

*Universidad de Matanzas
Sede: "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



**DISEÑO DE MOLDE DE COMPRESIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE
COLLARINES DE VÁSTAGOS**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor:Rafael David Pérez Hernández

Matanzas, 2022

*Universidad de Matanzas
Sede: "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



DISEÑO DE MOLDE DE COMPRESIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE COLLARINES DE VÁSTAGOS

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Rafael David Pérez Hernández

Tutor: M. Sc. Gabriel Roque Villalonga

Cotutor: Ing. Rolando Vázquez Posada

Matanzas, 2022

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

El presente trabajo se realiza con el objetivo de solucionar el problema existente en la UEB Aeropuerto Internacional Juan Gualberto Gómez, por la carencia de collarines de vástagos de goma, utilizados en el cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escaleras Diésel Autopropulsadas modelo EDU-WIDE. La investigación se divide en tres etapas básicas, en la primera se realiza una revisión de la literatura disponible sobre el diseño de moldes de compresión para piezas de goma, y se analizan los factores de mayor importancia en el proceso de moldeo por compresión. En la segunda etapa se implementa la metodología propuesta y se diseñan el molde de compresión para la fabricación del collarín de vástago, así como la creación de una carta tecnológica para su fabricación convencional. En una tercera etapa se determinará el costo de obtención del molde de compresión y el impacto medioambiental de su fabricación.

Palabras claves: molde de compresión; collarín de vástago; diseño; fabricación convencional; carta tecnológica; impacto ambiental.

ABSTRACT

In the present work it is carried out with the objective of solving the objective of solving the existing problem in the UEB Juan Gualberto Gómez International Airport, due to the lack of rubber stem collars, used in the hydraulic cylinder of elevation and descent of the Self-propelled Diesel Stairs. EDU-WIDE model. The research is divided into three basic stages, in the first a review of the available literature on the design of compression molds for rubber parts is carried out, and the most important factors in the process of compression molding. In the second stage, the proposed methodology is implemented and the compression mold for the manufacture of the stem collar is designed, as well as the creation of a technological letter for its conventional manufacture. In a third stage, the cost of obtaining the compression mold and the environmental impact of its manufacture will be determined.

Keywords: Compression mold; stem collar; design; conventional manufacturing; technology chart; environmental impact.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	7
1 CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO DEL DISEÑO DE MOLDES DE COMPRESIÓN	9
1.1 Escaleras autopropulsadas en el servicio aeroportuario.....	9
1.2 Descripción del proceso de moldeado por compresión	10
1.2.1 Factores de importancia en el proceso	11
1.2.2 Aspectos generales del moldeo por compresión.....	11
1.2.3 Ventajas del moldeo por compresión.....	12
1.2.4 Desventajas del moldeo por compresión	12
1.3 Factor de temperatura en el moldeo por compresión.....	12
1.4 Tipos de moldes de compresión	13
1.5 Secuencia tecnológica.....	14
1.6 Generalidades de los collarines de vástagos	15
1.7 Diseño del collarín de vástago	16
1.7.1 Campo de aplicaciones:	17
1.8 Conclusiones parciales.....	18
2 CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
2.1 Diseño del molde de compresión.....	19
2.2 Material a utilizar para fabricar el collarín de vástago	20
2.2.1 Características de interés industrial del acrilonitrilo butadieno (NBR)	20
2.3 Estudio del plano del molde superior	21
2.4 Estudio del plano del molde inferior	22
2.5 Selección del material del molde de compresión.....	22
2.5.1 Tratamiento térmico.....	23
2.6 Selección de las piezas brutas.....	24
2.7 Superficie de contacto del molde.....	25
2.8 Ejemplo de basificación del molde superior.....	25
2.8.1 Determinación de los requisitos de precisión de las superficies a elaborar, con respecto a las demás superficies o ejes de la pieza.	26
2.8.2 Basificación de la pieza cilíndrica corta	26
2.8.3 Selección de la superficie que le corresponde a cada una de las bases según las reglas generales para la basificación	27
2.8.4 Situar los puntos en cada una de las bases.....	28
2.9 Cálculo de sobremedida del molde superior.....	29
2.10 Cálculo de sobremedida del molde inferior	31
2.10.1 Sobremedida de la superficie interior de revolución de $\varnothing 90$ H7.....	31
2.10.2 Sobremedida de la superficie interior de revolución de $\varnothing 82,24$	32
2.11 Selección de la Máquina herramienta	32
2.11.1 Torno Pinacho modelo SP-250	33
2.11.2 Taladro Radial BR 32	33
2.11.3 Rectificadora cilíndrica de exteriores con centro 3M151.	33
2.11.4 Rectificadoras cilíndricas interiores 3K227B.	34
2.11.5 Rectificadora de superficies planas 3G71.....	34

2.12	Selección de las herramientas de cortes e instrumentos de medición según el paso tecnológico a realizar.....	35
2.13	Itinerario tecnológico	36
2.14	Tiempo de fabricación de los moldes.....	40
2.14.1	Régimen de corte	42
2.15	Conclusiones parciales.....	43
3	CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	44
3.1	Problemática ambiental del mecanizado del molde de compresión.	44
3.1.1	Residuos de fluido de corte agotado.	44
3.1.2	Fugas y salpicaduras.	44
3.1.3	Virutas y lodos metálicos.....	44
3.1.4	Contaminación del suelo industrial.....	44
3.1.5	Nieblas y otras emisiones ambientales.	45
3.2	Tiempo de fabricación del molde de compresión.....	45
3.3	Análisis del costo de fabricación del molde de compresión.	50
3.4	Medios para medir la temperatura del molde.	50
3.5	Conclusiones parciales.....	51
	Conclusiones.....	52
	Recomendaciones	53
	Referencias Bibliográficas	54
	ANEXO.....	56
	Anexo 1 Dibujo del collarín de vástago.....	56
	Anexo 2 Dibujo del molde de compresión	57
	Anexo 3 Dibujo del molde superior.....	58
	Anexo 4 Dibujo del molde inferior.....	59

INTRODUCCIÓN

El moldeo por compresión se encuentra entre uno de los métodos más antiguos que existen para la transformación de plásticos. Este proceso fue descrito por primera vez en las bibliografías de principios del siglo XIX. Pero fue el trabajo de L.H. Baekeland y otros colaboradores quienes en 1908 empezaron a producir a nivel industrial la resina llamada fenol-formaldehído, ingrediente básico en el proceso de moldeo por compresión.

El moldeo por compresión es un proceso de conformado de piezas en el que el material, casi exclusivamente un polímero termoestable, aunque ocasionalmente se utilizan polímero termoplástico, es introducido en un molde metálico abierto y calentado. A continuación, el molde ablanda el material, forzándolo al aplicarse presión para que se ajuste a su forma, lo que permite que tenga lugar la fase de curado. Una de las principales ventajas del moldeo por compresión es su capacidad de moldear piezas grandes y relativamente intrincadas que serían muy costosas utilizando métodos como el moldeo por transferencia o por inyección. Además, la reducción de residuos es máxima, lo que resulta especialmente beneficioso cuando se trabaja con materiales caros. Entre los inconvenientes de utilizar este proceso se encuentra la escasa consistencia del producto y que no se puede utilizar este método con piezas que tengan una gran complejidad en su diseño.

La economía mundial es cada vez más turbulenta e inestable, caracterizada por los constantes cambios y desequilibrios de los mercados y de sus sistemas financieros, lo que se profundiza con la actual crisis económica y financiera global convertida en crisis estructural, cuyos efectos nocivos se hacen sentir particularmente en los países en vías de desarrollo como es el caso de Cuba, que en tales condiciones orienta su nuevo modelo económico y político comercial a la búsqueda de soluciones internas para asegurar el desarrollo económico del país. Para ello el Estado cubano le presta especial atención a la recuperación de piezas y fabricación de repuestos elaborados con nuestros propios medios, con el fin de sustituir importaciones de altos costos para el país, con el objetivo de disminuir los gastos presupuestarios que estos generan. Sensibilizados con este tema, la Universidad de Matanzas, atendiendo a necesidades del Aeropuerto Internacional Juan

Gualberto Gómez, acomete la tarea de diseñar un molde de compresión para el collarín de vástago que se utiliza en el cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE del Servicio en tierra del aeropuerto, pues esta es una pieza deficitaria.

El análisis de la situación planteada y la problemática del diseño de moldes de compresión, permite formular el **problema científico** siguiente: ¿Cómo diseñar un molde de compresión para obtener el collarín de vástago del cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE?

Se presenta como **hipótesis** de este trabajo de diploma: A partir de una metodología que contenga todos los parámetros tecnológicos para el diseño de moldes de compresión para goma, será posible realizar el diseño de un molde para la obtención del collarín de vástago del cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE.

Se plantea como **objetivo general** de esta investigación: Diseñar un molde de compresión para obtener el collarín de vástago del cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE.

Consecuentemente, se han considerado los objetivos específicos siguientes:

- Diseñar un molde de compresión para un collarín de vástago del sistema hidráulico principal de las Escaleras Diésel Autopropulsadas.
- Elaborar los pasos tecnológicos para la fabricación convencional del molde de compresión.
- Calcular el tiempo de fabricación del molde de compresión.
- Realizar un análisis económico del molde de compresión diseñado.

1 CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO DEL DISEÑO DE MOLDES DE COMPRESIÓN

En el presente capítulo se analizará la problemática a resolver en el presente trabajo, así como una descripción del proceso de moldeado por compresión donde se exponen sus ventajas y desventajas, así como los factores de mayor importancia en el proceso.

1.1 Escaleras autopropulsadas en el servicio aeroportuario.

El Aeropuerto Juan Gualberto Gómez, también conocido como Aeropuerto de Varadero, es un aeropuerto internacional que sirve a la ciudad de Varadero, en la provincia de Matanzas. Es el segundo aeropuerto en importancia por el volumen de operaciones y pasajeros del país, después del Aeropuerto Internacional José Martí, situado en La Habana. Por este centro arriban y parten más del 70 % de los turistas que visitan el balneario de Varadero, principal destino turístico de sol y playa de Cuba.

Entre los servicios aeroportuarios que se brindan está el de rampa, tráfico, suministro de combustible a las aeronaves, avituallamiento, almacenamiento de carga, entre otros. El aeropuerto consta de un taller de mantenimiento donde se reparan los equipos del servicio en tierra entre los que se encuentran las cintas transportadoras autopropulsadas, escaleras autopropulsadas, tractores remolcadores, cubas de agua sanitaria, entre otros equipos.

La escalera universal autopropulsada de pasajeros, modelo EDU-WIDE, es un equipo con tracción térmica y motor diésel especialmente diseñado para el acceso de pasajeros a las puertas de embarques de todos los aviones actualmente en operación. La característica de mayor importancia de este equipo es su universalidad, ya que hace de esta escalera un equipo apto para dar servicios a todas las aeronaves cuya altura de umbral de puertas este comprendida entre 2,4 y 5,5 m. El diseño de la escalera está basado en un mecanismo telescópico, constituido fundamentalmente por dos tramos: uno fijo y el otro móvil. El tramo móvil se desliza sobre el fijo mediante la acción de un cilindro hidráulico de simple efecto, con anti retorno incorporado, acoplado por su base al bastidor principal y por su extremo de cabeza a la parte inferior de la plataforma de acceso, al final del tramo móvil. Durante la operación de embarque y desembarque de pasajeros la escalera utiliza

cuatro cilindros hidráulicos, distribuidos por su chasis, como gatos de apoyo para conferirle así una gran estabilidad al vehículo (EINSA, 2004).

Una de las principales causas de paradas forzadas de estos equipos es por la rotura o falla del collarín de vástago del cilindro hidráulico de simple efecto de elevación y descenso del tramo móvil de la escalera. Cuando ocurre esto la junta debe ser remplazada por otra nueva, pero su obtención se dificulta en gran medida por la escasez de estos recursos en el taller de mantenimiento del Aeropuerto Internacional Juan Gualberto Gómez debido a que estas juntas se adquieren en el mercado internacional, por ende, la necesidad de sustituir importación y poder fabricarlas con los medios que se dispongan en el país.

