

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Diseño de una máquina de rotomoldeo sin aporte de calor



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Autor: Pablo Montes Cale

Director del TF: José Ramón Alfaro López

Pamplona, 10 de Octubre de 2016



AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que me han ayudado durante el camino.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de una máquina de rotomoldeo sin aporte de calor con la que se puedan generar piezas huecas de plástico de resina autocurable detallando los tipos de estas resinas utilizadas en este sistema al principio. La máquina está construida mediante un sistema modular para facilitar la reparación o el cambio de piezas ante posible rotura.

El movimiento de la máquina está gobernado mediante un variador de frecuencia acoplado a un motorreductor que varía entre 0 y 20rpms, siendo éstos los valores óptimos de giro del rotomoldeo.

Dentro del diseño también se encuentra el montaje, ensamblaje y despiece de todas y cada una de las piezas al completo.

Palabras clave: rotomoldeo, moldeo rotacional, prototipado, prototipado rápido.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	2
III.	OBJETIVO	3
IV.	ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL.....	4
	a. Máquinas rotacionales con aporte de calor:.....	5
	b. Máquinas rotacionales sin aporte de calor	8
V.	HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTO.....	12
	a. Software de diseño.....	12
	b. Procesos llevados a cabo en el diseño de la máquina.....	12
VI.	SOLUCIÓN TÉCNICA	14
	a. Módulos diferenciados en la máquina.....	14
	b. Puesta en marcha y paro de la máquina	20
	i. Puesta en marcha de la instalación.....	20
	ii. Paro normal sin emergencia.....	20
	iii. Paro de emergencia.....	21
	iv. Paro por avería	21
	c. Mantenimiento de la máquina	21
	i. Mantenimiento preventivo eléctrico	21
	ii. Mantenimiento preventivo mecánico.....	21
	d. Seguridad.....	22
	i. Medidas en la instalación	22
	ii. Medidas que afectan a personas o equipos.....	22
	iii. Directivas y normas revisadas para el diseño de la máquina	22
VII.	CÁLCULOS	24
	a. Transmisión por cadena, diseño y elección	24
	b. Cálculo de diámetro de los ejes utilizados y material utilizado	28
	c. Sistema eléctrico	29
	CONCLUSIONES.....	35
	REFERENCIAS	36

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el plástico es un material extensamente utilizado y desarrollado, existiendo multitud de técnicas enfocadas a su moldeo. Por ello es necesario utilizar la técnica adecuada dependiendo de la geometría a obtener deseada.

Las técnicas más habituales utilizadas son las siguientes:

- Compresión: este método se usa en plásticos termoestables. El proceso consiste en colocar el plástico en un molde que se calienta para llevarlo a un estado de fusión pastosa. A continuación, se aplica presión con una prensa hidráulica y el plástico adquiere la forma deseada.
- Extrusión: consiste en hacer pasar el plástico fundido por un dado extrusor, determinando la geometría de la boquilla la forma final del producto.
- Inyección: consiste en introducir a presión un plástico en un molde, donde se enfría y adquiere la forma final.
- Soplado: se introduce una preforma de plástico caliente en un molde, e insuflando aire a presión, el plástico adopta la forma del molde.
- Conformación por vacío: se calienta una lámina de plástico y acto seguido se presiona contra un molde, adoptando esta lámina la forma del molde.
- Calandrado: se introduce el plástico caliente en una sucesión de rodillos que lo aplanan. Fundamentalmente, se usa para fabricar láminas de PVC.
- Rotomoldeo: se introduce el plástico en un molde, que se gira suavemente. Dependiendo de la resina o plástico utilizado se necesitará aporte de calor. La fuerza centrífuga hace que el plástico se adapte al molde y se obtenga una pieza hueca con un espesor de plástico requerido.
- Moldeo por inmersión: se introduce el molde en un contenedor con plástico fundido. Luego se retira del molde y se deja secar.

Dado la gran variedad de técnicas se pueden encontrar variantes dentro de estas mismas, proporcionando así una mejora ante el desarrollo de una pieza o modelo.

II. JUSTIFICACIÓN

El moldeo de plástico es una actividad económica importante debido a que el uso de los objetos con componentes de plásticos está sumamente extendido y mueve una cantidad importante de dinero a nivel mundial. Por consiguiente, esta actividad está sumamente ligada a la industria. Por ello, tiene una gran importancia el estudio de la forma y las técnicas a la hora de desarrollar un objeto de plástico.

Se considera así que la utilización de la técnica de rotomoldeo o moldeo rotacional sin aporte de calor es una opción de prototipado muy interesante a la hora de estudiar la fabricación de piezas de plástico huecas, debido a que no se necesita una inversión grande para el desarrollo de dicha máquina ni de la creación de los moldes, pudiendo además utilizar diferentes tipos de resina.

Con el diseño de esta máquina se evidenciará en este proyecto la aplicación de los conocimientos que se adquieren cuando se estudia Ingeniería en Diseño Mecánico, en la Universidad Pública de Navarra.

III. OBJETIVO

Como objetivo general se pretende diseñar una máquina de moldeo rotacional sin aporte de calor.

Como objetivos específicos, el proyecto consiste en:

- Diseñar una máquina de ensamblaje modular.
- Diseñar una máquina resistente a una carga máxima de 80 Kg de molde.
- Diseñar una máquina de giro regulable entre los valores óptimos de 0 a 20 rpm.
- Ser capaz de regular la capacidad de giro de forma sencilla.
- Tener un par de arranque moderado a la salida del eje.
- Todos los componentes tienen que estar accesibles para poder ser reparada.

IV. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

En 1855, R. Peters (Gran Bretaña) documentó el primer uso de la rotación de dos ejes y calor. Este proceso de rotomoldeo se utilizó para crear proyectiles de metal y otros recipientes huecos. El propósito principal de utilizar el moldeo rotacional era crear un espesor de pared determinado y lo más uniforme posible.

En 1905 en los Estados Unidos, F.A. Voelke utilizó este método para el vaciado de los objetos de cera, hecho que inspiró a G.S. Baker y G.W. a iniciar un proceso para hacer huevos de chocolate en 1910.

Más adelante, en la década de 1920 R.J. Powell utiliza este proceso para el moldeo de yeso en París.

Estos primeros avances que se desarrollaron con diferentes materiales son ahora utilizados para el moldeo rotacional de plásticos.

Los plásticos se introdujeron en el proceso de moldeo rotacional en la década de 1950. Una de las primeras aplicaciones fue para la fabricación de cabezas de muñecas. La máquina se fabricó utilizando el exterior de un horno E blue-oven impulsado por un motor eléctrico externo y calentado por quemadores de gas montados en el suelo. El moldeo utilizado se fabricó de cobre y níquel, y el material de aporte utilizado fue un plasticol de PVC líquido.

Este proceso de moldeo rotacional condujo a la creación de otros juguetes de plástico. A medida que la demanda y la popularidad de este proceso se incrementaron, fue utilizado para crear otros productos tales como conos de tráfico, boyas marinas, y los apoyabrazos del coche. Esta fama llevó al desarrollo de la máquina aumentando el tamaño de esta misma y mejorando el sistema de aporte de calor al pasar de chorros de gas directo al sistema de aire de alta velocidad indirecta.

En Europa durante la década de 1960 se desarrolló el proceso Engel. Este proceso facilitó la creación de grandes recipientes huecos fabricados en polietileno de baja densidad.

En 1976 la ARM se fundó en Chicago como una asociación comercial mundial de moldeadores rotacionales. El principal objetivo de esta asociación es aumentar el conocimiento de la tecnología de moldeo rotacional y su proceso.

En la década de 1980, se introdujeron los nuevos plásticos, tales como policarbonato, poliéster y nylon. Esto ha conducido a nuevos usos para este proceso, como por ejemplo la creación de depósitos de combustible y molduras industriales. (Beall, 1998)

En la actualidad existe una amplia variedad de mecanismos de moldeo rotacional. Estos mecanismos se pueden diferenciar entre sistemas que utilizan aporte de calor, y sistemas que no utilizan aporte de calor.

a. Máquinas rotacionales con aporte de calor:

Este proceso consiste en cuatro pasos como se puede apreciar en la figura 1. Tras cerrarlo, el molde se rota biaxialmente en el interior de un horno. El plástico se funde y cubre las paredes internas del molde. El molde se retira del horno y se traslada a una zona de enfriamiento. Finalmente se abre el molde y se retira la pieza hueca.

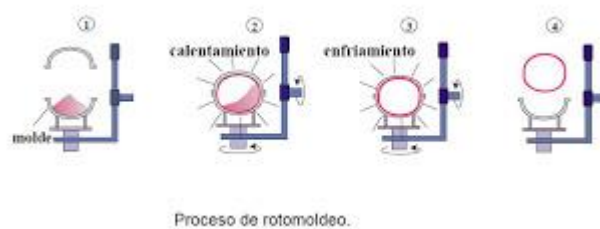


Figura 1. Etapas en el proceso de rotomoldeo (Sola, 2011)

Esta técnica permite procesar distintos moldes con diferentes formas y tamaños al mismo tiempo. Los productos rotomoldeados apenas se encuentran sometidos a esfuerzos mecánicos, ya que no se usan presiones ni soldaduras. Mediante esta técnica se pueden conseguir formas y contornos complejos, piezas espumadas, dobles capas, etc. La uniformidad en cuanto a piezas con paredes gruesas es bastante buena comparada con piezas procesadas por soplado o termoconformado.

La maquinaria utilizada es relativamente simple comparada con otros procesos de transformación como por ejemplo inyección, extrusión...

El rotomoldeo se puede clasificar por las diferentes formas de calentamiento utilizadas:

- Por flama abierta
- En hornos cerrados

En el rotomoldeo por flama abierta el calentamiento se realiza por mecheros que rodean al molde al "aire libre", lo que provoca que la mayor parte del calor se disipe al medio ambiente. Por otro lado, estas máquinas no pueden hacer giros biaxiales al mismo tiempo. Están sometidas a realizar giros de 360 grados y el siguiente giro lo tienen en aproximadamente 45 grados, razones por la cual no se pueden realizar piezas complejas por el método de llama abierta.

En el método por horneado, el molde es introducido en un horno cerrado en donde se hace girar. Este último método permite un mejor control de los parámetros de temperatura.

Dentro del sistema de curado en horno existen diferentes variantes como pueden ser:

- Horno con desplazamiento lineal

En estos hornos los moldes son introducidos en el horno alternativamente en un eje lineal. Mientras uno está en etapa de calentamiento, el otro está en etapa de enfriado y desmolde por flujo de aire proveniente de ventiladores.

- Horno Basculante (Rock & Roll)

En el horno basculante o “rock and roll”, el molde gira respecto al eje longitudinal mientras se balancea, sin completar el giro, sobre su eje lateral. Por lo general, se trata de moldes para obtención de piezas de una largura considerable como el caso de canoas de seis o más metros.

- Estación simple (Clam Shell)

Este método cuenta con un único brazo portador de un único molde, que se introduce en un horno tipo almeja o “clam shell” para el calentamiento del material.

- Estaciones de brazos

También existen equipos de rotomoldeo que mediante uno o más brazos introducen el molde en un horno para la fusión del material, siendo el mismo brazo el que lo introduce en una estación de enfriamiento. Las más comunes son las siguientes.

- 1 Brazo 3 Estaciones
- 2 Brazos 5 Estaciones
- Carrousel
 - 3 Brazos 3 Estaciones
 - 4 Brazos 4 Estaciones

Cada brazo puede poseer uno o varios moldes. Lo que va a depender del tamaño de pieza que se desea obtener. Para piezas relativamente pequeñas, cada brazo puede poseer hasta 30 moldes individuales. El movimiento biaxial se consigue mediante un juego de engranajes cónicos que transmite el giro de un eje interno del eje de giro primario al eje de giro secundario.

Los moldes se pueden fabricar de diferentes materiales con diferentes características, como pueden ser:

- Lamina negra
 - Bajo costo
 - Maleabilidad
 - Vida corta/ bajos volúmenes de producción
 - Sin textura
 - Sufre deformaciones
- Acero inoxidable
 - Costo mayor
 - Se requiere herramienta especial para formarlo
 - De 3 a 5 veces más duradero
 - Se puede enfriar con agua
- Aluminio fundido

- Requiere de un modelo inicial
- Costo alto del primer molde
- Se pueden producir varios moldes idénticos
- Se reproducen figuras complicadas y con texturas.

El moldeo rotacional transforma materiales termoplásticos, dentro de los cuales los más comunes son: Polietileno de Alta Densidad, Polivinilo Clorado en su presentación como Plastisol y Poliamida. Mientras el Plastisol tiene una consistencia líquida, el PEAD y la Poliamida se alimentan como polvos. De otra forma no podrían ser fundidos ni moldeados ya que el calor para realizar esto se transmite al material por conducción, proceso optimizado al aumentar el área de contacto en un polvo considerando, además, que en este estado el plástico puede fluir para tocar todas las paredes del molde mientras vaya girando.

Los espesores de pared de los artículos rotomoldeados por lo general permanecen constantes, donde el espesor puede ir de 1mm hasta el grosor que se requiera de acuerdo a las funciones de la pieza. Las paredes delgadas gemelas presentan excelentes propiedades de resistencia a la carga.

Factores importantes a tener en cuenta del material:

- La porosidad
- La distribución de tamaño
- La distribución de tamaño
- La distribución del pigmento
- El tiempo de cada ciclo
- Las dilataciones o compresiones
- Las velocidades de enfriamiento y calentamiento
- El material del molde
- La velocidad de rotación

La materia prima a utilizar:

- Estado sólido:
 - PE
 - EVA
 - PC
- Estado líquido:
 - Plastisol

De acuerdo al tipo de materia prima utilizada, dependerán los tiempos de cada etapa del ciclo. Para un Plastisol, el calentamiento tiene la función de solidificar el material y el posterior enfriado solo tiene la función de bajar la temperatura de la pieza conformada. En el caso del HDPE, el calentamiento tiene la finalidad de proporcionar la temperatura necesaria para la fusión del material para que se disperse por toda la superficie del molde durante la rotación, mientras que la etapa de enfriado solidifica el material para la obtención de la pieza conformada.

b. Máquinas rotacionales sin aporte de calor

El moldeo rotacional sin aporte de calor, también llamado “Rotacasting”, utiliza resinas de autocurado en un molde sin calentar pero comparte velocidades de giro lentas en común con el moldeo rotacional con aporte de calor.

En la actualidad se pueden encontrar diseños de máquinas caseras para prototipado como las mostradas en las siguientes figuras:



Figura 2: máquina de rotocasting 1 (stlfinder, 2013)



Figura 3: máquina de rotocasting 2 (Instructables, 2010)

La resina se vierte en un molde que se sujeta dentro de la máquina. El conjunto gira sobre dos ejes y la fuerza centrífuga distribuye la resina a través de todo el

interior del molde. Las resinas utilizadas se curan con rapidez por lo que la máquina sólo tiene que girar unos pocos minutos por colada.

El interior del molde está revestido con vaselina antes de que la resina se vierta en ella, utilizando ésta como un agente de liberación tras el curado de la resina.

La velocidad de giro de los dos ejes perpendiculares es un factor importante en este tipo de máquinas, dado que si toma velocidades altas la resina se mueve tan rápido por las paredes del molde que puede llegar a formar burbujas a medida que va fluyendo.

Las resinas utilizadas son las resinas denominadas autocurables o autopolimerizables: cuya polimerización es por activación o reacción química.

Las resinas de autocurado constan de dos partes:

- La base, que tiene un iniciador (el peróxido de benzoilo).
- El catalizador, que tiene el activador (la amina terciaria)

La amina terciaria reunida con el peróxido de benzoilo forman radicales libres que inician la polimerización. Su inconveniente es el tiempo prolongado de trabajo y la estética, ya que cambian de color. (Riga, 2015)

Los materiales comerciales de aporte más comunes utilizados son los siguientes:

- Brush-on 40
- FOAM-It 5
- Smooth-Cast 65D
- PU 3642
- PU 3641S
- PU3641

Las hojas de especificaciones detalladas de cada resina se encuentran en el anexo 1.

Tras hacer una consulta a uno de los proveedores de resinas de la universidad, aconsejó utilizar aquellas que se denotan a continuación como posibles materias primas utilizadas en el rotomoldeo sin aporte de calor:

- Racapoli 2196:
 - o Resina de poliéster ortoftálica y preacelerada de tipo transparente y con filtro UV para evitar amarilleamiento.
 - o Ideal para coladas sobre molde de silicona en la fabricación de piezas decorativas de gran transparencia, maquetas y prototipos
 - o Se cataliza con peróxido de metiletilcetona estándar (catalizador X-8).
 - o Tiempo de gel de 25 a 35 °C: 19-23 minutos.
 - o Estabilidad dimensional al calor (HDT): 55 °C
 - o Su precio es de 14,81€ el kg

Tabla 1: de propiedades de la resina Recapoli 2196 (Smooth-on, 2016)

Propiedades	Valor	Unidades	TM
Densidad 23°	appr.1100	kg/m ³	2160
Volumen de contracción	6,1	%	-
Resistencia a la tracción	56	Mpa	ISO 52 7-2
Enlongación a la rotura	1,6	%	ISO 52 7-2
Tensión flectora	83	MPa	ISO178
Módulos de elasticidad en tensión	4,1	Gpa	ISO 178
Temperatura de deformación (HDT)	55	°C	ISO 75-A
Dureza a la penetración	40-45	Dureza Barcol	GYZJ 934-1
Punto de fusión	appr.33	°C	2800
Estabilidad en oscuridad a 25°C	6	meses	-

Recapoli 2196 es un preacelerador ácido ortoftálico de reacción lenta basada en resina con una curación muy gradual. El producto tiene un bajo pico exotérmico combinado con una polimerización baja y una alta brillantez después de la polimerización.

