



**UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA
FABRICACIÓN DE SUELAS DE PVC PARA LA EMPRESA CARVIFACTORY
CIA. LTDA.”**

Autor: Christian Israel Tubón Carpio

Tutor: Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero

AMBATO - ECUADOR

Junio – 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA FABRICACIÓN DE SUELAS DE PVC PARA LA EMPRESA CARVIFACTORY CIA. LTDA**” elaborado por el Sr. Christian Israel Tubón Carpio, portador de la cédula de ciudadanía: 1804881942, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, Junio 2021

.....
Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Christian Israel Tubón Carpio, portador de la C.I.: 1804881942, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA FABRICACIÓN DE SUELAS DE PVC PARA LA EMPRESA CARVIFACTORY CIA. LTDA**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Junio 2021



.....
Christian Israel Tubón Carpio

C.I.: 1804881942

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Proyecto Técnico parte de él, un documento para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Junio 2021



.....

Christian Israel Tubón Carpio

C.I.: 1804881942

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Christian Israel Tubón Carpio de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN PARA FABRICACIÓN DE SUELAS DE PVC PARA LA EMPRESA CARVIFACTORY CIA. LTDA”**.

Ambato, Junio 2021

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. César Hernán Arroba Arroba
Miembro Calificador

.....
Ing. Juan Francisco Correa Jácome, Ph.D.
Miembro Calificador

DEDICATORIA

Dedico este logro alcanzado de manera especial a mis padres Mónica Carpio y Israel Tubón, quienes con mucho sacrificio y amor han sabido guiarme a lo largo de este trayecto, y me han ayudado a alcanzar esta tan anhelada meta.

A mis hermanos Pamela y Ricardo Tubón, quienes me han impulsado a superarme y han hecho que todas las adversidades sean más llevaderas con su amor incondicional.

De manera especial a mis abuelitos Enrique Carpio y Rene Villacrés a quienes admiro mucho, y en vida supieron brindarme cariño y sabiduría.

AGRADECIMIENTO

A mi madre por enseñarme quien con cariño y esfuerzo me ha enseñado a ser una persona responsable y organizada en todos los aspectos de mi vida.

A mi padre, por su ejemplo de perseverancia y superación, quién me ha enseñado que con mucho esfuerzo y dedicación puedo cumplir todos los objetivos que me proponga.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y a todos los docentes quienes me han impartido sus conocimientos, de manera especial a mi tutor de tesis, el Ing. Mauricio Cerrillo por guiarme en la realización de este proyecto.

A la empresa Carvifactory y a todos quienes la conforman por brindarme el apoyo necesario para asegurar el éxito de este proyecto

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo 1: Determinar parámetros para la elaboración de molde de suela de zapatos, de acuerdo a las especificaciones de la empresa.....	3
1.2.2 Objetivo 2: Fabricar el molde de inyección.....	36
1.2.3 Objetivo 3: Realizar pruebas de inyección	42
CAPÍTULO II	43
2.1 Materiales.....	43
2.1.1 Materia prima	43
2.1.2 Equipos y herramientas	44
2.2 Métodos.....	49

2.2.1 Deductivo.....	49
2.2.2 Observación.....	49
2.2.3 Análisis síntesis	49
2.2.4 Bibliográfico.....	49
2.2.5 Experimental.....	49
2.3 Procedimiento	50
CAPÍTULO III.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1 Análisis y discusión de resultados	52
3.1.1 Pruebas de inyección	52
3.2 Presupuesto para la construcción	54
3.2.1 Costo materia prima.....	54
CAPÍTULO IV	56
4.1 Conclusiones	56
4.2 Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO V	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de diseño de moldes	4
Figura 2. Comparación de materiales propuestos	5
Figura 3. Clasificación de los polímeros de acuerdo a su comportamiento mecánico	6
Figura 4. Máquina inyectora	7
Figura 5. Partes de un molde de inyección	8
Figura 6. Tipos de molde de inyección	9
Figura 7. Molde 3 placas bebedero frío	11
Figura 8. Molde 3 placas bebedero caliente.....	11
Figura 9. Tipos de geometría para moldes de inyección.....	12
Figura 10. Canal de sección transversal parabólica	18
Figura 11. Canal de sección transversal parabólica	25
Figura 12. Condiciones de frontera de interface entre 2 cuerpos.....	26
Figura 13. Apoyos y contactos.....	29
Figura 14. Fuerzas aplicadas.....	30
Figura 15. Fuerzas aplicadas.....	30
Figura 16. Desgasificador	32
Figura 17. Placa refrigerada de la máquina inyectora.....	33
Figura 18. Bisagra que une las placas base y tapa	33
Figura 19. Mecanismo de apertura del molde parte frontal	34
Figura 20. Mecanismo de apertura del molde parte frontal	35
Figura 21. Agujeros para desgasificadores	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas y térmicas del PVC	6
Tabla 2. Geometría de canales de estrangulamiento	12
Tabla 3. Proceso de diseño prototipo suela	14
Tabla 4. Ubicación de sistemas de ventilación	31
Tabla 5. Velocidades de desbaste y acabado para mecanizado de aluminio.....	36
Tabla 6. Velocidad de corte y avance por vuelta de acuerdo al diámetro de la broca	37
Tabla 7. Resumen del proceso de fabricación del molde.....	39
Tabla 8. Parámetros de inyección recomendados	42
Tabla 9. Materia prima utilizada en la fabricación del molde.....	43
Tabla 10. Equipos y herramientas	44
Tabla 11. Pruebas de inyección.....	52
Tabla 12. Costo materia prima	54
Tabla 13. Costo de operación de máquinas herramientas	55

RESUMEN

Para la realización del presente proyecto se tomó como punto de partida los parámetros geométricos solicitados por la empresa patrocinadora, una vez delimitados los mismos se procedió a realizar el diseño teniendo en cuenta la maquinaria y equipos disponibles en la empresa.

Una vez aprobado el diseño por la empresa, se procedió a realizar cálculos en base al PVC que es el material a inyectarse y a la máquina inyectora en donde sería utilizado el molde, con el fin de asegurar la correcta operación y refrigeración del molde. Dando como resultado valores estimados de canales de alimentación y asegurando una disipación de calor adecuada en cada ciclo de inyección.

Posteriormente se procedió a la fabricación del molde con la maquinaria disponible en la empresa, realizando tareas de mecanizado en maquinaria CNC y de manera manual de acuerdo a la necesidad, para finalmente armar el molde y montarlo en la máquina inyectora para las pruebas de operación, validando así los cálculos y los parámetros utilizados en el dimensionamiento del molde.

Palabras clave: Diseño de moldes de inyección, inyección de polímeros, PVC, CNC.

ABSTRACT

For the realization of this project, the geometric parameters requested by the sponsoring company were taken as a starting point, once they were delimited, the design was carried out considering the machinery and equipment available in the company.

Once the design was approved by the company, calculations were made based on the PVC, which is the material to be injected, and the injection machine where the mold would be used, to ensure the correct operation and cooling of the mold. Resulting in estimated feed channel values and ensuring adequate heat dissipation in each injection cycle.

Subsequently, the mold was manufactured with the machinery available in the company, performing machining tasks in CNC machines and manual operations according to the need, to finally assemble the mold and mount it in the injection machine for the operation tests, thus validating the calculations and parameters used in the sizing of the mold.

Keywords: Injection mold design, polymer injection, PVC, CNC.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

El consumo masivo presente en la actualidad, ha generado la necesidad de que la industria produzca bienes a gran escala; de manera puntual, la utilización de polímeros en la vida cotidiana a partir de los años 90 hasta la actualidad ha escalado tanto que la mayoría de los productos encontrados en el mercado actual son polímeros. Gracias a la basta variedad de materiales existentes en el mercado y su capacidad de adquirir formas complejas con buenas propiedades mecánicas, se ha realizado importantes avances en las áreas de diseño y manufactura de las empresas tanto a nivel nacional como internacional para poder cubrir la demanda del mercado. Varios procesos de formado y moldeado de plásticos han surgido a partir de dicha necesidad, entre los cuales destacan los procesos de extrusión, inyección, soplado, termoformado y fundición [1]. De los procesos mencionados anteriormente el más utilizado para la producción de suelas específicamente es el proceso de inyección, el cual consiste en depositar material fundido en un molde con ayuda de un émbolo hidráulico o más comúnmente con un tornillo giratorio [1].

El molde utilizado en la inyección es el corazón del proceso, ya que es donde el material fundido adquiere su forma final, por esto el molde es fabricado con materiales de calidad y acabados con tolerancias muy bajas [2]. Para cumplir con estos requerimientos el uso de maquinaria CNC es indispensable, ya que permite tener un amplio y minucioso control en el proceso de manufactura.

La necesidad de tener tanto control dentro de los diferentes procesos de producción, ha dado origen a un sin número de trabajos investigativos y experimentales, obteniendo parámetros, que sirven de guía para obtener un producto final de alta calidad y a un coste de producción bajo, sin sacrificar las propiedades mecánicas del mismo. Para este proyecto en particular se ha realizado una investigación bibliográfica referente al procesamiento de plásticos mediante inyección. A continuación, se citan algunos trabajos

de tesis sacados de repositorios de universidades nacionales, que tienen relación con el tema propuesto, y que servirán de guía para desarrollar el mismo.

El autor [3], desarrolla el diseño y construcción de un molde de semi-diadema, siendo el ABS como material a inyectarse, este trabajo hace énfasis en que para obtener un producto de calidad y con mucha precisión se debe utilizar tecnología CAD/CAM, ya que con la ayuda de las mismas se aminora la cantidad de trabajo manual requerido en procesos de acabados para la fabricación del molde. El autor presenta literatura referente al cálculo de parámetros de mecanizado que serán de gran ayuda para el desarrollo del presente proyecto.

El autor [4], desarrolla un molde de inyección en cumplimiento de la normativa EN 166:2001, que hace referencia al diseño de protectores oculares, para esto calcula parámetros de inyección y ejecuta pruebas para asegurar el correcto funcionamiento del molde, la metodología de cálculo de dichos parámetros será tomados en cuenta para este proyecto.

El autor [5], propone un molde para una suela hecha de poliuretano, para esto presenta una metodología básica de modelado de suelas de acuerdo a sus necesidades particulares, la cual servirá de guía para este proyecto.

El autor [6], realiza un prototipo de suela para personas con mal formaciones de pie, partiendo de un escáner 3D para digitalizar la geometría del pie; utiliza tecnología CAD para el diseño del prototipo lo que reduce en un 10% en el modelado de un molde de suelas frente al modelado artesanal.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo 1: Determinar parámetros para la elaboración de molde de suela de zapatos, de acuerdo a las especificaciones de la empresa

1.2.1.1 Requerimientos de la empresa

El molde a desarrollarse, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Zapato tipo “muñeca”.
- Talla 23 para niña.
- Utilizar la dima de horma proporcionada por la empresa.
- La altura total de la suela respecto al suelo, debe ser de no menos de 10 mm y no más de 13 mm, con un taco pequeño.
- La suela debe ser hecha de PVC y su fabricación será por inyección.

Los parámetros más importantes que debe tener una suela son los siguientes de acuerdo a [7]:

- **Liviandad**

Con el fin de crear una suela liviana dentro del diseño CAD, se plantea la utilización de economizadores rectangulares sobre la parte superior de la suela, dependiendo de estos se determina el peso de la suela de acuerdo a [7].

- **Flexibilidad**

Para un acople adecuado al andar de la persona, de acuerdo a [7] se utilizan canales de flexión tanto en la parte inferior de la suela como en el área de los metatarsos.

- **Adherencia y agarre**

Para brindar estabilidad y evitar accidentes como caídas al andar, el diseño de la huella no debe dejar superficies lisas manera especial en el ante pie [7].

- **Durabilidad**

Se determina de acuerdo a la resistencia a la abrasión que se genera al caminar [7], el PVC es reconocido en la industria del calzado ya que brinda una vida útil buena del producto.

1.2.1.2 Diseño de moldes

El objetivo de los diseñadores no es solo crear piezas, sino también asegurarse de la manufacturabilidad del producto, teniendo en cuenta las especificaciones del cliente, y la capacidad de producirlo en masa, a precios que den el mayor margen de rentabilidad posible en el menor tiempo [8].

Actualmente el mercado tanto nacional como internacional requiere que se fabriquen productos de buena calidad a costos bajos y con un tiempo de entrega corto, para esto se utiliza el poder de ordenadores y de softwares CAD-CAM especializados para estos procesos [8]. Para entender la importancia de la utilización de estas herramientas se debe tener en cuenta el proceso de manufactura de un molde, el cual comienza con la selección del material en el que se fabricará, teniendo en cuenta la materia prima que ira en su interior, hasta llegar a los procesos de mecanizado como se muestra en la figura 1.

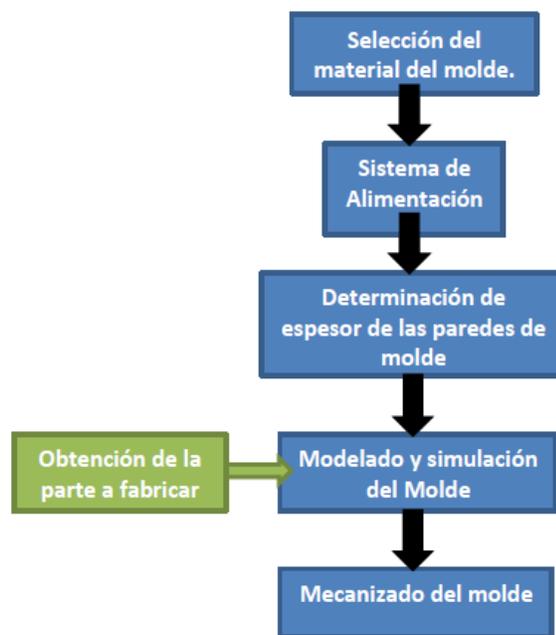


Figura 1. Proceso de diseño de moldes. [6]

1.2.1.3 Material del molde

Dentro de la industria existen varios materiales que se utilizan para la fabricación de moldes para procesos de inyección, elegir el material adecuado para el molde depende de varios aspectos como son la geometría de la pieza, la presión interna que soportará y el número de piezas a producirse en un ciclo, además de la facilidad de mecanizado [2].

Los moldes se fabrican generalmente de acero P20 y en aleaciones de aluminio dependiendo de las exigencias bajo las que se vaya a trabajar, en el caso de moldes de suelas como sugiere el autor [6], de acuerdo a la figura 2, el aluminio presenta propiedades superiores al acero en lo referente a facilidad en el mecanizado ya que se puede trabajar a velocidades más altas lo que significa menos tiempo de maquinado. El Alumelec 89 es una aleación de aluminio utilizada para la fabricación de moldes de inyección y soplado, en el mercado nacional puede ser encontrado con los nombres de dura aluminio o aluminio 7075 [6].

Comparación de los materiales propuestos

Material	Módulo de elasticidad (N/mm ²)	Conduct. Térmica (Btu)	Fresado Desbaste (Vc) (m/min)	Fresado Acabado (Vc) (m/min)
P20	250000	202	80-150	70-110
Alumelec 89	71500	1144	600-1000	300-500

Figura 2. Comparación de materiales propuestos. [6]

1.2.1.4 Materiales poliméricos

Los polímeros son todos los materiales tanto los derivados de los plásticos como los que no lo son como el hule o el caucho, la polimerización es la unión de moléculas pequeñas para formar unas gigantes, actualmente los polímeros son materiales utilizados en la industria para la fabricación de juguetes, electrodomésticos, entre otros utensilios de uso cotidiano [9].

Los polímeros se pueden clasificar de varias maneras, pero la más común es según su comportamiento mecánico, como se muestra en la figura 3. Los materiales termoplásticos son conformados por enlaces de monómeros y de cadenas flexibles, además pueden ser reciclados con facilidad, mientras que los termoestables están conformados por moléculas con cadenas de enlaces cruzados que forman redes tridimensionales, estos polímeros son

muy resistentes pero frágiles en comparación a los termoplásticos y son difíciles de reprocesar. Los elastómeros por otro lado unen las características de los 2 polímeros anteriores ya que tienen cadenas flexibles con ligeras creaciones de enlaces cruzados, pueden deformarse elásticamente sin tener una deformación permanente, esta categoría incluye a los cauchos [9].

Comportamiento	Estructura general	Diagrama
Termoplástico	Cadenas lineales flexibles	
Termoestable	Red rígida tridimensional	 Con enlaces cruzados
Elastómero	Cadenas lineales con enlaces cruzados	 Con enlaces cruzados

Figura 3. Clasificación de los polímeros de acuerdo a su comportamiento mecánico. [9]

- **PVC**

El PVC, es un polímero termoplástico, que surge de la mezcla de cloruro de sodio en un 57%, con petróleo o gas natural en un 43%. El PVC se lo puede encontrar en el mercado como plastificado y no plastificado. Por las propiedades enlistadas en la tabla 1, las aplicaciones del PVC flexible están centradas en la inyección de suelas, en la industria automotriz, médica y eléctrica, ya que al tener un plastificante lo hace fácil de inyectar y desmoldar en comparación al no plastificado, cuyas aplicaciones se limitan a la industria de la construcción y telecomunicaciones [10].

Tabla 1. Propiedades mecánicas y térmicas del PVC. [10]

Propiedades mecánicas y térmicas del PVC	
Densidad	1350–1700 kg/m ³
Resistencia última a la tracción	10–25 MPa
Dureza Shore, ISO 868	60–90 (A)
Módulo de elasticidad, DIN EN ISO 178	150–400 %
Prueba impacto Charpy, DIN 53453	No se rompe
Conductividad térmica	1.3–1.6 10 ⁻³ W/m/K
Coefficiente de expansión lineal	50-200 10 ⁻³ W/m/K
Capacidad calorífica específica	1.2–2.0 kJ/kg/K

1.2.1.5 Moldeo por inyección

En la manufactura de polímeros termoplásticos, uno de los procesos más conocidos junto con la extrusión es la inyección, este proceso consiste en fundir el material termoplástico e inyectarlo a cierta presión en un molde, permitiendo que el material inyectado se enfríe y se solidifique [2].

Las partes principales de una máquina se agrupan en las siguientes unidades:

- **Unidad de control:** Es la encargada de controlar los parámetros del proceso de inyección, como se muestra en la figura 4 se tienen partes como, molde, el cilindro de inyección y tolva de alimentación, las cuales deben funcionar en sincronía para que el proceso de inyección sea eficiente, por lo que la unidad de control es la encargada de coordinar estos procesos [2].
- **Unidad de inyección:** es la encargada de almacenar y transportar el material a inyectarse, como se muestra en la figura 4 comienza en la tolva, que alimenta el tornillo sin fin el cual funde el material mediante calentamiento y rotación finalmente lo inyecta en el molde por una boquilla de inyección [2].
- **Unidad de cierre:** es la parte de la máquina que mantiene al molde cerrado durante la inyección, en la figura 4 se representa como mecanismo de cierre de la máquina [2].
- **Unidad de potencia:** es la parte de la máquina que suministra la potencia eléctrica e hidráulica para que la máquina realice sus actividades [2].

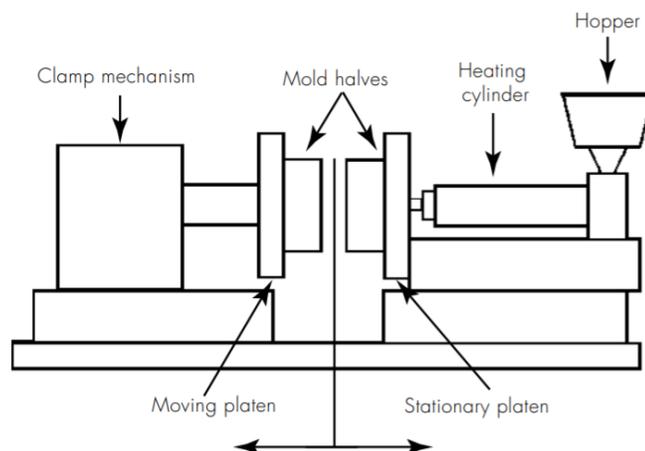


Figura 4. Máquina inyectora. [2]

1.2.1.6 Parámetros de diseño del molde

- **Moldes para inyección**

Un molde de inyección es considerado como una o más piezas de metal que al ser cerradas forman una cavidad, un canal por el que el material es vertido y dan la forma a la pieza a inyectarse, un molde de inyección debe cumplir las siguientes características básicas [11]:

- Debe formar una cavidad para que el material inyectado sea depositado de manera eficaz [11].
- Debe actuar como un intercambiador de calor para remover el calor en la superficie de la cavidad donde se inyecta el material [11].
- Debe tener las propiedades mecánicas suficientes para dar un buen cierre y soportar las presiones de inyección a las que es sometido en el proceso [11].