1.2 Descripción del proceso de moldeo por compresión

En el moldeo por compresión representado en la figura 1.1, el material en forma de graniza o de pastilla es colocado en el molde caliente. Este se cierra lentamente hasta que las dos mitades del molde ejercen presión sobre el material, luego de esto se elimina la presión para que así de esta forma se deje respirar el material y dejar evacuar el gas que se queda atrapado entre el polvo de moldeo o que es generado en la reacción de polimerización, después se cierra de nuevo el molde, esta vez hasta forzar el material a entrar en contacto con todas las superficies del molde, mientras que el calor y la presión se mantienen hasta que tiene lugar las reacciones de entrecruzamiento que transforman el material termo endurecible en termoestables, proceso que se conoce como curado. Tras el curado se extrae la pieza completamente sólida de los moldes, aunque esta no alcanza toda su rigidez hasta que se haya enfriado por completo. Solo resta quitar las rebabas que se quedan por el exceso de material. En el proceso se emplean resinas termoestables en un estado parcialmente curado, ya sea en forma de pellets, masilla, o preformas. (Bravo Abreu, 2016)

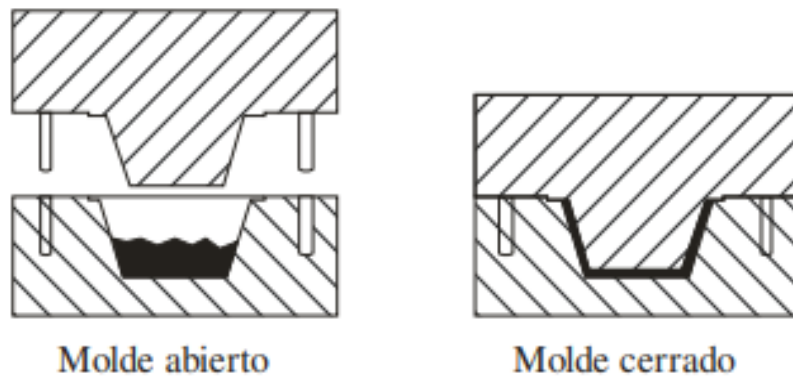


Figura 1.1 Esquema del proceso de moldeo por compresión. Fuente: (Beltrán, 2011)

1.2.1 Factores de importancia en el proceso

La temperatura del molde y la presión que se le aplica son los factores de mayor importancia en el proceso ya que estos determinarán la calidad del producto final. Además de estas variables existen otros factores que influyen también en la calidad de la pieza moldeada como son: el diseño de la pieza que debe moldearse, la velocidad de cierre de la prensa, la plasticidad del material y las condiciones en que se encuentre la superficie de la cavidad de moldeo. Es importante poner en el molde la cantidad exacta de materia prima que se necesita para conformar la pieza que se quiere obtener ya que si se deposita en exceso se crean demasiadas rebabas lo cual es un desperdicio de material, y si se echa una cantidad en defecto puede dar lugar a piezas porosas con baja densidad y con malas propiedades mecánicas. (Berins, 1991).

1.2.2 Aspectos generales del moldeo por compresión

El moldeo por compresión es un método de alta presión, adecuado para moldear piezas sencillas. Además, es uno de los métodos de más bajo costo en comparación con el moldeo por otros métodos tales como: moldeo por transferencia y moldeo por inyección, por otra parte, se desperdicia poco material, dándole una ventaja cuando se trabaja con compuestos caros. Sin embargo, el moldeo por compresión a menudo proporciona productos de pobre consistencia y dificultad en el acabado, y no es adecuado para algunos tipos de piezas.

Teniendo en cuenta esto a continuación se señalan cuáles son las principales ventajas y desventajas del moldeo por compresión tomando como referencia (PLENCO, 2009).

1.2.3 Ventajas del moldeo por compresión

- En el moldeo por compresión se usan materiales con flujos más rígidos por lo que no se comprimen tanto, reduciéndose así las deformaciones y aumentando la exactitud dimensional.
- Tienen un bajo costo de fabricación y mantenimiento debido a la sencillez de los moldes.
- El moldeo por compresión genera pocos residuos.
- Las duraciones del ciclo para las piezas moldeadas por compresión, usando preformas precalentadas pueden ser menores que para las piezas de moldeo por inyección.
- Buen acabado superficial

1.2.4 Desventajas del moldeo por compresión

- El moldeo por compresión no se utiliza en la fabricación de piezas complejas.
- El molde debe mantenerse a temperatura no muy altas, para que las paredes no curen más rápido que el interior. Por tanto, los tiempos de curado son más largos.
- Cualquier ligero defecto en el objeto moldeado no puede ser reparado o reprocesado, lo que puede crear pérdida de dinero, materiales, tiempo y mano de obra

1.3 Factor de temperatura en el moldeo por compresión

El objetivo al diseñar un molde de compresión es que la pieza que produzca se obtenga en un ciclo lo más corto posible con un máximo de calidad, para lograrlo se necesita que la temperatura del molde se mantenga uniforme y que este esté adecuadamente ventilado. Una temperatura de molde uniforme significa que la temperatura de cada mitad se

mantenga dentro de un rango de $\pm 6^{\circ}\text{C}$. Un molde con una temperatura uniforme se llenará más fácilmente y producirá las piezas con menos deformaciones, una mejor estabilidad dimensional y con una superficie uniforme. Esto depende en gran medida con el método de calentado del molde que se utilice: Los moldes que están calentados eléctricamente son más difíciles de mantener a una temperatura uniforme ya que este produce una gran cantidad de calor en la fuente, donde está en contacto la resistencia eléctrica con el molde, pero este calor se debe propagar por todo el molde mediante la conducción, dependiendo así del coeficiente de transferencia de calor del acero con que este fabricado el molde. Un molde que está calentado por vapor o aceite tendrá una temperatura del molde uniforme, porque la fuente de calefacción mantiene una temperatura constante. Sin embargo, el aceite como una fuente de calefacción sólo es alrededor de la mitad de eficiente que el vapor. Por lo tanto, cuando se usa el aceite para calentar un molde, es necesario poner la temperatura del aceite más alta que la temperatura deseada del molde (Beltrán, 2011).

1.4 Tipos de moldes de compresión

- Molde de rebabas

Los moldes de rebabas son los tipos de moldes de compresión más simples. Estos se usan para piezas con geometrías simples. Este molde está formado por dos piezas principales que se acoplan entre sí, la parte inferior es donde se coloca el material a moldear y la parte superior es la que ejerce la fuerza de cierre del molde. Este tipo de molde debe constar con una guía que asegure una perfecta alineación cuando el molde abra o cierre, esta guía forma parte de las piezas principales siendo así un molde más compacto y simple de manejar. El acero que se debe utilizar para construir las cavidades debe tener una buena resistencia al desgaste, corrosión y a la deformación. Debe contar con una buena pulibilidad cuando se requiera un buen acabado de la superficie en la pieza fabricada (Kalpakjian & Schmid, 2002).

- Molde Positivo

La fuerza de la parte superior del molde se transmite en la cavidad, situada en la parte inferior del molde, dejando un espacio entre las dos mitades, lo cual permite que la presión se aplique directamente sobre el compuesto situado en la cavidad del molde. Los moldes positivos actúan de manera similar a un pistón dentro de un cilindro, y necesitan tener correctamente calculado el espacio entre las dos mitades del molde. Si estos huecos son demasiado grandes, el compuesto se escapa a través de ellos y las piezas no se llenan completamente. Cuando el hueco que queda entre las dos mitades es demasiado pequeño, el aire no se escapa y se producen atrapamientos de aire en la pieza. Como en todos los moldes de compresión, estos se deben de cargar en exceso de material, permitiendo su escape en sentido vertical mediante la construcción de unos huecos situados en la parte del pistón (Kalpakjian & Schmid, 2002).

- Molde semi positivo.

Los moldes semi positivos se asemejan a los moldes positivos, excepto en que la parte que realiza la fuerza, besa de plano la parte de la cavidad. El efecto que produce el besar de plano las dos mitades del molde es que se ejerce un mejor control del espesor de la rebaba y de las dimensiones, que se determinan a partir de la línea de partición. Al igual que en los moldes positivos, se colocan placas endurecidas para soportar la presión de la parte móvil del molde y no dañar la parte de las cavidades ni la zona de la parte macho que besa de plano con la mitad de las cavidades. Tanto en los moldes positivos como en los semi positivos la colocación de la fuerza en el interior de las cavidades produce una buena alineación de las dos mitades del molde y produce piezas con densidad superior a la del resto de tipos de moldes (Lokensgard, 1999).

1.5 Secuencia tecnológica

- Apertura del molde.
- Extracción de las piezas moldeadas en el ciclo anterior.
- Preparación del molde, lo que incluye limpieza del molde y lubricación para facilitar la extracción de la pieza siguiente.

- Calentar el molde hasta que alcance una temperatura uniforme de entre 140°C a 160°C (Joaquin, 2013), inserción del compuesto de moldeo en forma de pastilla.
- Cierre del molde caliente y aplicar una presión de 200 kg/cm² (Guillemat, 2020).
- Se elimina la presión que ejerce la prensa para dejarlo respirar y permitir la salida de humedad y materias volátiles.
- Aplicar presión al molde caliente y mantener durante unos tres minutos hasta que el material haya curado totalmente (Guillemat, 2020).
- Extracción de la pieza.

La presión que aplica la prensa sobre el molde y la temperatura que alcanza este son los factores más importantes del proceso de moldeo por compresión. Otros factores que influyen en la calidad de la pieza moldeadas están dados por la velocidad con que la prensa ejerce presión sobre el molde, la condición en que se encuentre la cavidad de moldeo ya que esta debe estar limpia de toda suciedad y correctamente preparada, y el diseño de la pieza a moldear ya que esta debe ser sencilla. La cantidad de material que se utilice debe ser lo más exacta posible ya que si se echa una cantidad en exceso crearían demasiadas rebabas, desperdiciando así material y provocando deformaciones a la hora de quitarlas debido a que el trabajador no tendría claro la forma exacta de la pieza terminada, y una cantidad de material en defecto provocaría piezas con baja calidad superficial y con baja densidad dando lugar a una pieza inservible (Fuentes, 2011).

1.6 Generalidades de los collarines de vástagos

Los collarines de simple efecto son juntas de estanquidad para aplicaciones hidráulicas o neumáticas. Su función es la de mantener estanco el vástago o el pistón de los cilindros hidráulicos, previniendo así que el fluido fluya a través de la cabeza del cilindro. Son piezas elastómeras en forma de U que se alojan dentro de la cabeza del cilindro. Las medidas de los labios de cierre están sobredimensionadas respecto a las medidas del alojamiento en que van montadas, provocando que los labios se deforman y efectúan una fuerza de cierre que no permite la fuga del fluido a estanqueizar.

Esta junta trabaja a través de su diámetro interior que es el que está en contacto con el vástago. Según sea la aplicación, puede ser necesario añadir una segunda junta en el vástago para garantizar la estanqueidad del cilindro. La junta primaria (la más cercana al pistón) es la que se deforma en mayor grado al crecer súbitamente la presión del fluido, fugando una película de fluido sobre el vástago. Para controlar esta fuga, se añade una segunda junta al vástago que debe ser estanca a bajas presiones y debe tener una buena resistencia al desgaste, con este tipo de juntas es con la que se trabajará en este proyecto (EPIDOR, 2020).

