



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Mecánica

**Diseño de una centrifugadora para
obtención de plancha de poliuretano**

Autor:

Puerto Moreda, Rubén

Tutor:

**Mostaza Fernández, Roberto
Departamento: CMeIM - Área de
Ingeniería Mecánica**

Valladolid, Enero 2015



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Mecánica

**Diseño de una centrifugadora para
obtención de plancha de poliuretano**

Autor:

Puerto Moreda, Rubén

Tutor:

**Mostaza Fernández, Roberto
Departamento: CMeIM - Área de
Ingeniería Mecánica**

Valladolid, Enero 2015

Resumen y palabras clave

Resumen

El presente proyecto trata del diseño y cálculo de los diferentes elementos que intervienen en el funcionamiento de una centrifugadora para la fabricación de planchas de poliuretano. Se explicarán las diferentes soluciones propuestas para el diseño de la bancada, el sistema de transmisión del movimiento, los tipos de apoyos que se usarán dependiendo de la función que desempeñen etc.

También se incluyen todos los cálculos que han sido necesarios para posteriormente dimensionar las distintas partes de la centrifugadora, como es el caso del aislante térmico, eje del tambor, chavetas, correas etc. Por otro lado, se pone en práctica el uso de catálogos de fabricantes del elemento de estudio basando nuestra elección en cálculos que quedan reflejados en la memoria de dicho proyecto.

Palabras clave

- Centrifugadora
- Plancha
- Poliuretano
- Elastómero
- Curado

ÍNDICE

1. Introducción y objetivos.....	1
2. Poliuretano.....	3
2.1. Historia del poliuretano.....	3
2.2. Usos y aplicaciones	5
2.3. Propiedades	6
2.4. Química.....	7
2.5. Materias primas.....	9
2.5.1. Isocianato.....	9
2.5.2. Polioli.....	10
2.5.3. Extendedores de cadenas transversales y enlazadores...	10
2.5.4. Catalizadores.....	11
3. Memoria y cálculos.....	13
3.1. Bancada.....	13
3.2. Aislante térmico.....	15
3.3. Postizos.....	21
3.4. Ruedas de apoyo.....	22
3.5. Apoyos centrifugadora.....	23
3.6. Eje del tambor.....	24
3.7. Velocidad de giro del tambor.....	32
3.8. Transmisión del movimiento.....	33
3.9. Cálculo de chavetas.....	38
3.10. Poleas y correas.....	42
3.11. Rodamientos.....	45
3.12. Variador de velocidad.....	46
3.13. Seguridad.....	47
4. Proceso de fabricación.....	51
5. Estudio económico.....	57
5.1. Coste de los materiales.....	57
5.2. Coste de fabricación.....	58
5.3. Costes indirectos.....	58
5.4. Beneficio.....	59
5.5. Coste total.....	59
6. Conclusiones y líneas futuras.....	61

7. Bibliografía.....	63
7.1. Libros.....	63
7.2. Catálogos.....	63
7.3. Normas.....	63
8. Planos.....	65
9. Anexos.....	67

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS

1. Introducción y objetivos

El presente proyecto explica únicamente la parte mecánica de la fabricación, cálculo y montaje de una centrifugadora para la obtención de planchas de poliuretano. Se trata de un proceso en el que añadiendo a un tambor centrífugo los productos adecuados, en unas condiciones específicas y haciéndolo girar a una velocidad determinada, se consiguen cilindros de poliuretano de un determinado espesor que posteriormente son cortados y estirados obteniendo el producto deseado.

Una vez obtenidas las planchas, estas podrán ser mecanizadas y cortadas en función de su uso. Por ejemplo, pueden utilizarse como cuchillas de las quitanieves, como piezas mecanizadas que tengan que ser de este material debido al medio en el que trabajen, como elemento de defensa de embarcaciones marinas (sirviendo de protección al choque contra muros), en mesas de montaje, etc.

Se diseñará un tipo de estructura que sustente los diferentes componentes de la máquina y se realizará el cálculo de cada uno de ellos que bien se fabricarán, se seleccionarán de catálogos o bien serán elementos normalizados.

Como forma de representación visual, se ha realizado el diseño de la centrifugadora en un programa de diseño asistido por ordenador (CATIA) para facilitar la fabricación y la visión de la máquina en 3D.

Este estudio tiene como objetivos los siguientes aspectos:

- Fabricación de planchas de poliuretano de 2000 x 1000 x 20 mm. (Largo, ancho, espesor).
- Elaboración de una estructura resistente que sustente el tambor giratorio y el resto de elementos.
- Selección y cálculo de los elementos necesarios para obtener las condiciones de temperatura adecuadas durante el proceso de fabricación.
- Selección de un sistema de transmisión y adaptarlo al proceso.
- Selección de un sistema de apoyos que soporte tanto la estructura como el tambor giratorio.

Centrifugadora para plancha de poliuretano

POLIURETANO

2. Poliuretano.

Los poliuretanos, al igual que el resto de plásticos, son polímeros obtenidos a partir de la reacción de diisocianatos (diisocianato de metilendifenilo, MDI, o diisocianato de tolueno, TDI) con distintos polioles. En función del producto final, su formulación química puede contener otros compuestos como catalizadores, agentes de expansión e incluso piroretardantes. Las distintas combinaciones permiten fabricar una gama de productos como:

- espumas flexibles o rígidas
- espumas de revestimiento integral rígidas y flexibles
- elastómeros
- adhesivos
- recubrimientos
- sellantes

La densidad del producto está determinada por la cantidad de agente de expansión utilizado y la flexibilidad o rigidez por el tipo de polioles y diisocianatos empleados.

Mientras que la mayoría de los poliuretanos son polímeros termoestables que no se funden cuando se calientan, también están disponibles los poliuretanos termoplásticos.

En cuanto a su estructura; los poliuretanos son polímeros, que son cadenas de estructuras tridimensionales formadas por eslabones repetidos denominados monómeros. Estos monómeros están compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Para formar las cadenas, dichos eslabones se «polimerizan», es decir, se unen unos a otros.

Existen miles de polímeros tanto de origen natural como artificial. El primer polímero artificial fabricado fue la baquelita en 1909. En 1911 se fabricó la primera fibra polimérica artificial, el rayón. Otros polímeros comunes son la poliamida, la silicona, el polietileno, el polipropileno y el poliestireno.

2.1. Historia del poliuretano

Otto Bayer y sus colaboradores en Leverkusen, Alemania, hicieron por primera vez en 1937 poliuretanos. Los nuevos polímeros tienen algunas ventajas sobre los plásticos existentes que fueron hechas por polimerización de

olefinas, o por policondensación, y que no fueron cubiertos por las patentes obtenidas por Wallace Carothers de poliésteres.

El trabajo inicial se centró en la producción de fibras y espumas flexibles en la aplicación como recubrimiento de aviones durante la Segunda Guerra Mundial. Los poliisocianatos se empezaron a comercializar en 1952 y la producción de espuma de poliuretano flexible comenzó en 1954 con diisocianato de tolueno y polioles de poliéster. Estos materiales también fueron utilizados para producir las espumas rígidas, de caucho goma y elastómeros.

En 1956 DuPont introdujo polioles de poliéter, específicamente poli glicol y BASF y Dow Chemical empezaron a vender glicoles de polialquileno en 1957. El polirol de poliéter era más barato, más fácil de manejar y más resistente al agua que los polioles de poliéster, y se hizo más popular.

En 1960 se produjeron más de 45.000 toneladas métricas de espumas flexibles de poliuretano. La disponibilidad de agentes de soplado clorofluoroalcano, polioles de poliéter de bajo costo, y de metileno difenil diisocianato permite espumas rígidas de poliuretano para ser usados como materiales de aislamiento de alto rendimiento.

En 1967, se introdujeron uretano modificados espumas rígidas de poliisocianurato, ofreciendo aún mejor estabilidad térmica y resistencia a la inflamabilidad. Durante la década de 1960, los componentes de seguridad interior de los automóviles tales como instrumentos y paneles de las puertas fueron producidos por vuelta de llenado de pieles termoplásticas con espuma semi-rígida.

En 1969, Bayer exhibió un coche completamente plástico en Düsseldorf, Alemania. Partes de este coche, como los paneles de la carrocería se han fabricado utilizando un nuevo proceso llamado RIM, moldeo por inyección reactiva en la que los reactivos se mezclan y a continuación, se inyecta en un molde. La adición de cargas, tales como vidrio molido, mica, y fibras minerales procesadas dio lugar al reforzado RIM, que proporciona mejoras en el módulo de flexión, la reducción en el coeficiente de expansión térmica y estabilidad térmica.

Esta tecnología se utiliza para hacer el primer automóvil con cuerpo de plástico en los Estados Unidos, el Pontiac Fiero, en 1983. Los nuevos aumentos en la rigidez se obtuvieron mediante la incorporación de esteras de vidrio pre-colocados en la cavidad de moldeo RIM, también conocido ampliamente como el moldeo por inyección de resina o RIM estructurales.

Las espumas de poliuretano se utilizan ahora en las aplicaciones de filtros de aceite de alta temperatura. La espuma de poliuretano se hace a veces, con el uso de pequeñas cantidades de agentes de soplado de espuma siendo menos denso y con una mejor absorción de amortiguación/energía o aislamiento térmico.

A principios de 1990, debido a su impacto en la reducción del ozono, el Protocolo de Montreal limita el uso de muchos agentes espumantes que contienen cloro, tales como triclorofluorometano. A finales de 1990, el uso de agentes espumantes, tales como bióxido de carbono, pentano, tetrafluoroetano y pentafluoropropano se utiliza ampliamente en América del Norte y la Unión Europea.

En la década de 1990 se utilizó el poliuretano de dos componentes y el híbrido de poliuretano elastómeros de poliurea en aplicaciones marinas militares para la Marina de los EE.UU.. Un poliuretano de un componente se especifica como recubrimientos de alta durabilidad de la cubierta bajo la norma MIL-PRF-32171 para la Marina de los EE.UU. Esta técnica para el recubrimiento crea un compuesto duradero resistente a la abrasión con el sustrato metálico, y elimina la corrosión y fragilidad asociada con la gota en revestimientos de cama termoplásticos.

Los crecientes costos de las materias primas petroquímicas y un deseo público mejorado para los productos respetuosos del medio ambiente verdes levantaron interés en polioles derivados de aceites vegetales. Uno de los partidarios más acérrimos de estos poliuretanos hechos usando polioles naturales de petróleo es la Ford Motor Company.

2.2. Usos y aplicaciones

Los poliuretanos se utilizan en la fabricación de: asiento flexible de espuma de alta resiliencia; paneles de aislamiento de espuma rígida de espuma microcelular, sellos y juntas, las ruedas y los neumáticos elastoméricos duraderos; bujes de suspensión automotriz; compuestos de encapsulado eléctricos; adhesivos de alto rendimiento; revestimientos de superficies y selladores de superficie; fibras sintéticas; refuerzo de las alfombras, piezas de plástico duro, las mangueras y las ruedas del patín.

La aplicación de espuma de poliuretano in-situ por sistema spray no sólo brinda una excelente aislación térmica y anticondensante, sino también una perfecta impermeabilización. Esto se debe a que el 90% de las celdas

son cerradas y actúan como una barrera continua a la penetración del agua.

Mientras que en las cubiertas planas convencionales es preciso instalar por superposición gran número de capas, con diversas funciones para cada una, en los recubrimientos por proyección se utiliza, en principio, solo un material, que por su resistencia mecánica y su adherencia sobre toda la superficie, mejora la rigidez estructural de todo tipo de tejado. Este sistema tiene especial importancia para el saneamiento y la renovación de la protección termohidrófuga de techados deteriorados, como así también para edificaciones nuevas de hormigón o chapa.

El inconveniente principal que tienen las espumas de poliuretano, es que son degradadas por los rayos ultravioletas, por lo cual no pueden quedar expuestas a la radiación solar, debiendo ser protegidas de los mismos en el caso de aplicaciones exteriores.

2.3. Propiedades

- Posee un coeficiente de transmisión de calor muy bajo, mejor que el de los aislantes tradicionales, lo cual permite usar espesores mucho menores en aislaciones equivalentes.
- Mediante equipos apropiados se realiza su aplicación "in situ" lo cual permite una rápida ejecución de la obra consiguiéndose una capa de aislación continua, sin juntas ni puentes térmicos.
- Su duración, debidamente protegida, es indefinida.
- Tiene una excelente adherencia a los materiales normalmente usados en la construcción sin necesidad de adherentes de ninguna especie.
- Tiene una alta resistencia a la absorción de agua.
- Muy buena estabilidad dimensional entre rangos de temperatura desde -200 °C a 100 °C.
- Refuerza y protege a la superficie aislada.
- Dificulta el crecimiento de hongos y bacterias.
- Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, agua dulce y salada, hidrocarburos, etc.

- Difícilmente inflamable.

Propiedades mecánicas de los poliuretanos:

Las propiedades mecánicas dependen de la medida de su peso volumétrico; a medida que este aumenta, aumenta su propiedad de resistencia. Los pesos volumétricos más usuales (en espumas) se hallan comprendidos entre 30 y 100 $\frac{Kg}{m^3}$ dentro de estos límites se obtienen los siguientes valores:

- Resistencia a la tracción entre 3 y 10 $\frac{Kp}{cm^2}$
- Resistencia a la compresión entre 1,5 y 9 $\frac{Kp}{cm^2}$
- Resistencia al cizallamiento entre 1 y 5 $\frac{Kp}{cm^2}$
- Módulo de elasticidad entre 40 y 200 $\frac{Kp}{cm^2}$

2.4. Química.

Los poliuretanos se producen haciendo reaccionar un isocianato que contiene dos o más grupos isocianatos por molécula ($n = 2$) con un poliol que contiene, en promedio, dos o más grupos hidroxilo por molécula, en presencia de un catalizador.

Las propiedades de un poliuretano están muy influidas por los tipos de isocianatos y polioles utilizados en su elaboración. Los segmentos flexibles aportados por el poliol dan polímero suave y elástica. Altas cantidades de reticulación dan polímeros duros o rígidos. Largas cadenas y bajo grado de reticulación dan un polímero que es muy elástico. Cadenas cortas con una gran cantidad de enlaces cruzados producen un polímero duro, mientras que las cadenas largas y reticulación intermedia dan un polímero útil para la toma de espuma.

La reticulación presente en poliuretanos significa que el polímero consiste en una red tridimensional y el peso molecular es muy alto. En algunos aspectos, una pieza de poliuretano puede ser considerada como una molécula gigante. Como consecuencia de esto es que los poliuretanos típicos no se ablandan o funden cuando se calientan, es decir, son polímeros termoestables. Las elecciones disponibles para los isocianatos

y polioles, además de otros aditivos y condiciones de procesamiento permiten obtener poliuretanos de muy amplia gama de propiedades que los convierten en tales polímeros ampliamente usados.

Los isocianatos son materiales muy reactivos. Esto los hace útiles en la fabricación de polímeros pero también requiere un cuidado especial en el manejo y uso. La mayor parte de los isocianatos son difuncional, es decir, tienen exactamente dos grupos isocianato por molécula.

Los polioles son polímeros y tienen un promedio de dos o más grupos hidroxilo por molécula. Los polioles de poliéter son en su mayoría la polimerización de óxido de etileno y óxido de propileno. Los polioles de poliéster se hacen de manera similar a polímeros de poliéster.

Los polioles utilizados para fabricar poliuretanos no son compuestos "puros" ya que a menudo son mezclas de moléculas similares con diferentes pesos moleculares y las mezclas de moléculas que contienen diferentes números de grupos hidroxilo, por lo que la "funcionalidad media" se menciona a menudo.

Si el agua está presente en la mezcla de reacción, el isocianato reacciona con el agua para formar un enlace de urea y gas de dióxido de carbono y el polímero resultante contiene tanto enlaces urea y uretano. Esta reacción se conoce como la reacción de soplado y es catalizada por aminas terciarias como bis-éter.

Uno de los atributos más deseables de poliuretanos es su capacidad de ser convertido en espuma. Haciendo una espuma requiere la formación de un gas al mismo tiempo que la polimerización de uretano se está produciendo. El gas puede ser dióxido de carbono, ya sea generada por reacción de isocianato con agua o añadido como un gas o producidos por líquidos volátiles de ebullición. En este último caso, el calor generado por la polimerización hace que los líquidos se evaporen.

Los tensioactivos se usan en las espumas de poliuretano para emulsionar los componentes líquidos para regular el tamaño de la célula, y estabilizar la estructura celular para evitar el colapso y los defectos superficiales.

Tensioactivos de espuma rígida están diseñados para producir células muy finas y un muy alto contenido de células cerradas.

Tensioactivos de espuma flexibles están diseñados para estabilizar la masa de reacción, mientras que al mismo tiempo maximizar contenido de celdas abiertas para evitar que la espuma se encojan.

Una espuma aún más rígida se puede hacer con el uso de catalizadores de trimerización de la especialidad que crean estructuras cíclicas dentro de la matriz de la espuma, dando una estructura más fuerte, más estable térmicamente, designado como espumas de poliisocianurato. Estas propiedades son deseables en los productos de espuma rígida utilizados en el sector de la construcción.

El control cuidadoso de las propiedades viscoelásticas - mediante la modificación de los catalizadores y polioles utilizados puede conducir a una espuma, que es mucho más suave a la temperatura de la piel a temperatura ambiente.

Las espumas pueden ser ya sea "celda cerrada", donde la mayoría de las burbujas o celdas originales permanecen intactos, o "célula abierta", donde las burbujas se han roto pero los bordes de las burbujas son lo suficientemente rígido para mantener su forma.

Las espumas de celda abierta se sienten suaves y permiten al aire fluir a través de lo que son cómodos cuando se utiliza en colchones o cojines de los asientos. Las de celda cerrada se utilizan como aislante térmico, por ejemplo en refrigeradores.

Espumas microcelulares son materiales elastómeros resistentes utilizados en los revestimientos de volantes de coches o suelas de zapatos.

2.5. Las materias primas.

Los principales ingredientes para hacer un poliuretano son isocianatos y polioles. Se añaden otros materiales para ayudar a procesar el polímero o para cambiar las propiedades del polímero como lo extendedores de cadena transversal y enlazadores y catalizadores.

2.5.1. Isocianato.

Los isocianatos más utilizados en la industria son los diisocianatos, de los cuales los más comunes son:

- Toluen diisocianato (TDI)
- Difenilmetano diisocianato (MDI)
- Hexametilen diisocianato (HDI)

- Naftalen diisocianato (NDI)
- Isoforona diisocianato (IPDI)

TDI y MDI son generalmente menos costosos y más reactivos que otros isocianatos. Ellos se utilizan para hacer espumas flexibles y elastómeros de espuma rígida. Los isocianatos pueden ser modificados y reaccionar parcialmente con polioles o la introducción de algunos otros materiales para reducir la volatilidad de los isocianatos, disminuir sus puntos de congelación para hacer más fácil su manipulación o para mejorar las propiedades de los polímeros finales.

Isocianatos alifáticos y cicloalifáticos se utilizan en volúmenes más pequeños, más a menudo en los revestimientos y otras aplicaciones donde el color y la transparencia son importantes. Los poliuretanos a base de isocianatos aromáticos tienden a oscurecerse con la exposición a la luz. Los isocianatos alifáticos y cicloalifáticos más importante son diisocianato de 1,6-hexametileno, 1-isocianato-3-isocianatometil-3 ,5,5-trimetil-ciclohexano, y 4,4 '-diisocianato de dicitlohexilmetano,

2.5.2. Polioli.

Aunque el altamente reactivo grupo de isocianato es la característica única de la tecnología de poliuretano, es el polioli el que en gran parte determina las propiedades del polímero de poliuretano final. Las amplias gamas de tipos de polioles que están disponibles para la industria de poliuretanos explican por qué se han convertido en la familia más versátil de los materiales plásticos.

Un factor importante en la elección del polioli de poliuretano para una aplicación, aparte de su efecto técnico, es el costo. El polioli seleccionado debe ser competitivo con otros polioles y también permitir que el producto de poliuretano final también sea económicamente competitivo con otros materiales según su aplicación.

2.5.3. Los extendedores de cadena transversales y enlazadores.

Los extendedores de cadena y agentes de reticulación de bajo peso son hidroxilo y amina compuestos moleculares terminados que juegan un papel importante en la morfología del polímero de poliuretano, fibras de elastómeros, adhesivos, y cierta piel integral y espumas microcelulares.

Las propiedades elastoméricas de estos materiales se derivan de la separación de fases de los segmentos de copolímero duros y blandos de

polímero, de manera que los dominios de segmento duro de uretano sirven como enlaces cruzados entre los dominios de segmento blando de poliéter amorfos. Esta separación de fases se produce debido a que los segmentos sobre todo no polar, de bajo punto de fusión suave son incompatibles con los segmentos polares, alto punto de fusión duros.

Los segmentos blandos, que se forman a partir de polioles de alto peso molecular, son móviles y normalmente se presentan en la formación en espiral, mientras que los segmentos duros, que se forman a partir del isocianato y extensores de cadena, son rígidos e inmóviles. Debido a que los segmentos duros están acoplados covalentemente a los segmentos blandos, que inhiben el flujo plástico de las cadenas de polímero, creando de este modo la resistencia elástica del material.

La elección del extendedor de cadena también determina la flexión, el calor, y propiedades de resistencia química. Los prolongadores de cadenas más importantes son etilenglicol, 1,4 butanodiol, 1,6-hexanodiol, ciclohexano dimetanol hidroquinona y el éter bis.

2.5.4. Catalizadores.

Catalizadores de poliuretano se pueden clasificar en dos grandes categorías: compuestos de amina y los complejos de metal.

Los catalizadores de amina tradicionales han sido aminas terciarias tales como trietilendiamina, dimetilciclohexilamina, y dimetiletanolamina. Las aminas terciarias se seleccionan en función de si se conduce la reacción de uretano, la reacción de urea, o la reacción de trimerización de isocianato. Los catalizadores que contienen un grupo hidroxilo o amina secundaria, que reaccionan en la matriz polimérica, pueden reemplazar a los catalizadores tradicionales, reduciendo de este modo la cantidad de amina que puede salir del polímero.

Los compuestos metálicos basados en mercurio, plomo, estaño, bismuto y zinc se utilizan como catalizadores de poliuretano. Carboxilatos de mercurio, son catalizadores particularmente eficaces para elastómero de poliuretano, recubrimiento y aplicaciones de sellado.

El catalizador no sólo afecta a la velocidad de propagación y al grado de entrecruzamiento, si no que también afecta a las propiedades finales del polímero, ya que permite que se complete la reacción, y en consecuencia se produzca un “curado” adecuado del polímero.

Centrifugadora para plancha de poliuretano

MEMORIA Y CÁLCULOS

3. Memoria y cálculos

El presente trabajo trata el diseño de una centrifugadora para la fabricación de planchas de poliuretano. El proceso de fabricación es sencillo: se introduce en el tambor el poliol y el isocianato en la proporción adecuada y mediante la rotación se genera una lámina de poliuretano de un determinado espesor que una vez extraída se cortará y se estirará en una mesa.

El tambor se fabricará de un acero inoxidable debido a que este va a estar sometido a productos químicos y a una serie de reacciones. Esto requiere la selección de un acero que soporte los procesos de corrosión, además el acero inoxidable posee un peso específico menor a otros aceros convencionales lo que favorece la fabricación de un tambor menos pesado.

3.1. Bancada

La bancada será la estructura que sustente todos los elementos que formarán la centrifugadora. Su diseño se basa en un conjunto de perfiles cuadrados huecos de 100mm de lado y 3mm de espesor soldados entre si, formando una estructura resistente como la que se muestra en la Figura 1.