- **Partes de un molde de inyección**

Un molde tiene 8 partes básicas, se parte de la máquina inyectora donde se encuentra el husillo (1), la cabeza del cilindro (2) y la boquilla (3), que se unen al manguito del bebedero (4), que conecta el cono de entrada (5) a los canales de distribución (6), los cuales son los encargados, junto a los canales de estrangulamiento (7), de asegurar que la cavidad (8) se llene adecuadamente. Además, se tiene los eyectores (9) y los expulsores (10) que son los encargados de asegurar el correcto desmolde de la pieza y dejar al molde vacío para otro ciclo de inyección, como se muestra en la figura 5, [12].

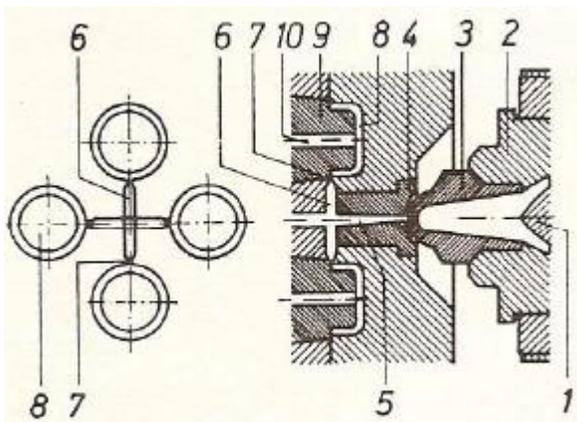


Figura 5. Partes de un molde de inyección. [12]

- **Tipos de moldes de inyección de acuerdo al número de placas**

Existen 4 tipos de moldes que son comúnmente utilizados en la industria, en la figura 6 se muestra un molde de 2 placas en la parte superior izquierda, uno de 3 placas en la parte inferior derecha, un molde con separador en la parte superior derecha y un molde de diapositiva en la parte inferior izquierda [11].

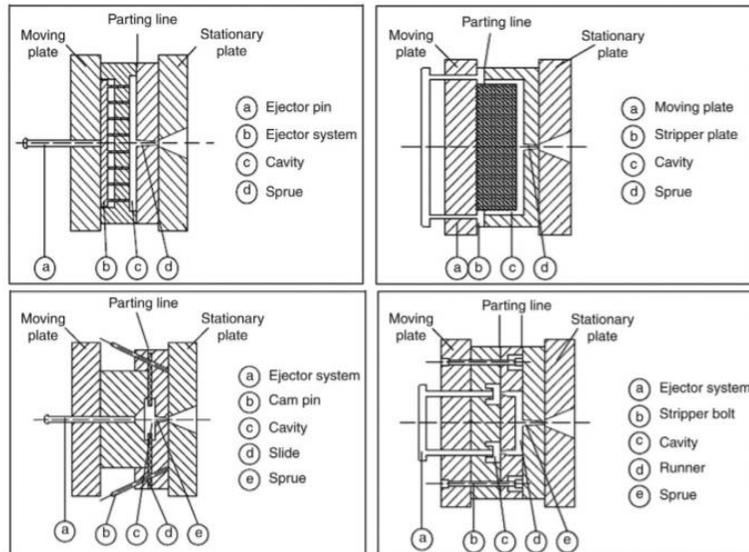


Figura 6. Tipos de molde de inyección. [11]

- **Moldes de 2 placas**

Son los más utilizados en la industria, por ser el molde más simple, consiste en una placa llamada macho que es la placa móvil y una hembra que al acoplarse forman una cavidad, el macho es el que contiene los canales por los que fluye el material, mientras que la hembra es la que tiene la forma de la pieza a inyectarse, al cerrarse se tiene una línea de partición llamada cierre de molde [11].

- **Molde con placa separadora**

En comparación al molde de 2 placas este adiciona una placa la cual reduce la posibilidad de introducir tensiones al componente al momento de su extracción [11].

- **Molde deslizante**

Es un molde de 2 placas, pero incorpora un mecanismo que al deslizarse convierte el movimiento vertical de apertura en horizontal, es utilizado en la producción de piezas con ángulos de salida que en un molde de 2 placas no permitirían una fácil expulsión de la pieza [11].

- **Molde de 3 placas**

Utilizado cuando se produce más de una pieza a la vez, y cuando se tiene varios caminos desde el bebedero, para distribuir el material en diferentes canales, además este molde permite la eliminación del material sobrante de manera automática [11].

- **Sistemas de alimentación del molde**

Los canales de alimentación del molde junto con los de estrangulamiento, son los encargados de distribuir presiones y temperaturas iguales a todas las cavidades del molde, dependiendo de la complejidad del molde pueden ser de canal frío o caliente [13].

- **Sistemas de canal frío:** son los sistemas más utilizados, se estima que un 70% de los moldes utilizados en la industria son de canal frío, estos moldes operan de tal manera que material que viaja por los canales de alimentación se solidifica junto con el bebedero y las mazarotas; se expulsa entre ciclos de inyección [13].

Además, son fáciles de mantener, económicos de manufacturar y simples en comparación a los de canal caliente por los que suelen ser los más utilizados, dentro de los moldes de canal frío además se puede tener varios tipos de bebederos [13]:

Bebedero frío: utilizados en moldes de 3 placas donde el bebedero se desecha al terminar el ciclo como se muestra en la figura 7, para esto se ayuda de eyectores tanto para la pieza como para el bebedero [13].

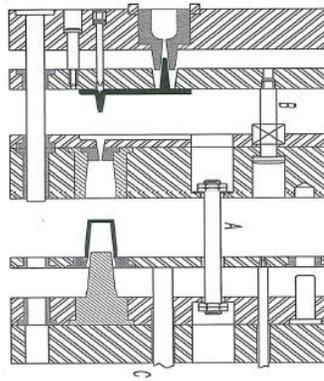


Figura 7. Molde 3 placas bebedero frío. [13]

Bebedero caliente: se denomina así ya que como se muestra en la figura 8, se inyecta directamente desde la boquilla de la máquina a la cavidad del molde o a canales de alimentación, utilizado el sistema de bebedero caliente se elimina la necesidad de los eyectores de los moldes de 3 placas, lo que se traduce en un ahorro tanto de material utilizado para su fabricación como de desperdicio del proceso al no haber la necesidad de un bebedero [13].

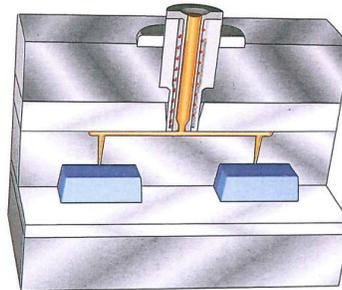


Figura 8. Molde 3 placas bebedero caliente. [13]

- **Sistemas de canal caliente:** Son sistemas que utilizan calentamiento adicional, y son monitoreados por termo cúpulas para asegurar una temperatura uniforme, ya que a diferencia de los moldes de canal frío estos mantienen el material fundido en los canales y no se expulsa entre ciclos como el de canal frío [13].

- **Geometría de los canales de distribución**

La sección transversal del canal de distribución es de vital importancia, ya que, dependiendo de la misma, el material fluye de diferente manera. Como se muestra en la figura 9, existen varios tipos de geometrías para los canales de distribución, de acuerdo a

[13], la sección transversal que mejor permite el paso de material es la redonda sin embargo la misma presenta dificultades de manufactura y tiempos de mecanizado más elevados, por lo que el autor recomienda utilizar la geometría parabólica o la trapezoidal [13].

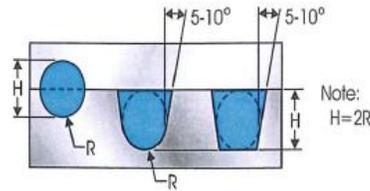


Figura 9. Tipos de geometría para moldes de inyección. [13]

- **Disposición de los canales de distribución**

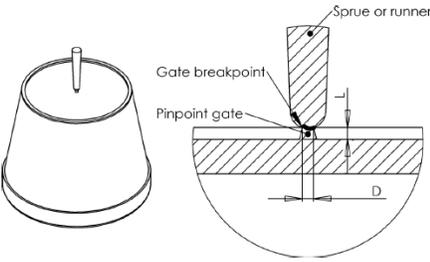
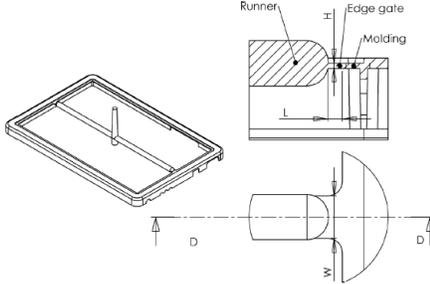
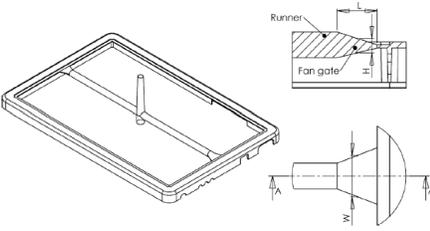
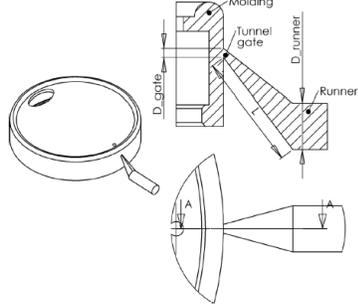
En moldes de múltiples cavidades se debe diseñar la distribución de los canales de tal manera que todas las cavidades se llenen de manera simultánea con el fin de que la presión residual actúe al mismo tiempo en todas las cavidades y no se produzcan adelantos o retrasos en el llenado, esto se logra haciendo que la longitud de los canales y sus secciones transversales sean iguales. Existen varios tipos de disposiciones, las más conocidas son en hileras, en estrella y anular como se muestra en el Anexo 1, [12].

- **Geometría de los canales de estrangulamiento**

La función principal del canal de estrangulamiento es conectar a los canales de distribución con las cavidades del molde, además de permitir una correcta separación de la pieza y los canales solidificados. En la tabla 2 se presentan los tipos de canales de estrangulamiento [14].

Tabla 2. Geometría de canales de estrangulamiento. [14]

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Sprue	Utilizado en moldes de una cavidad, donde el bebedero se conecta directamente a la parte superior de la cavidad del molde.	<p>La ilustración muestra un canal de estrangulamiento tipo Sprue. A la izquierda se muestra una vista tridimensional de un cono invertido. A la derecha se muestra una sección transversal con un diámetro 'D' en la parte superior, un 'Sprue' y un 'Sprue gate' en la base.</p>

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Pin-Point	Utilizado para conectar canales de distribución o bebederos a la cavidad del molde, consiste en una abertura de forma cilíndrica pequeña, comúnmente en moldes de 2 o 3 placas.	 <p>The diagram illustrates a Pin-Point gate. On the left, a 3D perspective view shows a small cylindrical gate protruding from the top of a mold. On the right, a cross-sectional view shows the gate's connection to a sprue or runner. Labels include 'Sprue or runner', 'Gate breakpoint', and 'Pinpoint gate'. Dimensions 'L' and 'D' are indicated.</p>
Edge/Tab	Utilizado principalmente para conectar canales de distribución a los bordes de la cavidad, con el fin de al ser desmoldada la pieza no queden marcas en la misma.	 <p>The diagram illustrates an Edge/Tab gate. On the left, a 3D perspective view shows a gate attached to the edge of a mold. On the right, a cross-sectional view shows the gate's connection to a runner. Labels include 'Runner', 'Edge gate', and 'Molding'. Dimensions 'L', 'D', and 'W' are indicated.</p>
Fan	Considerado como una variante del anterior, donde el ancho de la abertura, excede el diámetro del canal.	 <p>The diagram illustrates a Fan gate. On the left, a 3D perspective view shows a gate with a wider opening at the mold cavity. On the right, a cross-sectional view shows the gate's connection to a runner. Labels include 'Runner' and 'Fan gate'. Dimensions 'L', 'D', and 'W' are indicated.</p>
Tunnel/Submarine Gate	Parecido al Pin-Point, pero a diferencia de los anteriores este se separa de la pieza al ser completado el proceso sin necesidad de intervención de un operario en moldes de 2 placas.	 <p>The diagram illustrates a Tunnel/Submarine Gate. On the left, a 3D perspective view shows a gate that is designed to break away from the mold. On the right, a cross-sectional view shows the gate's connection to a runner. Labels include 'Molding', 'Tunnel gate', and 'Runner'. Dimensions 'D.gate', 'D.runner', and 'A' are indicated.</p>

1.2.1.7 Diseño del prototipo

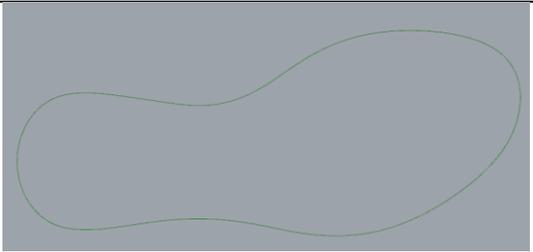
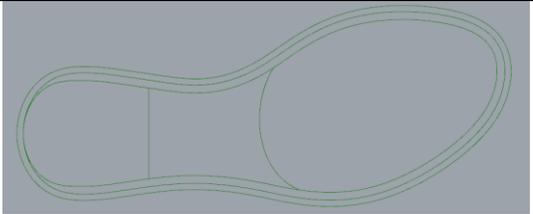
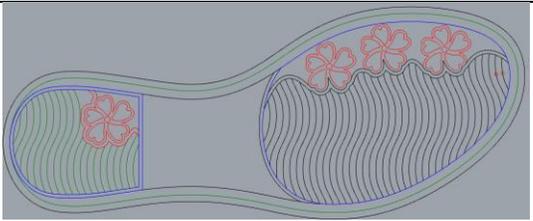
Para el diseño del molde se partirá de acuerdo a las especificaciones de la empresa de un diseño CAD, para posteriormente manufacturar el mismo con tecnología CAM.

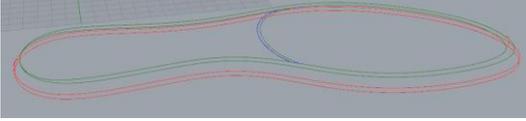
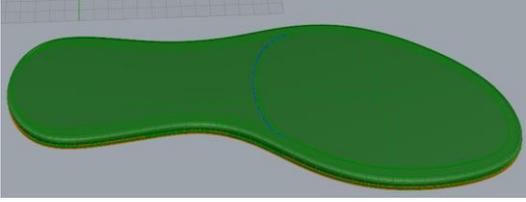
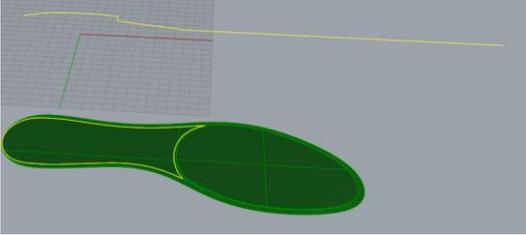
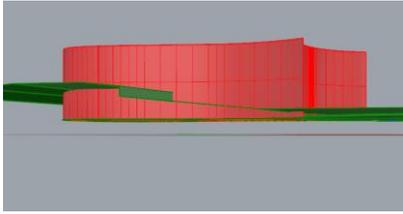
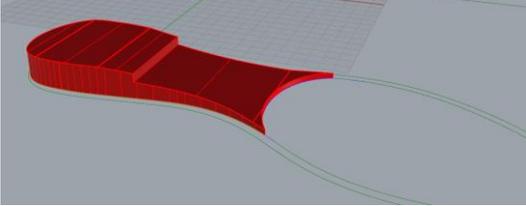
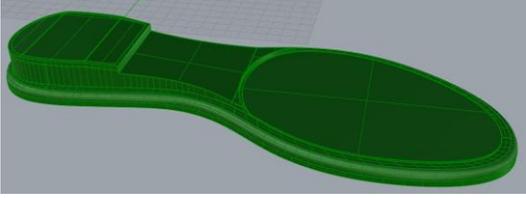
- **Diseño asistido por computadora (CAD)**

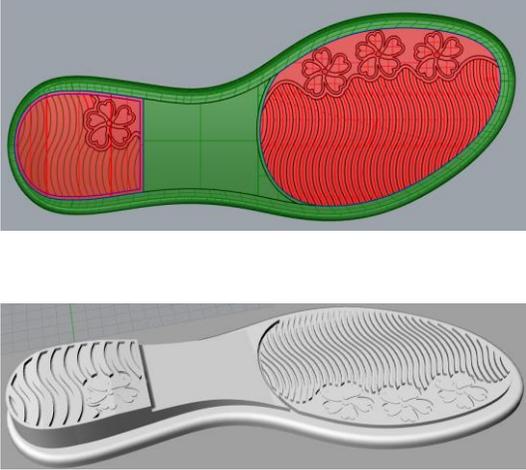
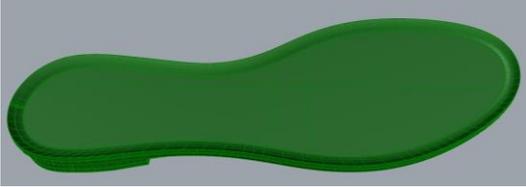
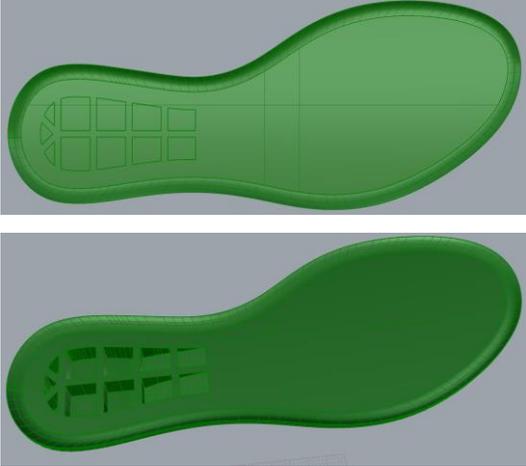
El diseño CAD, es el primer paso en el proceso de manufactura de un producto, permite definir la geometría básica de una pieza, consiste en la creación y modificación; análisis y optimización del diseño en una interfaz de computadora, para posteriormente pasar a su manufactura [15].

El enfoque de este trabajo no está en el diseño CAD, por lo que no se ahondará en parámetros de diseño, o en el uso de software para el desarrollo del diseño, por lo que a continuación en la tabla 3, se presenta una breve descripción del proceso de diseño realizado por el autor en base a las especificaciones de la empresa.

Tabla 3. Proceso de diseño prototipo suela. [Autor]

Geometría	Descripción
	1. Se parte de la dima de huella que nos proporciona la empresa.
	2. Después se delimita las secciones de huella y taco.
	3. Se diseña la huella y se la ubica en las áreas delimitadas anteriormente.

Geometría	Descripción
	<p>4. En la vista lateral se dibuja la línea de caída que dará la forma del taco.</p>
	<p>5. Se ubica las líneas en las alturas requeridas.</p>
	<p>6. Se crea superficies utilizando las líneas como guías.f</p>
 	<p>7. Se extruyen superficies a partir de la línea de caída y la de delimitación del taco.</p>
	<p>8. Se cortan los excedentes y como resultado se obtiene la superficie del taco.</p>
	<p>9. Se une con las demás superficies creadas y se tiene el diseño de la suela.</p>

Geometría	Descripción
	<p>10. Se proyecta las líneas de la huella a donde corresponden y se extruyen</p>
	<p>11. En la parte superior se realiza un redondeo hacia adentro.</p>
	<p>12. Se dibujan y extruyen los descuentos.</p>

1.2.1.8 Cálculos del molde

- **Cálculo del número de cavidades**

Es una variable que está en dependencia tanto del volumen de la pieza a inyectar como la capacidad máxima de inyección de la máquina con la que se está trabajando [3], entendiendo por cavidades al número de objetos resultantes de partir una pieza por un plano dando como resultado los llamados macho y hembra del molde [4]. Para calcular el número de cavidades del molde se utiliza la ecuación (1), donde de acuerdo al Anexo 2, la máquina tiene un volumen máximo de inyección de 950 cm³, y el volumen de la suela más la mazarota es de 32.45 cm³ como se muestra en el Anexo 3.

$$n = \frac{Sv}{Av} \quad (1)$$

Donde:

Av = Volumen de la pieza más las mazarotas

Sv = Volumen máximo de inyección de la máquina

n = Número de cavidades

$$n = 29.28 \approx 29$$

Por la geometría de la suela, al ser un modelo de niña, se tiene como resultado que de acuerdo al volumen máximo de inyección se podría inyectar hasta 30 cavidades aproximadamente, sin embargo, por la geometría de la máquina y requerimiento de la empresa, el molde solo puede ser de 2 cavidades, que se encuentra en el rango de operación de la máquina, aunque no se aprovecha al máximo el volumen de inyección de la misma.

- **Geometría del canal de llenado**

Para este trabajo se utilizará la de sección parabólica, ya que según [12], es la mejor en relación a la facilidad de mecanizado y a la facilidad de flujo, las ecuaciones 2 y 3, permiten calcular las dimensiones principales de la sección transversal del canal de llenado, además en la figura 10 se expone una esquena de dichas dimensiones.