- Resoltech WWAS/WB4 Resina Epoxi Transparente de Colada:
 - o También se pueden utilizar las resinas epoxi transparentes con filtro UV WA y WAS que curan antes.
 - o Resina epoxi de alta transparencia y estabilidad frente a la radiación UV para la fabricación de piezas decorativas por colada.
 - o Ideal para fabricar piezas sobre molde de silicona, imitar agua en jardineras y peceras, fabricar encimeras transparentes, etc.
 - o Con relación de mezcla 2:1 en volumen se obtendrán piezas rígidas.
 - o Con relación de mezcla 1:1 en volumen se obtendrán piezas flexibles.
 - o Tiempo de gel para 500 gr. de mezcla a 22° C: 1 hora para relación de mezcla 2:1 y 3 horas para la relación de mezcla 1:1 en volumen
 - o El precio de esta resina es de 45,18€ el Kg

Tabla 2: de propiedades de la resina Resoltech WWAS

PROPIEDADES OBTENIDAS A 22° C	
Aspecto de las resinas WWA y WWAS	Líquido transparente, viscosidad de 1000 mPas
Aspecto del endurecedor WWB	Líquido transparente, viscosidad de 150 mPas
Aspecto de la mezcla	Líquido transparente, viscosidad de 300 a 450 mPas
Densidad de la mezcla	1,1 g/cm ³
Dureza	95 shore / 70shore
Elongación a rotura	8% para la mezcla 2+1 / 98% para la mezcla 1+1
Resistencia a tracción	66 Mpas / 18MPas
Resistencia a flexión	105 Mpas / 15 Mpas

- PU-31 Resina de Poliuretano de Colada para Prototipado Rápido:
 - Otra de las resinas a utilizar puede ser la p1-31 poliuretano rígido de color amarillento con posibilidad de aplicarle un recubrimiento de color a posteriori
 - Poliuretano rígido de dos componentes de alta reactividad, baja viscosidad y sin agentes espumantes, para la elaboración de piezas moldeadas de densidad 1000 – 1300 g/cm³, con alta dureza y buenas propiedades físicas y mecánicas
 - Se puede procesar entre 20°-30° C, para coladas abiertas, coladas rotacionales y coladas mediante inyección a baja presión.
 - Ideal para fabricar figuras, moldeados, barras, tacos, topes, piezas de juguetes, moldes, carcasas, marcos, miniaturas, piezas de automóvil, prototipos, etc.
 - Relación de mezcla en peso: 100:100
 - Tiempo de gel: 90 segundos
 - Dureza Shore SHD: 75
 - Color polimerizado: marfil amarillento
 - El precio de esta resina es de 36,30€ los 2 Kg

V. HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTO

En este apartado se exponen las herramientas utilizadas y el procedimiento llevado a cabo para desarrollar el proyecto.

a. Software de diseño

Como herramienta de diseño se ha utilizado Solidworks 2015, siendo éste un programa CAD de diseño de piezas y ensamblajes en 3D de gran utilidad en el mundo de la ingeniería. Desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible. (SolidWorks, 2016)

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, construyendo virtualmente la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

Este programa se intenta aproximar lo máximo posible a la realidad para conseguir unos resultados fiables y un método de apoyo para la futura fabricación de las piezas desarrolladas en unas fases posteriores del proyecto.

b. Procesos llevados a cabo en el diseño de la máquina

Los procesos llevados a cabo para un diseño claro y conciso de la máquina han sido los siguientes:

- Búsqueda de posibilidades en el mercado:

Este proyecto partió de la necesidad de realizar una máquina de prototipado rápido de rotomoldeo como carácter educativo. Se comparó la utilización de aporte de calor o no en dicha técnica de moldeo de plástico. Comparando las dos técnicas resultó interesante utilizar resinas de autocurado para desarrollar piezas rotomoldeadas, lo que permitía desarrollar una máquina de unas medidas inferiores a las de aporte de calor, con unos tiempos de ciclo menores y con un aporte de energía más bajo.

La búsqueda de información sobre este tipo de máquinas fue favorable pero no se encontró ninguna empresa que se dedicara a su fabricación. Sólo se

encontró artesanos que construían sus propias máquinas con perfiles soldados.

- Implantación de los objetivos restrictivos en el diseño:

Se trató de simplificar al máximo la máquina, considerando que la mejor opción era hacer una máquina de carácter ensamblable y con elementos comerciales en su mayoría.

- Mejora de las opciones encontradas:

Tras la búsqueda de información se pudo apreciar como la mejor forma de rotación biaxial es la de utilizar dos marcos concéntricos, así que se optó por unas medidas máximas de molde de 730x730x730. Se diseñó una base estable acorde con las medidas del marco inferior, ya que los giros pueden provocar fuerzas de inercias o vibraciones no requeridas haciendo peligrar la estabilidad de la máquina.

- Dimensionamiento:

Se dimensionó la máquina conforme a la altura media española (168.5 cm) para una correcta y fácil carga y descarga del molde.

- Búsqueda de los elementos comerciales:

Se buscaron los elementos comerciales ajustados a calidad-precio para poder dar una fiabilidad y durabilidad asegurada a la máquina.

- Implantación de la puesta en marcha de la máquina:

Se desarrollaron los sistemas de control de la máquina para poder variar la velocidad de giro de la máquina dependiendo del tipo de materia utilizada y la geometría del molde.

- Desarrollo de planos:

En la etapa final de diseño de la máquina se desarrollaron los planos para una futura fabricación, culminando así el proyecto.

VI. SOLUCIÓN TÉCNICA

a. Módulos diferenciados en la máquina

En este apartado del proyecto se describen las diferentes partes de la máquina, así como su funcionamiento.

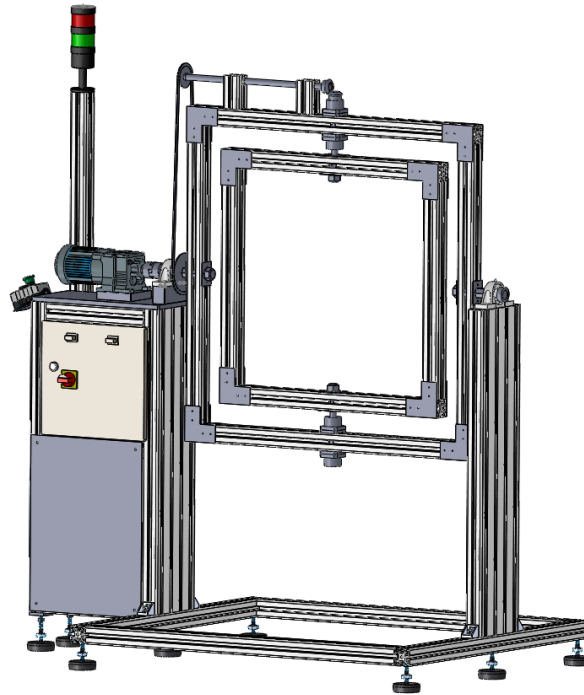


Figura 4: Diseño completo máquina

- Bastidor o estructura de la base:

La estructura de la máquina está formada por aluminio extruido 60x60 de la marca ítem, proveedor encargado de presupuestar estructuras mediante plano y de desarrollar el correcto ensamblaje de estas estructuras mediante uniones.

El sistema de construcción modular es una opción bastante fiable y rápida de ensamblar. Sus campos de aplicación van desde un simple bastidor hasta una línea de producción completamente automatizada. Los componentes modulares se pueden combinar prácticamente sin limitaciones.



Figura 5: Bastidor de la máquina

Todos los perfiles están anodizados y adaptados a unas dimensiones modulares que garantizan su compatibilidad dentro de unas series determinadas.

Los valores de torsión, tolerancia de planitud transversal, tolerancia de planitud longitudinal y tolerancia angular son los descritos en las siguientes figuras.

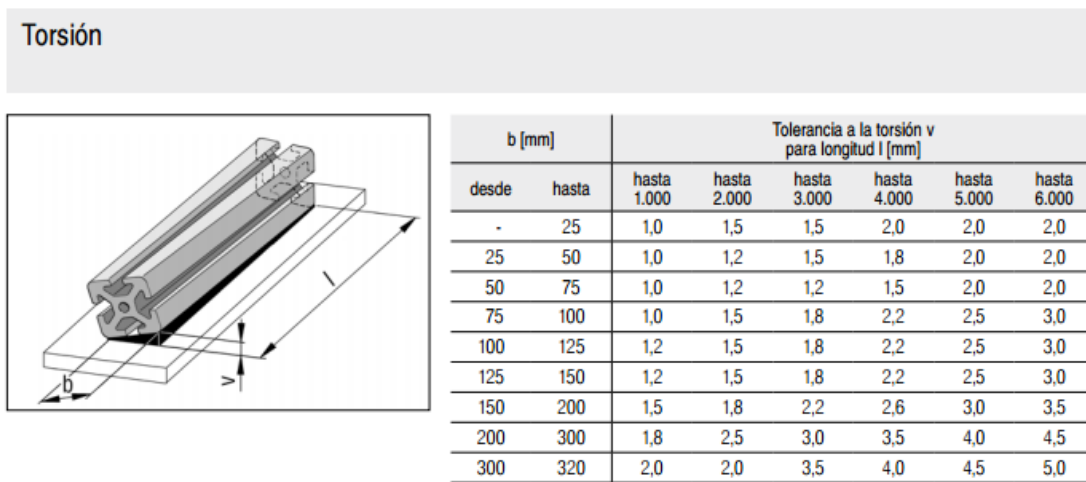


Figura 6: Estudio torsión (Item, 2016)

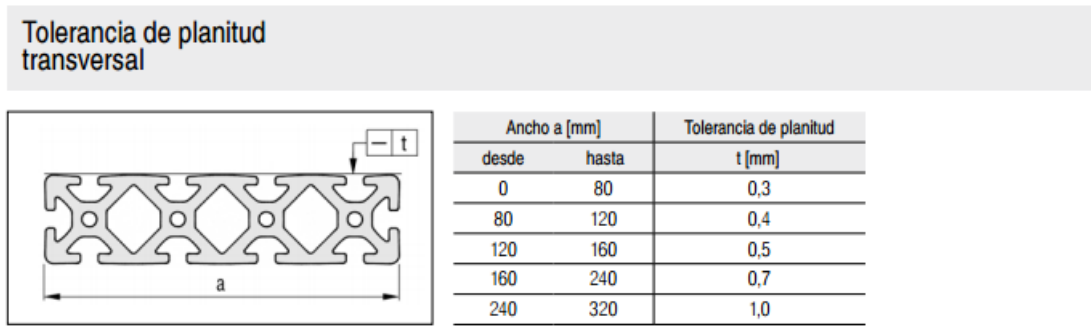


Figura 7: Tolerancia de planitud transversal

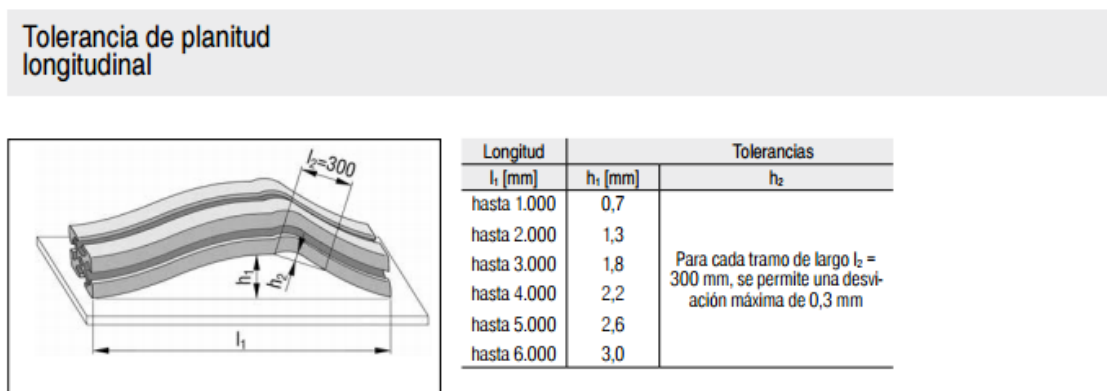


Figura 8: Tolerancia de planitud longitudinal

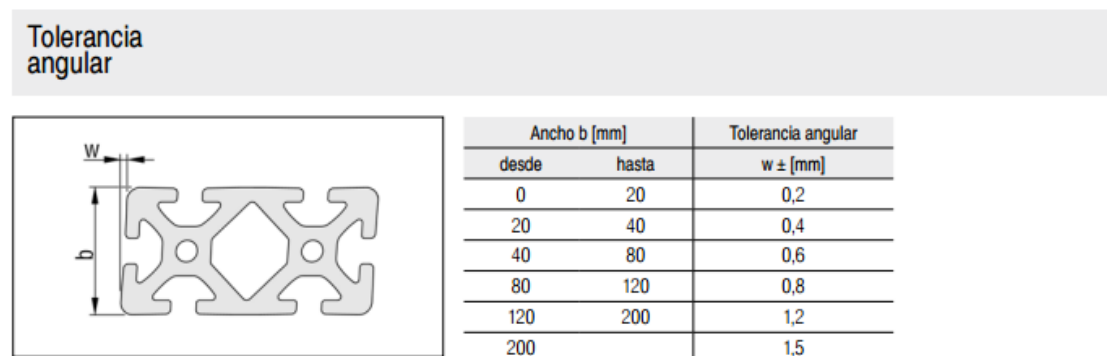


Figura 9: Tolerancia angular

Las chapas acopladas al bastidor de la máquina son de acero inoxidable cortado por láser, su acero es un acero inoxidable AISI 304 comercial. Dado que su finalidad es tapar la zona del armario eléctrico por seguridad no se detallará sus tablas de características.

- Patas:

Las patas utilizadas en la máquina son unos soportes antivibratorios de la serie B1 de Egaña con las siguientes características:

- Dureza Dureza 65 Shöre
- Diámetro Espiga M-12
- h m/m 90
- H m/m 25
- D m/m 90
- Zona Optima Trabajo Kgs. 100-350

- Marcos:

Los marcos también están contruidos de aluminio extruido de 60x60.

En dichos ejes se encuentran los refuerzos de esquina. Esto garantiza una mayor seguridad contra desajustes con el paso de los ciclos de trabajo.

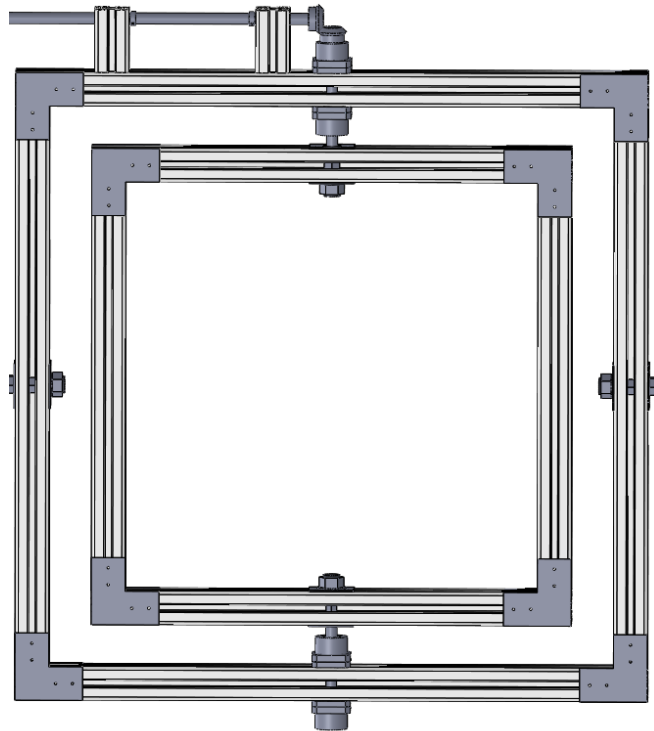


Figura 10: Estructura marcos

- Acoples y cojinetes

El sistema de acoples y de rodamientos en los perfiles se distingue en dos vertientes:

- Movimiento solidario con el eje.

Este acople se utiliza cuando es necesario transmitir el giro de forma solidaria al marco. Viene indicado en la siguiente figura.

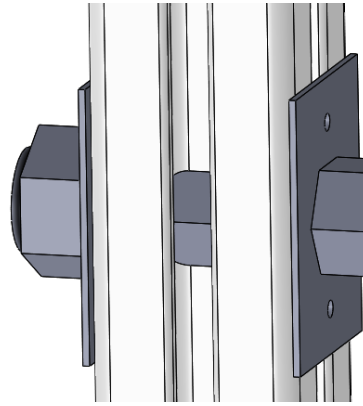


Figura 11: Acoples

Consiste en un acople prisionero de dos chapas de acero inoxidable con ranura hexagonal para impedir el giro y un sistema de impedimento de deslizamiento mediante una tuerca de seguridad con su respectiva arandela.

- Movimiento no solidario

Este acople se utiliza cuando el eje no tiene que transmitir el giro al perfil, pero lo tiene que atravesar. Para este sistema se utilizarán rodamientos MISUMI de bloqueo de eje para hacerlo más estable se han utilizado dos rodamientos en cada lado del perfil.

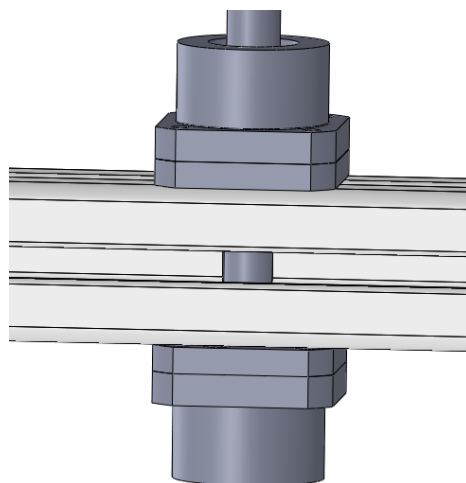


Figura 12: Eje pasante acoples

El marco externo dispone de los mismos acoples salvo en su parte superior que también dispone de un sistema de transmisión de giro mediante un cambio de dirección de horizontal a vertical.

