

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD 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 DE
CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY
CORPORACIÓN

AUTOR: MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO

TUTOR: ING. CARLOS MAURICIO CARRILLO ROSERO, Mg.

AMBATO-ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

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 DE CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”, elaborado por el señor MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico que el presente trabajo:

- Es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, septiembre de 2017

Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO con CI:1717214660, tengo a bien indicar que el contenido del presente trabajo bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, son responsabilidad exclusiva de mi persona, como autor de este trabajo.

Ambato, septiembre de 2017

Marco Fernando Mejía Bonilla

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo, MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO con CI: 1717214660, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigaciones según normas Institucionales. Cedo los derechos de Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancia económica y se la realice bajo mis derechos de autor.

Ambato, septiembre de 2017

Marco Fernando Mejía Bonilla

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado en su totalidad el proyecto técnico realizado por el señor Mejía Bonilla Marco Fernando, aprueban el tema: : “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”.

Ambato, septiembre del 2017

DEDICATORIA

A mis 4 abuelitos, mi hermano menor por ser mi gran amigo, mis amigos, mi otro hermano y a mi papá por haberme transmitido sus valores y en especial a mi madre que con infinito amor ha sabido guiar mi camino y con quien estoy muy agradecido, en especial por escribir mis dedicatorias.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes que de forma amigable supieron transmitirme sus conocimientos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
Aprobación del tutor.....	ii
Autoría del proyecto.....	iii
Derechos de autor.....	iv
Aprobación del tribunal de grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice general de contenidos.....	viii
Índice de figuras.....	xii
Índice de tablas.....	xii
Resumen ejecutivo.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo 1. Antecedentes.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
Capítulo 2. Fundamentación.....	4
2.1 Investigaciones previas.....	4
2.2 Fundamentación teórica.....	4
2.2.1 Polímeros.....	4
2.2.1.1 Clasificaciones de los polímeros.....	5
2.2.2 Procesos de conformado de polímeros.....	5
2.2.3 Inyección de polímeros.....	5
2.2.4 Descripción del proceso de inyección.....	6
2.2.5 Máquinas de inyección.....	6
2.2.6 Moldes de inyección.....	7

2.2.7 Partes de un molde de inyección.....	7
2.2.7.1 Clasificación de los moldes de inyección.....	7
2.2.8 Consideraciones de diseño.....	8
2.2.8.1 Requerimientos de las piezas inyectadas.....	8
2.2.9 Capacidad de inyección.....	10
2.2.10 Número de cavidades.....	10
2.2.11 Fuerza de cierre.....	10
2.2.12 Contracción.....	10
2.2.13 Geometría de la pieza a inyectar.....	11
2.2.14 Ángulo de desmoldeo.....	13
2.2.15 Sistemas del molde.....	14
2.2.15.1 Sistema de alimentación.....	14
2.2.15.2 Sistemas de expulsión.....	16
2.2.15.3 Sistema de refrigeración.....	16
2.2.16 Materiales para la fabricación de un molde.....	16
2.2.16.1 Aceros al carbón simple.....	17
2.2.16.2 Aceros de baja aleación.....	17
2.2.16.3 Aceros inoxidable.....	18
2.2.16.4 Aceros grado herramientas.....	18
2.2.17 Maquinaria cnc.....	20
2.2.17.1 Ventajas de la utilización de sistemas cnc.....	20
2.2.17.2 Desventajas de la utilización de sistemas cnc.....	21
2.2.17.3 Máquinas que utilizan cnc.....	21
2.2.18 Maquinado de alta velocidad (mav)	21
Capítulo 3. Diseño del proyecto.....	23
3.1 Selección de alternativas.....	23
3.1.1 Planteamiento de alternativas, criterios y sus ponderaciones.....	23
3.1.2 Calificación de alternativas.....	24
3.1.3 Conclusiones de las alternativas.....	24
3.2 Cálculos.....	24

3.2.1	Determinación de los requerimientos para el diseño del producto.....	24
3.2.1.1	Diseño estético.....	24
3.2.1.2	Diseño con respecto al material.....	24
3.2.1.3	Diseño con respecto a la geometría.....	25
3.2.2	Contracción.....	26
3.2.3	Características de la máquina inyectora.....	27
3.2.4	Cálculo del número de cavidades.....	28
3.2.5	Fuerza de cierre.....	28
3.2.6	Diseño del sistema de alimentación.....	30
3.2.7	Diseño del sistemas de expulsión.....	32
3.2.8	Diseño del sistema de refrigeración.....	33
3.2.8.1	Tiempo del ciclo.....	34
3.2.8.2	Tiempo de enfriamiento.....	34
3.2.8.3	Tiempo de llenado.....	36
3.2.8.4	Tiempo de reseteo.....	36
3.2.8.5	Balace de energías.....	36
3.2.8.6	Calor perdido por convección.....	38
3.2.8.7	Calor perdido por conducción.....	39
3.2.8.8	Calor perdido por radiación.....	39
3.2.8.9	Comprobación del sistema de refrigeración.....	40
3.2.9	Selección de materiales.....	41
3.2.9.1	Selección del material por la función que cumple el componente.....	43
3.2.10	Ajustes y tolerancias.....	43
3.2.11	Manufactura.....	45
3.3	Presupuesto.....	47
3.3.1	Costos de materia prima.....	47
3.3.2	Costos adicionales.....	48
3.3.3	Costo de maquinado.....	48
3.3.4	Mano de obra.....	49
3.3.5	Costo total del molde.....	49

3.4 Especificaciones técnicas	50
3.4.1 Recomendaciones de montaje.....	50
3.4.2 Recomendaciones de desmontaje.....	50
3.4.3 Mantenimiento.....	51
3.4.3.1 Mantenimiento correctivo.....	51
3.4.3.2 Mantenimientos preventivos.....	51
3.4.4 Recomendaciones en problemas de inyección.....	52
3.4.4.1 Producción del molde y la orejera.....	54
Capítulo 4. Conclusiones y recomendaciones.....	56
4.1 Conclusiones.....	56
4.2 Recomendaciones.....	57
Bibliografía.....	58
Anexos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de una máquina inyectora [9].....	6
Figura 2. Partes de un molde de inyección [7].....	7
Figura 3. Consideraciones al momento de diseñar las paredes [7]	11
Figura 4. Espesor de la pared en los redondeos de un modelo [7].....	12
Figura 5. Transición en el cambio de espesor [7]	13
Figura 6. Contracción en la pared posterior de un nervio [7]	13
Figura 7. Partes principales de un sistema de alimentación [9].....	14
Figura 8. Formas de boquillas [14]	15
Figura 9. Orejeras para cascos de seguridad.....	25
Figura 10. Vista inferior de la orejera.....	26
Figura 11. Vista de corte.....	26
Figura 12. Pestaña para ensamblar la tapa.....	26
Figura 13. Detalle correspondiente la figura 11.....	26
Figura 14. Pieza con ángulos de desmoldeo.	27
Figura 15. Orejera escalada con sus principales medidas.....	27
Figura 16. Área proyectada [10]	29
Figura 17. Distancia desde el bebedero hasta el punto más lejano de la cavidad.	30
Figura 18. Guía para el dimensionamiento del bebedero [15].....	30
Figura 19. Placa hembra y placa porta hembra.	31
Figura 20. Ventilación del molde [7]	32
Figura 21. Placa expulsora.....	33
Figura 22. Expulsión de la orejera.....	33
Figura 23. Transferencia de calor en la inyección [19]	37
Figura 24. Componentes del molde.....	42
Figura 25. Tolerancias columnas-bujes [10].....	44
Figura 26. Acoplamiento placa expulsora con los machos y porta machos.	44
Figura 27. Fresa indexable $\varnothing 25$	46
Figura 28. Fresas sólidas esférica $\varnothing 8$	46
Figura 29. Orejeras inyectadas en buen estado.	54
Figura 30. Ensamblaje de las orejeras con el resto de componentes.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios y ponderaciones para las alternativas de los materiales.	23
Tabla 2. Análisis de alternativas con respecto al material.	24
Tabla 3. Aceros más comunes para los componentes de un molde de inyección [7] .	41
Tabla 4. Propiedades de los aceros utilizados en el molde [26].....	43
Tabla 5. Costo de materia prima.	47
Tabla 6. Costo de maquinado.....	48
Tabla 7. Costos mano de obra.	49
Tabla 8. Costo total.	49
Tabla 9. Problemas comunes que requieren de mantenimiento correctivo.....	51
Tabla 10. Actividades comunes para un mantenimiento preventivo.	52

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

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”

AUTOR: MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO

TUTOR: ING. MAURICIO CARRILLO

RESUMEN EJECUTIVO

El moldeo por inyección está sufriendo una transformación tecnológica con tendencias como: las máquinas inteligentes que son soluciones que se pueden optimizar a sí mismas, la automatización en la actualidad puede controlar prácticamente cualquier proceso industrial, la sensórica que pueden detectar un amplio rango de magnitudes y la manufactura aditiva que permite la producción de pequeños lotes de piezas, la elaboración de piezas de alta complejidad a bajos costos, la construcción de moldes, entre otros. La competencia nacional ha obligado a la empresa Halley Corporación a complementar su kit de seguridad con protectores auditivo, la importancia de este proyecto radica en que se elaboró un molde de inyección de plástico, contribuyendo así a la explotación de la industria. En el presente trabajo se modelo la pieza en un software especializado, se diseñaron los componentes del molde de inyección, se diseñaron los sistemas de alimentación, expulsión y refrigeración usando bibliografías escritas únicamente, además se mecanizaron los componentes del molde con cálculos basado en las herramientas con las que contaba el área de matricería de la empresa. El producto final obtenido ratifica que el diseño fue correcto ya que no se presentaron inconvenientes a la hora de probar el molde y de realizar el ensamble con el resto de elementos que conforman el kit de seguridad.

Palabras clave: inyección de polímeros, molde, inyectora, sistema de alimentación, sistema de expulsión, sistema de refrigeración, aceros para moldes, ajustes y tolerancias, manufactura, tiempo de llenado, tiempo del ciclo, balance de energías, problemas de inyección.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS
MECHANICAL ENGINEERING CAREERS

TITLE: “DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN INJECTION MOLD OF FRAME OF AUDITIVE PROTECTORS FOR THE HALLEY CORPORATION COMPANY”

AUTHOR: MEJÍA BONILLA MARCO FERNANDO

TUTOR: ING. MAURICIO CARRILLO

ABSTRACT

Injection molding is going through for a technological transformation with trends such as: intelligent machines that are solutions that can be optimized themselves, the automation can now control virtually any industrial process, the sensor that can detect a wide range of magnitudes and the additive manufacturing that allows small productions of pieces, the elaboration of pieces of high complexity at low costs, the construction of molds, among others. The national competition has forced the company Halley Corporation to supplement its safety kit with hearing protectors, the importance of this project is that a plastic injection mold was built, contributing to the exploitation of the industry. In the present work the piece was designed in a specialized software, injection mold components were designed, feed, ejection and refrigeration systems were designed using only written bibliographies, in addition the mold components were machined with calculations based on the tools of the company. The final product obtained ratifies that the design was correct, there were no disadvantages when trying the mold and to make the assembly with the rest of the elements that make up the safety kit.

Keywords: polymer injection, injection mold, injection machine, feed system, ejection system, cooling system, mold steels, adjustments and tolerances, manufacturing, filling time, cycle time, energy balance, injection problems.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Tema

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE CARCASAS DE PROTECTORES AUDITIVOS DE LA EMPRESA HALLEY CORPORACIÓN”

1.2 Antecedentes

El moldeo por inyección está sufriendo una transformación tecnológica según [1] y [2] esto quedó evidenciado en la feria más popular de la industria plástica “La K2016”.

En esta feria se trató lo que han llamado la Industria 4.0 (la cuarta revolución industrial), que abarca varias tendencias, como:

- Las máquinas inteligentes
- La automatización
- La sensórica
- La manufactura aditiva

Las máquinas inteligentes son soluciones que se pueden optimizar a sí mismas, mejorando la productividad y la calidad del producto final. Esto se consigue ajustando los procesos de manera autónoma haciendo que el productor, la máquina y sus componentes estén conectados.

La automatización, es hoy en día una de las tendencias más sobresalientes de la industria del plástico. Durante mucho tiempo, los sistemas electromecánicos necesarios para automatizar los procesos de las líneas estaban especializados, eran grandes, de alto precio y demandaban habilidades especiales para ser programados. Sin embargo, como ha ocurrido con gran parte de avances en el mundo, los sistemas electromecánicos son cada vez más asequibles y simples en términos de programación.

En la actualidad se pueden controlar propiedades como el brillo, la rugosidad superficial, la distribución de espesores, la planitud, entre otros aspectos gracias a los avances de la tecnología sensorica.

La manufactura aditiva es una de las tendencias que mayores cambios puede generar en la forma en que las personas acceden a los productos. A diferencia del maquinado por arranque de viruta, la manufactura aditiva permite obtener partes mediante el aporte de material (sin necesidad de moldes). La tecnología de manufactura aditiva fue concebida para la fabricación de prototipos y ha evolucionado lo que permite la producción de lotes pequeños de piezas, la elaboración de piezas de alta complejidad a bajos costos, la construcción de moldes, entre otros.

La empresa Halley Corporación procura seguir las tendencias tecnológicas, actualmente se dedica a la fabricación de accesorios para la construcción y material publicitario, está ubicada en la ciudad de Ambato en la parroquia Montalvo en el barrio San Miguel, distribuyendo sus productos a nivel nacional e internacional.

Halley Corporación es la empresa líder del Ecuador en la fabricación de accesorios para la construcción, nació a partir de que el Ing. Jaime Palacios E, comenzó en el año 2003 con una pequeña fábrica de seguros de plásticos, no demoró mucho para que una de las más revolucionarias novedades llegara al campo del aluminio y vidrio.

La empresa actualmente produce accesorios para carpintería en aluminio y vidrio, accesorios para baño, material publicitario, además de objetos de protección industrial como son los cascos de seguridad.

Las exigencias del mercado han obligado a la empresa a ofertar las orejeras que complementa el kit de seguridad que actualmente está únicamente conformado por el casco de seguridad.

1.3 Justificación

Según se indica en los antecedentes la competencia nacional ha obligado a la empresa a complementar su kit de seguridad con protectores auditivo, la importancia de este proyecto radica en que se elaborará un molde de inyección de

plástico, contribuyendo así a la explotación de la industria y a la empresa, siendo esta la razón primordial por las que se pretende realizar el proyecto.

El interés por parte del autor de este proyecto de titulación radica en que podrá utilizar los conocimientos adquiridos en su vida estudiantil y adquirir experiencia.

La empresa Halley Corporación es el beneficiario de este proyecto ya que podrá ofertar una mayor gama de productos a sus clientes.

Este proyecto es viable económicamente ya que la empresa tenía planeado con anterioridad realizar el molde de las orejeras y se ha comprometido en su carta de compromiso a facilitar al autor de este trabajo los materiales, un tutor y la maquinaria con la que cuenta el área de matricería

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir un molde de inyección de carcasas de protectores auditivos de la empresa Halley Corporación.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar el sistema de inyección.
- Determinar el número de cavidades
- Diseñar el sistema de refrigeración del molde.
- Seleccionar el sistema de expulsión del producto inyectado

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN

2.1 Investigaciones previas

Zambrano [3] en su tesis logró simular el funcionamiento del molde con el software Inventor, realizó el análisis del llenado del fluido controlando factores del polímero como: las temperaturas recomendadas para cada etapa de la inyección, los tiempos de inyección, entre otros, controló valores de la máquina inyectora como: velocidad de inyección y la presión, realizó análisis de deformaciones de las partes que componen el molde, además realizar todo lo anterior lo comprobó con diferentes bibliografías. Las partes normalizadas y los aceros los adquirió de un proveedor local acelerando así el tiempo de producción.

