. Requerimientos básicos del proyecto	13
2.3.2. Definición del producto	13
2.4. Diseño estético del proyecto	14
2.4.1. Opciones planteadas	14
2.5. Componentes del producto a diseñar.....	15
2.5.1. Máquina Envolvedora Automática	15
2.5.2. Máquina Envolvedora Semi-Automática	16
2.6. Normativa y legislación aplicable.....	17
3. Cálculos	20

3.1.	Elección de material a utilizar en la base del carro.	21
3.2.	Selección de rodamientos.	23
3.3.	Cálculo sistema transmisión soporte brazo.	29
3.4.	Calculo cadena.....	31
3.5.	Sistema de rotación del carro.....	37
3.6.	Elección de motores reductores.....	42
4.	Presupuesto económico	44
5.	Pliego de condiciones.....	45
5.1.	Definición y características de los elementos	45
5.2.	Seguridades:.....	46
5.3.	Condiciones de suministro y almacenaje:.....	46
5.4.	Condiciones de control de recepción	46
5.4.1.	OPERACIONES DE CONTROL:.....	47
6.	Bibliografía.....	47
7.	Planos	48
8.	Conclusión	58

Ilustración 1. Empaquetadora en continuo	9
Ilustración 2. Medidas y tipos de empaquetadora angular.....	10
Ilustración 3. Envolvedora automática de anillo giratorio.	10
Ilustración 4. Envolvedora semiautomática para perfiles altos.	11
Ilustración 5. Máquina de envasado de hamburguesas.....	11
Ilustración 6. Línea de envasado de tabletas de chocolate.....	12
Ilustración 7. Opción 1 diseño máquina envolvedora.....	14
Ilustración 8. Opción 2 diseño máquina envolvedora.....	15
Ilustración 9. Selección de material según resistencia a fatiga	21
Ilustración 10. Selección de material según precio	22
Ilustración 11. Selección de material según tenacidad a fractura.....	22
Ilustración 12. Posibles materiales.....	23
Ilustración 13. Características rodamiento de bolas de contacto angular	27
Ilustración 14. Esfuerzos soportados por ruedas.....	29
Ilustración 15. Soporte brazo.....	29
Ilustración 16. Parámetros a calcular en la elección de cadena.....	36
Ilustración 17. Elección motor-reductor ascenso carro porta-film	43
Ilustración 18. Elección motor-reductor base giratoria.....	43
Ilustración 19. Diseño de la base.....	48
Ilustración 20. Diseño base II.....	49
Ilustración 21. Diseño Eje.....	49
Ilustración 22. Diseño brazo porta film.....	50
Ilustración 23. Diseño piñón superior.....	51
Ilustración 24. Diseño piñón inferior.....	51
Ilustración 25. Cabezal porta-film.....	52
Ilustración 26. Diseño carro porta-film.....	52
Ilustración 27. Diseño máquina envolvedora.....	53
Ilustración 28. Plano base.....	53
Ilustración 29. Plano eje.....	54
Ilustración 30. Plano rueda-rodamiento.....	54
Ilustración 31. ensamblaje eje-base (superior).....	55
Ilustración 32. Ensamblaje brazo porta-film.....	55
Ilustración 33. Plano carro porta-film.....	56
Ilustración 34. Plano cabezal porta-film.....	56
Ilustración 35. Ensamblaje final.....	57
Ilustración 36. Circuito de potencia.....	57
Ilustración 37. Circuito de mando. Control por pulsador y seta de emergencia.....	58

Tabla 1. Tipo de rodamientos y esfuerzos que soportan NSK	23
Tabla 2. Vida nominal recomendada para cada tipo de máquina SKF	24
Tabla 3. Datos rodamiento elegido.....	24
Tabla 4. Factor de carga radial equivalente para cojinete de bolas. Shigley.....	25
Tabla 5. Factor de carga radial equivalente para cojinete de bolas. Shigley.....	26
Tabla 6. Elección rueda. VULKOPRIN.	28
Tabla 7. Dimensiones normalizadas piñón y cadena. YUK.	31
Tabla 8. Elección factor f_1 para cálculo de cadenas.	32
Tabla 9. Elección factor f_2 para cálculo de cadenas.	32
Tabla 10. Dimensiones normalizadas piñón y cadenas. YUK.....	33
Tabla 11. Dimensiones piñón.....	33
Tabla 12. Selección coeficiente f_3 para cálculo de cadenas.	33
Tabla 13. Elección tipo de cadena.	34
Tabla 14. Dimensiones normalizadas cadenas y piños.....	34
Tabla 15. Tabla selección tipo de cadena.	35
Tabla 16. Elección parámetro "superficie de articulación"	36
Tabla 17. Tabla para comprobar que la cadena cumple con requisitos.	37
Tabla 18. Dimensiones normalizadas cadenas y piños.....	38
Tabla 19. Elección tipo de cadena.	39
Tabla 20. Elección piñón y cadena.....	39
Tabla 21. Elección coeficiente f_1	40
Tabla 22. Elección coeficiente f_2 para cálculo de cadena.	40
Tabla 23. Elección coeficiente f_3	41
Tabla 24. Determinar valor superficie de la articulación.....	42
Tabla 25. Comprobación validez de la cadena.	42

1. Estado del arte

Desde la era del Neolítico donde el comercio se basaba en intercambios de productos hasta el día de hoy, la humanidad siempre ha tenido la necesidad de transportar productos de un sitio a otro. A principios del siglo XX Henry Ford ideó un proceso de producción revolucionario por el cual cada trabajador debe desempeñar una función específica en la creación del producto. A partir de este momento permitió a las empresas aumentar el volumen de producción abasteciendo a una mayor parte de la población.

Con la aparición de la globalización a mediados del siglo XX y, en consecuencia, la apertura de las barreras comerciales entre países surge un aumento de las transacciones económicas e intercambio de productos como consecuencia de la paliación de aranceles y tasas extranjeras. Como consecuencia, el recorrido que realiza la mercancía desde que sale de la empresa productora hasta que llega al cliente en ocasiones es elevada, por ello hay que asegurarse que la mercancía debe conservarse en buen estado. En este punto es donde entran las máquinas envolvedoras, cuya finalidad es asegurar y proteger la mercancía de la suciedad que pueda existir, así como de proporcionar una buena sujeción al pallet para facilitar su transporte y manipulación proporcionando sujeción para el transporte y compactación, garantizando el aprovechamiento máximo en el espacio de transporte.

Al inicio de que surgiera la necesidad de embalar la mercancía, se ejecutaba manualmente con el rollo de film, pero a medida que la tecnología avanza y se desarrolla surgen máquinas que desempeñan el trabajo más rápido y eficientemente. Puesto que no existe solo una necesidad, en la actualidad hay numerosas máquinas en el mercado las cuales puedes elegir dependiendo del volumen de producción, tamaño del producto o por el nivel de automatismo requerido. Puesto que una mala paletización puede provocar un desperfecto en el producto, es de vital importancia el buen funcionamiento de dicha máquina con el fin de conservar el buen estado del producto, garantizando la satisfacción del cliente.

1.1. Requerimientos del proyecto

El presente proyecto de envolvedora industrial va dirigido para una empresa de producción de helados, por lo que el objeto a envolver son cajas de helados. Puesto que existen varios tamaños para dichas cajas se procederá a elegir una medida estándar para así caracterizar una envolvedora a medida para el tamaño elegido.

1.2. *Cliente potencial*

El cliente al que va referido el producto es en gran parte empresas con fabricación propia o empresas dedicadas al proceso logístico cuya finalidad sea proteger y fijar el producto adecuadamente de forma que no se pueda existir fallo alguno durante el traslado, satisfaciendo así al consumidor. Ambas características coinciden con un sector principal: el sector alimentario. Con la reciente epidemia que asola el mundo este sector es uno de los pocos que no ha sufrido por esta crisis, puesto que su actividad ha seguido en funcionamiento.

1.3. *Limitaciones geográficas y entorno*

En el presente proyecto se ha ideado para un clima mediterráneo o subtropical caracterizado por tener inviernos suaves y veranos secos pero con gran humedad durante todo el año. Con niveles de altitud muy cercanos a nivel del mar.

1.4. *Definición de producto*

El producto a diseñar es un servicio que se integra al conjunto de la cadena de producción de cualquier fabricación con el objetivo de ofrecer seguridad y limpieza durante el transporte. Estas máquinas suelen encontrarse al final de la cadena de producción, cuando el producto ya se encuentra dentro de su envase o caja. Embalando las cajas la empresa se asegura de mantener la higiene como de distribución de la mercancía, puesto que asegura un agrupamiento eficaz del producto compacto proporcionando así el máximo espacio disponible en el momento del transporte. Además, la eficiencia de esta máquina proporciona un ahorro en el tiempo y coste.

1.4.1. Tipos de procesos de embalaje

- Envase. Según la Real Academia Española, el proceso de envase es poner un género en su envase o recipiente en el que se conservan o transportan.
- Enfardar. Según afirma la RAE es “Colocar en un paquete mercancía”
- Envoltura. Es el proceso de cubrir la mercancía con una película.

1.4.2. Tipos más utilizados de film

Según la CCL en su “Manual de logística de paletización” recoge los 3 tipos de film más utilizados en la industria, estos son:

- Stretch film o film estirable. Material plástico con gran elasticidad utilizado ampliamente en este sector. Es un material con un coste bajo con grandes propiedades para su uso puesto que proporciona una gran tensión a la mercancía evitando su desprendimiento.
- Fleje de acero, PVC o Polipropileno.
- Funda de plástico retráctil.

1.5. Competencia

A continuación, se procederá a detallar algunas de las empresas que gobiernan este sector:

LADYPACK: Ladypack es la marca del fabricante de empaquetadoras PACTUR, empresa italiana creada en 1986 bajo la política empresarial “Seriedad. Rectitud. Confiabilidad. Alto nivel de calidad.”. Poseen una amplia gama de productos enteramente fabricados y testeados por la misma empresa ofreciendo así un producto seguro y fiable. Poseen una amplia gama de productos, principalmente empaquetadoras angulares y en continuo. Puesto que realizan enteramente el producto, ofrecen un alto nivel de variedad y personalización se refiere, puesto que existen varias medidas para los distintos productos.



Ilustración 1. Empaquetadora en continuo

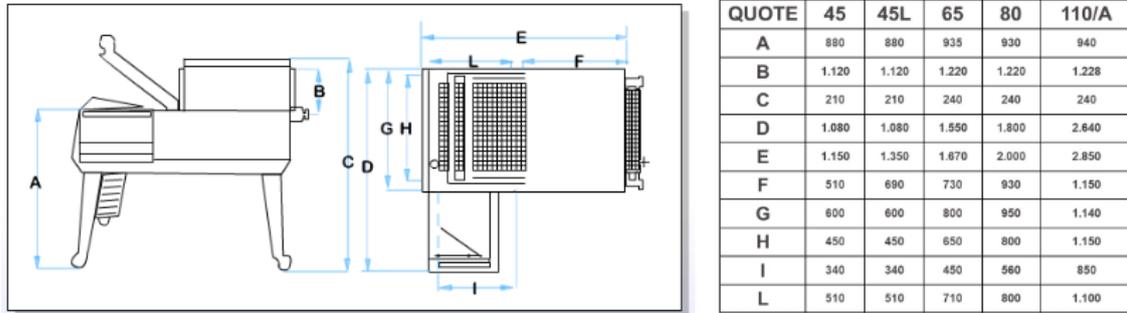


Ilustración 2. Medidas y tipos de empaquetadora angular.

PHONEIX WRAPPERS: Esta empresa es la resultante de la fusión de Formerly Phoenix-Innotech y CanAm Packaging Systems anteriormente asociadas desde hace 10 años. Fabrica maquinaria para la envoltura a medida para cada industria, pues posee una sección para los sectores que suelen utilizar este servicio como puede ser la industria de la comida, de la bebida o de la construcción entre otras. La producción se divide principalmente en envolvedoras automáticas o semiautomáticas eligiendo el tipo de máquina más conveniente para cada tipo que el cliente desea, así como las medidas de la misma.



Ilustración 3. Envolvedora automática de anillo giratorio.



Ilustración 4. Envolvedora semiautomática para perfiles altos.

FOSHAN SOONTRUE: Es una empresa con más de 20 años de experiencia y más de 500 empleados ubicada en china. Se caracteriza por la alta calidad y personalización del producto así como una amplia gama de productos que van desde una máquina envolvente en movimiento hasta sistemas de embalaje automático cuya función es la de producir líneas de un producto en concreto.



Ilustración 5. Máquina de envasado de hamburguesas.



Ilustración 6. Línea de envasado de tabletas de chocolate.

2. Índice de contenidos

2.1.1. Carácter académico

Para el presente proyecto, se pretende que el alumno demuestre los conocimientos adquiridos a lo largo de su transcurso por el Grado de ingeniería Mecánica realizado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy de la Universidad Politécnica de Valencia, poniendo en práctica lo aprendido en diversas materias.

2.1.2. Carácter técnico

En la empresa donde el alumno ha realizado las prácticas ha surgido la idea de realizar un proyecto acerca de esta máquina con el fin de ahorrar costes en el envasado. Por ello, se precisarán estudios de mercado y competencia entre otros aspectos.

2.2. *Justificación del proyecto*

Las recientes noticias sobre la contaminación y efecto invernadero han despertado interés en la población acerca de reducir el impacto negativo sobre a lo que esto se refiere, por ello, cada vez más a las empresas les importa mejorar su imagen social, promover mejor futuro a las siguientes generaciones y optimizar los procesos envueltos en la producción así como métodos que permitan reducir costes implementando mejoras.

Dado el alto interés tanto de la sociedad como de las empresas en mejorar el impacto y la huella de carbono, en este trabajo se investigarán nuevos posibles materiales a utilizar sin perder propiedades que afecten al buen funcionamiento de la máquina así como su función de proteger el producto, mejorando así la imagen corporativa de la empresa y al medio ambiente.

Además del interés social y corporativo, este trabajo también tiene como finalidad el

estudio económico relacionado con la máquina envolvedora que se realizará con la aportación de datos empíricos que justifiquen la mejor opción desde el punto de vista económico.

2.3. Descripción del proyecto

2.3.1. Requerimientos básicos del proyecto

Los requerimientos que rigen este proyecto son cinco principalmente:

En primer lugar, los requerimientos de negocio u oportunidad de negocio en los que la empresa quiere resolver ciertos problemas o mejorar, en este caso, el producto para obtener un margen de beneficios mayor sin que las características de envasado se vean perjudicadas. Por otro lado, se encuentran los requerimientos de los usuarios que van a emplear la máquina los cuales tienen ciertas expectativas como que sea fácil de manejar, fiable y duradero pero sin que les quiten el trabajo, por tanto, se debe emplear un sistema automático o semi-automático que implique a trabajadores en el proceso de producción pero sin que les suponga un esfuerzo excesivo con el fin de disponer de trabajadores contentos y libres de lesiones.

Los otros requerimientos dependen exclusivamente de la máquina, estos son: los requerimientos funcionales, de calidad y de implementación. En el presente proyecto se requiere que la máquina no falle bajo ningún concepto mientras la cadena de producción está en marcha, así como que sea segura para el uso humano evitando accidentes, mediante sensores, un paro de emergencia y distancia mínima marcada por ley.

En cuanto a términos de calidad se refiere éstas deben de proveer de un buen recubrimiento superficial del producto con finalidad de protegerlo y preservar la integridad de posibles golpes y suciedad durante el transporte para asegurar la satisfacción del cliente. Por último, esta clase de máquinas suele implementarse en la parte final del proceso de producción, cuando el producto ya está colocado en sus respectivas cajas u objetos de embalaje, posteriormente se amontonan en grupos para aplicarles la envoltura con la máquina envolvedora. Este proceso es de vital importancia puesto que es el paso final del proceso de producción y, por tanto, se realiza un proceso de migración de un sistema de producción a un sistema de logística o transporte, por ello se debe prestar especial interés en la buena realización y práctica.

2.3.2. Definición del producto

La máquina envolvedora se caracterizan por poseer un carro donde se deposita el producto a envolver y un soporte o brazo giratorio encargado de la realización del envuelto

dando una forma característica a la máquina de C o L depende de su funcionamiento.

Su principal finalidad es envolver los productos ya envasados en cajas protegiéndolos así de golpes y suciedad además de ordenar y amontonar el producto optimizando el espacio disponible en los medio de transporte. Para la realización de su función existen varios materiales posibles en su utilización, uno de los más comunes es el film de polietileno aunque la tendencia global es dirigirse hacia materiales ecológicos o poco perjudiciales para el medio ambiente.

Por otra parte, es crucial la calidad y buena presencia de un embalaje a la hora de que el consumidor tenga una buena impresión e imagen puesto que al final es al que se debe satisfacer y esto se consigue ofreciendo un buen servicio lo que conlleva a agradar al consumidor y se vuelva receptivo a la hora de volver a solicitar el producto.

2.4. *Diseño estético del proyecto*

Para la realización de esta máquina se pueden plantear varios diseños y todo dependerá del producto y volumen que se desea envolver.