Este sistema se llevará a cabo mediante unos engranajes comerciales cónicos adaptados a los ejes, dado que el módulo de transmisión de estos engranajes es igual a uno y no aportan nada a la transmisión no se estudiarán.

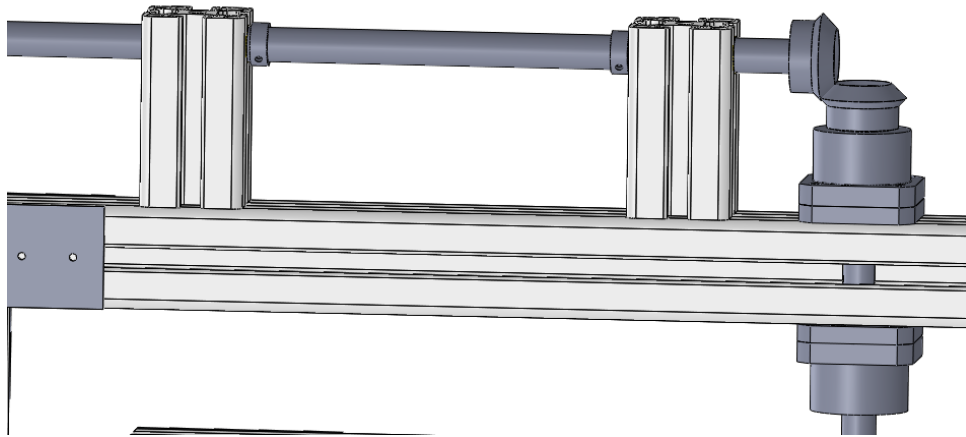


Figura 13: Transmisión de eje

- Cojinetes utilizados en los ejes

Los cojinetes utilizados para la transmisión de la figura anterior serán cojinetes autolubricados sinterizados AMES de 20x24x60. Utilizando así también unos collares de ejes para impedir el posible desplazamiento no requerido del eje.

- Transmisión de movimiento

La transmisión del movimiento rotativo del motor se especifica en la sección de cálculos. Este sistema está formado por:

- Ejes
- Sistema plato-piñón
- Cadena

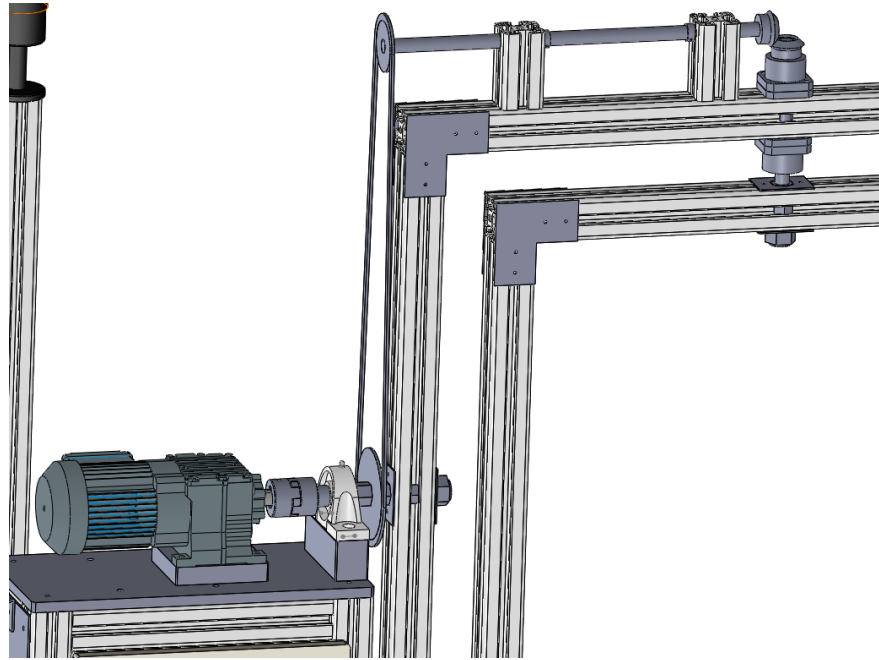


Figura 14: Transmisión de movimiento

- Acople de moldes a máquina

El acople del molde al marco se hace mediante la sujeción de unas bridas a este aprovechando el rasgado de los perfiles para insertar unos pasadores correderos con apriete desde perfil.

b. Puesta en marcha y paro de la máquina

i. Puesta en marcha de la instalación

Antes de la puesta en marcha de la instalación, comprobar visualmente el interior de la máquina por si existe algún elemento que pueda provocar atascos al comenzar a realizar los movimientos.

Comprobar que todos los elementos de protección se encuentran en correcto estado y chequear todos los elementos que puedan hacer que la máquina no entre en servicio.

Accionar el interruptor general situado en la puerta del armario eléctrico.

ii. Paro normal sin emergencia

La máquina realizará el movimiento de modo normal siendo gobernada esta velocidad de giro mediante el variador, pudiendo modificar el movimiento de esta mediante el mismo variador.

El estado de movimiento normal estará siempre señalizado mediante la luz verde de la baliza.

iii. Paro de emergencia

En cualquier momento es posible detener la máquina pulsando la seta de emergencia con lo que se corta la tensión a todas las salidas de relés y al variador que produce el movimiento.

Indicado siempre este paro mediante la luz roja de la baliza.

Para volver al estado inicial se necesitará resetear los estados de los relés.

iv. Paro por avería

El paro por avería vendrá indicado mediante la luz roja de la baliza, dejando de lucir hasta la correcta reparación de la misma.

c. Mantenimiento de la máquina

i. Mantenimiento preventivo eléctrico

Se deben controlar los registros eléctricos y armario para comprobar que no hayan entrado líquidos y no estén sucios, ya que esto ocasionaría malos contactos y derivaciones peligrosas.

Controlar el buen estado y funcionamiento de los sistemas de seguridad: interruptores de seguridad con una periodicidad semanal.

Comprobar el buen estado del sistema de tierras de la máquina y del relé diferencial.

Comprobar el buen estado de las partes móviles, (cables, detectores, conexiones, etc.).

Comprobar periódicamente el correcto asiento y apriete de las conexiones eléctricas en sus puntos de conexión.

Se debe efectuar el mantenimiento y las reparaciones, siempre que sea posible sin tensión y con la máquina desconectada de todo circuito. En caso contrario, se tendrá que utilizar las prendas de protección y las herramientas adecuadas.

ii. Mantenimiento preventivo mecánico

Comprobar la lubricación y funcionamiento de los rodamientos y casquillos para verificar que deslizan correctamente y no están atascados o forzados.

Reapretar los tornillos y tuercas de los componentes. En caso de encontrar algún tornillo o tuerca dañado cambiarlo por otro de igual calidad. Periodicidad: 3 meses.

d. Seguridad

i. Medidas en la instalación

Durante las fases de preparación, trabajo, mantenimiento o reparación de la máquina, el manejo por medio de mandos del cuadro se tendrá que efectuar por una única persona.

Para cualquier manipulación o cambio de elementos eléctricos se deberá desconectar el interruptor general.

Mantener constantemente cerrada la puerta del armario eléctrico, esta deberá abrirse sólo el tiempo necesario para realizar una operación o cualquier comprobación.

ii. Medidas que afectan a personas o equipos

La máquina y su entorno se han de mantener limpios.

Deberá limpiarse regularmente el interior de la máquina de la suciedad producida.

Utilizar siempre las herramientas adecuadas.

Se deberá evitar poner recipientes con cualquier tipo de líquidos, sobre armario o elementos, así como guardar dentro del armario trapos o demás elementos.

iii. Directivas y normas revisadas para el diseño de la máquina

- Directiva 2006/42, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas, por la que se modifica la Directiva 95/16/CE y queda derogada la 98/37/CE
- Directiva 2006/95/CE, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el “material eléctrico” destinado a utilizarse con determinados límites de tensión

- Directiva 2004/108/CE, de 20 de julio de 2009, sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la “compatibilidad electromagnética”
- Directiva 93/68/CEE, de 22 de julio de 1993, por la que se modifican, entre otras, las Directivas 73/23/CEE y 89/336/CEE
- Norma UNE EN ISO 12100:2012 "Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo."
- Norma UNE-EN ISO 13857:2008, "Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores"
- Norma UNE-EN ISO 13850:2008, "Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño."
- UNE-EN 894-2:1997+A1:2009 “Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: Dispositivos de información”
- Norma UNE-EN 953:1998+A1:2009, "Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles."
- Norma UNE-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."
- Norma UNE-EN 1037:1996+A1:2008, "Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva."
- Norma UNE-EN 60204-1:2007 CORR:2010, “Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales.”
- Norma UNE-EN 61310-1:2008, “Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles”
- Norma UNE-EN 61310-2:2008, “Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 2: Requisitos para el marcado.”

VII. CÁLCULOS

a. Transmisión por cadena, diseño y elección

Debido a la geometría de disposición de los ejes y a la separación de éstos entre la salida del motor y la parte superior del marco exterior, es necesario la utilización de un sistema de transmisión de cadenas, dado que las cadenas permiten flexibilidad ante el giro transmitiendo la fuerza a una distancia determinada.

En este apartado se desarrollarán los cálculos para la elección de la cadena, las ruedas y la distancia entre piñón y rueda mayor haciendo que el número de eslabones sea exacto.

Las cadenas de transmisión son la mejor opción para aplicaciones donde se quiere transmitir grandes pares de fuerza y donde los ejes de transmisión se mueven en un rango de velocidades de giro medias y bajas.

Estas transmisiones necesitan lubricación y proporcionan una relación e transmisión fija entre las velocidades y ángulo de giro de los ejes de entrada y salida, lo que permite la aplicación en maquinaria en general que lo requiera.

Según su función a desarrollar, las cadenas se dividen en los siguientes tipos:

- Cadenas de transmisión de potencia: cuya aplicación es transmitir la potencia entre ejes que giran a unas determinadas velocidades.
- Cadenas de manutención: también llamadas cadenas transportadoras. Son un tipo de cadenas que gracias a una geometría específica de sus eslabones o enlaces le permiten desempeñar una función de transporte o arrastre de material.
- Cadenas de carga: también llamadas de bancos de fuerzas. Son cadenas que permiten transmitir grandes cargas, y son usadas, por ejemplo, para elevar grandes pesos, o accionar bancos de fuerza.

En toda cadena de transmisión, cada vez que se produce el engrane de un eslabón con la rueda dentada, se produce una variación tanto en la trayectoria como la velocidad del eslabón. Es lo que se conoce como "efecto poligonal".

En efecto, si aumenta el número de dientes (z) de la rueda, el ángulo α entre dientes disminuye, por lo que la geometría poligonal tiende a semejarse a una circunferencia, y el llamado efecto poligonal se atenúa por lo que la variación horizontal de la velocidad de la cadena (v_{Bx}) a lo largo del arco de engrane se hace menor.

No obstante, el número de dientes de la rueda no puede aumentar en demasía, dado que esto supone que la altura de los mismos se hace más pequeña y la posibilidad de desengranar la cadena, es decir, que se salga la cadena de la rueda dentada, será mayor.

Dado las relaciones existentes entre plato y piñón comerciales se utilizará un plato de 32 ($z=32$) dientes y un piñón de 18 ($z=18$).

El valor del esfuerzo que transmite la cadena es máximo en la primera articulación del eslabón que engrana con la rueda por el ramal tenso de la cadena, y a partir de ahí este esfuerzo va gradualmente decreciendo conforme avanza por el arco de engrane hasta salir de la rueda por el ramal de la cadena que está menos tensado.

La potencia transmitida por la cadena viene determinada por el esfuerzo útil (F_u) y su velocidad lineal promedio (v):

$$P = F_u \cdot v$$

Siendo (F_u) el esfuerzo útil asociado al par de fuerza transmitido, y (v) la velocidad lineal promedio de la cadena, que a su vez puede ser expresada en función de la velocidad angular de giro (ω) y el diámetro primitivo (D_p) de la rueda dentada como,

$$v = \frac{D_p \cdot \omega}{2}$$

No obstante, para el cálculo y diseño de las cadenas de transmisión se usará la potencia corregida de cálculo (P_c), obtenida a partir de la potencia transmitida (P) anterior afectada por unos coeficientes que tendrá en cuenta diversos aspectos del montaje y uso de la cadena:

$$P_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_{15} \cdot P$$

A continuación se expone cómo se han obtenido los valores de los anteriores coeficientes para este caso concreto:

- Coeficiente K_1 :

La aproximación viene dada por la siguiente expresión:

$$K_1 = \frac{19}{Z} = \frac{19}{18} = 1,055$$

- Coeficiente K_2 :

Es el coeficiente de multiplicidad que tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión.

$$K_2 = 1$$

- Coeficiente K_3 :

Depende del número de eslabones que conforman la cadena. Se supone una cadena de 120 eslabones con lo que el coeficiente toma el valor de unidad según la tabla.

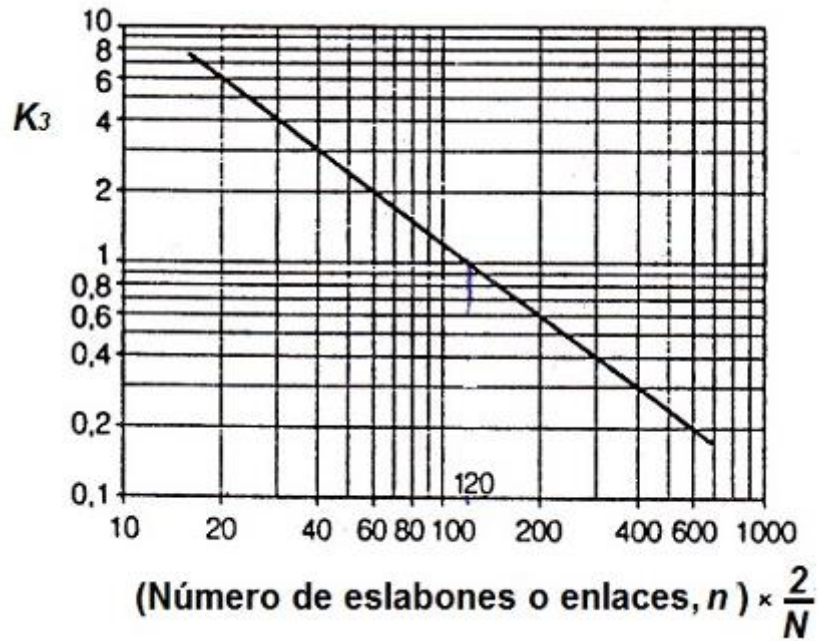


Figura 15: Tabla coeficiente k3 (Ingemecanica, 2016)

- Coeficiente K4: Es el factor de servicio, al ser un motor eléctrico como máquina conductora o motriz de la tabla 4 resulta un coeficiente de servicio de valor $K_4 = 1,8$
- Coeficiente K5: Se considera una vida útil de la cadena de 15000 horas, por lo que se tomará el valor de 1 según la tabla.

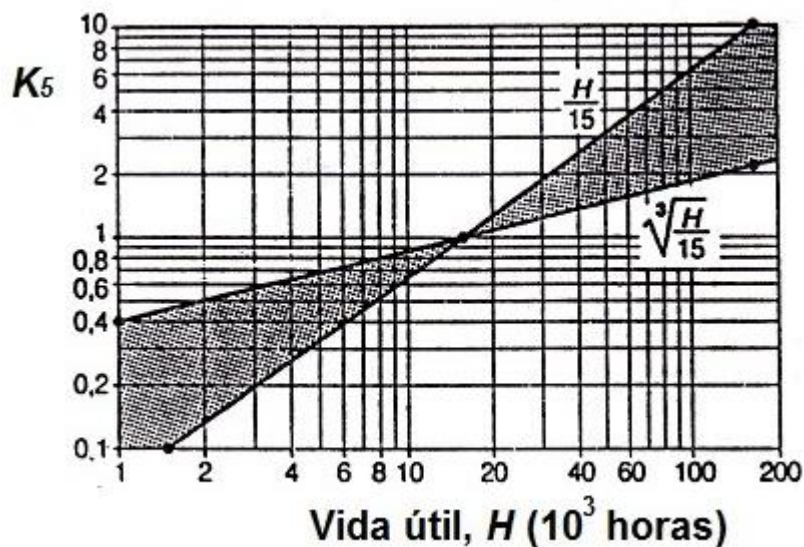


Figura 16: tabla coeficiente k5 (Ingemecanica, 2016)

La potencia corregida de cálculo será:

$$P_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_{15} \cdot P = 4,1778kW$$

Tras obtener esta potencia corregida se puede seleccionar una cadena comercial de paso 1/2", escogiendo una cadena de rodillos simples de la serie B1 con referencia 08b-1 de la casa S.T.G.

Conocido el paso de la cadena se puede obtener los diámetros de las ruedas dentadas para una correcta elección de estas mismas. La expresión utilizada para obtener los diámetros es la siguiente:

$$D_p = \frac{P}{\text{sen}\left(\frac{\pi}{Z}\right)}$$

Obteniendo unos valores de:

- Diámetro rueda pequeña: 73,13mm
- Diámetro rueda mayor: 129,56 mm

Uno de los valores más importantes en este sistema es la distancia entre centros de las ruedas para un correcto posicionado de los ejes.