Andino y Paucar [4] en su tesis realizaron el diseño y cálculo de los componentes de una forma muy detallada, además explica la etapa de producción con imágenes paso a paso, lo que proporciona al lector una idea de las ilimitadas posibilidades que brinda un taller que tiene maquinaria como: fresadora CNC, rectificadora, electro-erosionadora, que es maquinaria con la que también cuenta Halley Corporación en su taller de matricería y con la que se podría realizar el presente proyecto sin ningún inconveniente.

Flores [5] en su tesis diseñó un molde de inyección de una manera muy ordenada manejando información de múltiples fuentes, implementó la metodología DFMS y realizó diagramas idf-0, por lo que su tesis es una guía para el diseño de moldes de termoplásticos en colada fría.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Polímeros

Un polímero es un compuesto que está formado por la unión de una o más unidades simples llamados meros, formando largas cadenas que se unen entre sí. Lo que distingue a los polímeros de otros materiales son sus propiedades mecánicas, en general, los polímeros tienen una excelente resistencia mecánica, densidad baja

respecto de los metales y cerámicos (se excluyen los compuestos), buenas relaciones de resistencia a peso de ciertos polímeros (pero no todos), resistencia a la corrosión, baja conducción del calor y la electricidad (en la actualidad se están desarrollando polímeros conductores de electricidad y su importancia radica en el bajo costo que podrían tener). [6]

2.2.1.1 Clasificación de los polímeros

Los polímeros se dividen en plásticos y cauchos, los plásticos se dividen en dos grupos:

- Polímeros termoplásticos

Son materiales que a temperatura ambiente están en estado sólido y al calentarlos se vuelven líquidos, estos polímeros pueden sujetarse a repetidos ciclos de fundición sin que se degrade de forma significativa.

- Polímeros termoestables

Son materiales que al calentarlos a bajas temperaturas se pueden moldear, pero al calentarlos a elevadas temperaturas se convierte en un polímero que no se puede fundir, la principal característica es que al volverlos a calentar se degradan y carbonizan pero no se suavizan.

Los elastómeros (cauchos), son polímeros cuya principal característica es alargarse de gran manera si se les expone a esfuerzos mecánicos bajos. [6]

2.2.2 Procesos de conformado de polímeros

Una gran variedad de métodos son usados para producir productos de poliméricos. La elección del método de fabricación se da en la mayoría de los casos por la geometría de la pieza, los métodos más comunes de fabricación según [7] son:

- Inyección
- Extrusión
- Soplado
- Rotomoldeo

2.2.3 Inyección de polímeros

La inyección de polímeros es un proceso con el cual se pueden producir una amplia variedad de productos sometiendo el polímero a altas temperaturas para suavizarlos,

darles forma mediante altas presiones y endurecerlo mediante un sistema de enfriamiento.

Mediante la inyección se pueden obtener piezas de compleja geometría y peso variado en una sola etapa, lo que lo convierte en un proceso ideal para grandes producciones [8].

2.2.4 Descripción del proceso de inyección

El proceso de inyección de un polímero es el siguiente:

- El material es introducido en forma granular en la tobera de la máquina inyectora.
- El material es transportado, mezclado y fundido, para poder ser inyectado, el polímero aún está en la máquina inyectora.
- El material fundido es inyectado en un molde a altas presiones a través de una boquilla; todo el sistema se encuentra cerrado mediante uno de los elementos de una máquina inyectora llamada unidad de cierre.
- La material fundido se enfría y endurece mediante un sistema de refrigeración.
- La pieza solidificada es expulsada. [8]

2.2.5 Máquinas de inyección

Las máquinas de inyección consisten en 4 partes principales, ver la figura 1:

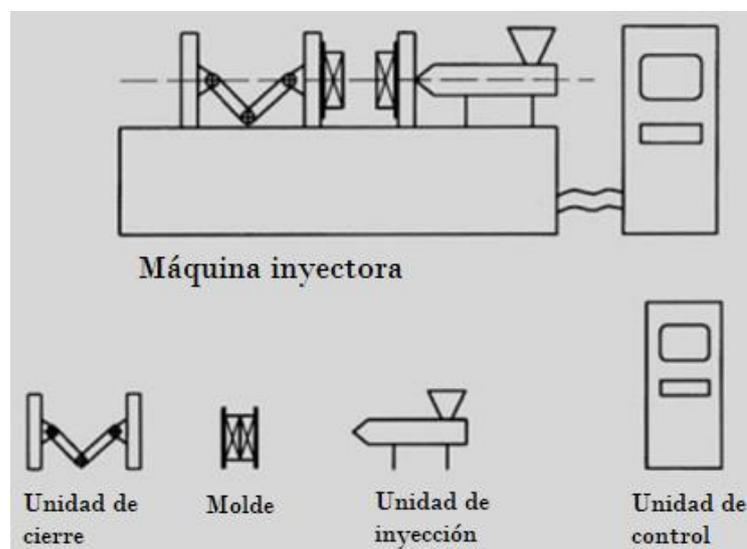


Figura 1. Elementos de una máquina inyectora [9].

- La unidad de inyección, es la parte que permite plastificar y forzar el polímero en el molde.
- La unidad de cierre, es la parte que permite abrir y cerrar el molde.
- La unidad de control de la máquina, es la parte que permite sincronizar todo el sistema.
- El molde en donde el material fundido adopta la forma deseada. [9]

2.2.6 Moldes de inyección

Un molde de inyección es un conjunto de piezas acopladas en donde el polímero fundido adopta la forma inversa de dos piezas huecas llamado núcleo y oquedad, es aquí en donde el polímero adopta los detalles del futuro sólido [8].

2.2.7 Partes de un molde de inyección

Los moldes de dos placas son los más comunes y a la vez más sencillos, es por eso que se lo utiliza a menudo para mostrar las partes de un molde, en la figura 2 se puede apreciar las partes más comunes de un molde de inyección.

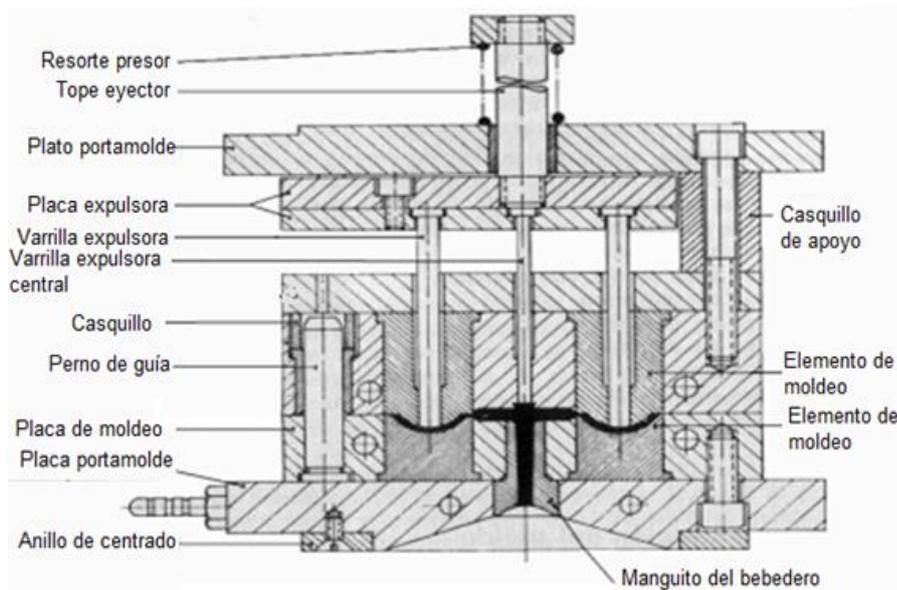


Figura 2. Partes de un molde de inyección [7]

2.2.7.1 Clasificación de los moldes de inyección

Debido a las amplias aplicaciones de los moldes de inyección es difícil considerar una clasificación que abarque a todos los moldes en diferentes categorías, pero generalmente en la bibliografía los clasifican según [9]:

La forma como fluye el material fundido:

- Moldes de colada fría

En este tipo de moldes el material fundido es transportado a través de los canales de alimentación desde el bebedero hasta las cavidades del molde.

- Moldes de colada caliente

Este tipo de moldes se caracteriza porque hay un calentamiento del polímero mientras es transportado hasta la cavidad

Por el número de placas:

- Moldes de 2 placas

Son los más simples e incluso los designan como moldes normales

- Moldes de 3 placas

Los moldes de 3 placas se caracterizan porque el bebedero y los canales son separados cuando las 3 placas están abiertas.

Por la presencia de mordazas

- Las mordazas o correderas en los moldes de inyección sirven para producir piezas con geometrías complejas

2.2.8 Consideraciones de diseño

Para realizar un producto de calidad se requiere de una estrategia cuyos pasos deben abarcar: diseño estético, diseño mecánico, diseño basado en materiales, diseño del molde, planeación de la manufactura y acabado, la posibilidad de que un producto tenga éxito en el mercado dependerá de la planeación que se realice.

2.2.8.1 Requerimientos de las piezas inyectadas

Un estudio bien elaborado de los siguientes aspectos disminuirá posibles problemas en el producto terminado [7]:

- **Cargas mecánicas**

Se debe evaluar las posibles cargas mecánicas a las que puede estar sometida la pieza inyectada como son: cargas estáticas, por impacto, vibraciones, fatiga, etc.

- **Temperatura**

La mayoría de los materiales cambian su resistencia al impacto u otras cargas dependiendo de la temperatura a la que es sometida, es importante conocer la aplicación que va a tener el producto para no cometer errores de diseño y remaquinado.

- **Exposiciones químicas**

Se debe comprobar que el material seleccionado no sufra cambios al ser sometido a químicos como: aceites, grasas, lubricantes, limpiadores, pinturas adhesivos, etc.

- **Exposición a la electricidad**

Se debe considerar si la pieza inyectada va a ser sometida a diferentes esfuerzos eléctricos y revisar la normativa para comprobar los requerimientos.

- **Condiciones climáticas**

La temperatura, humedad, rayos UV, entre otros factores afectan a las propiedades del polímero y su apariencia. Por ejemplo, las luces de navidad son expuestas a diferentes condiciones climáticas además del calor generado por la bombilla.

- **Radiación**

La forma más común por la que se presenta la degradación por radiación es la coloración amarilla o el desgaste del polímero.

- **Apariencia**

Los requerimientos estéticos pueden provocar muchos problemas al seleccionar un polímero; por ejemplo, al tener que seleccionar un polímero transparente se reducen considerablemente las opciones, especialmente en partes de gran claridad.

- **Normativa**

Siempre se debe verificar la normativa vigente en caso de que haya ensayos del material o limitaciones en el producto para que puede ser vendido en el mercado; por ejemplo, los juegos para niños deben cumplir con normativa para evitar daños de salud a menores por ingestión.

- **Expectativa de vida**

Los productos deben cumplir con cierto tiempo de vida, resistencia al agua, resistencia a diferentes cargas y tiempo de uso, en caso de ser necesario se debe someter al material a pruebas.

- **Tolerancia dimensional**

Muchos productos requieren de tolerancia para su correcto funcionamiento, recuerde que elaborar productos con altos requerimientos de tolerancia aumenta su costo. Use materiales con bajo porcentaje de contracción para mantener las tolerancias necesarias y ajuste el molde para colocar las tolerancias en la mitad del rango permitido o colocarlas en el límite que permita realizar cambios posteriores.

2.2.9 Capacidad de inyección

Es importante conocer la geometría de la pieza y su peso, con estos datos se puede calcular los requerimientos iniciales de la máquina inyectora y del molde.

2.2.10 Número de cavidades

Una cavidad es el espacio hueco formado por un núcleo y una oquedad en un molde, dependiendo de las cavidades se podrán producir una o varios sólidos en un solo ciclo.

Uno de los aspectos que se deberá tomar en cuenta al diseñar el número de cavidades es la rentabilidad, ya que un molde con mayor número de cavidades será más costoso y no será viable hacer múltiples cavidades si el producto no es vendido a igual velocidad de la que es producido [10].

2.2.11 Fuerza de cierre

La fuerza de cierre es la fuerza ejercida por la unidad de cierre que evita que el molde se abra mientras el material fundido es inyectado, dicha fuerza debe ser mayor que la fuerza de inyección generada por la presión de inyección del molde para garantizar el producto final, evitando así rebabas y deformaciones de la pieza.

2.2.12 Contracción

La contracción se define como el cambio dimensional de la pieza que se produce en la etapa de enfriamiento

La contracción es el motivo por el que al núcleo y a la oquedad se los debe hacer con mayores dimensiones para compensar el cambio dimensional, en el Anexo 1 se muestran porcentajes de contracción de los polímeros más utilizados.

2.2.13 Geometría de la pieza a inyectar

Según [7] si en una pieza a inyectar se aumenta el espesor de la pared, la contracción aumenta y se podrían presentar agujeros o deformaciones, se recomienda cambiar la geometría del modelo para evitar estos problemas, el incremento del espesor de la pared también produce un incremento en el peso, tiempo de ciclos y costos de materiales, en la figura 3 se indican las geometrías correctas al momento de diseñar las paredes de una pieza que va a ser inyectada.

Las piezas de paredes delgadas aquellas con menos de 1,5 mm de espesor pueden requerir equipos especiales de moldeo de alto rendimiento para lograr las velocidades de llenado y altas presiones.

Algunos materiales como el policarbonato pierden resistencia al impacto si el espesor supera el límite crítico de espesor.

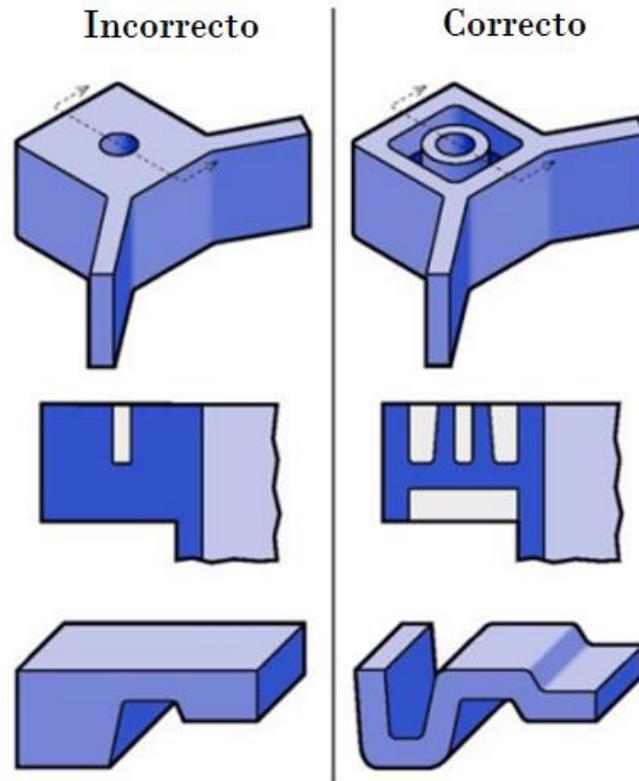


Figura 3. Consideraciones al momento de diseñar las paredes [7]

Los espesores que se recomienda dependiendo del material a inyectar pueden ser los que se presentan en el **Anexo 2**.