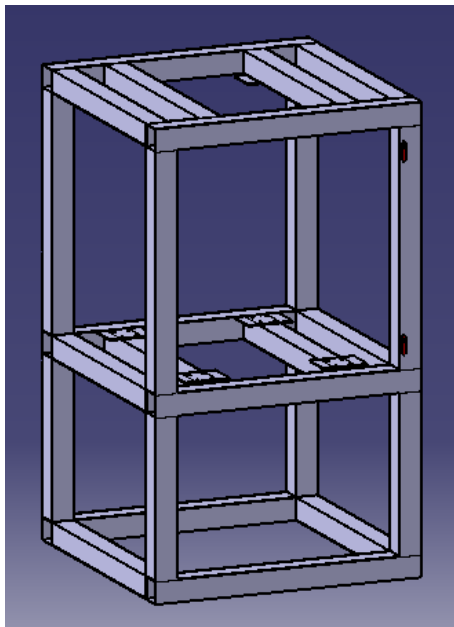


Figura 1. Bancada

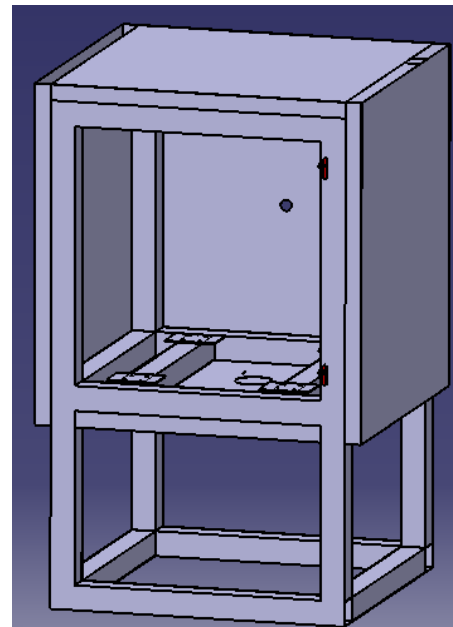


Figura 2. Bancada con alojamiento para aislante

La parte superior de la bancada va a estar rodeada por aislante, por lo tanto, existe un hueco delimitado por chapa de acero de 1mm de espesor (ver Figura 2) para que en su interior se introduzca el aislante en estado líquido. Este espumará y quedará un aislamiento adecuado del horno donde se alojará el tambor para la fabricación de las planchas. La bancada tendrá una serie de taladros y pletinas soldadas que luego tendrán su uso correspondiente (como es el caso de las 8 pletinas sobre las que se sujetarán los postizos que a su vez servirán de base para las ruedas de apoyo). Ver Figura 3.

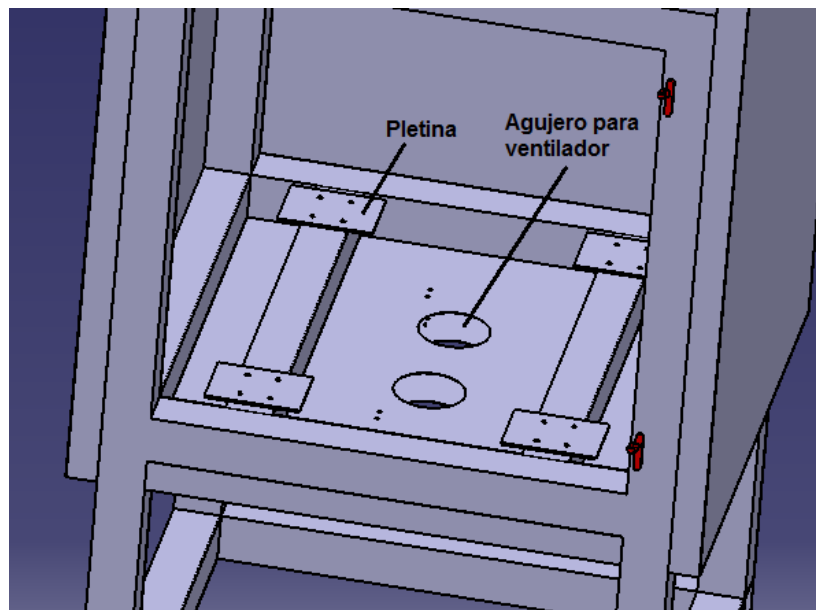


Figura 3. Detalles de la bancada

La bancada también tendrá dos agujeros donde se colocarán los ventiladores (Figura 3) que moverán el aire en el interior del horno.

En la parte trasera de la bancada se han colocado cuatro pletinas sobre las que irán apoyadas las mesas que sustentarán los diversos elementos que se explicarán posteriormente (ver Figura 4 y 5). Dos de ellas poseen un taladro rasgado para que una de las mesas pueda desplazarse verticalmente. También se observa un taladro por el cual pasará el eje que transmitirá el movimiento al tambor de la centrifugadora.

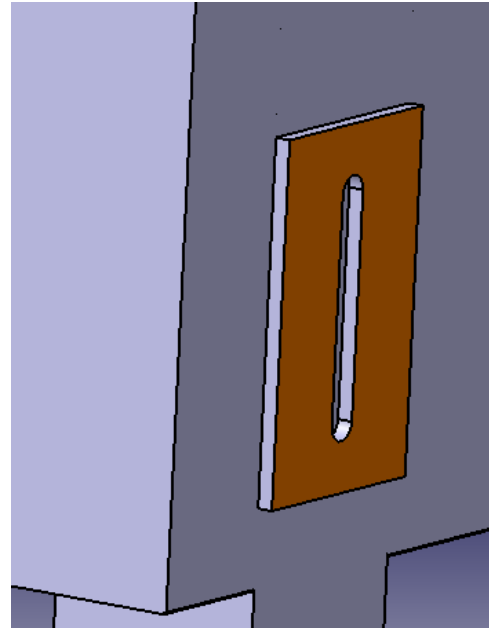
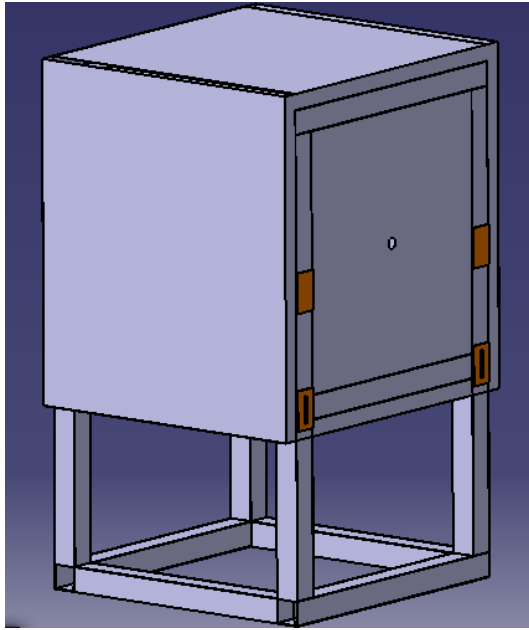


Figura 4. Parte trasera de la bancada. Figura 5. Detalle taladro rasgado.

3.2. Aislante térmico

El tambor estará encerrado en el interior de un horno. Nuestro proceso de fabricación va a requerir de un sistema de calentamiento debido a que en el caso de que el tambor y su atmósfera se encuentren a la temperatura ambiental, se aceleraría el proceso de reacción quedando una mezcla no adecuada. Para ello se montará una resistencia que aportará el calor y dos ventiladores que moverán el aire del interior del horno para tener una atmósfera homogénea.

La temperatura que buscaremos será aproximadamente de 80°C. Tanto la resistencia como los ventiladores se colocarán en la parte inferior del horno para favorecer las corrientes de calor por convección de aire caliente. Se ha elegido un montaje como el que se muestra en la Figura 6 donde la resistencia eléctrica queda colocada sobre los ventiladores para que el aire que estos muevan pase obligatoriamente por el elemento calefactor y se caliente.

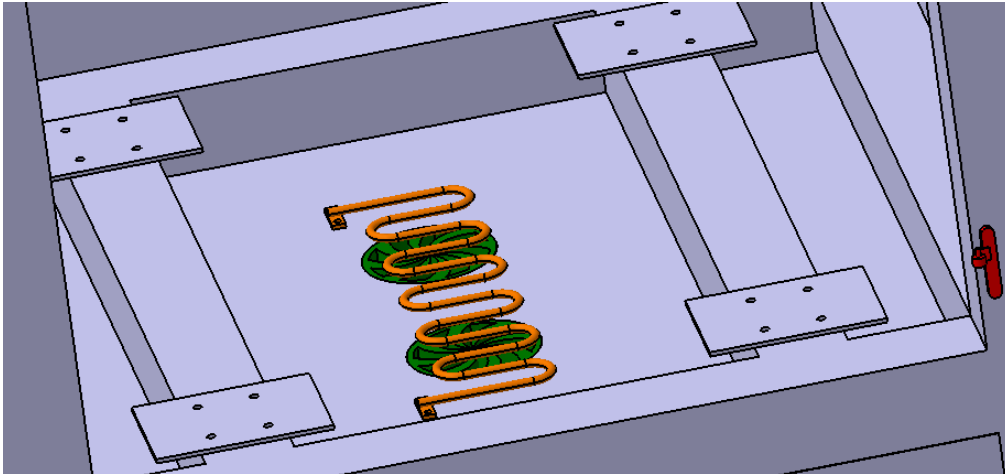


Figura 6. Detalle de ventiladores y resistencia.

El cálculo que realizaremos posteriormente será el espesor de aislante necesario para mantener el horno en unas condiciones adecuadas.

A modo de estudio se va a hacer una comparación del uso de dos aislantes diferentes y determinar que nos resulta más favorable para el proyecto. Estos dos materiales serán lana de roca y poliuretano.

Las paredes del “horno” (Figura 7) van a estar formadas por 3 elementos: dos chapas de metal y un aislante (Figura 8).

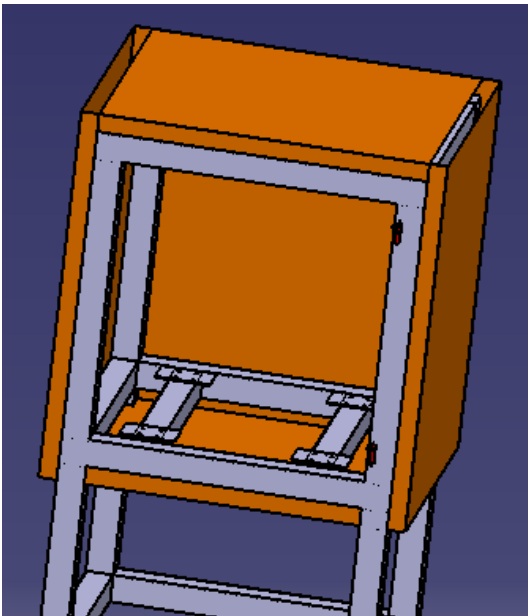


Figura 7. Paredes del horno

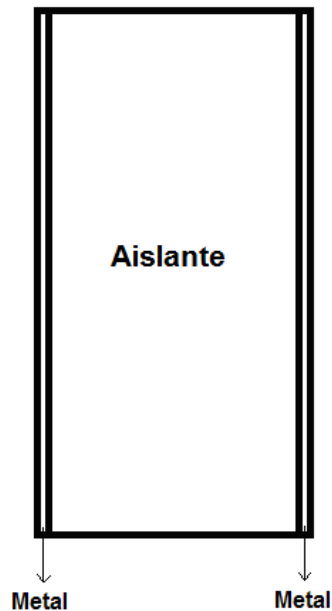


Figura 8. Detalle pared

En primer lugar debemos de conocer las propiedades del aire que queremos calentar, estas son las siguientes:

-Densidad: $1.18 \frac{Kg}{m^3}$

-Calor específico: $1000 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ K}$

-Temperatura inicial: 5 °C

-Temperatura final: 80 °C

Lo siguiente es conocer el volumen de aire que tenemos en el horno, medimos las dimensiones del horno y obtenemos:

$$\text{Volumen de aire: } 1.55m^3$$

Consideraremos para el cálculo el caso mas desfavorable de una temperatura inicial del horno de 5°C (a pesar de que la centrifugadora no va a estar en el exterior y por lo tanto dicha temperatura no va a ser alcanzada), lo que nos va a sobredimensionar los cálculos.

Por lo tanto el calor que voy a tener que aportar al horno será de:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T = \rho \cdot v \cdot C_e \cdot \Delta T = 136900 \text{ J}$$

Un valor que se ha tenido que elegir ha sido el tiempo en el cual el horno alcanzará las condiciones de funcionamiento. El tiempo elegido ha sido de 3 minutos y por lo tanto, el flujo de calor que debemos de aportar será de:

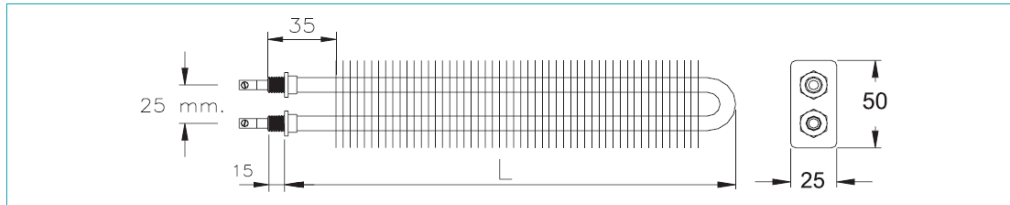
$$\phi = \frac{Q}{t} = \frac{136900}{180} = 760 \text{ W}$$

Con este valor ya podemos seleccionar un tipo de resistencia. Se ha seleccionado una resistencia de 750 W (muy próxima al valor que necesitamos) y que aunque tenga 10 Watios menos que lo establecido, se sabe que los cálculos realizados están suficientemente sobredimensionados como para obviar esta diferencia.

El modelo elegido ha sido: ver Ref 1. Catálogo Resistencias eléctricas

Resistencia con aletas aluminizadas.

Modelo: DRHAL750



Ref.	Aletas aluminizadas Aluminized steel fins	tubo tube	pivote pivot	W	V
DRHAL100	25x50	ixø8x200	-	100	230
DRHAL200	25x50	ixø8x200	-	200	230
DRHAL500	25x50	ixø8x260	-	500	230
DRHAL600	25x50	ixø8x300	-	600	230
DRHAL750	25x50	ixø8x370	-	750	230
DRHAL1000	25x50	ixø8x500	-	1000	230
DRHAL1250	25x50	ixø8x620	-	1250	230

Ref 1. (Anexos): Catálogo Resistencias eléctricas.

Por último se tiene que calcular que espesor de aislante tendrá que tener nuestro horno para mantener las condiciones de trabajo y evitar excesivas pérdidas de calor.

Para ello establecemos un valor de pérdidas de calor del 5% es decir:

$$Q_{\text{aportado}} = 750W$$

$$Q_{\text{pérdidas}} = \frac{5}{100} \cdot 750 = 37.5W$$

$$Q_{\text{útil}} = Q_{\text{aportado}} - Q_{\text{pérdidas}} = 750 - 37.5 = 712.5W$$

De los 750W que aportamos con la resistencia se pierden 37.5W. Con lo que resultan 712.5W útiles. Por lo tanto recalculando lo anterior, el horno llegaría a la temperatura de uso aproximadamente en:

$$\phi = \frac{Q}{t} \quad t = \frac{Q}{\phi} = \frac{136900}{712.5} = 192 \text{ segundos} = 3.2 \text{ minutos}$$

Una vez calculado esto podemos pasar a determinar el espesor de aislante necesario. A modo de estudio se hará la comparación para las mismas condiciones de trabajo el uso de un aislante u otro:

- Flujo de pérdidas de calor al exterior: $37.5W$
- Diferencia de temperaturas: $\Delta T = (80 - 5)^\circ C$
- Superficies laterales: $2.97m^2$
- Superficie frontal y trasera: $2.97m^2$
- Superficie superior e inferior: $2.88m^2$
- Coeficiente de película interior h_i despreciable frente h_e
- Coeficiente de película exterior $h_e = 10 \frac{W}{(m^2 \cdot ^\circ K)}$
- Conductividad térmica de las chapas de acero: se despreciarán estos términos ya que su conductividad térmica es muy elevada.
- Conductividad térmica de la lana de roca: $K_{lana} = 0.036 \frac{W}{(m \cdot ^\circ K)}$
- Conductividad térmica del poliuretano: $K_{poliuretano} = 0.019 \frac{W}{(m \cdot ^\circ K)}$

Considerando que la superficie interior del horno se va a encontrar constantemente a $80^\circ C$ y la exterior a $5^\circ C$ (con lo que estamos sobredimensionando los resultados) aplicamos la ecuación de transmisión de calor por conducción a través de una superficie plana y obtenemos:

$$\phi = \frac{(T_{interior} - T_{exterior}) \cdot Sup_{total}}{6 \cdot \frac{e_i}{k_i}}$$

Centrifugadora para plancha de poliuretano

En el caso en el que usemos lana de roca el espesor será:

$$e_{\text{lana}} = 12\text{cm}$$

En el caso de usar poliuretano el espesor será:

$$e_{\text{poliuretano}} = 6.33\text{cm}$$

Por tanto debido a que el poliuretano posee un coeficiente de transmisión de calor inferior a la lana de roca, nos sale un espesor menor, por lo que elegimos el uso como aislante térmico del horno el poliuretano a pesar de que este tenga un coste superior a la lana de roca.

También se ha elegido este aislante debido a como lo vamos a instalar. Una vez que tengamos las dos chapas metálicas que separan al aislante del interior y del exterior del horno, el aislamiento con poliuretano se realizará "in situ" añadiendo los productos necesarios a nuestro espacio delimitado. Durante el proceso de reacción esta mezcla comenzará a crecer llenando todo el recipiente y por lo tanto el aislamiento será mas preciso adaptándose al espacio que le rodea.

Ahora calcularemos la cantidad de poliuretano líquido (poliol + isocianato) de la que debemos disponer para realizar el aislamiento:

$$\text{Volumen que queremos llenar} = 0.407\text{m}^3$$

Sabiendo que el poliuretano en estado líquido tiene un aumento de volumen respecto de su estado sólido de alrededor del 30%, el volumen que tenemos que disponer de líquido es:

$$\frac{70}{100} \cdot 0.407 = 0.285\text{m}^3$$

Si los líquidos para hacer poliuretano se venden a peso, con la densidad del obtenemos la masa de líquido que necesitaremos

$$\text{Partiendo de una densidad de: } \rho = 35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Masa de líquido} = 35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.285 \text{m}^3 = 10 \text{Kg}$$

3.3. Postizos

Los postizos son unos soportes fabricados con tubo rectangular hueco de acero de 3mm de espesor de pared que irán apoyados sobre la bancada. La centrifugadora dispondrá de un total de 8 postizos, uno por cada rueda de apoyo, dispuestos tal y como se muestra en las Figuras 9 y 10. Su principal función será servir de base a las ruedas de apoyo que se sujetarán a los postizos mediante 4 tornillos. También, estos postizos tienen unas medidas determinadas para que el tambor quede perfectamente centrado y apoyen las 8 ruedas en este, evitando que en su giro el tambor pueda tener translaciones verticales o vibraciones importantes.

En la centrifugadora que se está fabricando, estamos eligiendo un tambor de unas dimensiones concretas para obtener planchas de unas medidas determinadas. No obstante, se podrá introducir otro tipo de tambor de mayor o menor tamaño siempre y cuando dispongamos de los postizos adecuados para el apoyo de dicho tambor nuevo y las condiciones de funcionamiento no sobrepasen los límites establecidos por el resto de elementos de la centrifugadora.

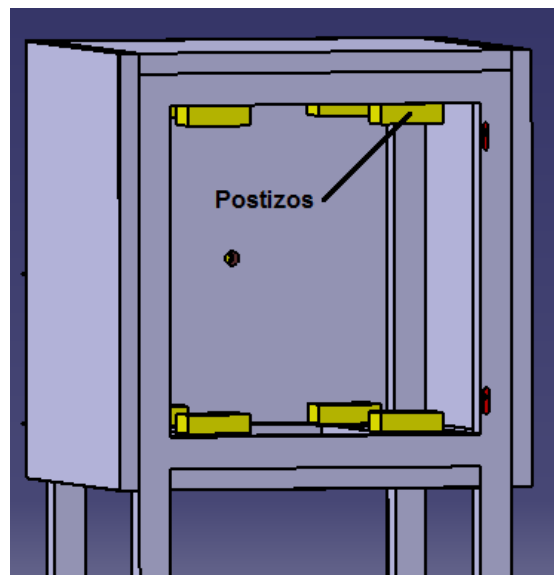


Figura 9. Postizos

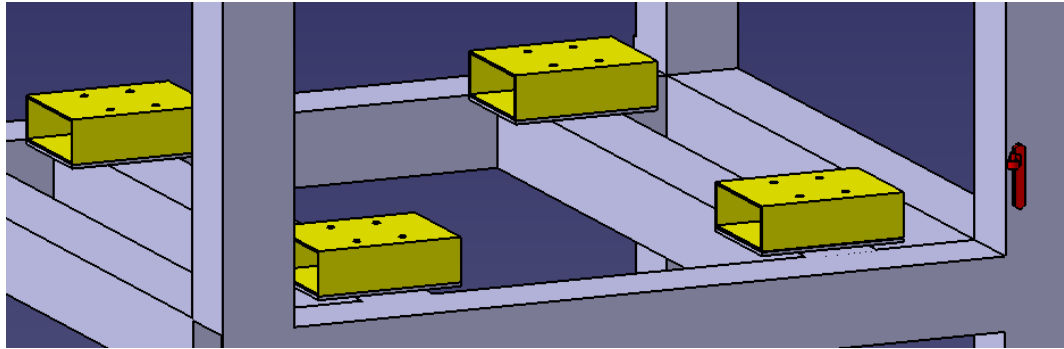


Figura 10. Detalle de postizos

3.4. Ruedas de apoyo

El tambor giratorio va a estar sustentado por 8 ruedas las cuales se apoyarán en los postizos previamente explicados (ver Figura 11). Se ha elegido este sistema de apoyo ya que se necesita algún tipo de apoyo para el tambor no quede en voladizo. Estas ruedas son de tipo comercial (Ref 2. Catálogo rueda) y se han seleccionado debido a las siguientes razones:

- Soportan con creces la carga a la que van a estar sometidas.
- Están diseñadas para absorber vibraciones.
- Tienen un recubrimiento de poliuretano que evitará el rozamiento excesivo y por lo tanto un desgaste elevado entre la rueda el y el tambor.

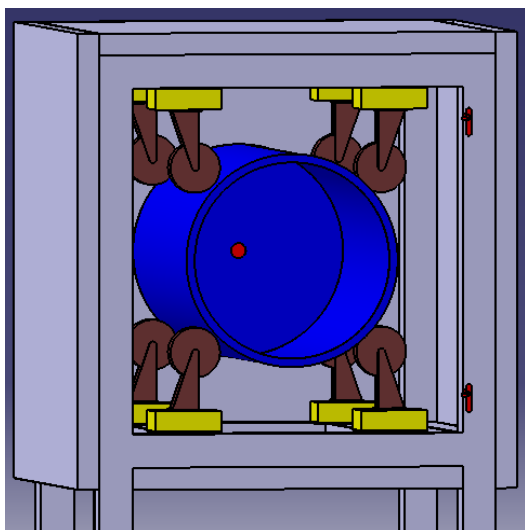


Figura 11. Ruedas de apoyo



Ref 2. (Anexos).
Catálogo rueda.

3.5. Apoyos de la centrifugadora

La estructura que sustentará la centrifugadora tiene que disponer de algún tipo de apoyo en el suelo. En lugar de atornillarlo y fijarlo directamente al pavimento (lo que nos impediría trasladar la máquina si fuera necesario) se ha decidido colocarle 4 apoyos de caucho con un soporte anti-vibrante para una máxima absorción de vibraciones (ver Figura 12).

Para seleccionar el tipo de apoyo es necesario saber la carga que va poder soportar cada uno de ellos.

Peso total de la centrifugadora: 600-700 Kg

Número de apoyos = 4

$$\text{Mínima carga en cada apoyo} = \frac{700}{4} = 175 \text{Kg}$$

El modelo elegido soporta una carga entre 100 y 200 Kg lo cual es suficiente para nuestra máquina.