2.4.1. Opciones planteadas

La primera opción planteada es una envolvedora automática con brazo giratorio sobre la base, la cual permite envolver automáticamente el producto sin necesidad de realizar ningún trabajo más que programar la máquina. Esta opción está pensada para embalar pallets,

pero también puede optarse por situar una cinta transportadora de rodillos e implementarla en la cadena de producción.

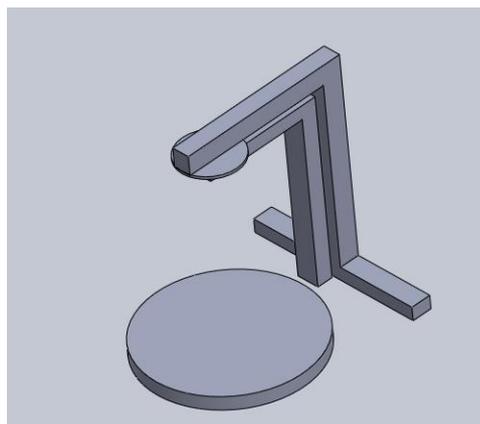


Ilustración 7. Opción 1 diseño máquina envolvedora.

Otra opción en la cual se ha pensado es en situar un carro ascendente y descendente con el que se realizaría el proceso de envolver el pallet junto con una mesa giratoria abarcarían completamente el producto. Esta es la elección elegida para realizar el diseño.

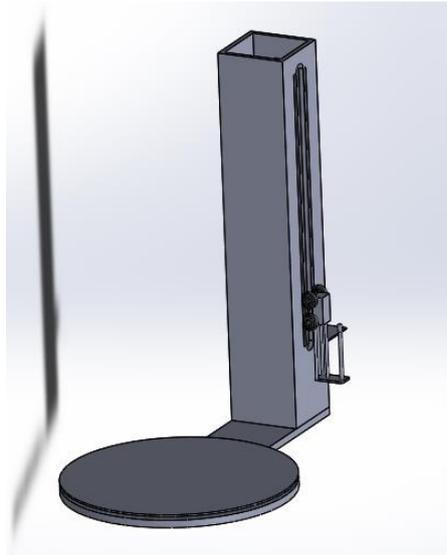


Ilustración 8. Opción 2 diseño máquina envolvedora.

2.5. *Componentes del producto a diseñar*

Los componentes estándar para una máquina envolvedora constan de, primero, una base que soporte la carga ya sea giratoria o una cinta transportadora de rodillos, dependerá del tipo de envolvedora a diseñar. Otra parte esencial es el dispensador de film que, como su nombre indica, es el encargado de aportar la película protectora al producto. Y, por último, el mando de control compuesto por un PLC encargado del pilotaje de la máquina, este elemento recibe las órdenes a partir de una pantalla de mando.

En esencia, estos son los elementos de los cuales se compone la máquina. A continuación, se procederá a caracterizar cada tipo de máquina en relación al grado de aplicación necesaria en cada proceso.

2.5.1. **Máquina Envolvedora Automática**

En este tipo de máquina solo es necesaria la implicación del factor humano para la utilización de la pantalla con el fin de poner en marcha la máquina y elegir la opción de la envoltura en el caso de que tuviere varias. Puesto que esta máquina suele recibir la mercancía proveniente de la línea de producción, por tanto se necesitará:

- Motor/es accionamiento cinta
- Motores pilotaje del dispensador
- Cinta transportadora (estación soporte carga)
- Panel de mando con pantalla táctil
- PLC para control de maniobra

- Dispensador de cobertura
- Prensor (carga axial)
- Sensores de posición
- Pre estiraje motorizado
- Sistema de corte, sujeción y termosellado
- Sistema posicionado de película

2.5.2. Máquina Envolvedora Semi-Automática

Este tipo de máquinas la carga del proceso de enfardado se traslada por medios humanos con diversos medios como las transpaletas. Para el inicio del proceso lo común es realizar un nudo en la parte baja del pallet y acto seguido la máquina ya hace el resto iniciando el proceso por medio de una pantalla táctil. Cuando el proceso termina es el operario el encargado de cortar el film y adherirlo con la finalidad de que se quede bien sujeto, por ello ésta máquina se considera semi-automática y, en consecuencia, necesita menos componentes:

- Base soporte carga
- PLC para control de maniobra
- Panel de mando táctil
- Dispensador de cobertura
- Motores pilotaje del dispensador

En ambos casos el sistema de giro puede venir incorporado o en la base o mediante un brazo robotizado, si bien es cierto que una envolvedora automática situada en una cinta transportadora la mejor opción es disponer de un anillo robotizado para facilitar su diseño.

Se puede afirmar que la máquina envolvedora es un sistema, puesto que es la suma de componentes que interactúan entre sí para lograr un fin. Los sistemas están divididos en subsistemas que, a su vez, se dividen en componentes o elementos, para este caso en concreto se puede diferenciar varios subsistemas:

- Subsistema de control: Es el encargado que hacer que la máquina haga lo que el programador desea.
- Subsistema de accionamiento: Dicho subsistema tiene la misión de hacer que la máquina se mueva acorde a las instrucciones dadas.
- Subsistema estructural: Tiene como finalidad proporcionar un soporte fiable para que la máquina pueda realizar su función.

- Subsistema alimentación: Su única misión es la de proporcionar la energía necesaria a la máquina para hacerla funcionar.

En cuanto a los elementos que posee cada subsistema se refiere:

- Elementos de control: Software, PLC
- Elementos de accionamiento: Motores, elementos de transmisión de energía
- Elementos estructural: Base, carro porta film, elementos de fijación
- Elementos alimentación: Cable alimentación.

2.6. Normativa y legislación aplicable

Para la búsqueda de las normas que rigen el sector aplicable al proyecto realizado se ha utilizado AENORMás donde, mediante el uso de filtros se ha encontrado la siguiente legislación:

UNE-EN 415-6:2014. Seguridad de las máquinas de embalaje. Esta norma rige los requisitos mínimos de seguridad que deben poseer este tipo de máquinas así como por todas las inspecciones que deben superar e información que deben poseer como manual de instrucciones o información básica del fabricante.

Para el cumplimiento de dicha norma, es imprescindible la consulta y aplicación de las siguientes normas, la mayor parte enfocadas a la seguridad y ergonomía de la máquina:

- EN 203-1:2005+A1:2008, Aparatos de cocción para uso profesional que utilizan combustibles gaseosos. Parte 1: Requisitos generales de seguridad.
- EN 349:1993+A1:2008, Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- EN 415-1:2000+A1:2009, Seguridad de las máquinas de embalaje. Parte 1: Terminología y clasificación de las máquinas de embalaje y de los equipos asociados.
- EN 415-9:2009, Seguridad de las máquinas de embalaje. Parte 9: Métodos de medición del ruido en máquinas de embalaje, líneas de embalaje y equipos asociados. Grados de precisión 2 y 3.
- EN 574:1996+A1:2008, Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.
- EN 614-1, Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 1: Terminología y principios generales.

- EN 614-2, Seguridad de las máquinas. Principios de diseño ergonómico. Parte 2: Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo.
- EN 619, Equipos y sistemas de manutención continua. Requisitos de seguridad y de CEM para los equipos mecánicos de manutención de cargas aisladas.
- EN 626-1, Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria.
- EN 626-2, Seguridad de las máquinas. Reducción de riesgos para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas. Parte 2: Metodología para especificar los procedimientos de verificación.
- EN 894-1, Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos.
- EN 894-2, Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información.
- EN 894-3, Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos. Parte 3: Mandos.
- EN 953:1997+A1:2009, Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.
- EN 1005-3, Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- EN 1037, Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva.
- EN 1088:1995+A2:2008, Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y selección.
- EN 1672-2:2005+A1:2009, Maquinaria para el proceso de alimentos. Conceptos básicos. Parte 2: Requisitos de higiene.
- EN 1760-1, Seguridad de las máquinas. Dispositivos de protección sensibles a la presión. Parte 1: Principios generales para el diseño y ensayo de alfombras y suelos sensibles a la presión.
- EN 1760-2, Seguridad de las máquinas. Dispositivos de protección sensibles a la presión. Parte 2: Principios generales para el diseño y ensayo de bordes y barras sensibles a la presión.

- EN 13478, Seguridad de las máquinas. Prevención y protección contra incendios.
- EN 60204-1:2006 Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales. (IEC 60204-1:2005, modificada).
- EN 61310-1:2008, Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles. (IEC 61310-1:2007).
- EN 61310-3, Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 3: Requisitos para la ubicación y el funcionamiento de los órganos de accionamiento. (IEC 61310-3).
- EN 61496-1:2004, Seguridad de las máquinas. Equipos de protección electrosensibles. Parte 1: Requisitos generales y ensayos. (IEC 61496-1:2004, modificada).
- EN 61496-3, Seguridad de las máquinas. Equipos de protección electrosensibles. Parte 3: Requisitos particulares para equipos que utilizan dispositivos opto-electrónicos activos sensibles a las reflexiones difusas (AOPDDR).
- EN 61508-1, Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 1: Requisitos generales. (IEC 61508-1).
- EN 61508-2, Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 2: Requisitos para los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. (IEC 61508-2).
- EN 61508-3, Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 3: Requisitos del software (soporte lógico).
- EN 62061:2005, Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad. (IEC 62061:2005).
- EN ISO 4413:2010, Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes. (ISO 4413:2010).
- EN ISO 4414:2010, Transmisiones neumáticas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes. (ISO 4414:2010).
- EN ISO 12100:2010, Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo. (ISO 12100:2010).

- EN ISO 13732-1, Ergonomía del ambiente térmico. Métodos para la evaluación de la respuesta humana al contacto con superficies. Parte 1: Superficies calientes. (ISO 13732-1).
- EN ISO 13849-1:2008, Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño. (ISO 13849-1:2006).
- EN ISO 13850, Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño. (ISO 13850).
- EN ISO 13855, Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano. (ISO 13855).
- EN ISO 13857:2008, Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores (ISO 13857:2008).
- EN ISO 14122-1:2001 Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. Parte 1: Selección de medios de acceso fijos entre dos niveles. (ISO 14122-1:2001).
- EN ISO 14122-2, Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. Parte 2: Plataformas de trabajo y pasarelas. (ISO 14122-2).
- EN ISO 14122-3, Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. Parte 3: Escaleras, escalas de peldaños y guarda cuerpos. (ISO 14122-3).
- EN ISO 14122-4, Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales. Parte 4: Escaleras fijas (ISO 14122-4).
- ISO 7000 Símbolos gráficos para su uso en equipos. Índice y sinopsis.

3. Cálculos

Antes de empezar se presentará la máquina a diseñar:

Ésta envolvente semi-automática principalmente se divide en dos sistemas: el sistema carro o base y el sistema de envoltura. El primero se compone de una base metálica apoyada por 17 rodamientos con recubrimiento de polietileno para evitar su rápido desgaste, además para asegurar su estabilidad dispone en el centro un eje giratorio mediante un sistema de transmisión de potencia por cadena, este eje descansa sobre un rodamiento sobredimensionado

para soportar 2500kg y un amplio número de horas.

El segundo sistema se compone de un soporte que hace de guía al carro que lleva el material para realizar el proceso, este carro baja y asciende mediante un sistema de transmisión de potencia por cadena.

3.1. *Elección de material a utilizar en la base del carro.*

Para la elección del siguiente apartado se procederá a utilizar el programa CES Edupack el cual permite realizar un estudio personalizado acerca del material y las propiedades más interesantes para el proyecto.

En primer lugar, se empezará a hacer una criba de los metales existentes en esta base de datos seleccionando las materiales con más resistencia a fatiga, puesto que la plataforma debe soportar 2000kg de peso discontinuo, lo que ofrece un esfuerzo de fatiga.

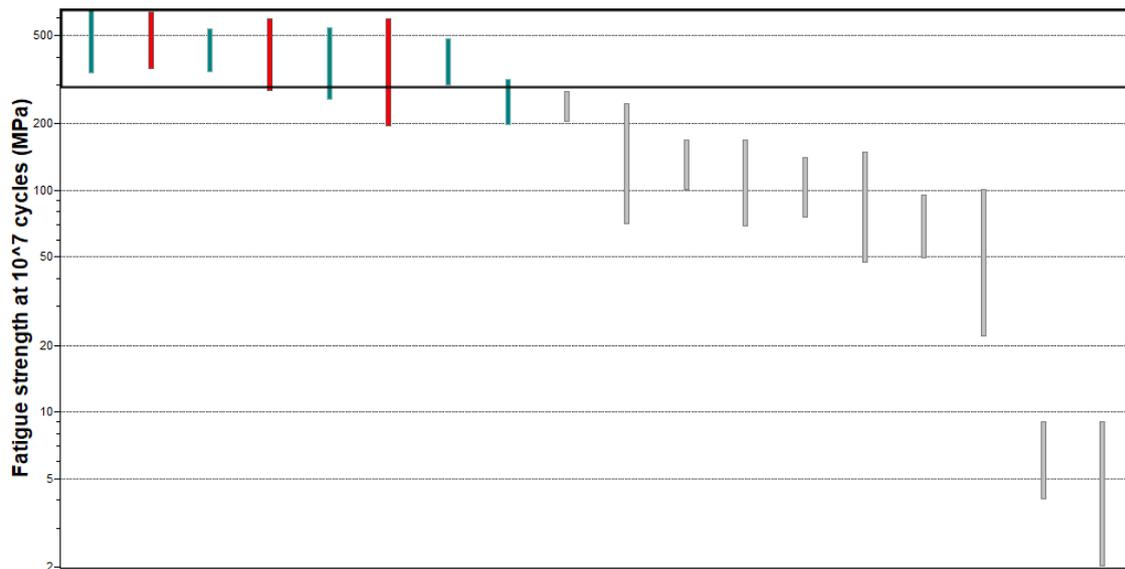


Ilustración 9. Selección de material según resistencia a fatiga

El segundo parámetro a definir es el precio por kilo del material, puesto que es interesante que cueste cuanto menos con la finalidad de reducir el precio total de la máquina pero a la misma vez sin que pierda propiedades.

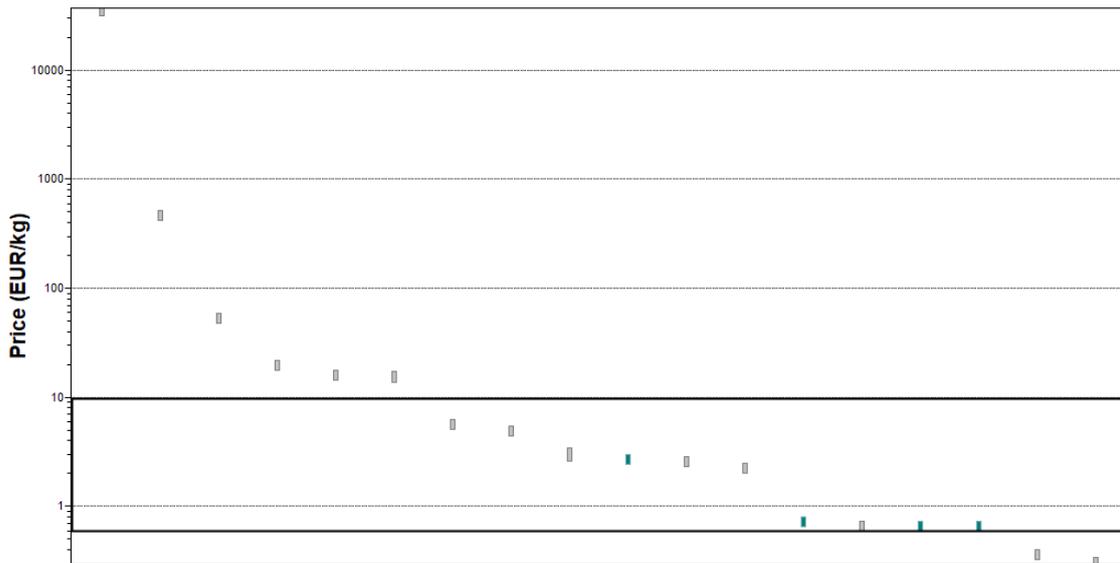


Ilustración 10. Selección de material según precio

El último parámetro seleccionado ha sido el de tenacidad a la fractura, con la finalidad de que no propague fácilmente una grieta produciendo un fallo repentino en la máquina.