Se recomienda que el espesor de la pared en los redondeos sea constante, como se aprecia en la figura 4, el primer redondeo es demasiado pequeño en comparación con el radio interior por lo que podrían producirse roturas, el segundo es demasiado grande por lo que podrían producirse deformaciones, el tercer redondeo es el preferible para evitar problemas de deformaciones o roturas.

La transición en el cambio de espesor debe ser de una forma suave, el cambio debe ser de 3 a 1, por cada milímetro que baje el espesor se lo debe realizar en 3 mm de longitud, en la figura 5 se indican las transiciones más favorables para la transición para el cambio de espesor.

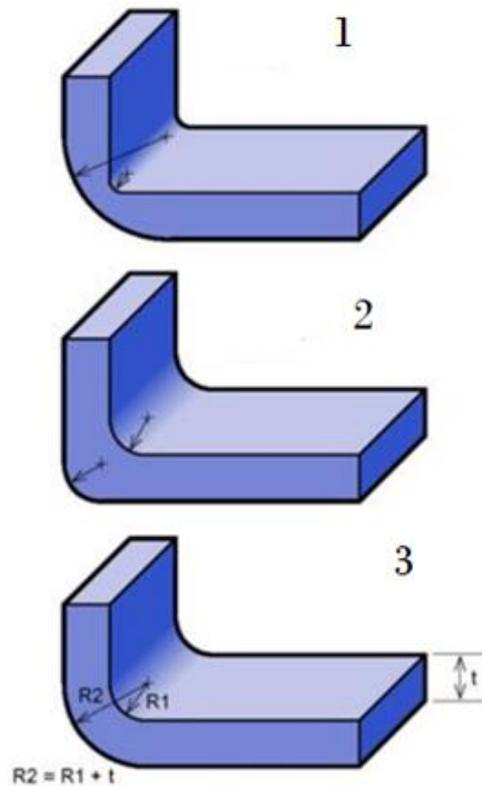


Figura 4. Espesor de la pared en los redondeos de un modelo [7]

Los nervios son elementos que aumentan la rigidez y la resistencia de los elementos sin tener que aumentar su espesor, el principal problema que conlleva un mal diseño de los nervios es la deformación del material en la superficie contraria como se puede ver en la figura 6.

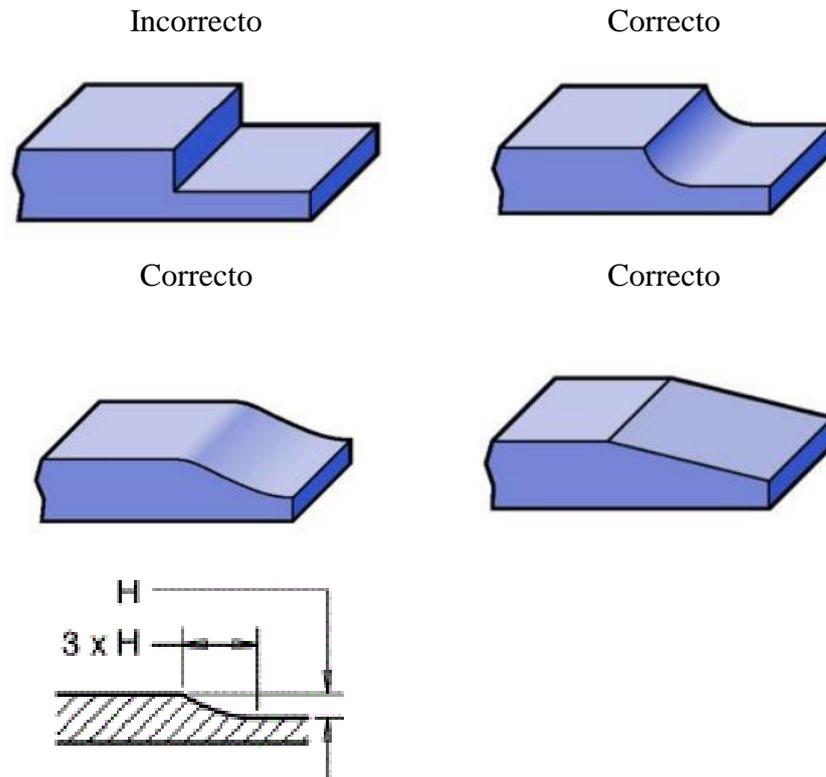


Figura 5. Transición en el cambio de espesor [7]

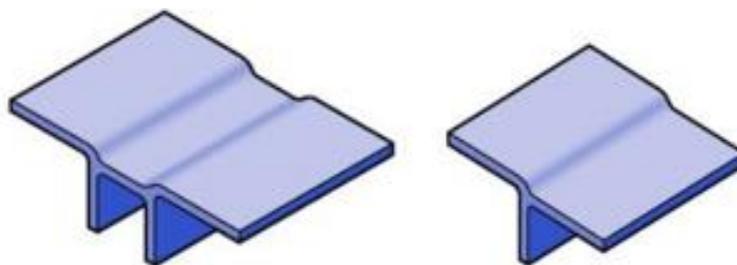


Figura 6. Contracción en la pared posterior de un nervio [7]

2.2.14 Ángulo de desmoldeo

Son los ángulos que tiene una pieza inyectada, que permiten una correcta extracción de la pieza del molde, los ángulos muy bajos incrementa la posibilidad de daño de la pieza en la extracción.

Se debe aplicar en las paredes del molde un acabado especial o tratamiento superficial para que la extracción no sea agresiva. Generalmente el acabado, la geometría y el sistema de expulsión determinan los ángulos de salida necesarios, que generalmente van desde 1 a 3° según [7].

2.2.15 Sistemas del molde

Para realizar el diseño del molde, se debe tomar en cuenta los siguientes sistemas:

- Sistema de alimentación
- Sistema de expulsión.
- Sistema de refrigeración

2.2.15.1 Sistema de alimentación

El sistema de alimentación lleva la fundición desde la entrada del molde (boquilla) hasta las cavidades, el correcto diseño de este sistema tiene como ventajas [9]:

- Ahorro de tiempo del ciclo
- Prevenir errores por enfriamiento breve de la pieza, así como el desgaste de todos los sistemas por tenerse que aumentar la presión en el proceso.
- Hacer innecesarias la implementación de métodos de corrección del molde por problemas en el producto final causados por la lenta velocidad inyección, altas temperaturas y presiones que se vuelven necesarias al incurrir en un error de diseño.
- Reducción de desperdicios

Al momento de diseñar este sistema se deben considerar los siguientes aspectos:

- Procurar utilizar la menor cantidad de material inyectado
- Buscar simetría

Las principales partes del sistema de alimentación (no los únicos) son: bebedero, canal principal, canal secundario, punto de inyección y la trampa del fluido; en la figura 7 se puede apreciar un sistema de alimentación.

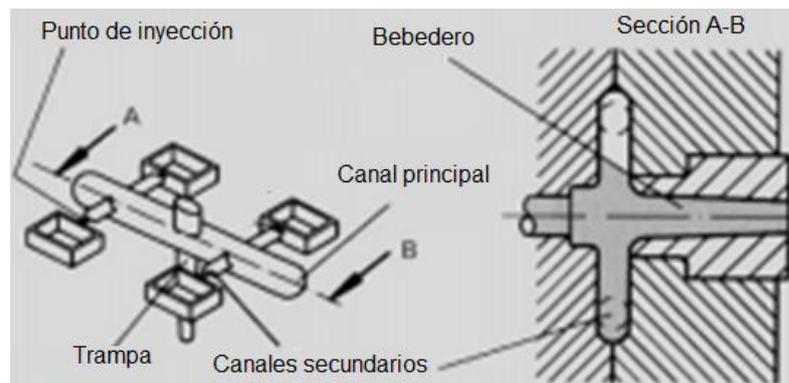


Figura 7. Partes principales de un sistema de alimentación [9]

El exceso de material de todas estas partes se denomina mazarota.

Bebedero: Es la parte que se forma al transmitir la fusión de la boquilla de la máquina inyectora hacia el canal principal, ejemplos de boquillas se muestran en la figura 8, en donde la boquilla C es la correcta por su radio y forma de conexión mientras que A es incorrecto por que el radio es muy pequeño y B es incorrecto porque el orificio de la boquilla de inyección es mayor que la del molde [10].

En múltiples moldes es necesaria solamente esta parte del sistema de alimentación (en general los que cuentan con solo una cavidad), esta parte del sistema tiene la forma de la boquilla del molde que en la mayoría de los casos tiene forma cóncava en su inicio.

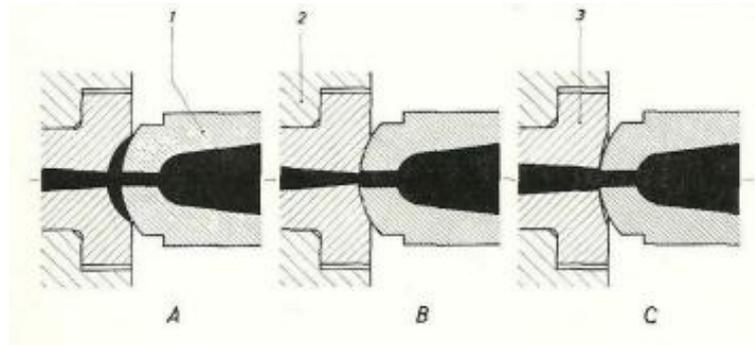


Figura 8. Formas de boquillas [14]

Canal principal: Esta parte del sistema conduce la fusión desde el bebedero hacia los canales secundarios, la principal característica que se busca es que se conduzca el fluido a la misma presión, temperatura y velocidad [9].

Cuando el fluido está en el canal principal las partes adyacentes (paredes) son las que se solidifican primero en dirección hacia el centro del canal, de ahí la importancia de controlar la temperatura del molde para garantizar el transporte del fluido con la mínima disminución de presión.

Para la distribución de los canales principales lo que se busca es que todas las cavidades se llenen al mismo tiempo, por lo que la distribución en patrones es lo más utilizado, se muestran en algunas distribuciones generalmente utilizadas en el Anexo 3.

Punto de inyección o canal de estrangulamiento: Esta parte del sistema une los canales principales o secundarios con la cavidad. La sección debe ser lo más

pequeña posible, ubicándolo en lugares donde las rebabas no afecten a la funcionalidad de la pieza y permita una correcta distribución del fluido. Esta parte del sistema se ve afectada principalmente por la viscosidad del fluido y un problema que generalmente conlleva un mal diseño es que al ser un punto de netamente de estrangulamiento afectará directamente a la presión [9] .

2.2.15.2 Sistemas de expulsión.

El sistema de expulsión permite la separación de la pieza cuando está suficientemente rígida (a la temperatura de expulsión) y no genere marcas o deformaciones en la pieza final. Los métodos usuales para la extracción de la pieza son: pines, placas, gravedad, aire asistido, una combinación de cualquiera de los anteriores o con una máquina (robot) [9].

2.2.15.3 Sistema de refrigeración

Según [7] un buen diseño del sistema refrigeración mantiene la temperatura requerida en las diferentes etapas de la inyección con un enfriamiento uniforme.

La optimización del enfriamiento del molde mejora la calidad de las piezas y genera ahorro de costos. Una refrigeración inadecuada puede producir niveles elevados de energía y aumentar la contracción en toda la parte, causando distorsiones y problemas dimensionales.

2.2.16 Materiales para la fabricación de un molde

Los materiales con los que se elaboran las partes de un molde de inyección se los elige esencialmente considerando la rentabilidad y por las exigencias impuestas a la pieza fabricada [11].

Los metales son los materiales más comúnmente utilizados para realizar los moldes de inyección, los metales presenta características particulares como: alta resistencia, ductilidad, tenacidad, maleabilidad, entre otras características que lo hacen un material idóneo para ser utilizados en moldes de inyección.

Los metales se clasifican en aceros y fundiciones, donde los aceros son los materiales de los que más a menudo se fabrican los moldes.

El acero es una aleación de hierro que contiene carbono desde 0.02% hasta 2.11%, los aceros tienen otros ingredientes de aleación como: manganeso, cromo, níquel y

molibdeno. Una clasificación de los aceros según [11] puede ser: aceros al carbón simples, aceros bajos de aleación, aceros inoxidable y aceros para herramienta con el fin de obtener una mejor organización.

2.2.16.1 Aceros al carbón simple

Estos aceros contienen carbono como elemento principal de la aleación, con pequeñas cantidades de otros elementos. Los aceros simples al carbono se especifican por un sistema de cuatro dígitos creado por el AISI y el SAE, como se puede ver en el Anexo 4. En el medio local se puede encontrar los aceros AISI 1018, AISI 1045 y A36, se los utiliza para piezas de mediana exigencia mecánica y donde la dureza del núcleo no sea importante.

2.2.16.2 Aceros de baja aleación

Son aleaciones de hierro-carbono que contienen elementos adicionales en cantidades que totalizan menos del 5% del peso. Los elementos adicionales dan a los aceros mejores propiedades como: mayor dureza, mayor dureza en caliente, mayor resistencia, mayor tenacidad e incluso combinaciones de las propiedades antes descritas. Los elementos comúnmente añadidos al acero son:

- Cromo (Cr): mejora la resistencia, dureza, resistencia al desgaste y dureza en caliente. En proporciones significativas el Cr mejora la resistencia a la corrosión
- Níquel (Ni): mejora resistencia y tenacidad, en proporciones significativas el Cr mejora la resistencia a la corrosión, junto con el cromo son los ingredientes principales de los aceros inoxidable.
- Manganeso (Mn): mejora resistencia, dureza del acero y la templabilidad
- Molibdeno (Mo): incrementa la tenacidad y dureza en caliente

En el Anexo 4 también se presentan las designaciones de muchos aceros de baja aleación.

En el mercado se pueden encontrar aceros como el AISI 4340 y el 4140, que se los utiliza generalmente en aplicaciones de alta exigencia, donde se requiere elevada tenacidad y resistencia, estos aceros no pueden estar en contacto con los polímeros o sistemas de refrigeración porque se corroerían si no cuentan con un tratamiento superficial, su estado de suministro es bonificado con 240-380 HB.

2.2.16.3 Aceros inoxidables

Son aceros altamente aleados diseñados para proveer alta resistencia a la corrosión, el elemento principal de los aceros inoxidables es el cromo con un porcentaje por arriba del 15%. El níquel es otro elemento que se emplea en ciertos aceros inoxidables para incrementar la protección contra la corrosión. El cromo forma una película de óxido, que en una atmósfera oxidante protege a la superficie de la corrosión.

Los aceros inoxidables se clasifican en: austeníticos, ferríticos y martensíticos, ver el Anexo 5.

Los aceros inoxidables se los utiliza en moldes de inyección, tienen un alto costo, pero la inversión inicial de éste tipo de aceros es normalmente inferior al costo de realizar repulidos o recubrir un acero convencional, generalmente se utilizan estos aceros cuando el proceso requiere exigencias a la corrosión elevadas

El acero AISI 420 es un acero que se puede utilizar en moldes de inyección y que se pueden encontrar en el medio sin problema, tienen un composición química de C=0,38% y Cr=14,3% aproximadamente, la dureza de suministro es de 225 HB máximo, se comercializa en estado recocido, presentando una excelente maquinabilidad, además tiene una buena resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y buena capacidad para ser pulido.