Para calcular esta distancia se utilizará la siguiente expresión:

$$\frac{L}{p} = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2} + (Z_2 - Z_1) \cdot \frac{\beta}{\pi} + O_1 O_2 \cdot \cos\beta \cdot \frac{2}{p}$$

Los valores de la expresión son los siguientes:

- L, es la longitud total de la cadena en mm.
- p, es el paso de la cadena en mm.
- z_1 , es el número de dientes del piñón.
- $O_1 O_2$, es la distancia entre centros de las ruedas, en mm.
- β , es el ángulo de contacto en radianes,

Analíticamente β se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\beta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{R_2 - R_1}{O_1 O_2}\right)$$

Siendo R1 y R2 los valores de los respectivos radios de las ruedas calculados con anterioridad.

Se iterará hasta obtener un valor cercano a un número entero de eslabones modificando la distancia entre centros como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3 Iteración de la distancia entre los centros.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5	CASO 6	CASO 7
L (longitud cadena mm)	1623,18791	1624,32684	1624,72646	1624,92628	1625,12609	1625,3259	1625,72553
p (paso de la cadena)	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
z1 (nº dientes piñón)	18	18	18	18	18	18	18
z2 (nº dientes plato)	32	32	32	32	32	32	32
o1o2(distancia entre centros de las ruedas)	652,23	652,8	653	653,1	653,2	653,3	653,5
b (ángulo de contacto)	0,04327492	0,04323711	0,04322386	0,04321724	0,04321062	0,043204	0,04319077
L/p nº de eslabones	127,810072	127,899751	127,931218	127,946951	127,962684	127,978417	128,009884
Radio plato	64,7845875	64,7845875	64,7845875	64,7845875	64,7845875	64,7845875	64,7845875
Radio piñón	36,5681926	36,5681926	36,5681926	36,5681926	36,5681926	36,5681926	36,5681926
Dp (diámetro primitivo)							
Dp plato	129,569175	129,569175	129,569175	129,569175	129,569175	129,569175	129,569175
Dp piñón	73,1363851	73,1363851	73,1363851	73,1363851	73,1363851	73,1363851	73,1363851

Obteniendo así una distancia entre centros de 653,5 mm y 128 eslabones.

Para finalizar esta sección se estudiará la relación de transmisión, que en este caso será:

$$\frac{Z_{Rmayor}}{Z_{Rmenor}} = 1,77$$

Dada esta relación de transmisión se utilizarán unos engranajes cónicos de relación de transmisión igual a 1, dado que ya se ha obtenido la velocidad angular requerida. (Ingemeccanica, 2016)

b. Cálculo de diámetro de los ejes utilizados y material utilizado

El dimensionado del diámetro de los ejes se obtendrá mediante el estudio de la rigidez torsional.

A partir de los datos de velocidad angular y potencia se puede obtener el par torsor en cada eje.

Se considerará el caso más desfavorable posible que será cuando el eje gire a 20rpm con una potencia máxima del motor de 2,2 KW (estado máximo al que nunca se va a llegar, dado que nuestra carga máxima recomendada del molde será 80Kg)

Siendo entonces la expresión:

$$T(Nm) = \frac{P(w)}{w\left(\frac{rad}{s}\right)} = \frac{2,2 \cdot 10^3}{20 \cdot 2\pi} = 17,50Nm$$

Se limita la deflexión torsional a 0,25°/m de longitud.

$$\theta = \frac{T \cdot L}{J \cdot G}$$

Siendo:

- T: momento torsor
- L: longitud en una sección de momento polar de inercia J

Considerando el acero $G = 8,1 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$

Obteniendo $4,363 \cdot 10^{-3} \text{ rad/m}$

Utilizando la expresión de limitación del diámetro del eje se obtiene:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot T}{\pi \cdot 8,1 \cdot 10^{10} \cdot 4,363 \cdot 10^{-3}}} = 0.0266 \text{ mm}$$

La selección del acero se basó en la comparación de dos aceros comerciales utilizados para ejes de transmisión como son el AISI 4140 y el AISI 4340, utilizando las tablas que se muestran a continuación.

Tabla 4 AISI 4340 (Azo, 2012)

\varnothing mm.	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	% elongación	Tenacidad Kv a 20° C (J)
$d \leq 16$	1200 - 1400	≥ 1000	≥ 9	≥ 35
$16 < d \leq 40$	1100 - 1300	≥ 900	≥ 10	≥ 45
$40 < d \leq 100$	1000 - 1200	≥ 800	≥ 11	≥ 45
$100 < d \leq 160$	900 - 1100	≥ 700	≥ 12	≥ 45
$160 < d \leq 250$	800 - 950	≥ 600	≥ 13	≥ 45
$250 < d \leq 500$	740 - 890	≥ 540	≥ 14	≥ 45
$500 < d \leq 750$	690 - 840	≥ 490	≥ 15	≥ 40

Tabla 5 AISI 4140 (Azo, 2012)

Diámetro en mm \varnothing	Límite elástico min. N/mm ²	Resistencia a la tracción N/mm ² R _m min.	Elongación % A min.	Tenacidad (ISO-V) J min.
≤ 16	900	1000 - 1300	10	30
$> 16 \leq 40$	750	1000 - 1200	11	35
$> 40 \leq 100$	650	900 - 1100	12	35
$> 100 \leq 160$	550	800 - 950	13	35
$> 160 \leq 250$	500	750 - 900	14	35
$> 250 \leq 500$	460	690 - 840	15	38
$> 500 \leq 750$	390	590 - 740	16	38

Dado los resultados obtenidos con anterioridad se puede optar por utilizar el acero AISI 4140.

c. Sistema eléctrico

Para la elección del motor nos basaremos en que la potencia requerida es mínima, ya que debe en primer lugar conseguir la aceleración angular necesaria para llevar el peso del molde y el material a la velocidad de rotación

especificada, que es comparativamente a otras máquinas industriales bastante pequeña, y a partir de un momento mantener dicha velocidad venciendo la fricción existente en cualquier sistema no lineal. El motorreductor seleccionado es un motor eléctrico trifásico de 0,18 Kw. 230/400v 1320rpm velocidad nominal a 20rpm velocidad de salida, siendo esta relación del motorreductor de 66:1.

Tabla 6 de especificaciones técnicas del motor (Eurodriver, 2016)

Datos técnicos		
R17DR63M4		
Características	Valor	Unidad
Velocidad nominal del motor	1320	1/min
Velocidad de salida	20	1/min
Índice de reducción total	65,61	
Par de salida	85	Nm
Factor de servicio SEW-FB	1,00	
Posición de montaje	M1	
Pintura imprimación/CapaFinal	7031 Gris azul (20070310)	
Posición de conexión/caja de bornas	0	*
Entrada de cable/ Posición del conector	X	
Eje de salida	20x40	mm
Salida permitida con carga radial n=1400	1740	N
Cantidad de lubricante 1er reductor	0,25	Litro
Potencia del motor	0,18	kW
Factor de duración	S1-100%	
Eficiencia (50/75/100% Pn)	55,7 / 61,2 / 61	%
Marcado CE	Si	
Tensión del motor	230/400	V
Esquema de conexionado	DT13	
Frecuencia	50	Hz
Corriente nominal	0,95 / 0,55	A
Cos Phi	0,78	
Clase de aislamiento	B	
Tipo protección del motor	IP55	
Peso neto	9	Kg
Opciones del motor		
Protección IP 55 - motor estándar		
Opciones 1er reductor		
Eje de salida: 20x40 mm		

Siendo el torque máximo del motor:

$$T_{max} = \frac{P \cdot 9550}{n} = \frac{2,2 \cdot 9550}{750} = 28,01 \text{ Nm}$$

Tomando así el peso máximo del molde de 80kg, calculamos la distancia máxima de posicionamiento entre el rodamiento que sujeta el eje del motor y el perfil que transmite el peso del molde al eje. Siendo este un valor de 71mm sobrepasa el valor de nuestra medida del diseño.

Comparando este par requerido con el par de salida del motor la relación será:

$$85/28,01= 3,03$$

así que el motor comercial seleccionado es un motorreductor trifásico

Este motor es el motor muy usado en la industria por los siguientes aspectos:

- Altos niveles de eficiencia comparado con otros tipos de motores.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Bajo costo y facilidad de adquisición.
- Alto grado de protección y posibilidad de uso en áreas clasificadas.

Los motores eléctrico asíncronos trifásicos permiten dos tipos de conexiones eléctricas, por lo que permiten dos tensiones de trabajo. Este motor seleccionado especifica 230/400v, indicando así que en conexión estrella se puede conectar a una línea con tensión de 400v trifásicos y en conexión triángulo, y en conexión triángulo podemos conectarlo a una línea con tensión de tres líneas de 230v trifásicos.

Es recomendable instalar una protección contra sobrecargas del motor en el circuito de arranque del motor (guardamotor o relé térmico) y que esté ajustado a la intensidad de trabajo del motor. Con esta simple protección se evita que los bobinados del motor puedan deteriorarse (quemarse), teniendo presente que este tipo de averías no está incluido en la garantía del motor.

Para controlar las revoluciones del motor es necesario un sistema de control de velocidad variable. Este es un sistema capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica manteniendo controlado el proceso de conversión.

Este sistema está compuesto por un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que entrega y controla la energía eléctrica al motor. El más importante es el variador de velocidad, acompañado de elementos de maniobra tales como interruptor de potencia, contactores asociados, elementos de comando y señalización, interruptores y otros elementos menores.

El variador electrónico de velocidad por variación de frecuencia es un equipo compuesto de elementos electrónicos de potencia, que acciona un motor jaula de ardilla y realiza su arranque y su parada de manera suave. Adicionalmente, varía de manera controlada la velocidad del motor que es lo que se quiere a la hora de utilizar la técnica del rotomoldeo. Mediante la variación de la frecuencia aplicada al motor se varía la velocidad del motor con base en la siguiente relación:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{2p} \quad [1]$$

Los valores de la frecuencia en la máquina diseñada tomarán valores comprendidos entre 0 y 20 rpm, siendo esta la variable dado que el número de polos será el fijado por el motor seleccionado que en este caso son 8 polos.

Se calculan así las velocidades sincrónicas mostradas en la siguiente tabla:

Tabla7: velocidades sincrónicas

p	f	Ns
8	1	15
8	2	30
8	3	45
8	4	60
8	5	75
8	6	90
8	7	105
8	8	120
8	9	135
8	10	150
8	11	165
8	12	180
8	13	195
8	14	210
8	15	225
8	16	240
8	17	255
8	18	270
8	19	285
8	20	300

Existen dos alternativas para el estudio de este sistema.

Existe una dualidad entre la utilización de un motor asíncro y un motorreductor, pudiendo estos dos de forma teórica resolver el problema de la generación de movimiento. Por esto se estudiarán los dos casos.

En el caso de acoplar el variador directamente a un motor trifásico sin reductor ocasionaría una disminución muy considerable del par de salida de este mismo motor. Dado que el sistema de rotomoldeo varía entorno a valores de 0 a 20 rpm, se necesitará disminuir la frecuencia de dicho motor. En el caso de un motor de 2,2Kw a 750 rpm, se tendrá que utilizar valores de frecuencia de 4, lo que hace que este motor trabaje en zonas poco reales y bajas de par de salida, ocasionando así que el motor se pare o no funcione con el par necesario como para poder accionar todos los mecanismos.

Los valores de par y frecuencia se pueden visualizar en el siguiente gráfico.

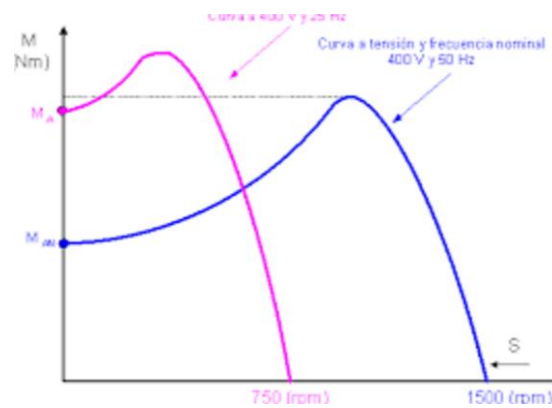


Figura 17: Relación par-velocidad (López, 2016)

Dado que se necesita un valor de par superior con la capacidad de variar la frecuencia en un rango mucho mayor, se utilizará un motorreductor de 1320rpms de entrada y 20 rpms de salida trabajando a una frecuencia nominal de 50Hz y, utilizando un variador, se obtendrá un rango mucho más amplio de regulación de velocidades, alcanzando a su vez valores de par mucho más elevados mientras que el motor opera en sus rangos normales de trabajo.

Las fases según velocidad y par de estos motores vienen reflejadas en el siguiente gráfico.

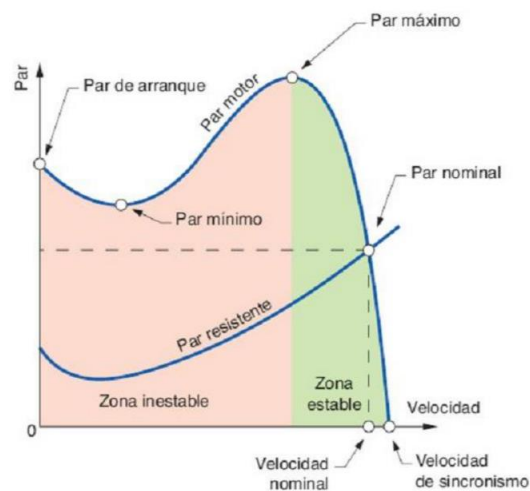


Figura 18: Estados de par según velocidad (López, 2016)

Tras poder comprobar las posibilidades que nos da la utilización de un motorreductor, se tomará éste como el motor elegido.

El esquema de conexión de nuestro motor será el mostrado en la siguiente figura:

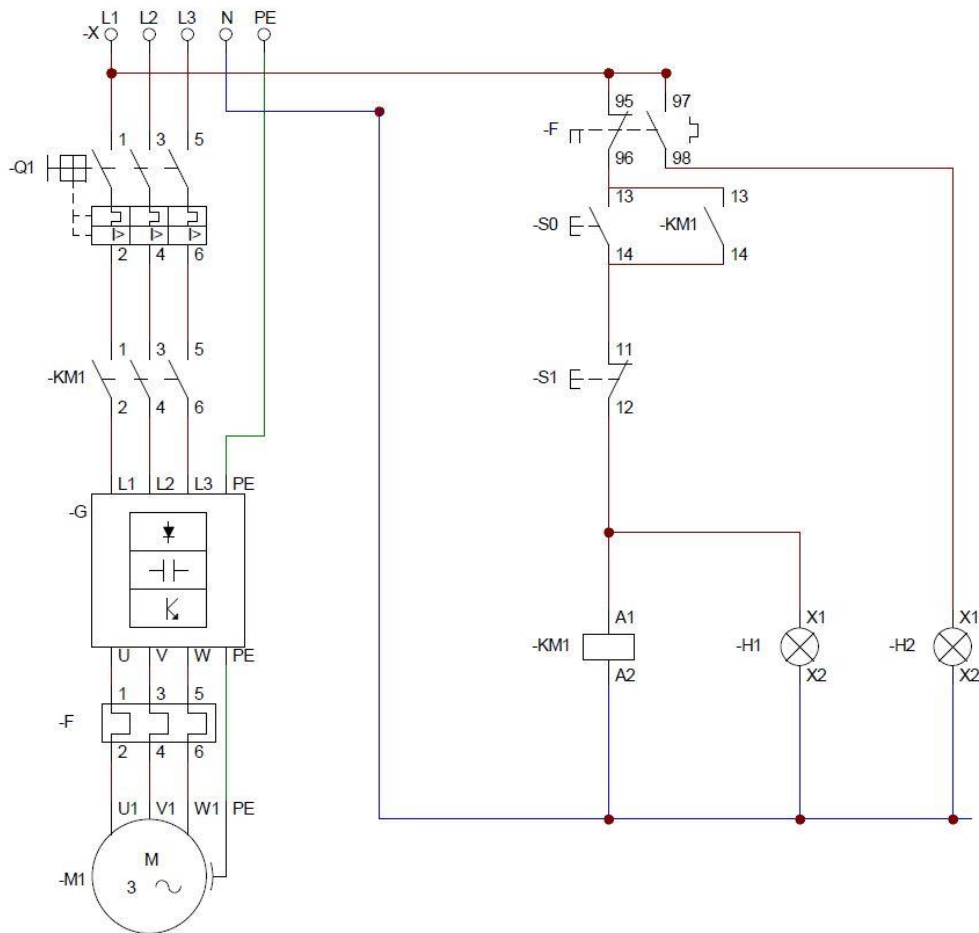


Figura 19: Esquema de conexión eléctrica de la máquina

En la figura anterior se muestran los componentes que se introducirán en el cuadro eléctrico a excepción del motor y de la baliza, constando este esquema de seta de emergencia, botón de puesta en marcha y magnetotérmicos como requiere la legislación

CONCLUSIONES

- Se ha desarrollado con éxito el diseño de una máquina de rotomoldeo sin aporte de calor.
- Se han podido cumplir los objetivos explicados con anterioridad.
- He podido ampliar mis conocimientos en el manejo de motores eléctricos y la elección de estos.
- Se ha podido comprobar como el conocimiento de los elementos comerciales es fundamental en el diseño de máquinas.
- Es bueno considerar el mercado antes de ponerse a diseñar y aprender de la experiencia de los demás.