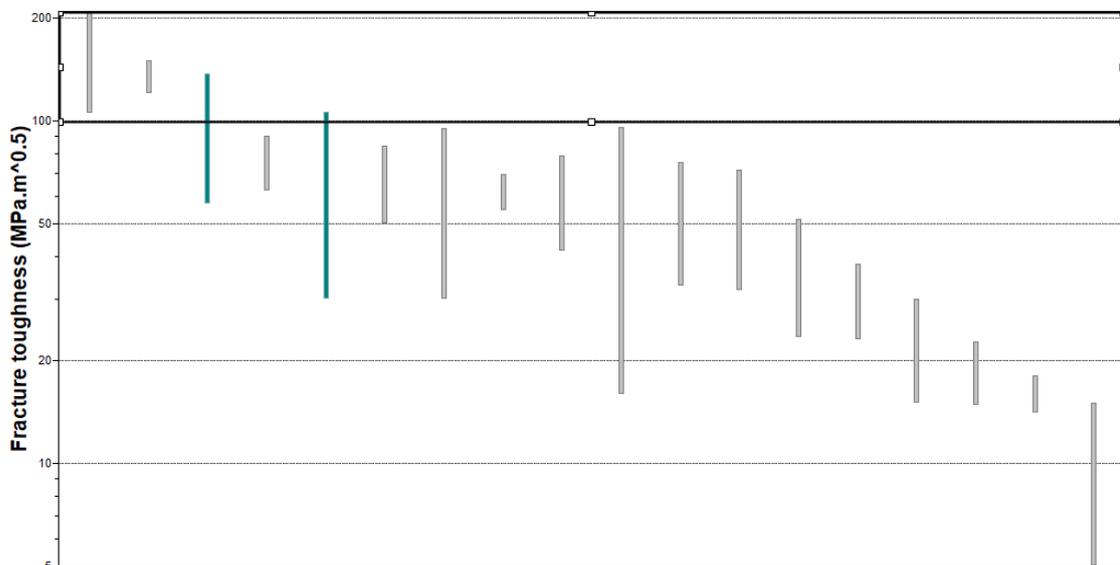


Ilustración 11. Selección de material según tenacidad a fractura

Cabe destacar que se ha estudiado el límite elástico y el módulo de Young de los materiales, pero era muy similar en este caso y se ha decidido no incluirlos puesto que no descartaban ningún material.

Por tanto, luego de la selección quedan los siguientes materiales:

Valores orientativos de vida nominal requeridos para diferentes clases de máquinas	
Clase de máquinas	Vida nominal Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas usadas intermitentemente o por cortos períodos: herramientas eléctricas portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3 000 ... 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: ascensores (elevadores), grúas para mercancías embaladas o eslingas de tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre totalmente utilizadas: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos de uso industrial, machacadoras rotativas	10 000 ... 25 000

Tabla 2. Vida nominal recomendada para cada tipo de máquina SKF

La envolvedora es una máquina de uso intermitente, no siempre tiene carga encima puesto que su uso viene relacionado con si hay que envolver producto o no, por ello se recomienda que la vida útil del rodamiento oscile entre 10 000 y 25 000 horas.

Para calcular el número de horas de un rodamiento se basarán los cálculos en el libro “Diseño de máquinas” de Shigley.

Se procede con la elección de un rodamiento según su capacidad de carga básica, en este caso se ha elegido el rodamiento 7309 BEP de la marca SKF, cuyas características son:

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	55,9 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	37,5 kN
Carga límite de fatiga	P ₀	1,6 kN
Velocidad de referencia		8500 r / min
Velocidad límite		8000 r / min
Factor de cálculo	UNA	0,0268
Factor de cálculo	k _r	0,1
Factor de cálculo	m _i	1,14

Tabla 3. Datos rodamiento elegido.

Por tanto, tenemos como datos:

Cojinete de bolas con contacto angular (gira anillo interior V = 1)

Fuerza axial (Fa) = 24,5 kN

Fuerza radial (Fr) = 12 kN

C₀ = 39,1 kN

C = 55,9 kN

Rpm = 7

El primer paso es calcular el coeficiente e como resultado de dividir:

$$\frac{Fa}{C_0} = \frac{24,5}{39,1} = 0,63$$

Con este valor se obtiene e de la siguiente tabla:

F_a/C_0	e	$F_a/(V F_r) \leq e$		$F_a/(V F_r) > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Tabla 4. Factor de carga radial equivalente para cojinete de bolas. Shigley.

Se observa que el coeficiente obtenido es mayor y no figura en la tabla, esto es debido a que a partir de 0,56 los valores son siempre los mismos, de la misma manera que si son menores que 0,014. En consecuencia se obtiene un coeficiente de 0,44.

El paso siguiente es obtener el coeficiente entre la fuerza axial y la radial y compararla con el valor obtenido de e:

$$\frac{Fa}{V \cdot Fr} = \frac{24,5}{12} \geq 0,44$$

Puesto que dicho coeficiente es mayor se debe calcular el valor de la segunda columna tal y como se muestra en la siguiente imagen

F_a/C_0	e	$F_a/(VF_r) \leq e$			$F_a/(VF_r) > e$	
		X_1	Y_1	X_2	Y_2	
0.014*	0.19	1.00	0	0.56	2.30	
0.021	0.21	1.00	0	0.56	2.15	
0.028	0.22	1.00	0	0.56	1.99	
0.042	0.24	1.00	0	0.56	1.85	
0.056	0.26	1.00	0	0.56	1.71	
0.070	0.27	1.00	0	0.56	1.63	
0.084	0.28	1.00	0	0.56	1.55	
0.110	0.30	1.00	0	0.56	1.45	
0.17	0.34	1.00	0	0.56	1.31	
0.28	0.38	1.00	0	0.56	1.15	
0.42	0.42	1.00	0	0.56	1.04	
0.56	0.44	1.00	0	0.56	1.00	

*Utilice 0.014 si $F_a/C_0 < 0.014$.

Tabla 5. Factor de carga radial equivalente para cojinete de bolas. Shigley.

El valor de Y2 es de 1.

Ya se han obtenido todos los valores necesarios para hallar la carga radial equivalente (Fe):

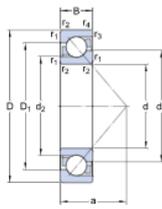
$$Fe = X_2 \cdot V \cdot Fr + Y_2 \cdot Fa$$

$$Fe = 0,56 \cdot 1 \cdot 12 + 1 \cdot 24,5 = 36,5 \text{ kN}$$

A partir de esta fórmula se obtiene que el número de horas de un rodamiento SKF con una confiabilidad del 90% es de:

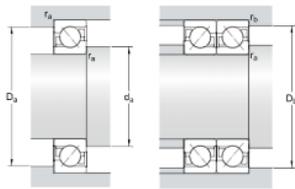
$$L_{10} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{Fe} \right)^3 = 8553 \text{ h}$$

El plano donde muestra las dimensiones del rodamiento es el siguiente:



DIMENSIONES

d	45 mm
D	100 mm
B	25 mm
d ₁	= 66.5 mm
d ₂	= 55.25 mm
D ₁	= 79.9 mm
a	43 mm
r _{1,2}	min. 1.5 mm
r _{3,4}	min. 1 mm



DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d _a	min. 54 mm
D _a	max. 91 mm
D _b	max. 94,4 mm
r _a	max. 1,5 mm
r _b	max. 1 mm

Ilustración 13. Características rodamiento de bolas de contacto angular

Para el cálculo de rodamientos sobre los cuales girará el plato superior, primero se debe analizar la carga que recibe cada rodamiento, para ello se empleará la siguiente fórmula:

$$C_{rod} = \frac{Carga}{N_{rod}}$$

Dónde:

C_{rod} es la carga que deben soportar los rodamientos;

Carga es el peso que se sitúa en la plataforma para envolver;

N_{rod} es el número de rodamientos existentes en la plataforma.

Para asegurar el buen funcionamiento ante posibles imprevistos aplicaremos un factor de seguridad de 1,25%, por tanto la carga total a soportar por los rodamientos sería de 2500kg.

$$C_{rod} = \frac{2500}{17} = 147kg$$

Si se pusieran los rodamientos a rodar sobre la plataforma en poco tiempo colapsarían, por ello se emplean ruedas de rodamientos con recubrimiento exterior que suelen ser materiales que soporten grande cantidades de carga, como el poliuretano.

Para la elección de este elemento el fabricante VOLKOPRINA, ofrece una gran variedad de ruedas recubiertas de VOLKOLLAN, de la familia del poliuretano que ofrece muy buenas propiedades como alta resistencia al desgaste, baja deformación residual o gran elasticidad ante un choque.

					
VK RK 028 014 006 Z	28	14	6	684 ZZ	25
VK RK 040 015 010 Z	40	15	10	6000 ZZ	60
VK RK 040 025 010 Z	40	25	10	6000 ZZ	60
VK RK 050 015 010 ZB	50	15	10	6200 ZZ	85
VK RK 050 015 012 Z	50	15	12	6001 ZZ	85
VK RK 050 018 017 ZA	50	18	17	6003 ZZ	95
VK RK 050 018 020 Z	50	18	20	61804 ZZ	95
VK RK 050 020 012 ZB	50	20	12	6201 ZZ	100
VK RK 060 018 017 ZA	60	18	17	6003 ZZ	110
VK RK 060 020 017 ZB	60	20	17	6203 ZZ	120
VK RK 060 020 020 ZA	60	20	20	6004 ZZ	120
VK RK 060 025 017 Z	60	25	17	6003 ZZ	125
VK RK 070 020 020 ZA	70	20	20	6004 ZZ	130
VK RK 070 025 017 ZC	70	25	17	6303 ZZ	150
VK RK 070 025 020 Z	70	25	20	6204 ZZ	150
VK RK 070 025 025 ZB	70	25	25	6205 ZZ	150
VK RK 080 020 017 Z	80	20	17	6303 ZZ	150
VK RK 080 020 020 Z	80	20	20	6304 ZZ	150
VK RK 080 020 025 ZB	80	20	25	6205 ZZ	150
VK RK 080 025 020 Z	80	25	20	6304 ZZ	170
VK RK 080 025 025 Z	80	25	25	6205 ZZ	170
VK RK 080 030 020 Z	80	30	20	6204 ZZ	180
VK RK 090 025 025 Z	90	25	25	6005 ZZ	190
VK RK 100 025 020 Z	100	25	20	6304 ZZ	210
VK RK 100 025 025 ZB	100	25	25	6205 ZZ	210
VK RK 100 030 020 ZC	100	30	20	6304 ZZ	220
VK RK 100 030 025 ZB	100	30	25	6205 ZZ	220
VK RK 120 025 025 Z	120	25	25	6205 ZZ	250
VK RK 125 025 025 Z	125	25	25	6205 ZZ	260

Tabla 6. Elección rueda. VULKOPRIN.

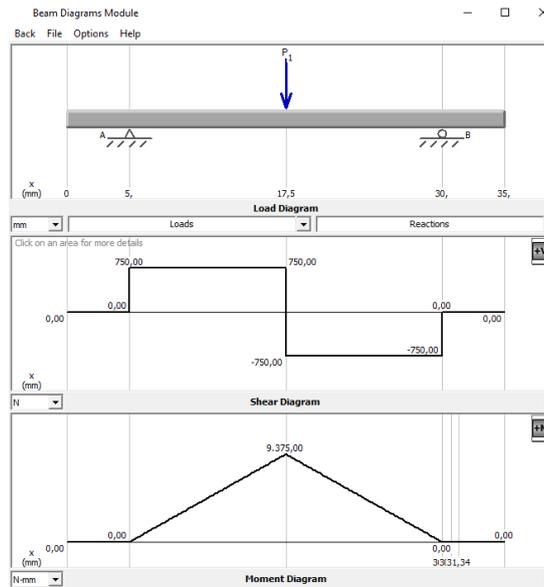


Ilustración 14. Esfuerzos soportados por ruedas.

3.3. Cálculo sistema transmisión soporte brazo.

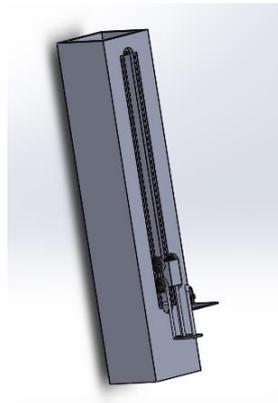


Ilustración 15. Soporte brazo.

El siguiente paso es el cálculo del sistema de transmisión que haga ascender y descender el porta rodillos con el film de embalaje. Para ello se estima que el peso del mismo es alrededor de 40kg de peso con la bobina del film cargada.

La distancia efectiva del recorrido son 2000mm para asegurar que el rodillo recubre toda la mercancía del pallet.

Se requiere un avance de 2m/min con el fin de asegurar el buen funcionamiento y calidad del proceso.

Datos:

Peso del carro con rollo film 40kg $T = 40 \cdot 9,81 = 392,4\text{N}$

Distancia efectiva 2000mm

Avance = 0,025 m/s o 2m/min

El primer paso será el cálculo de la potencia del motor.

Para ello se realizara un sumatorio de fuerzas donde:

$$F = P + m \cdot a$$

Dónde:

F es la fuerza;

P es el peso del carro;

m es la masa a mover;

a es la aceleración.

Por tanto, primero se calculará la aceleración

$$V2 = V1 + a \cdot t$$

t es el tiempo de aceleración que normalmente tiene un valor de 0,5s.

V1 es la velocidad inicial, que es 0.

V2 es la velocidad que se requiere 2m/min.

Sustituyendo se obtiene que:

$$\frac{2[m]}{60[seg]} = 0 + a \cdot 0,5$$

$$a = 0,066 \left[\frac{m}{seg^2} \right]$$

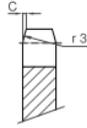
Sustituyendo el valor de la aceleración se obtiene una fuerza de:

$$F = 400[N] + 40[kg] \cdot 0,066 \left[\frac{m}{seg^2} \right] = 403N$$

Se procede a calcular el momento y para ello se precisan los datos del piñón que se va a emplear en la realización de la transmisión. Se preselecciona el siguiente piñón:

Piñones
Sprockets / Pignons
3/8" x 3/72"
9,525 x 5,72 mm
06B - 1 - 2 - 3

Para cadenas de rodillos
For roller chains
Pour chaînes à rouleaux
DIN 8187
ISO / R 606



Piñón Sprocket / Pignon	mm
Radio del diente r_3 Tooth radius r_3 Radius dent r_3	10
Ancho del radio C Radius width C Largeur Radius C	1
Ancho del diente B1 Tooth width B1 Largeur dent B1	5,3
Ancho del diente b1 Tooth width b1	5,2

Z	de	dp	S			D			T		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	26,8	24,89	15	8	20	15	8	25	15	8	32
9	31,5	27,85	18	8	20	18	8	25	18	8	32
10	34,5	30,82	20	8	20	20	8	25	20	10	32
11	37,5	33,80	22	8	25	22	10	30	22	12	35
12	40,5	36,80	25	8	25	25	10	30	25	12	35
13	43,5	39,80	28	8	25	28	10	30	28	12	35
14	46,5	42,80	31	8	25	31	10	30	31	12	35
15	49,5	45,81	34	8	25	34	10	30	34	12	35
16	52,5	48,82	37	10	28	37	12	30	37	12	35
17	55,5	51,83	40	10	28	40	12	30	40	12	35
18	58,6	54,85	43	10	28	43	12	30	43	12	35
19	61,6	57,87	45	10	28	46	12	30	46	12	35
20	64,6	60,89	46	10	28	49	12	30	49	12	35
21	67,6	63,91	48	12	28	52	16	30	52	16	40
22	70,6	66,93	50	12	28	55	16	30	55	16	40
23	73,7	69,95	52	12	28	58	16	30	58	16	40

Tabla 7. Dimensiones normalizadas piñón y cadena. YUK.

De este elemento se necesita el diámetro primitivo, el cual es 51,83mm.

$$M = F \cdot d = 403[N] \cdot 0,026m = 10,45[Nm]$$

Procedemos a calcular la potencia:

$$P = M \cdot \omega = 10,5[Nm] \cdot \frac{2}{60} \left[\frac{m}{seg} \right] / 0,026 = 13,46[W]$$

La potencia necesaria para elevar y bajar el carro es de 13,46W, valor lógico teniendo en cuenta el poco peso y velocidad necesarios para realizar la acción.

Las revoluciones a las que giraría el motor serían de:

$$P = M \cdot \frac{n}{9550}$$

$$n = 0,013 \cdot \frac{9550}{10} = 12,4 \text{ rpm}$$

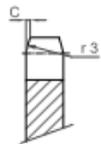
3.4. Cálculo cadena

Para realizar el cálculo de la cadena necesaria se utilizará el prontuario de la marca JORESA donde explica paso a paso las operaciones necesarias para la elección de una buena cadena.

El primer paso es la elección del coeficiente f1 y para ello se emplea la siguiente tabla:

Piñones
Sprockets / Pignons
3/8" x 3/72"
9,525 x 5,72 mm
06B - 1 - 2 - 3

Para cadenas de rodillos
For roller chains
Pour chaînes à rouleaux
DIN 8187
ISO / R 606



Piñón
Sprocket / Pignon

mm

Radio del diente r_3
Tooth radius r_3
Radius dent r_3

10

Z	de	dp	S			D			T		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	26,8	24,89	15	8	20	15	8	25	15	8	32
9	31,5	27,85	18	8	20	18	8	25	18	8	32
10	34,5	30,82	20	8	20	20	8	25	20	10	32
11	37,5	33,80	22	8	25	22	10	30	22	12	35
12	40,5	36,80	25	8	25	25	10	30	25	12	35
13	43,5	39,80	28	8	25	28	10	30	28	12	35
14	46,5	42,80	31	8	25	31	10	30	31	12	35
15	49,5	45,81	34	8	25	34	10	30	34	12	35
16	52,5	48,82	37	10	28	37	12	30	37	12	35
17	55,5	51,83	40	10	28	40	12	30	40	12	35

Tabla 10. Dimensiones normalizadas piñón y cadenas. YUK.