Durante la extensión del cilindro, la junta secundaria actúa como un rascador y reduce al mínimo la película de fluido residual sobre el vástago. En la fase de retracción, la junta secundaria debe permitir que el fluido retorne. Si no es así, el fluido se acumula en el talón de la junta y se crea una presión que recibe el nombre de remolcada. Cualquier junta de elastómero es estanca en reposo debido a la deformación que sufre en su alojamiento. Al presurizar el cilindro, la presión del fluido se suma a la presión de contacto de la junta de elastómero y, por tanto, la presión final que ejerce la junta sobre la superficie antagonista es superior a la presión del fluido hidráulico y se consigue que éste no fugue. Mientras que cuando está en movimiento la junta deja pasar una fina película de líquido (EPIDOR, 2020).

Requisitos que debe cumplir una junta secundaria de vástago:

- Elevada estanqueidad a bajas presiones
- Muy buena resistencia al desgaste
- Buena capacidad de retorno a bajas presiones

1.7 Diseño del collarín de vástago

El perfil a diseñar es una junta compacta y con perfil asimétrico, como se puede apreciar en el (Anexo 1), que puede fabricarse en perfiles muy estrechos, adecuados para cilindros telescópicos e hidráulica móvil.

Los labios de estanqueidad se mecanizan en ángulo para ofrecer un rendimiento óptimo de sellado del vástago. Es un diseño resistente a la fatiga por flexión y posee un buen sellado a bajas presiones.

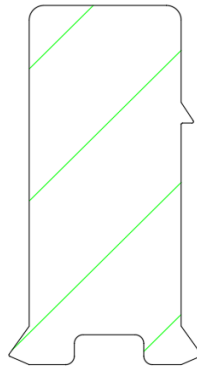


Figura 1.2 Esquema del perfil de un collarín hidráulico de labios asimétricos para la aplicación de vástago. Fuente: elaboración propia.

1.7.1 Campo de aplicaciones:

- Velocidad: $< 0,5$ m/s

Las juntas suelen trabajar a una velocidad comprendida entre 0,1 m/s y 0,5 m/s, pero hay situaciones que se puede sobrepasar 1 m/s. En tales casos, se sugiere determinar la junta más apropiada mediante ensayos. La formación de la película lubricante, y por tanto la fricción, dependen en gran medida de la velocidad, ya que con una velocidad por debajo de 0,05 m/s, el rozamiento aumenta considerablemente. La velocidad en que el cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de escalera trabaja se de 0,3 m/s (EINSA, 2004).

- Temperatura: -30 °C hasta $+110$ °C

La temperatura de trabajo es básica para seleccionar el material de la junta de estanqueidad. Debido al rozamiento de la junta con la superficie antagonista, la temperatura en la zona de contacto es más alta que la del fluido, lo que trae consigo pérdida de rigidez del material y una disminución local de la viscosidad del medio, permitiendo así el desgaste de la pieza. Sin embargo, a bajas temperaturas, aumenta la

dureza del elastómero en perjuicio de su elasticidad. La temperatura máxima que puede alcanzar el collarín de vástago durante el trabajo del cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de escalera es de 50 °C (EINSA, 2004).

- Presión de hasta 40 MPa (400 bar)

Cuando el cilindro está en funcionamiento, las juntas de estanqueidad sufren continuos cambios de presión y además en maquinaria móvil, a causa de influencias externas, se dan frecuentes picos de presión, aunque sean de corta duración. Para escoger el material adecuado, deben tenerse en cuenta las condiciones reales de trabajo del cilindro y seguir el criterio de a mayor presión, mayor dureza. La presión máxima que ejerce la bomba auxiliar de servicio hidráulico sobre la junta es de 250 bar y una presión máxima continua de 200 bar (EINSA, 2004).

1.8 Conclusiones parciales

1. Existen diferentes procesos de transformación por moldeo, dentro de los cuales los más utilizados son el moldeo por inyección, moldeo por compresión y moldeo por rotación, para diseñar el collarín de vástago se utilizará el moldeo por compresión debido a la sencillez de la junta y el bajo costo que se requiere para diseñar el proceso.
2. Durante el desarrollo de la investigación se pudo conocer de la existencia de métodos de diseño en países de primer mundo, pero estos forman parte del patrimonio de las grandes empresas productoras de moldes, la cuales solo revelan características generales del proceso.

2 CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se diseña el molde por compresión para el collarín de vástago teniendo en cuenta: la forma geométrica y el coeficiente de contracción del material a utilizar en dicho collarín, así como el análisis realizado en el capítulo anterior. Se crea el itinerario tecnológico para la fabricación por métodos convencionales del molde por compresión.

2.1 Diseño del molde de compresión

El molde de compresión (Anexo 2) de diámetro máximo 124 mm y altura 46,91 mm, consta de dos piezas que se nombrarán como molde superior y molde inferior, las cuales se acoplan entre sí. Las medidas del molde por compresión están determinadas según las exigencias y dimensiones del collarín de vástago a moldear y por el acople del molde con la máquina que prensa y calienta el molde.

El molde superior (Anexo 3) estará formado por tres escalones. El primer escalón de \varnothing 100 y ancho 10 mm será el que reciba la fuerza ejercida por la prensa, este escalón no requerirá de tolerancias dimensionales más allá de un buen refrentado y un cilindrado de desbaste. El segundo escalón de \varnothing 90 y ancho 14,57 mm hará la función de guía del molde superior por lo que requerirá de un buen acabado superficial. El tercer escalón, de \varnothing 70,93 y ancho 12,34 mm con un acabado superficial fino, se le maquinará la forma de la cara interior del collarín de vástago, estas medidas están sobredimensionadas teniendo en cuenta el coeficiente de contracción del material a moldear. En la parte superior del molde se le maquinará un agujero roscado de profundidad 15 mm, que permitirá la unión del molde superior con la máquina para fabricar anillos de alta presión.

El molde inferior (Anexo 4) estará formado por dos agujeros. El primer agujero de \varnothing 90 y ancho 13,66 mm hará la función de guía, la cual se acopla con el segundo escalón del molde superior, permitiendo que el molde de compresión no tenga desajustes y a la vez se puedan unir y separar ambas mitades con facilidad y precisión, mediante una unión de juego libre justo. El segundo agujero de \varnothing 82,24 y ancho 12,43 mm es el que le dará forma a la cara exterior del collarín teniendo en cuenta al dimensionarlo, al igual que en

el molde superior, el coeficiente de contracción del material a moldear. El escalón exterior es de Ø124 y ancho 9,91 mm, este escalón tiene 4 agujeros pasantes de Ø 6,5 mm que permitirán la sujeción del molde inferior con la máquina para fabricar anillos de alta presión.

2.2 Material a utilizar para fabricar el collarín de vástago

En la fabricación de rascadores y juntas para vástago y para pistón se utilizan una amplia gama de materiales, los cuales tienen como principal característica su elasticidad. Ésta se consigue mediante el uso de elastómeros o energizando la pieza con un muelle metálico, los cuales permiten utilizar politetrafluoroetileno (PTFE) u otros plásticos técnicos, carentes de la elasticidad que se requiere. Así, los elastómeros que se emplean son formulaciones de poliuretanos, fluoroelastómero, acrilonitrilo butadieno (NBR) y, en menor medida, el fluoroelastómero Aflas™ y el copolímero hidrogenado de acrilonitrilo (H-NBR). De estos materiales el que se utilizara debido principalmente a su facilidad de obtención y sus propiedades físicas y químicas, es el copolímero de acrilonitrilo o butadieno (EPIDOR, 2020).

2.2.1 Características de interés industrial del acrilonitrilo butadieno (NBR)

Posee buena resistencia química a hidrocarburos alifáticos, aceites minerales (aceites lubricantes y aceites hidráulicos difícilmente inflamables tipo HFA, HFB y HFC's), grasas con base de aceite mineral, grasas animales y vegetales, agua hasta 100 °C, ácidos inorgánicos y bases en baja concentración. Tiene una resistencia media al hinchamiento en combustibles con alto contenido aromático. Fuerte hinchamiento en hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos clorados, fluidos hidráulicos difícilmente inflamables tipo HFD, ésteres, disolventes polares (acetona), ácidos fuertes, así como líquidos de freno con base de éter-glicol. Es atacado por el ozono y por la intemperie (EPIDOR, 2020).

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas y térmicas del NBR. Fuente:(EPIDOR, 2020).

<i>Elastómero</i>	<i>Dureza Shore A</i>	<i>Carga de rotura a</i>	<i>Alargamiento de rotura (%)</i>	<i>Densidad (g/cm³)</i>	<i>Deformación remanente 100 °C* 24 h</i>	<i>T min. de trabajo</i>	<i>T máx. de trabajo</i>

		<i>tracción</i> (MPa)			(%)	(°C)	(°C)
Norma	ISO 868	DIN 53 504	DIN 53 504	ISO 1183	ISO 815		
NBR	85±5	≥ 17	≥ 150	1,28	≤ 6	-30	110

La cavidad donde se moldea el material está determinada considerando la contracción del material. Para el NBR se utiliza como coeficiente de contracción 1,028, o sea, que la dimensión de la pieza será multiplicada por el valor de este coeficiente. Obteniéndose así las medidas que deben poseer las cavidades del molde.

2.3 Estudio del plano del molde superior

- Ajustes, tolerancia y rugosidad superficial de los escalones.

Escalón con Ø 100

Escalón con Ø 90 h6 $\left(\begin{array}{c} 0,00 \\ -0,022 \end{array} \right)$ Ra 1,25

Escalón con Ø 70,93 $\left(\begin{array}{c} 0,00 \\ -0,005 \end{array} \right)$ Ra 0,2

- Error de forma y posición.

Tolerancia de forma, de cilindridad: La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí por 0,015 mm.

Tolerancia de situación, de concentricidad y coaxialidad: El eje del cilindro menor es coaxial respecto al eje de referencia del cilindro mayor y debe estar dentro de un cilindro de diámetro d: 0,005 mm cuyo eje coincide con la referencia.

- Resumen

La pieza consiste en un árbol de tres escalones, un escalón con ajuste deslizante y buena rugosidad superficial y con los bordes redondeados.

2.4 Estudio del plano del molde inferior

- Ajustes, tolerancia y rugosidad superficial de los escalones y agujeros

Escalón con Ø 124.

Escalón con Ø 100.

Escalón con Ø 90 H7 $\left(\begin{array}{c} +0,0035 \\ 0,00 \end{array} \right)$ Ra 2.5.

Escalón con Ø 82.24 $\left(\begin{array}{c} +0,005 \\ 0,00 \end{array} \right)$ Ra 0.8.

Tolerancia de situación, de concentricidad y coaxialidad: El eje del agujero menor es coaxial respecto al eje de referencia del agujero mayor y debe estar dentro de un agujero de diámetro d: 0,005 mm cuyo eje coincide con la referencia.

Tolerancia de forma, de cilindridad: La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales separados entre sí por 0,015 mm.

- Resumen

La pieza consiste en un árbol de dos agujeros, uno con ajuste deslizante y buena rugosidad superficial y con los bordes redondeados.

2.5 Selección del material del molde de compresión

El acero AISI 420 es un acero inoxidable martensítico que tiene una excelente repuesta a un tratamiento térmico de temple y revenido, puede ser endurecido a una máxima dureza entre 50 y 54 HRC. Cuando se destina a los moldes por compresión permiten unas excelentes propiedades de pulido, resistencia a la corrosión en ambientes diferentes y gran resistencia al desgaste (Serna, Medina, & Padovese, 2015).

Tabla 2.2 Composición química del AISI 420. Fuente: (Serna et al., 2015)

<i>C (%)</i>	<i>Mn (%)</i>	<i>Ni (%)</i>	<i>Cr (%)</i>	<i>Si (%)</i>	<i>Mo (%)</i>
0,41	0,45	0,49	14,3	0,7	0,6

Tabla 2.3 Características físicas, mecánicas y térmicas del AISI 420. Fuente: (RGPBALLS, 2019)

<i>Propiedades</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Tipo</i>	<i>Valor</i>
Resistencia a tracción	MPa	Mecánica	690
Densidad	g/ m ³	Física	7,73
Módulo de elasticidad	GPa	Mecánica	195
Conductividad térmica	W/(m*K)	Térmica	27,4
Calor específico	J/kg-K	Térmica	450

2.5.1 Tratamiento térmico

El acero inoxidable martensítico se utilizan generalmente en estado bonificado, pero también en estado blando como normalizado o con un revenido de alta temperatura con el fin de ser maquinado sin presentar cambios en el volumen. Los tratamientos térmicos en estos aceros no requieren de medios de enfriamientos severos, es así como el control de las propiedades mecánicas se puede realizar controlando las transformaciones austenita-martensita por medio de las temperaturas de austenización y medios de enfriamiento (Valencia, 1998).