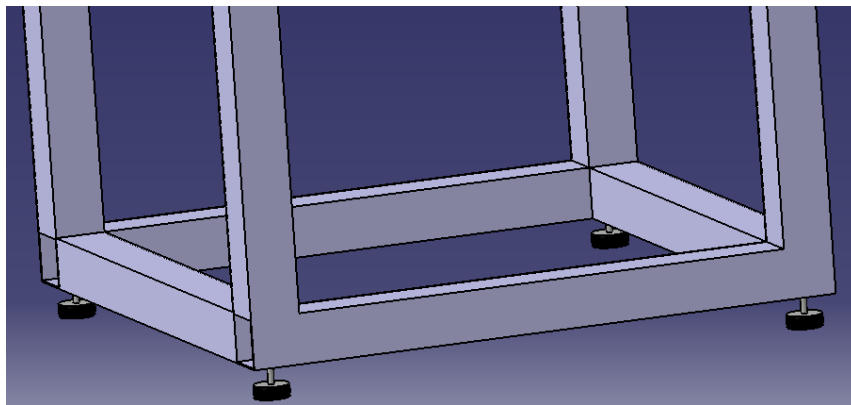


Figura 12. Apoyos de la centrifugadora

En el caso de que el suelo donde vaya a ser colocada la máquina no tenga una buena planitud, este tipo de apoyos permite modificar la altura de cada uno de ellos independientemente pudiendo dejar la centrifugadora totalmente horizontal (ver Figura 13). Estos apoyos son comerciales y se ha elegido el siguiente (Ref 3. Catálogo apoyos)

Soporte Mago antivibrante serie M800.
Modelo: M-801-X

MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS					
Referencia	Carga kgs. por soporte	Diámetro soporte		Paso métrico	Largo espárrago
		A	B		
M-800-X	hasta 100	45	20	M-8	100
M-801-X	100-200	75	25	M-12	120
M-802-X	200-400	98	30	M-12	120
M-803-X	400-700	125	30	M-16	170
M-804-X	700-1.500	175	37	M-16	170



Ref 3. (Anexos). Catálogo apoyos.

Figura 13. Apoyo.

3.6. Eje del tambor

Cálculo del diámetro del eje del tambor.

Primero calculamos el centro de gravedad del conjunto formado por el tambor y el eje (ver Figura 14). Para ello partimos de los centros de gravedad y masas de los diferentes elementos.

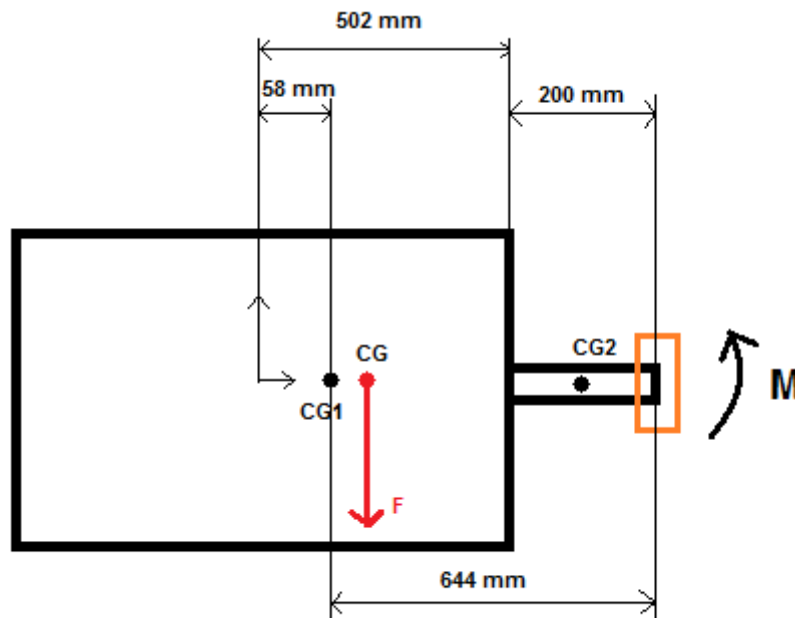


Figura 14. Esquema tambor y eje

Centrifugadora para plancha de poliuretano

CG1: centro de gravedad del tambor

CG2: centro de gravedad del eje

CG: centro de gravedad del sólido rígido

F: fuerza

M: momento

	Y _G (mm)	M (Kg)
Tambor	57.66	75
Eje	157.66	2.5
Sólido rígido (tambor+mezcla+eje)	59.63	125.5

$$Y_{SR} = \frac{(m_1 \cdot y_{g1} + m_2 \cdot y_{g2})}{(m_1 + m_2)} = \frac{(123 \cdot 0.05766 + 2.5 \cdot 0.15766)}{125.5} = 59.63 \text{ mm}$$

$$\text{Densidad poliuretano} = 1200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Dimensiones de la plancha: 2×1×0.02 m

Peso poliuretano = 48 Kg

Peso total (tambor + poliuretano) = 123 Kg

$$F = 75 + 48 + 2.5 \text{ Kg} = 1229.9 \text{ N}$$

$$M = 1229.9 \cdot 0.642 = 790 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$I = \frac{790}{275000} = 2.87 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Centrifugadora para plancha de poliuretano

$$I = \frac{1}{12} \cdot m \cdot (3 \cdot R^2 + L^2)$$

Resolviendo se obtiene un radio $R = 0.013 \text{ m}$

El eje durante su funcionamiento va a estar sometido a esfuerzos de fatiga por lo que aplicaremos un factor de seguridad para asegurarnos de que no se producirá ningún tipo de fallo en servicio.

El eje se fabricará con Acero UNS G10350 que equivale a un acero 1035 de la norma SAE-AISI, con tratamiento térmico estirado a 649 °C (1200°F). Se le aplicará un factor de confiabilidad del 95%, y unos factores seguridad que son los siguientes:

- Fluencia: 1.3
- Resistencia última: 1.1
- Resistencia a fatiga: 1.8
- Cargas $n_1=2$

Los valores de las diferentes resistencias del acero los obtenemos de la Tabla 1:

Número UNS	Número AISI	Procesamiento	Resistencia de fluencia kpsi †	Resistencia a la tensión kpsi †	Elongación en 2 pulg %	Reducción en área %	Dureza Brinell H_B
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116
		CD	54	64	15	40	126
		HR	33	56	25	45	121
G10350	1035	CD	60	78	10	35	167
		HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
		Estirado a 800°F	81	110	18	51	220
		Estirado a 1000°F	72	103	23	59	201
		Estirado a 1200°F	62	91	27	66	180
		HR	42	76	18	40	149
G10400	1040	HR	42	76	18	40	149
		CD	71	85	12	35	170
		Estirado a 1000°F	86	113	23	62	235
G10450	1045	HR	45	82	16	40	163
		CD	77	91	12	35	179
G10500	1050	HR	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

Tabla1.J.E.Shigley. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Una vez realizada la conversión a las unidades del sistema internacional obtenemos los siguientes valores:

-Resistencia a fluencia: $S_v = 427 MPa$

-Resistencia a tension: $S_{ut} = 627 MPa$

Aplicando los factores de seguridad:

$$S_{v \text{ mínimo}} = 328 MPa$$

$$S_{ut \text{ mínimo}} = 570 MPa$$

Conociendo el valor de S_{ut} y sabiendo que es un acero laminado en caliente entramos en la Tabla 2 y obtenemos el factor de superficie K_a

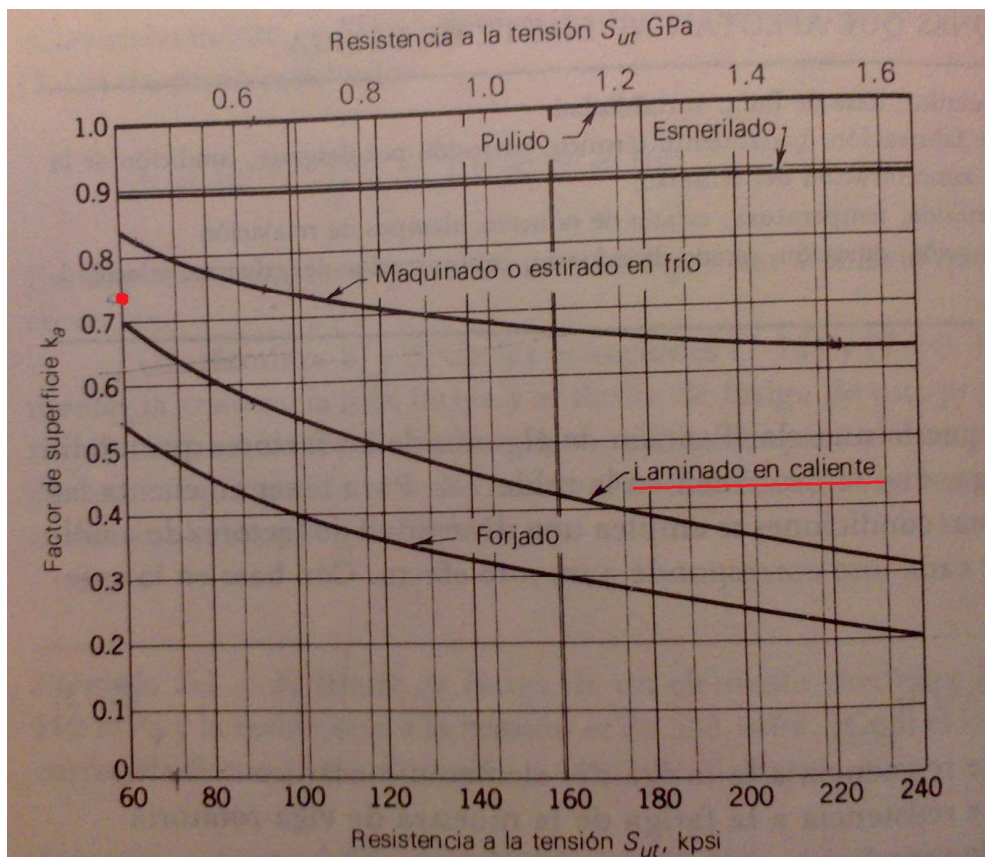


Tabla 2. J.E. Shigley. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Factor de superficie: $K_a = 0.74$

Ahora calculamos el factor de tamaño K_b eligiendo la relación correspondiente en función del diámetro de la Figura 15:

$$k_b = \begin{cases} 0.869d^{-0.097} & 0.3 \text{ pulg} < d \leq 10 \text{ pulg} \\ 1 & d \leq 0.3 \text{ pulg o bien } d \leq 8 \text{ mm} \\ 1.189d^{-0.097} & 8 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura15.J.E.Shigley. Diseño en Ingeniería Mecánica.

$$K_b = 1.189 \cdot d^{-0.097} = 1.189 \cdot (26)^{-0.097} = 0.866$$

Redondeamos este valor a 0.85 para quedarnos del lado de la seguridad y como queremos un factor de confiabilidad del 95% entramos en la Tabla3:

Confiabilidad R	Variable estandarizada z_r	Factor de confiabilidad k_c
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.753
0.999 9	3.719	0.702
0.999 99	4.265	0.659
0.999 999	4.753	0.620
0.999 999 9	5.199	0.584
0.999 999 99	5.612	0.551
0.999 999 999	5.997	0.520

Tabla3. J.E.Shigley. Diseño en Ingeniería Mecánica.

$$K_c = 0.868$$

Como el eje va a estar en rotación; la tensión de rotura:

$$S'_e = 0.5 \cdot S_{ut} = 0.5 \cdot 627 = 313.5 \text{ MPa}$$

Valor corregido del límite a fatiga:

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot S_e' = 0.74 \cdot 0.866 \cdot 0.868 \cdot 313.5 = 174.38 \text{ MPa}$$

Aplicando el factor de seguridad a fatiga:

$$S_{e(\min)} = \frac{174.38}{1.8} = 96.87$$

Suponiendo que el valor medio y el de amplitud son iguales entre sí y su magnitud es la mitad del momento máximo aplicamos:

$$\sigma_{\text{amplitud}} = \sigma_{\text{medio}} = \frac{32 \cdot \left(\frac{M_{\max}}{2}\right) \cdot n_1}{\pi \cdot d^3}$$

Donde:

$$M_{\max} = 790 \text{ N}\cdot\text{m}$$

n_1 corresponde a un factor que sirve para proteger al eje ante un valor puntual de carga superior al calculado, se ha tomado como valor de $n_1 = 2$

d = el nuevo diámetro que queremos calcular

Ahora representaremos en la Figura 16 $\frac{\sigma_{\text{amplitud}}}{\sigma_{\text{medio}}} = 1$ junto con la línea de

Goodman obteniendo el punto de corte de las dos rectas para poder obtener el valor del diámetro final.

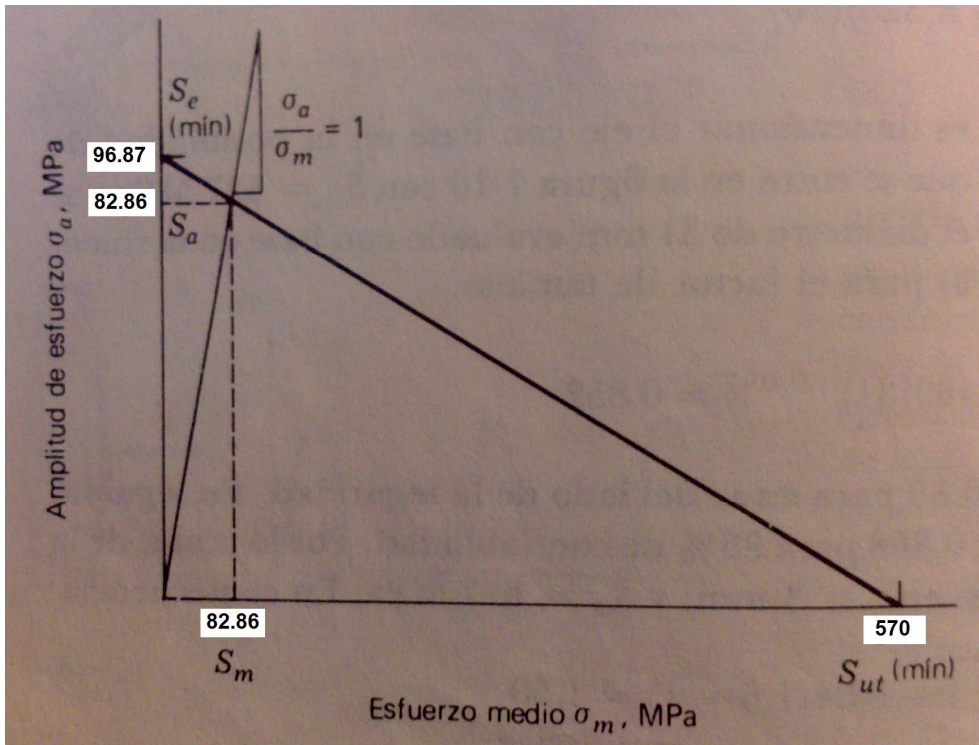


Figura16.J.E.Shigley. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Resolviendo la ecuación anterior para el valor del esfuerzo de 82.86 MPa obtenemos:

$$d = 45.21 \text{ mm} \sim 45 \text{ mm}$$

Por lo tanto se usará un eje de diámetro 4.5 cm que estará suficientemente sobredimensionado para poder soportar todos los esfuerzos expuestos anteriormente.

Este cálculo se ha realizado para el caso de usar un poliuretano elastómero de alta densidad que pueden alcanzar valores de $1200 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$

A modo de comparación, se ha hecho el mismo cálculo para un poliuretano de densidad normal de $35 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$. En este caso el diámetro del eje que nos sale es de 37 mm, por lo tanto diseñamos nuestra centrifugadora con el de mayor diámetro ya no porque sea nuestro objetivo el usar elastómero, si no por que en el caso de futuras modificaciones, nos encontraremos siempre del lado de la seguridad y la centrifugadora nos seguirá sirviendo.

Este eje se unirá a otro eje del mismo diámetro que tendrá en su extremo mecanizado un chavetero. En realidad tenemos un único eje, solo que para el estudio lo hemos separado en dos elementos, pero como se ha explicado, será un único eje macizo mecanizado. Para el montaje de los rodamientos se ha realizado un rebaje de 1mm desde el extremo del chavetero hasta la posición donde va a quedar colocado el soporte para los rodamientos

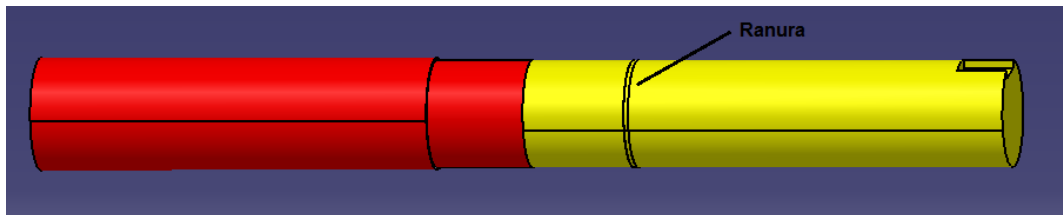


Figura 17. Eje macizo mecanizado centrifugadora

Una vez realizado este rebaje, se mecanizará una ranura para la colocación de un anillo elástico de seguridad para ejes según la norma DIN 471 (ver Figura 17).

El objetivo de esto ha sido que, por un lado, el rebaje nos permite introducir los rodamientos con facilidad y a su vez queda impedido el movimiento longitudinal hacia la izquierda y, por otro lado, con el anillo de seguridad, impedimos el desplazamiento del soporte para rodamientos hacia la derecha. De esta manera el montaje queda fijo, permitiendo únicamente el giro del eje sobre los rodamientos (ver Figura 18).

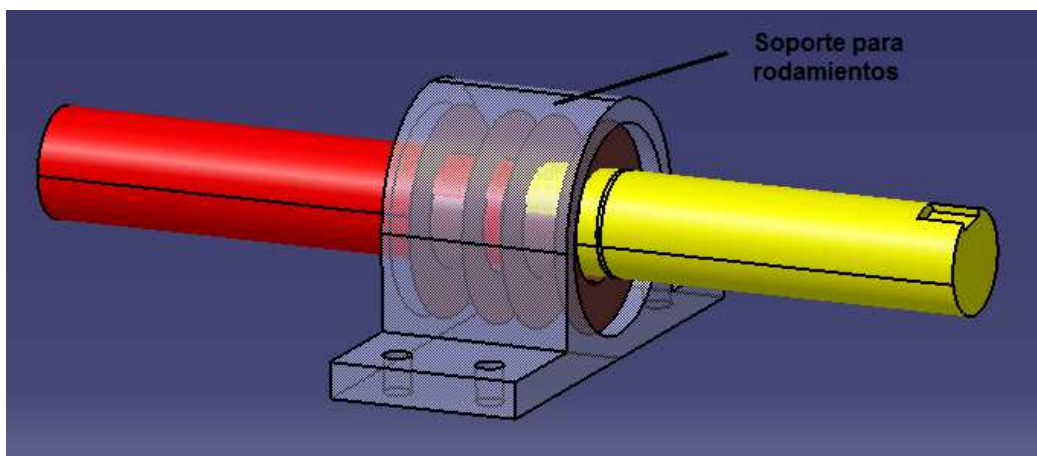


Figura 18. Detalle del montaje del eje y soporte para rodamientos

Una vez el soporte ya montado ese se sujetará a la mesa superior de la bancada mediante 4 taladros de manera que este quede fijo a la mesa.

3.7. Velocidad de giro del tambor

En primer lugar es necesario saber cual va a ser la velocidad mínima de giro del tambor para que cuando la mezcla de poliuretano y polioli estén en su interior, se quede sobre las paredes del tambor.

Masa del tambor:

Para realizar planchas de 2x1 metros el tambor tendrá las siguientes dimensiones:

Diámetro: 0.64 m

Longitud: 1m

Espesor tambor: 0.004 m

Densidad del acero inoxidable: $7960 \frac{Kg}{m^3}$

$$\text{Masa tambor} = 7960 \frac{Kg}{m^3} \cdot \pi \cdot 100 \text{ m} \cdot (32^2 - 31.6^2) \text{ m}^2 = 63.6 \text{ Kg}$$

Masa de poliuretano líquido:

Densidad: $1200 \frac{Kg}{m^3}$

Dimensiones: 2x1x0.02 m

$$\text{Masa poliuretano} = 1200 \frac{Kg}{m^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0.02 \text{ m} = 48 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa tambor} + \text{Masa poliuretano líquido} = 112 \text{ Kg}$$

Atendiendo a la ecuación:

$$F_{\text{centrípeta}} = \text{masa} \cdot \text{aceleración}$$
$$F_{\text{centrípeta}} = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^2 \cdot r = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot g$$

$$v = \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{0.32 \cdot 9.8} = 1.77 \frac{m}{s} = 5.53 \frac{rad}{seg} = 54 \frac{rev}{min}$$

$$\text{Velocidad mínima de giro} = 54 \frac{rev}{min}$$

La velocidad mínima de giro será la máxima posible para nuestra centrifugadora ya que es función del radio del tambor y este no puede ser de mayor tamaño por las dimensiones de la bancada.

El tambor se soldará a un eje de 45mm de diámetro y para apoyarlo se utilizará un soporte para rodamientos el cual estará sujeto a una mesa de manera fija.

Se colocarán en un mismo soporte dos rodamientos de bolas de agujero cónico.

3.8. Transmisión del movimiento

El sistema de transmisión del movimiento elegido ha sido a través de poleas frente a otros posibles como un reductor de engranajes, esto se debe a lo siguiente:

- El sistema de poleas tienen un coste inferior al de los engranajes.
- En el caso de fallo en el sistema de poleas la correa, o bien se rompería o bien giraría sobre el canal de la polea sin transmitir el movimiento pero sin generar problemas de importancia en cambio, los engranajes se podrían romper si estos, por alguna razón, quedasen trabados entre si, lo que supondría un gasto importante.
- También el uso de poleas y correa no precisa de una lubricación como es el caso de los engranajes (necesaria para evitar el desgaste de los dientes).

El eje tendrá en su extremo mecanizado un chavetero el cual se ensamblará a una polea que también estará provista de otro chavetero. Ahora se calcularán las tensiones a las que estará sometida la correa que moverá las poleas, para así poder elegir una correa adecuada que nos soporte los esfuerzos requeridos. Para ello despreciaremos el término centrífugo y partimos de las dos siguientes ecuaciones:

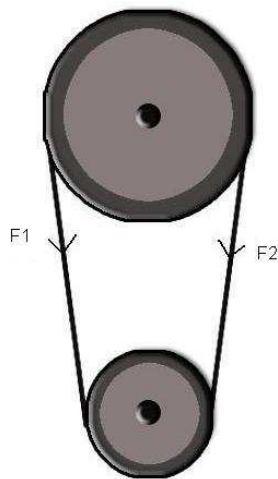


Figura 19. Poleas

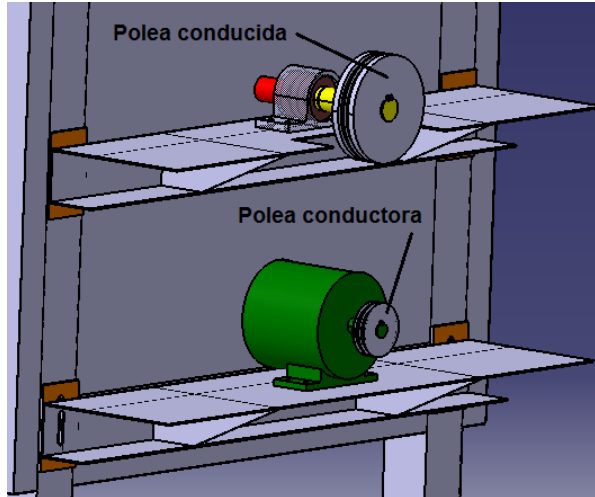


Figura 20. Detalle de las poleas reales.

$$\frac{d \cdot (F_1 - F_2)}{2} = I_{zz} \cdot \alpha_z$$

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \cdot \beta}$$

d = diámetro polea conducida = 0.2 metros (ver figura 20)

F_1 y F_2 = tensión sometida cada rama de la polea (Newton) (ver Figura 19)

I_{zz} = momento de inercia de los elementos que giran

μ = coeficiente de rozamiento polea-correa = 0.4

β = ángulo de abrazamiento de la correa en la polea conductora (radianes)

α_z = aceleración del tambor

El ángulo de abrazamiento se calculará con la tangente del ángulo que forma la distancia entre los centros de las poleas y la diferencia de diámetros de estas:

Distancia entre poleas = 0.5 metros

Diferencia de diámetros = 0.1 metros

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{0.1}{0.5}$$

$$\beta = 157.38^\circ = 2.75\operatorname{rad}$$

La aceleración del tambor la elegiremos nosotros en función del tiempo que queremos que tarde en alcanzar la velocidad de rotación:

$$V_f = V_o + \alpha_z \cdot t$$

Donde:

$V_f = 150 \frac{\operatorname{rev}}{\operatorname{min}}$ (Se ha elegido esta velocidad de giro del tambor, que es suficiente para que el material quede en las paredes del tambor durante el conformado de la plancha)

$$V_o = 0 \frac{\operatorname{rev}}{\operatorname{min}}$$

$$t = 5\operatorname{segundos}$$

Con esto obtenemos que:

$$\alpha_z = 3.14 \frac{\operatorname{rad}}{\operatorname{seg}^2}$$

El momento de inercia de los elementos que giran se calculará sumando los correspondientes al del tambor, el eje y el de la polea conducida.

$$I_{zz} = I_{\operatorname{tambor}} + I_{\operatorname{eje}} + I_{\operatorname{poleaconducida}} = 7.023 + 1.491 \cdot 10^{-4} + 0.057 = 7.08\operatorname{mm}^4$$

Sustituyendo los valores en las ecuaciones anteriores obtenemos:

$$F_1 = 332\operatorname{N}$$

$$F_2 = 110\operatorname{N}$$

Elegiremos una correa que nos soporte $332N$ como mínimo para asegurar un buen funcionamiento de la misma.