Tabla 11. Dimensiones piñón.

El último coeficiente que se tiene que seleccionar, coeficiente f_3 , que también se realizado con el uso de una tabla.

Tabla N° III (Coeficiente f_3)

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Tabla 12. Selección coeficiente f_3 para cálculo de cadenas.

Puesto que la cadena elegida tiene más de 80 pasos de longitud (2000/9,525), exactamente 210 pasos, el coeficiente es de 1, ya que el sistema requiere una transmisión 1:1.

A continuación, se elegirá el tipo de cadena acorde al sistema, para ello se empleará la siguiente tabla:

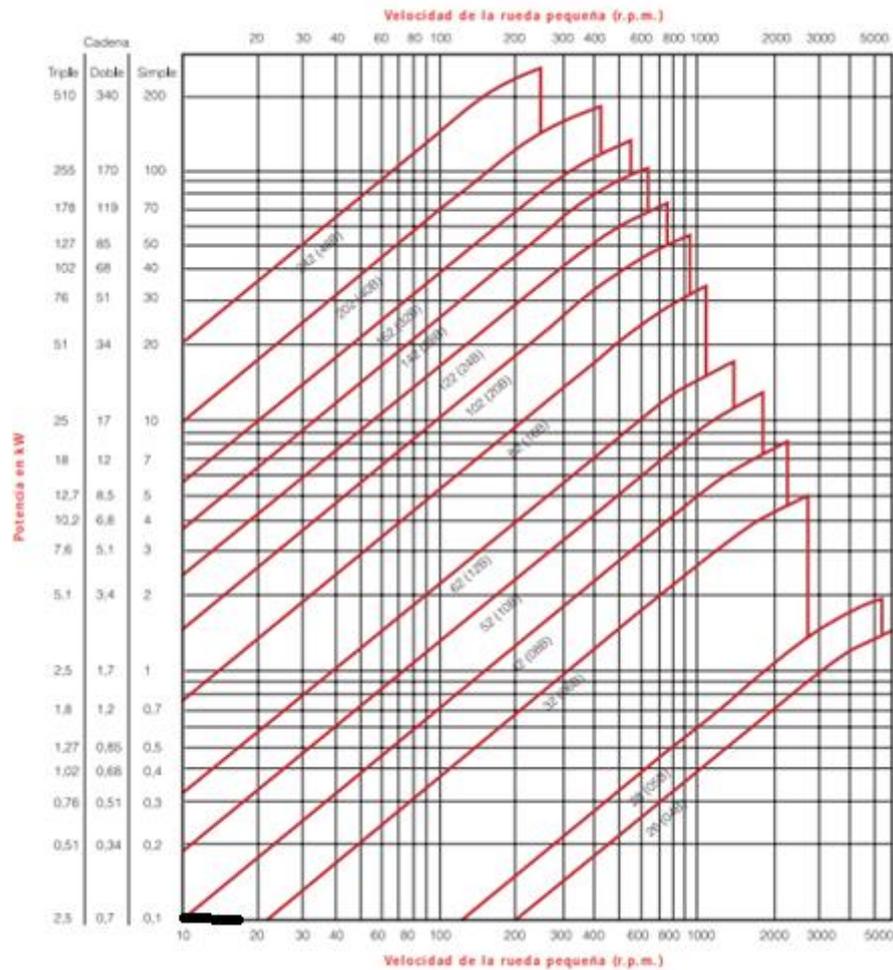
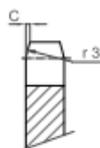


Tabla 13. Elección tipo de cadena.

En ella se observa que se requiere la potencia y rpm del motor empleado calculadas previamente. Puesto que son valores muy pequeños se obtiene que es necesaria una cadena tipo 8B-1. Por tanto, el piñón seleccionado anteriormente no es válido, puesto que se seleccionó para una cadena 6B-1. Se procede a recalcular:

Piñones
Sprockets / Pignons
1/2" x 5/16"
12,7 x 7,75 mm
08B - 1 - 2 - 3

Para cadenas de rodillos
For roller chains
Pour chaînes à rouleaux
DIN 8187
ISO / R 606



Piñón
Sprocket / Pignon

Radio del diente r_3 13
Tooth radius r_3
Radius dent r_3

Z	de	dp	S			D			T		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	38	33,18	20	10	25	20	10	32	20	10	46
9	42	37,13	24	10	25	24	10	32	24	12	46
10	45,9	41,1	26	10	25	28	10	32	28	12	46
11	49,9	45,07	29	10	25	32	12	35	32	16	50
12	53,9	49,07	33	10	28	35	12	35	35	16	50
13	57,9	53,06	37	10	28	38	12	35	38	16	50
14	61,9	57,07	41	10	28	42	12	35	42	16	50
15	65,9	61,09	45	10	28	46	12	35	46	16	50
16	69,9	65,1	50	12	28	50	16	38	50	16	50
17	74	69,11	52	12	28	54	16	38	54	16	50

Tabla 14. Dimensiones normalizadas cadenas y piñones.

El nuevo radio de giro del piñón es de 69,11 mm:

$$M = F \cdot d = 403[N] \cdot 0,035[m] = 14,1[Nm]$$

Procedemos a calcular la potencia:

$$P = M \cdot \omega = 14,1[Nm] \cdot \frac{2}{60} \left[\frac{m}{seg} \right] / 0,035 = 13,4[W]$$

La nueva potencia necesaria para elevar y bajar el carro es de 18,8W. En cuanto a las rpm:

$$n = 0,013 \cdot \frac{9550}{14,1} = 8,8 \text{ rpm}$$

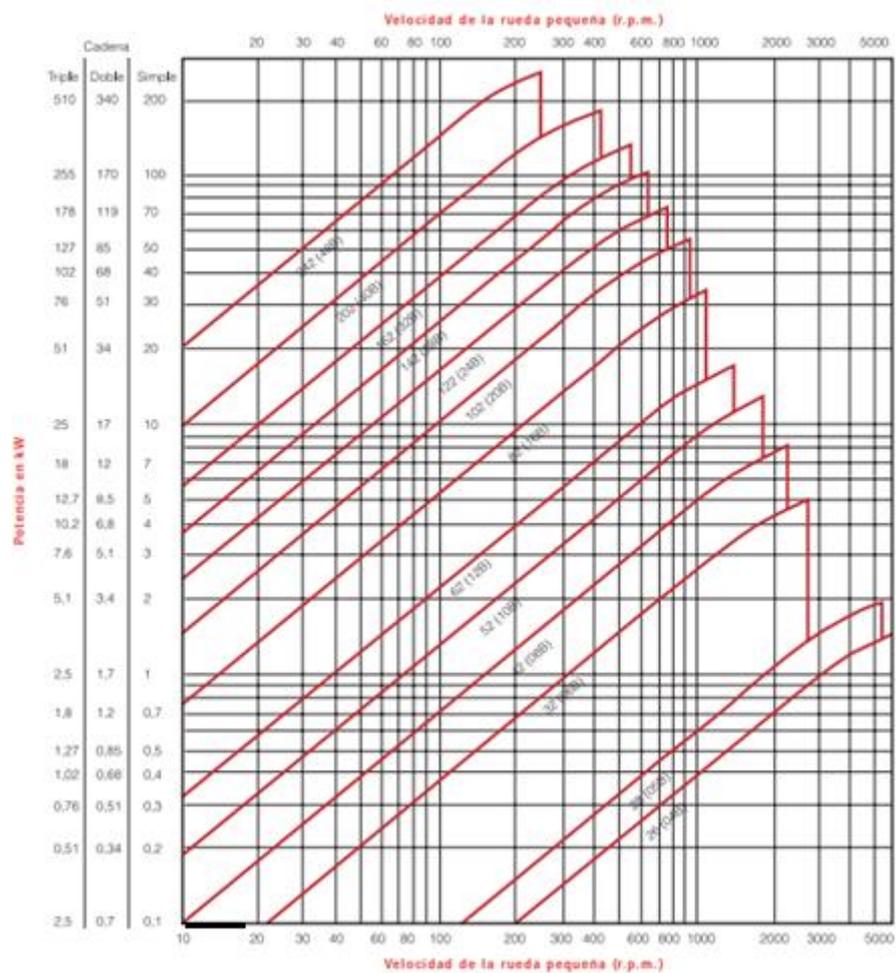


Tabla 15. Tabla selección tipo de cadena.

Esta vez sí que entra dentro de los parámetros.

Para saber si la cadena es válida se realizarán los siguientes cálculos:

Velocidad de la cadena	$v = \frac{Pz_1 n_1}{1000}$	W	Potencia a transmitir (Kw)
Tensión ramal conductor (Kg)	$T = \frac{6120 \times W}{v}$	v	Velocidad lineal de la cadena (m/min.)
Presión en las articulaciones (Kg)	$t = \frac{T}{S}$	P	Paso de la cadena (mm)
		Z ₁	Número de dientes del piñón o rueda pequeña
		Z ₂	Número de dientes de la rueda mayor
		n ₁	Número de vueltas del piñón (r.p.m.)
		n ₂	Número de vueltas de la rueda (r.p.m.)
		t	Presión sobre las articulaciones (Kg/cm ²)
		S	Superficie de la articulación (cm ²)

Ilustración 16. Parámetros a calcular en la elección de cadena.

En primer lugar se corregirá la potencia obtenida por los factores f1, f2 y f3.

$$P = 18,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 18,8[W]$$

A continuación se calculará la velocidad de la cadena:

$$v = \frac{12,7 \cdot 17 \cdot 8,8}{1000} = 2 \left[\frac{m}{min} \right]$$

Seguido de la tensión del ramal conductor:

$$T = \frac{6123 \cdot 0,018}{2} = 55kg$$

Y por último la presión en las articulaciones:

$$t = \frac{55}{0,5} = 110 \frac{kg}{cm^2}$$

La superficie de la articulación se obtiene de prontuarios de la cadena seleccionada.

Chain		DIN	Pitch		Inner width b ₁ min.	Inner link width b ₂ max.	Outer plate width b ₃ min.	Roller Ø d ₁ max.	Pin Ø d ₂ max.	Plate height g max.	Projection over connecting link k max.	Width over pin l ₁ max.	Bearing area f	Minimum tensile strength DIN F _B min.	Minimum tensile strength F _B min.	Weight q ≈	Connecting links No.
No.	Ind.		mm	inch													
440		03	5.0	-	2.50	4.15	4.25	3.20	1.49	4.1	2.5	7.4	0.06	2.2	2.2	0.08	11,15
445		04	6.0	-	2.80	4.10	4.20	4.00	1.85	5.0	2.9	7.4	0.08	3.0	3.0	0.15	11,15
450		05 B-1	8.0	-	3.00	4.77	4.90	5.00	2.31	7.1	3.1	8.6	0.11	5.0	5.5	0.18	11,15
453		-	9.525	3/8	3.30	5.45	5.58	6.00	2.78	9.0	3.1	9.6	0.15	8.0	8.2	0.26	11,15,111
454		-	9.525	3/8	3.94	6.70	6.83	6.35	3.28	9.0	3.3	11.6	0.22	9.0	9.4	0.36	11,12,15
455	1	06 B-1	9.525	3/8	5.72	8.53	8.66	6.35	3.28	8.2	3.3	13.5	0.28	9.0	9.6	0.41	11,12,15
331		081	12.7	1/2	3.30	5.80	5.93	7.75	3.66	9.9	1.5	10.2	0.21	8.2	9.1	0.28	11,12,15
332		-	12.7	1/2	4.88	7.20	7.33	7.75	3.66	9.9	1.5	11.2	0.26	8.2	9.1	0.33	11,12,15
110		082	12.7	1/2	2.38	4.60	4.73	7.75	3.66	9.9	-	8.2	0.17	10.0	10.0	0.26	15,111
17		083	12.7	1/2	4.88	7.90	8.03	7.75	4.09	10.3	1.5	12.9	0.32	12.0	13.2	0.42	11,12,15
385		-	12.7	1/2	6.40	9.78	9.91	7.75	3.97	11.5	3.9	15.4	0.38	16.0	17.1	0.50	11,12,15
461		-	12.7	1/2	6.40	9.93	10.06	8.51	4.45	11.8	3.9	15.8	0.44	18.0	18.6	0.66	11,12,15
462		08 B-1	12.7	1/2	7.75	11.30	11.43	8.51	4.45	11.8	3.9	17.0	0.50	18.0	18.6	0.70	11,12,15
500		-	15.875	5/8	6.48	10.08	10.21	10.16	5.08	14.7	4.1	16.4	0.51	22.4	27.5	0.78	11,12,15
501		10 B-1	15.875	5/8	9.65	13.28	13.41	10.16	5.08	14.7	4.1	19.6	0.67	22.4	27.0	0.91	11,12,15
513		12 B-1	19.05	3/4	11.68	15.62	15.75	12.07	5.72	16.1	4.6	22.7	0.89	29.0	31.0	1.18	11,12,15
548		16 B-1	25.4	1	17.02	25.40	25.60	15.88	8.28	21.0	5.4	36.1	2.10	60.0	72.0	2.68	11,111,12
552		-	30.0	-	17.02	25.40	25.60	15.88	8.28	21.0	5.4	36.1	2.10	60.0	72.0	2.50	11,111,12

Tabla 16. Elección parámetro "superficie de articulación"

Cuando se han realizado todos los cálculos se debe comprobar que la cadena seleccionada es apropiada, para ello se emplea la siguiente tabla.

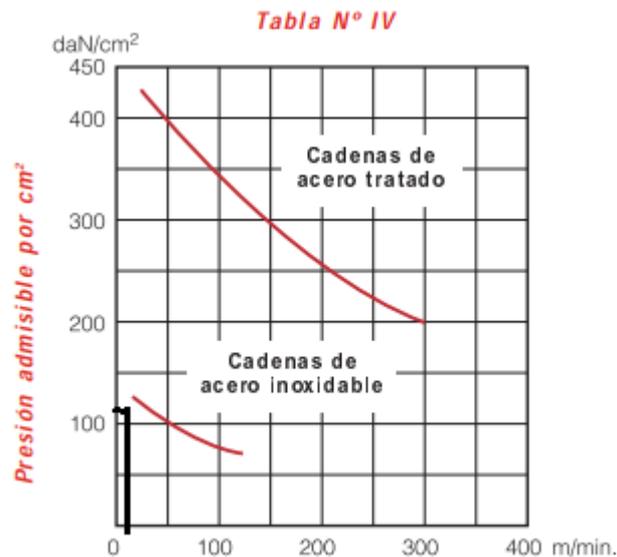


Tabla 17. Tabla para comprobar que la cadena cumple con requisitos.

Esta tabla emplea la presión en las articulaciones y la velocidad de la cadena con el fin de saber si el material de dicha cadena soportara tal esfuerzo.

Como se puede observar la cadena es admisible puesto que tiene valores inferiores a los límites.

3.5. Sistema de rotación del carro.

Para hacer girar la tapa superior de la base utilizaremos el mismo sistema calculado anteriormente y para ello se seguirán los mismos pasos. Esta vez se requiere que la plataforma gire a una velocidad de 3,5m/min. La misma puede soportar hasta 2000kg de peso.

En primer lugar se plantea el cálculo de la energía cinética de rotación:

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2500 \cdot 0,85^2 \cdot \frac{3,5}{0,034} = 775 J$$

Dónde:

I es la inercia de un cilindro macizo;

ω es la velocidad angular.

Si se tiene que la variación del tiempo se produce en 0,5s:

$$P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{452}{0,5} = 1549W$$

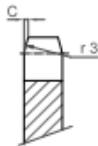
La potencia necesaria para el motor es de 1,5 kW, mientras que las rpm son de:

$$n = 1,5 \cdot \frac{9550}{875} = 17rpm$$

Esta vez se ha elegido el siguiente piñón:

Piñones
Sprockets / Pignons
1/2" x 5/16"
12,7 x 7,75 mm
08B - 1 - 2 - 3

Para cadenas de rodillos
For roller chains
Pour chaînes à rouleaux
DIN 8187
ISO / R 606



Piñón Sprocket / Pignon	mm
Radio del diente r_3 Tooth radius r_3 Radius dent r_3	13
Ancho del radio C Radius width C Largeur Radius C	1,3
Ancho del diente B1 Tooth width B1 Largeur dent B1	7,2

Z	de	dp	S			D			T		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	38	33,18	20	10	25	20	10	32	20	10	46
9	42	37,13	24	10	25	24	10	32	24	12	46
10	45,9	41,1	26	10	25	28	10	32	28	12	46
11	49,9	45,07	29	10	25	32	12	35	32	16	50
12	53,9	49,07	33	10	28	35	12	35	35	16	50
13	57,9	53,06	37	10	28	38	12	35	38	16	50
14	61,9	57,07	41	10	28	42	12	35	42	16	50
15	65,9	61,09	45	10	28	46	12	35	46	16	50
16	69,9	65,1	50	12	28	50	16	38	50	16	50
17	74	69,11	52	12	28	54	16	38	54	16	50
18	78	73,14	56	12	28	58	16	38	58	16	50
19	82	77,16	60	12	28	62	16	38	62	16	50
20	86	81,19	64	12	28	66	16	38	66	16	50
21	90,1	85,22	68	14	28	70	16	40	70	16	55
22	94,1	89,24	70	14	28	70	16	40	70	16	55

Tabla 18. Dimensiones normalizadas cadenas y piñones.