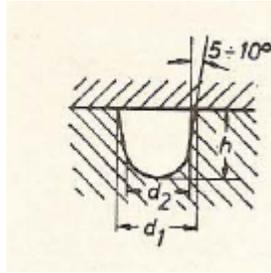


Figura 10. Canal de sección transversal parabólica. [12]

$$d_2 = smax + 1.5mm = 0.7 * d_1 \quad (2)$$

$$h = \frac{2}{3}(d_2) \quad (3)$$

Donde:

$smax$ = Espesor máximo de la pieza a inyectar

d_1 = Ancho mínimo del canal de llenado

d_2 = Ancho máximo del canal de llenado

h = Altura del canal de llenado

$$smax + 1.5 mm = 0.7 * d_1$$

$$5.54 mm + 1.5 mm = 0.7 * d_1$$

$$d_1 = \frac{7.04 mm}{0.7} = 10.057 mm \approx 10 mm = d_2$$

$$h = \frac{2}{3}(d_2) = \frac{2}{3}(10.057) = 6.704 mm \approx 7 mm$$

Teniendo en cuenta la recomendación del autor [12], se trabajará con distancias iguales desde el punto de inyección hasta llegar al canal de estrangulamiento de la pieza por lo que el diámetro obtenido será el general para todos los recorridos.

- **Dimensionamiento del canal de estrangulamiento**

Para realizar el cálculo de los canales de estrangulamiento teniendo en cuenta que deben ser iguales en sección como en longitud para asegurar un correcto llenado de las cavidades, se utiliza como recomienda [12], las siguientes ecuaciones para un estrangulamiento en forma de sección circular:

$$f = a * b \quad (4)$$

$$F = \pi * d^2 / 4 \quad (5)$$

$$a \approx 3 * b \quad (6)$$

$$l = 0.25 - 2.5 \quad (7)$$

$$f = (0.07 - 0.1) * F \quad (8)$$

Donde:

f = Área transversal de los canales

l = Longitud los canales recomendada

F = Área transversal del canal de llenado

d = Diámetro de la sección transversal del canal de llenado

a, b = Ancho y alto del canal de estrangulamiento respectivamente.

De acuerdo a la ecuación 5, se procede a calcular el área transversal de los canales, para posteriormente obtener las dimensiones de los mismos de la siguiente forma.

$$F = \frac{\pi * 10^2 \text{ mm}}{4} = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$f = (0.1) * F$$

$$f = (0.1) * 78.54 \text{ mm}^2$$

$$f = 7.85 \text{ mm}^2 \approx 8 \text{ mm}^2$$

Se substituye la ecuación 6 en la ecuación 4.

$$f = 3b * (b) = 3b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{f}{3}} = \sqrt{\frac{8 \text{ mm}^2}{3}}$$

$$b = 1.63 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

El valor obtenido se substituye en la ecuación 6, como sigue.

$$a \approx 3 * b$$

$$a = 3 * b = 3 * 1.63 \text{ mm}$$

$$a = 4.90 \approx 5 \text{ mm}$$

Por tanto, se tiene una longitud del canal de estrangulamiento de 2 mm, valor que se encuentra dentro del rango recomendado por [12] expuesto en la ecuación 7, y el ancho del canal de llenado es aproximadamente 5mm, teniendo en cuenta un diámetro del canal de llenado de 10 mm previamente calculado.

- **Cálculo número cavidades en función de la fuerza de cierre de la máquina**

Siguiendo la metodología establecida por [12], la fuerza de cierre de la máquina inyectora es la que impide que el molde mientras está siendo utilizado se abra, por lo tanto, la misma debe ser mayor que la fuerza producida en el proceso de moldeo, para esto se utilizan nomogramas que, de acuerdo al área proyectada, al material utilizado y al espesor de la pieza permiten obtener un valor guía de la presión interna del molde.

Sin embargo, cuando los valores con los que se trabajan no se encuentran en el rango del nomograma, [16] expone valores recomendados expuestos en el Anexo 4. Teniendo en cuenta que para el PVC se tiene un valor de 150-300 bares, se toma un promedio de 225 bar (225 Kgf/cm²), con este valor se calcula la fuerza de cierre como sigue.

$$F_c = AP * P_i \quad (9)$$

Donde:

F_c = Fuerza de cierre [Kgf]

$AP = \text{Área proyectada [cm}^2\text{]}$

$Pi = \text{Presión interior de las cavidades [Kgf/cm}^2\text{]}$

Para realizar el cálculo de la fuerza de cierre se utiliza el valor del área proyectada del Anexo 5 en cm^2 .

$$F_c = 167.413 \text{ cm}^2 * 225 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$
$$F_c = 37667.99 \text{ kgf} * \frac{9.81}{1000} = 369.52 \text{ kN}$$
$$F_c = 37.691 * 0.102 = 37.69 \text{ ton}$$

Como la máquina tiene una fuerza de cierre de 45 ton como se muestra en el Anexo 3, y al ser esta fuerza de cierre mayor que la fuerza de cierre generada en el molde es factible utilizar el molde de 2 cavidades propuesto en la máquina TK-970C-10P.

- **Tiempo de enfriamiento del molde**

El sistema de enfriamiento del molde está en función de 2 parámetros principales, del material del molde y de la máquina en la que va a operar, ya que existen materiales cuya conductividad térmica es mayor que otros y existen máquinas cuyo sistema de refrigeración varía de acuerdo al uso para el que se diseña.

Para el presente proyecto se utilizó aluminio. La conductividad térmica del mismo es alrededor de 4 veces mayor a la del acero lo que permite sacar calor del mismo 4 veces más rápido [16].

El sistema de refrigeración de la máquina TK-907C-2C-10P es de aire, por lo que el diseño de los canales de refrigeración del molde debe hacerse bajo ese parámetro.

De acuerdo a [12], para calcular el tiempo de enfriamiento del molde se debe tener en cuenta, la temperatura del material, su conductividad térmica, la temperatura del molde, el espesor de pared de la pieza y la difusividad térmica del material. Actualmente, existen varios métodos para calcular el tiempo de enfriamiento del molde que van desde el uso de nomogramas hasta fórmulas, para el presente proyecto de acuerdo [17] se utilizó la ecuación 10:

$$t_e = \frac{s^2}{\pi^2 * \alpha} \ln \left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right] \quad (10)$$

Donde:

t_e = Tiempo de enfriamiento del molde

s = Espesor de la pared de la pieza

α = Difusividad térmica

T_m = Temperatura del molde

T_e = Temperatura de eyección

T_i = Temperatura de inyección

La difusividad térmica del material (α) se calcula con la ecuación 11 extraída de [12], donde los valores de α , λ , ρ y c son los expuestos en la Tabla 1.

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho * c} \quad (11)$$

Donde:

α = Difusividad térmica del material

λ = Conductividad térmica del material

ρ = Densidad del material

c = Capacidad calorífica del material

$$\alpha = \frac{1.45 \frac{W}{m * ^\circ K}}{1525 \frac{kg}{m^3} * 1.6 \frac{kJ}{kg * ^\circ K}}$$

$$\alpha = 5.9426 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}$$

Obtenida la difusividad térmica se procede a calcular el tiempo de enfriamiento del molde con la ecuación 10, teniendo en cuenta que el espesor de pared será un espesor promedio de 4 mm, ya que es el que predomina en la geometría de la pieza. Además, los valores de temperatura de inyección y del molde se tomaron del Anexo 6 y la temperatura de eyección se asume de 40 °C

$$t_e = \frac{s^2}{\pi^2 * \alpha} \ln \left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

$$t_e = \frac{0.004^2 m^2}{\pi^2 * 5.9426 * 10^{-7} \frac{m^2}{s}} \ln \left[\frac{4}{\pi} \left(\frac{180^\circ C - 35^\circ C}{40^\circ C - 35^\circ C} \right) \right] = 9.84 \text{ seg}$$

- **Transferencia de calor entre el polímero y el molde**

Habiendo calculado un tiempo de enfriamiento aproximado de 9.84 segundos, se procede a determinar el calor que se debe remover, así como la rapidez a la que se produce este proceso, para esto [3], utiliza las siguientes fórmulas:

Para el cálculo de la rapidez a la que se transfiere el calor se utilizó la ecuación 12:

$$Q_{mold} = m_{mold} * C_p * (T_{plast} - T_{exp}) \quad (12)$$

Donde:

Q_{mold} = Calor removido

m_{mold} = Masa de la pieza a inyectar

C_p = Calor específico del material

T_{plast} = Temperatura de inyección

T_{exp} = Temperatura de eyección

Para poder calcular la masa de la pieza a inyectar se utilizó el volumen del Anexo 3 con la densidad del material de la Tabla 1, en la ecuación 13 [3]:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (13)$$

Donde:

ρ = Densidad del material

m = Masa del material

v = Volumen del material

$$m = \rho * v$$

$$m = 1525 \frac{kg}{m^3} * 32.45 * 10^{-6} kg = 0.049 kg$$

$$m = 0.049 \text{ kg} * 2 \text{ cavidades} = 0.098 \text{ kg}$$

- **Transferencia de calor del sistema**

Una vez obtenida la masa de ambas cavidades se procede a calcular el calor removido con la ecuación 12 como sigue:

$$Q_{mold} = 0.098 \text{ kg} * 1.6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{K}} * (453.15 - 313.15)$$

$$Q_{mold} = 22.16 \text{ kJ} = 22.16 \text{ kW}$$

Para poder determinar la rapidez de transferencia de calor se utiliza la ecuación 14, con el tiempo de enfriamiento calculado anteriormente de 9.84 segundos [3].

$$Q_{sist} = \frac{Q_{mold}}{te} \quad (14)$$

Donde:

Q_{mold} = Calor removido

Q_{sist} = Rapidez de transferencia de calor

te = tiempo de enfriamiento del molde

$$Q_{sist} = \frac{22.19}{9.84} = 2.25 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 2.25 \text{ kW}$$

Teniendo el valor del calor a disipar, se lo debe equilibrar con los procesos de transferencia de calor para asegurar el correcto enfriamiento del molde.

- **Equilibrio de flujo de calor**

De acuerdo a la máquina donde va a operar el molde, como se muestra en la figura 11 la refrigeración se da de 4 formas, la primera mediante conducción entre una placa refrigerada y el molde (Q_{cd}), la segunda mediante convección forzada entre ventiladores y el molde (Q_{cv1}), la tercera cuando el molde se abre, el calor se disipa en el ambiente por convección libre (Q_{cv2}), y la cuarta por radiación hacia el ambiente en todas direcciones (Q_{rd}).

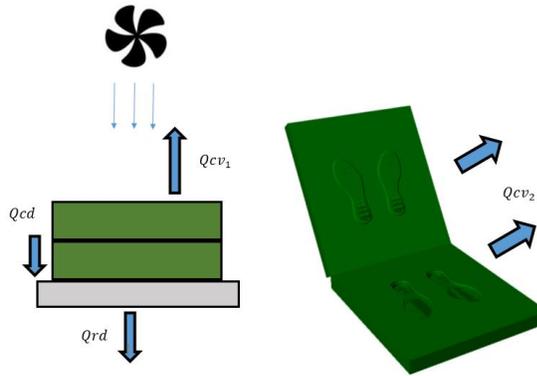


Figura 11. Canal de sección transversal parabólica. [Autor]

De acuerdo a [18], la transferencia de calor por convección sea libre o forzada, se da de acuerdo a la ecuación 15.

$$Qcv_1 = Qcv_2 = hAs(Ts - Ta) \quad (15)$$

Donde:

Qcv_1 = Transferencia de calor por convección forzada

Qcv_2 = Transferencia de calor por convección libre

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección, ver Anexo 7

As = Área superficial, ver Anexo 8

Ts = Temperatura de la superficie 20°C y 45°C grados, tomada de otro molde en operación en la máquina como referencia

Ta = Temperatura del aire

$$Qcv_1 = 137.5 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 0.696 m^2 (20 - 18)^\circ C$$

$$Qcv_1 = 19.14 W = 0.01914 kW$$

$$Qcv_2 = 3.5 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 232.57665 m^2 (45 - 18)^\circ C$$

$$Qcv_2 = 21978.49 W = 21.97 kW$$

El calor transferido por conducción entre las 2 placas, como se puede observar en la figura 12, se da por interface. La placa A, es la placa de aluminio del molde y la placa B, es la

placa de acero de la máquina. Los valores de K_A y K_B , son los valores de conductividad térmica de las placas y los valores de Q_1 y Q_2 , son sus respectivos flujos de calor.

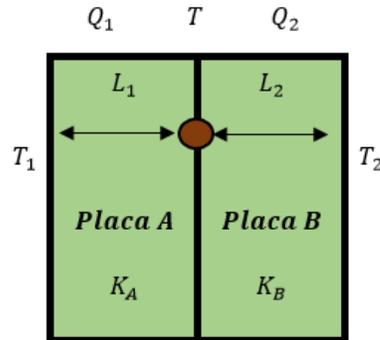


Figura 12. Condiciones de frontera de interface entre 2 cuerpos. [Autor]

Como punto de partida se tiene la ecuación 16, que es la ecuación diferencial de variación de temperatura [18].

$$\frac{d^2T}{dx} = 0 \quad (16)$$

Para esta ecuación, se toma los siguientes valores de frontera:

$T(0) = T_1$ y $T(L) = T$, donde T_1 y T son las temperaturas de las placas 1 y la temperatura en el punto de contacto de las placas respectivamente como se observar en la figura 12.

Integrando 2 veces la ecuación 16 se obtiene la ecuación 17:

$$T(x) = C_1x + C_2 \quad (17)$$

Reemplazando los valores de frontera y resolviendo se obtiene la ecuación 18.

$$T(x) = \frac{T - T_2}{L}(x) + T_2 \quad (18)$$

Derivando, se obtiene la ecuación 19

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T - T_2}{L} \quad (19)$$

La ecuación 19, se la reemplaza en la ecuación 20 de flujo de calor de Fourier obteniendo ecuaciones de calor para ambas placas:

$$Q = -KA \frac{dT}{dx} \quad (20)$$

$$Q_1 = K_A A \left(\frac{T_1 - T}{L_1} \right) \quad (21)$$

$$Q_2 = K_B A \left(\frac{T - T_2}{L_2} \right) \quad (22)$$

Como se puede observar en la figura 12, el punto Q es donde se unen las 2 placas y por lo tanto de acuerdo a [18], en ese punto el flujo de calor de ambas placas es el mismo. Igualando las ecuaciones 21 y 22 y despejando T, se obtiene:

$$T = \frac{K_A T_1 L_2 + K_B T_2 L_1}{K_B L_1 + K_A L_2} \quad (23)$$

Reemplazando el valor de T en cualquiera de las ecuaciones de calor de las placas, se obtiene la ecuación 24, que representa el calor transferido entre ambas placas por conducción.

$$Q_{cd} = \frac{Ac(T_1 - T_2)}{\frac{L_2}{K_B} + \frac{L_1}{K_A}} \quad (24)$$

Donde:

Q_{cd} = Flujo de calor por conducción

Ac = Área de contacto, ver Anexo 8

T_1 = Temperatura de la placa 1

T_2 = Temperatura de la placa 2

L_2 = Espesor de la placa, 0.3 m

L_1 = Espesor de la placa, 0.3 m

K_A = Conductividad térmica de la placa A, 237 W/m°C [18].

K_B = Conductividad térmica de la placa B, 80.2 W/m°C [18].

$$Q_{cd} = \frac{0.0696m^2(43 - 16)^\circ C}{\frac{0.25 m}{80.2W/m^\circ C} + \frac{0.25 m}{237W/m^\circ C}}$$

$$Q_{cd} = 450.425 W = 0.4504 kW$$

Para la transferencia de calor por radiación, [4] utiliza la ecuación 25 para calcular dicho valor:

$$Q_{rad} = Am * Cs * \varepsilon * \left[\left(\frac{Tm}{100} \right) - \left(\frac{Ta}{100} \right) \right] \quad (25)$$

Donde:

Am = Área superficial del molde en contacto con el aire, ver Anexo 8

Cs = constante de radiación 5.77 W/m²K [4].

ε = Emisividad del material 0.07 de acuerdo a [18].

Tm = Temperatura de las paredes del molde.

Ta = temperatura ambiente.

$$Q_{rad} = 297.35m^2 * 5.77 \frac{W}{m^2 \cdot K} * 0.07 * \left[\left(\frac{293}{100} \right) - \left(\frac{291}{100} \right) \right] \cdot K$$

$$Q_{rad} = 2.40 W = 0.00240 kW$$

Finalmente, el valor del flujo de calor total disipado en los diferentes procesos es:

$$QT = Qcv_1 + Qcv_2 + Q_{cd} + Q_{rad}$$

$$QT = 0.01914 kW + 21.97kW + 0.4504 kW + 0.00240 kW = 22.45 kW$$

$$Q_{mold} < QT$$

$$22.16 kW < 22.45 kW$$

La capacidad de refrigeración del sistema analizado es de 22.45kW, y el calor generado en el proceso de inyección es de 22.16 kW, al ser el calor disipado mayor que el producido

en el proceso de inyección, se demuestra que el sistema propuesto abastece para refrigerar el proceso de inyección en la máquina TK-907C-2C-10P.

- **Factor de seguridad**

Parámetros

Apoyos y contactos

Para configurar los apoyos y contactos como se muestra en la figura 13, se define 2 tipos de contacto y un apoyo fijo, los contactos son: el global que es por defecto del programa, y el que se produce entre las caras que se tocan de la placa base y tapa, además se crea un apoyo fijo que simula el molde montado en la maquina inyectora representado por flechas verdes.

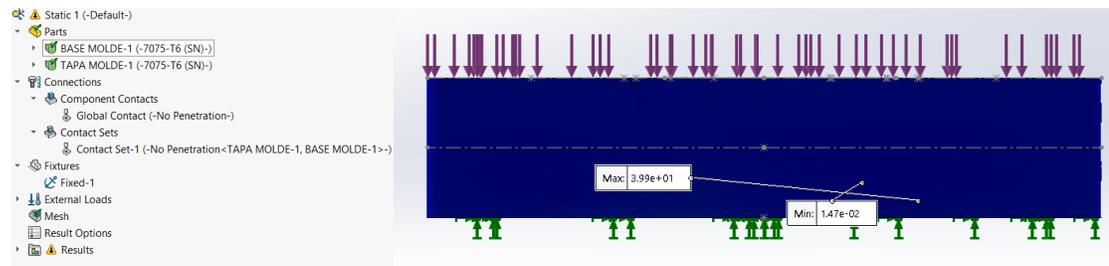


Figura 13. Apoyos y contactos. [Autor]

- **Fuerzas aplicadas**

Como se muestra en la figura 14 para simular los esfuerzos a los cuales está sometido el molde se tiene las siguientes cargas:

- La fuerza ejercida en el cierre de molde por el proceso de inyección de 369522.98 N, calculada previamente como fuerza de cierre de la máquina, que en la figura se muestra en color rojo
- La fuerza con la que el molde se comprime en la máquina de 45 ton=441450 N, que en la figura se muestra en color morado

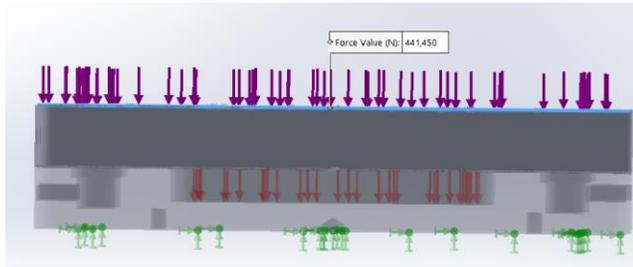


Figura 14. Fuerzas aplicadas. [Autor]

Una vez definidos estos parámetros se procede al mallado y a obtener los resultados obteniendo como resultado el esfuerzo máximo de 3.82×10^1 MPa como se muestra en la figura 15.

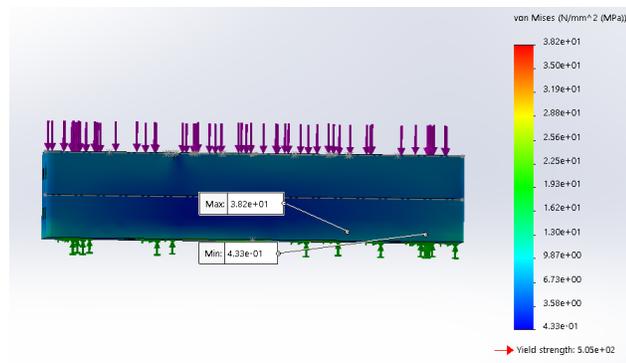


Figura 15. Fuerzas aplicadas. [Autor]

Factor de seguridad del molde

Al ser el esfuerzo máximo de 3.82×10^1 MPa, y el S_y del aluminio 7075 de 5.05×10^2 MPa, como se muestra en el Anexo 9 el factor de seguridad se calcula como sigue de acuerdo a la ecuación 26, dando como resultado 13.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma F} \quad (26)$$

Donde:

S_y = Limite de fluencia del aluminio 7075

σF = Esfuerzo máximo obtenido en software.

$$FS = \frac{S_y}{\sigma F} = \frac{5.05 \times 10^2 \text{ N/mm}^2}{3.82 \times 10^1 \text{ N/mm}^2} = 13.21 \approx 13$$

Una vez obtenido el factor de seguridad se concluye que las placas utilizadas para la fabricación del molde son muy gruesas, sin embargo, la razón por la cual no se toma medidas correctivas en este ámbito es porque las placas de espesores más comunes en el mercado para la fabricación de moldes son de 30 a 90mm de espesor. Además, la mayor parte de la producción de suelas de la empresa se centra en la fabricación de suelas estilo tacón alto femenino, para lo cual la empresa se aprovisiona mayormente de placas de espesores de 30 mm en adelante.