REFERENCIAS

- Azo. (7 de Septiembre de 2012). *Azo materials*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6772>
- Beall, G. (1998). *Rotational Molding*. Hanser Gardner Publications. Recuperado el 3 de Agosto de 2016
- Eurodriver, S. (2016). *Sew Eurodriver*. Obtenido de <https://www.sew-eurodrive.es/inicio.html>
- Ingemecanica. (5 de Octubre de 2016). *Ingemecanica*. Recuperado el 14 de Agosto de 2016, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- Instructables*. (3 de Mayo de 2010). Obtenido de Make A Rotational Casting Machine For Under \$150
- Item. (2016). *Item*. Recuperado el 12 de Agosto de 2016, de http://catalog.item24.com/images/medienelemente/DOK/DATA/DOK_DATA_profil-tech-daten__SES__AIN__V2.pdf
- López, J. (2016). *Mantenimiento industrial*. Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <https://automatismoindustrial.com/par-motor-par-resistente/>
- Riga, M. (2015). *Monografias*. Recuperado el 03 de Agosto de 2016, de <http://www.monografias.com/trabajos82/resinas/resinas.shtml>
- Smooth-on*. (2016). Recuperado el 07 de Agosto de 2016, de <https://www.smooth-on.com/products/>
- Sola, M. (13 de Junio de 2011). *Tecnologías de los plásticos*. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.es/2011/06/rotomoldeo.html>
- SolidWorks. (14 de Septiembre de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
- stlfinder*. (2013). Obtenido de <http://www.stlfinder.com/3dmodels/Rotocasting+machine>

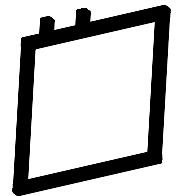
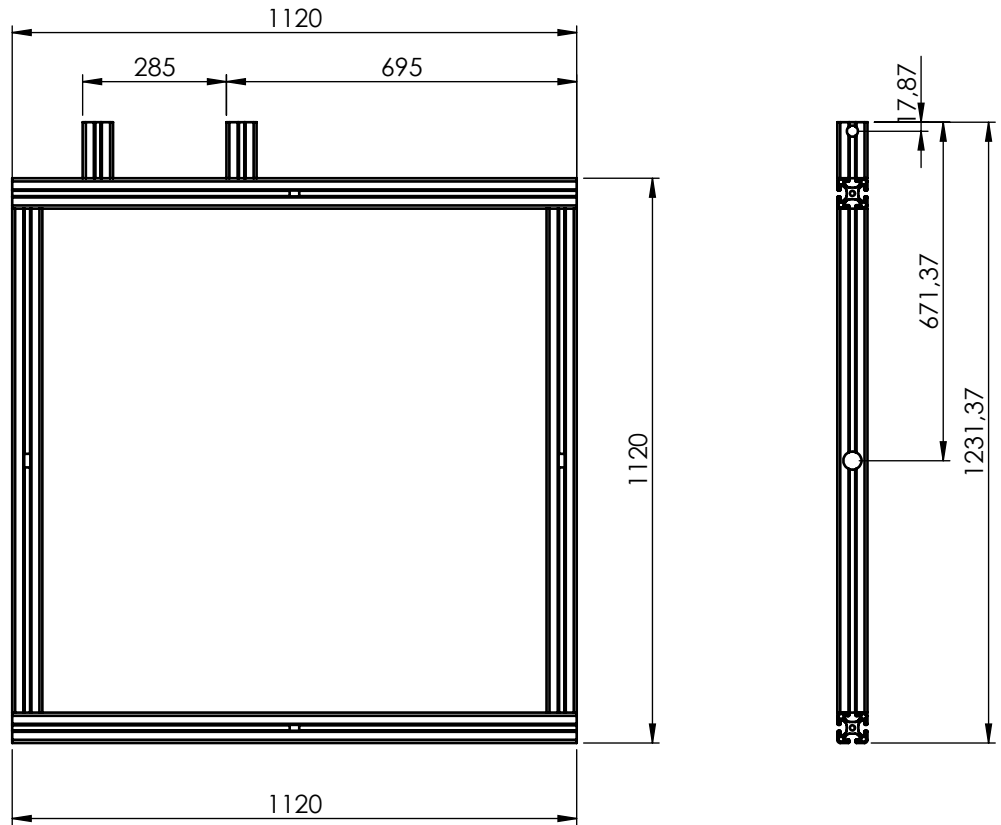
ANEXO I

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

- Estructuras
 - 16-000-11-00 Estructura marco exterior
 - 16-000-21-00 Estructura marco interior
 - 16-000-31-00 Estructura base
- Planos de piezas
 - 16-000-30-02 Chapa soporte
 - 16-000-30-03 Soporte UCP206J
 - 16-000-30-04 Chapa presión eje
 - 16-000-30-08 Eje 1
 - 16-000-30-09 Eje 2
 - 16-000-50-04 Chapa 1
 - 16-000-50-05 Chapa 2
 - 16-000-50-06 Chapa 3
 - 16-000-50-07 Chapa 4
 - 16-000-60-00 Eje horizontal superior
 - 16-000-60-01 Eje superior vertical
 - 16-000-60-02 Eje inferior vertical
 - 16-10-05 Esquinera
- Planos de ensamblaje general
 - 16-000-00-000 1-2 Medidas generales
 - 16-000-00-0002-2 Elementos
 - 16-000-35-010 Vistas detalle

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



001	ALUMINIO EXTRUIDO	ANODIZADO	-
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>

Denominación: MARCO EXTERNO

Conjunto: 16-000-60-00

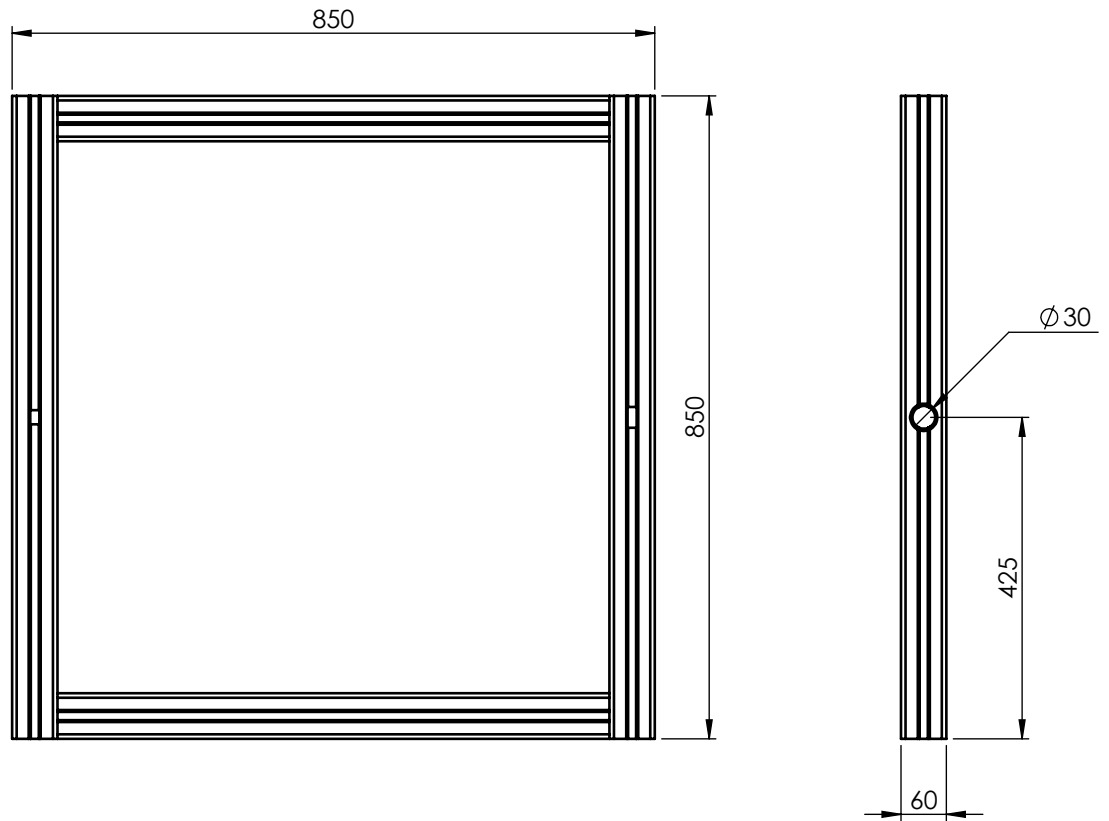


(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	Plano nº:
Dibujado	20/07/2016	P.M		16-000-60-01

Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°
---	------------	----------------	------------------	---------------

Ref.: Escala: 1:2

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



PERFIL EXTRUIDO 60X60

001	ALUMINIO EXTRUIDO	ANODIZADO	-
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>

Denominación: MARCO INTERIOR

Conjunto: 16-000-21-00



(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA
Dibujado	20/07/2016	P.M

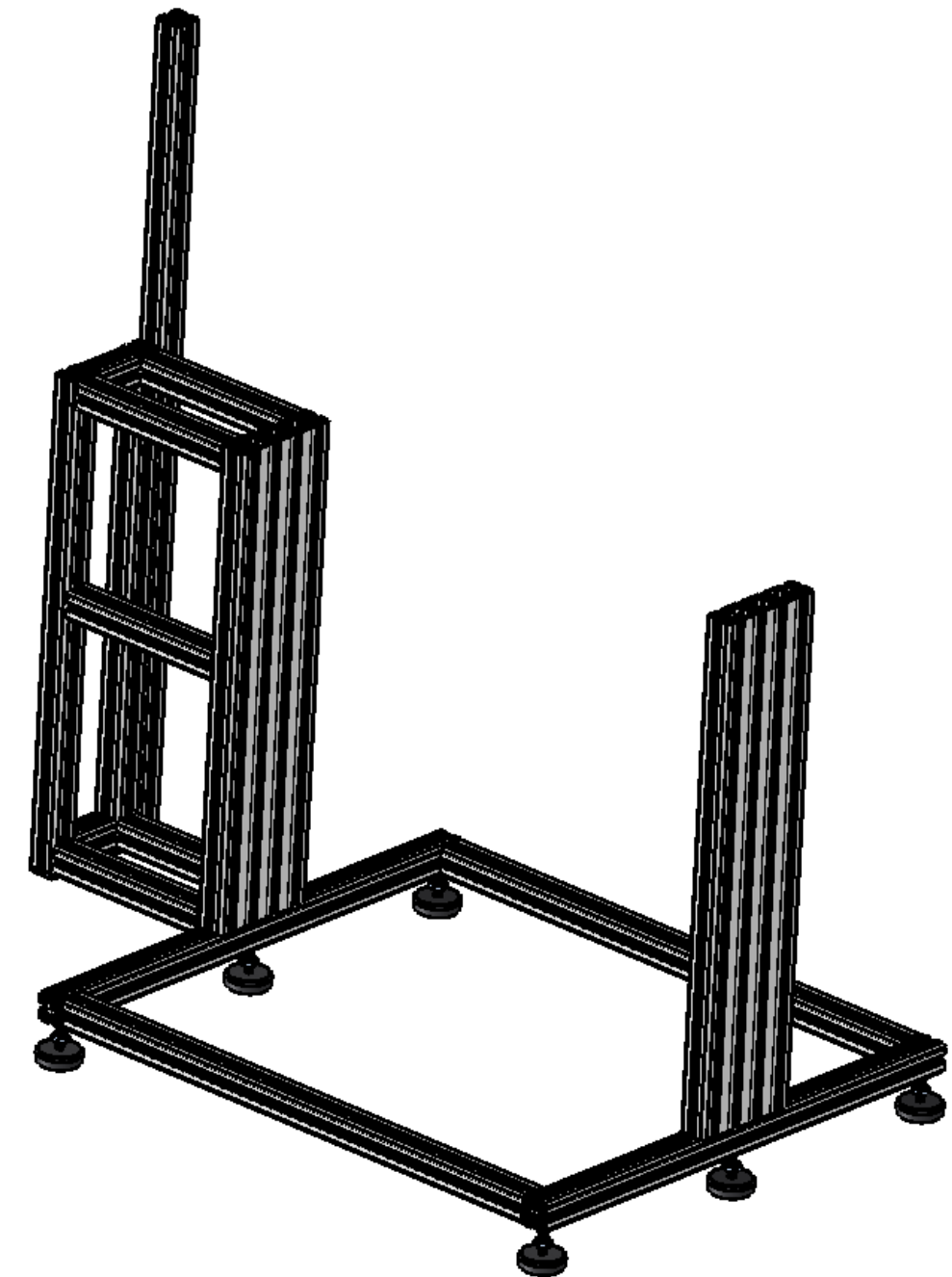
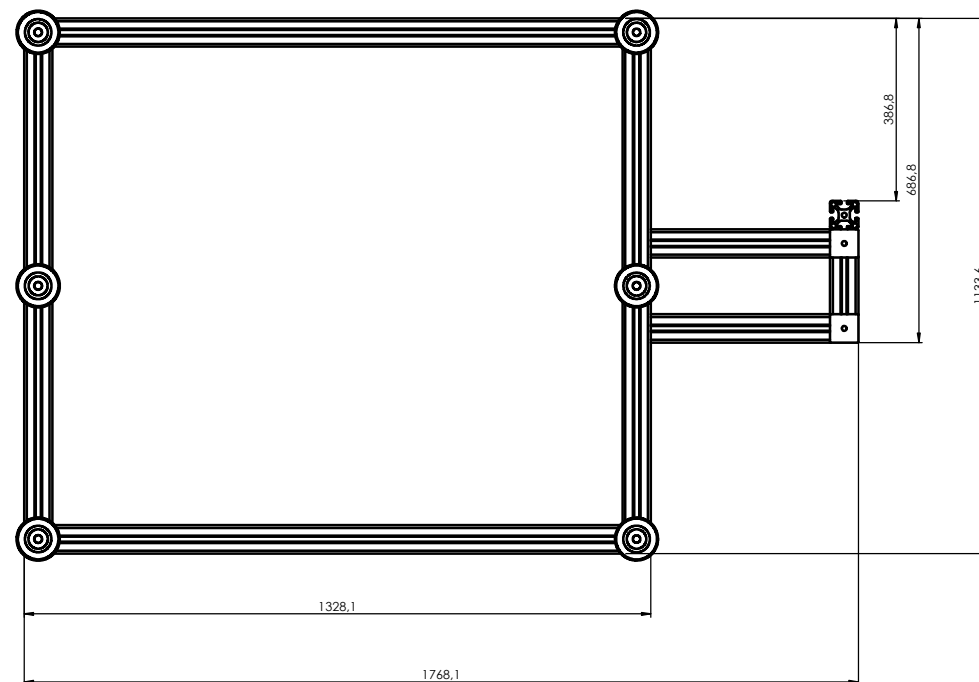
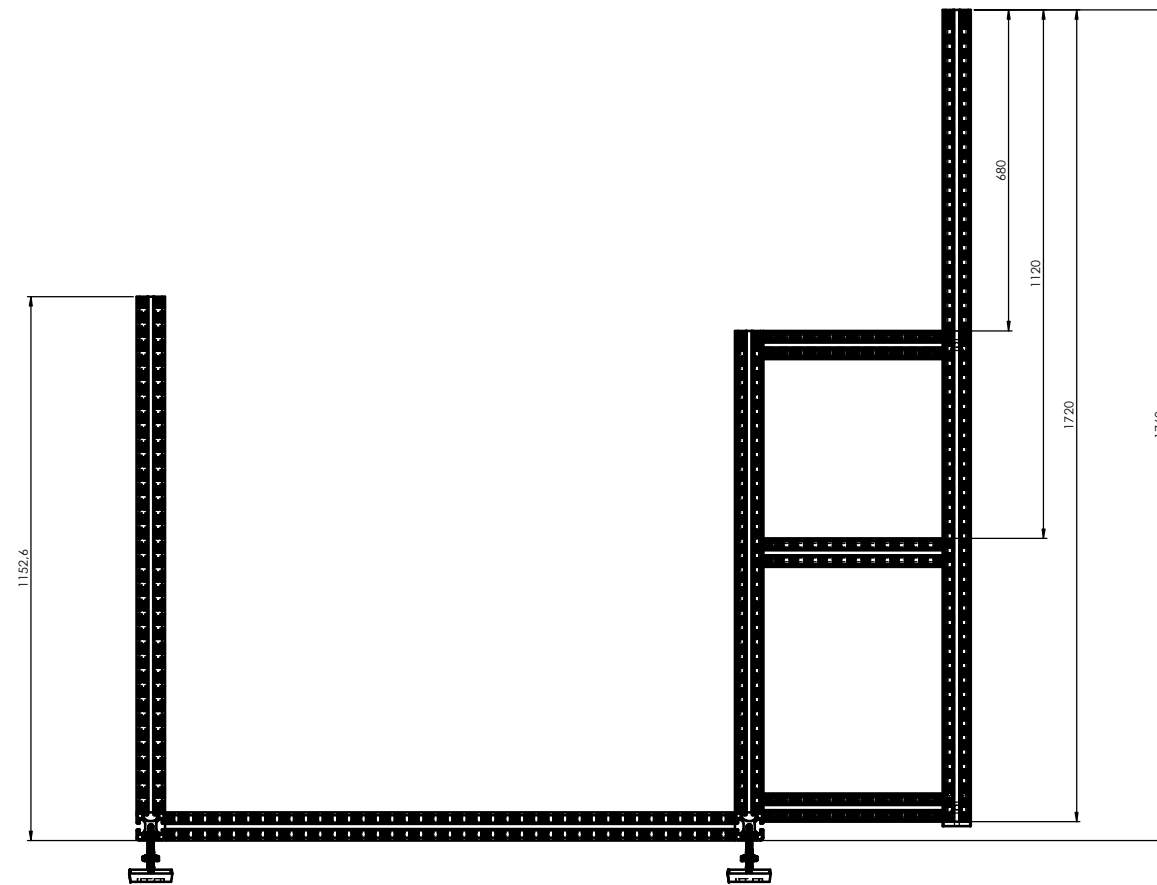
TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR

Plano nº: 16-000-21-00

Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6	>6 <30	>30 <120	Angulo
	±0.1	±0.2	±0.3	±1°

Ref.: Escala: 1:2

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA
1				
2				

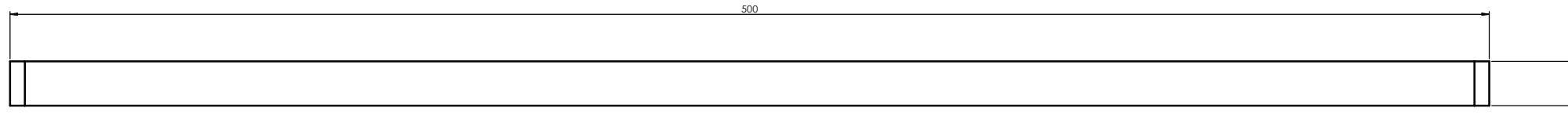


PERFIL EXTRUIDO ALUMINIO 60X60

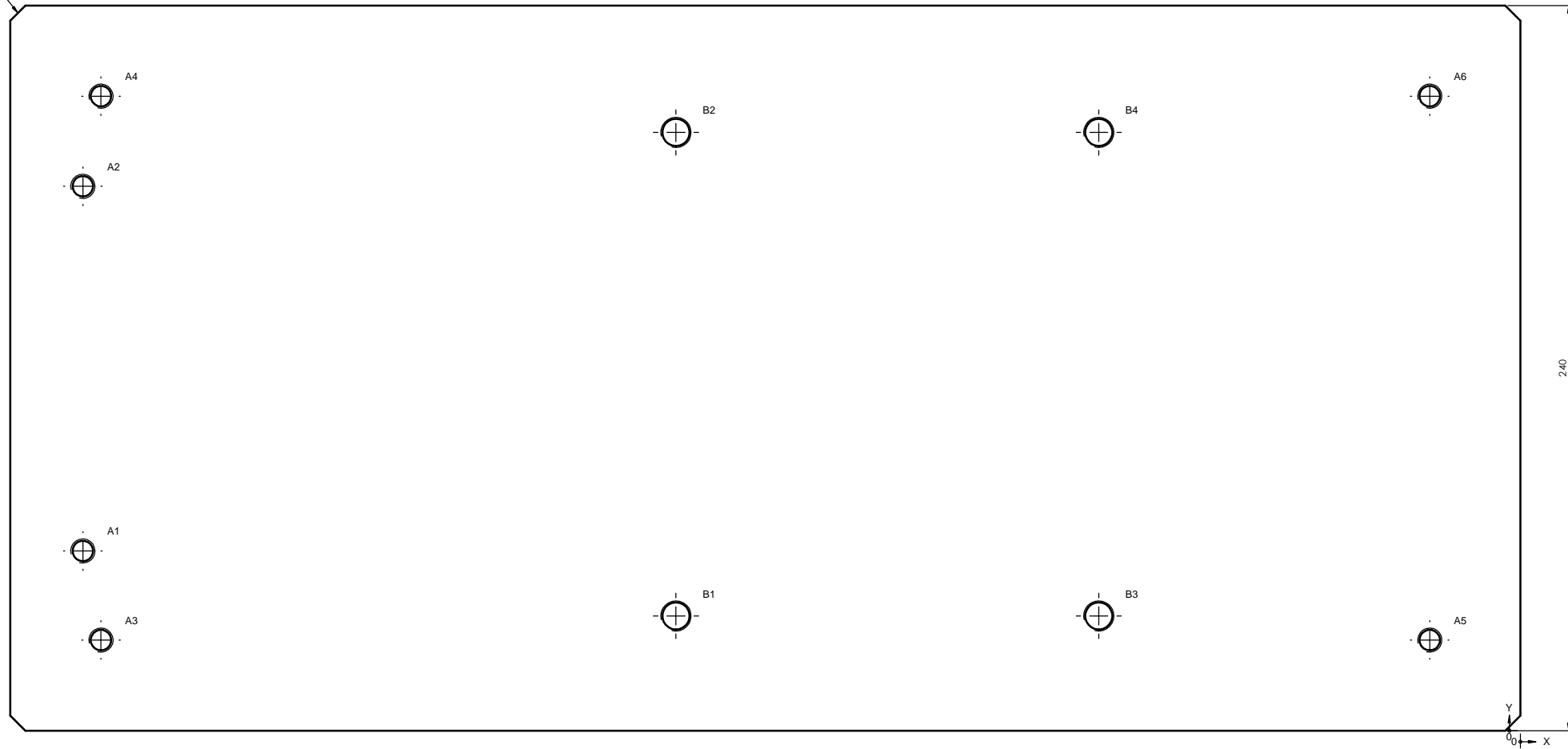
001	ALUMINIO EXTRUIDO		
Cantidad	Material	Tratamiento	Dureza
Denominación: ESTRUCTURA BASE			
Conjunto: 16-000-30-000			
Dibujado	FECHA	FIRMA	Piano nº:
20/07/2016	P.M	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	16-000-00-000
Tolerancias generales ±0.1			Ref: 1/2
DIN 7180 medio			Escala: 1:7



NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA
1				
2				



5 x 45°

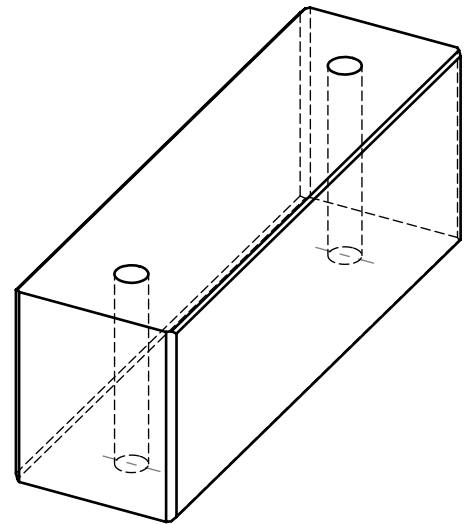
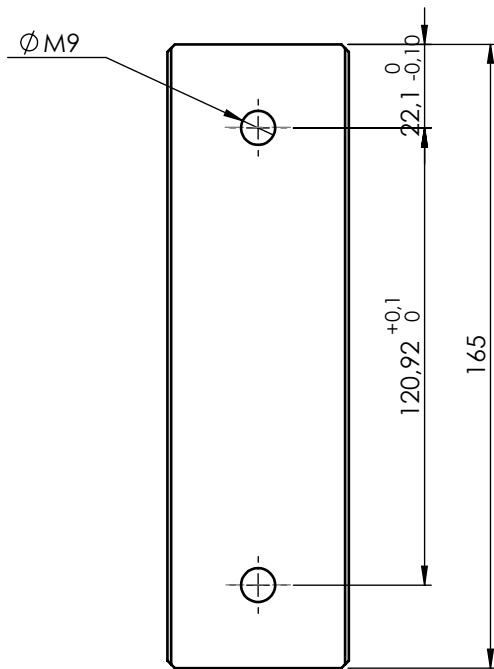
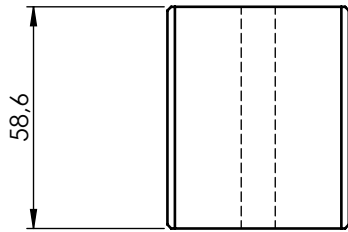



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	-476	59,48	Ø 6,8 POR TODO
A2	-476	180,18	Ø 6,8 POR TODO
A3	-470	30	Ø 6,8 POR TODO
A4	-470	210	Ø 6,8 POR TODO
A5	-30	30	Ø 6,8 POR TODO
A6	-30	210	Ø 6,8 POR TODO
B1	-279,6	38	Ø 9 POR TODO
B2	-279,6	198	Ø 9 POR TODO
B3	-139,6	38	Ø 9 POR TODO
B4	-139,6	198	Ø 9 POR TODO

001	ACERO INOX AISI 304		
Cantidad	Material	Tratamiento	Dureza
Denominación:	CHAPA SOPORTE		
Conjunto:	16-000-30-04		
Dibujado	FECHA	FIRMA	Plano nº:
16/07/2016	P.M.	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	16-000-30-02
Referencias generales	Escala: 1:1		

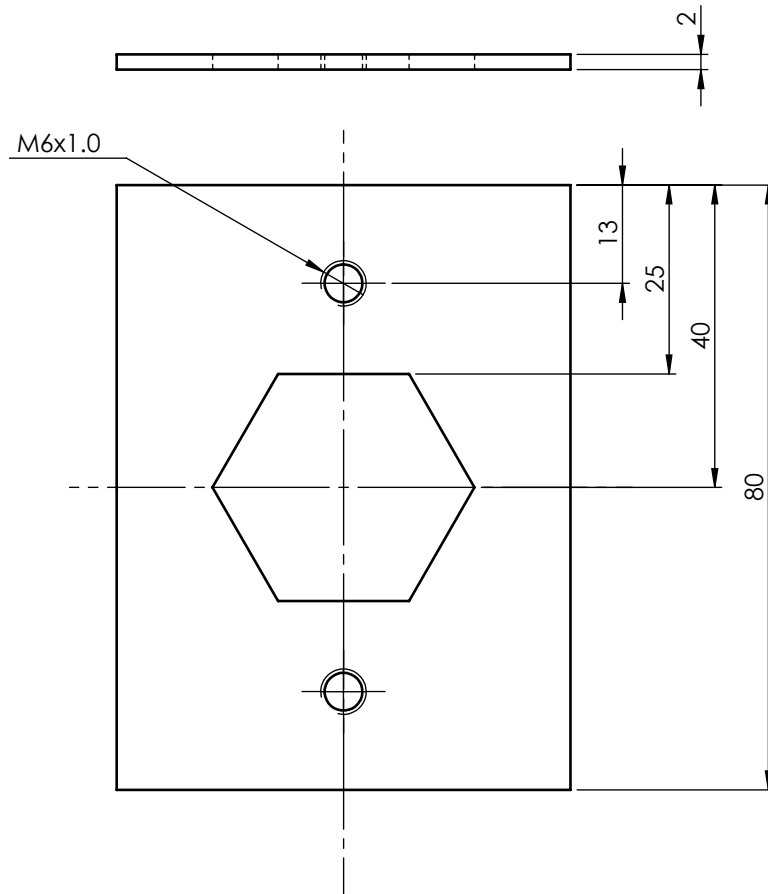



NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



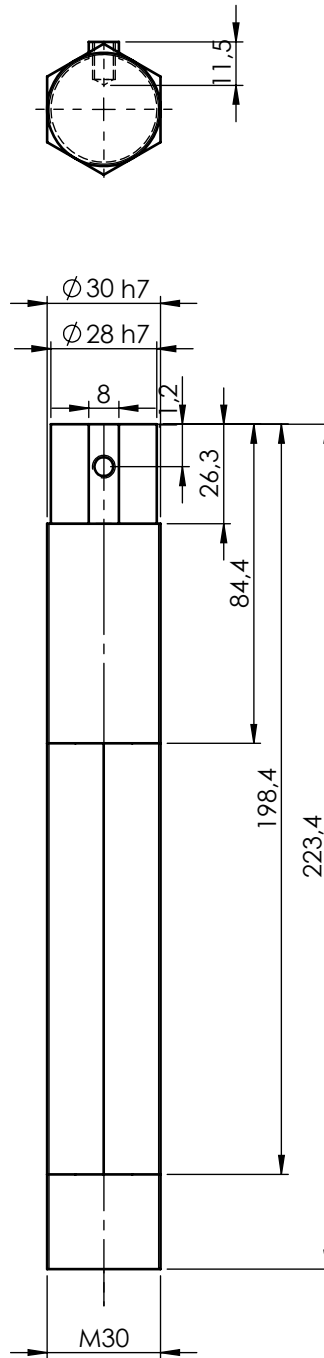
001	ALUMINIO 6082	ANODIZADO	
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i> SOPORTE UCP206J			
<i>Conjunto:</i> 16-000-30-000			
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	<i>Plano nº:</i>
<i>Dibujado</i>	12/07/2016	P.M	16-000-30-003
TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR			<i>Ref.:</i>
Tolerancias generales DIN 7168 medio			<i>Escala:</i> 1:2
	<6	>6 <30	>30 <120
	±0.1	±0.2	±0.3
			±1°


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



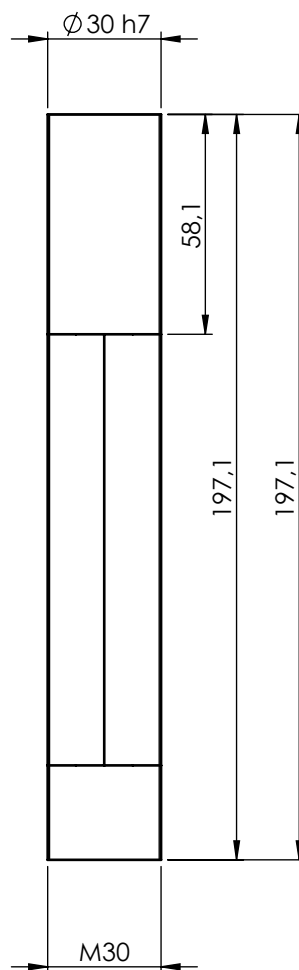
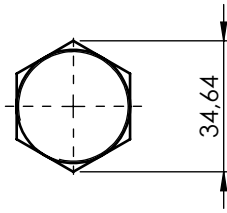
008	Acero inox AISI 304			
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>		<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i>	CHAPA PRESIÓN EJE			
<i>Conjunto:</i>	16-000-30-000			
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	
<i>Dibujado</i>	12/07/2016	P.M		
Tolerancias generales DIN 7168 medio	≤6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	<i>Ref.:</i> <i>Escala:</i> 1:1
		Angulo ±1°		


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



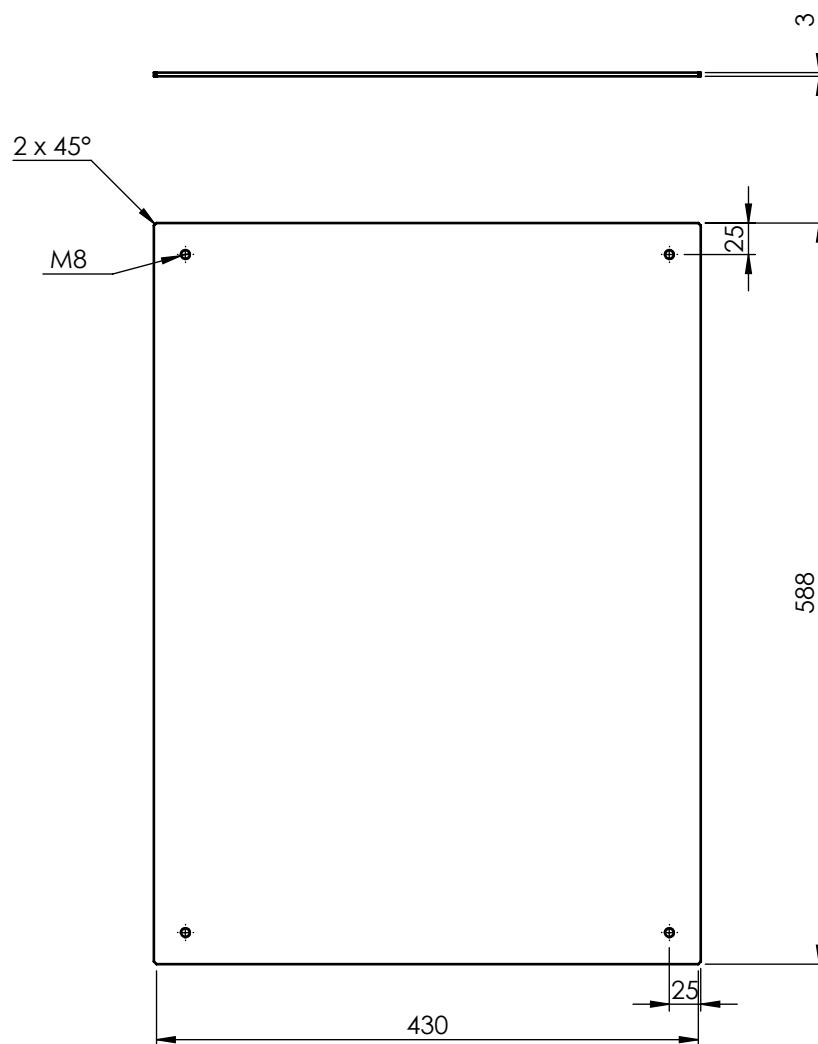
001	AISI 4140		-	-
Cantidad	Material		Tratamiento	Dureza
Denominación: EJE SALIDA MOTOR				
Conjunto: 16-000-30-00				
(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA	Plano nº:	
Dibujado	20/07/2016	P.M	16-000-30-08	
TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR				
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°
Ref.:	Escala: 1:2			