2.2.16.4 Aceros grado herramientas

Estos aceros poseen resistencia elevada, alta dureza, dureza en caliente, resistencia al desgaste y tenacidad, son comúnmente utilizados para herramientas de corte, troqueles, y moldes. La AISI clasifica a los aceros grado herramienta utilizando un prefijo de una letra, estas letras dividen a los aceros dependiendo de su aplicación y composición, como se puede ver en el Anexo 6.

- Los aceros grado herramientas de alta velocidad (T,M)

Se usan como herramientas de corte. Se formulan para que tengan gran resistencia al desgaste y dureza en caliente.

- Aceros grado herramienta para trabajo en caliente (H)

Se usan para hacer troqueles de trabajo en caliente para forjado, extrusión y moldes para fundición.

En el mercado nacional se pueden encontrar aceros como el H11, que posee alta resistencia a la corrosión, alta capacidad de ser pulido y alta resistencia al desgaste, aunque tiene baja maquinabilidad en estado de suministro.

➤ Aceros para herramientas para trabajos en frío (D)

Son usados en operaciones de trabajo en frío como moldear láminas metálicas, extrusión profunda, herramientas para laminar roscas, extrusión en frío y en forja.

Estos aceros se pueden usar como alternativa o complemento a otros aceros, cuando la resistencia a la corrosión no es indispensable, presentan alta resistencia al desgaste y estabilidad dimensional, pero baja tenacidad y maquinabilidad. En el medio es común encontrar el acero AISI D2, tiene una dureza máxima de 250HB y se suministra en estado recocido.

➤ Aceros grado herramienta de endurecimientos por agua (W)

Se usan para troqueles de cabezales en frío, se limitan a aplicaciones de bajo costo, solo pueden endurecerse por inmersión rápida en agua.

➤ Aceros para temple en aceite (O)

La designación de estos aceros es porque son endurecidos en aceite (oil), estos aceros presentan alta estabilidad dimensional después del tratamiento térmico y buena maquinabilidad, pero presentan baja resistencia al desgaste y baja tenacidad. En el medio local es común encontrar el acero AISI O1 con una dureza aproximada de 220 HB y se suministra en estado recocido.

➤ Aceros grado herramienta resistentes a golpes (S)

Son usados para cortes de lámina metálica, punzonado y operaciones de doblado donde se requiere de alta tenacidad.

➤ Aceros para moldes (P)

Se utilizan para fabricar moldes de plásticos, estos aceros ofrecen grandes ventajas a los diseñadores de piezas de plástico como: elevada resistencia al desgaste, óptima

conductividad térmica, óptima resistencia a la corrosión, excelentes propiedades de dureza, alta tenacidad y resistencia a la compresión, además de ofrecer: excelente maquinabilidad, alto grado de dureza, aceros de calidad uniforme y propiedades homogéneas del material.

Este tipo de aceros se utiliza principalmente para:

- Moldes grandes
- Placas porta machos y hembras sometidas a grandes esfuerzos
- Moldes con media resistencia al desgaste

En el medio local se puede encontrar el acero P20, tiene una dureza entre 280 y 400 HB, en estado de suministro esta endurecido y pre-templados, porque se podrían producir fisuras y alteraciones dimensionales en el temple.

- Aceros grado herramienta de baja aleación (L)

Son de uso general para herramientas de trabajo en frío, así como para piezas de maquinaria que requieren alta dureza y alta tenacidad.

2.2.17 Maquinaria CNC

Según [12] el control numérico puede definirse como un método para controlar la operación de una máquina CNC con una serie de instrucciones que puede comprender y ejecutar con exactitud. Las instrucciones codificadas formadas por números, letras y símbolos, se convierten en pulsos que los motores y controles de la máquina siguen para llevar a cabo las operaciones.

2.2.17.1 Ventajas de la utilización de sistemas CNC

Los sistemas CNC pueden presentar las siguientes ventajas:

- Posibilidad de simulación antes del mecanizado
- Elevado grado de precisión
- Disminución de errores
- Posibilidad de que un operario pueda utilizar varias máquinas a la vez
- Mecanización de productos de geometría complicada
- Aumento de niveles de seguridad del operador
- Reducción de desperdicios

2.2.17.2 Desventajas de la utilización de sistemas CNC

Los sistemas CNC pueden presentar las siguientes desventajas:

- Elevados costo de accesorios y maquinaria
- Necesidad de contar con operarios que puedan realizar la programación del sistema
- Altos costos de mantenimiento
- Mayores costos al mantener la maquinaria sin operar

2.2.17.3 Máquinas que utilizan CNC

El control numérico puede ser utilizado en cualquier máquina desde la más simple a la más compleja.

Según [12] las máquinas-herramientas más comunes que utilizan control numérico son las siguientes:

- Tornos

Es una máquina herramienta que consiste en un husillo rotatorio en el cual se fija la pieza, luego una cuchilla produce un arranque de viruta.

- Fresadora

Es una máquina herramienta que produce el corte de un material mediante una herramienta giratoria, la pieza a maquinar está montada en una banca que puede adoptar muchas posiciones diferentes para de esta manera exponer a la pieza al efecto de la herramienta cortante.

- Rectificadoras

Es una máquina herramienta que utiliza discos abrasivos para realizar mecanizados con mayor precisión dimensional y menores rugosidades que en el mecanizado por arranque de viruta.

2.2.18 Maquinado de alta velocidad (MAV)

Según [13], el mecanizado de alta velocidad es el proceso de eliminación de material de una pieza mecánica por medio de desprendimiento de viruta a velocidades de corte de 5 a 10 veces las utilizadas convencionalmente, por medio

de este proceso se aumenta la eficiencia, exactitud y la calidad de las piezas en menos tiempo y costo. El MAV sustituye las pasadas de gran profundidad a bajas velocidades de corte por muchas pasadas rápidas de menos profundidad, obteniendo mayor desprendimiento de viruta desalojada, por unidad de tiempo.

El MAV se basa en la teoría de que todo el calor es desalojado del proceso por medio de la viruta y la temperatura en el filo de la herramienta y en la pieza a maquinar se mantienen a temperatura ambiente, este hecho comienza a ciertas velocidades de corte y depende del material.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL PROYECTO .

3.1 Selección de alternativas

La selección de alternativas permite escoger el mejor material para que el proyecto cumpla con los requerimientos impuestos, tales requerimientos son: bajo costo de fabricación, bajo tiempo de elaboración, alto tiempo de vida, baja dificultad de elaboración y fácil mantenimiento.

3.1.1 Planteamiento de alternativas, criterios y sus ponderaciones

Se plantean las siguientes alternativas para los aceros que van a estar en contacto con el polímero

Se plantea utilizar los siguientes aceros como alternativas:

- a) Acero tipo P
- b) Acero inoxidable
- c) Acero de baja aleación con recubrimiento de cromo

En la tabla 1 se plantean los criterios y ponderaciones que tendrán las alternativas.

Tabla 1. Criterios y ponderaciones para las alternativas de los materiales.

CRITERIO	BUENA 2+	REGULAR 1+	MALA 0+
Costo	6	5	4
Resistencia al desgaste	5	4	3
Maquinabilidad	4	3	2
Mantenibilidad	3	2	1

3.1.2 Calificación de alternativas

En la tabla 2 se presenta la calificación de las alternativas con respecto al material que va a estar en contacto con el polímero en base a los criterios y ponderaciones.

Tabla 2. Análisis de alternativas con respecto al material.

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Total
Acero tipo P	5	5	4	3	17/18
Acero inoxidable	4	5	3	3	15/18
Acero de baja aleación	6	3	4	1	14/18

3.1.3 Conclusiones de las alternativas

Con el acero P20 se obtiene una disminución de costos en comparación con el acero inoxidable y es más fácil de manipular que un material que debe recibir un tratamiento térmico, debe ser recubierto, lijado y pulido, que es el caso del acero de baja aleación. Las series de producción, la abrasión del polímero a inyectar y presiones no significan ningún problema para ninguno de los materiales de las alternativas, pero [14] recomienda utilizar en estos casos el acero P20.

3.2 Cálculos

3.2.1 Determinación de los requerimientos para el diseño del producto

Para el diseño de las orejeras se tomó en cuenta:

3.2.1.1 Diseño estético

Para el diseño de las orejeras se buscó un aspecto atractivo sin perder ningún aspecto de su funcionabilidad, se muestran las orejeras en la figura 9.

3.2.1.2 Diseño con respecto al material

Las orejeras van a tener que estar a la intemperie por lo que el polímero debe soportar las cargas climáticas, como lluvia y radiación solar; además el polímero va a estar en contacto con sustancias químicas como grasas, aceites, limpiadores, etc.; todas estas exposiciones las va a tener que sobrellevar sin perder su apariencia lustrosa o deformarse, por lo que el material seleccionado para las orejeras es el

ABS; este polímero cumple con las necesidades de: rigidez, resistencia a ataques químicos, dureza, resistencia a impactos y el brillo que necesita el producto.

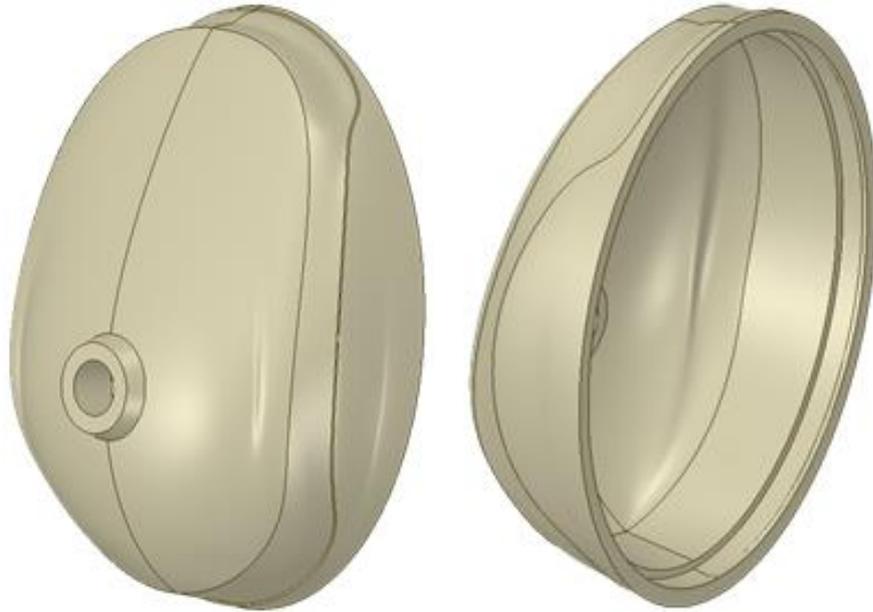


Figura 9. Orejeras para cascos de seguridad.

3.2.1.3 Diseño con respecto a la geometría

La geometría de la pieza tiene una forma muy compleja, las orejeras tienen que ensamblarse con una tapa y un sujetador, para que la orejera pueda ensamblar con la tapa es necesario que las medidas de 101,4 mm y 78 mm, sean los ejes mayor y menor de una elipse y para que pueda ensamblarse con el sujetador es necesario que el agujero tenga un diámetro de 10mm, como se puede ver en la figura 10.

En la figura 11 se puede ver la forma de la sección transversal de la orejera. En la figura 12 y figura 13 se pueden ver las pestañas que permitirán que la tapa embone y evitarán que las almohadillas caigan,

Se ha mantenido el espesor que se recomienda en el Anexo 2 en toda la pieza, y en su mayoría va desde 2 a 2.5 mm, los cambios de espesor podrían significar un problema si se lo realiza de forma brusca, en la figura 11 se pueden ver los cambios de espesor de una manera suave y continua como se sugiere en la figura 5, por lo que no se comprometerá a la pieza al momento de inyectar. De igual forma no hay acumulaciones de material como sugiere la figura 3, por lo que se disminuye la posibilidad de que haya contracciones o roturas.

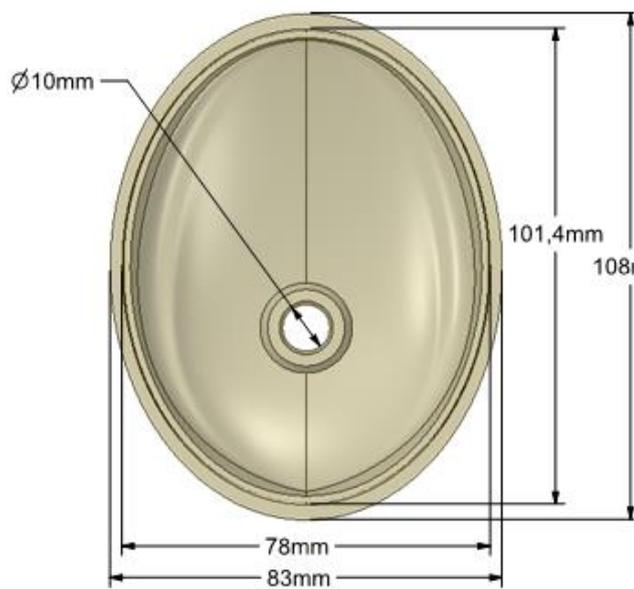


Figura 10. Vista inferior de la orejera.

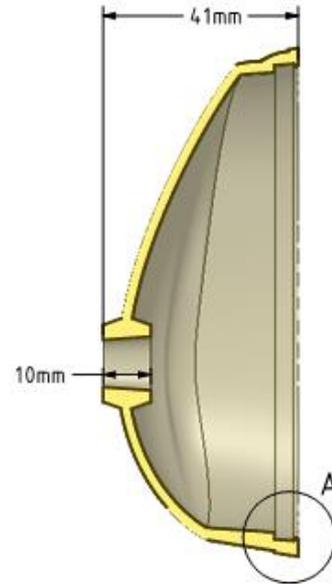


Figura 11. Vista de corte



Figura 12. Pestaña para ensamblar la tapa.

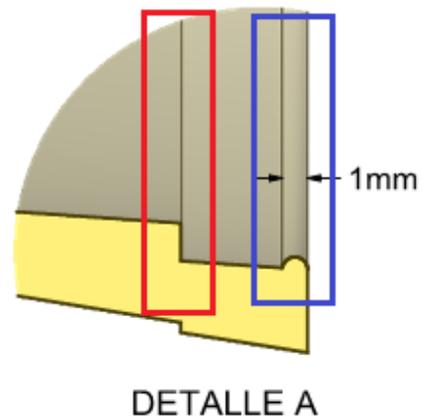


Figura 13. Detalle correspondiente a la figura 11.

El ángulo de desmoldeo se ha tomado de 2° , como recomienda [7], en la figura 14 se puede ver señaladas las caras que cuentan con el ángulo de desmoldeo.

3.2.2 Contracción

Según [15] la contracción del ABS puede ir desde 0.4% hasta 0.7%, como se ve en el Anexo 1, para empezar con la elaboración del núcleo y la oquedad será necesario escalar la orejera a un valor promedio de 0.55%, como se en la figura 15.