Puesto que para una potencia de 1,5kW y 17 rpm es necesaria una cadena 20B, se procede a recalcular:

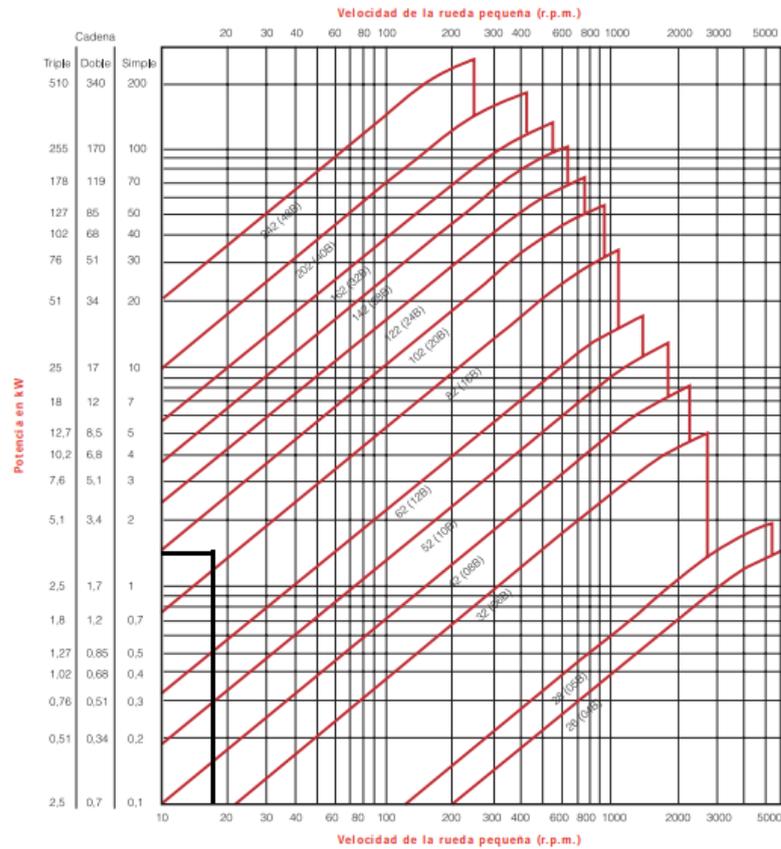
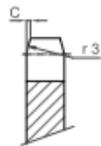


Tabla 19. Elección tipo de cadena.

Piñones
Sprockets / Pignons
1 1/4" x 3/4"
31,75 x 19,56 mm
20B - 1 - 2 - 3

Para cadenas de rodillos
For roller chains
Pour chaînes à rouleaux
DIN 8187
ISO / R 606



Piñón
Sprocket / Pignon
mm
Radio del diente r_3 32
Tooth radius r_3
Radius dent r_3

Z	de	dp	S			D			T		
			dm	D1	A	dm	D1	A	dm	D1	A
8	96	82,96	53	20	40	53	20	75	53	25	110
9	106,5	92,84	63	20	40	63	20	75	63	25	110
10	117	102,74	70	20	40	70	20	75	70	25	110
11	127,0	112,68	77	20	45	80	25	80	80	30	115
12	137	122,68	88	20	45	90	25	80	90	30	115
13	147,5	132,65	98	20	45	100	25	80	100	30	115
14	157,6	142,68	108	20	45	110	25	80	110	30	115
15	167,7	152,72	118	20	45	120	25	80	120	30	115
16	177,7	162,75	120	25	50	120	30	80	120	30	115
17	187,7	172,68	120	25	50	120	30	80	120	30	115

Tabla 20. Elección piñón y cadena.

Con el nuevo radio del piñón (86,34 mm) se rehacen todos los cálculos:

$$E = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 2500 \cdot 0,85^2 \cdot \frac{3,5}{0,086} = 306 J$$

$$P = \frac{\Delta E}{t} = \frac{306}{0,5} = 612 W$$

La potencia necesaria para el motor es de 612 kW, mientras que las rpm son de:

$$n = 0,612 \cdot \frac{9550}{875} = 6,7rpm$$

El siguiente paso para calcular la cadena acorde a este sistema de transmisión de potencia es determinar los coeficientes f1, f2 y f3. Siguiendo la misma metodología se obtiene que:

Coefficiente f1 = 1

Tabla N° 1 (Coeficiente f1)

Tipo de carga	Ejemplo de máquinas	Motor eléctrico o turbina	Accionamiento Motor de combustión interna	
			Trans. hidráulica	Trans. mecánica
Regular	Agitadores de líquidos. Bombas centrífugas y de engranajes. Compresores centrífugos. Elevadores y transportadores con carga regular. Generadores y alternadores. Hiladoras. Maquinaria de imprenta. Maquinaria para la fabricación de papel. Montacargas y ascensores. Teleféricos. Maquinas herramientas (toros, taladradoras, fresadoras, rectificadoras). Ventiladores y máquinas soplantes.	1	1	1,2
Irregular	Agitadores de sustancias poco fluidas. Bombas de embolo de más de 2 cilindros. Compresores alternativos de más de 2 cilindros. Hélices (aplicaciones marinas). Elevadores y transportadores con carga irregular. Laminadoras. Mezcladores. Maquinaria para carpintería. Maquinaria para formar tubos. Trefiladoras. Molinos para materias homogéneas y blandas. Telares.	1,3	1,2	1,4
A golpes	Aparejos de elevación. Bombas de 1 y 2 cilindros. Dragas. Excavadoras. Elevadores y transportadores con carga muy irregular y pesada. Grúas. Maquinaria para perforación. Maquinaria para fabricar ladrillos. Maquinas herramientas (prensas, cizallas, limadoras, cepilladoras). Molinos para materias duras e irregulares. Rotocultivadores. Trituradoras.	1,5	1,4	1,7

Tabla 21. Elección coeficiente f1.

Para la elección del coeficiente f2, se empleará el mismo procedimiento.

Coefficiente. f2 = 1

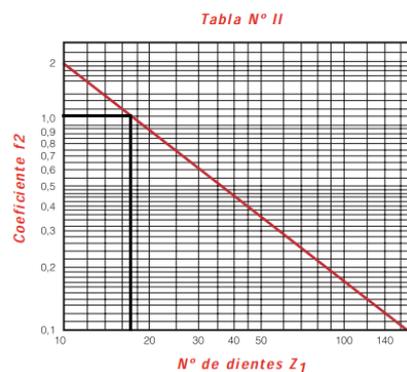


Tabla 22. Elección coeficiente f2 para cálculo de cadena.

Se da el mismo caso para la elección del coeficiente f3. Puesto que la distancia e mayor que 80 pasos se obtiene:

Coefficiente f3 = 1

Tabla N° III (Coeficiente f3)

		Relación de transmisión							
		1:1	2:1	3:1	4:1	5:1	6:1	7:1	8:1
Distancia entre centros, C	20 pasos	1,45	1,25	1,15	1,08	1,03	0,99	0,96	0,92
	30 pasos	1,31	1,14	1,06	1,01	0,97	0,94	0,91	0,87
	40 pasos	1,22	1,07	1,00	0,95	0,92	0,89	0,86	0,84
	50 pasos	1,15	1,01	0,95	0,91	0,88	0,85	0,83	0,81
	60 pasos	1,08	0,97	0,91	0,87	0,85	0,82	0,81	0,78
	80 pasos	1,00	0,87	0,84	0,81	0,79	0,77	0,75	0,73

Tabla 23. Elección coeficiente f3.

Seguidamente se calcula los mismos parámetros que en el punto anterior:

Velocidad de la cadena	$v = \frac{Pz_1 n_1}{1000}$	W	Potencia a transmitir (Kw)
Tensión ramal conductor (Kg)	$T = \frac{6120 \times W}{v}$	v	Velocidad lineal de la cadena (m/min.)
Presión en las articulaciones (Kg)	$t = \frac{T}{S}$	P	Paso de la cadena (mm)
		Z ₁	Número de dientes del piñón o rueda pequeña
		Z ₂	Número de dientes de la rueda mayor
		n ₁	Número de vueltas del piñón (r.p.m.)
		n ₂	Número de vueltas de la rueda (r.p.m.)
		t	Presión sobre las articulaciones (Kg/cm ²)
		S	Superficie de la articulación (cm ²)

Para calcular la potencia corregida habrá que multiplicar la potencia obtenida por los coeficientes de las tablas.

Potencia corregida:

$$P = 612 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 612W$$

Velocidad de la cadena:

$$v = \frac{31,75 \cdot 17 \cdot 6,7}{1000} = 3,5 \left[\frac{m}{min} \right]$$

Tensión ramal conductor:

$$T = \frac{6120 \cdot 1,3 \cdot 0,6}{3,5} = 1363Kg$$

Presión en las articulaciones:

$$t = \frac{1363}{2,96} = 461 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Chain		DIN	Pitch		Inner width b ₁ min.	Inner link width b ₂ max.	Outer plate width b ₃ min.	Roller Ø d ₁ max.	Pin Ø d ₂ max.	Plate height g max.	Projection over connecting link k max.	Width over pin l ₁ max.	Bearing area f cm ²	Minimum tensile strength DIN F _B min.	Minimum tensile strength ⊗ F _B min.	Weight q =	Connecting links No.
⊗	No.		mm	inch													
440		03	5,0	-	2,50	4,15	4,25	3,20	1,49	4,1	2,5	7,4	0,06	2,2	2,2	0,08	11,15
445		04	6,0	-	2,80	4,10	4,20	4,00	1,85	5,0	2,9	7,4	0,08	3,0	3,0	0,15	11,15
450		05 B-1	8,0	-	3,00	4,77	4,90	5,00	2,31	7,1	3,1	8,6	0,11	5,0	5,5	0,18	11,15
453		-	9,525	3/8	3,30	5,45	5,58	6,00	2,78	9,0	3,1	9,6	0,15	8,0	8,2	0,26	11,15,111
454		-	9,525	3/8	3,94	6,70	6,83	6,35	3,28	9,0	3,3	11,6	0,22	9,0	9,4	0,36	11,12,15
455	¹	06 B-1	9,525	3/8	5,72	8,53	8,66	6,35	3,28	8,2	3,3	13,5	0,28	9,0	9,6	0,41	11,12,15
331		081	12,7	1/2	3,30	5,80	5,93	7,75	3,66	9,9	1,5	10,2	0,21	8,2	9,1	0,28	11,12,15
332		-	12,7	1/2	4,88	7,20	7,33	7,75	3,66	9,9	1,5	11,2	0,26	8,2	9,1	0,33	11,12,15
110		082	12,7	1/2	2,38	4,60	4,73	7,75	3,66	9,9	-	8,2	0,17	10,0	10,0	0,26	15,111
17		083	12,7	1/2	4,88	7,90	8,03	7,75	4,09	10,3	1,5	12,9	0,32	12,0	13,2	0,42	11,12,15
385		-	12,7	1/2	6,40	9,78	9,91	7,75	3,97	11,5	3,9	15,4	0,38	16,0	17,1	0,50	11,12,15
461		-	12,7	1/2	6,40	9,93	10,06	8,51	4,45	11,8	3,9	15,8	0,44	18,0	18,6	0,66	11,12,15
462		08 B-1	12,7	1/2	7,75	11,30	11,43	8,51	4,45	11,8	3,9	17,0	0,50	18,0	18,6	0,70	11,12,15
500		-	15,875	5/8	6,48	10,08	10,21	10,16	5,08	14,7	4,1	16,4	0,51	22,4	27,5	0,78	11,12,15
501		10 B-1	15,875	5/8	9,65	13,28	13,41	10,16	5,08	14,7	4,1	19,6	0,67	22,4	27,0	0,91	11,12,15
513		12 B-1	19,05	3/4	11,68	15,62	15,75	12,07	5,72	16,1	4,6	22,7	0,89	29,0	31,0	1,18	11,12,15
548		16 B-1	25,4	1	17,02	25,40	25,60	15,88	8,28	21,0	5,4	36,1	2,10	60,0	72,0	2,68	11,111,12
552		-	30,0	-	17,02	25,40	25,60	15,88	8,28	21,0	5,4	36,1	2,10	60,0	72,0	2,50	11,111,12
563		20 B-1	31,75	1 1/4	19,56	29,00	29,20	19,05	10,19	26,4	6,1	43,2	2,96	95,0	105,0	3,50	11,111,12
596		24 B-1	38,1	1 1/2	25,40	37,90	38,20	25,40	14,63	33,4	6,6	53,4	5,51	160,0	180,0	6,80	111,12
613		28 B-1	44,45	1 3/4	30,99	46,50	46,80	27,94	15,90	37,0	7,4	65,1	7,39	200,0	230,0	8,50	111,12
652		32 B-1	50,8	2	30,99	45,50	45,80	29,21	17,81	42,2	7,9	67,4	8,10	250,0	276,0	10,50	111,12
671		40 B-1	63,5	2 1/2	38,10	55,70	56,00	39,37	22,89	52,9	10,0	82,6	12,75	355,0	405,0	16,40	111,12
679		48 B-1	76,2	3	45,72	70,50	71,00	48,26	29,24	63,8	10,0	99,1	20,61	560,0	630,0	25,00	111

Electrogalvanised or nickel-plated chains on request. In this case chains may only have 80 % of the tensile strength.

¹ with straight side plates

Tabla 24. Determinar valor superficie de la articulación

En la tabla se observa que los valores entran dentro de lo admisible, por tanto, la cadena elegida es válida.

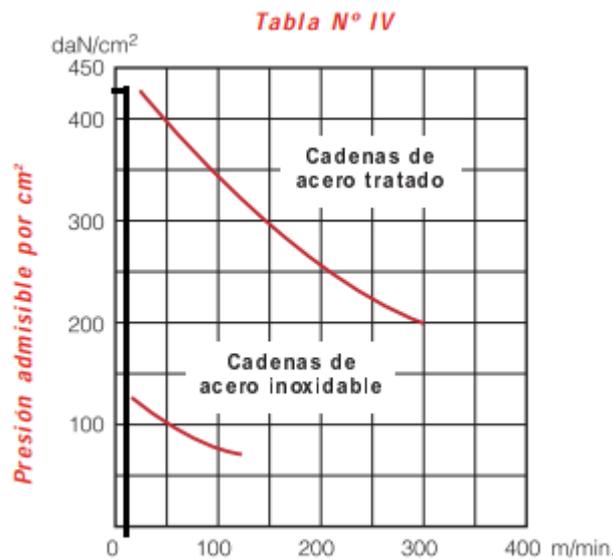


Tabla 25. Comprobación validez de la cadena.

3.6. Elección de motores reductores.

Para la elección de los motores que impulsarán los sistemas de cadenas se utilizará la herramienta online que ofrece SEW.

Con ésta introduciendo los valores de potencia del motor y rpm de salida necesarias el programa crea una lista de motor reductores que cumple con las especificaciones indicadas.

Para el caso del motor reductor que realiza el movimiento de subida y bajada del carro se obtiene una potencia necesaria de 0,018kW y 17 rpm.

Es un motor de 0,25kW, de los más pequeños del mercado, que cuenta con un reductor de tornillo sin fin ofrece una salida de 17 rpm.

Datos de producto

Velocidad nominal del motor	[1/min] : 2660
Velocidad de salida	[1/min] : 17
Índice de reducción total	: 157,43
Par de salida	[Nm] : 87
Factor de servicio SEW-FB	: 0,95
Posición de montaje	: M5A
Pintura imprimación/CapaFinal	: 7031 Gris azulado (51370310)
Posición de conexión/caja de bornas	[°] : 0
Entrada de cable/ Posición del conector	: X
Eje hueco	[mm] : 20
Salida permitida con carga radial n=2800	[N] : 0
Cantidad de lubricante 1er reductor	[Litro] : 0,4
Potencia del motor	[kW] : 0,25



Ilustración 17. Elección motor-reductor ascenso carro porta-film

Para el caso del motor reductor que realiza el movimiento giratorio del carro tiene una potencia de 1,1W y 6,8 rpm que consigue con un reductor de tornillo sin fin.