- **Ventilación del molde**

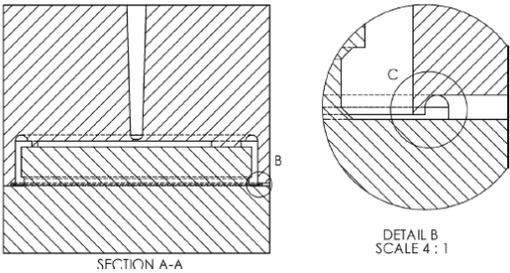
La ventilación en un molde de inyección es de suma importancia, ya que permite desfogar el aire del interior del mismo contribuyendo a un correcto llenado de la cavidad.

Si no se purga este aire se pueden formar burbujas, es decir espacios a los que el material no puede acceder, además el aire al ser comprimido, también puede formar las llamadas marcas de quemaduras que afectan a la apariencia de la pieza y son motivo de rechazo.

Otro fenómeno que se produce por presencia de aire en el interior de la cavidad es la concentración de esfuerzos en la pieza, ya que cuando se tiene 2 flujos y los mismos convergen en un lugar donde existe aire atrapado no pueden converger de buena manera, dando como resultado muescas en forma de v donde se concentran los esfuerzos.

Para evitar los problemas enlistados, en la tabla 4 se presentan diferentes tipos de ubicación de los sistemas de ventilación.

Tabla 4. Ubicación de sistemas de ventilación. [14]

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Ventilación en el plano de partición	Son canales situados en el cierre de molde, con forma de canales delgados, que conducen a canales más grandes.	

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
Ventilación alrededor de los eyectores	En el detalle D, se aprecia un espacio libre H para el desfogue, después de lo cual el diámetro se estrecha hacia el nominal del eyector como se observa en los detalles B y C	
Insertos	Son insertos de diferentes geometrías que van de 2 a 12 mm de diámetro y contienen agujeros o vías por las cuales el aire es liberado, se los ubica en el molde macho.	

Para el presente proyecto se utilizarán insertos ubicados en los agujeros de los postizos mostrados en la figura 21, ya que de utilizarse ventilación en el plano de partición no se garantiza un correcto cierre del molde, además este molde no tiene eyectores por lo que es la opción más adecuada con el fin de no afectar la estética de la pieza. Los insertos se ubicarán de acuerdo a las recomendaciones de [14], en las esquinas donde se pueda concentrar aire, la geometría de los insertos se encuentra en la figura 16.



Figura 16. Desgasificador. [Autor]

- **Sujeción del molde a la máquina**

Como se mencionó anteriormente la máquina inyectora en la que se va a trabajar cuenta con una placa refrigerada. Como se muestra en la figura 17, esta placa en su centro tiene un agujero que admite pernos Allen de 5/16 in y además tiene 2 pernos ajustados en la máquina que sirven de guía para el centrado del molde en la placa.



Figura 17. Placa refrigerada de la máquina inyectora. [Autor]

- **Mecanismo de apertura y cierre del molde**

La máquina utilizada, al ser una inyectora rotativa cuenta con la capacidad para trabajar con varios moldes a la vez, por lo que no tiene un mecanismo de sujeción fijo para la tapa ya que las mismas varían de acuerdo al molde en operación. Para asegurar la comodidad del operario al realizar la apertura y cierre del molde, se le sujetan tres bisagras, dos en la parte posterior unidas por soldadura a 2 placas metálicas que a su vez se empernan a la parte posterior de las placas base y tapa respectivamente como se muestra en la figura 18.



Figura 18. Bisagra que une las placas base y tapa. [Autor]

Y una ubicada en la parte frontal (1), se le suelda una placa de acero en forma de “L” (2) unida a un pasador que servirá como mango de sujeción (3), para que el operario pueda realizar la maniobra de apertura con comodidad como se muestra en la figura 19.

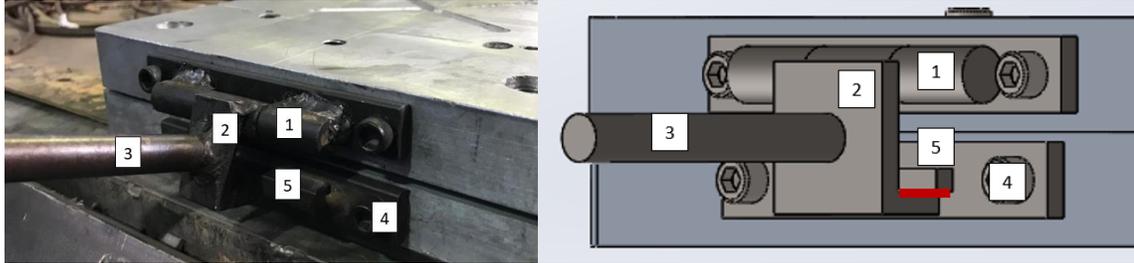


Figura 19. Mecanismo de apertura del molde parte frontal. [Autor]

Además, en la figura 19 se observa que en la placa base del molde también se tiene una placa empernada (4), con una placa de acero soldada a la misma (5), esto es, para que al momento que el operario cierra el molde al cumplirse un ciclo de trabajo, la placa de acero en forma de “L” haga contacto como se muestra en color rojo con la placa (5), asegurando así que las guías del molde se encuentren alineadas correctamente para cumplir con otro ciclo de trabajo.

Cabe recalcar que la principal razón para que se utilice una bisagra en la parte frontal y no solo se une directamente el pasador (3) a la placa empernada al molde macho, es por facilidad de manipulación del operario.

- **Tolerancias del molde**

Molde hembra

El molde hembra posee 4 agujeros, donde se alojarán los bocines, estos tienen el mismo diámetro exterior de 19mm. Para lo cual se utiliza el sistema de eje base con una calidad S7/h6 con un grado de ajuste fino como se observa en el Anexo 10. Haciendo los cálculos respectivos, da como resultado un apriete para los bocines, y para los agujeros del molde hembra de $19^{+0.027}_{-0.048}mm$.

Molde macho

El molde macho posee 4 agujeros de las mismas dimensiones que el molde hembra para alojar las guías, por lo que sus agujeros tendrán la misma tolerancia que los del molde hembra.

Además, en el molde macho se tiene el agujero de los postizos para el cual se tomará la longitud más larga de los mismos que es de 157.51 mm, como se muestra en la figura 20.

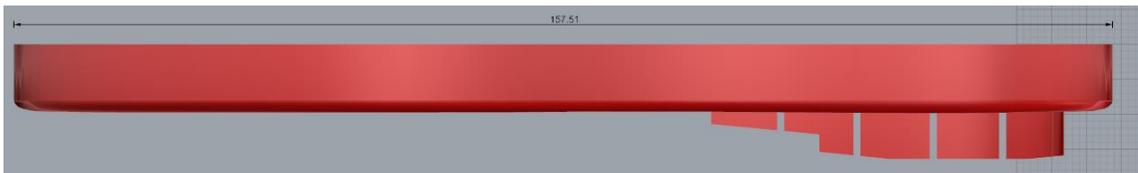


Figura 20. Mecanismo de apertura del molde parte frontal. [Autor]

Para lo cual se utiliza el sistema de eje base con una calidad K7/h6 con un grado de ajuste fino como se observa en el Anexo 10. Haciendo los cálculos respectivos, da como resultado un ajuste indeterminado para que el postizo entre en los agujeros de la tapa con valores de $157.51^{+0.012}_{-0.028}mm$.

- **Agujeros Postizos**

En los postizos se tiene agujeros donde se ubican los desgasificadores de diámetro 4.76 mm, utilizando un sistema de eje base y una calidad S7/h6 de mecánica de precisión como se observa en el Anexo 10. Haciendo los cálculos respectivos, da como resultado un apriete para que los desgasificadores entren en los agujeros del postizo de, $4.76^{+0.015}_{-0.027}mm$ para los agujeros mostrados en la figura 21.



Figura 21. Agujeros para desgasificadores. [Autor]

1.2.2 Objetivo 2: Fabricar el molde de inyección

La tecnología CAM, hace referencia al uso de ordenadores para planear y controlar procesos de manufactura mediante el uso de control numérico (NC), el cual consiste en códigos alfanuméricos en forma de coordenadas de posición, que permiten el control de los movimientos de una máquina herramienta en base a las geometrías creadas en el diseño CAD [15].

El uso más conocido de la tecnología CAM, es la manufactura de piezas en maquinaria CNC, las mismas que permiten tener gran control en la producción y trabajar con tolerancias muy pequeñas, gracias a su alta precisión [3].

1.2.2.1 Parámetros de mecanizado

- **Mecanizado en fresa**

Para el mecanizado del molde se utilizará las máquinas disponibles en la empresa, que son maquinarias CNC John Ford con control Fanuc. Siguiendo las recomendaciones de [19], se tomará los valores expuestos en las tablas 5 y 6 para el mecanizado en fresa como referencia:

Tabla 5. Velocidades de desbaste y acabado para mecanizado de aluminio. [19]

Operación	Desbaste		Acabado	
	Velocidad	Desplazamiento	Velocidad	Desplazamiento
	m/min	mm/min	m/min	mm/min
	Profundidad de pasada aproximada de 5mm		Profundidad de pasada aproximada de 1mm	
Refrentado	240-320	240-360	260-380	90-170

	400-500	350-400	500-630	250-350
Ranurado	160-200	60-100	180-240	80-120
Planeado	180-300	200-350	220-320	100-200

Tabla 6. Velocidad de corte y avance por vuelta de acuerdo al diámetro de la broca. [19]

Material	Velocidad de corte m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración y lubricación
		5	12	25	40	
		Avance por vuelta s mm				
Aleaciones de aluminio	100-160	0.15	0.25	0.4	0.55	Aceite soluble con petróleo

- **Velocidad del husillo**

Para obtener la velocidad de giro del husillo se utilizará la ecuación 27, misma que brinda un valor guía en base a las herramientas disponibles en la empresa:

$$n = \frac{Vc * 1000}{\pi * \emptyset * z} \quad (27)$$

Donde:

Vc = Velocidad de corte

n = Velocidad del husillo

\emptyset = Diámetro de la herramienta

Z = Número de filos de la herramienta

- **Diámetro efectivo de corte de herramientas redondas**

Para el mecanizado del molde se utilizarán también herramientas de punta esférica para lo cual el valor de diámetro de la herramienta de la ecuación 27, debe ser calculado de acuerdo a [20], con la ecuación 28.

$$\phi_e = \sqrt{\phi^2 - (\phi - 2 * ap)^2} \quad (28)$$

Donde:

ϕ_e = Diámetro efectivo de corte de la herramienta.

ϕ = Diámetro de la herramienta.

ap = Profundidad de corte a la que se va a trabajar.

- **Diámetro efectivo de corte de herramientas con insertos**

Para conocer el diámetro efectivo de una herramienta de fresado con insertos se utiliza la ecuación 29, este valor al igual que para las herramientas de corte redondas se debe reemplazar en el diámetro de la herramienta de la ecuación 27 de acuerdo a [20].

$$\phi_e = Dc + \sqrt{ic^2 - (ic - 2 * ap)^2} \quad (29)$$

Donde:

ϕ_e = Diámetro efectivo de corte de la herramienta.

Dc = Distancia entre centros de los insertos

ap = Profundidad de corte a la que se va a trabajar.

ic = diámetro del inserto

- **Avance de la mesa**

Con el valor de la velocidad del husillo se utiliza la ecuación 30 para calcular el avance por minuto de la mesa, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de las herramientas para el avance por diente.

$$Vf = n * z * fz \quad (30)$$

Donde:

Vf = Avance por minuto de la mesa

n = Velocidad del husillo

z = Número de dientes de la fresa

fz = avance por diente

El detalle de los parámetros de corte utilizados para el mecanizado por cada herramienta se puede observar en el Anexo 11.

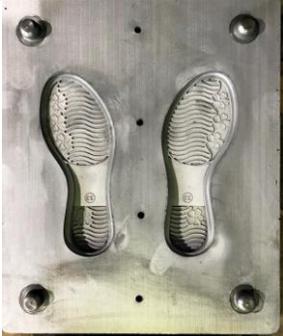
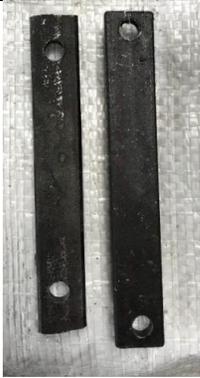
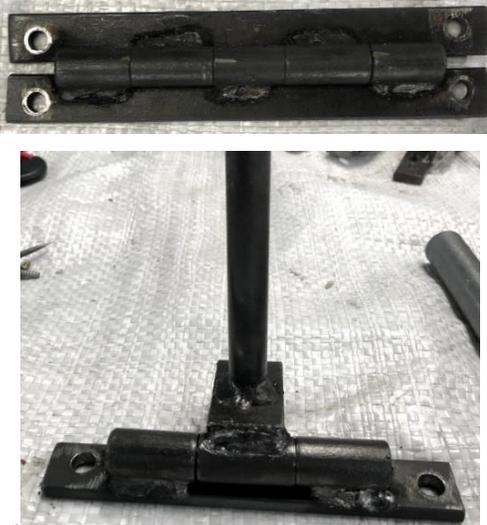
- **Resumen del proceso de fabricación del molde**

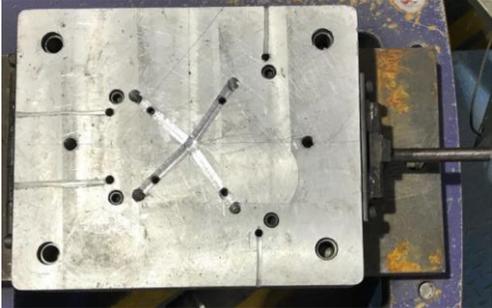
En la tabla 7 se muestra el resumen del proceso de fabricación del molde de inyección teniendo en cuenta los procesos de mecanizado y armado del molde.

Tabla 7. Resumen del proceso de fabricación del molde. [Autor]

#	Operación	Tiempo min	Ilustración
1	Mecanizado placa base	551	

#	Operación	Tiempo min	Ilustración
2	Mecanizado placa tapa	137	
3	Mecanizado de postizos	101	
4	Lijado de postizos y taladrado de agujeros para desgasificadores	85	
4	Lijado de remanentes del mecanizado y arenado de la base del molde	367	

#	Operación	Tiempo min	Ilustración
5	Colocación de guías	32	
6	Cortado de placas de acero y taladrado de agujeros	60	
7	Soldado de bisagras y placas	8	

#	Operación	Tiempo min	Ilustración
8	Armado de componentes y taladrado de agujeros para reguladores de caudal	76	
Tiempo total en minutos		1417	
Tiempo total en horas		23.61	

1.2.3 Objetivo 3: Realizar pruebas de inyección

Para las pruebas de inyección, una vez realizados los cálculos necesarios para el dimensionamiento del molde y así asegurar su funcionalidad en la máquina, según [21] se recomiendan los valores de referencia expuestos en la tabla 8 para la inyección de suelas de PVC en la máquina.

Tabla 8. Parámetros de inyección recomendados. [21]

PARÁMETROS DE INYECCIÓN	
Parámetro	Valor
Máquina inyectora	TK-907C-2C-10P
Polímero a inyectar	PVC
Temperatura de inyección	180 °C -200 °C
Presión de inyección	35-50 kg/cm ²
Tiempo de inyección	2-6 seg. (dependiendo del tamaño de la suela)
Retraso de apertura	1-5 seg.
Retraso de inyección	1-3 seg.

Los resultados obtenidos se discutirán en el capítulo III.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materia prima

En la tabla 9 se muestra los materiales que intervienen en la manufactura del molde propuesto en este proyecto.

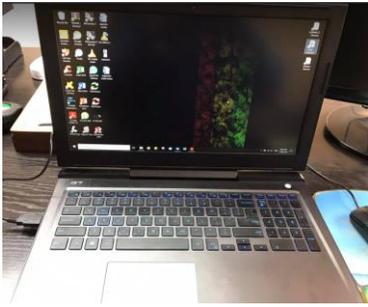
Tabla 9. Materia prima utilizada en la fabricación del molde. [Autor]

Materia prima utilizada				
#	Elemento	Material	Dimensiones	Cantidad
1	Placas base y tapa	Aluminio	240mm*290mm *30mm	2
3	Perno allen para sujeción de placas de acero	Acero negro	5/16 in	12
5	placas de sujeción posterior	Acero	180mm*20mm* 6mm	2
6	placas de sujeción frontal base	Acero	120mm*20mm* 6mm	1
9	Placa seguro	Acero	Ver Anexos	1
8	Pasador para apertura	Acero	Diámetro= 1/2 in Largo= 92 mm	1
10	Desgasificadores	Bronce	Comprado	18
11	Bisagras	Acero	Comprado	3
12	Guías	Acero	Comprado	4

2.1.2 Equipos y herramientas

Para la elaboración del molde se han utilizado diversos equipos y herramientas que han permitido obtener el resultado esperado, en la tabla 10, se describe la función que cumplió cada uno en el proceso de elaboración del molde

Tabla 10. Equipos y herramientas. [Autor]

DENOMINACIÓN	GRÁFICO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Computador portátil		Diseño en software CAD/CAM y desarrollo de documentos de texto
Calibrador		Toma de medidas de con precisión ± 0.01
Fresadora CNC- John Ford SV-45		Mecanizado de componentes base, tapa y postizo

DENOMINACIÓN	GRÁFICO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Pantógrafo		Mecanizado manual de canales de llenado
CNC Router		Mecanizado de precisión de acabados de placa base
Sierra vertical		Corte de bloques de aluminio para el mecanizado de postizos

DENOMINACIÓN	GRÁFICO	FUNCIÓN PRINCIPAL
<p>Taladro de pedestal 5/8", 1 ½ Hp</p>		<p>Realizar agujeros guías para el montaje de placas en maquinaria CNC</p>
<p>Cabina sandblasting</p>		<p>Brinda acabado superficial al molde</p>
<p>Lima</p>		<p>Eliminar aristas vivas de las placas</p>
<p>Llaves hexagonales</p>		<p>Armado del molde</p>

DENOMINACIÓN	GRÁFICO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Llave de boca		Intercambio de herramientas en router CNC
Palpador		Calibración de herramientas en máquinas CNC
Fresa con insertos de 25 mm	 	Desbaste en CNC John Ford SV-45
Fresas redonda 12 y 8 mm	 	Desbaste en CNC John Ford SV-45

DENOMINACIÓN	GRÁFICO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Fresa plana de 6mm		Desbaste en CNC Router
Fresas planas de 2.5, 1.5, 0.9 mm.		Acabados de detalle CNC Router
Broca 3/8 in		Taladrado de guías para montaje en máquina CNC
Broca 6mm		Taladrado de guías de molde

2.2 Métodos

2.2.1 Deductivo

Este método permitió que de toda la información tomada como referencia se deduzca un correcto procedimiento de diseño y construcción del molde de inyección. Y se estableció que existe varias maneras de diseñar un molde de inyección y que se debe tener en cuenta diferentes configuraciones y fórmulas que se ajustan a la variedad de materiales que se utilizan en la industria en la actualidad, con el fin de obtener un producto que cumpla con los requerimientos de la empresa a un costo accesible.

2.2.2 Observación

Se analizó fenómenos como el arranque de viruta al inicio del mecanizado para así saber si los parámetros de mecanizado que se están utilizando son los adecuados teniendo en cuenta el estado actual de los equipos para no forzar a la máquina.

Además, este método permitió ajustar los parámetros de la máquina inyectora para asegurar el correcto llenado del molde y que las suelas tengan pesos iguales.

2.2.3 Análisis síntesis

Se analizó, parámetros como las velocidades de programación de la máquina, el desgaste del herramental utilizado para mecanización con la finalidad de obtener un acabado superficial comprendido entre N6-N7.

2.2.4 Bibliográfico

Mediante este método se obtuvo fundamento teórico sobre el procedimiento a seguir para el diseño del molde y los cálculos necesarios para obtener los parámetros de mecanizado, teniendo en cuenta el tipo de materiales utilizado y el material a inyectar.