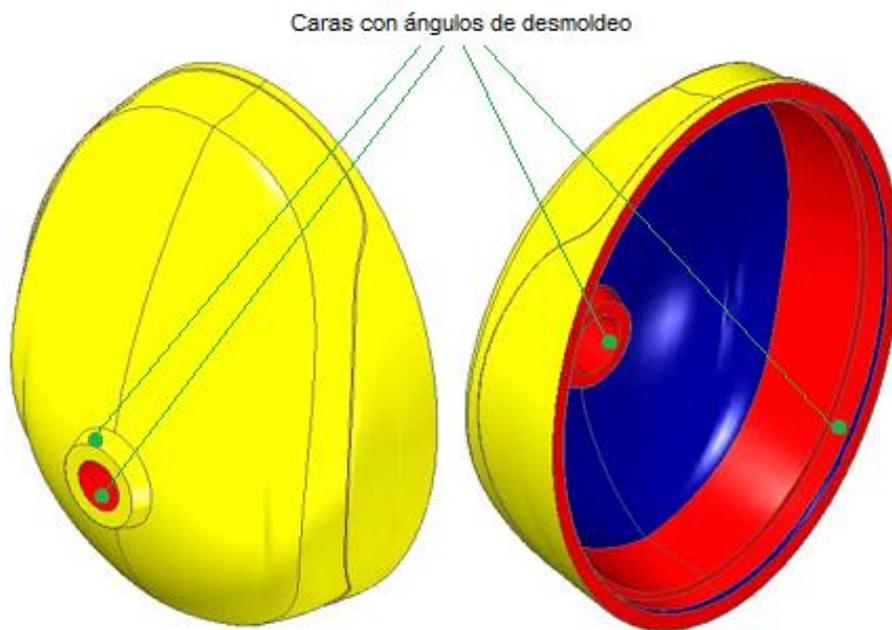


Figura 14. Pieza con ángulos de desmoldeo.

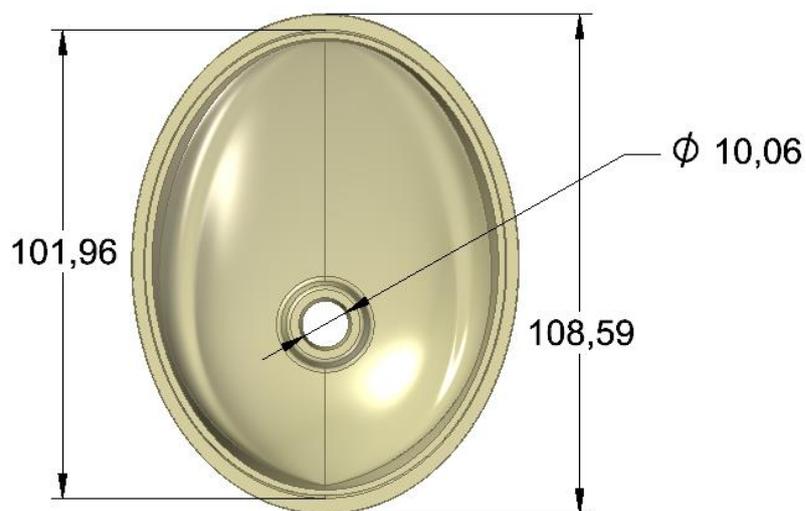


Figura 15. Orejera escalada con sus principales medidas.

3.2.3 Características de la máquina inyectora

Se cuenta con la máquina inyector Milacron 110B, que tiene las siguientes características:

- Volumen de inyección= 94 cm³.
- Peso máximo de carga = 97 gr
- Presión de inyección= 218 MPa

- Fuerza de cierre = 980 KN
- Distancia máxima entre barras = 459 x 409 mm.
- Velocidad mínima de inyección=0.2m/s

3.2.4 Cálculo del número de cavidades

Para determinar el número de cavidades con las que va a contar el molde se tendrá que realizar los cálculos basados en la máquina inyectora y su capacidad de inyección, se deberá utilizar la siguiente formula [10]:

$$n = Sv/Av \quad (1)$$

Donde:

n: Es el número de cavidades

Sv: Volumen máximo de inyección de la máquina

Av: Volumen de la pieza más las mazarota

El volumen de la orejera obtenido mediante software es de 35.2 cm³, al reemplazar el valor del volumen de la ecuación 1 se obtiene 2.67 cavidades, por el volumen de la orejera el máximo número de piezas que podrá inyectar esta máquina es de 2, por lo que el molde será diseñado para este número de cavidades, no se toma el inmediato superior porque del valor de n porque se sobre pasaría la capacidad de la máquina inyectora.

3.2.5 Fuerza de cierre

Según [10] la fuerza de cierre debe ser mayor que la fuerza de inyección generada por la presión de inyección del molde para garantizar el producto final, para calcular la fuerza de cierre se utiliza la ecuación 2:

$$F = A * P \quad (2)$$

Donde

F: Es la fuerza de inyección

A: Es el área proyectada

P: Es la presión interior generada por el polímero

En la figura 16 se muestra el área proyectada de una pieza inyectada con respecto a la dirección de cierre del molde.



Figura 16. Área proyectada [10]

Para calcular la presión interna en la cavidad según [16] es necesario contar con la longitud desde el bebedero hasta el punto más lejano de una cavidad, como se puede ver en figura 17, esta distancia es de 220 mm.

La figura 17 muestra la distancia entre el bebedero y el punto más lejano de las cavidades, estas medidas son de alta importancia para cálculos posteriores.

Del Anexo 7, con espesor de 2.5mm y longitud de 220mm se determina que la presión es de $2600\text{N}/\text{cm}^2=26\text{MPa}$.

El área proyectada de las 2 cavidades obtenida mediante software es de 140 cm^2 y al reemplazar los valores en la ecuación 2 se obtiene la fuerza de cierre igual a 364 KN.

Según [10] la presión en las cavidades es de 30% a 20% la presión inyección, por lo tanto la presión de inyección irá de 81 Mpa a 120 Mpa, el menor valor deberá ser introducido en la máquina inyectora al momento de ajustar la máquina y deberá ser aumentado si las piezas presentan burbujas, piezas muy livianas e incompletas.

La presión en las cavidades de 26 MPa, la presión de inyección máxima de 120 MPa y la fuerza de cierre de 364 KN, están muy por debajo de los parámetros que puede soportar la máquina inyectora por lo que esta máquina efectivamente podrá ser usada para la producción de las orejeras.

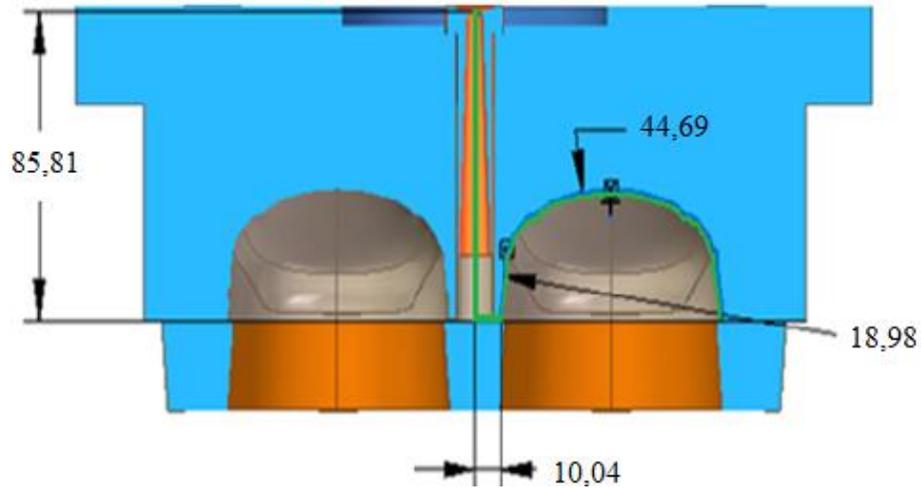


Figura 17. Distancia desde el bebedero hasta el punto más lejano de la cavidad.

3.2.6 Diseño del sistema de alimentación

Bebedero: Para determinar el diámetro (d_A) de la boquilla, [17] ofrece un diagrama en función de la suma de los pesos de la pieza y de los canales que forman el sistema de alimentación, como se muestra en Anexo 8.

La masa total será igual a la masa de las 2 piezas inyectadas, la masa de las piezas es: $37\text{gr} \cdot 2 = 74\text{ gr}$, del Anexo 8 se observa que el diámetro puede ser de 5mm.

En [15] se presenta una guía donde sugiere medidas para el bebedero, como se puede apreciar en la figura 18, donde:

$$d_f \geq S_{max} + 1.5\text{mm} \quad \alpha \geq 1^\circ \dots 4^\circ \quad (3)$$

En la figura 18, S_{max} es igual al diámetro del canal principal, por lo tanto $d_f \geq 4 + 1.5 = 5.5\text{ mm}$ y el ángulos debe ir entre 1° y 4° recomendados por [15], en este caso se ha tomado el valor promedio de 2.5° .

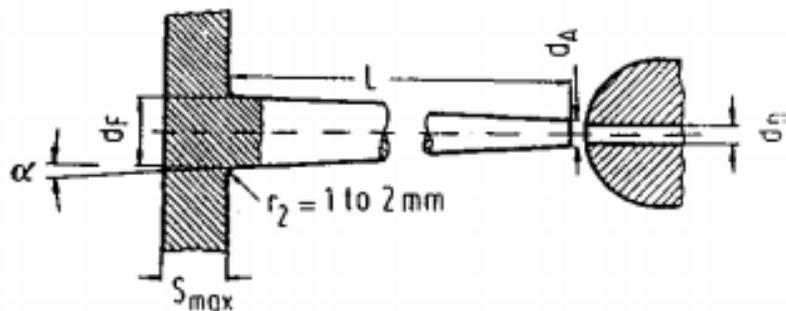


Figura 18. Guía para el dimensionamiento del bebedero [15]

Canal principal: Estos canales han sido omitidos porque la disposición geométrica de las 2 orejeras no hacen necesario su utilización, además, si se utilizan canales sería necesario aumentar el tamaño de las placas lo cual no es posible porque la distancia entre barras de la máquina inyectora no lo permite.

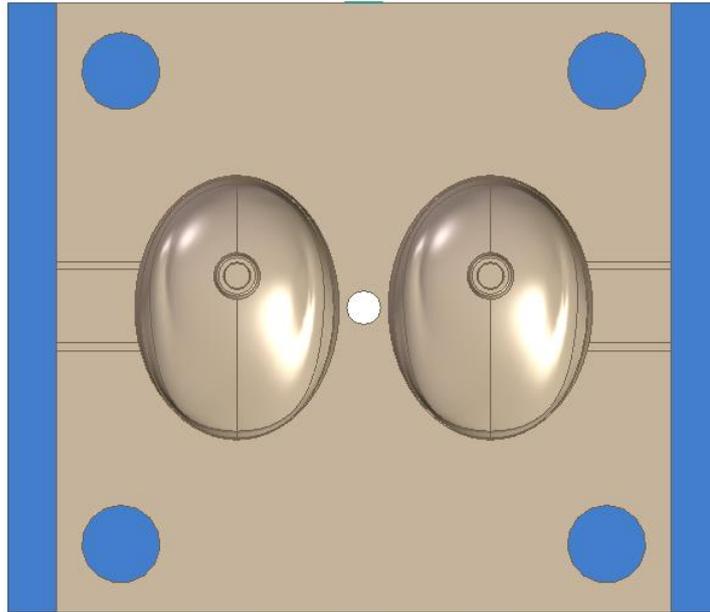


Figura 19. Placa hembra y placa porta hembra.

En la figura 19 se muestra la disposición de las cavidades en la placa hembra, si se utilizan canales se reduciría la superficie de la placa porta hembra que es necesaria para embridar el molde y se dificultaría la extracción de las orejeras.

Punto de inyección o canal de estrangulamiento: En [15] se presenta una guía para diseñar puntos de inyección con medidas que el autor recomienda, como se puede apreciar en el Anexo 9.

El alto y ancho de los puntos de inyección recomendado es de 0.7 – 1.2 mm, se utilizará el valor promedio de 1mm para el ancho y de 0.7 mm para el alto. La longitud de los canales de estrangulamiento deben ser las mismas para todas las cavidades y deben ir de 1.1 – 1.8 mm, el valor utilizado será el promedio igual a 1.5mm.

Expulsión de aire: Al momento de inyectarse el polímero el aire existente en la cavidad debe ser expulsado, en caso de que esto no suceda la pieza inyectada tendrá rechupes o deformaciones.

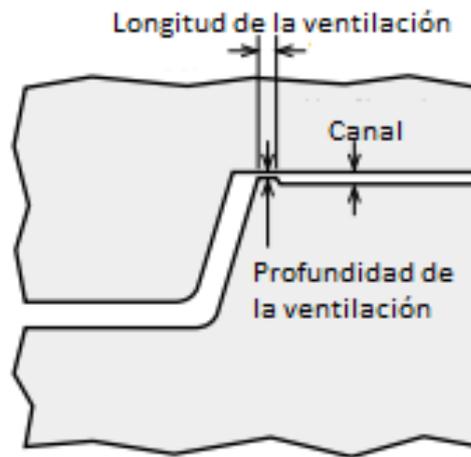


Figura 20. Ventilación del molde [7]

La figura 20 muestra la geometría de la ventilación de un molde según [7], que sugiere que la profundidad de las ventilas sea de 0.025 a 0.05 mm, debe tener una longitud de 3.8 a 7.2 mm y el ancho debe tener una relación de 3 a 1 con respecto a la longitud, para el caso del ABS, al cumplirse la distancia de la longitud antes mencionada, la ventilación (canal) debe aumentar su profundidad a una medida mayor de 1 mm. Para este trabajo se van a utilizar todos los valores promedio, por lo tanto la profundidad será de 0.0375 mm, la longitud será de 5.5mm y el ancho será de 1.8mm.

3.2.7 Diseño del sistemas de expulsión.

El sistema de expulsión se lo realizará con una placa expulsora, ver figura 21. Esta placa en el momento de la inyección está alojada en la placa porta machos y se encuentra alojando a los machos, sus caras laterales tienen ángulos de inclinación para que los machos se deslicen sin problemas al momento de la extracción. Ver figura 21.

Cuando empiece la expulsión la placa expulsora será desplazado por pines expulsores y forzará a la orejera a salir, ya que la base de las orejeras está en contacto directo con la placa expulsora, ver en la figura 22

Para facilitar la expulsión de las orejeras se usó un lubricante antiadherente de la marca 3M, ver Anexo 10, según [18] este lubricante es resiste altas temperaturas y ayuda a prevenir la corrosión lo que lo convierte en un lubricante ideal para la inyección de polímeros.

Caras afectadas por los ángulos de inclinación

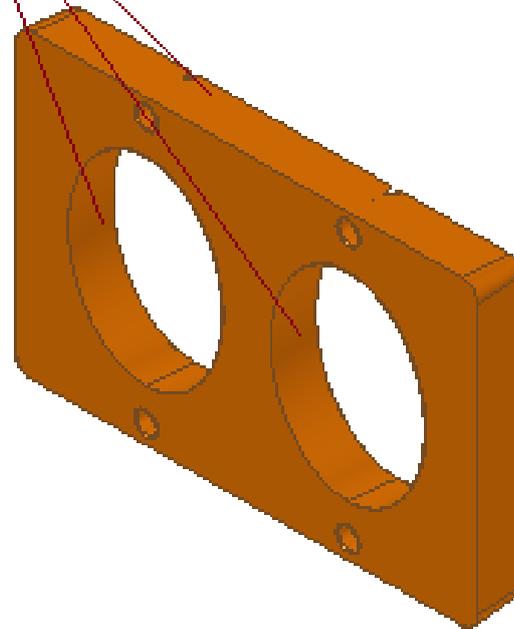
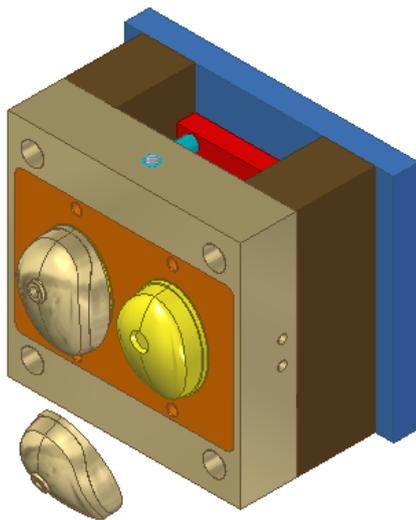


Figura 21. Placa expulsora.