Temple (Austenización) 1025°C - Mantener el calor durante 1 hora por cada 25 mm de espesor. Enfriamiento en aire o aceite. Tratamiento en baño de sales asegura la máxima tenacidad alcanzable para un tratamiento térmico. Durante el calentamiento a la austenización se debe realizar 2 de precalentamiento para asegurar la uniformidad de la temperatura y minimizar las distorsiones (Barlow & Du Toit, 2012).

Revenido: Debe hacerse inmediatamente después del temple, cuando la temperatura alcanza aproximadamente 70°C. La temperatura de revenido se debe seleccionar de acuerdo con la dureza deseada. Este acero puede ser templado en el intervalo de 200°C a 520°C que da un nivel de dureza de 50 a 54 HR. Es necesario un doble revenido. Revenir por un mínimo de 2 horas por cada revenido o por lo menos 1 hora por cada 25 mm de espesor. Enfriar a temperatura ambiente entre revenidos (Barlow & Du Toit, 2012).

2.6 Selección de las piezas brutas

Después de un análisis del dibujo de la pieza, se puede plantear que pertenece a una pieza cilíndrica, de configuración sencilla, su material es acero AISI 420, posee poca diferencia entre los diámetros de sus escalones y es de producción unitaria por lo que se recomienda para la pieza bruta unas dimensiones de $\varnothing 134 \times 93$ mm.

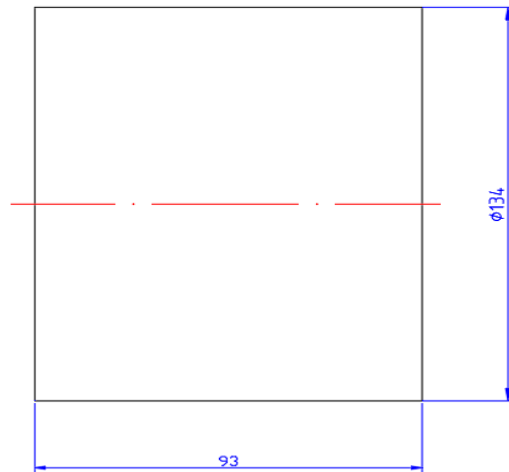


Figura 2.1 Esquema de la pieza bruta. Fuente: elaboración propia.

2.7 Superficie de contacto del molde

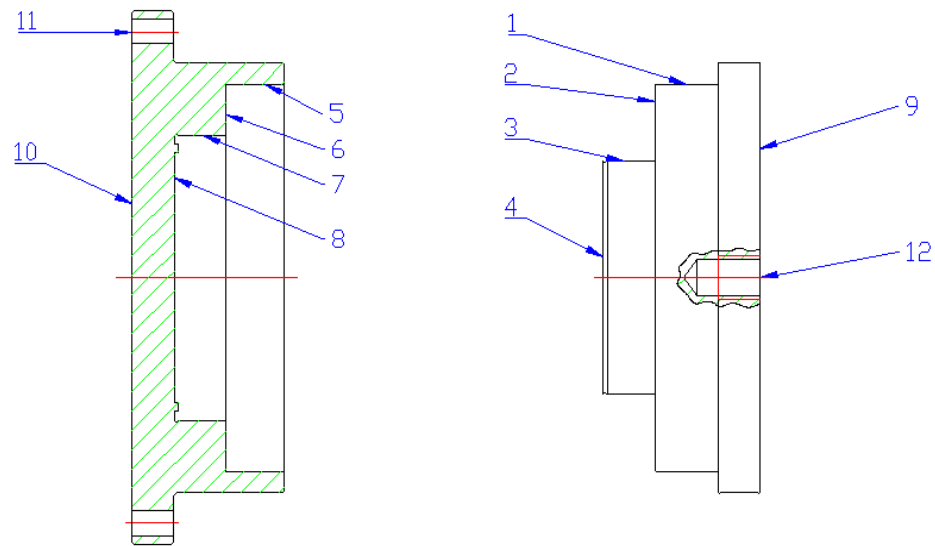


Figura 2.2 Esquemas de las superficies que componen el molde de compresión. Fuente: elaboración propia.

- Superficies de basificación principal: Son las superficies de la pieza por las cuales ella se instala en su correspondiente unidad de ensamble. Es la superficie que permite que ambos moldes queden ensamblados con la máquina que prensa y calienta los moldes, son los puntos (9; 10; 11; 12).
- Superficies de basificación secundaria: Garantiza la posición de otras piezas. Permite la unión de ambos moldes (1; 2; 5; 6).
- Superficies ejecutoras: Son las superficies de la pieza por medio de las cuales ellas cumplen con la asignación de servicio, que es la superficie que le da forma al collarín de vástago (3; 4; 7; 8).
- Superficies libres: Son las superficies que completan la configuración de la pieza, pero no realiza una función determinada.

2.8 Ejemplo de basificación del molde superior

Cilindrado de los escalones de $\varnothing 90$ y $\varnothing 70,93$ del molde superior

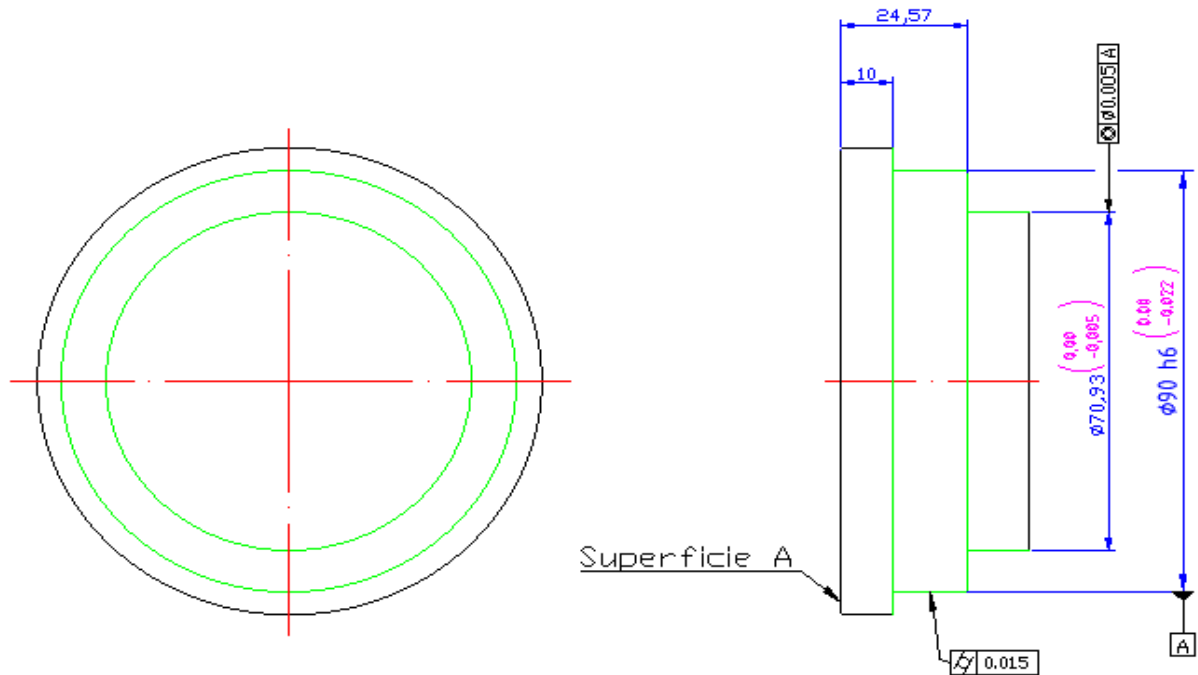


Figura 2.3 Esquema de las superficies a cilindrar. Fuente: elaboración propia.

2.8.1 Determinación de los requisitos de precisión de las superficies a elaborar, con respecto a las demás superficies o ejes de la pieza.

- Coaxialidad de los escalones de Ø90 y Ø70,93 con respecto al eje geométrico de la pieza.
- Cilindricidad del escalón del diámetro Ø90.
- Distancia 10 del escalón de Ø90 respecto a la superficie A.
- Distancia de 24,57 del escalón de Ø70,93 respecto a la superficie A.

2.8.2 Basificación de la pieza cilíndrica corta

Pieza cilíndrica corta es aquella que su longitud es menor que su diámetro, cumpliendo la condición de que $L/d = 37/100 = 0,3722 < 0,8$

Se plantean las bases que se emplean en este tipo de pieza para su basificación y grados de libertad que se eliminan en cada una de las bases.

- Base de instalación. (Elimina 3 grados de libertad)
- Base de centrado. (Elimina 2 grados de libertad)
- Generatriz fija. (Elimina 1 grados de libertad)

2.8.3 Selección de la superficie que le corresponde a cada una de las bases según las reglas generales para la basificación

Se tiene dos requisitos uno de posición y uno de forma:

Como existen dos requisitos dimensionales de distancia con respecto a la superficie A y al ser esta la de mayores dimensiones, será tomada como base de instalación, permitiendo darle cumplimiento al requisito de forma. Automáticamente hay que pensar que el eje entonces tiene que ser la base de centrado.

Superficie A. (Base de instalación.)

Eje geométrico. (Base de centrado)

2.8.4 Situar los puntos en cada una de las bases

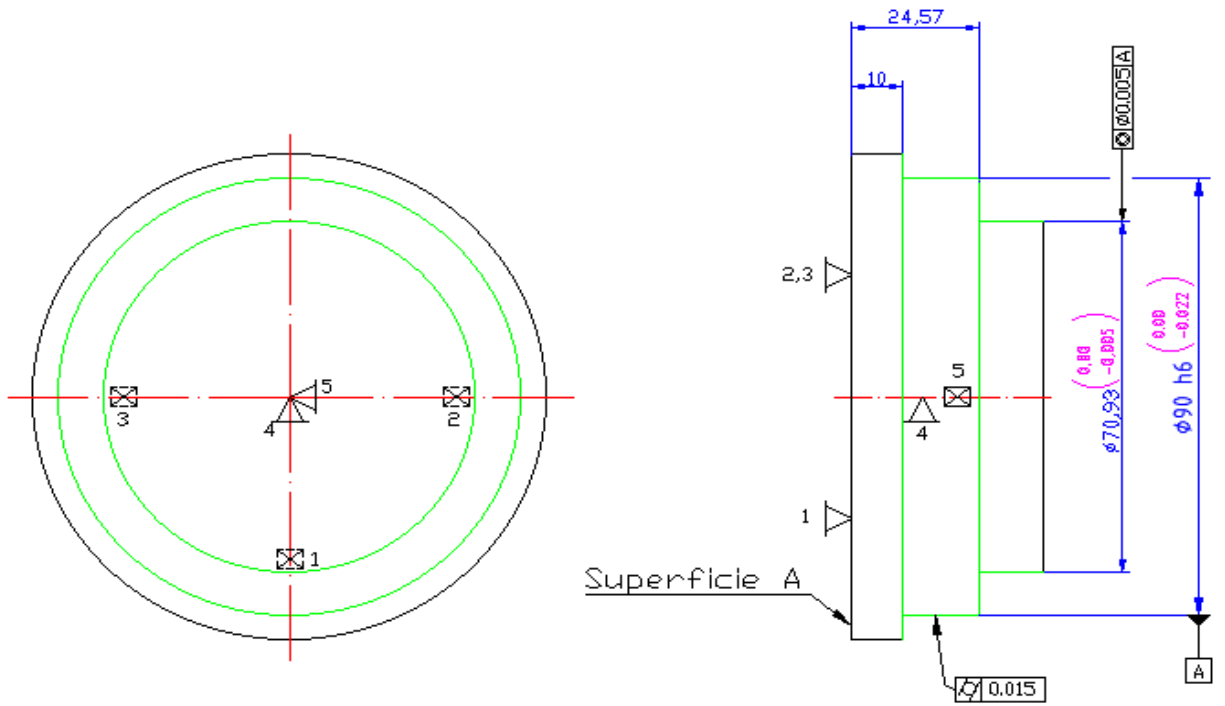


Figura 2.4 Esquemas de la basificación de la pieza. Fuente: elaboración propia.