2.2.5 Experimental

Al realizar las pruebas de inyección, se aplicó este método con prueba y error para determinar los parámetros de inyección óptimos para el molde teniendo en cuenta como referencia los cálculos realizados, de esta manera se aseguró que el molde cumpla con:

- Canales que distribuyen el material de manera adecuada.

- Un sistema de refrigeración óptimo.
- Una fuerza de cierre de máquina que abastece la operación del molde.
- Un mecanismo de apertura y cierre cómodo para el operario.

Al realizar las pruebas de inyección se obtuvieron piezas con mínimas imperfecciones y posteriormente con la calibración de parámetros se obtuvo el producto deseado.

2.3 Procedimiento

- Se tomó como punto de partida los requerimientos de la empresa en cuanto a dimensiones y modelo.
- Se investigó características que debe tener una suela como son: liviandad flexibilidad, adherencia y agarre y se los incorporo en el diseño.
- Se realizó el diseño CAD.
- A partir de las curvas, se realizó el modelo y se presentó la tentativa para aprobación a la empresa.
- Se realizó una investigación bibliográfica sobre los tipos de moldes de inyección y los parámetros de diseño de los mismos y se escogió el más adecuado en relación a calidad y facilidad de manufactura.
- Se investigó acerca del dimensionamiento de cavidades, canales de alimentación y mecanismo de refrigeración del molde.
- Se realizó el diseño de placas base tapa y de postizos.
- Se acopló un sistema básico de apertura y cierre para comodidad del operario.
- Se investigó la metodología para realizar los cálculos de mecanizado y así obtener los parámetros adecuados para el aluminio.
- Dichos parámetros se utilizaron para generar los códigos G.
- Se introdujo los códigos G en las máquinas CNC y se obtuvo partes casi listas para su ensamble.
- Operarios realizaron tareas de acabado, lijando aristas vivas y arenando en el molde base para obtener un acabado superficial bueno en el molde.
- Se ensambló los componentes del molde
- Se procedió a montar el molde en la máquina inyectora

- Se realizó pruebas de inyección
- Se analizaron los resultados y se calibró parámetros en la máquina inyectora hasta obtener el resultado esperado.

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de resultados

3.1.1 Pruebas de inyección

Una vez que el molde se encuentra armado, se lo transporta al área de inyección donde se lo coloca en la máquina inyectora y se procede a realizar las pruebas.

Se ingresa los parámetros de inyección a la máquina que se muestran en la tabla 11, y se procede a realizar ciclos de inyección y ajustar parámetros

Tabla 11. Pruebas de inyección. [Autor]

Prueba	Descripción	Ilustración
1	La pieza al ser desmoldada se quebranta y se debe a que el molde aún se encuentra frío por el primer ciclo de inyección, pero se llena completamente	
2	Después de 2 ciclos de trabajo el molde se calienta, pero la pieza al ser desmoldada presenta un rechupe, por lo que se aumenta la alimentación.	

Prueba	Descripción	Ilustración
3	Como hay un rechupe insistente en la parte central de la suela izquierda se aumenta la presión de mantenimiento	
4	Como se aumentó la alimentación se tiene un exceso de material considerable, así que se ajusta este parámetro.	
5	La rebaba se disminuye considerablemente, pero se observa una línea de soldadura por lo que se realiza ajustes pequeños en parámetros de presión y alimentación con el fin de obtener los parámetros finales de operación.	
6	Finalmente se obtiene un par con las características deseadas	

3.2 Presupuesto para la construcción

3.2.1 Costo materia prima

En la tabla 12 se muestra los costos detallados de los elementos utilizados para la fabricación del molde dando un total de 737.66 \$.

Tabla 12. Costo materia prima. [Autor]

Materia prima utilizada						
#	Elemento	Material	Dimensiones	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Placas base y tapa	Aluminio	240mm*290mm *30mm	2	350.00 \$	700.00 \$
3	Perno allen para sujeción de placas de acero	ASTM A36	5/16 in	12	0.30 \$	3.60 \$
5	placas de sujeción posterior	ASTM A36	180mm*20mm* 6mm	2	Placa de 40cm*20cm *0.6 cm = 7.50 \$	7.50 \$
6	placas de sujeción frontal base	ASTM A36	120mm*20mm* 6mm	1		
9	Placa seguro	ASTM A36	Ver Anexos	1		
8	Pasador para apertura	ASTM A36	Diámetro= 1/2 in Largo= 92 mm	1	1 m 1.78 \$	0.16 \$
10	Desgasificadores	Bronce	Comprado	18	0.50 \$	9.00 \$
11	Bisagras	Acero	Comprado	3	1.80 \$	5.40 \$
12	Guías	Acero	Comprado	4	3.00 \$	12.00 \$
TOTAL						737.66 \$

Los equipos y herramientas enlistados en la tabla 10, han sido tomados en cuenta para calcular el consumo energético dando como resultado 13.40\$ como se muestra en la tabla 13, teniendo en cuenta que todos los equipos utilizados para la realización del proyecto son propios de la empresa, se realizó los cálculos teniendo en cuenta el costo del kW/h en zona industrial.

Tabla 13. Costo de operación de máquinas herramientas. [Autor]

Costo de operación de máquinas herramientas					
#	Máquina	Consumo kW	Horas utilizadas	kW/H	Costo
1	Taladro de pedestal	1.12	0.13	0.15	0.017 \$
2	Pantógrafo	1.10	1.00	1.10	0.132 \$
3	Sierra vertical	0.75	0.17	0.13	0.015 \$
4	CNC	15.00	6.32	94.75	11.37 \$
5	CNC Router	2.20	6.42	14.12	1.694 \$
6	Computador portátil	0.01	150.00	1.28	0.153 \$
7	Compresor Sandblast	4.00	0.03	0.13	0.016 \$
Total					13.40 \$

Por tanto, el costo total del proyecto es de 751.06 \$, teniendo en cuenta los materiales utilizados para la fabricación del molde y las herramientas que intervinieron en los diferentes procesos de transformación de materia prima hasta llegar al producto terminado.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los parámetros utilizados para el diseño CAD de la suela fueron liviandad, flexibilidad, adherencia y agarre, para cumplir con los mismos se utilizaron economizadores rectangulares para ahorrar material sin comprometer el espesor a ser desgastado por el uso. Además, el material utilizado brinda flexibilidad; el diseño de la huella se realizó evitando crear superficies lisas para brindar una correcta adherencia, teniendo en cuenta también que debía ser visualmente atractiva para el cliente.
- Con respecto al diseño del molde se realizó cálculos de geometría de canal de llenado y de estrangulamiento que son los que aseguran un correcto llenado del molde. Dando como resultado, geometrías para los canales de llenado de 10 mm de ancho y altura de 7 mm con sección transversal parabólica, y para los canales de estrangulamiento de 2 mm de altura y un diámetro de 5 mm con sección circular.
- Para asegurar que el molde no se abra por la presión en su interior o tenga fugas, se realizó el cálculo de número de cavidades en función de la fuerza de cierre de la máquina, donde se tomó el valor máximo de inyección permitido por el equipo para así asegurar, que incluso en condiciones límites de operación el molde no presente fugas de material.
- Para asegurar que el molde pueda cumplir con varios ciclos de trabajo sin tener problemas de sobrecalentamiento, se realizó el cálculo de transferencia de calor entre el polímero y el molde. Donde se tomó en cuenta el sistema de enfriamiento de la máquina, deduciendo que los mecanismos de transferencia de calor fueron por conducción entre la placa en la que el molde se asienta, convección libre con el ambiente, convección forzada producida por los ventiladores y por radiación con el medio dando como resultado que el calor necesario a disipar es de alrededor de 22 kW, mientras que el calor disipado en los diferentes procesos de transferencia de calor

es de 22.2 a 22.5 kW, por lo que el molde se enfría correctamente en cada ciclo de trabajo.

- Para la fabricación del molde se utilizó máquinas y herramientas disponibles en la empresa, y se programaron mediante los resultados obtenidos en los cálculos de velocidad del husillo y avance de mesa expuestos en la calendarización. Dando como resultado tiempos de mecanizado para el molde base de 551 minutos, para la tapa de 137 minutos y para los economizadores de 101 minutos, junto con los procesos de acabados y armado del molde el tiempo total de fabricación fue de 1417 minutos (23.61horas).
- Para la elaboración del molde se utilizó 2 placas de aluminio 7075, pernos allen de 5/16 in, guías y desgasificadores, además de placas de acero y bisagras y un pasador de acero, para la fabricación del mecanismo de apertura y cierre del molde. Sumando un costo de 739.06\$ para materia prima, a lo cual se le suma el costo de kW/h de operación de las máquinas herramientas que intervinieron el proceso de fabricación, dando un total de 740.91\$ de coste para la fabricación del molde propuesto.
- Para las pruebas de inyección se tomó de referencia los parámetros recomendados por el fabricante de la máquina TK-907C-2C-10P para inyección de suelas de PVC. Se ajustó los parámetros de acuerdo a las imperfecciones observadas en cada ciclo de inyección. Después de 6 ciclos de inyección se obtuvo el primer par “bueno”, con lo que se dieron por concluidas las pruebas y se aprobó el molde para posterior producción en masa.

4.2 Recomendaciones

- Para futuras manufacturas de moldes, teniendo en cuenta que algunos modelos tienen detalles muy finos a ser mecanizados y que hay otros que no son maquinables con las herramientas disponibles, se recomienda investigar alternativas como moldes hechos por método de micro-fundición.
- Para abaratar costos de fabricación es recomendable probar otras aleaciones de aluminio o fundiciones, ya que uno de los costos más altos son las placas de aluminio utilizadas en la fabricación del molde.
- Verificar en cada paso del proceso las dimensiones principales del molde, ya que si los postizos no calzan adecuadamente en la tapa pueden producir fugas de material además de inconvenientes en el proceso de ensamble y posteriormente en la inyección dando lugar a imperfecciones.
- Verificar las características del material a inyectar, ya que del mismo dependen varios parámetros de inyección y enfriamiento del molde.
- Tener muy en cuenta la horma con la que trabajará el cliente para asegurar que el producto final tenga el calce deseado.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. y. S. Kalpakjian, *Manufactura, ingeniería y tecnología*, México D. F.: Pearson Educación de México, S.A, 2006.
- [2] D. M. Bryce, *Plastic Injection Molding*, Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- [3] A. F. F. Muncha, "Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación", Tesis, FICM,UTA, Ambato 2018.
- [4] F. G. C. Cortés, "Diseño y construcción de un molde de Inyección de gafas de seguridad de la empresa Arakiproduct Cia. Ltda", Tesis, FICM,UTA, Ambato, 2019.
- [5] C. V. E. Cristobal, "Diseño de un molde para fabricación de suelas fabya tamaño 37 de poliuretano, utilizando ingeniería CAD CAM CAE", ESPOCH, Riobamba, 2015.
- [6] S. S. Isaac, "Fabricación de un prototipo de suela de calzado para personas con mal formación de pie mediante el uso de herramientas CAD-CAM", Trabajo fin de master, ESPE, Sangolqui, 2017.
- [7] Vélez López, J., Valderrama Mejía, S., Castaño Rivera, P., & Páramo Velásquez, C. A., "Diseño de una suela para calzado femenino casual bajo parámetros de liviandad", Informe técnico, SENA, 2016.
- [8] M. Groover, *Fundamentos de la Manufactura Moderna*, Mexico, D. F: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V., 2007.
- [9] D. Askeland, *Ciencia e Ingeniería de los materiales*, Mexico: International Thomson Editoriales, 2011.
- [10] S. Patrick, *Practical Guide To Polyvinyl Chloride*, United Kingdom: Rapra Technology Limited, 2005.
- [11] V. Goodship, *Design and Manufacture of Plastic Components for Multifunctionality Structural Composites, Injection Molding, and 3D Printing*, Elsevier, 2016.

- [12] M. Menges, *Moldes Para Inyección De Plástico*, Mexico D.F.: G, Gili, S.A, 1983.
- [13] J. P. Beaumont, *Runner and Gating Design Handbook*, Germany: Hanser Gardner Publications, Inc., 2004.
- [14] D. O. Kazmer, *Injection Mold Design Engineering*, Germany: Hanser Publications, 2016.
- [15] K. Lee, *Principles of CAD/CAM/CAE*, Massachusetts: Addison Wesley Longman Inc, 1999.
- [16] Goodship.V, *Practical Guide to Injection Moulding*, Shawbury, United Kingdom: Rapra Technology Limited and ARBURG Limited, 2004.
- [17] X.-P. D. Hong-Seok Park, "Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastic injection mold", *Int. J. Precis. Eng. Manuf*, 2010.
- [18] Y. A. Cengel, *Transferencia de calor y masa*, Mexico: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. De C.V., 2011.
- [19] N. Larburu, *Máquinas prontuario técnicas, máquinas, herramientas*, España: Thomson Editores S.A, 2003.
- [21] L. Tienkang plastic machinery Co., "TK-907C-2C-10P Operatio Manual", Taiwan, 2015.
- [22] J. I. S. B. Carlos Alberto Quijano Rodríguez, "Diseño de máquina inyectora de termoplásticos para la fabricación de suelas con doble boquilla de salida", Tesis, Fundación Universidad De América, Bogotá D.C, 2017.

Anexo 1 Disposición de los canales de distribución

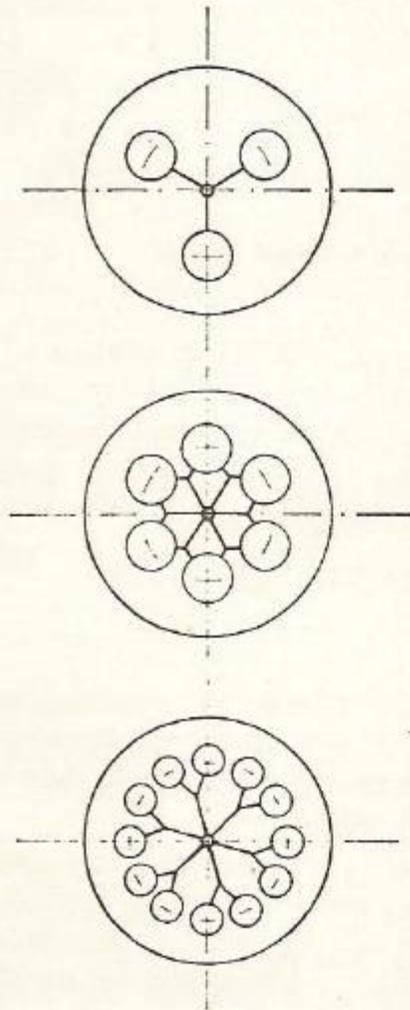


Figura 36. Distribuidor en estrella.

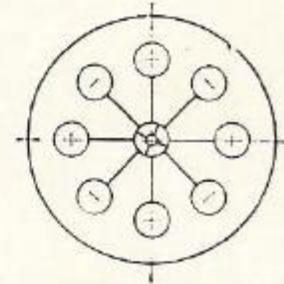


Figura 37. Distribuidor anular.

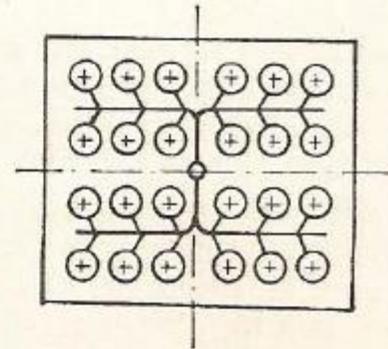


Figura 38. Distribuidor de hileras [32].

Fuente: M. Menges, "Moldes Para Inyección De Plásticos", Mexico D.F.: G, Gili, S.A, 1983.

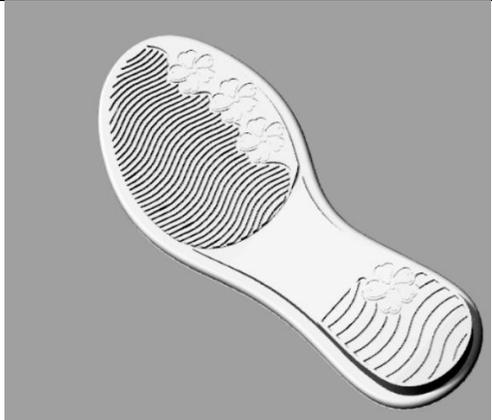
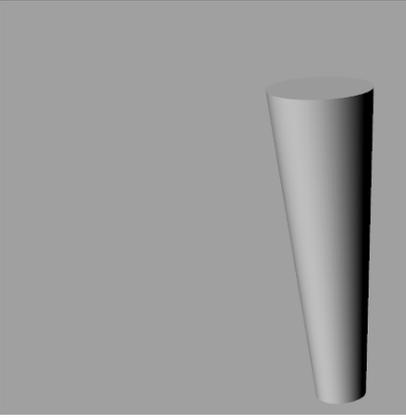
Anexo 2 Ficha técnica máquina inyectora Tienkang TK- 907C- 10P



機器規格	MODEL No.	Unit	TK-970-10P	TK-970-15P	TK-970S-20P	TK-970C-10P	TK-970C-15P
站數	Number of work station	Stations	20	30	40	20	30
生產量	Productivity per hour	Pairs	200-280	200-280	200-280	200-280	200-280
螺桿軸直徑	Screw diameter	mm	ø75	Ø75	Ø75	Ø75	Ø75
螺桿長徑比	Screw length diameter ratio	L/D	22:1	22:1	22:1	22:1	22:1
射出容積	Max injection volume	cm ³	905	905	905	905	905
射出壓力	Max injection pressure	Kg/cm ²	550	550	550	550	550
夾模力	Mould clamping force	Tons	45	45	45	45	45
容模尺寸	Mould space (L X W X H)	mm	620 X 250 X 135	765 X 250 X 145	765 X 250 X 135	620 X 250 X 135	765 X 250 X 145
馬達功率	Motor	kw/Hp	18.8/25	18.8/25	18.8/25	18.8/25	18.8/25
溫度控制	Auto thermo controller	Sets	4	4	4	4	4
電熱功率	Heating bands power	Kw	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
總消耗功率	Total electric consumption	kw	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
機板尺寸	Machine dimension (L X W X H)	m	4.2 X 2.1 X 2.15	5.6 X 2.6 X 2.15	4.6 X 3.8 X 2.15	4.2 X 2.1 X 2.15	5.6 X 2.6 X 2.15
機板重量	Weight (Approximate)	Tons	5.5	6	8	6.5	7

Fuente: TK- 907C- 10P maintenance and operation manual

Anexo 3 Volumen de la pieza más las mazarotas

Volumen suela = 29.55 cm ³	Volumen mazarota = 1.450 cm ³ *2 puntos de inyección pieza Volumen mazarota = 2.90 cm ³
	
Volumen tot= 29.55+2.90= 32.45 cm ³	

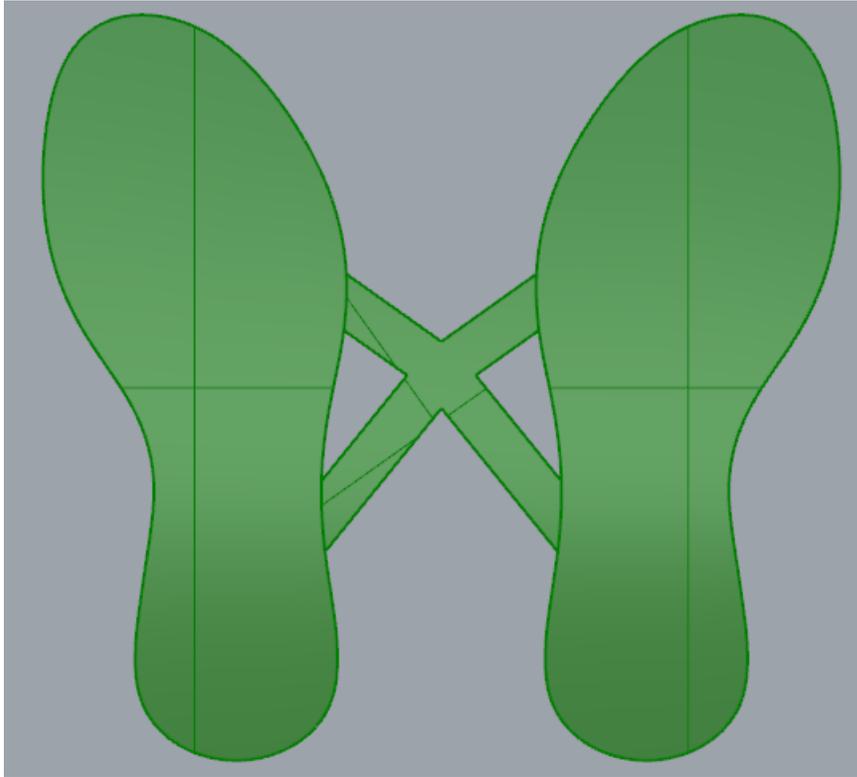
Fuente: Autor

Anexo 4 Valores prácticos de presión al interior de la cavidad del molde

Table 3.6 Recommended closing force values (clamping force)		
Injection material	Recommended values for specific closing force (kN/cm²)	Practical values for the mould cavity pressure, based on the recommended closing force values (bar)
PS	1.5-3.5	150-350
SB	2.0-4.0	200-400
SAN	2.5-4.5	250-450
ABS	3.0-5.5	300-550
PVC rigid	2.5-5.0	250-500
PVC soft	1.5-3.0	150-300
CA	2.5-4.5	250-450
CP	2.0-3.5	200-350
PMMA	3.5-5.5	350-550
PPE mod. (PPO mod.)	3.5-6.0	350-600
PC	3.5-6.5	350-650
PSU/PES	4.0-6.0	400-600
PEI	3.5-6.5	350-650
PE soft	2.0-6.0	200-600
PP	3.0-6.5	300-650
PA 4.6	4.5-7.5	450-750
PA6	3.5-5.5	350-550
PA6.6	4.5-7.5	450-750
PA6.10	3.0-5.0	300-500
PA11, PA12	3.5-5.5	350-550
PA amorph	3.5-4.5	350-450
POM	5.5-10.5	550-1050
PET	4.5-7.5	450-750
PBT	4.0-7.0	400-700
PPS	3.5-6.5	350-650
FEP	3.0-6.0	300-500
PAA	3.0-7.0	300-700
LCP	3.0-8.0	300-800
Thermosets/Elastomers		
Classic elastomers	2.0-6.0	200-600
PE-U	2.0-4.5	200-450
LSR	0.8-2.5	80-250
Notes: PMMA = polymethyl methacrylate, PPE = polyphenylene ether, PAA = polyacrylic acid, CP = cellulose propionate, PE-U = thermoplastic elastomer (urethane grades)		

Fuente: V. Goodship, "Design and Manufacture of Plastic Components for Multifunctionality Structural Composites, Injection Molding, and 3D Printing", Elsevier, 2016.