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



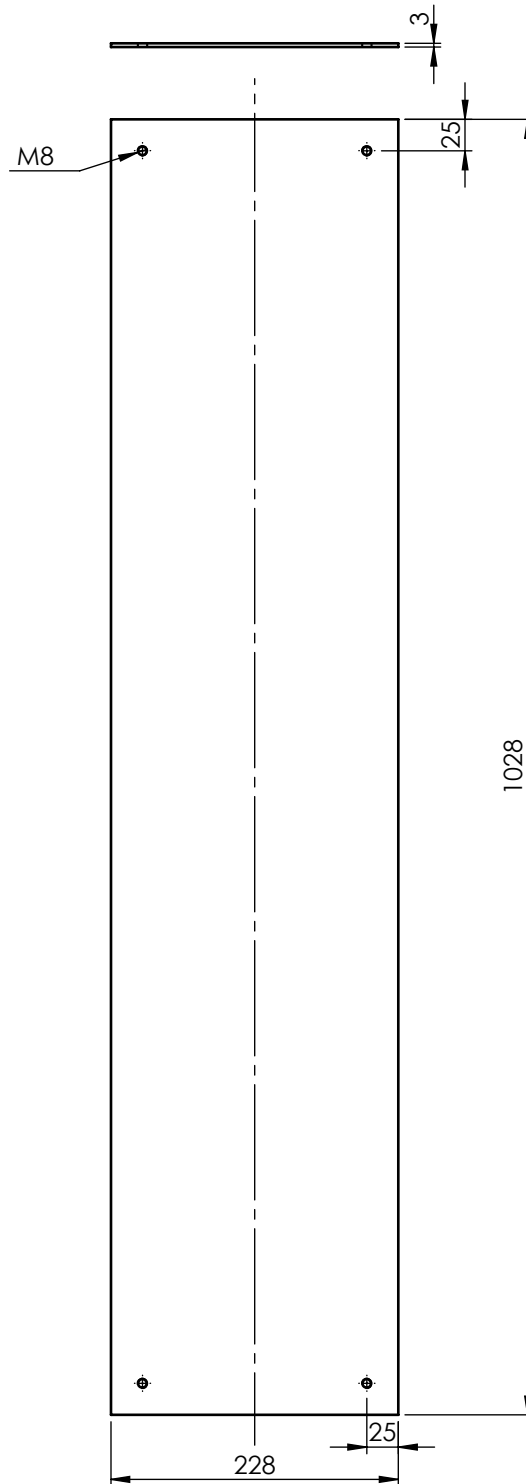
001	AISI 4140		-	-
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>		<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i> EJE SOPORTE IZQUIERDO				
<i>Conjunto:</i> 16-000-30-00				
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	<i>Plano nº:</i>	
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M	16-000-30-09	
TFEG DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APOORTE DE CALOR				
<i>Tolerancias generales DIN 7168 medio</i>	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	<i>Angulo</i> ±1°
<i>Ref.:</i>			<i>Escala:</i> 1:2	


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



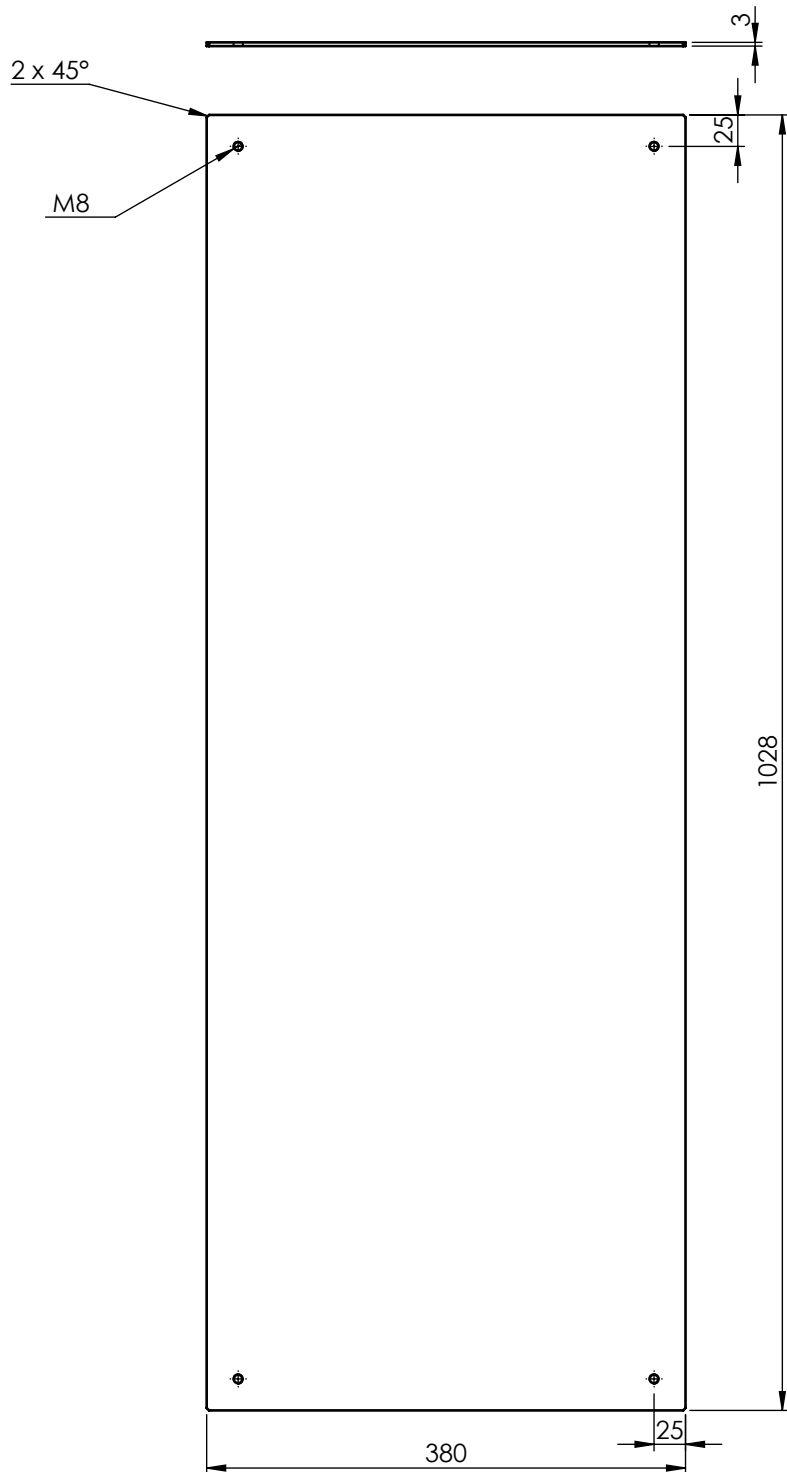
001	ACERO INOX AISI 304				
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>			<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i>	CHAPA ARMARIO				 <small>Universidad Politécnica de Valencia Instituto de Diseño y Fabricación</small>
<i>Conjunto:</i>	16-000-50-00 Armario				
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APOORTE DE CALOR		<i>Plano nº:</i>
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M			16-000-50-04
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°	<i>Ref.:</i>
					<i>Escala:</i> 1:6


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



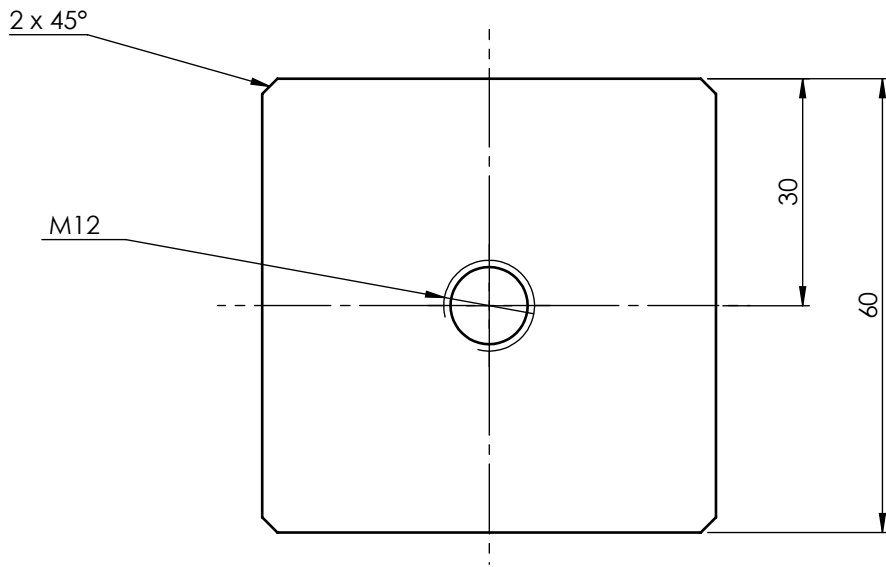
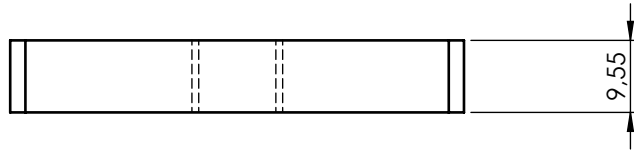
001	ACERO INOX AISI 304			
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>		<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i>	CHAPA ARMARIO			
<i>Conjunto:</i>	16-000-50-00			
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	Plano nº: 16-000-50-05 Ref.: Escala: 1:6	
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M		
TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APOORTE DE CALOR				
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°


NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



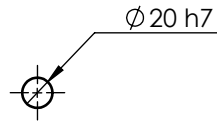
001	ACERO INOX AISI 304			
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>		<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i>	CHAPA ARMARIO			 <small>Unidad de Producción Nacional</small>
<i>Conjunto:</i>	16-000-50-00			
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M		
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6	>6 <30	>30 <120	<i>Plano nº:</i> 16-000-50-06
	±0.1	±0.2	±0.3	
		Angulo	<i>Ref.:</i>	<i>Escala:</i> 1:6
		±1°		

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



001	ACERO INOX AISI 304				
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>			<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>
<i>Denominación:</i>	PLETINA PATAS				
<i>Conjunto:</i>	16-000-50-00				
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR		<i>Plano nº:</i>
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M			<i>Ref.:</i>
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°	

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



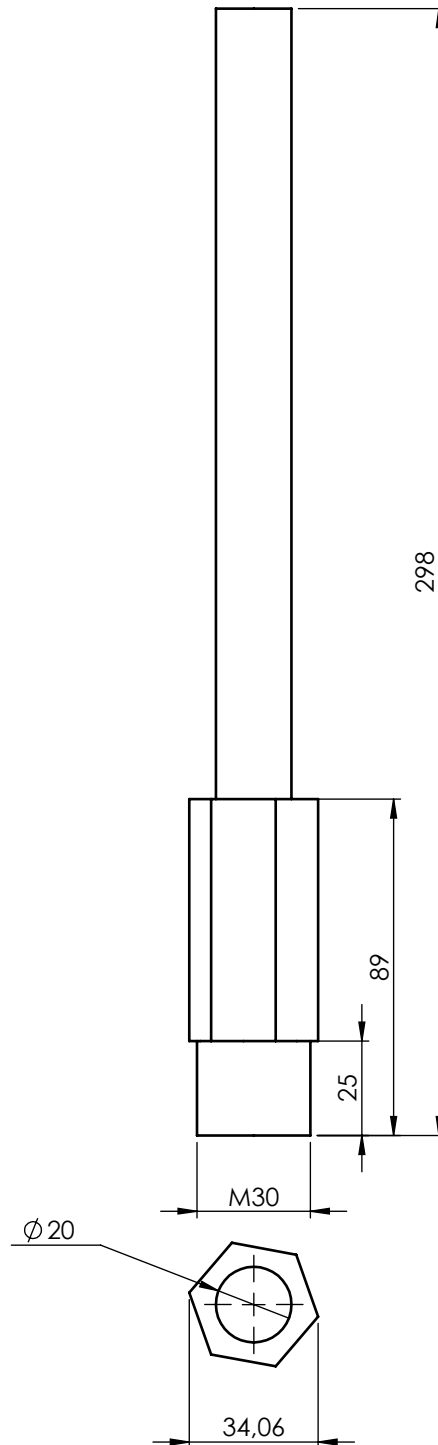
001	AISI 4140	-	-
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>

<i>Denominación:</i>	EJE SUPERIOR	
<i>Conjunto:</i>	16-000-60-00	

(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFEG DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	<i>Plano nº:</i>	16-000-60-00
<i>Dibujado</i>	20/07/2016	P.M		<i>Ref.:</i>	<i>Escala:</i> 1:5

Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6	>6 <30	>30 <120	Angulo
	±0.1	±0.2	±0.3	±1°

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



001	AISI 4140	-	-
Cantidad	Material	Tratamiento	Dureza

Denominación: EJE SUPERIOR VERTICAL

Conjunto: 16-000-60-00

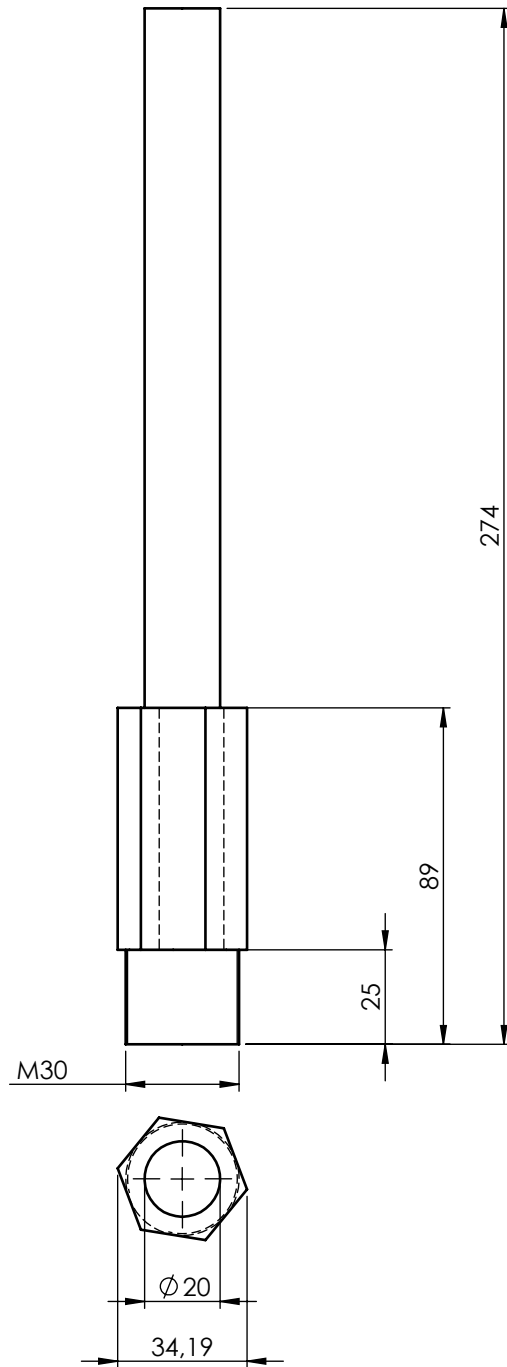


(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	Plano nº:
Dibujado	20/07/2016	P.M		16-000-60-01


Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6	>6 <30	>30 <120	Angulo
	±0.1	±0.2	±0.3	±1°

Ref.: Escala: 1:2

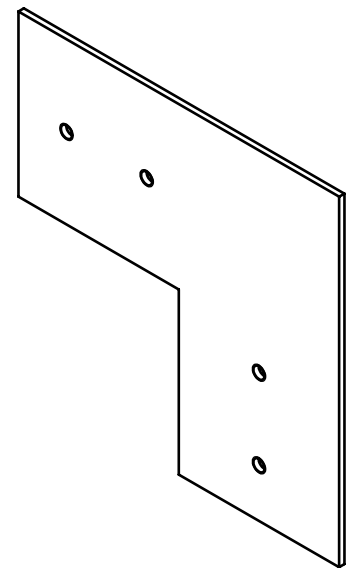
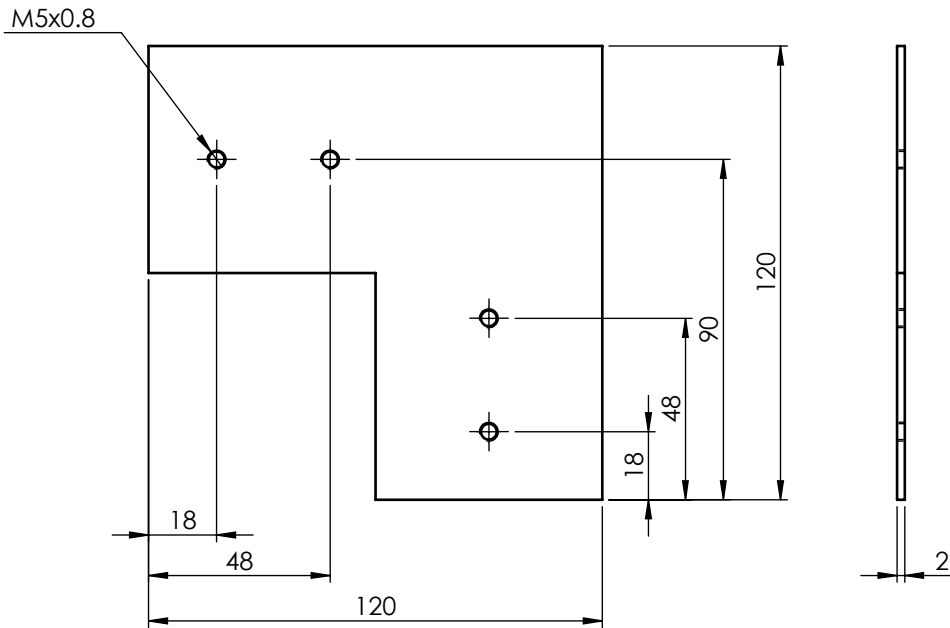
NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA




001	AISI 4140	-	-
Cantidad	Material	Tratamiento	Dureza

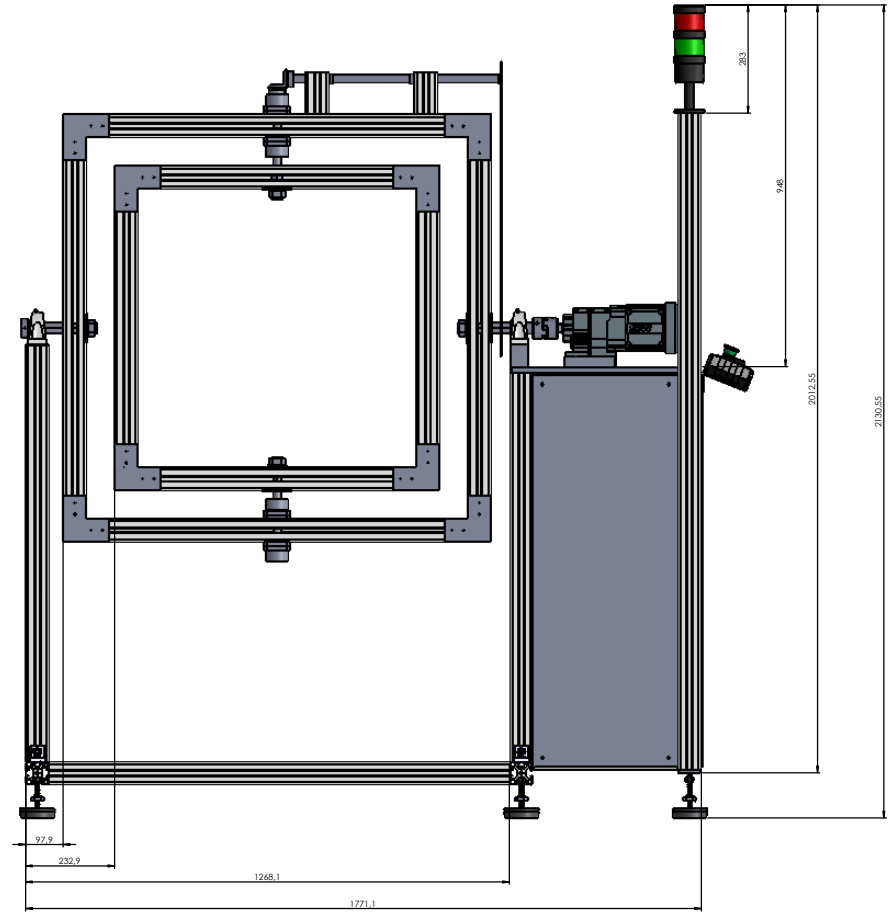
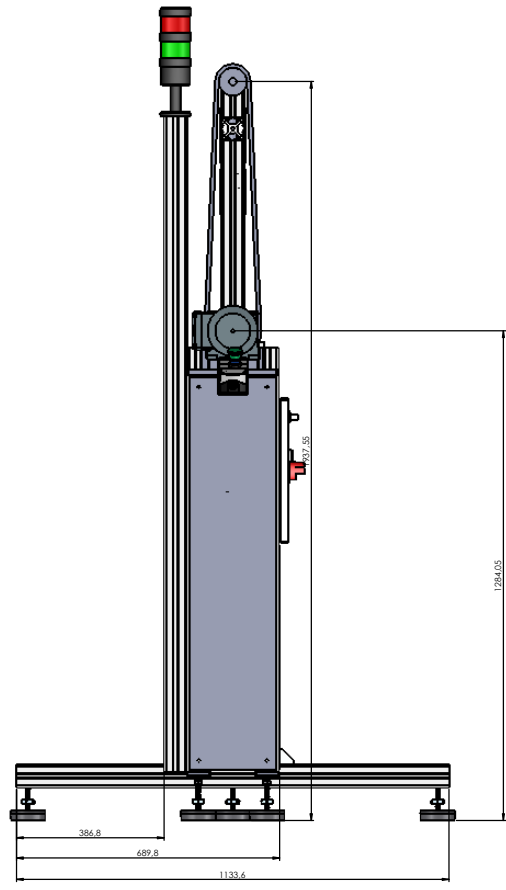
Denominación: EJE INFERIOR VERTICAL					
Conjunto: 16-000-60-00					
(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR	Plano nº: 16-000-60-02	
Dibujado	20/07/2016	P.M		Ref.:	Escala: 1:2
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°	

NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA



008	Acero inox AISI 304				
<i>Cantidad</i>	<i>Material</i>		<i>Tratamiento</i>	<i>Dureza</i>	
<i>Denominación:</i>	CHAPA ESQUINERA				
<i>Conjunto:</i>	16-000-10-000				
(7.3/3-Rev.0)	<i>FECHA</i>	<i>FIRMA</i>	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR		
<i>Dibujado</i>	12/07/2016	P.M			
Tolerancias generales DIN 7168 medio	s <6	>6 <30	>30 <120	Angulo	<i>Plano nº:</i> 16-10-05 <i>Ref.:</i> <i>Escala:</i> 1:1
	±0.1	±0.2	±0.3	±1°	

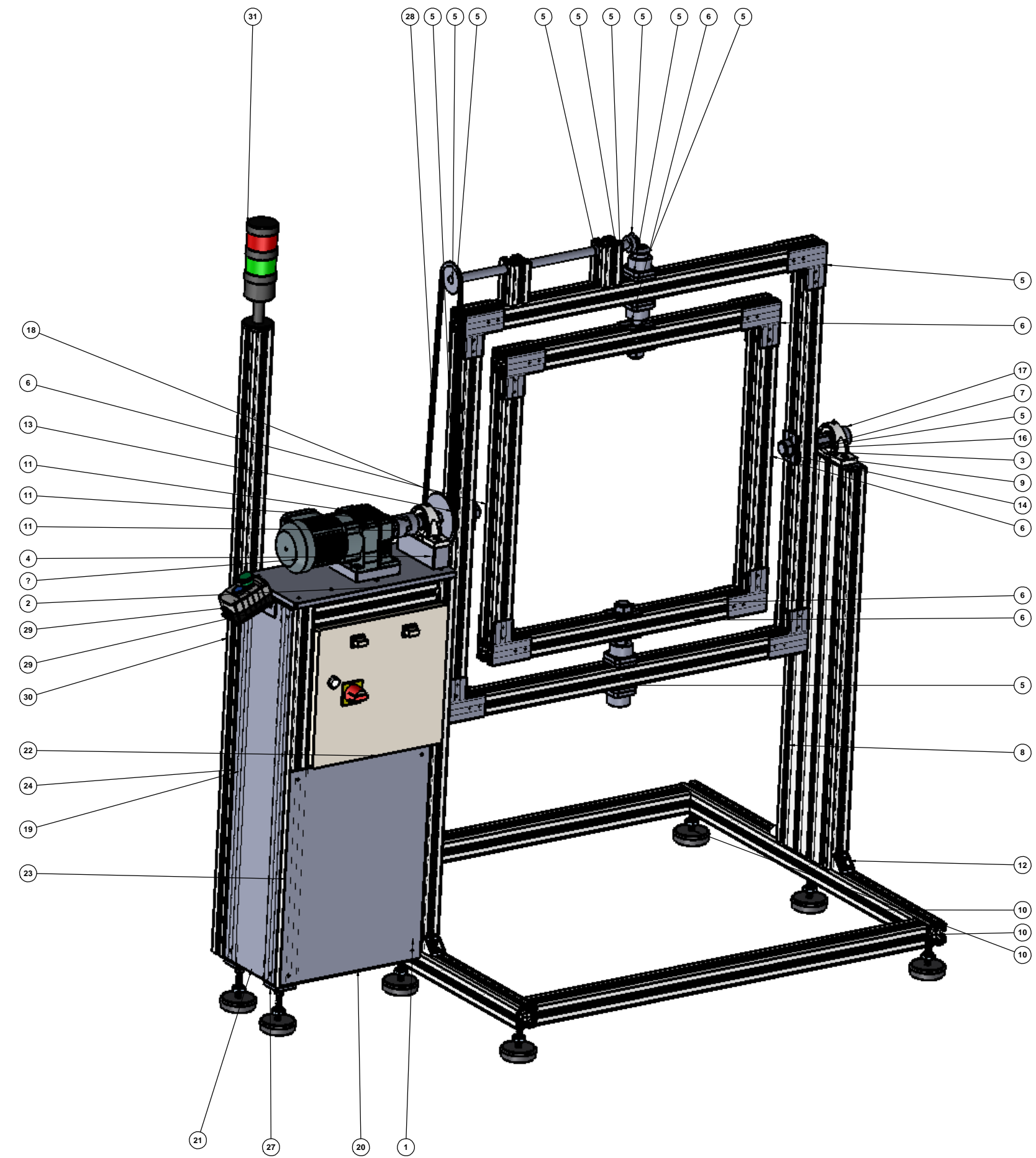
NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA
1				
2				



Cantidad	Material	Tratamiento	Dimens
Denominación: ENSAMBLAJE FINAL MÁQUINA MEDIDAS GENERALES			
Conjunto: CONJUNTO FINAL			
Fecha:	29/07/2016	Firma:	P.M.
Título: TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR			Plano nº: 16-000-00-000
Escala: 1:7			Ref: 1/2



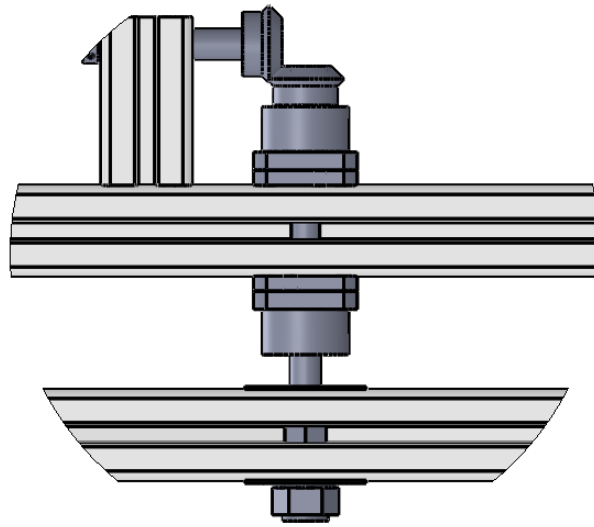
NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCIÓN MODIFICACION	FECHA	FIRMA
1				
2				



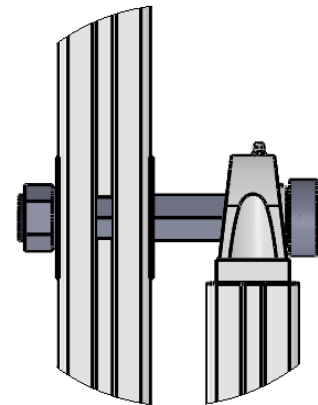
N.º DE ELEMENTO	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD
1	16-000-30-01	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
2	16-000-30-02	PIEZA DESDE PLANO	-	1
3	UCP206J	RODAMIENTO	MISUMI	2
4	16-000-30-03	PIEZA DESDE PLANO	-	1
5	16-000-10-00	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
6	16-000-20-00	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
7	16-000-30-04	PIEZA DESDE PLANO	-	4
8	16-000-30-05 Pata izquierda	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
9	16-000-30-06 Superior perfil	PIEZA DESDE PLANO	-	1
10	16-000-40-00	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
11	CP.JLW95-28-28_2.03 acoples ejes	ACOPLES EJES	MISUMI	1
12	5330	ESCUADRA COMERCIAL	FASTEN	4
13	16-000-30-08 eje 1	PIEZA DESDE PLANO	-	1
14	TUERCA M30	TUERCA COMERCIAL	FASTENEX	2
15	arandela M30	ARANDELA COMERCIAL	FASTENEX	3
16	16-000-30-09 eje 2	PIEZA DESDE PLANO	-	1
17	collar para eje M30	COLLAR COMERCIAL	MISUMI	1
18	Plato z32 DIN 8187	PLATO COMERCIAL	S.G.T	1
19	16-000-50-01	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	2
20	16-000-50-02	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	5
21	16-000-50-03	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	2
22	Armario 400x300x150	ARMARIO COMERCIAL	ELDON	1
23	16-000-50-04	PIEZA DESDE PLANO	-	1
24	16-000-50-05	PIEZA DESDE PLANO	-	1
25	16-000-50-06	PIEZA DESDE PLANO	-	1
26	18 Pata	PATA COMERCIAL	EGAÑA	2
27	16-000-50-07	PIEZA DESDE PLANO	-	2
28	cadena DIN 8187	CADENA COMERCIAL	S.G.T	1
29	chapa-botón 2pm	PIEZA DESDE PLANO	-	1
30	16-000-50-09 soporte baliza	ESTRUCTURA DESDE PLANO	-	1
31	Baliza Telemecanique (Rojo + Verde)	Telemecanique		1
32	R17DR3M4d6666396-51a1-44ac-8624-2fedc9ca36f2_4.0	MOTOR ELÉCTRICO	SEW EURODRIVE	1
33	16-000-30-10 base motor	PIEZA DESDE PLANO	-	1

Cantidad	Materia	Tratamiento	Dureza
Denominación: ENSAMBLAJE FINAL MÁQUINA PARTES			
Conjunto: CONJUNTO FINAL			
(1/33 de 3)	FECHA	FIRMA	Plano nº:
Dibujado	20/07/2016	P.M	TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR
Escala: 1:7			Ref: 2/2

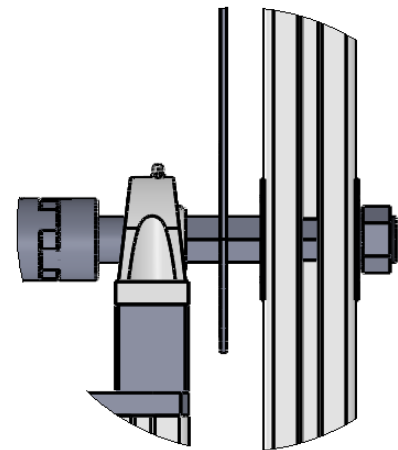
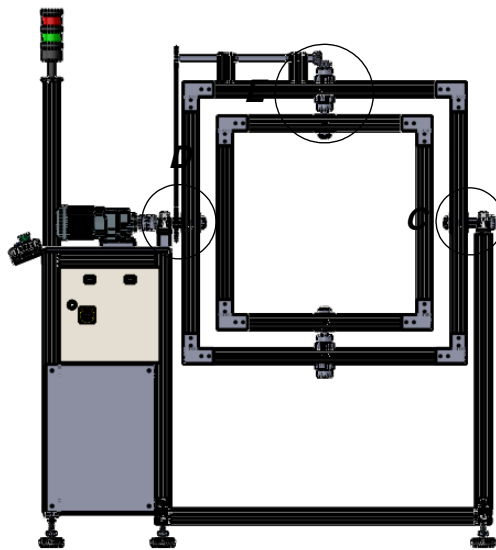
NIVEL	Nº MOD.	DESCRIPCION MODIFICACION	FECHA	FIRMA




DETALLE E
ESCALA 1 : 5



DETALLE C
ESCALA 1 : 5



DETALLE D
ESCALA 1 : 5

Cantidad	Material	Tratamiento	Dureza
Denominación: ENSAMBLAJE MÁQUINA VISTA DETALLE			
Conjunto: 16-000-30-000			
(7.3/3-Rev.0)	FECHA	FIRMA	Plano nº:
Dibujado	12/07/2016	P.M	16-000-35-010
Tolerancias generales DIN 7168 medio	<6 ±0.1	>6 <30 ±0.2	Ref.:
	>30 <120 ±0.3	Angulo ±1°	Escala: 1:2
TFG: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE ROTOMOLDEO SIN APORTE DE CALOR			

ANEXO II

LISTA DE MATERIALES DETALLADA

Materiales mecánicos

- Estructura según plano

Los precios de las estructuras según planos están estimadas, dependiendo estas del proveedor.

Cantidad	Referencia	Denominacion	Precio(€)/uni
1	16-000-11-00	Estructura marco exterior	60
1	16-000-21-00	Estructura marco interior	40
1	16-000-31-00	Estructura base	200

SUBTOTAL: 300€

- Piezas según plano

Los precios de las piezas según planas están estimadas, dependiendo estas del proveedor.

Cantidad	Referencia	Denominacion	Precio(€)/uni
1	16-000-30-02	Chapa soporte	50
1	16-000-30-03	Soporte UCP206J	10
8	16-000-30-04	Chapa presión eje	6
1	16-000-30-08	Eje 1	40
1	16-000-30-09	Eje 2	40
1	16-000-50-04	Chapa 1	12
1	16-000-50-05	Chapa 2	10
1	16-000-50-06	Chapa 3	10
2	16-000-50-07	Chapa 4	14
1	16-000-60-00	Eje horizontal superior	20
1	16-000-60-01	Eje superior vertical	25
1	16-000-60-02	Eje inferior vertical	25
8	16/10/2005	Esquinera	6

SUBTOTAL: 366€

- Elementos mecánicos comerciales

Cantidad	Referencia	Denominacion	Precio(€)/uni	Proveedor
2	UCP206J	Rodamiento Pillow Blocks	17	MISUMI
1	CPJLW95-28-28_2_03	Acoples eje	40	MISUMI
4	5330	Escuadra	6	FASTEN
2	T M30	Tuerca	4	FASTENEX
3	A 30	Arandela	3	FASTENEX
1	CC M30	Collar para eje	8	MISUMI
1	Plato z32 DIN 8187	Plato	24	S.G.T
8	1B	Pata	11	Egaña
1	Cadena DIN 8187	Cadena	24	S.G.T
1	Piñón 18	Piñón	20	S.G.T
2	c 20-24-60	Cojinete	5	AMES
6	brw20-set-2-03	Rodamiento eje	25	MISUMI

SUBTOTAL: 439 €

Materiales eléctricos

- Elementos eléctricos

Cantidad	Referencia	Denominacion	Precio(€)/uni	Proveedor
1	R17DR63M4	Motor trifásico	600	SEW Eurodrive
1	VT22	Variador	340	POWTECH
1	A medida	Armario eléctrico	150	ELDON
1	Rojo+verde	Baliza	80	TELEMECANIQUE

SUBTOTAL: 1170 €

Sumatorio de subtotales:

- Estructura según plano
- Piezas según plano
- Elementos mecánicos comerciales
- Elementos eléctricos

Precio total de la lista de materiales: 2.275€