Para materializar la basificación, la pieza se instala en plato autocentrante de tres mordazas.

2.9 Cálculo de sobremedida del molde superior

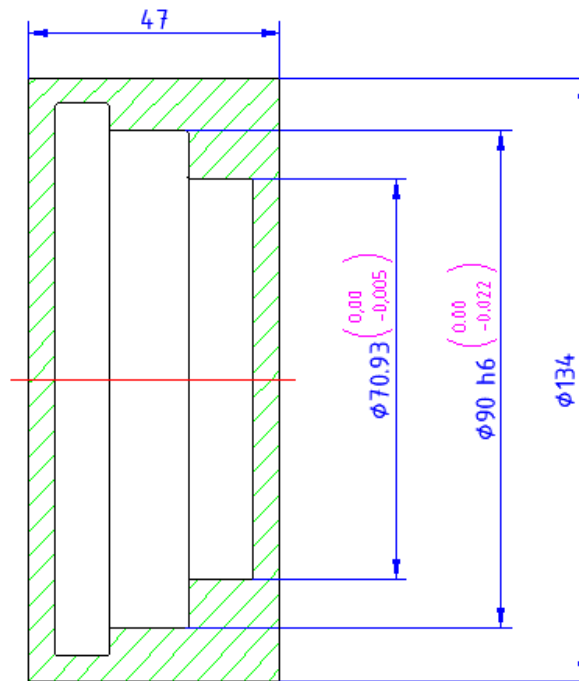


Figura 2.5 Esquemas del molde superior. Fuente: elaboración propia.

Datos

Lpd - Longitud de la pieza bruta

Dpd - Diámetro de la pieza bruta

Dpt - Diámetro de la pieza terminada

Superficie

S_1 - Desbaste

S_2 - Semiacabado

S_3 - Acabado

Sobremedida total (S_o).

$$S_o = Dpb - Dpt \quad (1.1)$$

Sobremedida para la primera etapa (S_1).

$$S_1 = S_o - S_2 - S_3 \quad (1.2)$$

Dimensiones intermedias(D_3, D_2, D_1).

$$D_3 = Dpt + S_3(t) \quad (1.3)$$

$$D_2 = D_3 + S_2(t) \quad (1.4)$$

$$D_1 = D_2 + S_1(t) \quad (1.5)$$

Sobremedida para el rectificado de árboles (S_3)

Según la Tabla 5.8 de (Ortega, 2004).

Sobremedida para el cilindrado de semiacabado de árboles (S_2)

Según la Tabla 5.7 de (Ortega, 2004).

Tabla 2.4 Valores de sobremedida del molde superior. Fuente: elaboración propia.

	<i>Escalón de Ø 90 h6</i>	<i>Escalón de Ø 70.93</i>
Lpd (mm)	47	47
Dpd (mm)	134	134
Dpt (mm)	90	70,93
S_o (mm)	44	63,07
S_1 (mm)	42,5	61,67
S_2 (mm) Desviaciones por IT 12	$1,1 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,35 \end{pmatrix}$	$1,1 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,30 \end{pmatrix}$

S_3 (mm) Desviaciones por IT 11	$0,4 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,22 \end{pmatrix}$	$0,3 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,19 \end{pmatrix}$
D_3 (mm)	$90,4 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,22 \end{pmatrix}$	$71,23 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,19 \end{pmatrix}$
D_2 (mm)	$91,5 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,35 \end{pmatrix}$	$72,33 \begin{pmatrix} 0 \\ -0,30 \end{pmatrix}$
D_1 (mm)	134	134

2.10 Cálculo de sobremedida del molde inferior

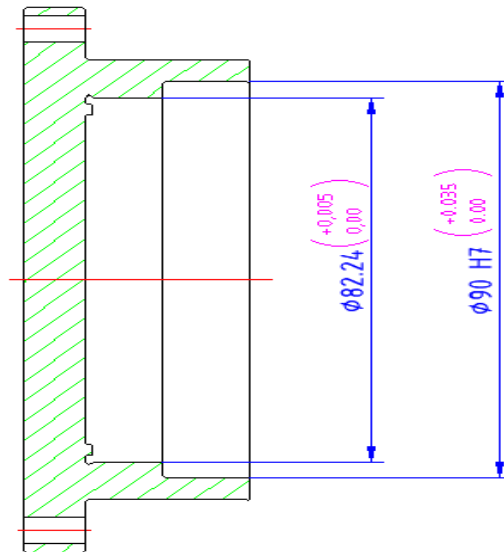


Figura 2.6 Esquemas de la parte inferior del molde. Fuente: elaboración propia.

2.10.1 Sobremedida de la superficie interior de revolución de $\text{Ø } 90 \text{ H7}$

$\text{Ø } 90 \text{ H7}$ – Taladrado, Re taladrado, mandrilado, rectificadas previo y de acabado.

Para la superficie interior de revolución de $\text{Ø } 90 \text{ H7}$ se buscan los diámetros directamente en la tabla 36, Sobremedidas intermedias para la elaboración de agujeros en materiales macizos por la precisión H7, entrándose con el diámetro final 90 mm, quedando de la siguiente forma. (Ortega, 2004)

- Taladrado $\text{Ø } 17 \text{ mm}$

- Re taladrado $\varnothing 30 \begin{pmatrix} +0,52 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Mandrilado $\varnothing 89,3 \begin{pmatrix} +0,10 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Rectificado previo $\varnothing 89,8 \begin{pmatrix} +0,062 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Rectificado de acabado $\varnothing 90 H7 \begin{pmatrix} +0,035 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm

2.10.2 Sobremedida de la superficie interior de revolución de $\varnothing 82,24$

$\varnothing 82,24$ – Taladrado, Re taladrado, Mandrilado, Rectificado previo, Rectificado de acabado.

- Taladrado $\varnothing 17$ mm
- Re taladrado $\varnothing 30 \begin{pmatrix} +0,52 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Mandrilado $\varnothing 79,5$ mm
- Rectificado previo $\varnothing 81,9 \begin{pmatrix} +0,30 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Rectificado de acabado $\varnothing 82,20 \begin{pmatrix} +0,015 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm
- Rectificado de acabado fino $\varnothing 82,24 \begin{pmatrix} +0,005 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ mm

2.11 Selección de la Máquina herramienta

El taller de mantenimiento del aeropuerto consta con varias máquinas herramientas entre las cuales se encuentran un Torno Pinacho, un Torno Grande, un Taladro Vertical y un

Taladro Radial. Se maquina la pieza en el Torno Pinacho modelo SP-250 y en el Taladro Radial BR 32. La pieza requiere que sus acabados se realicen con una rectificadora debido a que las superficies de moldeo tienen que tener una rugosidad muy baja.

2.11.1 Torno Pinacho modelo SP-250

Distancia entre puntos: 1650 mm

Altura de puntos: 250 mm

Diámetro entre bancada: 500 mm

Diámetro sobre escote: 700 mm

Velocidades (rpm): 40; 72; 92; 185; 340; 425; 625; 950; 1150; 1400; 1750; 2200

Potencia: 5,59 kW

2.11.2 Taladro Radial BR 32

Capacidad de taladrado: 32 mm

Distancia de la nariz del husillo a la superficie de la mesa: 320 mm - 860 mm

Distancia de la mesa de cubo: 400*400*350 mm

Rango de velocidad: 75 – 1220 rpm

Potencia: 1,5 kW

Peso: 1180 kg.

2.11.3 Rectificadora cilíndrica de exteriores con centro 3M151.

Diámetro de rectificado: 240 mm

Longitud de rectificado: 700 mm

Altura de puntos: 125 mm

Longitud de mesa: 1525 mm

Distancia husillo: 225/410 mm

Velocidad de corte: 50 m/s

Potencia: 13 kW

2.11.4 Rectificadoras cilíndricas interiores 3K227B.

Diámetro máximo de rectificado: 400 mm

Velocidad de máxima de rotación: 20000 rpm

Potencia: 9,9 kW

Longitud de la mesa: 125 mm

2.11.5 Rectificadora de superficies planas 3G71

Longitud de rectificado: 200 mm

Altura de pieza de trabajo: 300 mm

Superficie de sujeción de mesa: 800x200 mm

Dimensiones de la Mesa: 1900x450 mm

Superficie de mesa magnética: 630x210x100 mm

Revoluciones del cabezal: 2860 U/min

Potencia total requerida: 2,2 kW

2.12 Selección de las herramientas de cortes e instrumentos de medición según el paso tecnológico a realizar

- Molde Superior

Tabla 2.5 Herramientas a utilizar para el maquinado del molde superior. Fuente: elaboración propia.

<i>Elaboraciones a realizar</i>	<i>Máquinas herramienta</i>	<i>Herramientas de corte, norma ISO</i>	<i>Instrumentos de medición</i>	<i>Herramientas auxiliares</i>
Refrentado.	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de P10, $\varphi = 45^\circ$	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Cilindrado de desbaste Cilindrado de semiacabado. Redondear aristas	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de P10, $\varphi = 90^\circ$	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Cilindrado de acabado	Rectificadora 3M151	Muela plana 15A40C25K1 50m/s A 250*60*75	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	
Cilindrado de acabado fino	Rectificadora 3M151	Muela plana 22A25C25K1 50m/s A 300*60*75	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	
Torneado de forma	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de P10	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	Llave española 24 x 27

- Molde inferior

Tabla 2.6 Herramientas a utilizar para el maquinado del molde inferior. Fuente: elaboración propia.

<i>Elaboraciones a realizar</i>	<i>Máquinas herramienta</i>	<i>Herramientas de corte, norma ISO</i>	<i>Instrumentos de medición</i>	<i>Herramientas auxiliares</i>
Refrentado.	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de P10, $\varphi = 45^\circ$	Pie de rey de 0 a 150 C =	Llave española 24

			0,05	x 27
Cilindrado de desbaste	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de P10, $\varphi=90^\circ$	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Centro Tecnológico	Torno Pinacho SP-250	Broca combinada \varnothing 3 P 18	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Taladrado	Taladro Radial BR 32	Broca de HSS \varnothing 6,5 Broca de HSS \varnothing 8,4	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Taladrado	Torno Pinacho SP-250	Broca de HSS \varnothing 17	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Re taladrado	Torno Pinacho SP-250	Broca de HSS \varnothing 30	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Mandrilado Rectificado previo	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de 60*12 de HSS, $\varphi=45^\circ$	Pie de rey de 0 a 150 C = 0,05	Llave española 24 x 27
Rectificado de acabado	Rectificadora 3K227B	Muela de espárrago 15A40C25K1 50m/s A 20*40	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	
Rectificado de acabado fino	Rectificadora 3K227B	Muela de espárrago 22A25C25K1 50m/s A 20*40	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	
Rectificado previo	Rectificadora plana 3G71	Muela plana 15A40C25K1 40 m/s A250*60*75	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	
Torneado de forma	Torno Pinacho SP-250	Cuchilla de 60*12 de HSS	Micrómetro de 25 – 50 y 0,001	Llave española 24 x 27

2.13 Itinerario tecnológico

- Maquinado del molde superior

005. Corte de la pieza bruta.

A1. Instalar barra en dispositivo de la máquina. Desinstalar.