Este cálculo que hemos realizado nos sirve también para saber el par torsional al que va a estar sometida nuestra polea conducida haciendo el siguiente cálculo:

$$T_{conducida} = (F_1 - F_2) \cdot r_{conducida}$$

Donde $r_{conducida}$ vale 0.1 metros

$$T_{conducida} = 22.2N \cdot m$$

Ahora aplicamos:

$$T_{conducida} \cdot \omega_{conducida} = T_{conductora} \cdot \omega_{conductora}$$

Donde:

$$T_{conducida} = 22.2 N \cdot m$$

$$\omega_{conducida} = 150 \frac{rev}{min}$$

$$\omega_{conductora} = 300 \frac{rev}{min}$$

De aquí obtenemos el par torsional al que va a estar sometido nuestra polea conductora y por tanto nuestro motor.

$$T_{conductora} = 11.1N \cdot m$$

Con este valor del par que tiene que poder proporcionar el motor he buscado un motor eléctrico (ver Figura 21) válido para nuestras condiciones de servicio con las siguientes características: (Ref 4. Catálogo motor).

Marca: ABB
Modelo: M3BP 100 LB
Código del producto: 3GBP 104 102 -B
Potencia: 1100 W
Velocidad de giro: $750 \frac{rev}{min}$
Par nominal: $15.1 N \cdot m$



Ref 4. (Anexos). Catálogo motor.

Figura 21. Motor eléctrico.

Una vez elegido el motor se colocará en la mesa inferior mediante 4 taladros como se observa en la Figura 22. Esta mesa podrá desplazarse verticalmente como explicaremos en el apartado de poleas y correas.

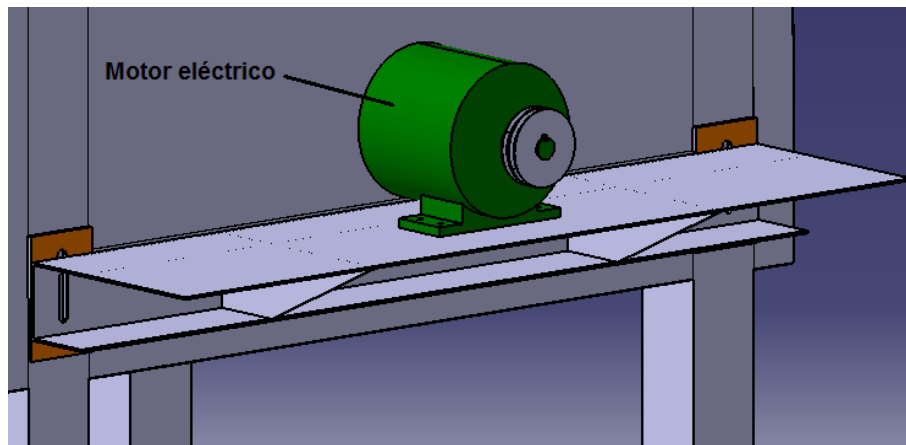


Figura 22. Motor en la mesa inferior

La velocidad de giro del motor se podrá regular con un variador de frecuencia hasta ajustarla hasta conseguir $300 \frac{rev}{min}$ y posteriormente con la relación de transmisión poder conseguir una velocidad de $150 \frac{rev}{min}$ con la que girará nuestro tambor.

3.9. Cálculo de chavetas

Las chavetas que se van a calcular deben permitir la transmisión de potencia entre los elementos unidos. Ello implicará dos posibles mecanismos de fallo de dicho elemento: fallo por cizallamiento o cortadura, y fallo por aplastamiento. El procedimiento de dimensionado es la selección de la sección de la chaveta a partir del diámetro del eje, entrando en las tablas que proporciona la norma. Lo que faltaría por dimensionar es la longitud de la chaveta necesaria para que no se produzca el fallo. En la Figura 23 se esquematiza una unión con una chaveta de dimensiones $b \times h$, y longitud l :

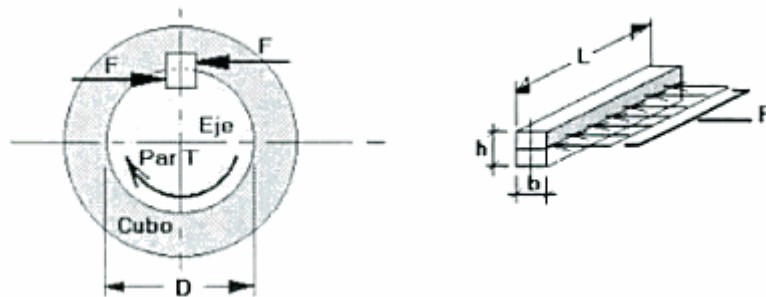


Figura 23. Elementos de máquinas. José. L. Cortizo Rodríguez.

En nuestro problema debemos de calcular dos chavetas: por un lado la que une el eje del motor con la polea conductora (chaveta motor), y por otro, la que une la polea conducida con el eje que da la rotación al tambor (chaveta tambor). Se realizará de forma simultánea el cálculo de las dos chavetas. Se ha elegido un acero típico para la fabricación de chavetas (C45) con una resistencia a la rotura de $50 \frac{Kg}{mm^2}$

Cortadura:

La fuerza de cortadura que debemos de considerar será.

$$F = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right)}$$

Donde:

T = par transmitido

D = diámetro del eje correspondiente

$$T_{chaveta-motor} = 15.1N \cdot m$$

$$T_{chaveta-tambor} = 22.2N \cdot m$$

$$D_{eje-motor} = 0.028m$$

$$D_{eje-tambor} = 0.045m$$

$$F_{chaveta-motor} = 1078.57N$$

$$F_{chaveta-tambor} = 986.67N$$

La tensión de cortadura resultante será:

$$\tau = \frac{F}{A_s} = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right) \cdot (b \cdot L)} = \frac{2 \cdot T}{D \cdot b \cdot L}$$

Como tensión de cortadura de diseño podemos adoptar:

$$\tau_d = 0.5 \cdot \frac{S_y}{N}$$

$$L_{\min 1} = \frac{2 \cdot T}{\tau_d \cdot D \cdot b}$$

Donde:

$$S_y = \text{Tensión de fluencia} = 50 \frac{Kg}{mm^2} = 490 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}$$

N = Coeficiente de seguridad (en aplicaciones industriales es usual un coeficiente de 3).

Centrifugadora para plancha de poliuretano

$$b_{chaveta-motor} = 0.008m$$

$$b_{chaveta-tambor} = 0.014m$$

$$L_{\min 1, Chaveta-motor} = 1.65mm$$

$$L_{\min 1, Chaveta-tambor} = 0.86mm$$

Aplastamiento:

El esfuerzo de compresión y las áreas de la chaveta sometida a este esfuerzo son las mismas en la parte alojada en el eje y en la parte alojada en el cubo del elemento de unión.

El fallo se producirá sobre la superficie con menor tensión de fluencia del material, definiremos la tensión de diseño como:

$$\tau_d = \frac{S_y}{N}$$

La compresión debida al estado de carga será:

$$\tau_d = \frac{F}{A_c} = \frac{T}{\left(\frac{D}{2}\right) \cdot L \cdot \left(\frac{h}{2}\right)} = \frac{4 \cdot T}{D \cdot L \cdot h}$$

Igualando esta tensión a la tensión de diseño considerada, podemos obtener el valor de la longitud de la chaveta para este modo de fallo.

$$L_{\min 2} = \frac{4 \cdot T}{\sigma_d \cdot D \cdot h}$$

Donde:

$$h_{chaveta-motor} = 0.007m$$

$$h_{chaveta-tambor} = 0.009m$$

Centrifugadora para plancha de poliuretano

$$L_{\min 2, \text{Chaveta-motor}} = 1.88 \text{mm}$$

$$L_{\min 2, \text{Chaveta-tambor}} = 1.23 \text{mm}$$

De los cálculos precedentes, se adoptará como longitud de diseño de la chaveta la mayor de los dos valores obtenidos ($L_{\min 1}, L_{\min 2}$) Por lo tanto:

La longitud mínima de la chaveta que une el eje del motor con la polea conductora es:

$$L_{\min . \text{Chaveta-motor}} = 1.88 \text{mm}$$

La longitud mínima de la chaveta que une el eje del tambor con la polea conducida es:

$$L_{\min . \text{Chaveta-tambor}} = 1.23 \text{mm}$$

Ahora toca seleccionar una longitud normalizada de las chavetas que vamos a colocar. Para ello se tiene que cumplir:

$$L_t = \frac{2}{3} \cdot X$$

Siendo:

L_t = longitud teórica de la chaveta

X = anchura mínima de contacto entre la rueda y el eje sobre la que va montada la chaveta

En nuestro caso el valor de X será el espesor de la rueda:

$$X_{\text{rueda, conductora}} = 25 \text{mm}$$

$$L_{t, \text{Chaveta-conductora}} = 16.7 \text{mm}$$

$$X_{\text{rueda, conducida}} = 50 \text{mm}$$

$$L_{t, \text{Chaveta-conducida}} = 33.3 \text{mm}$$

Como estas longitudes no son comerciales debemos seleccionar la longitud comercial (ver Tabla 4) de chaveta más próxima a este valor calculado, ya sea por defecto o por exceso:

Centrifugadora para plancha de poliuretano

$$L_{\text{No min al.Chaveta-conductora}} = 40\text{mm}$$

$$L_{\text{No min al.Chaveta-conducida}} = 63\text{mm}$$

Sección de la lengüeta de ajuste (acero para chavetas DIN 6880)		Anchura b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16									
		Altura h	2	3	4	3	5	4	6	5	7	6	8	6	8	6	9	7	10		
Para diámetro del eje d1 3)		más de	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50									
		hasta	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58									
Chavetero del eje	Anchura b 4)	asiento fijo P9	Máxima	1,991	2,991	3,988	4,988	5,988	7,985	9,985	11,982	13,982	15,982								
		Mínima	1,966	2,966	3,958	4,958	5,958	7,949	9,989	11,939	13,939	15,939									
	asiento ligero N9	Máxima	2	3	4	5	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000									
		Mínima	1,975	2,975	3,970	4,97	5,97	7,964	9,954	11,957	13,957	15,957									
Profundidad t1 5)	con juego en el lomo o aprieto			1,1	1,7	2,4	1,9	2,9	2,5	3,5	3,1	4,1	3,7	4,7	3,9	4,9	4,0	5,5	4,7	6,2	
	dif. adm.			+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	+0,2	
Chavetero del cubo	Anchura b 4)	asiento fijo P9	Máxima	1,991	2,991	3,998	4,998	5,998	7,985	9,985	11,982	13,982	15,982								
		Mínima	1,966	2,966	3,958	4,958	5,958	7,949	9,949	11,939	13,939	15,939									
	asiento ligero N9	Máxima	2,012	3,012	4,015	5,015	6,015	8,018	10,018	12,021	14,021	16,021									
		Mínima	1,987	2,987	3,985	4,985	5,985	7,982	9,982	11,978	13,978	15,975									
	con juego en el lomo			0,9	1,3	1,6	1,1	2,1	1,6	2,5	1,9	2,9	2,3	3,3	2,1	3,1	2,0	3,5	2,3	3,8	
	dif. adm.			+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2	+0,1	+0,2
Profundidad t2 5)	con aprieto			0,7	1,1	1,4	0,9	1,9	1,2	2,2	14,5	2,5	1,9	2,9	1,7	2,7	1,6	3,3	1,9	3,4	
	dif. adm.			-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1
Redondeado del fondo del chavetero		r	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6		
dif. adm.			-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	
longitud l1 5) 6)	Dif. adm.	Peso para forma B kg/1000 piezas (calculado con 7,85 kg/dm ³)																			
	Macho	Hembra																			
6	-0,2	+0,2	0,188																		
8			0,251	0,565																	
10			0,314	0,707	1,25																
12			0,377	0,848	1,51	1,41	2,35														
14			0,44	0,989	1,76	1,65	2,75														
16			0,502	1,13	2,01	1,88	3,14	30,1	4,52												
18			0,565	1,27	2,26	2,12	3,53	3,39	5,09												
20			0,628	1,14	2,51	2,36	3,92	3,77	5,65	6,28	8,8										
22				1,55	2,76	2,59	4,32	4,14	6,2	6,9	9,67										
25				1,77	3,14	2,94	4,91	4,71	7,07	7,85	11,0	11,8	15,7								
28				1,98	3,52	3,30	5,20	5,28	7,91	8,79	12,3	13,2	17,5								
32				2,26	4,02	3,77	5,28	6,03	9,04	10,0	14,1	15,1	20,1	18,1	24,1						
36				2,54	4,52	4,24	7,06	6,78	10,2	11,3	15,8	17,0	22,6	20,3	27,1						
40			-0,3	+0,3		5,02	4,71	7,85	7,54	11,3	12,6	17,6	18,8	25,1	22,5	30,1	26,4	39,6			
45		5,65			5,30	8,83	8,48	12,7	14,1	18,8	21,2	28,3	25,4	33,9	29,7	44,5	39,6	56,5			
50					5,89	9,81	9,42	14,1	15,7	22,0	23,6	31,4	28,3	37,7	33,0	49,5	44,0	62,8			
56					6,59	11,0	10,6	15,8	17,6	24,6	26,4	35,2	31,6	42,2	36,9	55,4	49,2	70,3			
63								11,9	17,8	19,8	27,7	29,7	39,6	35,5	47,5	41,5	62,3	55,4	79,1		

Tabla 4. Chavetas paralelas DIN 6885

3.10. Poleas y correas

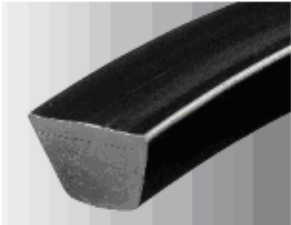
Como se explicó anteriormente el sistema de transmisión que se utilizará será con poleas y correas. Se ha de elegir un tipo de correa en función de las poleas elegidas y la selección de una u otra correa dependerá de los siguientes factores:

- Esfuerzo de tracción que es capaz de soportar sin romperse.
- Diámetro mínimo de polea sobre la que va a ir montada la correa.

Este último aspecto se debe a que las correas sufren un esfuerzo de fatiga cada vez que esta tiene que rodear la polea doblándose y desdoblándose repetidamente lo que puede llevar a una posible rotura. Por lo tanto, se debe seleccionar una correa cuyo diámetro mínimo de la polea donde va a ir montada sea inferior a la polea que nosotros usaremos.

En un primer estudio se había considerado el uso de una única correa que transmitiera el movimiento desde la polea conductora a la conducida. Una vez realizado los cálculos y la selección de las poleas, se observó que el diámetro de la polea más pequeña (la conductora) nos condiciona la selección de la correa en cuanto a su resistencia a tracción debido a su pequeño diámetro.

La solución que se ha elegido ha sido usar poleas con dos acanaladuras de tal manera que el esfuerzo que tiene que soportar cada una las correas es inferior al que tendría que soportar una sola. El modelo que se ha seleccionado ha sido una correa (ver Ref 5. Catálogo correas) de tipo trapezoidal no dentada con las siguientes características:



no dentada

DEL/ROC negra

Referencia	Fuerza de tracción (daN)	∅ polea primitivo (mm) aconsejado	∅ polea primitivo (mm) mínimo	Sección (mm)	Tensión
DRVN10	22	120	100	10x6 Z	2%
DRVN13	40	160	140	13x8 A	2%
DRVN17	74	220	200	17x11 B	2%
DRVN22	122	280	250	22x14 C	2%

Ref 5. (Anexos). Catálogo correas

Como se puede observar, este modelo tiene una resistencia a al tracción de $220N$ y si como hemos explicado, colocamos dos correas, será suficiente como para soportar la tensión de tracción de $332N$.

Un problema que se ha debido de solventar ha sido el de la posible variación del tiraje de las correas. Durante el funcionamiento de la centrifugadora es posible que en algún momento se produzca un destensado de estas lo que conllevaría a un giro relativo de las correas sobre las poleas y por tanto una mala transmisión del movimiento.

Para poder modificar este tensado ya sea por una situación anómala o bien para la colocación de una nueva correa, se ha diseñado un sistema de guiado. Sobre la propia bancada se realizarán dos taladros rasgados como se observa en las Figura 24.

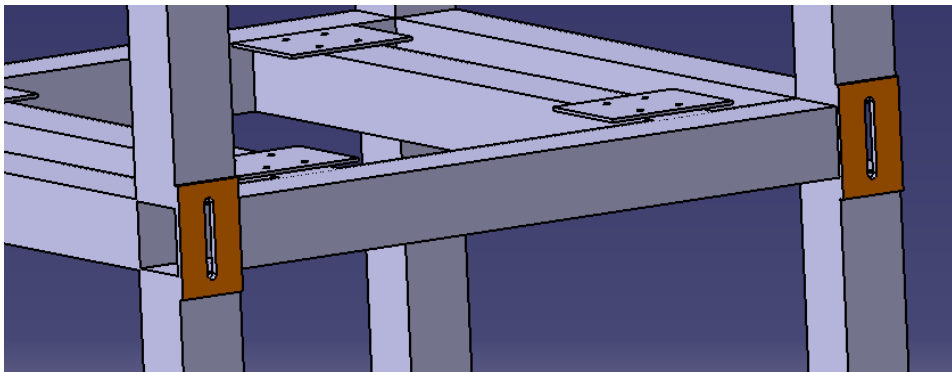


Figura 24. Detalle guía

Para ello la mesa 2 va a estar en una posición fija siempre mientras que la mesa 1 sobre la que irá apoyada el motor podrá desplazarse verticalmente a través de otros dos taladros rasgados que tiene la propia mesa y que coinciden con los de la bancada (ver Figura 25). Una vez que la mesa 1 esté colocada de tal manera que la tensión de las correas sea la requerida, se fijará con dos tornillos a la bancada

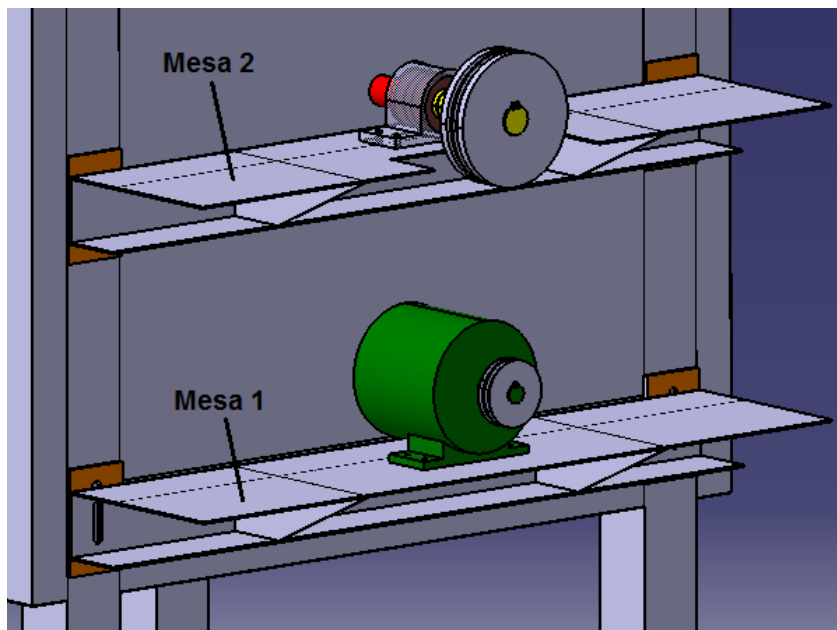


Figura 25. Detalle de posicionamiento de las mesas

3.11. Rodamientos

El eje del tambor tendrá que tener algún tipo de apoyo y para ello usaremos un tipo de rodamientos junto con su soporte que irá fijo a la Mesa 2 como se aprecia en la Figura 25.

Durante el proceso de centrifugado es probable que se generen tanto esfuerzos axiales como radiales en el rodamiento por lo tanto, se ha elegido un rodamiento cónico ya que, aún cuando no actúe una carga externa axial, la carga radial inducirá una reacción de empuje dentro del rodamiento debido a la conicidad de los rodillos.

Los esfuerzos radiales procederán del proceso de tensado de las correas. Ya que aunque estas no tengan que tener una tensión muy elevada para poder transmitir el movimiento, se generará una fuerza en dirección radial en el punto de apoyo del eje (el rodamiento) y que gracias a los rodamientos cónicos esta fuerza podrá ser absorbida hacia el centro del eje.

Para evitar la separación entre pistas y rodillos, debe aparecer una fuerza de empuje (axial) de igual magnitud pero opuesta. Una forma de generarla es emplear dos rodillos cónicos en un mismo eje. Por lo tanto usaremos un rodamiento cónico de dos hileras como el que se muestra en la Figura 26.

El eje donde va montado el rodamiento ya está preparado (tanto con el rebaje como con la ranura explicado en apartados anteriores) para su montaje. Se puede observar un detalle del rodamiento cónico en la Figura 27.

El rodamiento cónico elegido pertenece al catálogo que se puede apreciar en la Ref 6. (Anexos). Catálogo de rodamientos. Y el modelo elegido es el siguiente:

Tipo: Rodamientos de rodillo cónico de doble hilera.

Modelo: HR 45 KBE 42+L

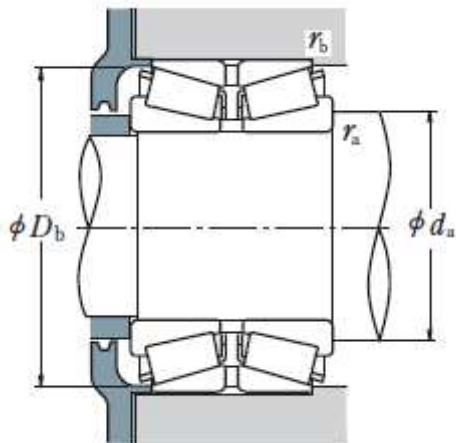


Figura 27: Detalle rodamiento



Figura 26. Rodamientos cónicos

3.12. Variador de velocidad.

El elemento principal que generará la rotación del tambor a través de una serie de elementos será el motor eléctrico. Este motor posee una velocidad de rotación fija y por lo tanto será necesario introducir algún sistema que nos permita modificarla. Este sistema se conoce como variador de velocidad que en el caso de trabajar con un motor eléctrico de corriente alterna, se le conoce como Variador de Frecuencia (ver Ref 7. Catálogo de microconvertidor de frecuencia). En nuestro caso, debido a que usaremos un motor de baja potencia (1,1KW), se instalará un microconvertidor de frecuencia del mismo fabricante que el motor, de tal manera que nos permita obtener velocidades desde 0 hasta la velocidad nominal.



Ref 7. (Anexos). Catálogo de microconvertidor de frecuencia.

3.13. Seguridad

La parte trasera de la centrifugadora, donde va el mecanismo de transmisión del movimiento, deberá de estar encerrado en una “caja metálica” de tal manera que esté separado en todo momento de personas que puedan circular alrededor de la máquina (ver Figura 28).

Esta caja metálica estará provista de un sistema de enclavamiento de tal manera la centrifugadora solo podrá iniciar su funcionamiento cuando el enclavamiento este activo, ese decir, la caja metálica este en la posición segura para los trabajadores.