Descripción de catálogo

SH77DRN90S4
Reductores de tornillo sin fin S + Motores de CA DRN.. (IE3)

Datos de producto

Velocidad nominal del motor	[1/min] : 1455
Velocidad de salida	[1/min] : 6,8
Índice de reducción total	: 214,00
Par de salida	[Nm] : 1060
Factor de servicio SEW-FB	: 1,20
Posición de montaje	: M5A
Pintura imprimación/CapaFinal	: 7031 Gris azulado (51370310)
Posición de conexión/caja de bornas	[°] : 0
Entrada de cable/ Posición del conector	: X
Eje hueco	[mm] : 50
Salida permitida con carga radial n=1400	[N] : 0
Cantidad de lubricante 1er reductor	[Litro] : 4,5
Potencia del motor	[kW] : 1,1



Ilustración 18. Elección motor-reductor base giratoria.

Es un motor de 01,1kW que con el reductor ofrece una salida de 6,8 rpm.

4. Presupuesto económico

Código	Descripción	Cantidad	Coste ud. (€)	Coste total (€)
1	Acero inoxidable	2500 (kg)	2	5000
2	Acero AISI 1020	2000 (Kg)	0,6	1200
3	Rodamientos rueda	17	25	425
4	Rodamiento base	1	50	50
5	Soporte rodamientos	2	20	40
6	Tornillería	200	0,1	20
7	Motoreductor 0,18 kW	1	150	150
8	Motoreductor 1,1 kW	1	220	220
9	Pantalla táctil	1	250	250
10	Piñón cadena 8B	1	20	20
11	Piñón cadena 20B	1	35	35
12	Ejes	2	130	260
13	Pulsador	1	2	2

14	Cable	20(m)	1	20
15	Sensor inductivo	2	35	70
16	Mano de obra	1	2000	2000
17	Costes adjuntos al diseño	1	500	500
			Total	10262

5. Pliego de condiciones.

5.1. *Definición y características de los elementos*

El pliego de condiciones se elaborará a partir de las leyes emitidas por la Asociación Española de Normalización y certificación

Según la norma UNE-EN 415-6:2014 las envolvedoras de pallets son máquinas que aseguran el producto y otros fines.

Se deben considerar los siguientes tipos de envolvedoras:

- Envolvedora de pallets por película estirable en espiral
- Envolvedoras de pallets por película estirable auto-accionadas semi-automáticas.
- Envolvedoras de pallets por película estirable móviles.
- Envolvedoras de pallet por película retráctil.

En este proyecto se presenta el de Envolvedora de pallets por película estirable en espiral, este tipo de máquinas emplea una película retráctil que se enrolla alrededor del producto deseado estirando previamente dicha película a través, generalmente, de tubos. Una vez finalizado el proceso se corta de la bobina que proporciona el material.

Estas máquinas se constituyen principalmente de: soporte giratorio, sistema de elevación del carro porta film y sistema de sujeción de la bobina.

Tal como indica la norma UNE-EN 349:1994+A1:2008 la máquina se ha diseñado acorde a los peligros que presenta tales como atrapamiento del cuerpo humano, pierna, brazo, etc... de acuerdo a esta ley, la distancia mínima en este caso es de 500mm y se especificará su uso correcto en el manual de instrucciones.

La mesa giratoria sobre la cual se apoya la carga tiene que ser lo suficientemente grande para que no sobresalgan los pallets y deberá diseñarse de tal manera que no gire

libremente para evitar posibles peligros.

La máquina se diseñará de tal manera que pueda evitar las puestas en marchas inesperadas.

La velocidad de diseño de la máquina debe asegurar que no saldrán despedidas partes del producto.

El manual de instrucciones de la máquina incluirá las instrucciones para la protección de los pies.

5.2. *Seguridades:*

Una señal acústica avisará del inicio del sistema de giro y puesta en marcha de la máquina, explicando su uso y plan de acción cuando el sistema de alarma se encienda.

El inicio del proceso de embalaje será posible solo cuando el sensor detecte carga en la mesa giratoria.

Con el fin de evitar el fallo del carro porta bobina se instalarán dos sensores en el sistema de ascenso entre las dos ruedas dentadas asegurándose que el recorrido sea el adecuado.

El sistema de peligro instalado ha de ser visible por el operario en todo momento.

El fabricante tiene que revisar los sistemas eléctricos tal y como detalla la norma EN 6024-1: 2006.

5.3. *Condiciones de suministro y almacenaje:*

El suministro siempre se llevará a cabo en vehículos que garanticen la seguridad estructural, fijándose debidamente sobre el vehículo para que en cualquier movimiento inesperado del vehículo no dañe la máquina.

El momento de instalación ha de realizarse siempre tomando las medidas oportunas asegurando la integridad de todos los elementos que componen la máquina.

En el caso de almacenarse máquinas, éstas deberán colocarse sobre una superficie plana para asegurar su posición para que no sufran daños.

5.4. *Condiciones de control de recepción*

5.4.1. OPERACIONES DE CONTROL:

Las tareas de control a realizar son:

- Solicitar al fabricante certificados de equipos y materiales empleados.
- Control de la información técnica suministrada
- Control del material
- Control de los sistemas implicados (sistema eléctrico, mecánico, neumático...)
- Verificación del estado y emplazamiento de la máquina
- Verificación de los elementos de seguridad

6. Bibliografía

En este apartado se detallarán las principales fuentes bibliográficas empleadas para la realización del presente proyecto.

- Diseño de máquinas de Shigley
- Apuntes e información de la asignatura Teoría y diseño de máquinas
- Apuntes e información de la asignatura Resistencia y elasticidad de materiales
- Apuntes e información de la asignatura Oficina Técnica

Se han consultado las siguientes páginas webs para buscar información.

- <https://cmb-barberan.com/>
- <https://www.skf.com/group>
- <https://www.schaeffler.es/>
- <https://www.sew-eurodrive.es/>
- <https://yuk.es/>
- <https://www.wippermann.com/>
- <https://www.aenor.com/>
- <https://www.traceparts.com/es>

Programas utilizados para la realización del proyecto:

- SolidWorks para la realización de los planos y modelado 3D
- CES Edupack para la realización del estudio de materiales
- CADe SIMU para la realización de circuito eléctrico

7. Planos

A continuación se detallarán con más profundidad los planos y el diseño de la máquina:

La máquina envolvente se compone fundamentalmente de dos partes:

El carro o base y el brazo porta film.

El carro está formado por dos cilindros de metal, el de arriba de acero inoxidable y el de abajo acero AISI 1020.

El cilindro inferior contiene una pista mecanizada para las rudas-rodamientos con el fin de que soporten el peso.

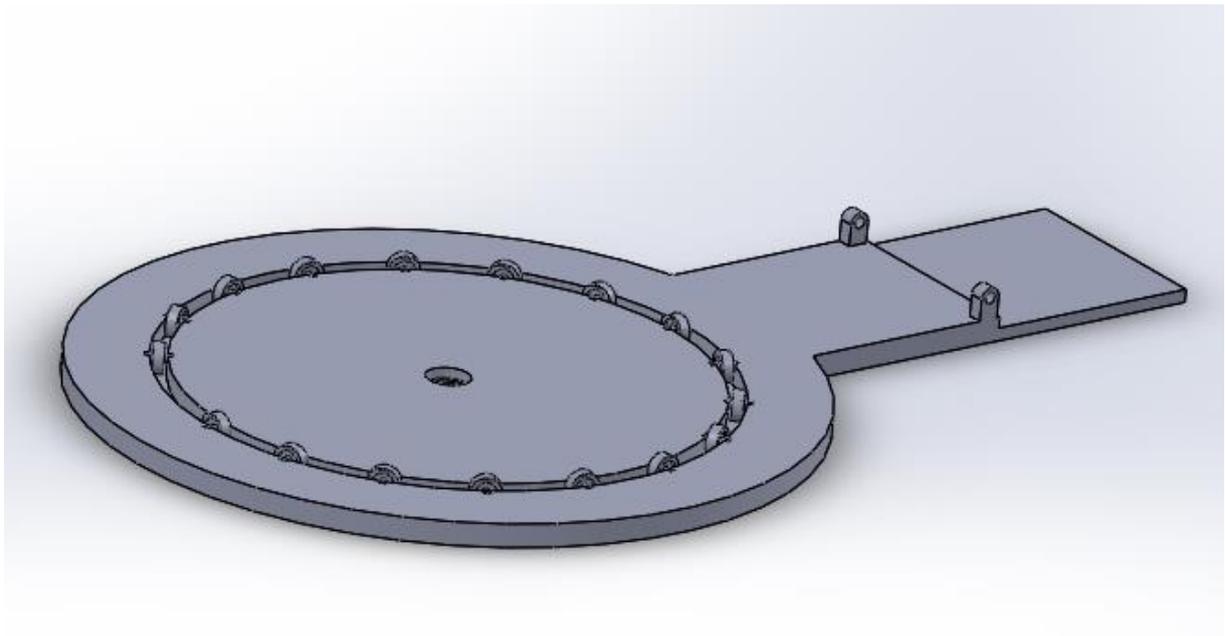


Ilustración 19. Diseño de la base.

Como se puede observar en el centro existe un agujero con dos dimensiones para permitir al rodamiento alojando rodar con la pista interior.



Ilustración 20. Diseño base II.

En este agujero va alojado un eje con rodamiento y piñón, el cual transmitirá el movimiento a la parte de arriba del carro mediante una chaveta mecanizada en el eje.

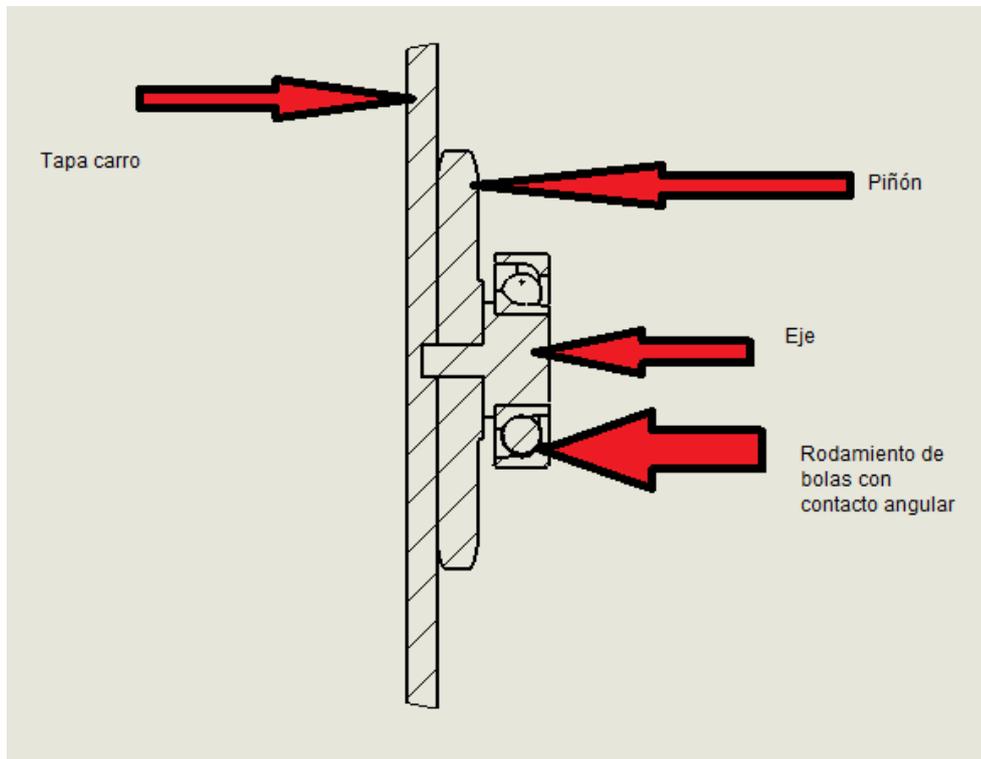


Ilustración 21. Diseño Eje.

Por otra parte se encuentra el brazo o columna.

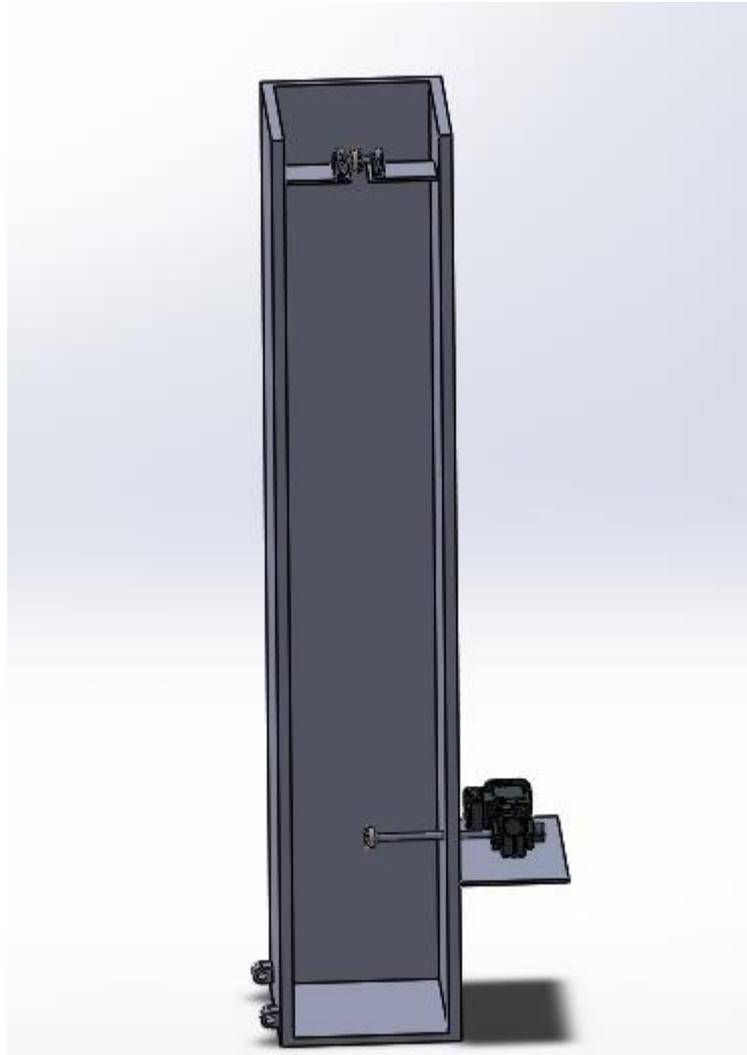


Ilustración 22. Diseño brazo porta film.

Dentro de esta columna se encuentra una cadena, atornillada por los dos extremos al carro, permitiendo a éste hacer el movimiento de subida y bajada accionado por el motor que se muestra en la imagen. El recorrido efecto del carro es de 2000mm. En piñón de abajo se sujeta mediante un eje desde el motor y con un tornillo y una tuerca por el otro extremo. El piñón superior se aguanta por medio de un eje entre dos soportes de rodamientos, y para evitar el desplazamiento horizontal se han instalado 1 seeger a cada parte del piñón.

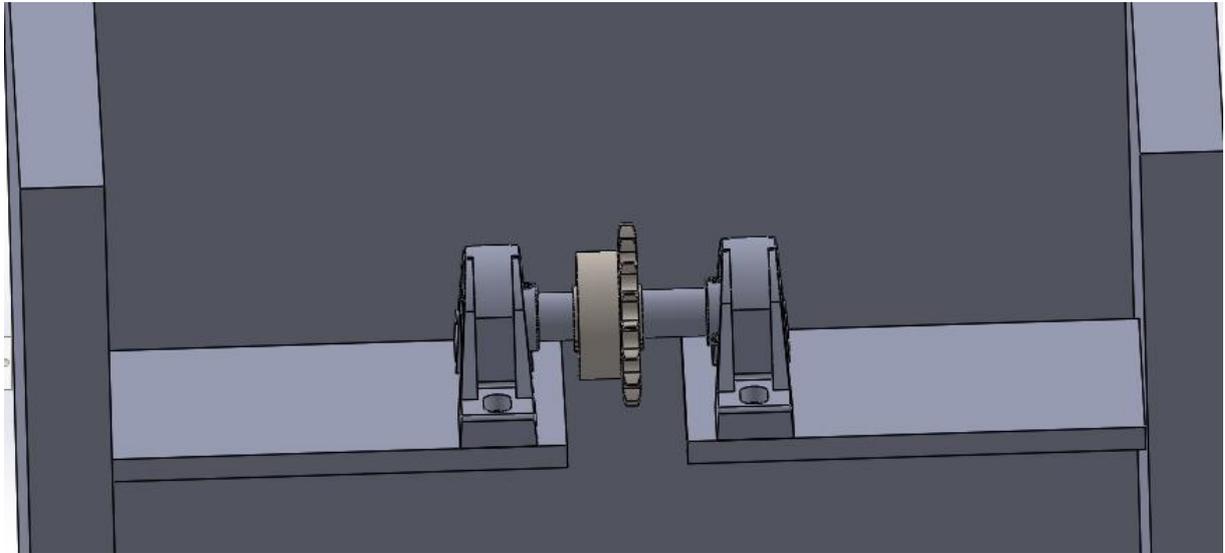


Ilustración 23. Diseño piñón superior.