Anexo 5 Área proyectada de la pieza



Fuente: Autor

Anexo 6 Rangos de temperaturas de elaboración y de molde

Material	Temp. Elaboración (°C)	Temp. Molde (°C)
Polietileno de baja densidad	170-260	0-70
Polietileno de alta densidad	220-320	0-70
Poliestireno normal	200-250	30-60
Poliestireno anti choque	200-250	30-60
Poliamida 6	240-290	60-100
Poliamida 6 + fibra vidrio	260-310	80-120
Poliamida 6.6	260-300	40-120
Poliamida 6.6 + fibra de vidrio	280-320	60-120
Poliamida 6.10	230-260	80-120
Estireno-acrilonitrilo	230-260	50-80
Polimetilacrilato	170-230	40-90
Policarbonato	280-310	85-120
Copolimero acetal	180-230	70-130
PVC Blando	180	20-80
PVC duro	160-190	20-80
Polipropileno	180-280	0-80
Acetato de celulosa	180-230	40-80
Acetobutirato de celulosa	180-220	40-80
Propionato de celulosa	180-220	40-80
ABS	180-240	50-80

Fuente: M. Menges, "Moldes Para Inyección De Plásticos", Mexico D.F.: G, Gili, S.A, 1983.

Anexo 7 Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

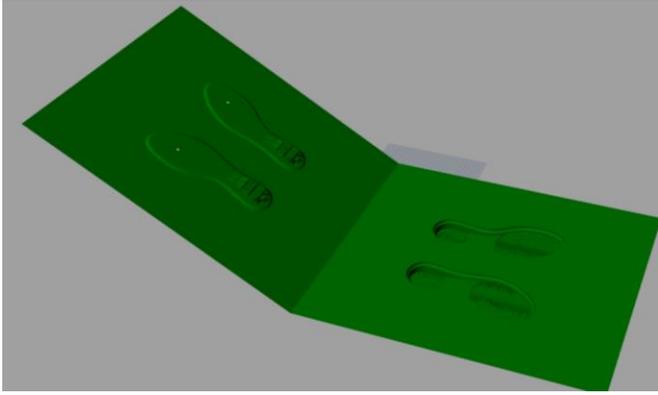
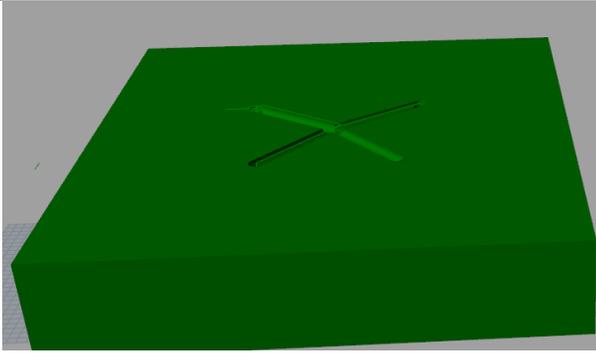
TABLA 1-5

Valores típicos del coeficiente de transferencia de calor por convección

Tipo de convección	$h, \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^*$
Convección libre de gases	2-5
Convección libre de líquidos	10-1 000
Convección forzada de gases	25-250
Convección forzada de líquidos	50-20 000
Ebullición y condensación	2 500-100 000

*Multiplíquese por 0.176 para convertir a $\text{Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$.

Anexo 8: Área superficial para cálculo de transferencia de calor por convección

Transferencia	ÁREA
<p>Convección Forzada</p>	 <p>$A = 232576.65 \text{ mm}^2 = 232.576 \text{ m}^2$</p>
<p>Convección libre</p>	<p>Placa mide 240 mm *290 mm $A = 69600 \text{ mm} = 0.0696 \text{ m}^2$</p>
<p>Conducción</p>	<p>Placa mide 240 mm *290 mm $A = 69600 \text{ mm} = 0.0696 \text{ m}^2$</p>
<p>Radiación</p>	 <p>$A = 297354.309 \text{ mm}^2 = 297.354 \text{ m}^2$</p>

Fuente: Autor

Anexo 9: Sy del aluminio 7075

The image shows the SolidWorks Material Properties dialog for a custom material named 7075-T6 (SN). The left sidebar shows the material hierarchy: SOLIDWORKS Materials > Custom Materials > Plastic > 7075-T6 (SN). The main dialog has tabs for Properties, Appearance, CrossHatch, Custom, Application Data, Favorites, and Sheet Metal. The Properties tab is active, showing the following settings:

- Model Type: Linear Elastic Isotropic (dropdown)
- Units: SI - N/mm² (MPa) (dropdown)
- Category: Plastic (text field)
- Name: 7075-T6 (SN) (text field)
- Description: (empty text field)
- Source: (empty text field)
- Sustainability: 7075-T6 (SN) in SOLIDWORKS Material (dropdown)

Below the settings is a table of material properties:

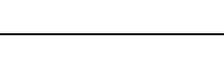
Property	Value	Units
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	26900	N/mm ²
Mass Density	2810	kg/m ³
Tensile Strength	570	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	505	N/mm²
Thermal Expansion Coefficient	2.36e-05	/K
Thermal Conductivity	130	W/(m·K)
Specific Heat	0.60	J/(kg·K)

Anexo 10: Tolerancias de medida

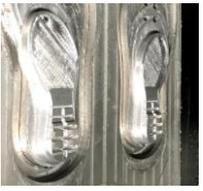
Ajustes		AJUSTES RECOMENDADOS				TABLA 9 . 8			
ESPECIFICACION DE LOS ASIENTOS									
Grado del ajuste	Calidades superficiales	SISTEMA				ASIENTO			
		Agujero único		Eje único		Clase	Características		
		Agujero	Eje	Eje	Agujero				
PRECISION		H 6	h 5	p 5	P 6	Forzado muy duro	Piezas montadas por dilatación o contracción; no necesitan seguro contra giro.		
				n 5	N 6	Forzado duro	Piezas montadas o desmontadas a presión; necesitan seguro contra giro.		
				k 5	K 6	Forzado medio	Piezas que han de montarse o desmontarse con gran esfuerzo; seguro para giro y deslizamiento.		
	j 5			J 6	Forzado ligero	Montaje y desmontaje sin gran esfuerzo; necesitan seguro contra giro y deslizamiento.			
	h 5			H 6	Deslizante	Piezas lubricadas que se montan y desmontan sin gran trabajo, a mano.			
	g 5			G 6	Giratorio	En piezas lubricadas el giro y deslizamiento puede efectuarse a mano.			
FINO		H 7	h 6	s 6	S 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.		
				r 6	R 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.		
				n 6	N 7	Forzado duro	Montado o desmontado a presión; necesita seguro contra giro.		
				k 6	K 7	Forzado medio	Montado y desmontado con gran esfuerzo (mediante martillo de plomo); necesita seguro contra giro y deslizamiento.		
	j 6			J 7	Forzado ligero	Montado y desmontado sin gran esfuerzo (mediante mazo de madera); necesita seguro contra giro y desplazamiento.			
	h 6			H 7	Deslizante	En piezas lubricadas, deslizamiento a mano.			
	g 6			G 7	Giratorio	En piezas lubricadas, su juego es apreciable.			
	f 7			F 8	Holgado medio	En piezas lubricadas, su juego es más apreciable.			
ESMERADO		H 8	h 9	e 8	E 8	Más holgado	En piezas lubricadas, el juego es muy apreciable.		
				j 9	J 8	Forzado ligero	Piezas que se han de montar y desmontar con facilidad.		
				h 9	H 8	Deslizante	Piezas que deben montarse sin esfuerzo y que deben desplazarse en su funcionamiento.		
				e 9	E 8	Giratorio	Piezas móviles con juego desde perceptible a amplio.		
POCO ESMERADO				H 11	h 11	d 9	D 8	Holgado	Piezas móviles con juego muy amplio.
						h 11	H 11	Deslizante	Montaje fácil de gran tolerancia y con pequeño juego.
						d 11	E 11	Giratorio	Piezas móviles con gran tolerancia y juego no excesivo.
						c 11	C 11	Holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y juego.
a 11	A 11	Muy holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y mucho juego.						

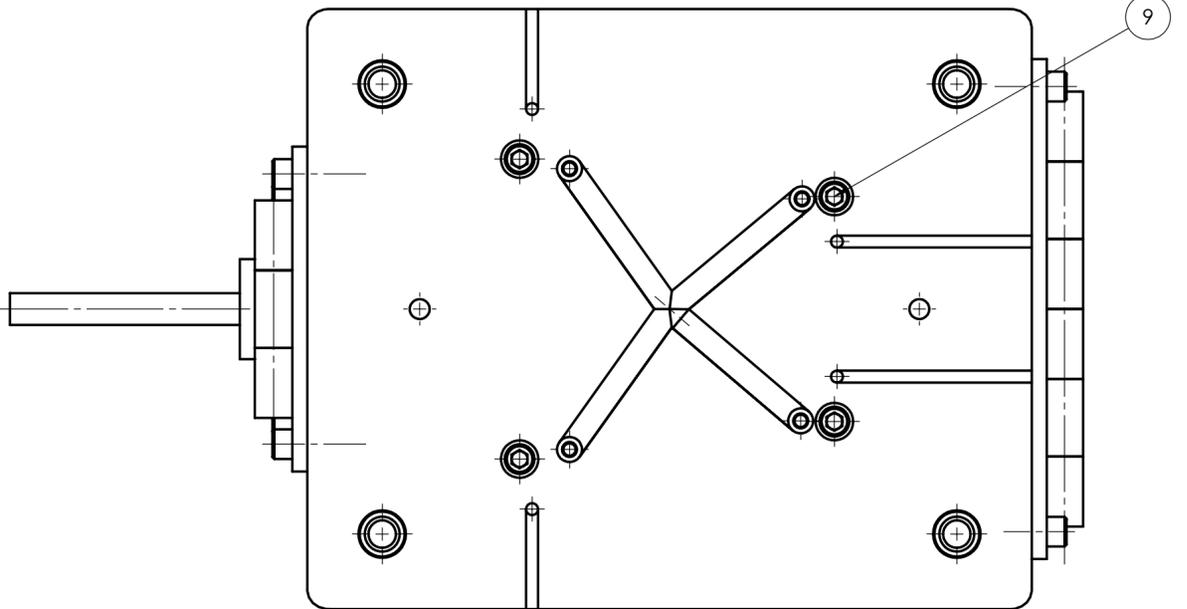
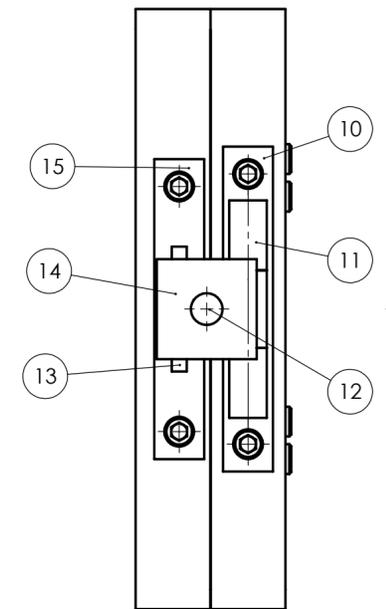
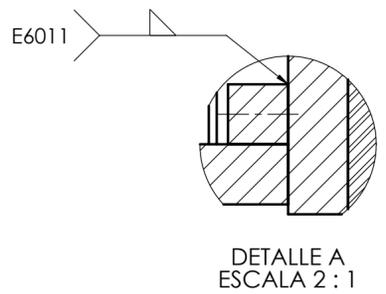
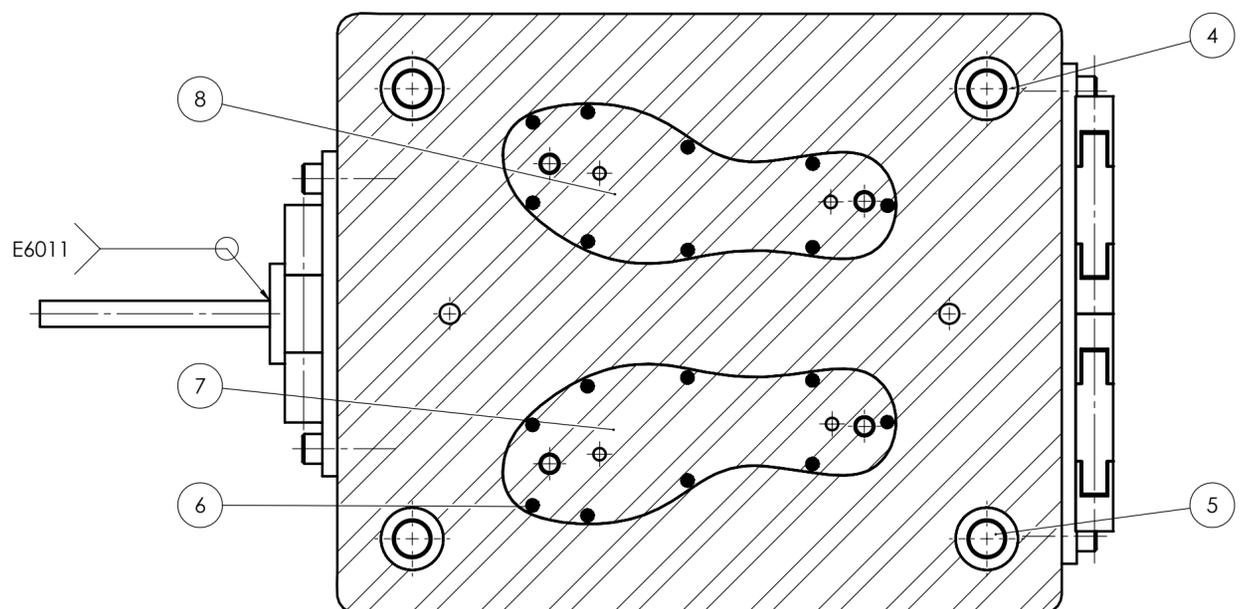
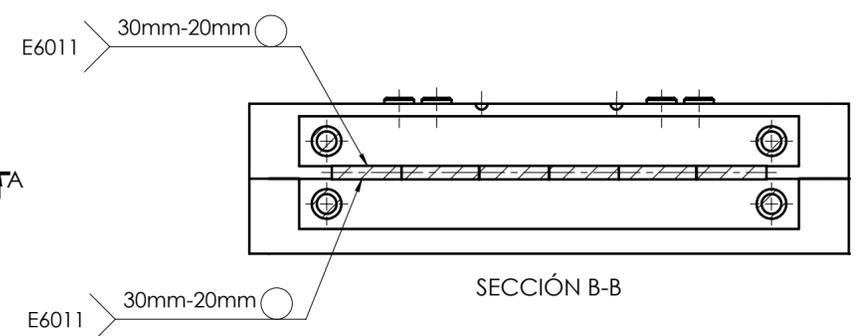
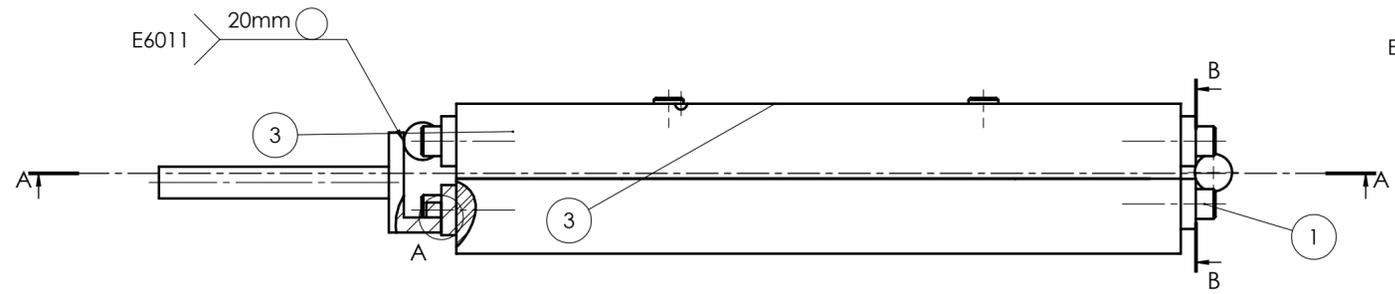
Fuente: [19]

Anexo 11: Calendarización

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
CALANDERIZACIÓN							
Elaborado por	Christian Tubón			Fecha	25-10-20		
Material	Aluminio	Pieza	Placa base		Hoja		
Operación	Descripcion	Máquina	Herramienta	Velocidad corte (m/min)	Velocidad husillo rpm	Tiempo (min)	Ilustracion
Taladrado	Taladrado de agujeros para sujecion en placa guia y posteriormente en la maquina CNC	Taladro de pedestal	Broca 3/8 in	N/A	N/A	4	
Preparacion	Generacion de rosca con machuelo y montaje en la maquina CNC	Manual	Machuelo para rosca de 3/8	N/A	N/A	7	
Desbaste	Desbaste de placa base	CNC Jhon Ford	Torica 25 mm	500	3200	3	
Desbaste	Desbaste de placa base	CNC Jhon Ford	Redonda 12 mm	95	3500	30	
Desbaste	Desbaste de guias para mecanizado en router CNC	CNC Jhon Ford	Redonda 8 mm	77	3500	120	
Taladrado	Mecanizado de agujeros para guias	CNC Jhon Ford	Broca 6 mm	30	1500	2	
Acabado	Desbaste de placa base	CNC Router	Redonda 8 mm	120	3500	29	
Acabado	Desbaste de placa base	CNC Router	Plana 6 mm	165	3500	38	
Acabado	Grabado de detalles	CNC Router	Plana 2.5 mm	70	8000	20	
Acabado	Grabado de detalles	CNC Router	Plana 1.5 mm	42	8000	180	
Acabado	Grabado de detalles	CNC Router	Plana 0.9 mm	57	8000	110	
Taladrado	Mecanizado de agujeros para guias	CNC Jhon Ford	Broca 10 mm	50	1500	8	
Tiempo total en min						551	
Tiempo total en horas						9.18	