01. Cortar pieza bruta a una longitud de 47.

010. Torneado.

A1. Instalar pieza bruta en plato autocentrante de tres mordazas. Desinstalar.

01. Refrentar cara libre hasta limpiar.

02. Cilindrar desbastando desde \varnothing 134 hasta \varnothing 100 por longitud de la pieza.

03. Redondear arista.

B1. Invertir pieza e instalar en plato autocentrante de tres mordazas por \varnothing 100.
Desinstalar.

04. Refrentar cara libre hasta obtener longitud 37.

05. Cilindrar desbastando desde \varnothing 134 hasta \varnothing 100 por longitud de la pieza.

015. Taladrado.

A1. Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.

01. Taladrar agujero de \varnothing 8,5 por profundidad de 15.

020. Roscado manual.

A1. Instalar pieza en mordiente. Desinstalar.

01. Guiar, desbastar y acabado de rosca M10 por longitud de 10.

020. Torneado.

A1. Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas. Desinstalar.

01. Cilindrar desbastando desde $\varnothing 100$ hasta $\varnothing 72,33$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,30 \end{pmatrix}$ por longitud de 12,43 $\pm 0,2$.

02. Cilindrar semiacabado desde $\varnothing 72,33$ hasta $\varnothing 71,23$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,19 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.

03. Redondear arista.

04. Cilindrar desbastando desde $\varnothing 100$ hasta $\varnothing 91,5$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,35 \end{pmatrix}$ por longitud de 14,57.

05. Cilindrar semiacabado desde $\varnothing 91,5$ hasta $\varnothing 90,4$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,22 \end{pmatrix}$ por longitud del escalón.

06. Redondear arista.

025. Rectificado.

A1. Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas por $\varnothing 100$. Desinstalar.

01. Cilindrar acabando desde $\varnothing 71,23$ hasta $\varnothing 70,98$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,015 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.

02. Cilindrar acabando fino desde $\varnothing 70,98$ hasta $\varnothing 70,93$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,005 \end{pmatrix}$

03. Cilindrar acabando desde $\varnothing 90,4$ hasta $\varnothing 90$ h6 $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,022 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.

030. Torneado.

A1. Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas por $\varnothing 100$. Desinstalar.

01. Torneado de forma.

- Maquinado del molde inferior

005. Torneado.

A1. Instalar pieza bruta en plato autocentrante de tres mordazas. Desinstalar.

01. Refrentar cara libre hasta limpiar.

02. Cilindrar desbastando desde \varnothing 134 hasta \varnothing 124 por longitud del escalón.

03. Redondear arista.

B1. Invertir pieza e instalar en plato autocentrante de tres mordazas por \varnothing 124. Desinstalar.

04. Refrentar cara libre hasta obtener longitud 37.

05. Cilindrar desbastando desde \varnothing 134 hasta \varnothing 100 por longitud de 26,09.

06. Redondear arista.

07. Elaborar centro tecnológico.

08. Taladrar agujero de \varnothing 17 por profundidad de 26,09.

09. Re taladrar agujero de \varnothing 30 $\left(\begin{array}{c} +0,52 \\ 0,00 \end{array} \right)$ por longitud de escalón.

10. Mandrilar agujero desde \varnothing 30 hasta \varnothing 89,3 $\left(\begin{array}{c} +0,10 \\ 0,00 \end{array} \right)$ por longitud de 13,66.

11. Rectificar previo desde \varnothing 89,3 hasta \varnothing 89,8 $\left(\begin{array}{c} +0,62 \\ 0,00 \end{array} \right)$ por longitud de escalón.

12. Mandrilar desde \varnothing 30 hasta \varnothing 80 $\left(\begin{array}{c} +0,21 \\ 0,00 \end{array} \right)$ por longitud de $11,41 \pm 0,2$.

13. Rectificar previo desde \varnothing 80 hasta \varnothing 82 $\left(\begin{array}{c} +0,062 \\ 0,00 \end{array} \right)$ por longitud de escalón.

010. Taladrado.

A1. Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.

01. Taladrar 4 agujeros pasantes de Ø 6,5.

015. Rectificado.

A1. Instalar pieza en plato de tres mordazas autocentrante por Ø 100. Desinstalar.

01. Cilindrar acabando agujero desde 89,8 hasta Ø 90 H7 $\left(\begin{matrix} +0,035 \\ 0,00 \end{matrix} \right)$ por longitud de escalón.

02. Cilindrar acabando agujero desde Ø 82 hasta Ø 82,20 $\left(\begin{matrix} +0,015 \\ 0,00 \end{matrix} \right)$ por longitud de escalón.

03. Cilindrar acabando fino el agujero desde Ø 82,20 hasta Ø 82,24 $\left(\begin{matrix} +0,005 \\ 0,00 \end{matrix} \right)$ por longitud de escalón.

020. Rectificado.

A1. Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.

01. Rectificar previo superficie plan desde 37 hasta $36 \pm 0,1$ por Ø 124.

025. Torneado.

A1. Instalar pieza en plato de tres mordazas autocentrante por Ø 100. Desinstalar.

01. Torneado de forma de forma.

2.14 Tiempo de fabricación de los moldes

Las ecuaciones que se utilizan para calcular el tiempo de fabricación del molde superior e inferior son sacadas de (Ortega, 2004).

La norma de tiempo por unidad, determinada por la ecuación (1.6), permite determinar el tiempo de trabajo útil que se debe invertir por cada operación tecnológica para obtener un artículo, por lo que se emplea durante la planificación y proyección del proceso de producción.

$$Ntpu = To + Ts + Tdnp \quad (1.6)$$

Siendo:

To – Es el tiempo operacional.

Ts – Es el tiempo de servicio al puesto de trabajo.

Tdnp – Es el tiempo de descanso y necesidades personales del obrero.

El tiempo operativo, determinado por la ecuación (1.7), es el tiempo que transcurre durante la realización de un trabajo productivo, dirigido hacia el cumplimiento de una operación tecnológica.

$$To = TP + TA \quad (1.7)$$

Donde:

TP – Es el Tiempo principal o de maquinado.

TA – Es el tiempo auxiliar, es el tiempo consumido por el obrero en cada paso tecnológico para el cumplimiento de los elementos que garanticen la realización del tiempo principal.

El tiempo de servicio al puesto de trabajo, determinado por la ecuación (1.8), está formado por el tiempo de servicio organizativo y el tiempo de servicio técnico.

$$Ts = Tso + Tst = 2,5\% * To \quad (1.8)$$

Tso – Es el tiempo de servicio organizativo, se dedica al cuidado y conservación del puesto de trabajo durante la jornada laboral, así como la búsqueda de herramientas e instrumentos al pañol y la obtención de instrucciones para el día de trabajo.

Tst – Es el tiempo de servicio técnico, se dedica a la sustitución de herramientas por la pérdida de sus condiciones de corte, la limpieza de la máquina y los reglajes necesarios dentro del proceso de explotación del equipo.

El tiempo de descanso y necesidades personales del obrero está determinado por la ecuación (1.9).

$$T_{dnp} = 4,0 \% * (T_o) \quad (1.9)$$

A partir del conocimiento de la norma de tiempo por unidad se determina la norma de producción para una jornada de trabajo por la ecuación (1.10)

$$N_p = T_{jt} / N_{tpu} \quad (1.10)$$

Siendo:

Tjt – La duración del turno de trabajo en minutos, descontándose el tiempo de almuerzo (420 min).

2.14.1 Régimen de corte

- La profundidad de corte (t) en mm, es la distancia entre la superficie que se elabora y la elaborada medida perpendicularmente a la superficie elaborada. Se determina por la ecuación (1.11).

$$t = (D - d) / 2 \quad (1.11)$$

- El avance (s), es la distancia que recorre el corte principal de la herramienta por una revolución de la pieza, por lo que sus unidades serán (mm / rev).

- La velocidad de corte (V) en m/min, es la velocidad de desplazamiento del corte principal de la herramienta en relación con la superficie de corte. Se determina por la ecuación (1.12).

$$V = (\pi * D * n) / 1000 \quad (1.12)$$

- El número de revoluciones (n) en rev/min, se relaciona directamente con la velocidad de corte, al ser el número de veces que rota la pieza o la herramienta en un minuto. Se determina por la ecuación (1.13)

$$n = (1000 * V) / (\pi * D) \quad (1.13)$$

Estos elementos del régimen de corte se pueden determinar por tablas o analíticamente. El primer método es simple y rápido, el segundo método es de mayor precisión. El régimen de corte se determina por los dos métodos.

2.15 Conclusiones parciales

1. La UEB Aeropuerto Internacional Juan Gualberto Gómez no tiene rectificadoras para darle el acabado necesario que requiere el molde por compresión.
2. La mayor dificultad para maquinar el molde por compresión está presente en el torneado de forma, debido a la compleja forma que se le debe dar a las herramientas de corte.

3 CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se expondrá el impacto medioambiental del proceso de mecanizado del molde de compresión, así como su costo de fabricación. Se determinará también los medios para medir la temperatura que tiene que alcanzar el molde para que cure la materia prima a utilizar y se expondrán los tiempos de fabricación del molde de compresión.

3.1 Problemática ambiental del mecanizado del molde de compresión.

3.1.1 Residuos de fluido de corte agotado.

Los residuos de fluido de corte agotado, pueden ser clasificados en residuos de fluido de corte acuoso (taladrinas) y de aceites de corte. Los fluidos de corte se transforman en residuos cuando su naturaleza física y química se degrada de tal manera que no pueda cumplir aquellas funciones para las que fueron destinados: lubricar, refrigerar y limpiar de área de mecanizado.

3.1.2 Fugas y salpicaduras.

Independientemente de la naturaleza del fluido de corte, la vía más directa de contaminación del medio son las fugas, salpicaduras y derrames. A pesar de que se puede subestimar su impacto ambiental debido a la baja intensidad en que se producen, su persistencia termina por convertirse en uno de los factores de mayor impacto medioambiental, pero también con mayor margen de mejora.

3.1.3 Virutas y lodos metálicos.

Se compone del material excedente obtenido durante el procesado de las piezas. Se presentan convencionalmente en forma de virutas y lodos metálicos que presentan un grado variable de impregnación de fluido de corte.

3.1.4 Contaminación del suelo industrial.

En la gran mayoría de las empresas que utilizan fluido de cortes, se produce episodios de contaminación del entorno de trabajo. Las razones son varias: goteo directo del fluido de

corte arrastrado en piezas y viruta, salpicaduras, manipulación de piezas, preparación y trasiego del fluido de corte. El suelo es un entorno que favorece la dispersión de los contaminantes a la intemperie ya que estos pueden ser arrastrados por el agua y pasar a contaminar los medios acuosos.

3.1.5 Nieblas y otras emisiones ambientales.

También conocido como niebla de aceite, son una de las problemáticas ambientales con mayor impacto en la salud laboral. La alta velocidad de giro de la máquina y herramienta y la presión de suministro de fluido de corte, propicia la formación de gotas microscópicas de fluido de corte que se dispersan en el ambiente laboral. La problemática ambiental en estos casos está asociado al riesgo de ingestión por vía respiratoria de compuestos que representan riesgo para la salud.

3.2 Tiempo de fabricación del molde de compresión

Tabla 3.1 Tiempo principal y tiempo auxiliar del molde superior. Fuente: elaboración propia.