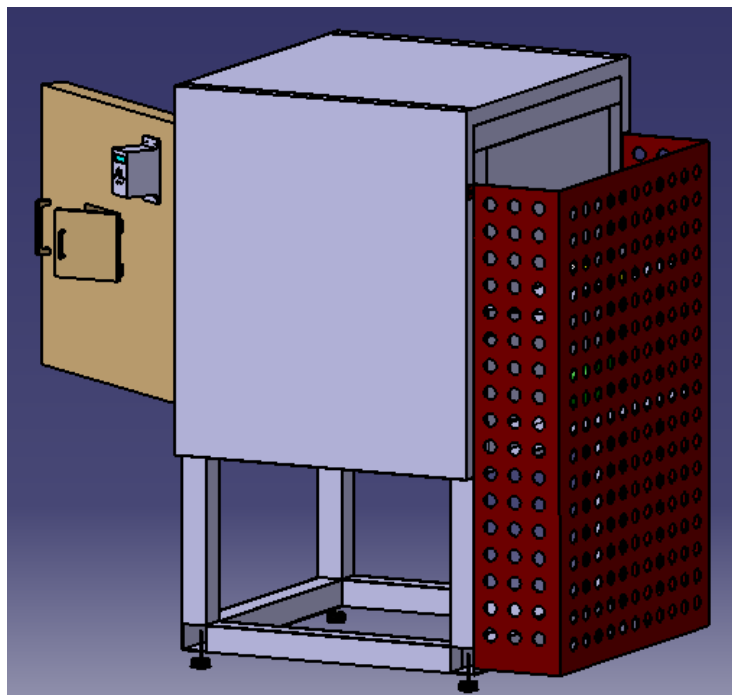


Figura 28. Protección trasera.

De esta manera también se evitará la proyección de piezas al entorno de trabajo en el caso de producirse una rotura de alguno de los elementos como pueden ser las correas.

La centrifugadora nunca se pondrá en funcionamiento si cualquier parte de esta que se encuentre en rotación pueda engancharse o ser peligrosa para los trabajadores.

También en la parte frontal, la máquina dispondrá de un pulsador de emergencia que en el instante en el que se pulse, el centrifugado se detendría inmediatamente, fuera cual fuera la causa por la cual se pulsó.

El único instante en el que se debe estar trabajando con la máquina en funcionamiento es el momento en el que se vierte el poliuretano en estado líquido en el tambor (como posteriormente se explicará). Para ello se dispone de dos puertas y el vertido se deberá de realizar a través de la puerta pequeña.

La puerta grande tendrá instalado otro sistema de enclavamiento igual que en la parte trasera que no permitirá el arranque de la máquina a no ser que esté cerrada, evitando de esta manera que el operario pueda sufrir algún tipo de accidente.

De esta manera se evitará en todo momento que el operario pueda sufrir contacto con el tambor giratorio ya que el vertido del fluido al interior del tambor se realizará con una manguera y por lo tanto las manos y brazos estarán en todo momento en el exterior de la máquina.

La zona con riesgo eléctrico estará señalizada correctamente (ver Figura 29) para evitar todo tipo de contacto eléctrico y también se señalará las zonas calientes de la centrifugadora, para evitar el contacto directo con ellas (ver Figura 30).



Figura 29. Riesgo eléctrico



Figura 30. Alta temperatura.

Con estos aspectos de la máquina queda establecido el cumplimiento de:

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.

Centrifugadora para plancha de poliuretano

PROCESO DE FABRICACIÓN

4. Proceso de fabricación

A continuación se desarrollarán los distintos pasos que se deben de seguir para la fabricación de planchas de poliuretano en la centrifugadora.

1° Para la fabricación de estas planchas de 20mm de espesor necesitamos conocer la proporción de polioli y de isocianato que necesitamos. Para ello dispondremos de dos tanques cada uno de ellos con el diferente fluido y un panel de control para la regulación del volumen que deseemos añadir de cada elemento (ver Figura 31).

El volumen de los dos fluidos elegido irá directamente a una cámara de mezcla que dispone la propia manguera con la que se verterá dicha mezcla al tambor.

Al tratarse de poliuretano elastómero, no se produce un aumento de volumen tras su curado, luego el volumen que debemos de añadir será el que ocupa la plancha que queramos fabricar.



Figura 31. Tanques, panel de control y manguera

2° Una vez que sepamos las proporciones de ambos elementos, prepararemos la centrifugadora para su funcionamiento posterior. Para ello, en el lateral derecho de la centrifugadora disponemos de un cuadro eléctrico

en el que va alojado el interruptor de arranque junto con el variador de frecuencia, el diferencial y la parte de automatización que se encargará de controlar los ventiladores, resistencia, y control de seguridad. El calentamiento como habíamos calculado anteriormente durará 3 minutos.

3° A continuación iniciamos el movimiento de la centrifugadora, abrimos la puerta pequeña del horno (ver Figura 32) e introducimos la mezcla en el tambor con la manguera.

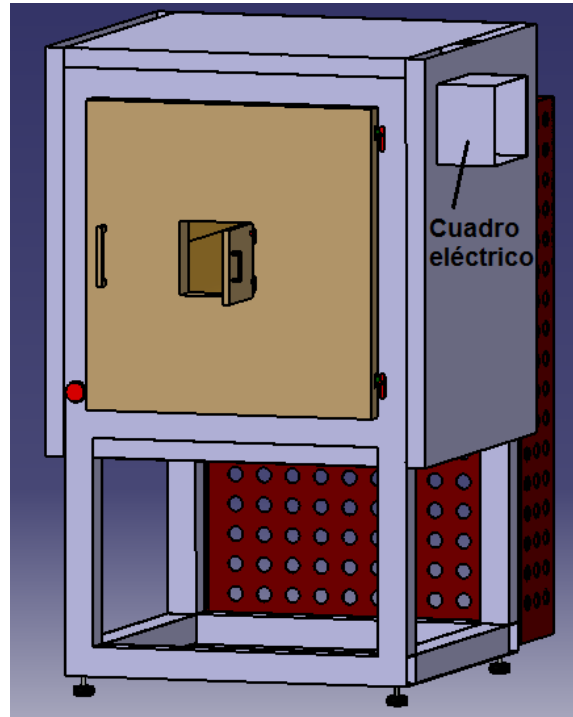


Figura 32. Apertura de puerta pequeña

Cuando la mezcla se encuentre en el interior, sacamos la manguera y cerramos la puerta. Esperamos el tiempo adecuado para que la mezcla se haya distribuido por toda la pared lateral del tambor y se complete la reacción.

4° Cuando observemos que la mezcla está lista y con la forma adecuada, paramos la centrifugadora, y cuando el tambor se haya detenido, abrimos la puerta grande (ver Figura 33) y extraemos el cilindro (ver Figura 34.).

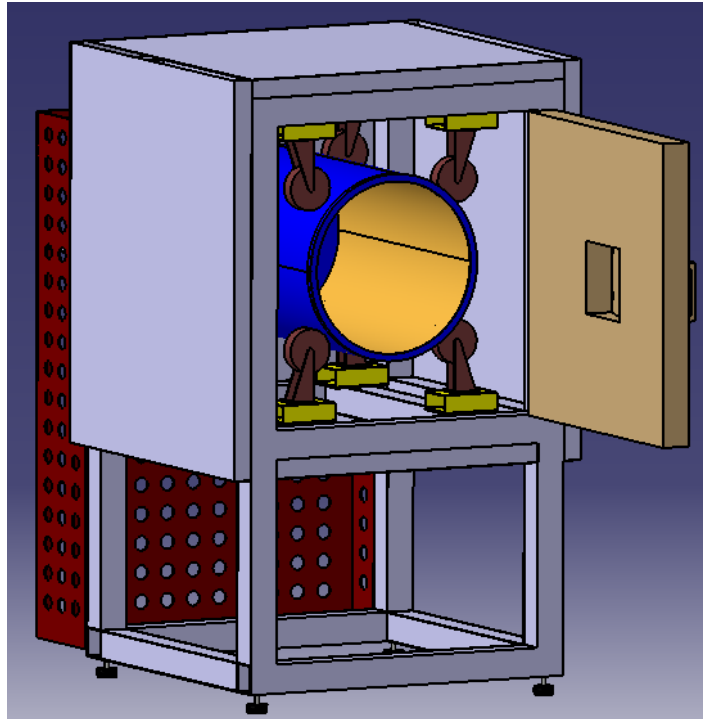


Figura 33. Apertura puerta grande

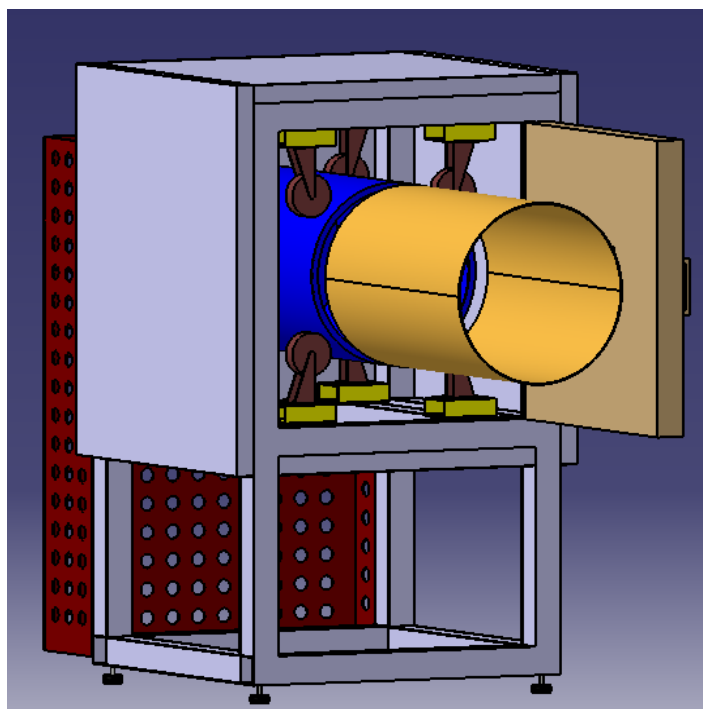


Figura 34. Extracción del cilindro de poliuretano

Para ello, la plancha todavía caliente se podrá doblar en su extremo para poder rebasar el reborde del tambor, ya que en estado caliente esta es fácilmente moldeable.

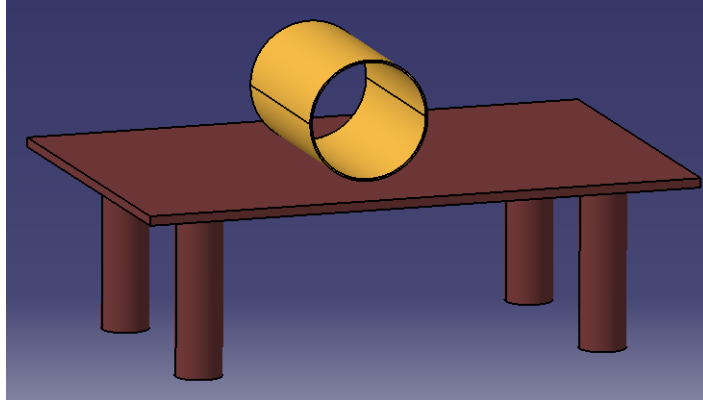


Figura 35. Tambor en la mesa.

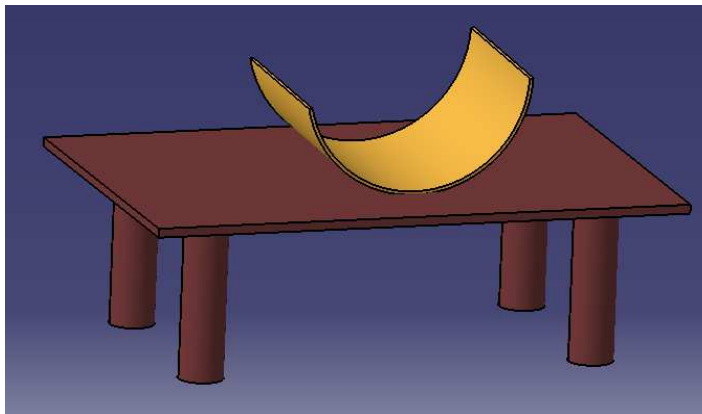
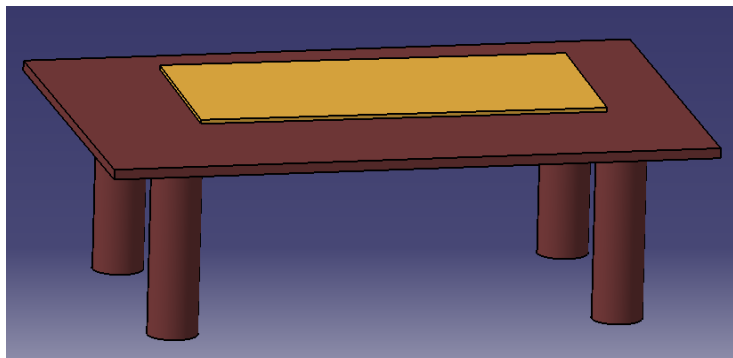


Figura 36. Cilindro cortado.



Ver Figura 37. Plancha final.

Extraeremos la plancha con el útil adecuado y la colocaremos en una mesa plana (ver Figura 35).

5° En esta mesa se realizará un corte al cilindro de poliuretano para que este se pueda convertir en una plancha. Para ello la mesa estará caliente y una vez que se le haya dado el corte, con el propio peso de la plancha y su temperatura, se irá deformando (ver Figura 36) hasta quedar totalmente apoyada y plana en la mesa, donde se enfriará y finalizará su curado. (Ver Figura 37).

Centrifugadora para plancha de poliuretano

ESTUDIO ECONÓMICO

5. Estudio económico

El presente proyecto hace referencia a la construcción de una centrifugadora para hacer planchas de poliuretano. A continuación se detalla de donde sale el precio final al que se venderá la máquina y con el cual podremos jugar para obtener siempre un beneficio.

Descompondremos el estudio económico en cinco aspectos: coste de los materiales, coste de fabricación, costes indirectos, beneficio y coste final.

5.1. Coste de los materiales

A continuación se refleja el valor del material utilizado para la construcción de la centrifugadora:

	Unidad	Cantidad	Precio	Coste
Apoyo bancada	Unidades	4	15€/unidad	60€
Perfil (100x100x3)	Metros	27	9.75 €/m	263.25€
Postizo	Metros	1.6	10 €/m	16€
Apoyo tambor	Unidades	8	25€/unidad	200€
Resistencia eléctrica	Unidades	1	32€/unidad	32€
Ventilador	Unidades	2	37€/unidad	74€
Aislante térmico	Kg	10	7€/Kg	70€
Tambor	m ² acero inoxidable	2	21.7€/m ²	43.40€
Eje tambor mecanizado	Metros	0.395	12.42€/m	4.90€
Puerta pequeña	Unidades	1	20€/unidad	20€
Puerta grande	Unidades	1	50€/unidad	50€
Soporte y rodamiento	Unidades	1	80€/unidad	80€
Polea	Unidades	2	30€/unidad	60€
Motor	Unidades	1	1000€/unidad	1000€
Variador de frecuencia	Unidades	1	100€/unidad	100€
Protección trasera	Unidades	1	80€/unidad	80€

Centrifugadora para plancha de poliuretano

Correas	Unidades	2	25€/unidad	50€
---------	----------	---	------------	-----

Total.....2203.55€

5.2. Coste de fabricación

	Unidad	Cantidad	Precio	Coste
Soldadura y ensamblaje	horas	20	26.5€/hora	530€
Instalador eléctrico	horas	8	27 €/hora	216€
Administrativo	horas	8	16€/hora	128€
Transporte	Unidades	1	50€/hora	50€

Total.....924€

Los costes directos de la centrifugadora serán:

$$Costes_{directos} = Costes_{materiales} + Costes_{fabricación} = 3127.55€$$

5.3. Coste indirectos

Los costes indirectos son aquellos que no repercuten directamente en el coste de la centrifugadora pero si que suponen un gasto como son:

- Alquiler de la nave donde realicemos el montaje.
- Gasto de luz y agua.
- Transporte de materiales.
- Trabajos auxiliares (limpieza, averías).
- Seguros.

A estos costes se les asigna un porcentaje del valor de los costes directos. Este valor va a ser un 17% de los costes directos. Luego:

$$Costes_{indirectos} = \frac{17}{100} Costes_{directos} = 531.68€$$

Aquí también incluiremos lo que se conoce como coste de ingeniería. Que corresponde con el coste de un ingeniero en el diseño de la centrifugadora, el tiempo que ha necesitado para diseñar completamente la máquina.

Suponiendo un sueldo base de 2000 € mensuales, suponen un coste de 13 €/hora.

Si se considera que en diseñar totalmente la centrifugadora se ha tardado alrededor de 300 horas:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{ingeniería}} &= 13 \cdot 300 = 3900\text{€} \\ \text{Costes}_{\text{indirectos}} &= \frac{17}{100} \text{Costes}_{\text{directos}} + \text{Coste}_{\text{ingeniería}} = 4331.68\text{€} \end{aligned}$$

5.4. Beneficio.

El valor calculado corresponde al coste de fabricación de la máquina. El objetivo final será la obtención de unos beneficios con su venta. Será el fabricante quien establecerá el porcentaje de beneficios que desea obtener y que solo el conocerá. Por lo tanto existirá un rango de valores entre los cuales podrá jugar en la venta de la máquina con el comprador.

Se establece un beneficio del 25% luego:

$$\text{Beneficio} = \frac{25}{100} \cdot (\text{Costes}_{\text{directos}} + \text{Costes}_{\text{indirectos}}) = 1889.80\text{€}$$

5.5. Coste total.

El coste total es el precio al que vamos a poner nuestra máquina en el mercado:

$$\text{Coste}_{\text{Total}} = \text{Costes}_{\text{directos}} + \text{Costes}_{\text{indirectos}} + \text{Beneficio} = 9349\text{€}$$

Centrifugadora para plancha de poliuretano

CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

6. Conclusiones y líneas futuras.

Por mi parte, creo que el diseño de la centrifugadora ha quedado suficientemente explicado y detallado numéricamente cada uno de los cálculos de las razones por las que se ha decidido elegir un elemento u otro.

También ha habido momentos en los que se ha tenido que elegir algún sistema para resolver ciertos problemas, eligiendo siempre soluciones sencillas y baratas que nos pudieran resolver dicho problema. Por ejemplo el caso de la elección de un sistema de tensado y destensado de las correas o bien el como sustentar el tambor para que ese no quedara en voladizo.

Por otro lado el diseño de esta centrifugadora ha sido realizado para hacer planchas de un poliuretano de alta densidad, con lo cual, todos los elementos quedan sobredimensionados para el uso de cualquier otro tipo de poliuretano de menor densidad siempre y cuando el espesor de la plancha que fuéramos a fabricar no sobrepasara los límites para los que esta diseñado el eje de la centrifugadora.

Lo propuesto son soluciones posibles pero, una vez fabricada la centrifugadora y puesta en funcionamiento, habría que comprobar que su comportamiento fuera el adecuado y de no serlo, modificar aquello que fuera necesario.

Una posible modificación futura puede ser en cuanto al tensado de las correas. Pudiéndose colocar un tensor de tornillo para aflojar o desaflojar estas con mayor facilidad que con la mesa sobre la guía.

Como se ha explicado, solo se ha centrado el estudio en la fabricación de un único tipo de plancha de poliuretano de unas determinadas dimensiones. En cambio, esta centrifugadora podrá fabricar otro tipo de planchas con solo cambiar el tambor y los postizos si fuera necesario. Si, por ejemplo, en algún momento queremos fabricar planchas con otras formas bastará con colocar un nuevo tambor que tenga la forma del perfil deseado.

En el caso de que se necesiten planchas de un perímetro menor, no habrá problema en fabricarlas siempre y cuando dispongamos de los postizos adecuados para el tambor de tal manera que este quede centrado en el interior del horno.

Todas estas modificaciones serán posibles ya que los cálculos han sido realizados con las dimensiones máximas posibles de tambor, no obstante cualquier modificación del tamaño del tambor y cantidad de mezcla que se va a introducir en este variará el peso del conjunto y por tanto el momento al que está sometido nuestro eje.

Se revisarán los cálculos para asegurarse de que los elementos de transmisión del movimiento de la centrifugadora tienen la capacidad para transmitir el movimiento y se encuentran del lado de la seguridad, además, un técnico en automatización se encargara de realizar la parte eléctrica, cuadro eléctrico, seguridad y automatización de la centrifugadora.

BIBLIOGRAFÍA

7. Bibliografía

Para la realización del proyecto me he documentado en diferentes medios: libros, catálogos de los productos y normativas de productos normalizados. Parte de esta bibliografía esta contenida en formato pdf en el CD.

7.1. Libros

Edward Shigley.J (1983). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw-HILL

Cortizo Rodríguez.J.L (2010). *Elementos de máquinas*. Oviedo: Universidad de Oviedo

Kreith Frank, y Bohn Mark S. (2005). *Principios de transferencia de calor*. Madrid: Thomson-Paraninfo

7.2. Catálogos.

Catálogo de Resistencias Eléctricas Tope. Incluido en los Anexos en CD.

Catálogo de Ruedas Alex. Incluido en los Anexos en CD.

Catálogo de Apoyos Antivibrantes Mago. Incluido en los Anexos en CD.

Catálogo de Motores Eléctricos ABB de bajo voltaje. Incluido en los Anexos en CD

Catálogo de correas Mafdel. Incluido en los Anexos en CD.

Catálogo de Rodamientos NSK. Incluido en los Anexos en CD.

Catálogo de microconvertidor de frecuencia ABB. Incluido en los Anexos en CD.

7.3. Normas

DIN 6885. Dimensiones chiveteros y chavetas.

DIN 471. Anillos elásticos para ejes

Centrifugadora para plancha de poliuretano

PLANOS

8. Planos

A continuación se enumerarán los planos que se han considerado necesarios para la fabricación de la centrifugadora.