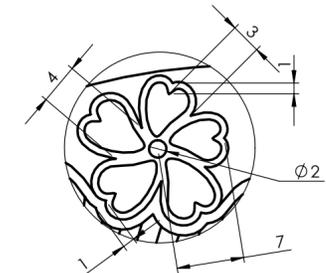
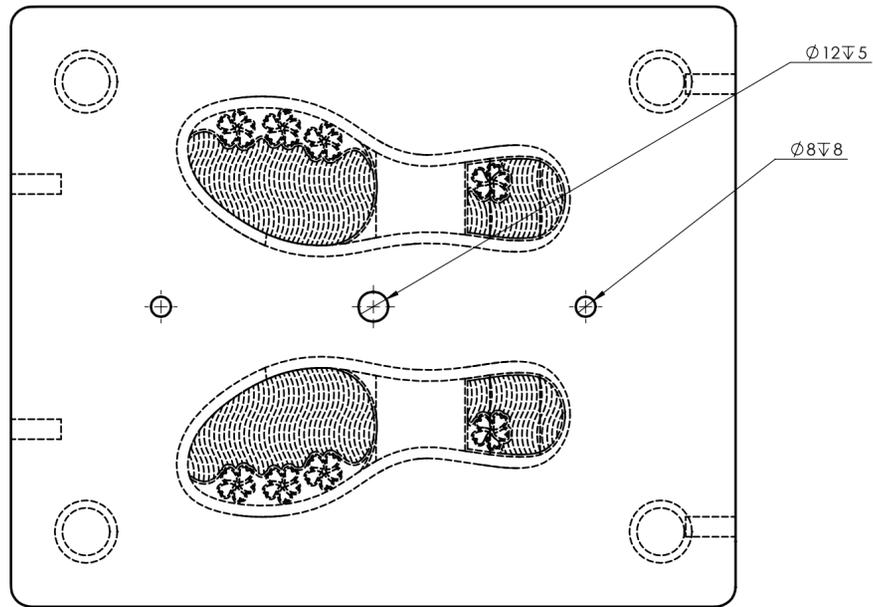
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
CALANDERIZACIÓN							
Elaborado por	Christian Tubón			Fecha	25-10-20		
Material	Aluminio	Pieza	Placa tapa		Hoja		
Operación	Descripcion	Máquina	Herramienta	Velocidad corte (m/min)	Velocidad husillo rpm	Tiempo (min)	Ilustracion
Taladrado	Taladrado de agujeros para sujecion en placa guia y posteriormente en la maquina CNC	Taladro de pedestal	Broca 3/8 in	N/A	N/A	4	
Preparacion	Generacion de rosca con machuelo y montaje en la maquina CNC	Manual	Machuelo para rosca de 3/8	N/A	N/A	7	
Desbaste	Mecanizado de agujeros para guias	CNC Jhon Ford	Broca 10 mm	50	1500	5	
Desbaste	Desbaste de placa base	CNC Jhon Ford	Torica 25 mm	500	3500	7	
Desbaste	Desbaste de agujeros para alojamiento de postizos	CNC Jhon Ford	Redonda 8 mm	77	3500	64	
Desbaste	Desbaste de agujeros para alojamiento de postizos	CNC Jhon Ford	plana 8 mm	145	3500	7	
Acabado	Desbaste de agujeros para alojamiento de postizos	CNC Jhon Ford	plana 12 mm	220	3500	40	
Desbaste	Mecanizado de agujeros para guias	CNC Jhon Ford	Broca 6 mm	30	1500	3	
Tiempo total en min						137	
Tiempo total en horas						2.28	

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA							
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
CALANDERIZACIÓN							
Elaborado por	Christian Tubón			Fecha	25-10-20		
Material	Aluminio	Pieza	Postizos		Hoja		
Operación	Descripcion	Máquina	Herramienta	Velocidad corte (m/min)	Velocidad husillo rpm	Tiempo (min)	Ilustracion
Taladrado	Taladrado de agujeros para sujecion en placa guia y posteriormente en la maquina CNC	Taladro de pedestal	Broca 3/8 in	N/A	N/A	4	
Preparacion	Generacion de rosca con machuelo y montaje en la maquina CNC	Manual	Machuelo para rosca de 3/8	N/A	N/A	7	
Desbaste	Desbaste de forma de postizo	CNC Jhon Ford	plana 16 mm	300	3500	60	
Acabado	grabado de lineas	CNC Jhon Ford	plana 4 mm	73	3500	30	
Tiempo total en min						101	
Tiempo total en horas						1.68	

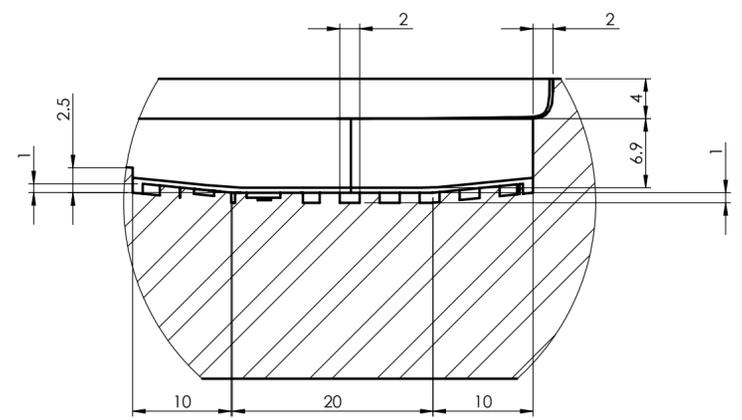
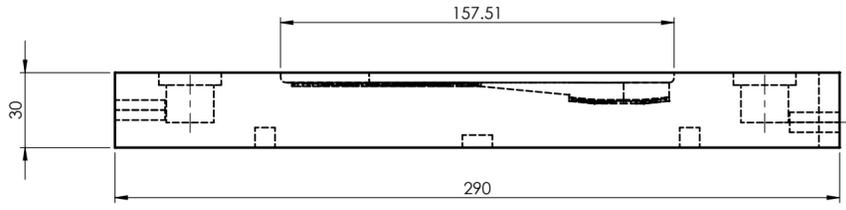


No. de pieza	Descripción	No. de Norma/Dibujo	Material	NO. de orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
1	PLACA FRONTAL BASE	10 de 10	ASTM A36	15		0.11	
1	PLACA SEGURO	9 de 10	ASTM A36	14		0.10	
1	SEGURO PLACA BASE	8 de 10	ASTM A36	13		0.01	
1	PASADOR	7 de 10	ASTM A36	12		0.09	
1	ENSAMBLE BISAGRA		ASTM A36	11		0.12	
1	PLACA FRONTAL TAPA	6 de 10	ASTM A36	10		0.12	
4	PERNO ALLEN 5/16	DIN 912		9	M8x5/8"		
1	DESCUENTO DERECHO	5 de 10	7075	8		0.20	
1	DESCUENTO IZQUIERDO	4 de 10	7075	7		0.20	
18	DESGASIFICADOR		Cobre	6		0.001	
4	BOCIN PLACA HEMBRA		ASTM A36	5		0.08	
4	BOCIN PLACA MACHO		ASTM A36	4		0.03	
1	TAPA MOLDE	3 de 10	7075	3		5.34	
1	BASE MOLDE	2 de 10	7075	2		5.12	
8	PERNO ALLEN 5/16	DIN 912		1	M8x 11/4"		

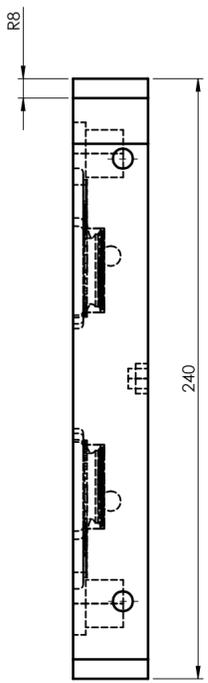
Tolerancia:	Peso:	Material:	Varios
± 1	12.49 kg		
FECHA:	NOMBRE:	Título:	Molde suelas
DIBUJÓ: 10/01/2021 Christian Tubón			
REVISÓ: 10/01/2021 Ing.Mauricio Carrillo			Escala: 1:2
APROBÓ: 10/01/2021 Ing.Mauricio Carrillo			
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina	Hoja 1 de 10
Edición:	Modificación:	Fecha:	Registro:



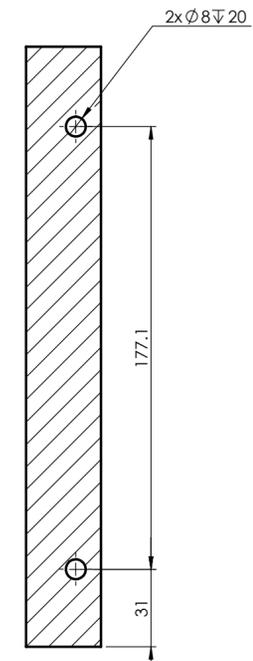
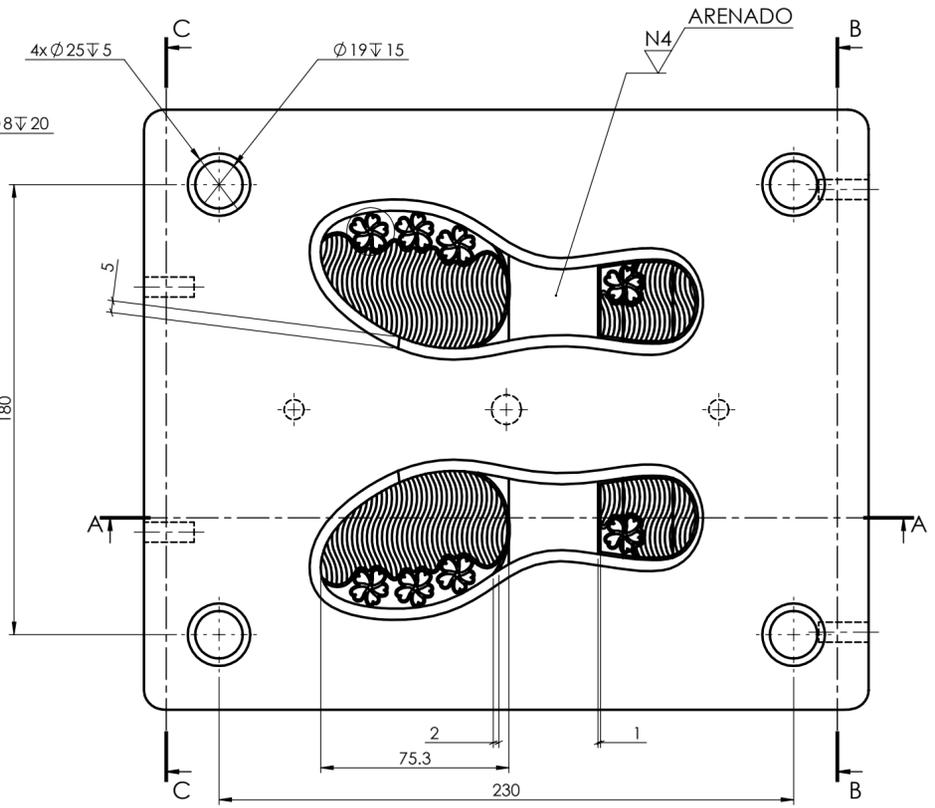
DETALLE A
ESCALA 2 : 1



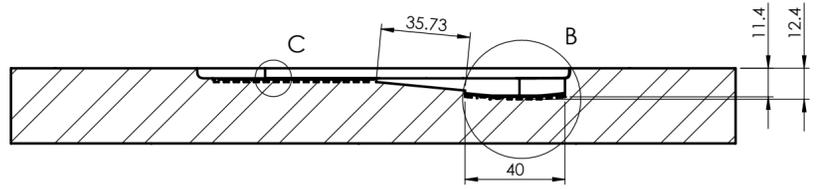
DETALLE B
ESCALA 2 : 1



CORTE C-C

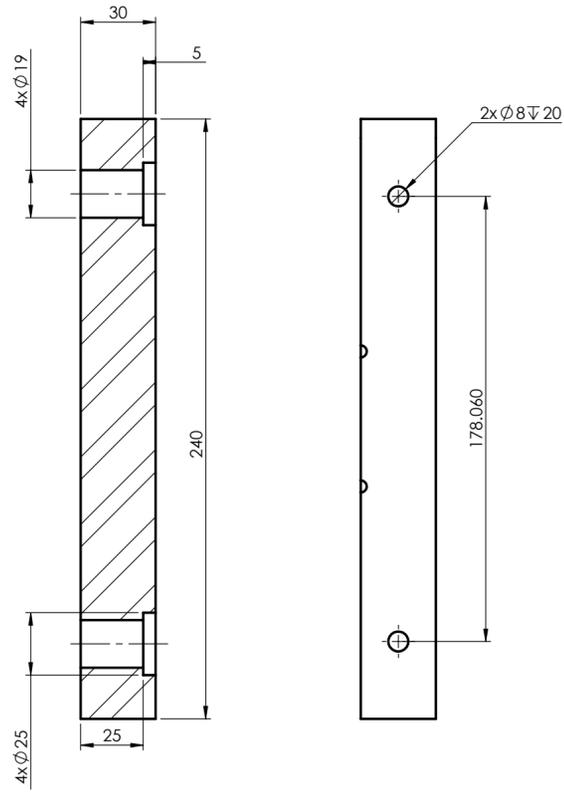


CORTE B-B

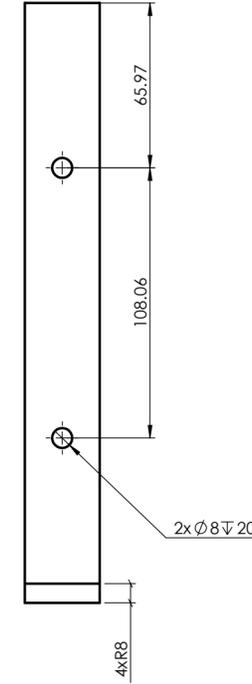
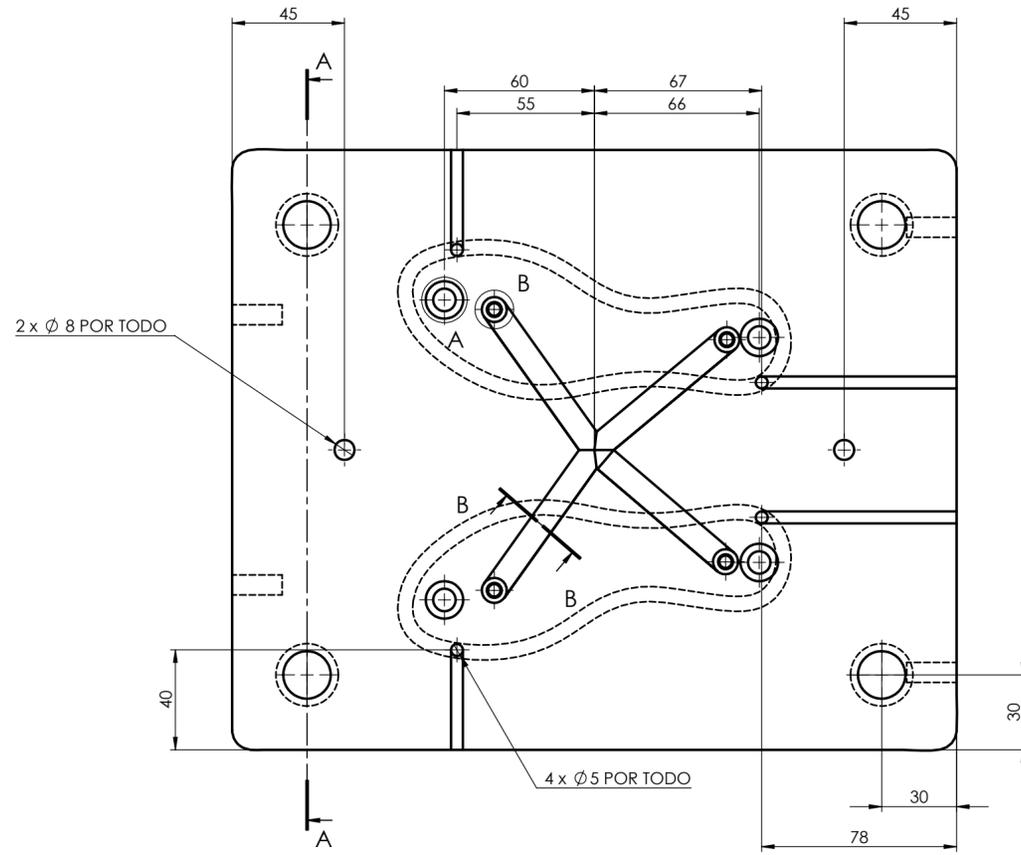


CORTE A-A

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.2	5122.224 gr	7075-T6 (SN)	
				FECHA	NOMBRE	Título:	Escala:
				10/01/2021	Christian Tubón	Base molde	1:2
				REVISÓ:	Ing. Mauricio Carrillo		
				10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo		
				APROBÓ:	Ing. Mauricio Carrillo		
				10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A.		N.º De Lámina	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		Hoja 2 de 10	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución):	

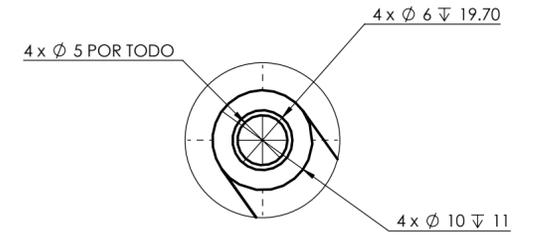


CORTE A-A

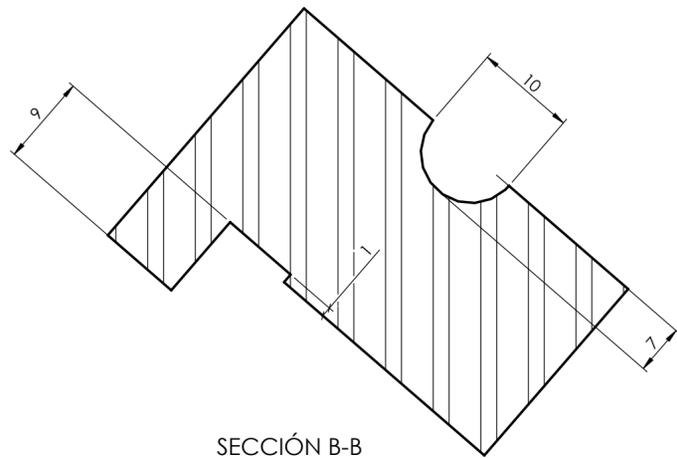
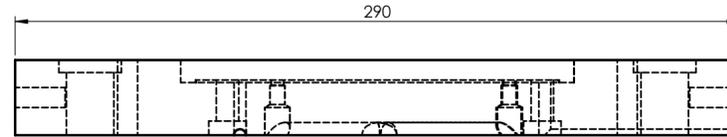