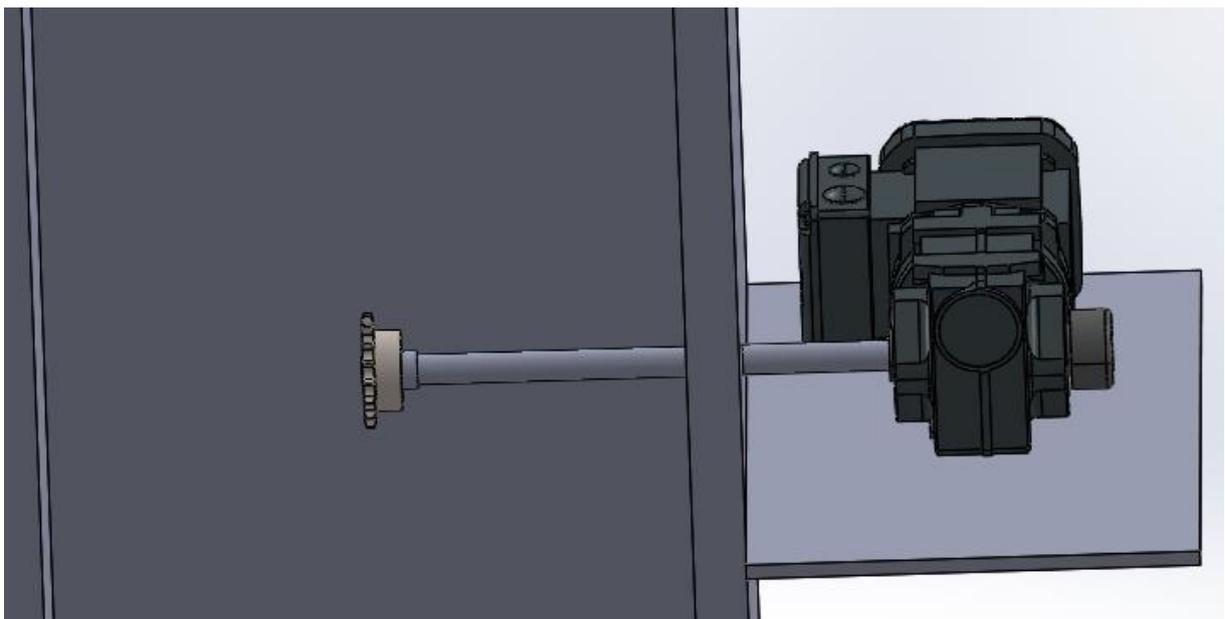


Ilustración 24. Diseño piñón inferior.

Por último se encuentra el carro porta-film. El diseño es sencillo, se compone del carro elevador, que tiene como misión subir y bajar el film por medio de 4 ruedas de 125mm de diámetro y el cabezal, donde se aloja el film. Ambos se unen mediante un sistema en forma de L donde se deja caer el cabezal sobre el carro.

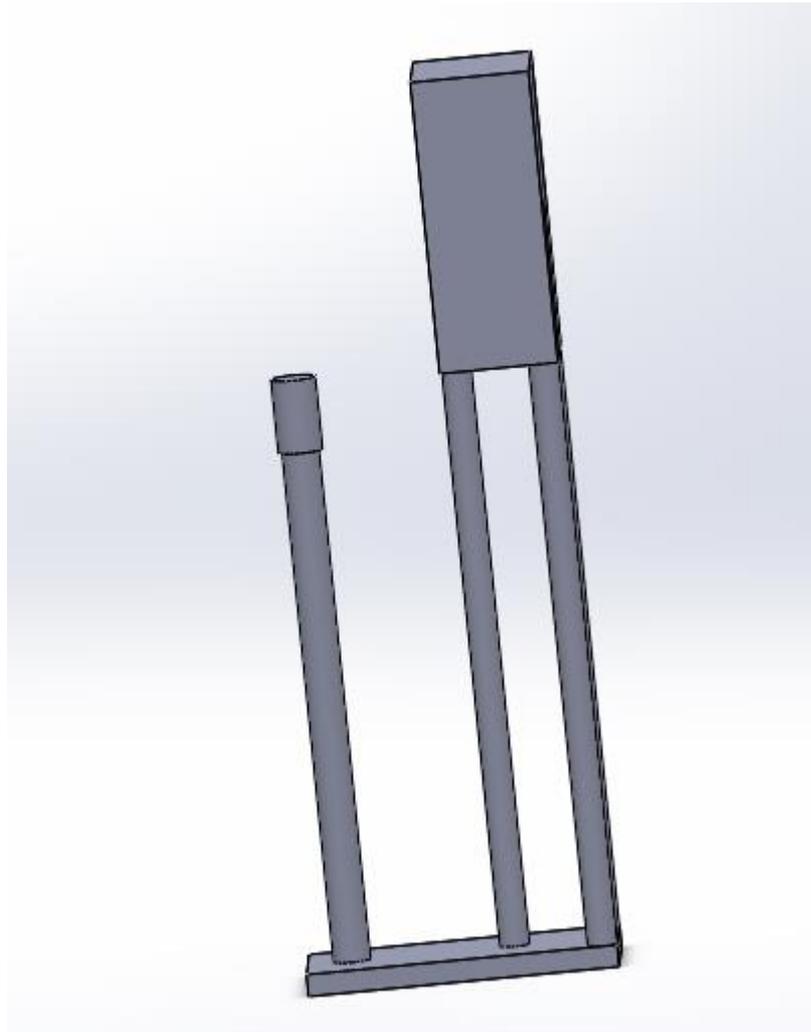


Ilustración 25. Cabezal porta-film.

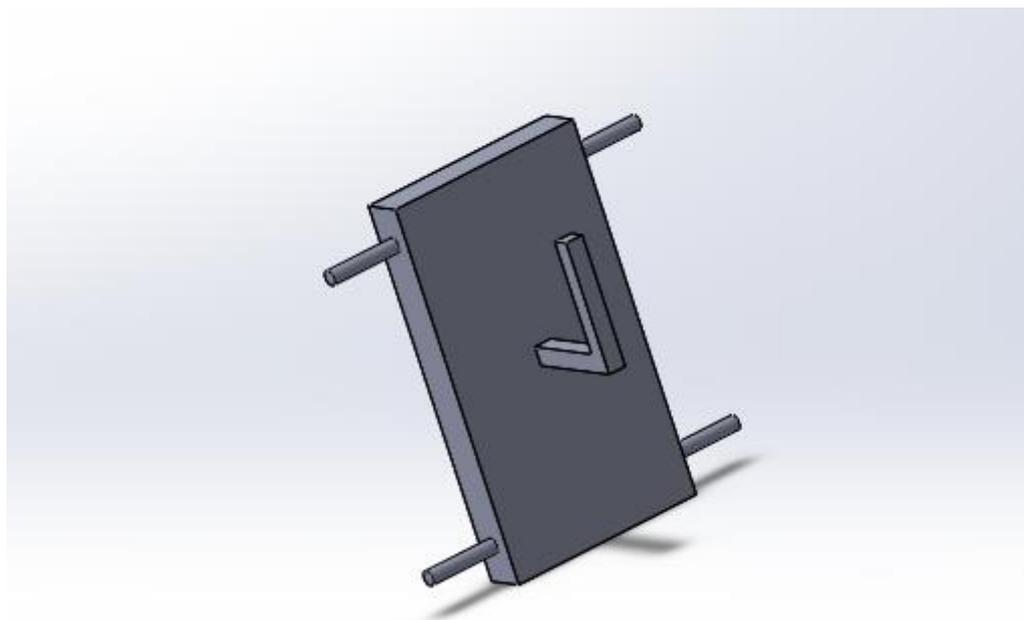


Ilustración 26. Diseño carro porta-film.

Las ruedas del carro se deslizan sobre ranuras que hacen la función de guía.

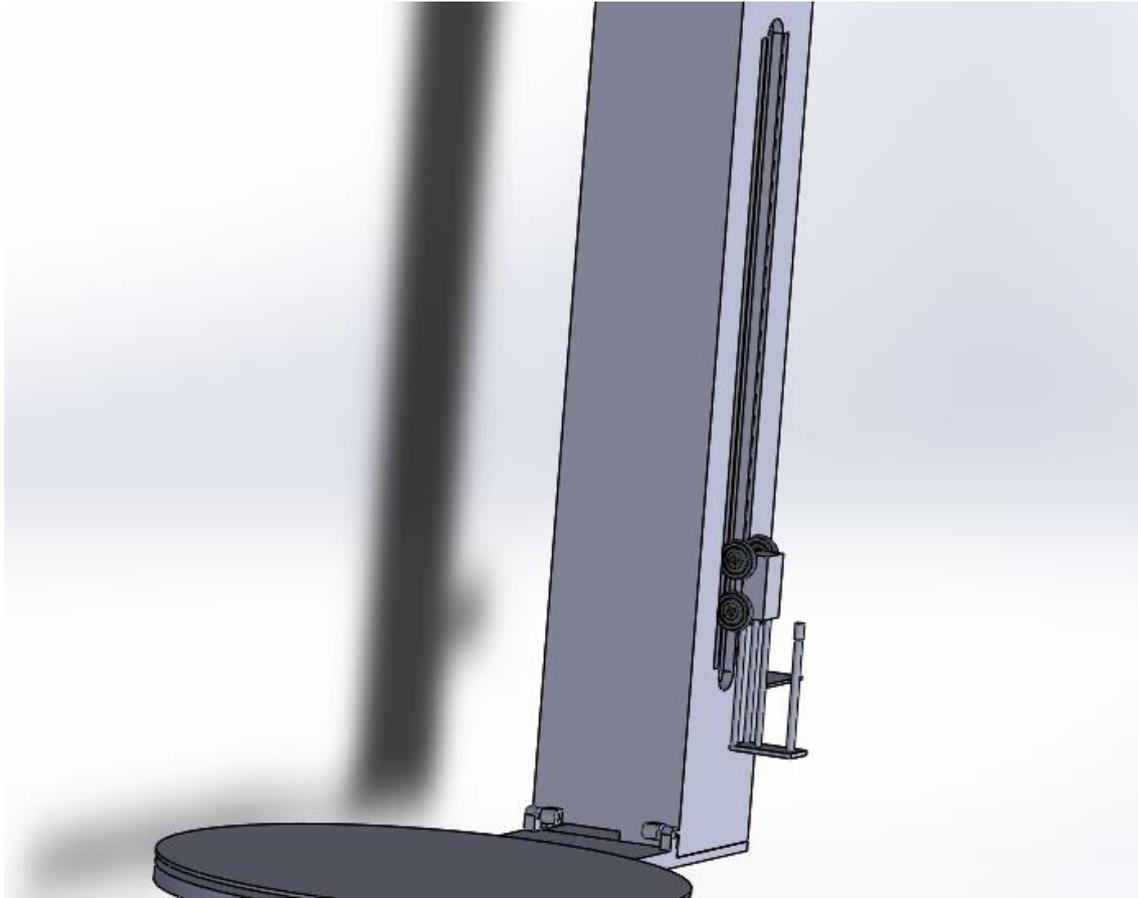


Ilustración 27. Diseño máquina envolvente.

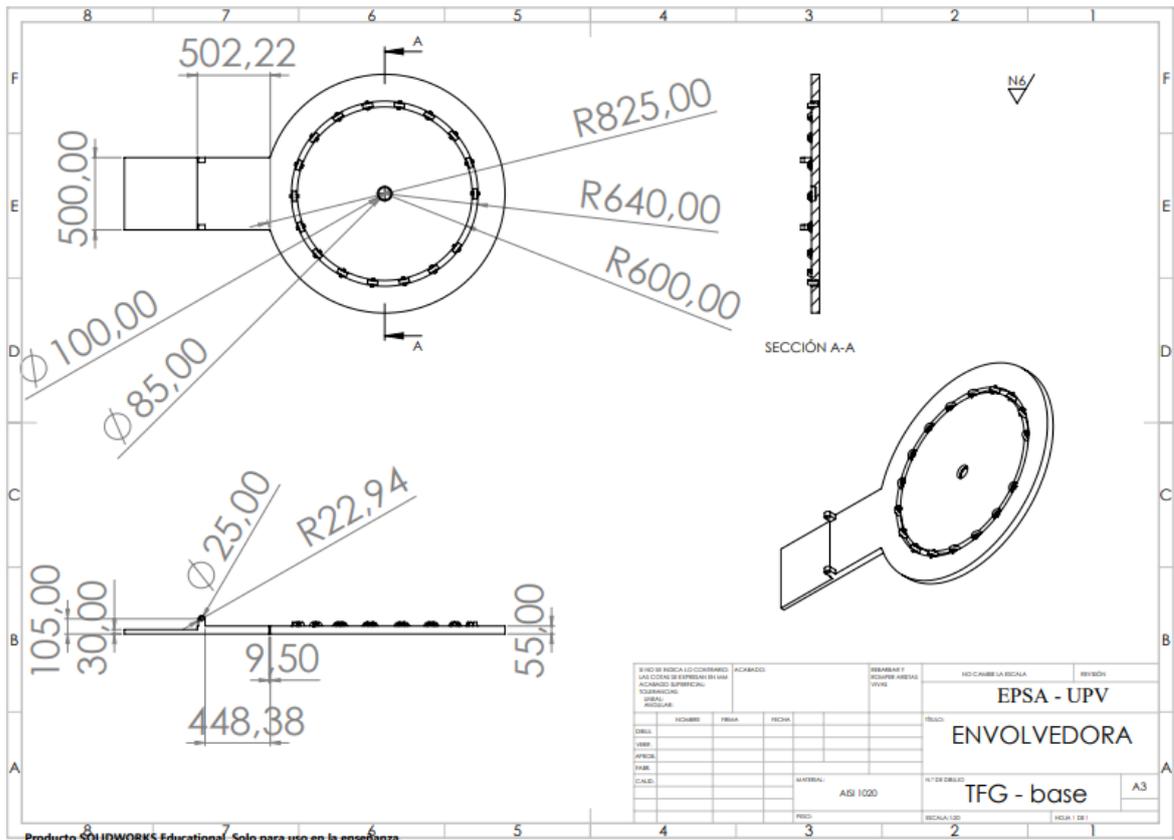


Ilustración 28. Plano base.

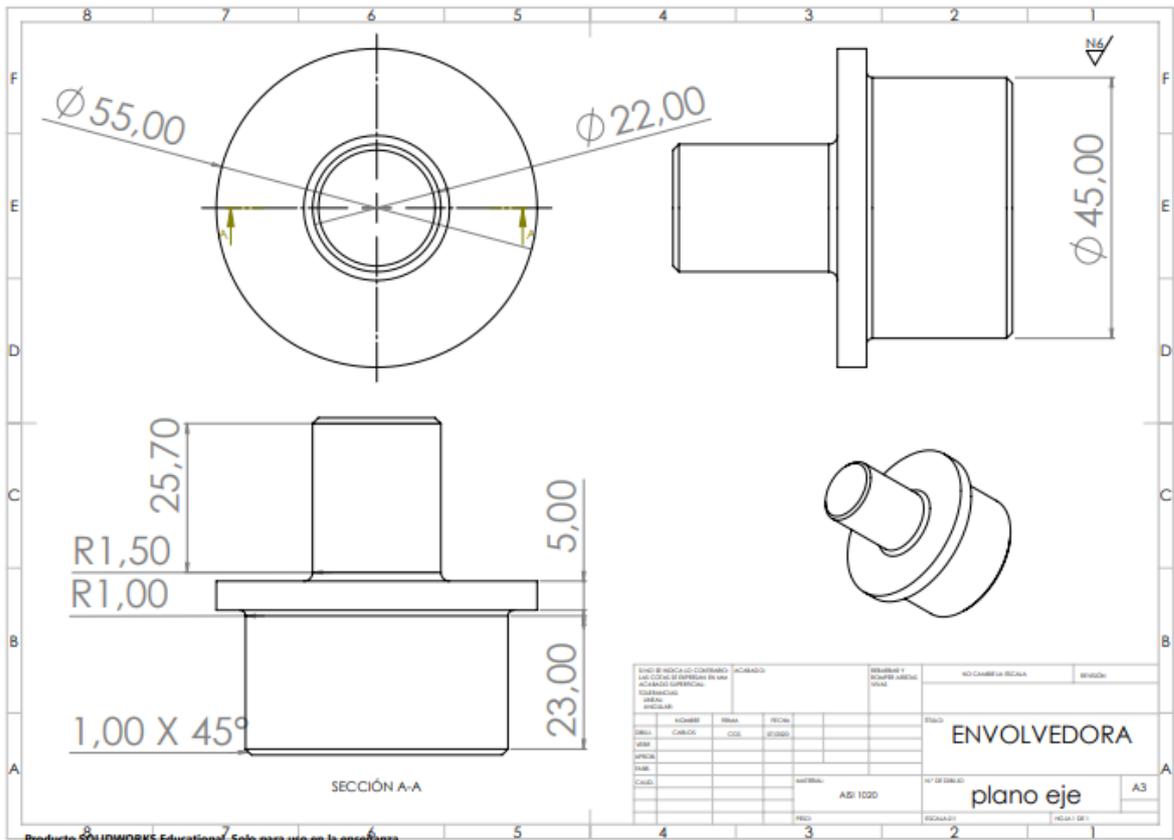


Ilustración 29. Plano eje.