Plano 1. Bancada sin alojamiento para el aislante

Plano 2. Bancada con alojamiento para el aislante

Plano 3. Tambor

Plano 4. Postizo

Plano 5. Puerta grande

Plano 6. Puerta pequeña

Plano 7. Eje del tambor

Plano 8. Mesa 1

Plano 9. Mesa 2

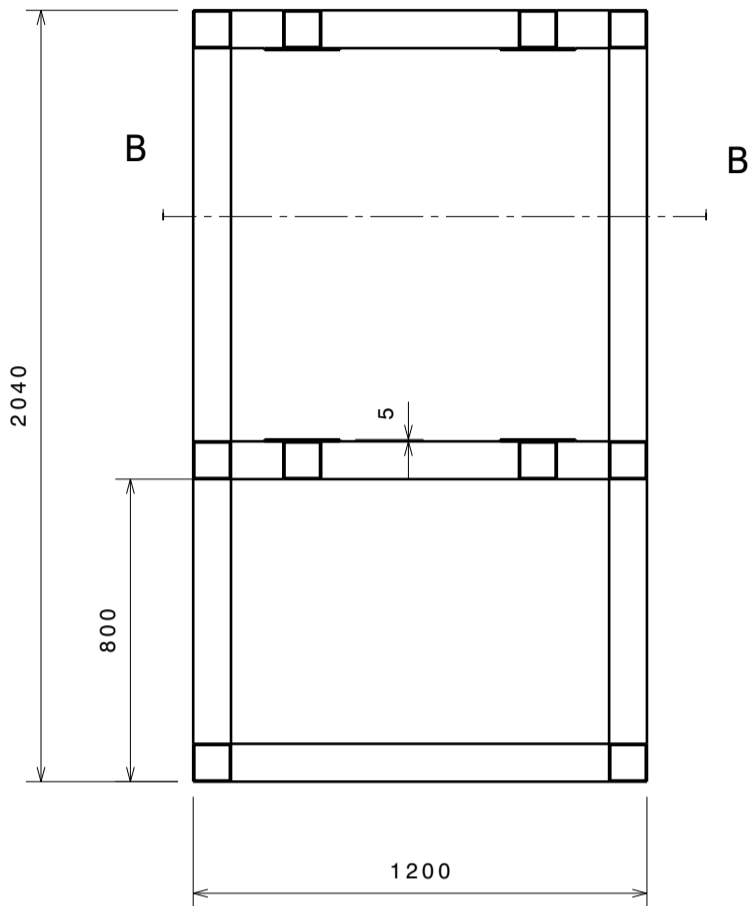
Plano 10. Polea conductora

Plano 11. Polea conducida

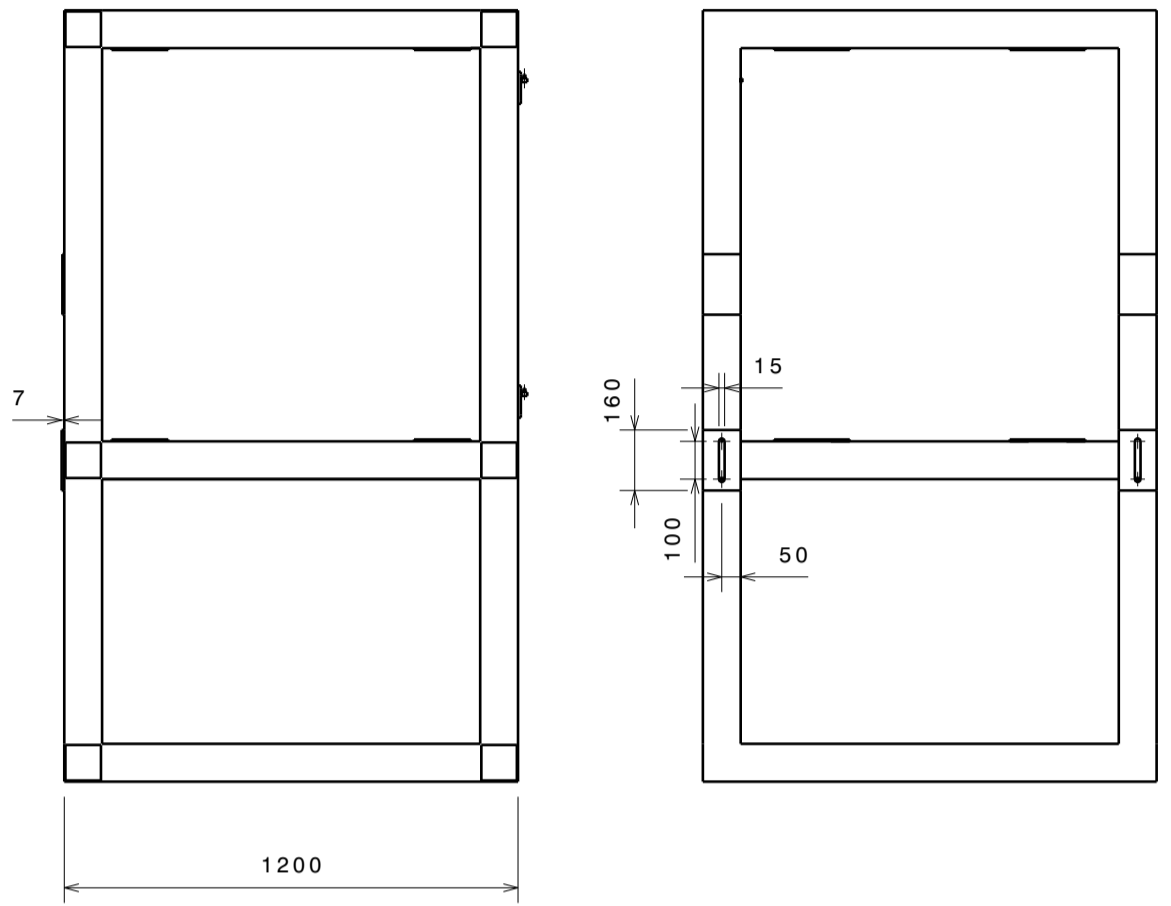
Plano 12. Protector trasero

Centrifugadora para plancha de poliuretano

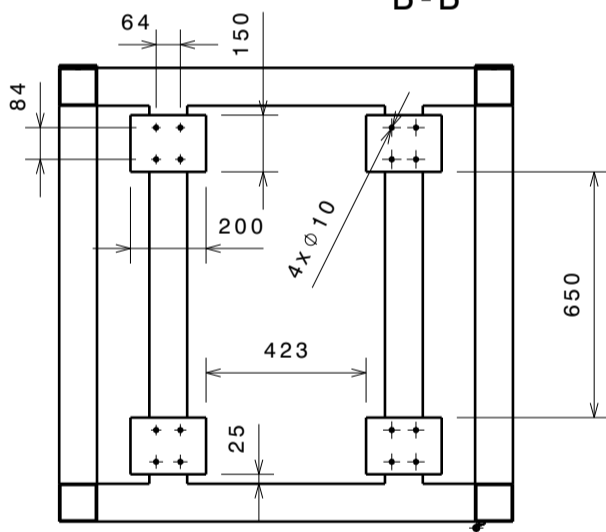
Vista frontal



Vista trasera

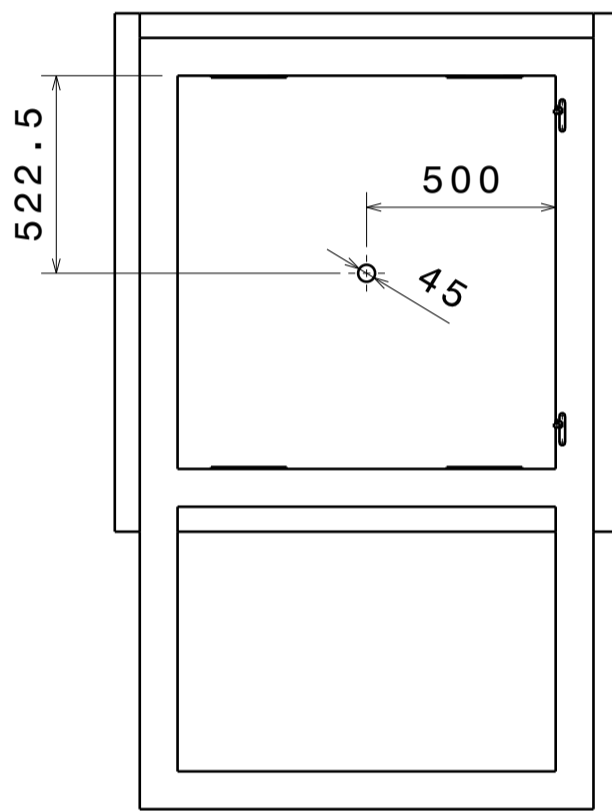
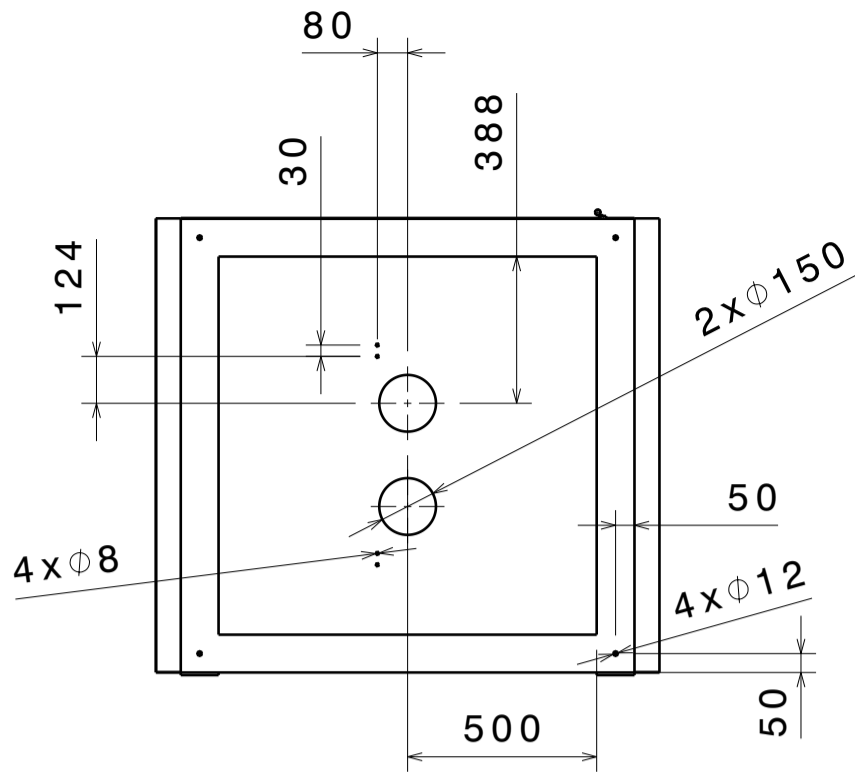


B-B

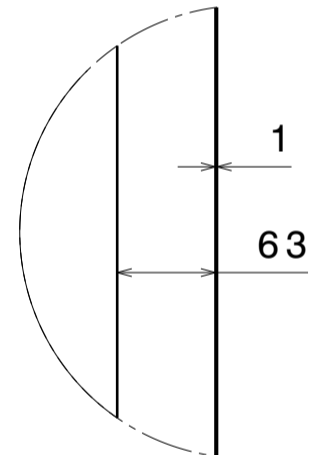


Material: Los perfiles serán de tubo cuadrado hueco de 100 x 100 mm con 3mm de espesor de pared

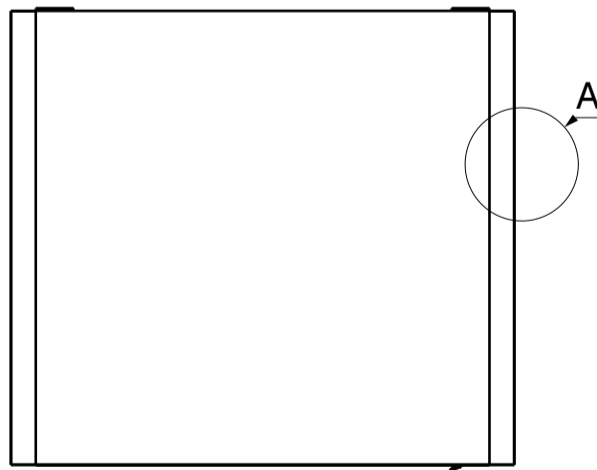
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 1	Versión 1		
ESCALA	Bancada sin alojamiento para el aislante (Centrifugadora 001)			TFG
1:20				



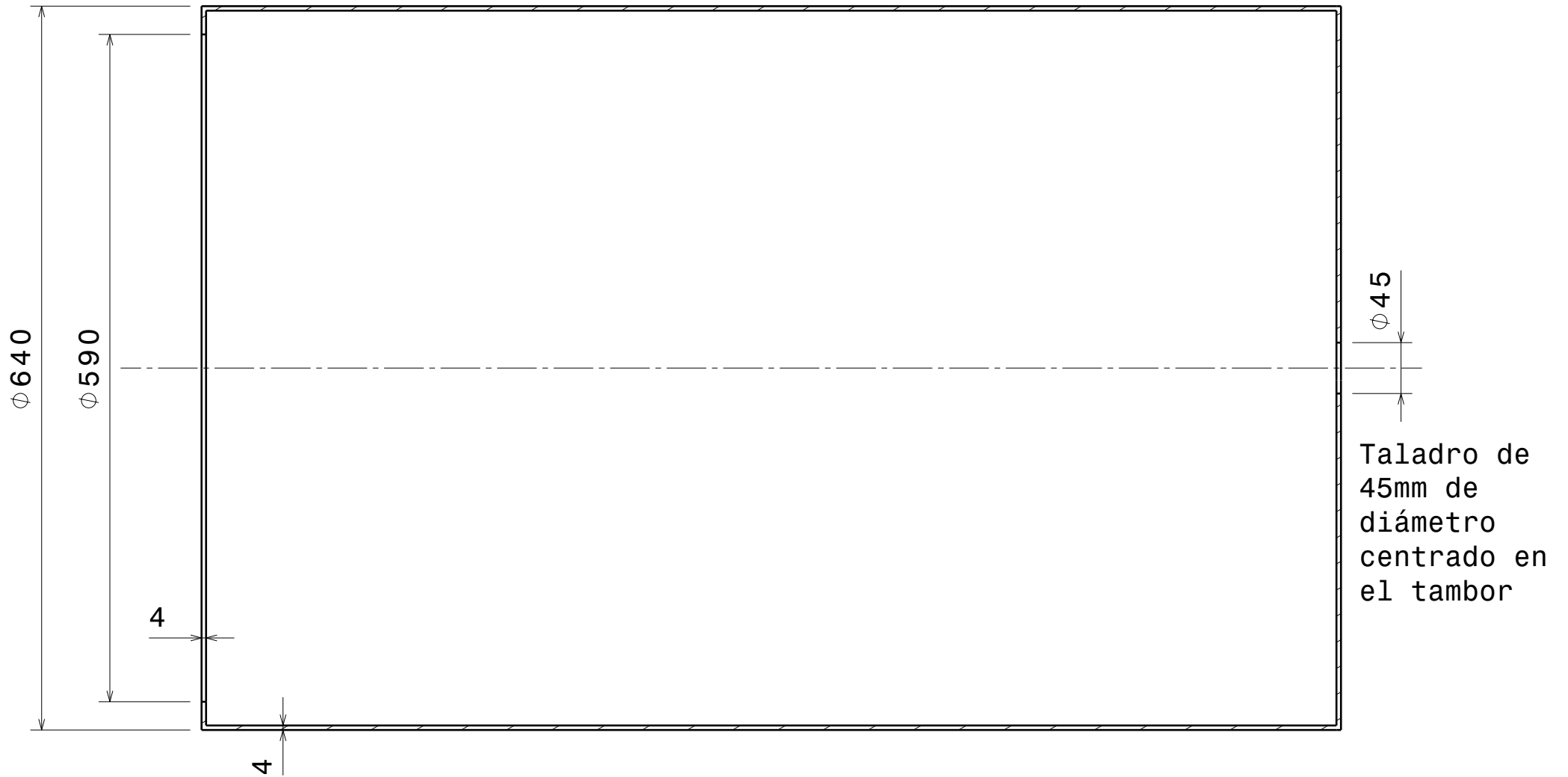
Los laterales:
derecho, izquierdo, parte superior e inferior de la bancada tendrá un aislamiento como el que se muestra en el Detlla A



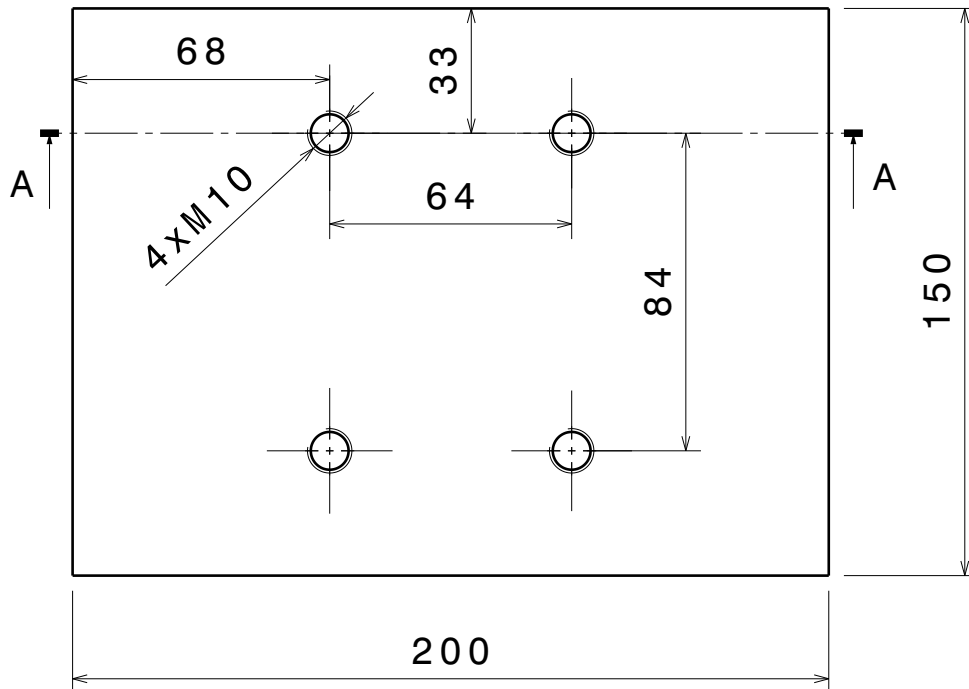
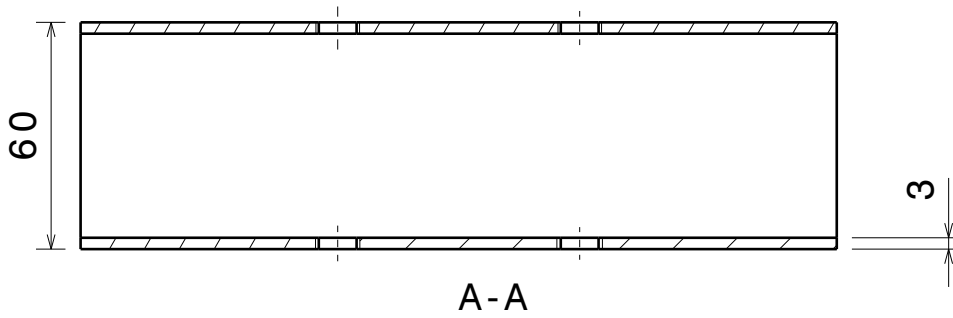
Detalle A: pared de aislante
Escala 1:5



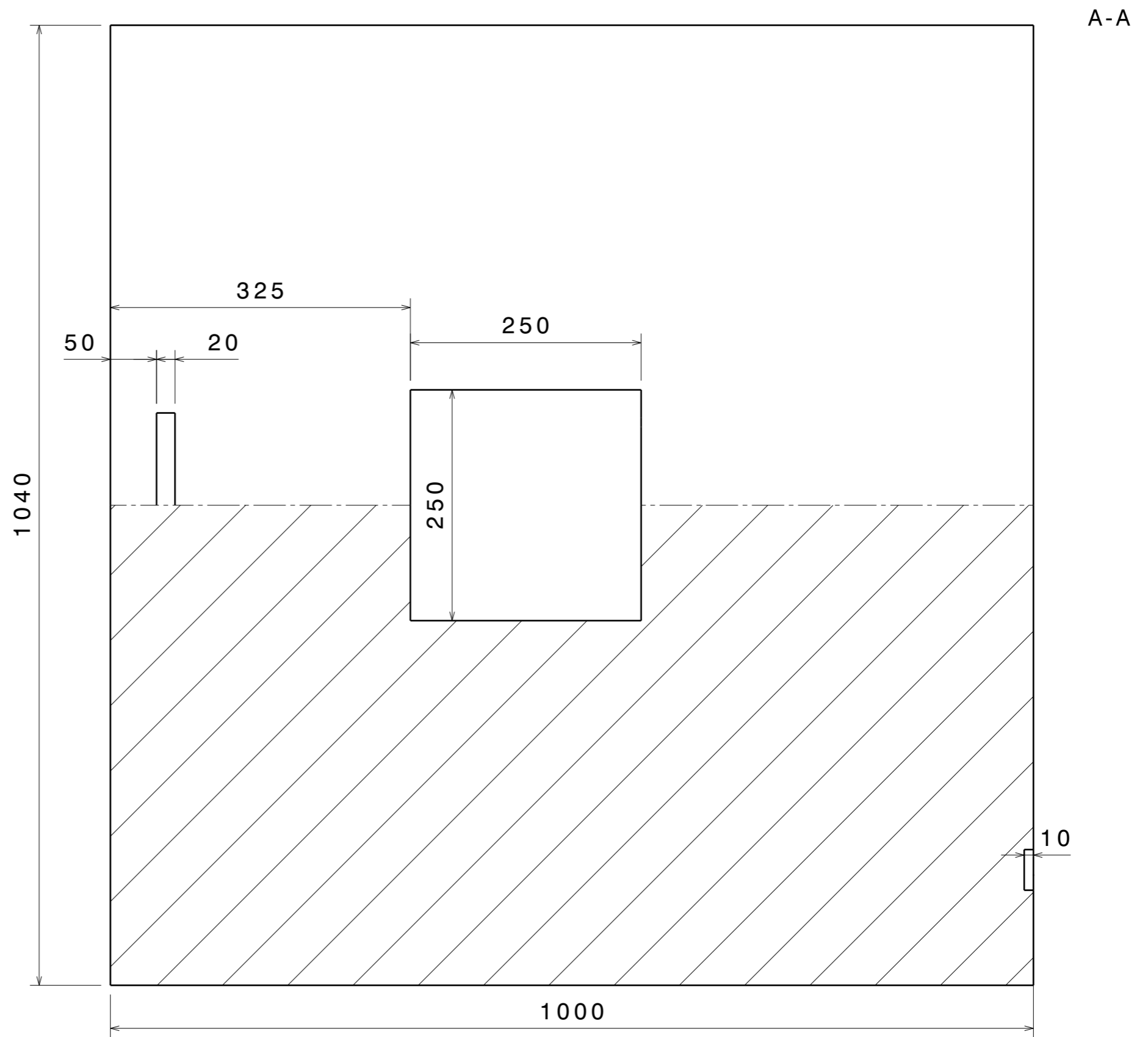
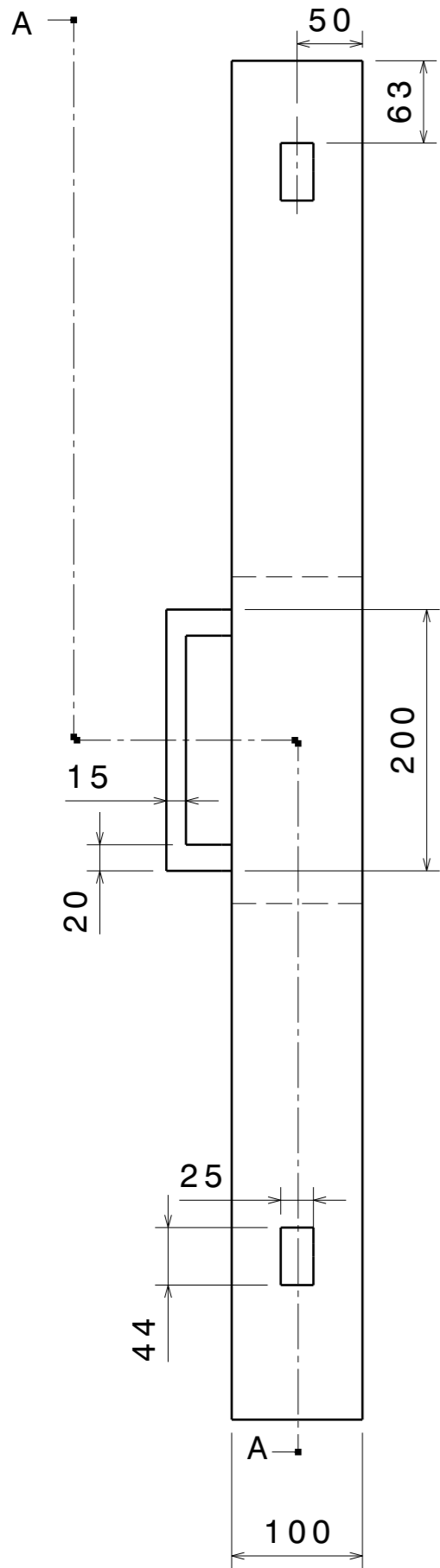
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén. P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 2	Versión 1		
ESCALA	Bancada con alojamiento para el aislante (Centrifugadora 001)			TFG
1:20				