1



2

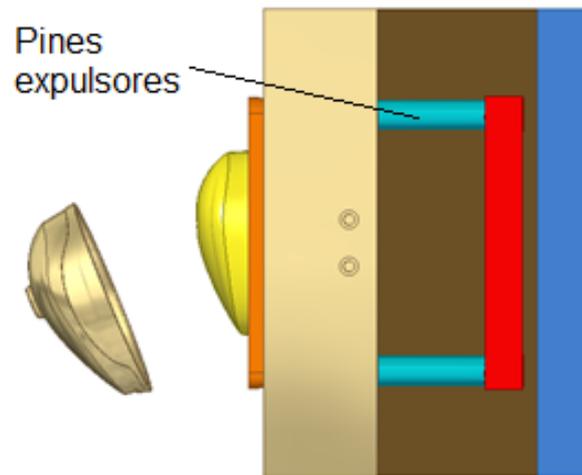


Figura 22. Expulsión de la orejera.

3.2.8 Diseño del sistema de refrigeración

Según [7] un buen diseño del sistema refrigeración mantiene la temperatura requerida en las diferentes etapas de la inyección con un enfriamiento uniforme. La

optimización del enfriamiento del molde mejora la calidad de las piezas y genera ahorro de costos. Refrigeración inadecuada puede producir niveles elevados de energía y aumentar la contracción en toda la parte, causando distorsiones y problemas dimensionales, según [19] la diferencia de temperatura en las paredes de la cavidad debe estar entre un 5 –10% para plásticos amorfos y 2,5 – 5% para semi-cristalinos.

El proceso inicia con la inyección del polímero para lo cual las paredes de las cavidades se deben encontrar a la temperatura requerida, es aquí (en la inyección) donde va a haber un intercambio de calor entre el polímero y las paredes del molde, posteriormente las piezas deben ser enfriadas a temperatura de desmoldeo para poder ser extraídas. El enfriamiento se produce generalmente por agua o aceite y la forma de los conductos es circular o rectangular.

3.2.8.1 Tiempo del ciclo

Según [20] el tiempo del ciclo t_K es determinado por la ecuación 4:

$$t_K = t_{Ll} + t_k + t_R \quad (4)$$

Donde:

t_k =Tiempo de enfriamiento

t_{Ll} = Tiempo de llenado

t_R =Tiempo de reseteo

El tiempo total del ciclo según [20] es el tiempo necesario para llenar las cavidades, canales y bebederos, enfriar las piezas, abrir el molde, expulsar la pieza y cerrar el molde.

3.2.8.2 Tiempo de enfriamiento

En [10] se presenta un nomograma para determinar el tiempo de enfriamiento necesario en una pieza inyectada, donde se ocupan la ecuación 5 y la ecuación 6:

$$T_E = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \quad (5)$$

$$T_{EE} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_e - \theta_W} \quad (6)$$

Donde:

T_{EE} = Ritmo de enfriamiento en el centro

T_E = Ritmo de enfriamiento en la superficie

θ_M = Temperatura de inyección

θ_W =Temperatura del molde

θ_E =Temperatura media de desmoldeo

θ_e =Temperatura media de desmoldeo en el centro de la pieza

s = Es el espesor de la pieza

a = Difusividad térmica

t_k =Tiempo en segundos

Según [10] la temperatura promedio de inyección del ABS es 235 °C, la temperatura promedio a la que deben estar las paredes del molde es 65 °C y la temperatura promedio de desmoldeo es 80°C, como se puede ver en el Anexo 11.

Para obtener la difusividad térmica [21] presenta un diagrama para obtener la difusividad del ABS, del Anexo 12 se obtiene un $a = 0.086 \text{ mm}^2/\text{s} = 0.00086 \text{ cm}^2/\text{s}$.

Se aplicará la ecuación , la cual nos permitirá para obtener el ritmo de enfriamiento en el centro de la orejera, al escoger T_{EE} en lugar de T_E se disminuye la posibilidad de deformación al extraer la orejera, al sustituir los valores en la ecuación 6 se tiene un ritmo de enfriamiento en el centro de 11.33.

Con el nomograma del Anexo 13 se obtiene el tiempo de enfriamiento $\approx t_{k1} = 20 \text{ s}$, junto al nomograma se presenta un resumen de cómo utilizar el nomograma de forma correcta.

En [7] se presenta un diagrama donde también se puede determinar el tiempo de enfriamiento de una manera muy fácil, ver el Anexo 14, donde se obtiene un $t_{k2} = 20 \text{ s}$.

El tiempo de enfriamiento obtenido con el nomograma del Anexo 13 es igual al obtenido con el Anexo 14, por lo que se puede tener total confianza de la certeza de este valor.

3.2.8.3 Tiempo de llenado

El tiempo de llenado según [22] se lo determina mediante el Anexo 15, en donde se indica que el tiempo necesario para llenar las orejeras será de 2.7 s:

En [23] indica que este tiempo está dentro de los rangos normales del tiempo de llenado, en el caso de ser este tiempo muy bajo provocará piezas incompletas o deformes y en el caso de ser muy alto provocará piezas muy pesadas y con contracciones internas.

3.2.8.4 Tiempo de reseteo

Según [20] el tiempo de reseteo puede ser obtenido mediante la ecuación 7:

$$t_R = 1.75 * t_d * \left(\frac{2*j+0.05}{L_j} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Donde:

t_d = Es el tiempo de secado = 2.5 h, ver Anexo 17

j = Es la máxima profundidad de la cavidad = 41.16 mm = 0.0416 m, ver la figura 17

L_j = Máxima apertura del molde = 93 mm = 0.093 m

Al reemplazar los valores en la ecuación 7 se tiene un tiempo de llenado de 4.4s

En [20] se menciona que el factor 1.75 es añadido para compensar la diferencia de temperatura entre el cerrado y apertura del molde, al igual que el factor 0.05 se añade para compensar la altura de la pieza a inyectar.

El tiempo necesario para que la pieza adquiriera la temperatura necesaria para ser enfriado es de 20 s, el tiempo necesario para llenar los bebederos y las cavidades es de 2.7 s y el tiempo necesario para abrir el molde, expulsar las orejeras y cerrar el molde es de 4.4 s. El tiempo necesario para que se cumpla el ciclo se lo obtendrá al aplicar la ecuación 4, se obtiene un tiempo del ciclo de 27.1 s.

3.2.8.5 Balance de energías

Para que existe un equilibrio de los calores que entran y salen del sistema durante el proceso de inyección debe haber un balance de energías como indican [19] y [10]:

$$\dot{Q}_P = \dot{Q}_W + \dot{Q}_{CV} + \dot{Q}_{CD} + \dot{Q}_R \quad (8)$$

Donde:

\dot{Q}_P = calor transferido por el polímero inyectado

\dot{Q}_W = calor quitado por el refrigerante

\dot{Q}_{CV} = calor perdido por convección

\dot{Q}_{CD} = calor perdido por conducción

\dot{Q}_R = calor perdido por radiación

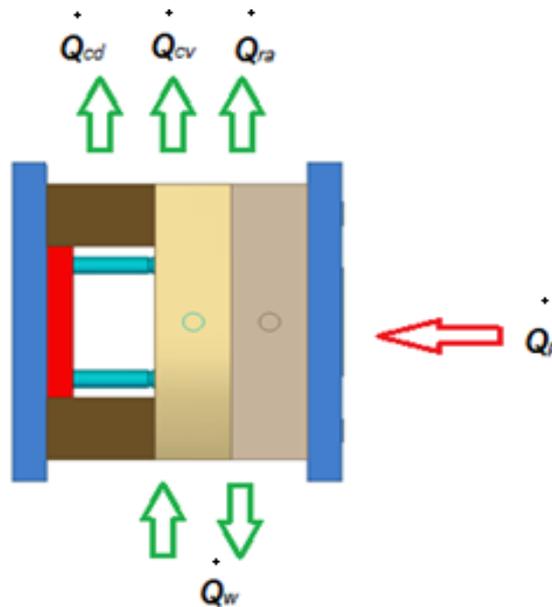


Figura 23. Transferencia de calor en la inyección [19]

En la figura 23 se puede ver como el único calor que entra en el sistema es el del polímero inyectado (\dot{Q}_P), mientras que el resto de calores (\dot{Q}_{CV} , \dot{Q}_{CD} , \dot{Q}_R , \dot{Q}_W) están saliendo del sistema, con lo que existe un equilibrio térmico

El valor del calor transferido por el polímero (\dot{Q}_P) se calcula por medio de la diferencia de las entalpías del polímero inyectado según [19], con la ecuación 9:

$$\dot{Q}_P = \frac{m \cdot (h_1 - h_2)}{T_k} \quad (9)$$

Donde:

h_1 = Es la entalpía del polímero en la inyección igual a 361 KJ/Kg, ver el Anexo 18

h_2 = Es la entalpía del polímero antes de la expulsión igual a 89.5 kJ/Kg ver el Anexo 18

m = Es la masa total del polímero, la masa se obtuvo con la densidad obtenida del Anexo 16.

t_c = Es el tiempo del ciclo y es de 27.1 s, ver el Tiempo del ciclo de la pág. 34

Al sustituir los valores en la ecuación 9 se obtiene un calor transferido por el polímero de 721 W y será este valor la cantidad de calor que se deberá disipar por medio de la refrigeración y por pérdidas de conducción, convección y radiación.

3.2.8.6 Calor perdido por convección

El valor del calor perdido por convección (\dot{Q}_{CV}) según [19] se calcula con:

$$\dot{Q}_{CV} = A_f * \alpha_{Air} * (T_M - T_A) \quad (10)$$

Donde:

A_f = Área libre del molde (en contacto con el aire) igual a 0.3 m² obtenido mediante software.

α_{Air} =Coeficiente de transferencia de calor del aire. Para ambientes ligeros aproximadamente 8 W/m²*K [10].

T_M = Temperatura de las paredes externas del molde, ver más adelante

T_{Amb} = Temperatura del ambiente es igual a 22 °C

En [10] se menciona que la temperatura de las paredes del molde puede determinarse de tres formas:

- T_M igual a la temperatura del polímero fundido
- T_M igual a la temperatura del refrigerante
- T_M igual a la temperatura de los canales de refrigeración

Según [10] en el primer caso y segundo se obtienen respuestas muy permisibles y solo son aceptables para moldes muy pequeños y en el tercer caso se utiliza la temperatura del refrigerante para obtener T_M , según [24] existe una correlación estrecha entre la temperatura media del circuito de enfriamiento y la temperatura exterior del molde, además menciona que la temperatura de los canales nunca

supera a la temperatura del refrigerante en 5 °C; se utilizará el tercer caso para obtener el valor de T_M .

La temperatura ambiente del agua es de 15 °C según [25], al suponer la temperatura de la paredes del canal están 5 °C más calientes, se tendrá una temperatura media del ciclo de 17.5 °C, por lo que $T_M=41$ °C, ver el Anexo 19.

Al sustituir los valores en la ecuación 10 se tiene un calor perdido por convección de 45.6 W.

3.2.8.7 Calor perdido por conducción

El valor del calor perdido por conducción (\dot{Q}_{CD}) se calcula con la ecuación 11, según [19]:

$$\dot{Q}_{CD} = A_t * \beta_M * (T_M - T_A) \quad (11)$$

Donde:

A_t =Área del molde en contacto con la máquina inyectora igual a 0.13m² obtenido mediante software

β_M = Factor de proporcionalidad. Para acero al carbono es aproximadamente 100 W/ (m²*K) [10].

T_M = Temperatura de las paredes externas del molde igual a 41 °C, ver el Calor perdido por convección de la pág. 38.

T_A =Temperatura del ambiente igual a 22°C

Al sustituir los valores en la ecuación 11 se tiene un calor perdido por conducción igual a 247 W.

3.2.8.8 Calor perdido por radiación

El valor del calor perdido por radiación (\dot{Q}_R) según [19] se calcula con:

$$\dot{Q}_R = A_f * C_S * \varepsilon * \left[\left(\frac{T_{abs.M}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{abs.A}}{100} \right)^4 \right] \quad (12)$$

Donde:

C_S =Constante de radiación 5.77 W/(m²*K⁴) [10].

ε =Emisividad 0.1 para materiales pulidos [10].

$T_{abs.M}$ = Temperatura absoluta de las paredes del molde es igual a 41 °C más 273 °C, ver el Calor perdido por convección de la pág. 38.

$T_{abs.A}$ = Temperatura absoluta del ambiente igual a 22 °C más 273 °C

Al sustituir los valores en la ecuación 12 se obtiene un calor perdido por radiación de 3.7 W.

Al obtener los valores de las pérdidas de calor por convección, conducción y radiación ahora se puede sustituir en la ecuación 8 y obtener el valor del calor quitado por el refrigerante es de 571 W y servirá para realizar una comprobación de los valores obtenidos hasta ahora, además servirá para obtener el flujo másico a través de los conductos.

3.2.8.9 Comprobación del sistema de refrigeración

Para comprobar si el sistema de refrigeración está dentro de los rangos de diseño [20] sugiere determinar la temperatura de la pared de la cavidad (T_{PC}) con características del molde ya impuestas. Para determinar la temperatura de la cavidad se utiliza la ecuación 13.

$$T_{PC} = T_{CR} + \frac{S_{KK} * \dot{Q}_P * n}{2 * \lambda_p * A} \quad (13)$$

Donde:

T_{CR} = Temperatura del canal de refrigeración = 20°C, ver el Calor perdido por convección en la pág. 38.

S_{KK} = Distancia del centro del canal de enfriamiento al borde de la placa = 0.02 m

\dot{Q}_P = Calor transferido por el polímero = 721 W

λ_p = Conductibilidad térmica de la pared = 34.5 W/m°C, ver el Anexo 20

A = Área proyectada de las orejeras = 0.014m²

n = Es el número de cavidades = 2

El diámetro de los canales de refrigeración son de 8 mm como recomienda [7] y la distancia a la pared se ha tratado de mantener en 20 mm ver el Anexo 21. Al reemplazar los valores en la ecuación 13 se obtiene una temperatura del canal de

refrigeración de 50 °C, este valor entra entre los límites sugeridos por [10] por lo que el sistema de refrigeración está correctamente diseñado, ver el Anexo 11.

Al aplicar la ecuación 14 se obtendrá el valor del flujo másico de refrigerante que deberá tener el sistema, según [19].

$$\dot{m} = \frac{Q_W}{C_W*(T_{SAL}-T_{En})} \quad (14)$$

Donde:

\dot{m} = Es el flujo másico

C_W = Es el calor específico del agua = 4.196 KJ/Kg.°K [25].