No	Cantidad de pasos tecnológicos	t	i	Régimen de corte			TP	TA
				s	n	V		
A1	Instalar barra en dispositivo de la máquina. Desinstalar.							0,19
01	Refrentar cara libre hasta limpiar.	2	2	0,10	340	117	3,23	0,45
02	Cilindrar desbastando desde Ø 134 hasta Ø 100 por longitud de escalón.	5	1	0,60	340	117	0,13	0,59
03	Redondear aristas.	0,5	1	0,10	340	106	0,06	0,11
B1	Invertir pieza e instalar en plato autocentrante de tres mordazas por Ø 100. Desinstalar.							0,38
04	Refrentar cara libre hasta obtener longitud 37.	2	2	0,10	340	117	3,23	0,45

05	Cilindrar desbastando desde $\varnothing 134$ hasta $\varnothing 100$ por longitud de la pieza.	17	4	0,60	340	117	0,23	0,59
A1	Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.							0,60
01	Taladrar agujero de $\varnothing 8,5$ por profundidad de 15.	4,25	1	0,15	185	34	1,25	0,44
A1	Instalar pieza en mordiente. Desinstalar.							0,60
01	Guiar, desbastar y acabado de rosca M10 por longitud de 10.	5	3				3,20	0,60
A1	Invertir pieza e instalar en plato autocentrante de tres mordazas. Desinstalar.							0,38
05	Cilindrar desbastando desde $\varnothing 100$ hasta $\varnothing 72,33$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,30 \end{pmatrix}$ por longitud de $12,43 \pm 0,2$.	18	4	0,60	340	106	0,23	0,52
06	Cilindrar semiacabado desde $\varnothing 72,33$ hasta $\varnothing 71,23$ $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,19 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,5	1	0,1	425	97	0,28	0,59
07	Redondear aristas.	0,5	1	0,10	340	97	0,06	0,11
08	Cilindrar desbastando desde $\varnothing 100$ hasta $\varnothing 91,5$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,35 \end{pmatrix}$ por longitud de 14,57.	9,25	2	0,60	340	107	0,15	0,50
09	Cilindrar semiacabado desde $\varnothing 91,5$ hasta $\varnothing 90,4$ $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,22 \end{pmatrix}$ por longitud del escalón.	0,55	1	0,1	425	120	0,35	0,59
10	Redondear aristas.	0,5	1	0,10	340	97	0,06	0,11
A1	Instalar pieza bruta en plato autocentrante de tres mordazas por $\varnothing 100$.							0,38

Desinstalar.								
01	Cilindrar acabando desde Ø 71,23 hasta Ø 70,98 $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,015 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,13	1	0,1	425	97	0,28	0,59
02	Cilindrar acabando fino desde Ø 70,98 hasta Ø 70,93 $\begin{pmatrix} 0,00 \\ -0,005 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,02	1	0,1	425	97	0,28	0,59
03	Cilindrar acabando desde Ø 90,4 hasta Ø 90 h6 $\begin{pmatrix} 0 \\ -0,022 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,2	1	0,1	425	120	0,35	0,59
A1	Instalar pieza bruta en plato autocentrante de tres mordazas por Ø 100. Desinstalar.							0,38
13	Torneado de forma.			0,1	425	97	0,50	0,59
Tiempo Total							13,87	10,92

Tabla 3.2 Tiempo principal y tiempo auxiliar del molde inferior. Fuente: elaboración propia.

No	Cantidad de pasos tecnológicos	t	i	Régimen de corte			TP	TA
				s	n	V		
A1	Instalar pieza bruta en plato autocentrante de tres mordazas. Desinstalar.							0,19
01	Refrentar cara libre hasta limpiar.	2	2	0,10	340	117	3,23	0,45
02	Cilindrar desbastando desde Ø 134 hasta Ø 124 por longitud de escalón.	5	1	0,60	340	117	0,23	0,59
03	Redondear aristas.	0,5	1	0,10	340	106	0,06	0,11
B1	Invertir pieza e instalar en							0,22

	plato autocentrante de tres mordazas por Ø 124. Desinstalar.							
04	Refrentar cara libre hasta obtener longitud 37.	2	2	0,10	340	117	3,23	0,45
05	Cilindrar desbastando desde Ø 134 hasta Ø 100 por longitud de escalón.	17	4	0,60	340	117	0,23	0,59
06	Redondear aristas.	0,5	1	0,10	340	106	0,06	0,11
07	Elaborar centro tecnológico.	1	1	0,15	185	30	2,25	0,44
08	Taladrar agujero de Ø 17 por longitud de 26,09.	7	1	0,15	185	34	1,25	0,44
09	Re taladrar agujero de Ø 30 $\left(\begin{smallmatrix} +0,52 \\ 0,00 \end{smallmatrix} \right)$ por longitud de escalón.	6,5	1	0,30	185	29	0,47	0,44
10	Mandricular agujero desde Ø 30 hasta Ø 89,3 $\left(\begin{smallmatrix} +0,10 \\ 0,00 \end{smallmatrix} \right)$ por longitud de 13,66.	29,65	6	0,40	340	95	1,61	0,59
11	Rectificar previo desde Ø 89,3 hasta Ø 89,8 $\left(\begin{smallmatrix} +0,62 \\ 0,00 \end{smallmatrix} \right)$ por longitud de escalón	0,25	1	0,20	185	51	0,37	0,59
12	Mandricular agujero desde Ø 30 hasta Ø 80 $\left(\begin{smallmatrix} +0,21 \\ 0,00 \end{smallmatrix} \right)$ por longitud de $11,41 \pm 0,2$.	25	5	0,40	340	85	0,41	0,44
13	Rectificar previo desde Ø 80 hasta Ø 82 $\left(\begin{smallmatrix} +0,062 \\ 0,00 \end{smallmatrix} \right)$ por longitud de escalón.	0,5	1	0,20	185	47	0,30	0,59
A1	Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.							0,60
01	Taladrar 4 agujeros pasantes de Ø 6,5.	5,5	4	0,15	185	4	5,50	1,1
A1	Instalar pieza en plato							0,39

	autocentrante de tres mordazas por Ø 100. Desinstalar.							
01	Cilindrar acabando agujero desde 89,8 hasta Ø 90 $H7 \begin{pmatrix} +0,035 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,1	1	0,20	185	51	0,37	0,59
02	Cilindrar acabando agujero desde Ø 82 hasta Ø 82,20 $\begin{pmatrix} +0,015 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,85	1	0,2	185	47	0,30	0,59
03	Cilindrar acabando fino el agujero desde Ø 82,20 hasta Ø 82,24 $\begin{pmatrix} +0,005 \\ 0,00 \end{pmatrix}$ por longitud de escalón.	0,85	1	0,2	185	47	0,30	0,59
A1	Instalar pieza en dispositivo de la máquina. Desinstalar.							0,59
01	Rectificar previa superficie plana desde 37 hasta $36 \pm 0,1$ por Ø124	0,5	2	0,2	185	47	0,35	0,59
A1	Instalar pieza en plato autocentrante de tres mordazas por Ø 100. Desinstalar.							0,39
01	Torneado de forma.			0,1	425	97	3,59	0,59
Tiempo Total							24,11	12,26

Tabla 3.3 Tiempo de fabricación del molde de compresión. Fuente: elaboración propia.

Moldes	T_o (min)	T_s (min)	T_{dnp} (min)	N_{tpu} (min/piezas)	N_p (Piezas/Turno de trabajo)
Molde superior	24,79	0,61	0,99	26,39	6,43
Molde inferior	36,47	0,91	1,45	38,83	

3.3 Análisis del costo de fabricación del molde de compresión.

La pieza bruta es de 6,93 kg y teniendo en cuenta el precio del acero AISI 420 en el mercado internacional este saldría en unos 665,60 CUP (27,72 USD). El salario del obrero se obtiene teniendo en cuenta la tarifa de salario por minuto según la calificación del obrero y norma de tiempo para la operación tecnológica lo cual da un costo de 55,03 CUP. El costo de energía eléctrica para maquinar el molde sería de 1,18 CUP. No se tiene en cuenta los costos de amortización de las máquinas herramientas debido a que ya llevan muchos años trabajando. El costo en herramientas de corte es de 136,87 CUP (5,7 USD). En total el costo de fabricación del molde por compresión es de 843,29 CUP (35,81 USD).

La cantidad de materia prima que se debe de echar en los moldes deben estar determinadas principalmente por el método de ensayo y error, pero se puede hacer una estimación de la cantidad de NBR que se necesita según las dimensiones del collarín de vástago. Se requiere un volumen de material de $19,188 \text{ cm}^3$ y conociendo que la densidad de este es de 1 g/cm^3 , la masa que se necesitaría es de 0,01918 kg. El precio del NBR en el mercado internacional es de 0,356 – 5 USD /kg, por lo que cada junta tendría un costo de 2,3 CUP (0,0959 USD).

3.4 Medios para medir la temperatura del molde.

El molde de compresión debe alcanzar una temperatura uniforme entre 140 a 160 °C para que el NBR que se encuentre dentro de la cavidad de moldeo cure y tome la forma deseada. La forma que se recomienda de que se mida esa temperatura es mediante una sonda térmica tipo Pt100, su campo de medición de temperatura se encuentra en el intervalo de 0 °C a + 200 °C. Esta sonda térmica va conectada a una **centralita**, por uno de las 4 entradas que posee, esta no es más que un relé electrónico programable de protección térmica. Posee las siguientes características: valores límite de alarma, intervención y ventilación programables para cada entrada, visualización de los parámetros y medidas en 2 pantallas digitales, función de memorización de valores máximos y visualización automática de temperatura máxima (CCT, 2019). El precio en el mercado internacional de esta centralita es de 2161,80 CUP (89,99 USD).

Sonda térmica Pt100: los sensores Pt100 son un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0°C y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD. El precio en el mercado internacional de esta sonda térmica es de 288,27 CUP (12 USD).

3.5 Conclusiones parciales

1. Coste total del moldeo por compresión teniendo en cuenta la materia prima a utilizar y los medios para medir la temperatura del molde es de 3295,66 CUP.
2. Si se toman las medidas de seguridad y sanidad adecuadas en el taller de mecanizado el riesgo medioambiental se puede reducir considerablemente.
3. El molde de compresión requiere de un tiempo de fabricado de 65,22 minutos.
4. Aunque el equipamiento para medir la temperatura es costoso este es el que se recomienda debido a la importancia de automatizar el proceso.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño de un molde de compresión para la obtención del collarín de vástago del cilindro hidráulico de elevación y descenso del tramo móvil de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE.
2. Durante el proceso de recopilación de la información se pudo determinar que existe variada información, la cual se encuentra de manera dispersa a través de catálogos y sitios web, estos no describen de forma directa como deben ser diseñados los moldes por compresión, si no que exponen una serie de características y consejos a aplicar a la hora de diseñar estos moldes.
3. Se logra organizar una serie de pasos para la obtención por métodos convencionales del molde por compresión del collarín de vástago.
4. El diseño de este molde contribuye a la sustitución de importaciones en el Aeropuerto Internacional Juan Gualberto Gómez y permite la continuidad de trabajo de la Escalera Diésel Autopropulsada modelo EDU-WIDE.