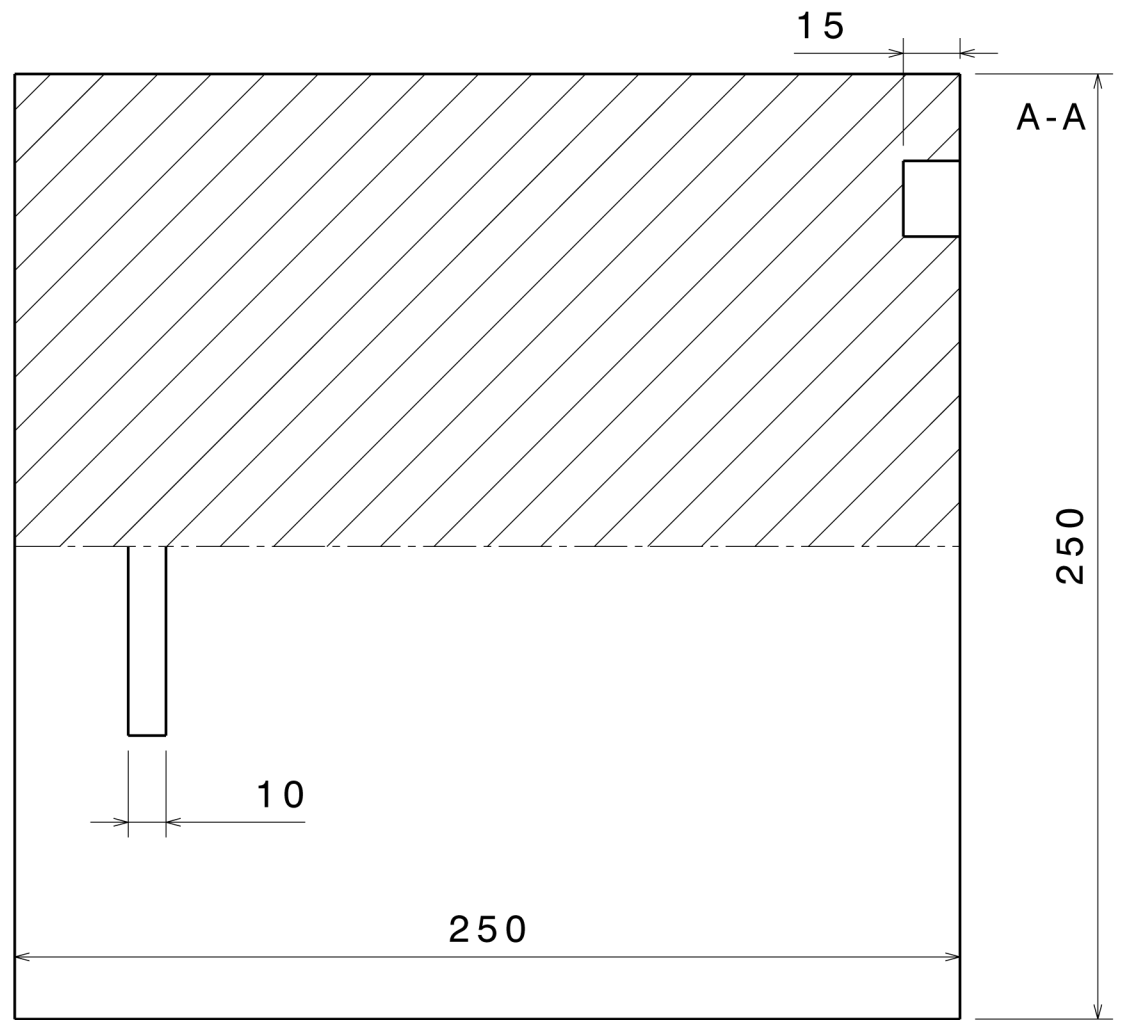
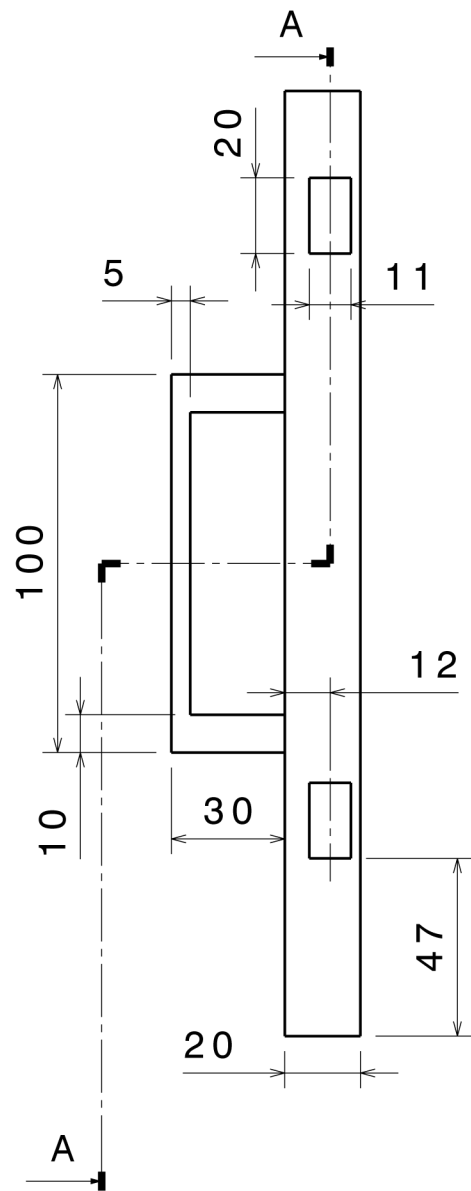
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 3	Versión 1		
ESCALA	Tambor (Centrifugadora 001)			TFG
1:5				



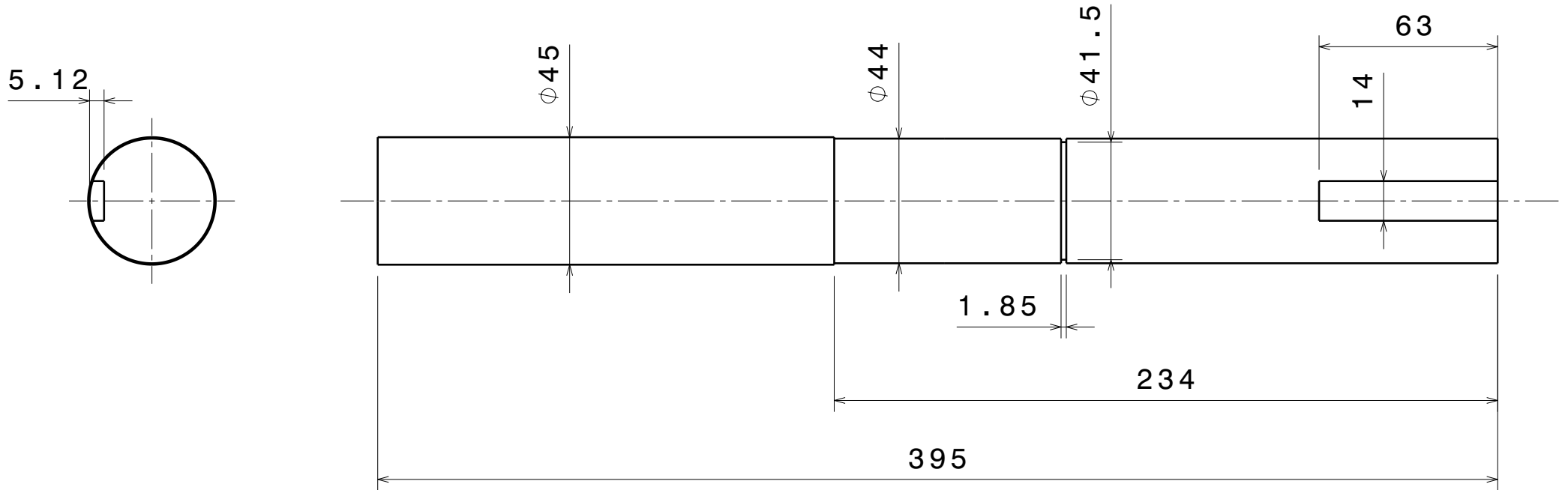
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M.		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 4	Versión 1		
ESCALA	Postizo (Centrifugadora 001)			TFG
1:2				



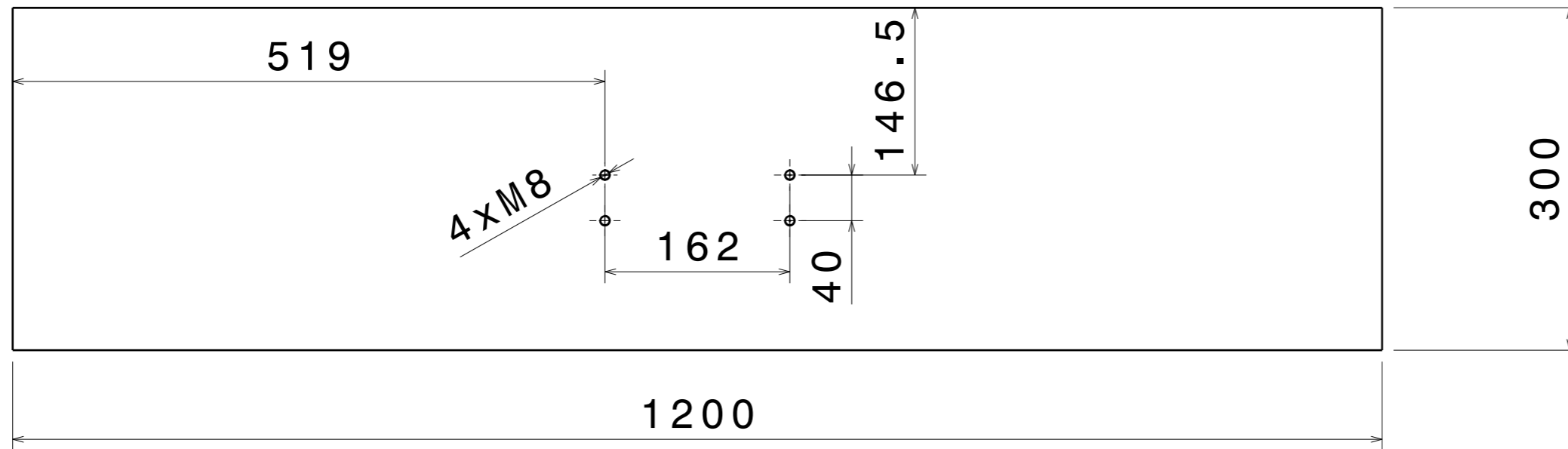
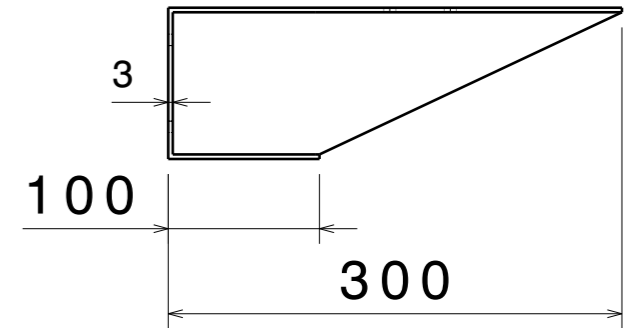
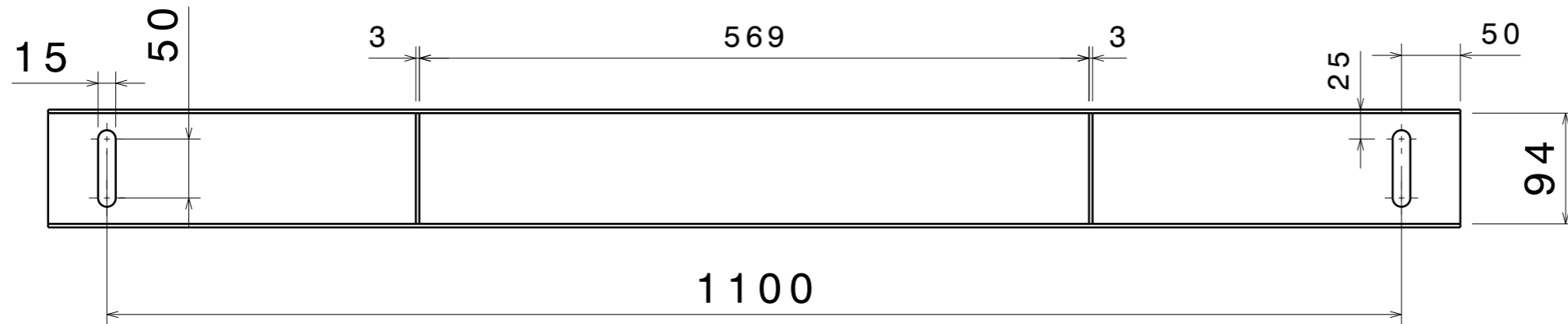
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 5	Versión 1		
ESCALA	Puerta grande (Centrifugadora 001)			TFG
1:5				



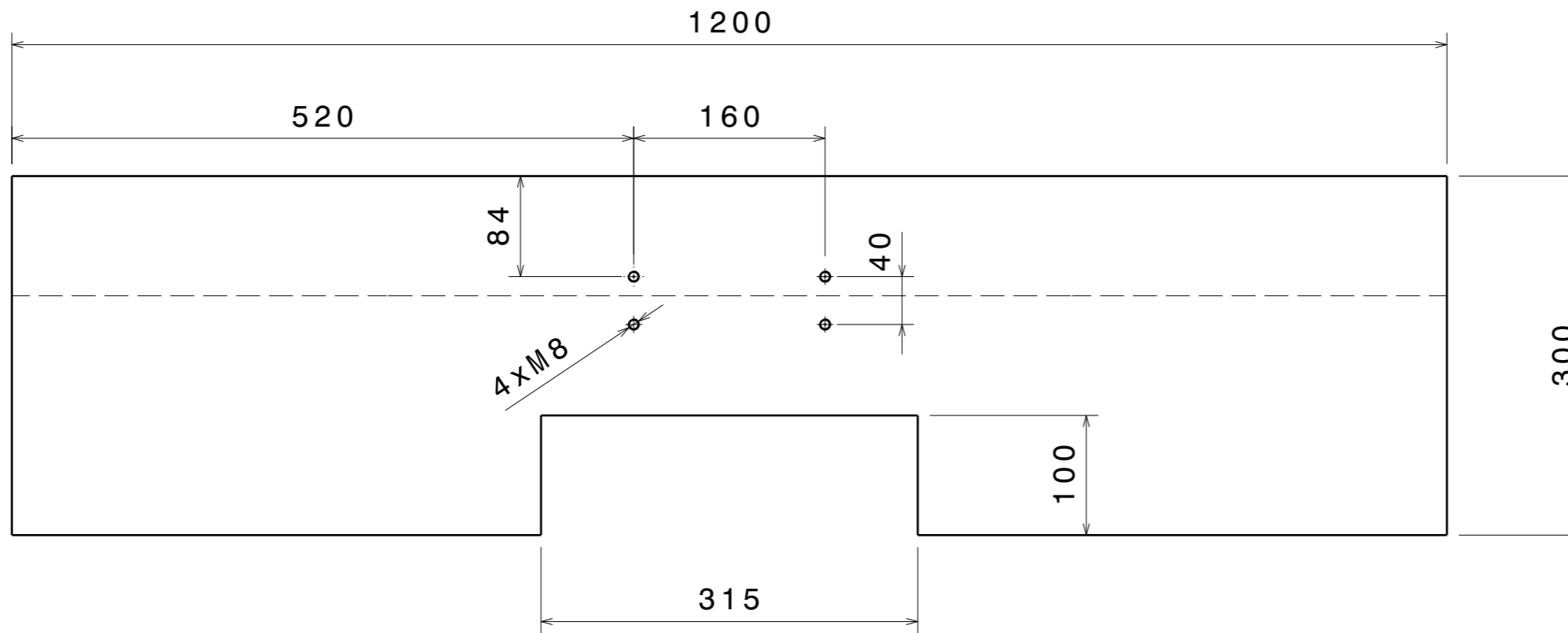
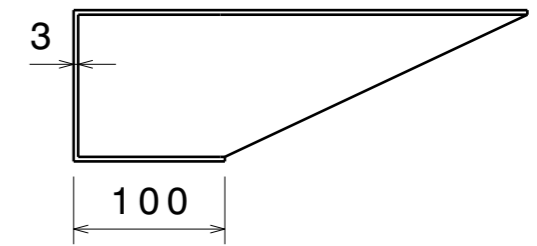
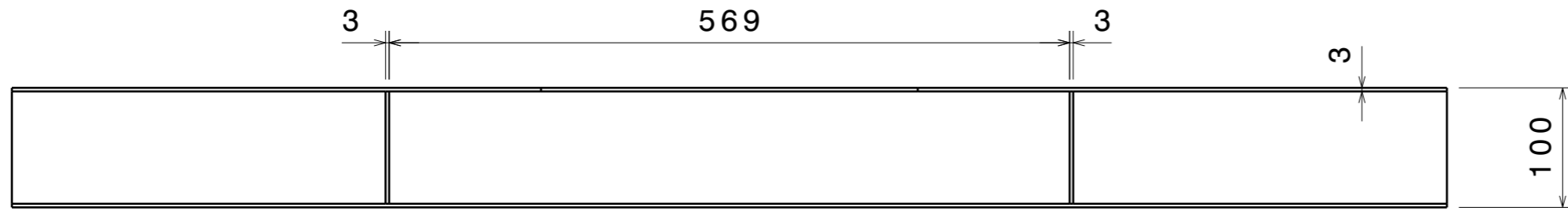
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 6	Versión 1		
ESCALA	Puerta pequeña (Centrifugadora 001)			TFG
1:20				



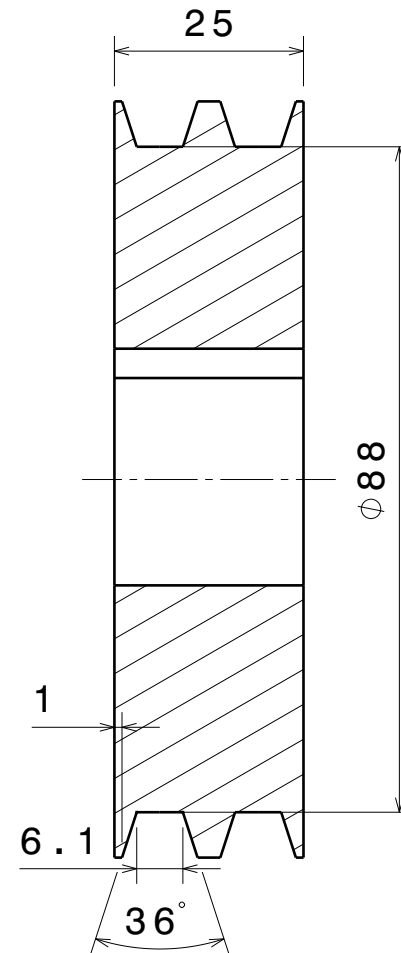
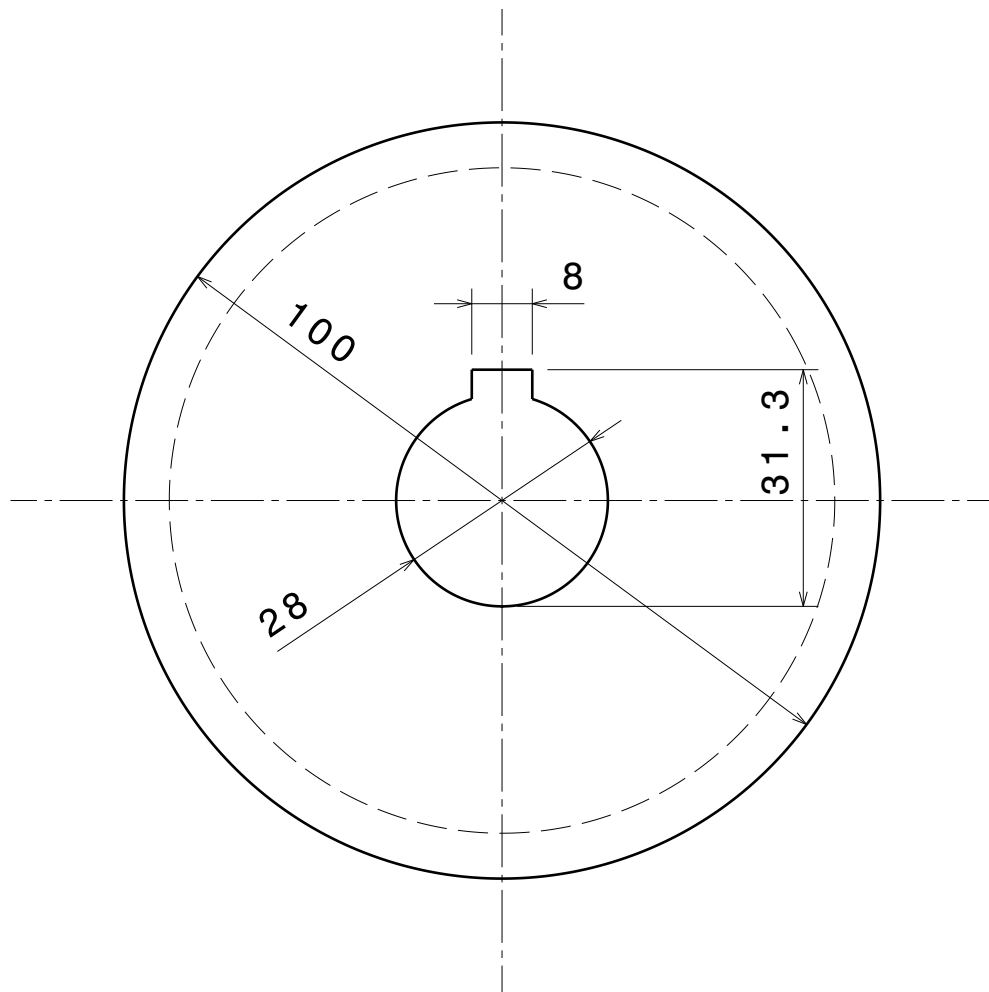
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Ruben.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 7	Versión 1		
ESCALA	Eje (Centrifugadora 001)			TFG
1:2				



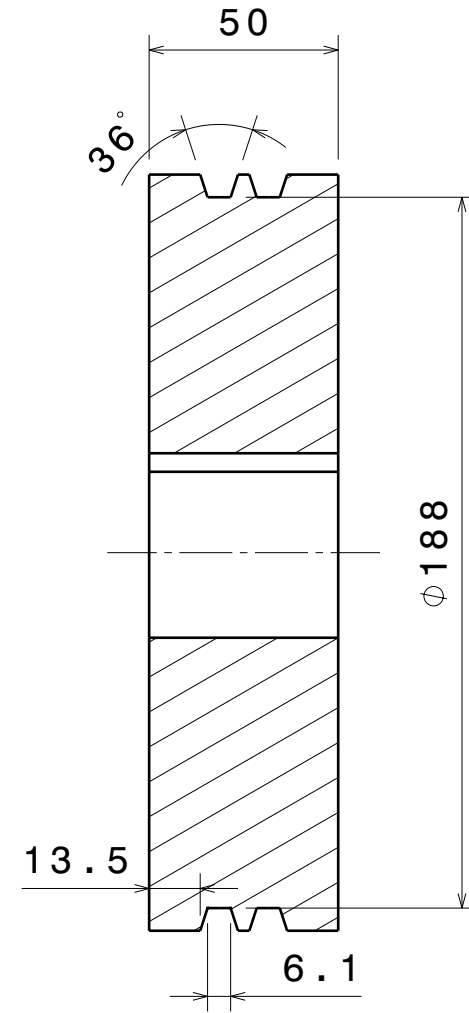
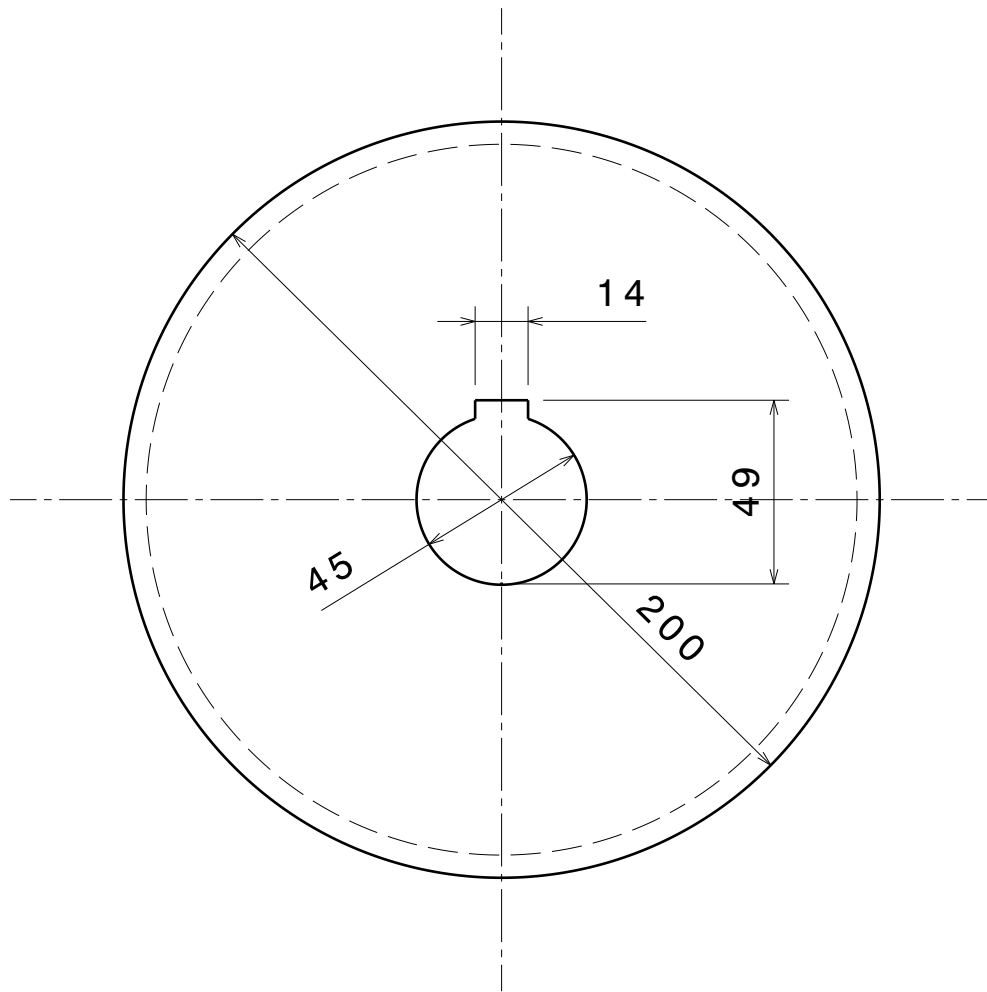
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Ids. Normas	Plano 8	Versión 1		
ESCALA	Mesa 1 (Centrifugadora 001)			TFG
1:5				