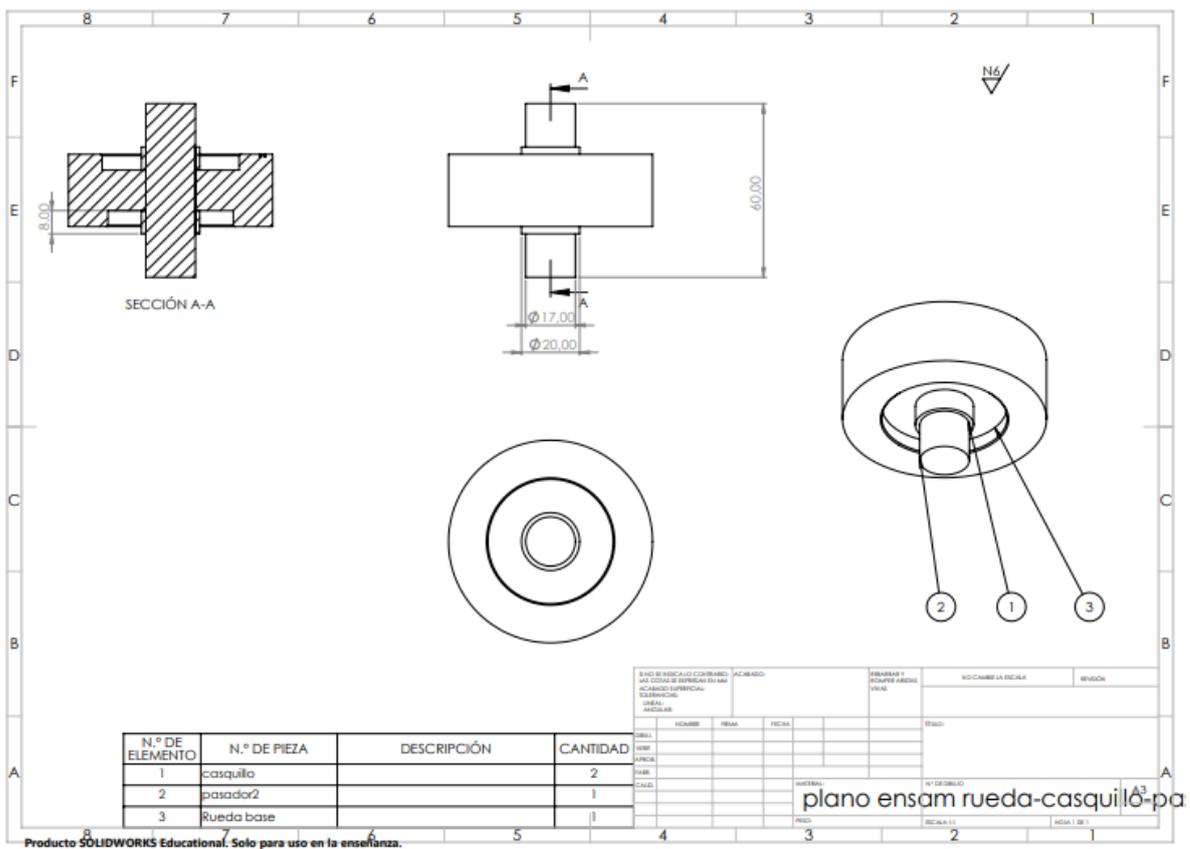


Ilustración 30. Plano rueda-rodamiento.

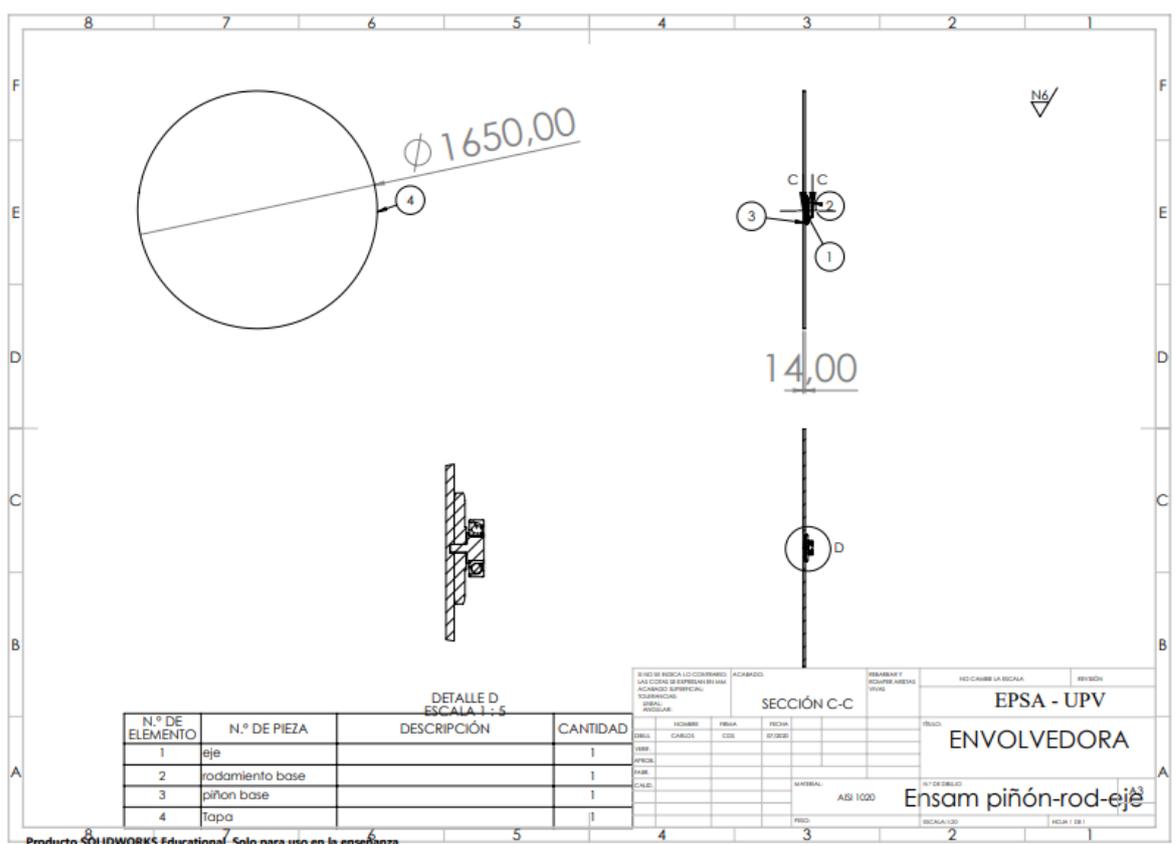


Ilustración 31. ensamblaje eje-base (superior).

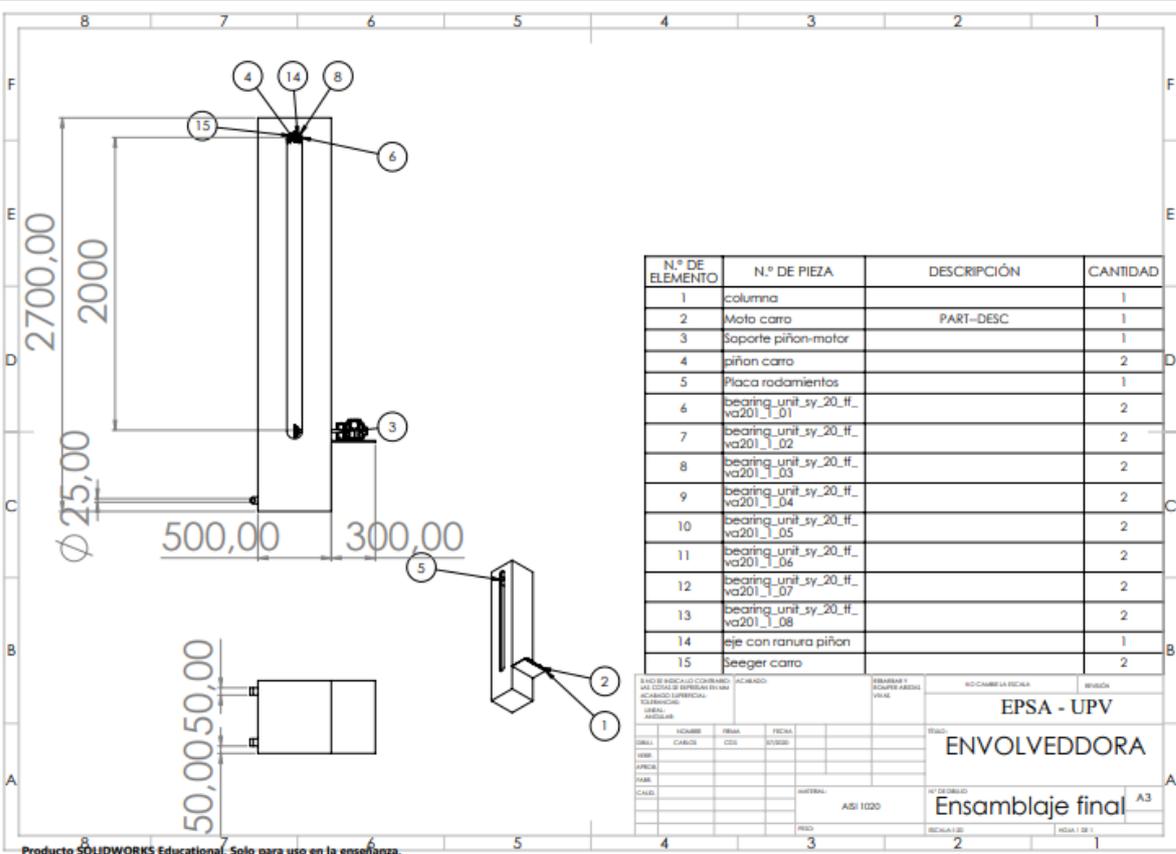


Ilustración 32. Ensamblaje brazo porta-film.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	eje		1
2	rodamiento base		1
3	piñon base		2
4	flapa		1
5	IFG - base		1
6	columna		1
7	Moto carro	PART-DESC	2
8	Soporte piñon-motor		1
9	piñon carro		2
10	Placa rodamientos		1
11	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_01		2
12	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_02		2
13	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_03		2
14	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_04		2
15	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_05		2
16	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_06		2
17	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_07		2
18	bearing_unit_sy_20_f_... va201_1_08		2
19	eje con ranura piñon		1
20	Seeger carro		2
21	portafilm1		1
22	ruedas carro		4
23	portafilm2		1
24	Soporte motor base		1
25	Eje piñon base		1

Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Ensamblaje final I

Ilustración 35. Ensamblaje final

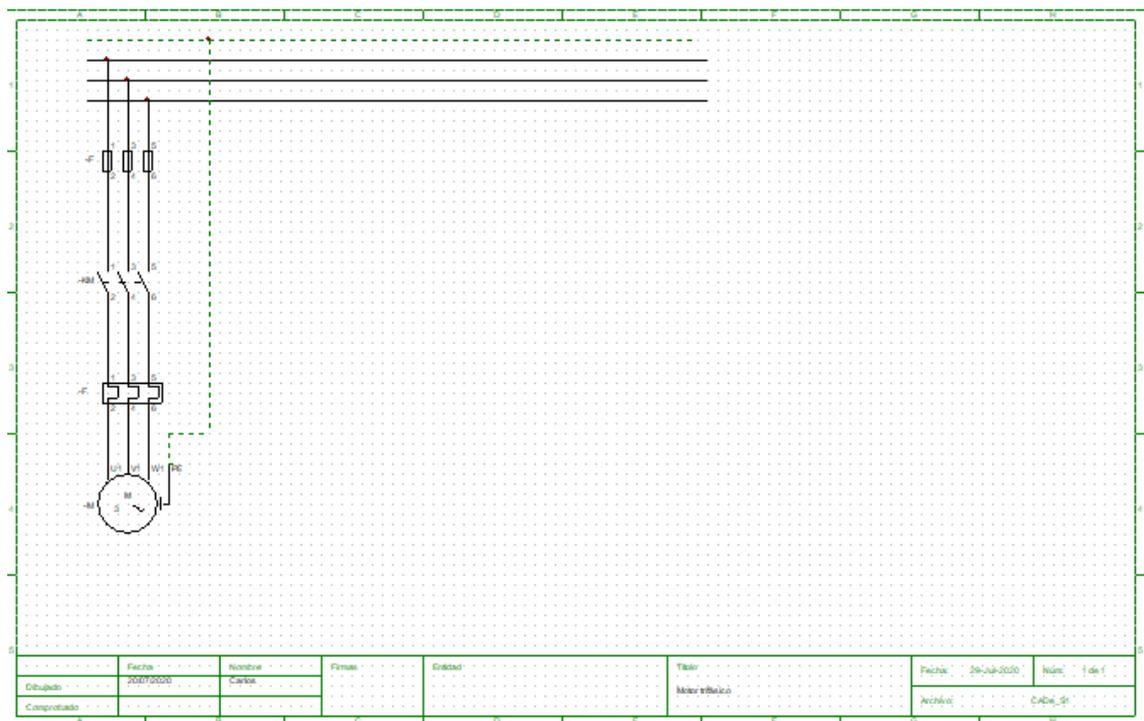


Ilustración 36. Circuito de potencia.

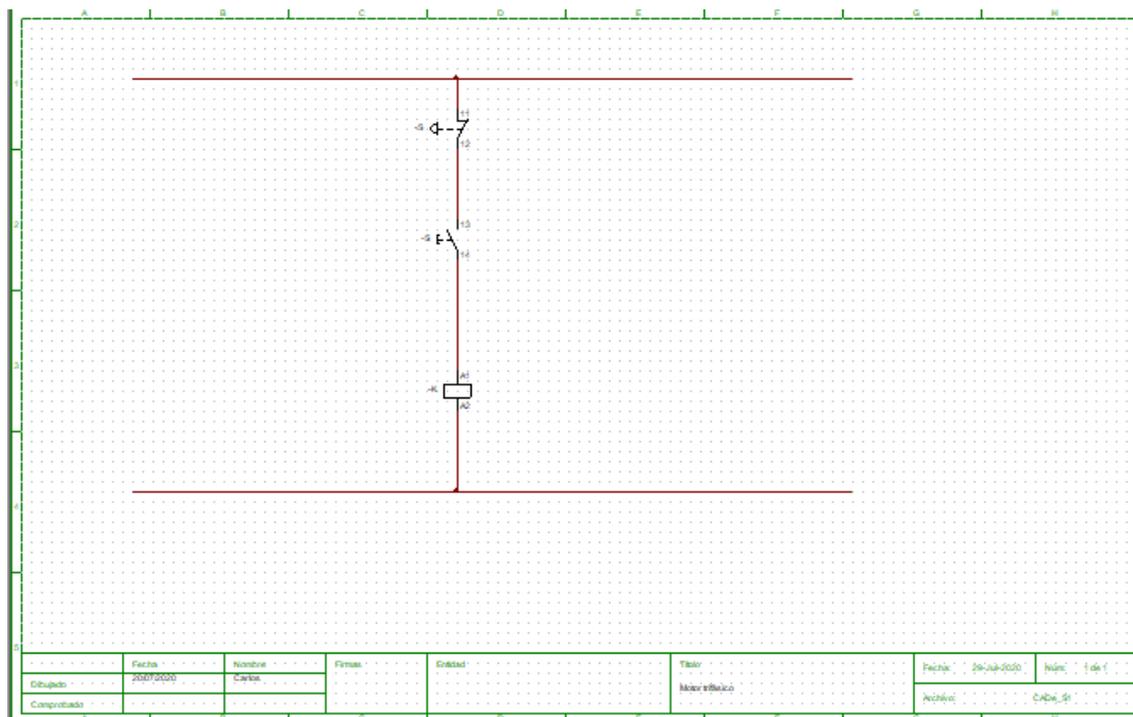


Ilustración 37. Circuito de mando. Control por pulsador y seta de emergencia.

8. Conclusión

Con relación al anterior proyecto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- La máquina queda perfectamente caracterizada como sistema describiendo la funcionalidad y fin de cada elemento que interviene en dicho sistema, así como las medidas de cada elemento.
- Se ha realizado un análisis detallado, elemento a elemento de cada una de las partes que componen la máquina, quedando reflejado así en el diseño 3D gracias a la herramienta de diseño SOLIDWORKS.
- La explicación del funcionamiento y elección de cada elemento mediante cálculos cumple con los objetivos que se habían definido al inicio del proyecto.
- Se han barajado múltiples opciones para materiales, diseños y componentes eligiendo siempre la más recomendable y segura, quedando reflejada la organización previa a la realización y presentación del trabajo.
- La realización del estudio de mercado y los costes de la máquina reflejan datos sólidos sobre el coste del producto así como la competencia directa que existe en el sector.