4 x Ø 9 POR TODO
 L Ø 15 ∇ 5.60

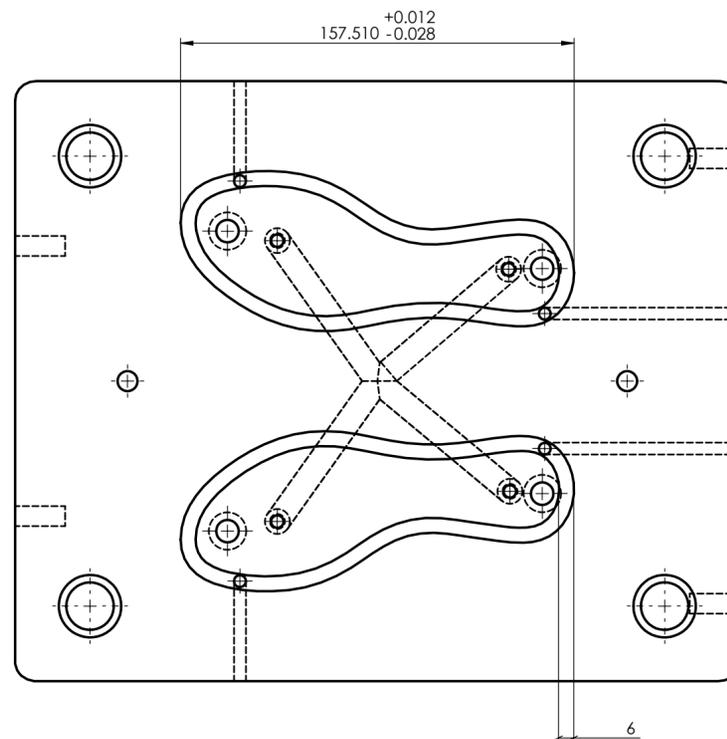
DETALLE A
 ESCALA 1 : 1



DETALLE B
 ESCALA 2 : 1

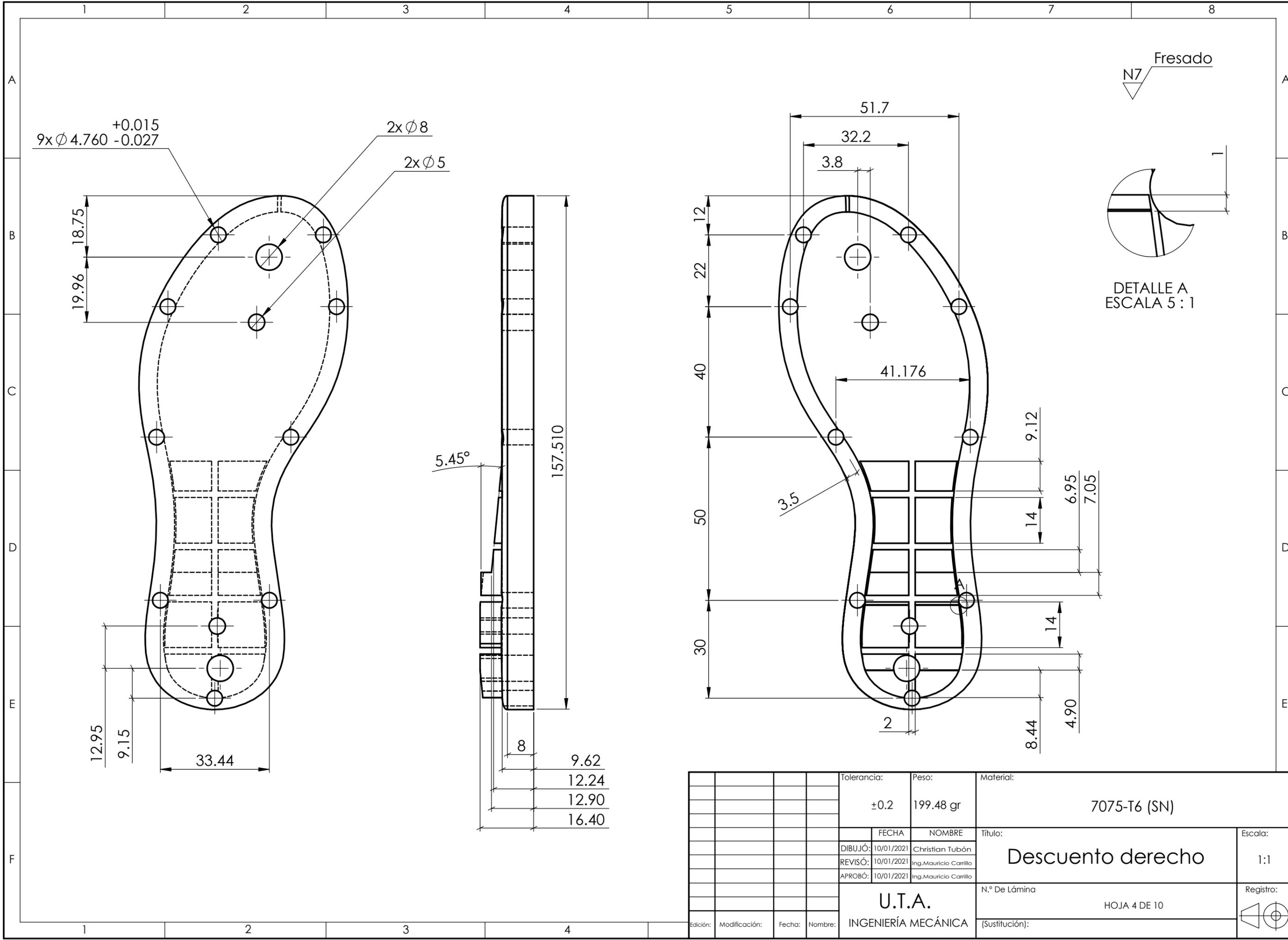


SECCIÓN B-B
 ESCALA 2 : 1



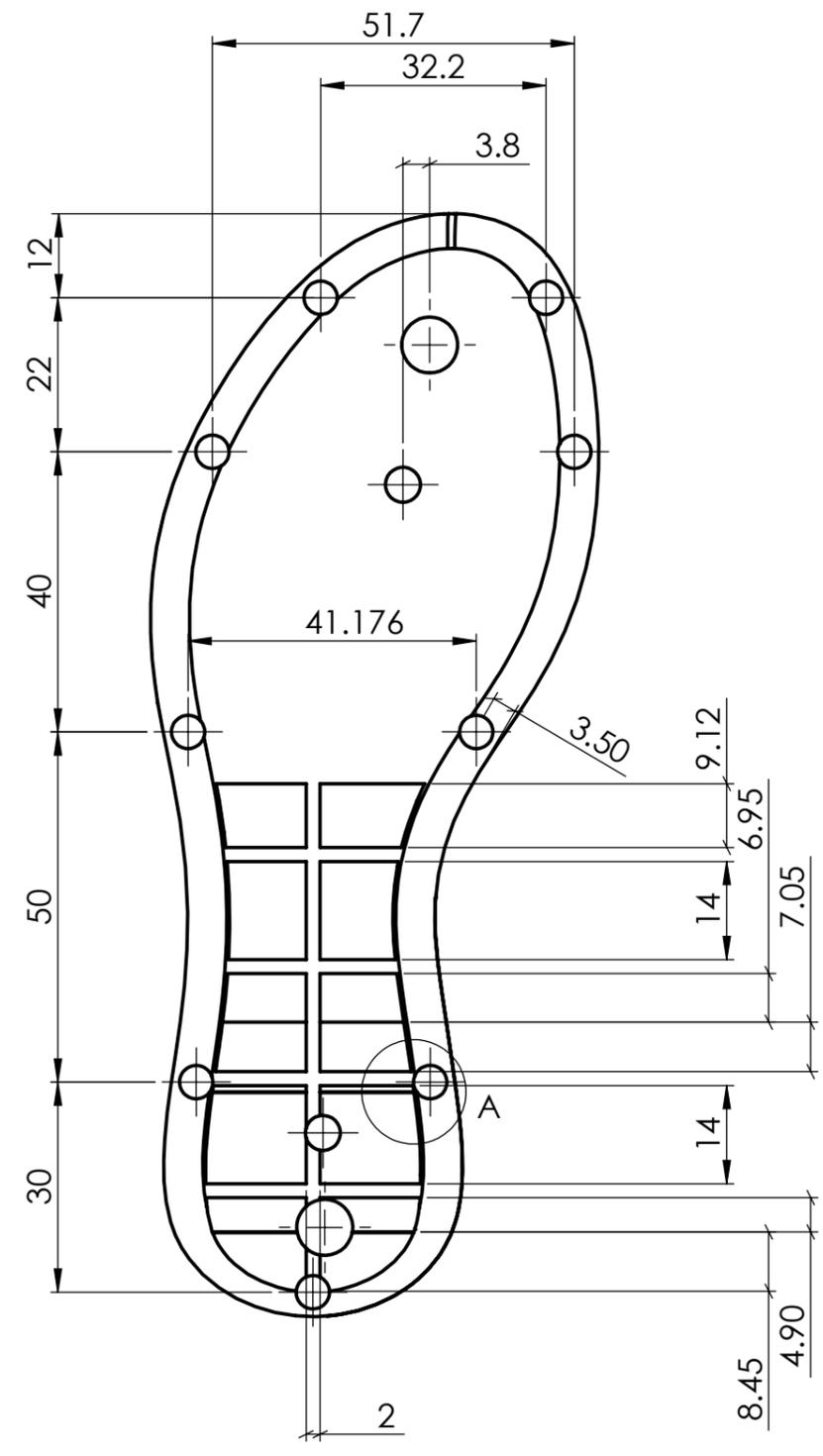
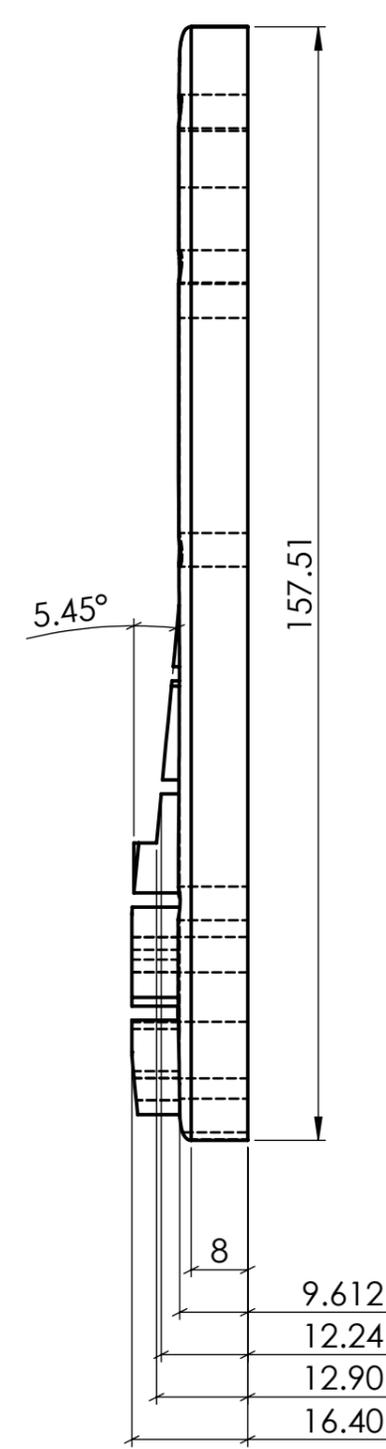
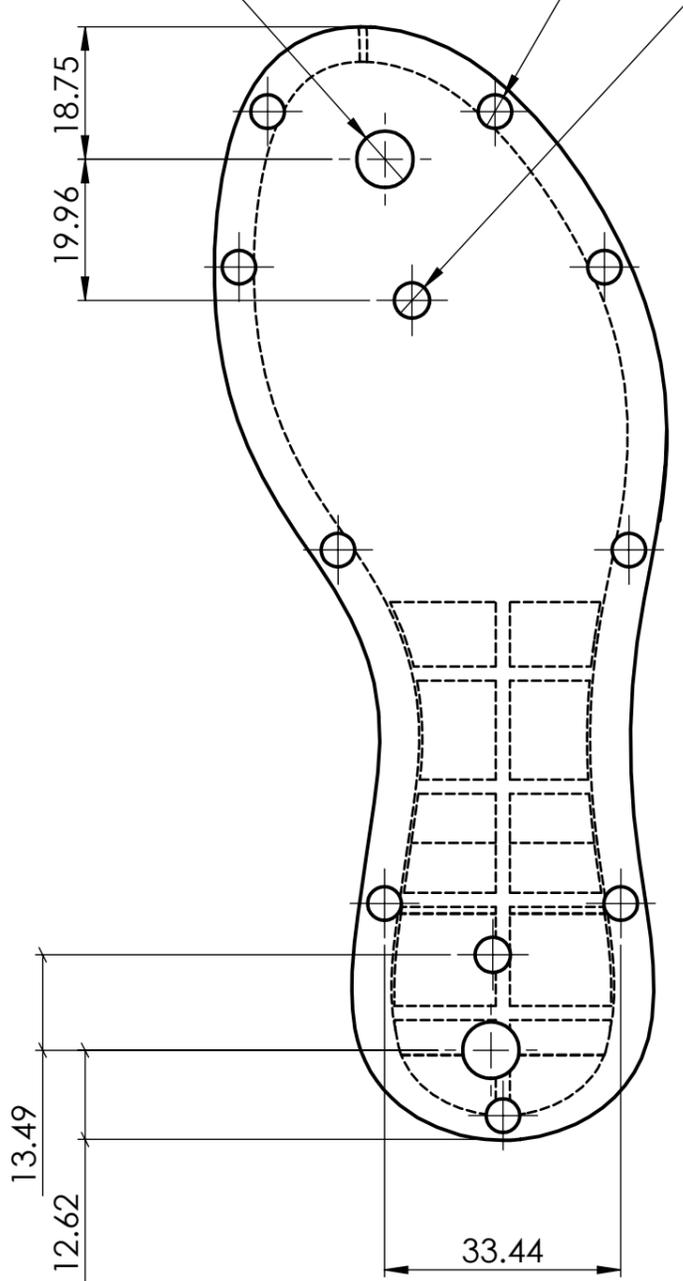
N7 FRESADO

Tolerancia:		±0.2	Peso:	5335.84 gr	Material:	7075-T6 (SN)
FECHA:		10/01/2021	NOMBRE:		Christian Tubón	
DIBUJÓ:		10/01/2021	REVISÓ:		Ing. Mauricio Carrillo	
APROBÓ:		10/01/2021	Título:		Tapa molde	
Edición:		Modificación:	Fecha:	Nombre:	N.º De Lámina:	Hoja 3 de 10
U.T.A.		INGENIERÍA MECÁNICA		Registro:		1:2

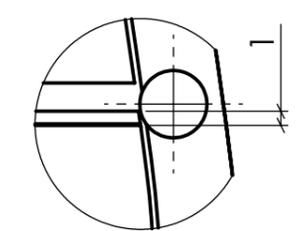


				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				± 0.2	199.48 gr	7075-T6 (SN)		
				FECHA	NOMBRE	Título:		Escala:
				DIBUJÓ: 10/01/2021	Christian Tubón	Descuento derecho		1:1
				REVISÓ: 10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A.		N.º De Lámina		Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		HOJA 4 DE 10		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución):		

2x ϕ 8
 9x ϕ 4.760 $\begin{matrix} +0.015 \\ -0.027 \end{matrix}$
 2x ϕ 5



N7 Fresado



DETAIL A
 SCALE 2 : 1

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.2	199.44 gr	7075-T6 (SN)		
				FECHA	NOMBRE	Título:		Escala:
				DIBUJÓ: 10/01/2021	Christian Tubón	Descuento derecho		1:1
				REVISÓ: 10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo			
				APROBÓ: 10/01/2021	Ing. Mauricio Carrillo			
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina		Registro:
						HOJA 5 DE 10		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución):		

1

2

3

4

A

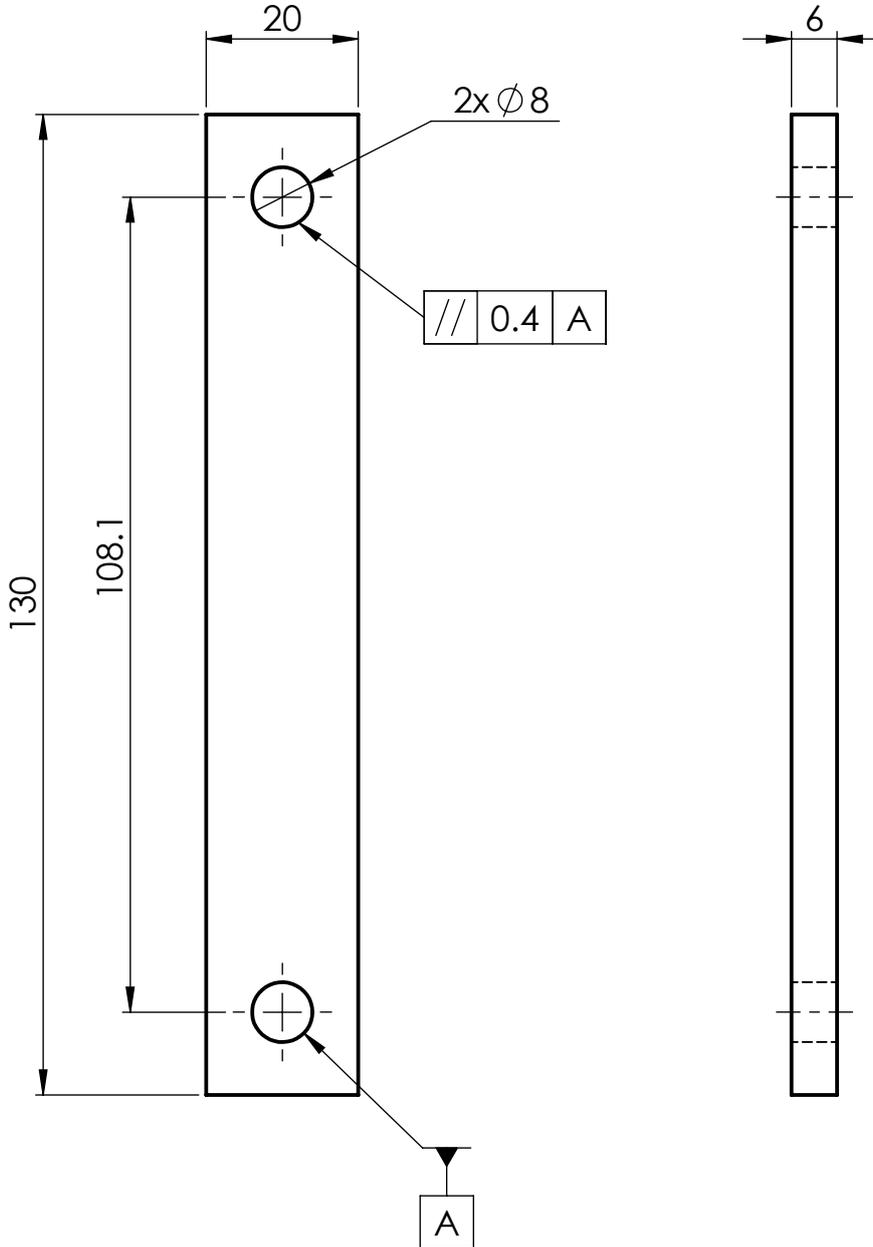
B

C

D

E

RECTIFICADO



				Tolerancia: ±0.3	Peso: 117.80 gr	Material: ASTM A36 Steel	
				FECHA	NOMBRE	Título:	Escala:
				DIBUJÓ: 10/01/2021	Christian Tubón	Placa frontal tapa	1:1
				REVISÓ: 10/01/2021	Ing.Mauricio Carrillo		
				APROBÓ: 10/01/2021	Ing.Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 6 DE 10	Registro :
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución):	

1

2

3

4

A

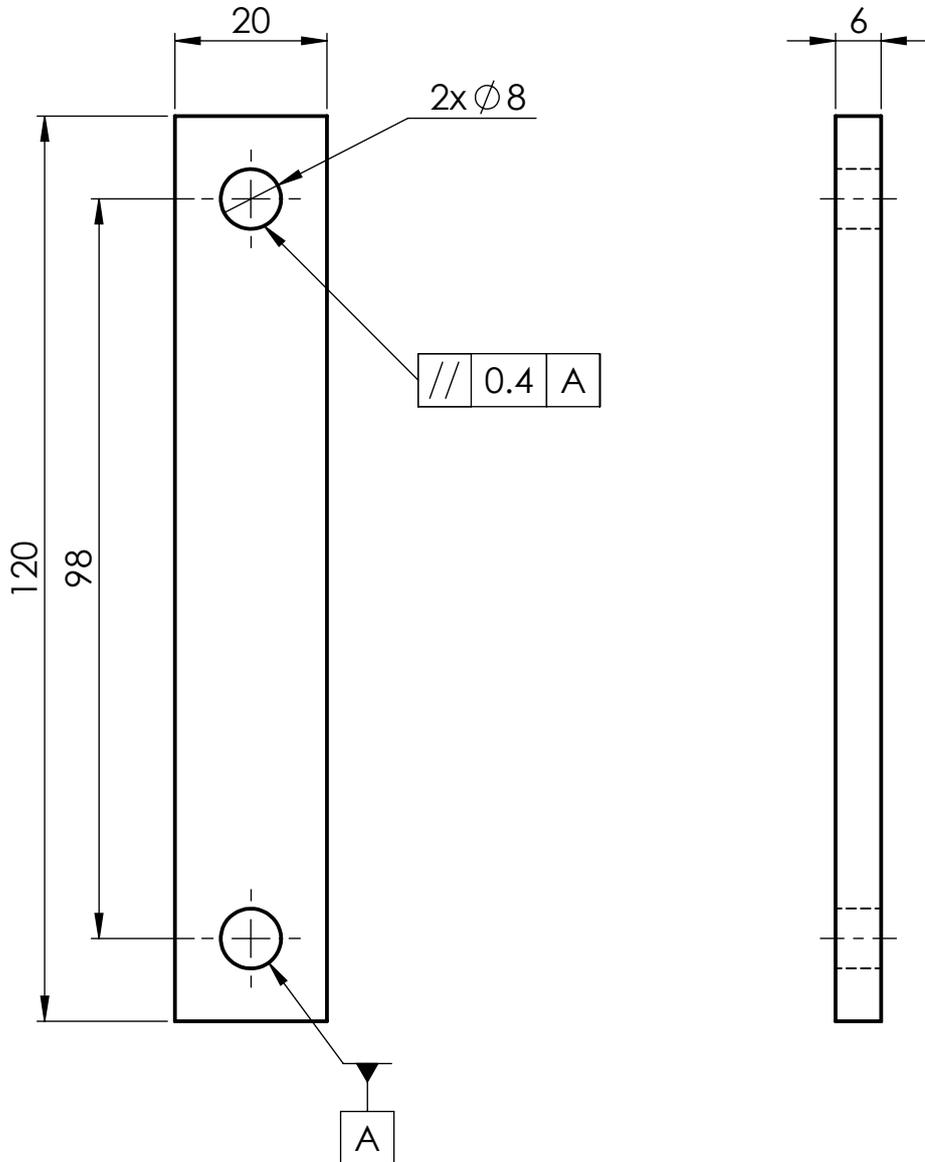
B

C

D

E

RECTIFICADO
N5



				Tolerancia: ±0.2	Peso: 108.38 gr	Material: ASTM A36 Steel	
				FECHA	NOMBRE	Título:	
				DIBUJÓ: 10/01/2021	Christian Tubón	Placa frontal base	
				REVISÓ: 10/01/2021	Ing.Mauricio Carrillo		Escala: 1:1
				APROBÓ: 10/01/2021	Ing.Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º De Lámina: HOJA 10 DE 10	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:			(Sustitución):	Registro :