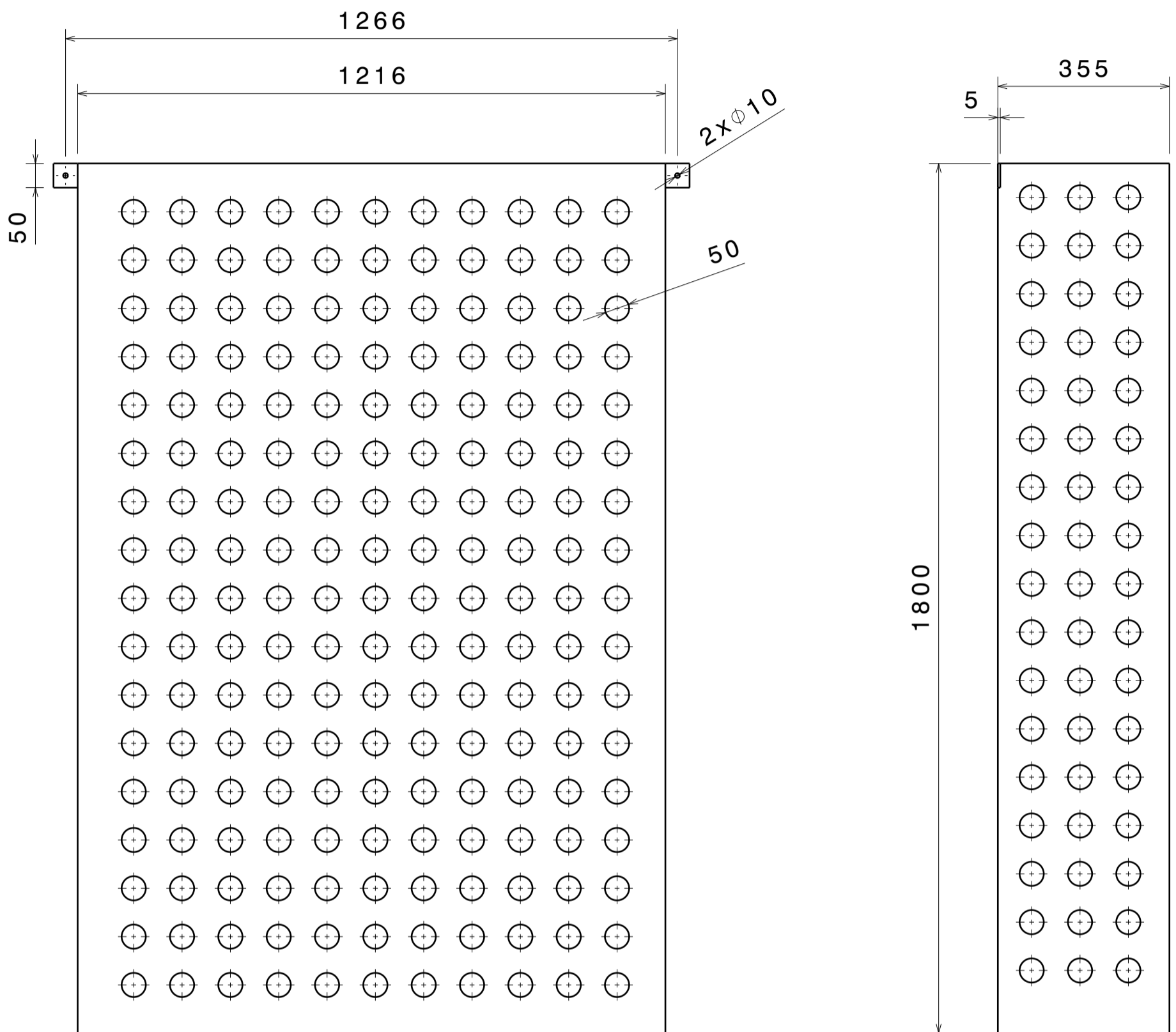
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 9	Versión 1		
ESCALA	Mesa 2 (Centrifugadora 001)			TFG
1:5				



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 10	Versión 1		
ESCALA	Polea conductora (Centrifugadora 001)			TFG
1:1				



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 11	Versión 1		
ESCALA	Polea conducida (Centrifugadora 001)			TFG
1:2				



Todos los taladros serán pasantes

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES Grado en Ingeniería Mecánica
Dibujado	09/01/2015	Rubén.P.M		
Comprobado				
Plano/Versión	Plano 12	Versión 1		
ESCALA	Protector trasero (Centrifugadora 001)			TFG
1:10				

ANEXOS

9. Anexos

En este apartado se incluirán los catálogos de los elementos que han sido elegidos para fabricar la centrifugadora.

Ref 1. Catálogo Resistencias eléctricas

Ref 2. Catálogo rueda

Ref 3. Catálogo apoyos

Ref 4. Catálogo motor

Ref 5. Catálogo correas

Ref 6. Catálogo rodamientos

Ref 7. Catálogo de microconvertidor de frecuencia

Centrifugadora para plancha de poliuretano

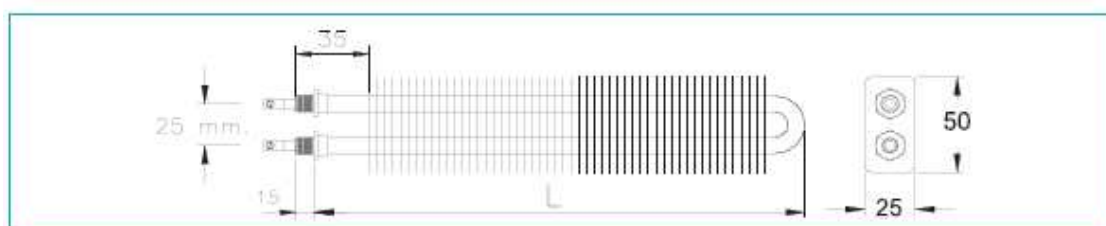
Ref 1. Catálogo Resistencias eléctricas

1. Resistencias con aletas aluminizadas

Elementos que por su incorporación de aletas aluminizadas permiten una gran transmisión de calor al ambiente. El tipo de aletas rectangular con 2 aletas por cm lineal y debido a la gran conductividad térmica del aluminio, garantiza un mínimo gradiente térmico entre la temperatura superficial del tubo y la temperatura del aire.

Materiales: Tubo acero inox 321 de Ø 8 mm, aletas aluminizadas medidas 25x50 mm y racor pinzado de acero M12x1,25.

Temperatura máxima 250° C con una velocidad del aire de 2m/s



Ref.	Aletas aluminizadas Aluminized steel fins	tubo tube	pivote pivot	W	V
DRHAL100	25x50	1xø8x200	-	100	230
DRHAL200	25x50	1xø8x200	-	200	230
DRHAL500	25x50	1xø8x260	-	500	230
DRHAL600	25x50	1xø8x300	-	600	230
DRHAL750	25x50	1xø8x370	-	750	230
DRHAL1000	25x50	1xø8x500	-	1000	230
DRHAL1250	25x50	1xø8x620	-	1250	230
DRHAL1500	25x50	1xø8x740	-	1500	230
DRHAL2000	25x50	1xø8x970	-	2000	230
DRHAL2500	25x50	1xø8x1180	-	2500	230



Ref 2. Catálogo rueda



Ficha técnica

Rueda HLS-HU 2-3180

Código	∅	Kg	mm	Tipo cojinete Eje	mm	mm	mm	mm	mm
2-3180	150	800	50	●●	150x110	125x80/105x70	10	246	129



Características

Fabricada con acero soldado hasta 12 m/m de espesor.

Acabado cincado pintado negro.

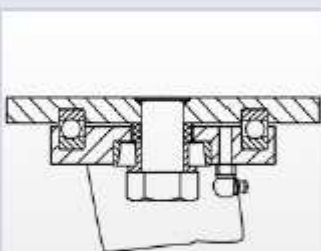
Soporte con suspensión elástica mediante incorporación de muelle muy resistente.

Recorrido del muelle hasta 24,5mm para una carga de 700 kg.

Especialmente diseñada para absorber por amortiguación: golpes, Choques y desniveles.

Fabricadas según normas europeas EN 12532/12533.

Archivos CAD



Datos técnicos

Diámetro: 150 mm

Carga: 800 kg

Tipo de cojinete: Cojinete de bolas

Ancho de Banda de rodadura: 50 mm

Medidas de placa superior: 150x110 mm

Distancia entre agujeros: 125x80/105x70 mm

Diámetro agujero sujeción platina: 10 mm

Altura total: 246 mm

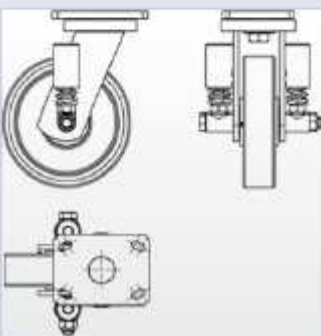
Radio de giro: 129 mm

Rueda

HU (Poliuretano)

Núcleo de acero y banda de poliuretano (92° Shore A)

Rango de temperatura: -20° ÷ +60°





SERIE M-800

MAGO-FIX®

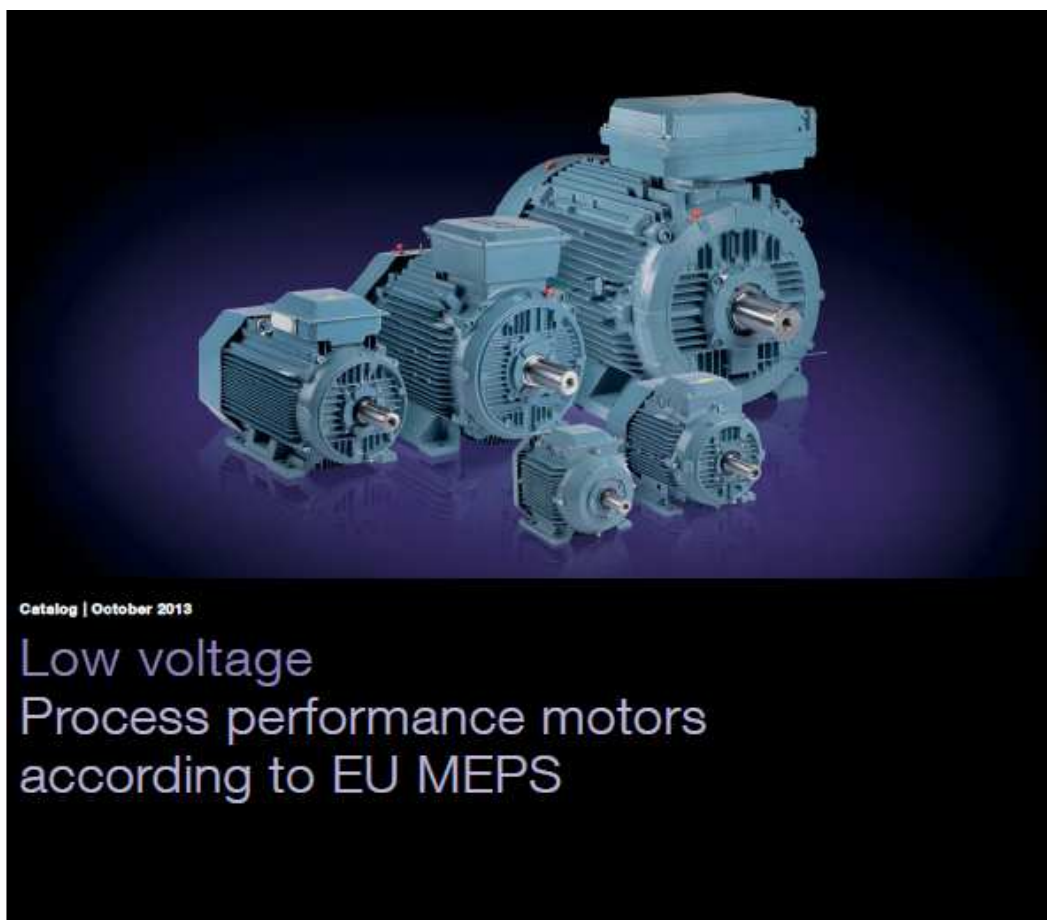
Soporte antivibrante con espárrago fijo roscado y máxima absorción de vibraciones.

- U** Para COMPRESORES, BOMBAS, GRUPOS ELECTRÓGENOS, TROQUELADORAS, TORNOS, FRESADORAS, etc.
- C** Tapa vulcanizada con la goma y espiga roscada, lo cual facilita el movimiento o traslado de las máquinas. Caucho especial para la absorción de vibraciones.
- F** Fabricación con caucho IDEALE y SINTÉTICO. Dureza Shore, 75 ± 3

MEDIDAS Y CARACTERÍSTICAS					
Referencia	Carga kgs. por soporte	Diámetro soporte	Altura pie mm.	Paso métrico	Largo espárrago
		A	B	C	D
M-800	hasta 100	45	20	M-8	100
M-800	hasta 100	45	20	M-10	77
M-801	100-200	75	25	M-12	120
M-802	200-400	98	30	M-12	120
M-802	200-400	98	30	M-16	170
M-803	400-700	125	30	M-16	170
M-804	700-1,500	175	37	M-16	170
M-805	1,500-3,000	222	42	M-20	200
M-806	3,000-5,000	222	61	M-24	215



Ref 4. Catálogo motor



Technical data Aluminum motors, 750 r/min

IP 55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B

Output kW	Motor type	Product code	Speed r/min	Efficiency IEC 60034-2-1; 2007			Power factor cos φ	Current Torque				
				Full load 100%	3/4 load 75%	1/2 load 50%		I_N A	I_s I_N	T_N Nm	T_l T_N	T_b T_N
750 r/min = 8 poles								CENELEC-design				
0.09	M3AA 71 A	3GAA 074 001-••E	675	48.8	45.2	37.8	0.57	0.46	2.5	1.27	2.20	2.10
0.12	M3AA 71 B	3GAA 074 002-••E	665	51.5	49.0	41.9	0.60	0.56	2.5	1.72	2.20	2.10
0.18	M3AA 80 A	3GAA 084 001-••E	690	57.2	55.4	48.8	0.61	0.74	2.9	2.4	2.30	2.30
0.25	M3AA 80 B	3GAA 084 002-••E	690	61.4	60.0	54.0	0.60	0.97	3.1	3.4	2.50	2.50
0.37	M3AA 90 S	3GAA 094 001-••E	695	59.4	56.3	49.1	0.54	1.66	2.7	5.0	1.60	2.10
0.55	M3AA 90 L	3GAA 094 002-••E	660	59.1	59.5	55.2	0.58	2.3	2.5	7.9	1.50	1.60
0.75	M3AA 100 LA	3GAA 104 001-••E	720	70.7	67.1	59.9	0.47	3.2	3.9	9.9	2.80	3.60
1.1	M3AA 100 LB	3GAA 104 002-••E	695	76.0	76.5	74.6	0.66	3.1	3.4	15.1	1.70	2.20
1.5	M3AA 112 M	3GAA 114 101-••E	690	74.4	75.9	74.1	0.70	4.1	3.2	20.7	1.40	1.87
2.2	M3AA 132 S	3GAA 134 001-••E	715	77.7	79.2	77.6	0.65	6.2	3.4	29.3	1.30	1.90
3	M3AA 132 M	3GAA 134 002-••E	715	79.3	80.8	79.8	0.64	8.5	3.2	40.0	1.20	1.80
4	M3AA 160 MLA	3GAA 164 031-••G	728	84.1	85.1	83.7	0.67	10.2	5.4	52.4	1.50	2.60

CORREAS **termosoldables**



ES



correas trapezoidales **DEL/ROC**

Dureza 100 ShA - 55 ShD
Tensión de montaje 0,5 - 2%
Temperaturas extremas -30°C / +90°C
Coefficiente de rozamiento PEAD : 0,15 - 0,2 Acero : 0,35 - 0,4 Inox : 0,5
Acondicionamiento : rollos de 30 m



no
dentada

Referencia	Fuerza de tracción (daN)	∅ polea primitivo (mm) aconsejado	(mm) mínimo
DRVN10	22	120	100
DRVN13	40	160	140
DRVN17	74	220	200
DRVN22	122	280	250

DEL/ROC negra



dentada

Referencia	Fuerza de tracción (daN)	∅ polea primitivo (mm) aconsejado	(mm) mínimo
DRVNCR10	15	100	80
DRVNCR13	28	120	100
DRVNCR17	51	160	140
DRVNCR22	85	240	190

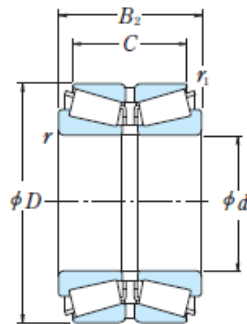
Sección (mm)	Tensión
10x6 Z	2%
13x8 A	2%
17x11 B	2%
22x14 C	2%

+ RODAMIENTOS



RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS DE DOBLE HILERA

Diámetro Interior 40~90 mm



<i>d</i>	Dimensiones (mm)					Índices Básicos de Carga (N)		Velocidades Limite (rpm)	
	<i>D</i>	<i>B</i> ₂	<i>C</i>	<i>r</i> _{min.}	<i>r</i> _{1 min.}	<i>C</i> _r	<i>C</i> _{0r}	Grasa	Aceite
40	80	45	37.5	1.5	0.6	109 000	140 000	3 700	5 100
	85	47	37.5	1.5	0.6	117 000	159 000	3 400	4 700
45	85	55	43.5	1.5	0.6	143 000	204 000	3 400	4 700
	90	48	38.5	1.5	0.6	131 000	183 000	3 200	4 400
	90	49	39.5	1.5	0.6	131 000	183 000	3 200	4 400
	90	55	43.5	1.5	0.6	150 000	218 000	3 200	4 400
50	110	64	51.5	2.5	0.6	224 000	297 000	2 700	3 700
	100	51	41.5	2	0.6	162 000	226 000	2 900	3 900
	100	52	42.5	2	0.6	162 000	226 000	2 900	3 900
	100	60	48.5	2	0.6	188 000	274 000	2 900	3 900
55	120	70	57	2.5	0.6	256 000	342 000	2 500	3 400
	110	53	43.5	2	0.6	178 000	246 000	2 700	3 600
	110	66	54.5	2	0.6	225 000	335 000	2 700	3 600
60	130	74	59	3	1	298 000	405 000	2 300	3 200

Ref 7. Catálogo de microconvertidor de frecuencia



Convertidores de frecuencia de baja tensión

Microconvertidores de frecuencia ABB
ACS150
0,37 a 4 kW/0,5 a 5 CV
Catálogo

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

Código de tipo

En la columna 4 de la derecha figura el número de referencia exclusivo que identifica claramente su convertidor de frecuencia por potencia y tamaño de bastidor. Una vez seleccionado el código de tipo puede emplearse el tamaño de bastidor (columna 5) para determinar las dimensiones del convertidor, que se encuentran detalladas a continuación.

Tensiones

El ACS150 está disponible en dos rangos de tensión:

- 2 = 200 a 240 V
- 4 = 380 a 480 V

En el código de tipo de la derecha deberá poner un "4" o un "2" en función de la tensión elegida.

Estructura

Las cifras "01X" y "03X" en el código de tipo cambian en función de la fase del convertidor y del filtro EMC. escoja la configuración apropiada de la lista que se muestra a continuación.

- 01 = Monofásica
- 03 = Trifásica
- E = Filtro EMC conectado, frecuencia de 50 Hz
- U = Filtro EMC desconectado, frecuencia de 60 Hz (En caso de que se requiera el filtro, puede conectarse fácilmente).

Especificaciones			Código de tipo	Tamaño de bastidor
P_N kW	P_N CV	I_{2N} A		
Unidades con alimentación de CA monofásica de 200 a 240 V				
0,37	0,5	2,4	ACS150-01X-02A4-2	R0
0,75	1	4,7	ACS150-01X-04A7-2	R1
1,1	1,5	6,7	ACS150-01X-06A7-2	R1
1,5	2	7,5	ACS150-01X-07A5-2	R2
2,2	3	9,8	ACS150-01X-09A8-2	R2
Unidades con alimentación de CA trifásica de 200 a 240 V				
0,37	0,5	2,4	ACS150-03X-02A4-2	R0
0,55	0,75	3,5	ACS150-03X-03A5-2	R0
0,75	1	4,7	ACS150-03X-04A7-2	R1
1,1	1,5	6,7	ACS150-03X-06A7-2	R1
1,5	2	7,5	ACS150-03X-07A5-2	R1
2,2	3	9,8	ACS150-03X-09A8-2	R2
Unidades con alimentación de CA trifásica de 380 a 480 V				
0,37	0,5	1,2	ACS150-03X-01A2-4	R0
0,55	0,75	1,9	ACS150-03X-01A9-4	R0
0,75	1	2,4	ACS150-03X-02A4-4	R1
1,1	1,5	3,3	ACS150-03X-03A3-4	R1
1,5	2	4,1	ACS150-03X-04A1-4	R1
2,2	3	5,6	ACS150-03X-05A6-4	R1
3	4	7,3	ACS150-03X-07A3-4	R1
4	5	8,8	ACS150-03X-08A8-4	R1

La X del código de tipo representa la letra E o U.

La X del código de tipo representa la letra E o U.

Convertidores montados en armario (UL tipo abierto)

Tamaño de bastidor	IP20 UL tipo abierto					
	H1 mm	H2 mm	H3 mm	W mm	D mm	Peso kg
R0	169	202	239	70	142	1,1
R1	169	202	239	70	142	1,3
R2	169	202	239	105	142	1,5

- H1 = Altura sin sujeciones ni placa de fijación.
- H2 = Altura con sujeciones y sin placa de fijación.
- H3 = Altura con sujeciones y placa de fijación.
- W = Ancho
- D = Profundidad



Convertidores montados en pared (NEMA 1)

Tamaño de bastidor	NEMA 1				
	H4 mm	H5 mm	W mm	D mm	Peso kg
R0	257	280	70	142	1,5
R1	257	280	70	142	1,7
R2	257	282	105	142	1,9

- H4 = Altura con sujeciones y caja de conexiones NEMA 1.
- H5 = Altura con sujeciones, caja de conexiones NEMA 1 y cubierta.
- W = Ancho
- D = Profundidad