T_{EN} = Temperatura de entrada al sistema del refrigerante = 15°C

T_{SAL} = Temperatura de salida del sistema del refrigerante = 17°C

En [19] se recomienda que la temperatura de entrada y de salida del refrigerante no debe sobrepasar los 2°C, al reemplazar los valores en la ecuación 14 se obtiene un flujo másico de 0.067 Kg/s.

En [10] se recomienda que los ductos tengan menor diámetro y mayor longitud y también recomienda un flujo turbulento para aumentar la eficiente del sistema.

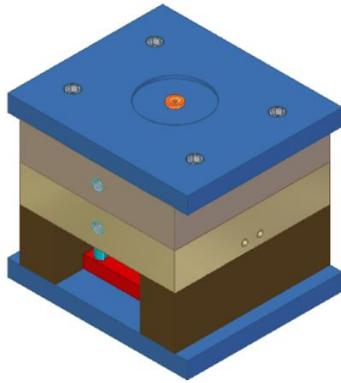
3.2.9 Selección de materiales

Al seleccionar los materiales para cada componente del molde es de gran importancia conocer las funciones y los esfuerzos que va a soportar el componente ya que de esto depende el éxito a corto y largo plazo del molde.

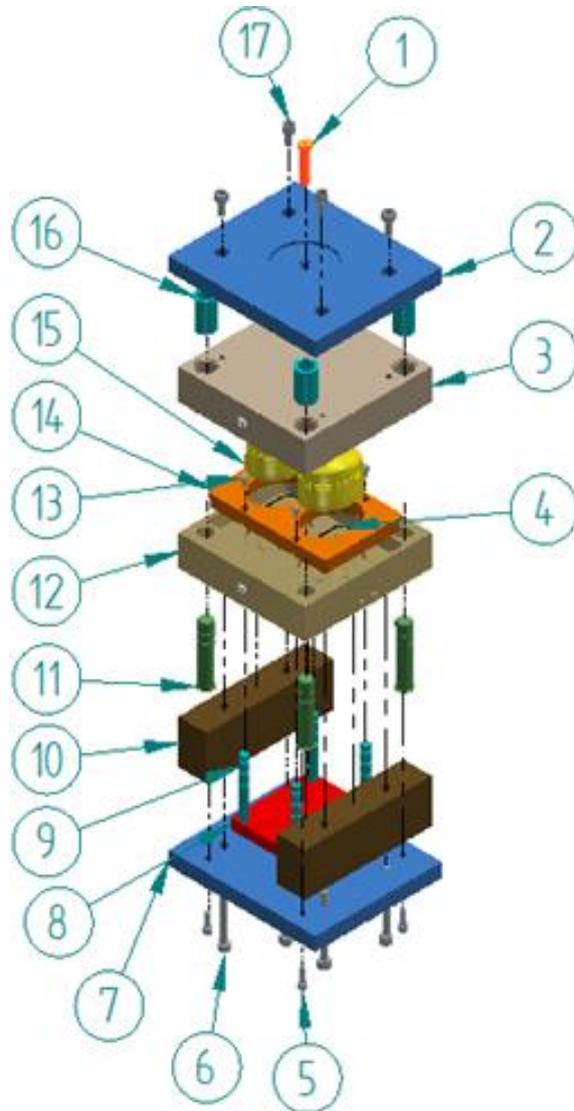
Tabla 3. Aceros más comunes para los componentes de un molde de inyección [7]

Componentes	Aceros más comunes
Cavidades y núcleos	P20, 420SS, H13
Expulsores	H13,4340
Platos expulsos	P20, H13, S7
Columnas y bujes	O1, A2, P6,4340
Bebederos	O1, A2

En [7] se sugieren los aceros más comunes para los diferentes componentes de un molde como se ve en la tabla 3 y los componentes que conforman el molde de las orejeras se los aprecia en la figura 24.



N.	Componente
1	Bebedero
2	Placa porta hembras
3	Placa hembra
4	O-ring
5	Perno allen 3/8 in
6	Perno allen 1/2 in
7	Placa porta paralelas
8	Porta expulsores
9	Expulsores
10	Paralelas
11	Columna
12	Placa porta machos
13	Perno allen 1/4 in
14	Placa expulsora
15	Macho



16	Buje
17	Perno allen 1/2

Figura 24. Componentes del molde.

3.2.9.1 Selección del material por la función que cumple el componente

El bebedero será hecho de acero O1 porque este acero al ser endurecido en aceite adquiere alta dureza.

La placa hembra, los machos y la placa expulsora serán elaborados de acero P20 porque son los aceros que van a estar en contacto directo con el polímero, estos aceros presentan excelente resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión y alta resistencia a la compresión por lo que son ideales para estas aplicaciones.

Las paralelas, la placa porta machos, la placa porta expulsores, la placa porta paralelas y la placa porta hembras, serán elaborados de acero AISIS 1018 porque no están sometidos a grandes cargas y no son necesarios aceros con mejores propiedades para cumplir con la función que deben cumplir.

Los expulsores, los bujes y columnas serán elaborados de acero 4340 porque son elementos que van a estar sometidos a grandes cargas (expulsores) y a alto desgaste (bujes y columnas), por lo que es necesario que el material del que sean hechos estos componentes tengan alta tenacidad y resistencia.

.En la tabla 4 se presentan las durezas de los aceros utilizados en el molde, estas durezas servirán posteriormente para calcular las condiciones de maquinado

Tabla 4. Propiedades de los aceros utilizados en el molde [26]

Material	Dureza
P20	280 - 400HB
SAE 1018	140 HB MAX.
O1	200 HB
SAE 4340	240-380 HB

3.2.10 Ajustes y tolerancias

Bujes - columnas

Según [10] se obtiene una guía suficiente y un centrado adecuado de los moldes cuando las columnas tienen una tolerancia h6 en la zona guía, k6 en la zona del vástago y una tolerancia de f7 en zona de centrado, el diámetro en el punto de unión ha de reducirse en 0.2 mm. Si la columna tiene una esparrago entonces el agujero

debe tener una tolerancia H7, de lo contrario debe tener una tolerancia N7. Ver la figura 25

Para los bujes la tolerancia será H7 en la zona que tendrá contacto con la columna, k5 en el diámetro exterior cuando el buje tiene una prolongación para el centrado y de k6 cuando no la tiene, la prolongación para el centrado debe tener una tolerancia f7. El agujero para alojar los bujes debe tener una tolerancia H7. Ver la figura 25.

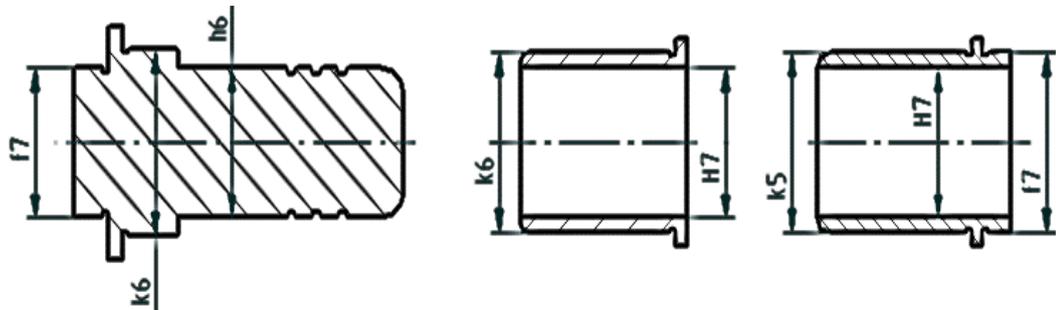


Figura 25. Tolerancias columnas-bujes [10]

Placa expulsora

La placa expulsora debe acoplarse con la placa porta machos y también con los machos, por lo que, en el caso de la placa expulsora con la placa porta machos se utilizará un ajuste deslizante H7-h6 con el agujero como base y el caso de la placa expulsora con los machos, se utilizará un ajuste H7-h6 con el eje como base. Ver la figura 26

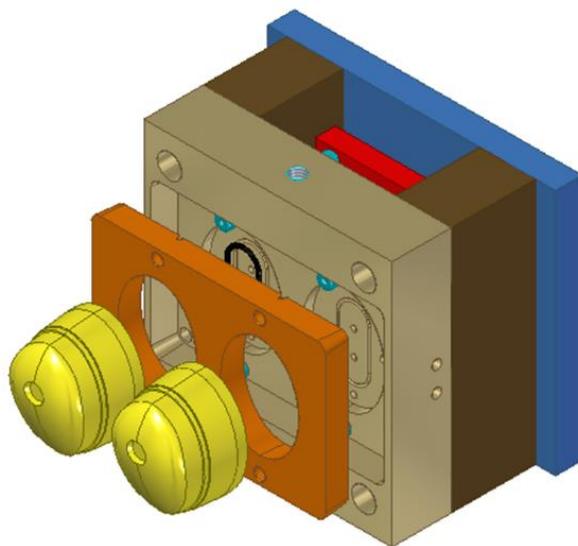


Figura 26. Acoplamiento placa expulsora con los machos y porta machos.

Expulsores-placa porta machos

Los expulsos deben tener un ajuste deslizante por lo que tendrá una tolerancia de H7-h6 con el agujero como base, como recomienda [27]

Bebedero-placa porta hembra

Para el caso del bebedero bastará de igual forma con un ajuste H7-h6 con el agujero como base, como recomienda [10]

Macho-porta machos

Los machos van a ir encajados en el porta machos es por eso que necesita un ajuste H7-h6 con el eje como base, como recomienda [27]

Los resultados de los cálculos de las tolerancias se los puede ver en los planos y están basados en el procedimiento de [27].

3.2.11 Manufactura

Para la manufactura del molde se debe procurar la mejor calidad en el menor tiempo posible, esto es posible siguiendo las recomendaciones de [6], [28] y [29].

La empresa cuenta para el fresado con fresas de insertos intercambiables, fresas sólidas y fresas de plaquitas de carburo.

La fresa de insertos intercambiables es de $\varnothing 25$, como se ve en la figura 27, el proveedor de esta fresa es Zccct, la herramienta es la EMP01 y sus insertos son los APKT11T312-PM grado (YBM251), que son insertos recubiertos de carburo ideales para el semi-acabado.

En el catálogo Milling de [28] se presentan las velocidades de corte, avance y profundidad, en función de la dureza del material como se ve en el Anexo 22 y Anexo 23.

La herramienta para acabado de las cavidades y del núcleo será una fresa sólida esférica de $\varnothing 8$, para los agujeros de los orings se utilizará una fresa esférica $\varnothing 3$ y para el desbaste de las cabezas de los pernos una fresa sólida plana de $\varnothing 8$, ver la figura 28, el proveedor de estas fresas es Zccct, el tipo de fresas esféricas utilizadas es el PM-2B y PM-4EL-G para el caso de la fresas planas. En el catálogo Drilling and milling de [28] se presentan las velocidades y avances recomendados para estas

herramientas, además presenta recomendaciones de profundidad y paso para la fresa esférica de $\phi 8$, lo que permitirá obtener un buen acabado directo de la máquina fresadora disminuyendo así el tiempo de pulido, ver el Anexo 24 y el Anexo 25



Figura 27. Fresa indexable $\phi 25$.

Para los agujeros la empresa cuenta con brocas HSS, en [6] se presentan la recomendaciones de velocidad de corte y avance para estas brocas, ver el Anexo 26 y el Anexo 27, donde se remarca las velocidades para el acero P20 (acero para herramienta) y 1018 (acero grado máquina)

Para el torneado y la fresadora manual la empresa cuenta con placas de carburo, en [6] se presentan las recomendaciones para trabajar con estas herramientas, ver el Anexo 28



Figura 28. Fresas sólidas esférica $\phi 8$.

Las recomendaciones que dan [6] y [28] deben ser modificadas en función de posibles problemas que se presenten en el maquinado, como recomienda [29], ver el Anexo 29, Anexo 30, Anexo 31 y Anexo 32, también es recomendable ver el tipo de viruta para tomar acciones y mejorar las condiciones de maquinado, ver el Anexo 33 y Anexo 35.

Los parámetros de corte de cada componente del molde se encuentran a partir del Anexo 36, en estos parámetros se especifica las velocidades de corte, velocidades de avance y profundidad de corte de cada componente dependiendo del material y de la operación de mecanizado.

3.3 Presupuesto

Según [30] el cálculo del presupuesto pretende determinar cuál será el monto de los recursos económicos necesarios para construir el molde, para hallar el costo de producción del molde se debe tomar en cuenta:

3.3.1 Costos de materia prima

El costo de materia prima se refiere al desembolso por el material más la merma que este genere cuando se lo machine (material en bruto), ver la sección de Manufactura pág. 45 y la tabla 5.

Tabla 5. Costo de materia prima.

Nombre	Cant	Mat	Material en bruto (mm)				Peso (Kg)	Costo/Kg	C. Total
			Largo	Ancho	E	D			
Bebedero	1	O1	69			35	0,06	\$ 5,30	\$ 0,32
Placa porta hembras	1	1018	300	260	35		21,43	\$ 2,80	\$ 60,01
Placa hembra	1	P20	260	260	75		39,80	\$ 8,00	\$ 318,40
Placa porta paralelas	1	1018	300	260	35		21,43	\$ 2,80	\$ 60,01
Porta expulsores	1	1018	165	145	25		4,70	\$ 2,80	\$ 13,15
Expulsores	4	4340	150			25,4	0,38	\$ 3,30	\$ 1,24
Paralelas	2	1018	260	100	60		24,49	\$ 2,80	\$ 68,58
Columna	4	4340	125			35	0,43	\$ 3,30	\$ 1,42
Placa porta machos	1	1018	260	260	75		39,80	\$ 2,80	\$ 111,44
Placa expulsora	1	P20	145	145	35		5,78	\$ 8,00	\$ 46,21
Macho	2	P20	115	90	75		12,19	\$ 8,00	\$ 97,50
Buje	4	4340	70			55	0,38	\$ 3,30	\$ 1,25
									\$ 779,51

3.3.2 Costos adicionales

El costo adicional se refiere al desembolso por materiales que se pueden adquirir en el mercado como: pernos allen, tuberías, etc., según [10] este valor puede ser de 5% el costo de la materia prima.

3.3.3 Costo de maquinado

El costo de maquinado se refiere al número las horas que deberá utilizarse cada máquina para la fabricación de cada elemento del molde, aquí ya se incluyen el valor de brocas, fresas, insertos etc. [10], ver la tabla 6.

Tabla 6. Costo de maquinado

Nombre	Tiempo (h)				Peso (Kg)		Total
	Fresadora \$12/h	Fresadora manual \$4/h	Torno \$8/h	Rectificadora \$5/h	Horno \$8/h	Nitrurado 5/Kg	
Bebedero	-	-	0,97	-	3,50	-	\$ 35,73
Placa porta hembras	1,53	2,33	-	1,50	-	-	\$ 35,23
Placa hembra	17,75	2,00	-	1,42	-	24,75	\$ 351,83
Placa porta paralelas	1,87	-	-	-	-	-	\$ 22,40
Porta expulsores	3,20	-	-	0,33	-	-	\$ 40,07
Expulsores	-	-	3,33	-	1,00	-	\$ 34,67
Paralelas	1,08	2,67	-	0,50	-	-	\$ 26,17
Columna	-	-	2,92	-	2,00	-	\$ 39,33
Placa porta machos	6,75	-	-	-	-	-	\$ 81,00
Placa expulsora	5,42	2,00	-	1,42	-	4,20	\$ 101,08
Macho	30,17	-	-	-	-	5,80	\$ 391,00
Buje	-	-	2,25	-	3,00	-	\$ 42,00
							\$1.200,52

3.3.4 Mano de obra

El costo de mano de obra se refiere al costo de los operarios de los centros de mecanizado y al del operario que realiza el ajustaje que requiere el molde, aquí se incluye el costo de limas, machuelos, sellante térmico, etc. [10], ver la tabla 7

Tabla 7. Costos mano de obra.