RECOMENDACIONES

1. Continuar profundizando en el tema, principalmente en los aspectos o recomendaciones relacionadas con el diseño del molde.
2. Proponer a la dirección del taller de moldes y troqueles de la INPUD, realizar una valoración de la metodología propuesta para el diseño de moldes de compresión para la fabricación de piezas de goma para su posterior utilización en el proceso de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barlow, L. D., & Du Toit, M. (2012). Effect of austenitizing heat treatment on the microstructure and hardness of martensitic stainless steel AISI 420. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 21(7), 1327-1336.
- Beltrán, M. (2011). Topic 6. Compression molding. *Polymer Technology*.
- Berins, M. L. (1991). *Plastics Engineering Handbook* (Van Nostrum Reinhold ed.).
- Bravo Abreu, C. A. (2016). *Diseño de molde de compresión para la junta del vaso del filtro de combustible del helicóptero MI-17*. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ingeniería....
- CCT. (2019). Centralitas de control de temperatura. euromatel.es.
- EINSA. (2004). Self-propelled Diesel Ladder Model EDU-WIDE
- EPIDOR. (2020). Catalog of Gaskets for Hydraulics and Pneumatics *Seals and Rubber Technology*.
- Fuentes, M. (2011). Moldeo por compresión. Tecnología de los plásticos
- Guillemat, J. (2020). Molde piloto para juntas de caucho.
- Joaquin. (2013). Caucho Moldeado
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufacturing, engineering and technology* Pearson Educación.
- Lokensgard, R. (1999). Plastic industry.
- Ortega, O. P. (2004). *Fundamentals of Technological Processes*.
- PLENCO. (2009). Consejos para el Diseño de Moldes de Compresión Termoendurecida (pp. 7). Estados Unidos

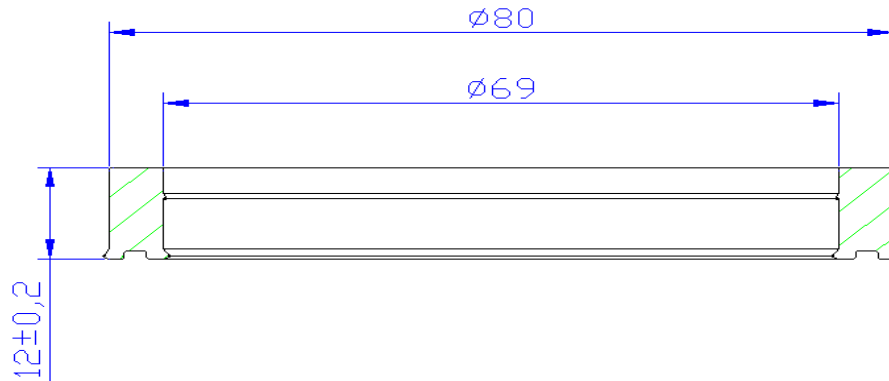
RGPBALLS. (2019). Bolas de acero inoxidable AISI 420A/420B.

Serna, C. P., Medina, R., & Padovese, L. R. (2015). INFLUENCIA DEL TEMPLE Y REVENIDO DEL ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO AISI-SAE 420 EN LAS SEÑALES DE RUIDO MAGNÉTICO DE BARKHAUSEN. *Revista Colombiana de Materiales*(7), 94-103.

Valencia, A. (1998). Tranformaciones de fase en Metalúrgia Universidad de Antioquia Medellín.

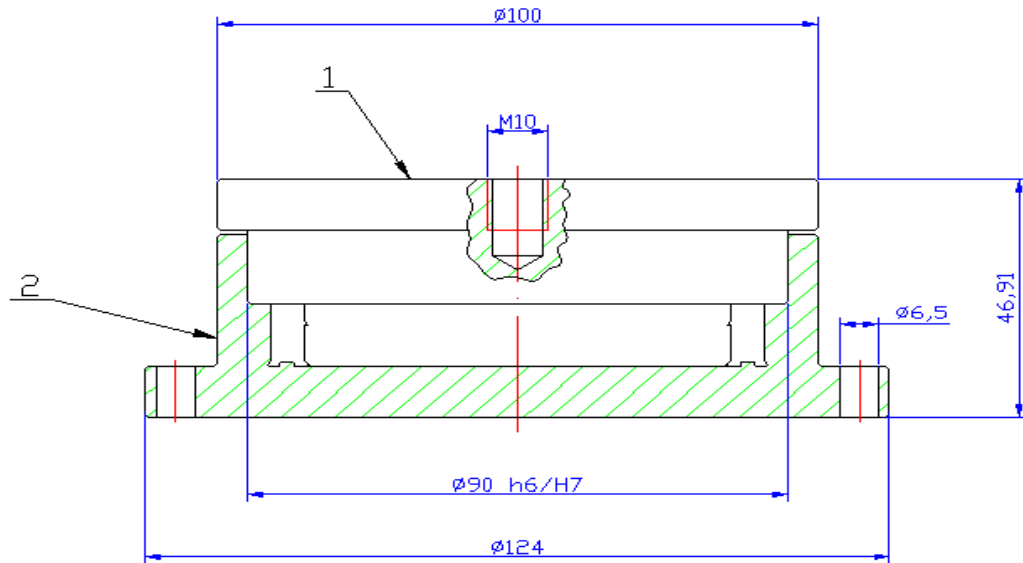
ANEXO

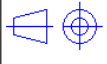
Anexo 1 Dibujo del collarín de vástago



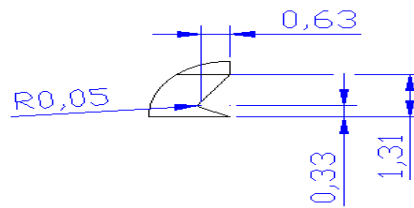
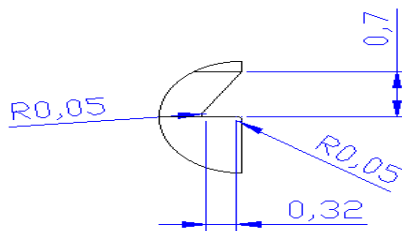
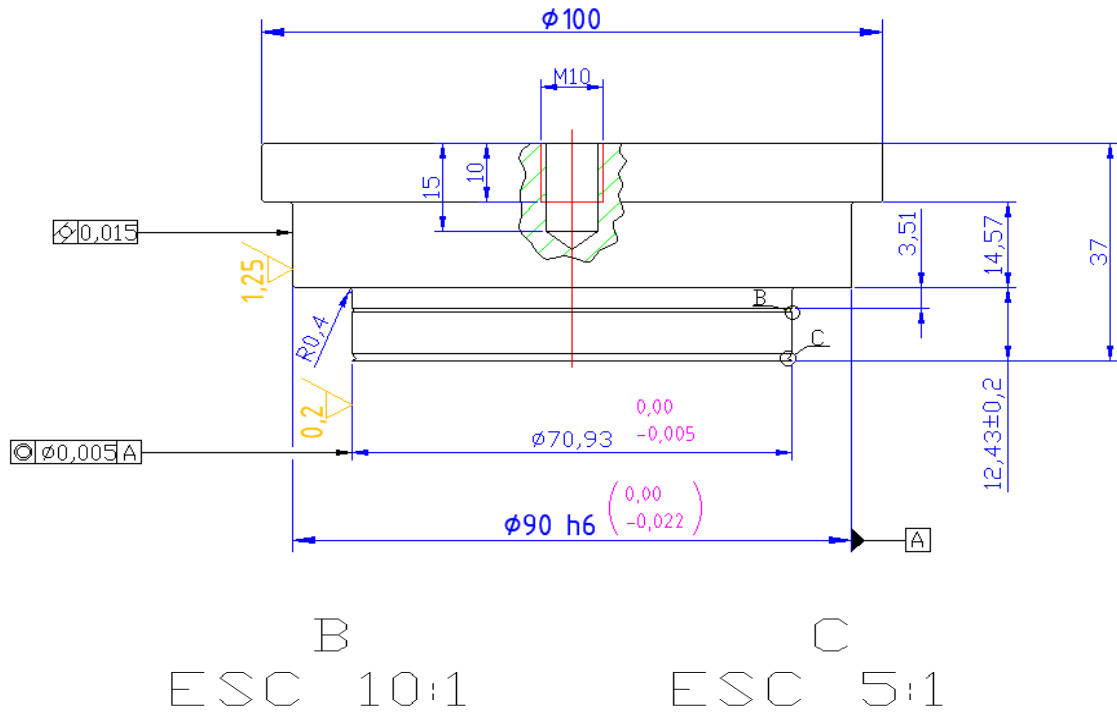
Tolerancias generales		Material NBR	Calidad superficial ✓		Escala 1:1
Departamento Resp. MECÁNICA	Referencia Técnica	Tipo de documento Plano de pieza		Estado del documento Editado	
Propiedad legal  UMCC-MECANICA	Creado por: Rafael D. Aprobado por: Gabriel Roque	Título: Junta Título suplementario: Collarín de vástago		DT- PP - 01	
		Rev. A	Fecha: 22-10-24	Idioma es	Hoja 1/1

Anexo 2 Dibujo del molde de compresión



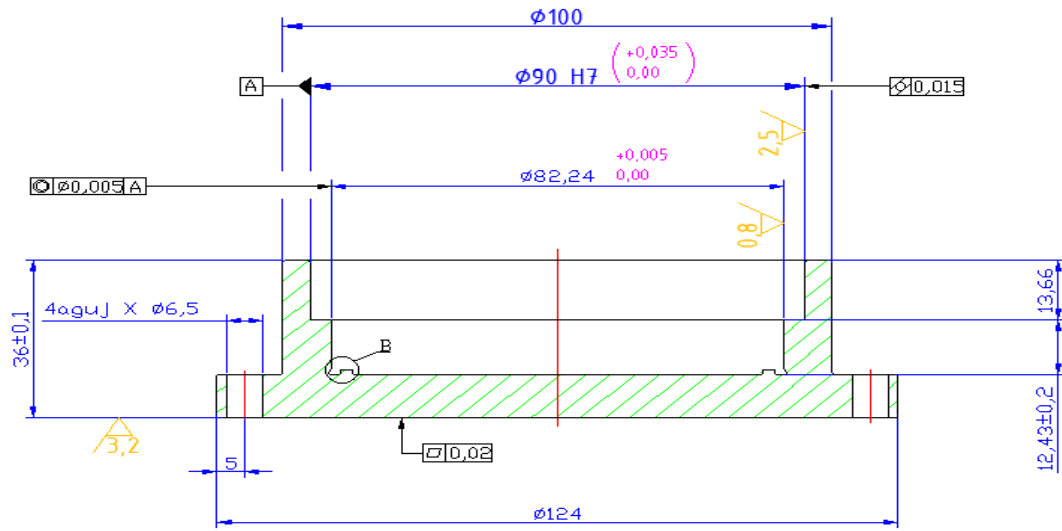
Tolerancias generales Dimensiones no toleradas por IT 14		Material AISI 420	Calidad superficial Rz 40		Escala 1:1	
Departamento Resp. MECÁNICA	Referencia Técnica Rafael D. Pérez	Tipo de documento Plano de ensamble		Estado del documento Editado		
Propiedad legal  UMCC-MECANICA	Creado por: Rafael D. Pérez	Título: Molde de compresión		DT- PE -04		
	Aprobado por: Gabriel Roque	Título suplementario: Molde de compresión				Rev. A

Anexo 3 Dibujo del molde superior

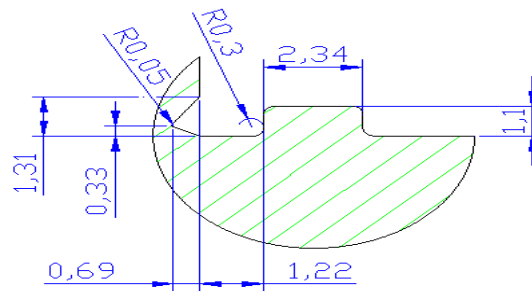



Tolerancias generales Dimensiones no toleradas por IT 14		Material AISI 420	Calidad superficial Rz 40	Escala 1:1
Departamento Resp. MECÁNICA	Referencia Técnica Rafael D. Perez	Tipo de documento Plano de pieza		Estado del documento Editado
Propiedad legal UMCC-MECANICA	Creado por: Rafael D. Perez	Título: Molde de compresión		DT- PP -01
	Aprobado por: Gabriel Roque	Título suplementario: Molde Superior		
		Rev. A	Fecha: 22-10-19	Idioma es
				Hoja 1/3

Anexo 4 Dibujo del molde inferior



B
ESC 5:1



Tolerancias generales Dimensiones no toleradas por IT 14		Material AISI 420	Calidad superficial Rz 40		Escala 1:1
Departamento Resp. MECÁNICA	Referencia Técnica Rafael D. Perez	Tipo de documento Plano de pieza		Estado del documento Editado	
Propiedad legal  UMCC-MECANICA	Creado por: Rafael D. Perez	Título: Molde de compresión		DT- PP-02	
	Aprobado por: Gabriel Roque	Título suplementario: Molde Inferior			
		Rev. A	Fecha: 22-10-19	Idioma es	Hoja 2/3