Operario		
Nombre	Tiempo (h)	Operario (\$5/h)
Bebedero	0,70	\$ 3,50
Placa porta hembras	2,28	\$ 11,42
Placa hembra	8,12	\$ 40,58
Placa porta paralelas	1,03	\$ 5,17
Porta expulsos	1,63	\$ 8,17
Expulsos	2,23	\$ 11,17
Paralelas	1,88	\$ 9,42
Columna	2,23	\$ 11,17
Placa porta machos	1,23	\$ 6,17
Placa expulsora	2,37	\$ 11,83
Macho	2,28	\$ 11,42
Buje	3,40	\$ 17,00
Ajustador		
Nombre	Tiempo (h)	Ajustador \$8/h
Ajustador	10	\$ 80,00
Total		\$ 227,00

3.3.5 Costo total del molde

Al realizar la suma de todos los costos se obtiene el costo total de molde, ver la tabla 8. El costo total del molde de las orejeras es de \$ 2 285 dólares americanos, es muy importante conocer el precio que va a tener un molde de inyección antes de su construcción ya que requiere de utillajes muy costosos.

Tabla 8. Costo total.

Costos	\$
Costo materia prima	\$ 780
Costos adicionales	\$ 78
Costo maquinado	\$ 1.201
Costo mano de obra	\$ 227
Total	\$ 2.285

3.4 Especificaciones técnicas

3.4.1 Recomendaciones de montaje

El montaje del molde debe ser realizado por personal calificado y el conductor del monta carga debe contar con el permiso y la experiencia que requiere el caso, se recomienda seguir lo siguientes pasos:

1. Asegurarse que el molde este cerrado
2. Colocar los cáncamos y sujetarlo al monta carga
3. Revisar que la máquina se encuentre en posición y libre de interferencias
4. Transportar el molde y colocarlo por encima de la máquina inyectora
5. Descender el molde procurando alinear con el centrador
6. Mover las placas de la inyectora lentamente hasta que toque al molde y el centrador se encuentre alineado
7. Embridar las placas porta hembra y porta paralelas a la máquina, se recomienda usar un taquímetro para no exceder la fuerza que pueden soportar los pernos
8. Se retiran los cáncamos
9. Realizar una inspección visual y una prueba de apertura y cerrado, para comprobar de que el molde está bien alineado.

Se recomienda revisar la metodología S.M.E.D, la cual tiene por objetivo realizar el cambio de moldes en menos de 10 minutos, aumentando la productividad de la empresa.

3.4.2 Recomendaciones de desmontaje

Al igual que para el montaje del molde se recomienda que se realice por personal calificado, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Asegurarse de que el molde se encuentre a temperatura ambiente.
2. Desconectar las líneas de refrigeración.
3. Limpiar el molde con una toalla y en el caso de las superficies pulidas limpiarlas con aire comprimido para evitar rayones.
4. Cerrar el molde. Si se intenta extraer el molde abierto podría haber un desbalance y causar golpes en las placas, columnas o superficies pulidas, lo que haría necesario invertir un alto tiempo en el pulido del daño.

5. Sujetar el molde con un cáncamo y sujetarlo del monta carga
6. Quitar las bridas y separar las placas de la inyectora.
7. Extraer el molde y colocarlo en un lugar estable

3.4.3 Mantenimiento

A pesar de que el molde es muy robusto se pueden presentar problemas por el uso, lo que obliga a generar las siguientes recomendaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Este tipo de mantenimiento debe ser elaborado por personal calificado y con experiencia, ya que al realizarse un mal mantenimiento podría provocar daños peores y pérdida de tiempo, incluso al momento de abrir el molde se podrían producir golpes o daños graves y en algunos casos irreparables.

3.4.3.1 Mantenimiento correctivo

Es la forma más simple de mantenimiento que consiste en corregir los defectos observados del molde, los problemas que requieren un mantenimiento correctivo se pueden ver en la tabla 9.

Tabla 9. Problemas comunes que requieren de mantenimiento correctivo.

Problema	Descripción	Solución
Apariencia deslustrada	La superficie es calinosa o satinada	Pulimente el molde
Manchas en la pieza	La superficie de la orejera presenta manchas	
Fugas de refrigerante	O ring mal colocado o roto	Abrir el molde y cambiar el o ring y el aislante
	Pernos mal ajustados	
	Mala colocación del aislante del refrigerante	
Deformaciones	El espesor de las orejeras no es el mismo	Revise el sistema de guiado y los juegos producidos por el desgaste

3.4.3.2 Mantenimientos preventivos

Este tipo de mantenimiento busca mantener una alta fiabilidad y un buen funcionamiento del molde con revisiones y reparaciones previamente planificadas.

Se recomienda realizar una inspección visual profunda después de cada ciclo de trabajo, los trabajos de mantenimiento preventivo se pueden ver en la tabla 10.

Tabla 10. Actividades comunes para un mantenimiento preventivo.

Actividad	Descripción	Periodo
Limpieza del sistema de inyección	Limpie el sistema de inyección con aire comprimido y en caso de ser necesario retoque los elementos desgastados	Al iniciar una jornada de trabajo. Este operación se la puede realizar con el molde montado
Limpieza del sistema de refrigeración	Limpia el sistema para reducir estancamientos u óxidos para evitar pérdidas de presión o aumentos de temperatura	Realizar esta operación cada 20 000 ciclos
Limpieza y engrase de las partes móviles	Limpie y engrase las partes móviles del molde para evitar golpes o desgaste anticipado	Realizar esta operación cada 4 000 ciclos
Pulido ligero	Realice un pulido ligero con lijas finas y pasta de diamante para una alta satisfacción al momento de inyectar las orejeras	Se recomienda realizar esta actividad después de 4 000 ciclos.

3.4.4 Recomendaciones en problemas de inyección

En [31] se recomienda hacer ajustes, documentando los cambios y manteniendo un registro de la reacciones de las piezas antes y después del ajuste para determinar si el efecto es favorable, si sospecha de un empeoramiento debe intentar encontrar la causa raíz de las variaciones, procurando volver a las condiciones que han dado resultado.

Según [23] si se alteran las temperaturas de forma inicial se requerirán aproximadamente 7 inyecciones para poder observar los resultados del cambio, si

se alteran parámetro como tiempos, presiones o velocidades entonces en 2 o 3 inyecciones se podrán observar cambios relativos al cambio.

Varios cambios pueden ser sugeridos como solución a un problema, pero únicamente deben ser aceptados si se encuentran dentro de los parámetros aceptados del material, molde o máquina inyectora.

Según [23] el 50% de los problemas de inyección se producen por inconsistencias en venteos y contrapresiones, por lo que se recomienda hacer primero un análisis de estos parámetros

Los problemas se pueden presentar en:

Molde

Según [23] los principales problemas que se presenta un molde son: pulido deficiente, mala evacuación del aire o algún otro problema de diseño.

Máquina inyectora

Según [23] los problemas más comunes que se derivan de la máquina inyectora son con respecto a: inyección del polímero, sostenimiento durante la solidificación, enfriamiento del polímero, contrapresión del husillo, descompresión durante la plastificación, etc; todos estos valores están ligados, si se altera uno existirán variaciones mínimas en otros por lo que se debe analizar con mucho cuidado antes de variar un parámetro.

Polímero

Según [23] los problemas con relación al polímero pueden ser internos y externos:

Los problemas internos se presentan por almacenamiento del polímero, el fabricante proporciona recomendaciones de almacenaje las cuales deben ser respetadas.

Los cambios externos se dan porque el proveedor ha cambiado su producto o la forma de envío, debe llamar al proveedor y solicitar información

Se debe analizar la posibilidad de invertir en un deshumidificador o secador si sospecha de que el polímero está húmedo y no puede evitarlo

La forma de determinar la humedad de un polímero es con una termo balanza.

Si el polímero almacena la humedad en su superficie se deberá usar un secador y si la almacena en el interior se deberá invertir en un deshumidificador.

En el caso de utilizar materiales reciclados debe asegurarse de la procedencia del mismo para que no exista degradación del material.

3.4.4.1 Producción del molde y la orejera

Al respetarse los valores considerados en el presente proyecto no existieron contra tiempos, necesidad de repulir o remaquinar el molde de las orejeras. En la figura 29 se puede ver las orejeras inyectadas, estas gozan de una gran apariencia y un excelente acabado.

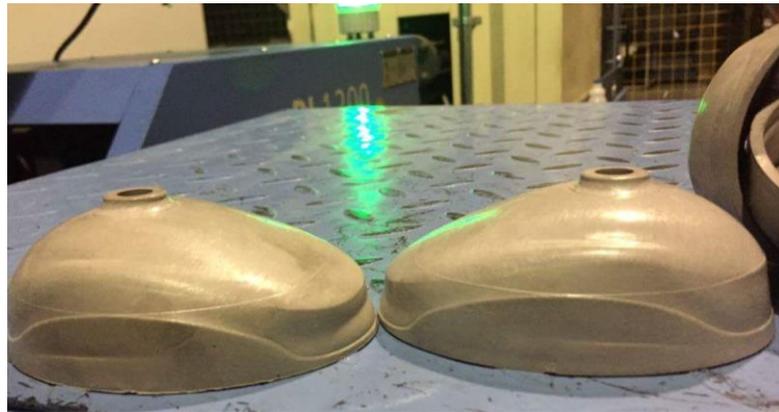


Figura 29. Orejeras inyectadas en buen estado.

En la figura 30 se puede ver las orejeras ensambladas con el resto de componentes, fue esta la razón por la se hizo el análisis para ensamblaje de la sección 3.2.1.



Figura 30. Ensamblaje de las orejeras con el resto de componentes.

En el Anexo 48 y Anexo 49 se presentan imágenes durante la construcción de las cavidades del molde, en el Anexo 50, Anexo 51 y Anexo 52 se aprecia el molde ensamblado y se ve con mayor claridad sus componentes, en el Anexo 53 se ve el molde antes y después del pulido, en el Anexo 54 se aprecia el pulimento para moldes de inyección

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

El molde de inyección fue construido en base a los cálculos presentes en el presente proyecto y no se presentaron inconvenientes en el momento de la inyección, ensamble y producción.

El número de cavidades se calcula en función de la máquina inyectora que se va a utilizar, el resultado del cálculo fue de 2.67 cavidades y se hicieron 2 cavidades ya que de esta forma no se sobrepasa la capacidad de la máquina inyectora.

La presión de inyección de 120 MPa y la fuerza de cierre de 364 KN están muy por debajo de los parámetros máximos que puede soportar la máquina inyectora que son de 218 MPa y 980 KN, por lo que esta máquina efectivamente podrá ser usada para la producción de las orejeras.

El calor transmitido por el polímero al molde en el momento de la inyección es de 721W, siendo este el valor que debe ser retirado por conducción, convección, radiación y por el refrigerante, con el cálculo de estos valores se pudo obtener el flujo másico de 0.067Kg/s del refrigerante con el que debe contar el sistema y de esta forma diseñar el resto de elementos del sistema de refrigeración.

El ciclo de inyección de las orejeras es de 27.1 s, está conformado por el tiempo de enfriamiento, tiempo de llenado y tiempo de reseteo, este tiempo es el necesario para llenar las cavidades, canales y bebederos, enfriar las piezas, abrir el molde, expulsar la pieza y cerrar el molde.

Para el molde de inyección se diseñaron el bebedero y el punto de inyección, siendo estos los elementos del sistema de inyección necesarios, si se hubiese hecho canales hubiese sido necesario aumentar el tamaño de las placas lo cual no es posible porque la distancia entre barras de la máquina inyectora no lo permite.

El sistema de expulsión es una placa que será desplazada por pines que forzarán a la orejera a salir en el momento de la expulsión, no se utilizaron pines expulsores por que podrían deformar la pieza, porque la expulsión no es uniforme y aumenta el tiempo de mantenimiento por rotura de los pines.

El sistema de expulsión de aire varía dependiendo del polímero que se va a inyectar, para este proyecto la profundidad es de 0.0375 mm, si este valor fuera más grande podría producir rebabas en las orejeras y en caso de ser más pequeño podría producir rechupes, deformaciones o algún otro problema.

Cada elemento del molde tiene una función mecánica diferente y están sometidas a distintos esfuerzos, por lo que los aceros que están en contacto con el polímero son de acero P20, los que están sometidos a grandes esfuerzos son de acero AISI 4340 y los que no están sometidos a grandes esfuerzos son de AISI 1018

Los sistemas CAD únicamente complementan el conocimiento teórico necesario para la realización del molde; todos los ítems para un correcto diseño se encuentran en las diferentes bibliografías.

4.2 Recomendaciones

No se requiere de máquinas con control numérico para realizar el cuadrado de ciertas placas, por lo que si se utiliza una fresadora tradicional (sin control numérico) se reduciría el costo del molde

En ocasiones el polímero se pega a las paredes del núcleo o de la cavidad, se recomienda usar un lubricante

Tomar en cuenta las características del polímero con el cual se piensa trabajar, ya que las temperaturas y presiones de trabajo varían según el polímero, más aún si se trabaja con material reciclado

La Facultad de Mecánica debería ofrecer la matricería como un módulo optativo ya que el campo industrial requiere de profesionales competentes en esta rama

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro español de plásticos. "Todos los detalles de la feria K-2016" Internet: <https://cep-plasticos.com>. [Mar. 17, 2017].
- [2] Tecnología del plástico. (2016, Oct). Megatendencias K2016. [Online]. Vol 31(5). Disponible: <http://www.plastico.com> [Mar. 17, 2017].
- [3] S. Zambrano. "Ingeniero Mecánico", Universidad Politécnica Salesianas: Ecuador, 2011.
- [4] D. Paucar y D. Andino. "Ingeniero Mecánico". Escuela Superior Politécnica De Chimborazo: Ecuador, 2009.
- [5] D, Flores. "Implementación del método de diseño para la manufactura y ensamble (DFMA) en la manufactura de moldes para inyección en colada fría de termoplásticos". Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica: México, 2009.
- [6] Groover, M. "Fundamentos de manufactura moderna". Mc Graw Hill: México, 2007.
- [7] Bayern. "Part and mold design". Internet: <https://blackboard.tudelft.nl> [2000].
- [8] M. Berins. "Plastics Engineer Handbook". Kluwer Academic: USA, 1991.
- [9] Michaeli et al. "Training in injection molding". Hanser: Munich, 2001.
- [10] G, Monges y G, Mohren. "Moldes para inyección de plástico". México: Gili, 1983.
- [11] M. Groover. "Fundamentos de manufactura moderna". McGrawHill: Mexico, 2007.
- [12] S, Krar, A, Gill y P, Smid. "Tecnología de las máquinas herramientas". México: Alfaomega, 2009.
- [13] R, Pasko, L, Przybylski & B, Slodki. "High speed machining (HSM) – The effective way of modern cutting". Internet: <https://www.researchgate.net>, Ene. 2002 [Feb. 14, 2017].

- [14] Uddeholm. "Acero para moldes". Internet: www.uddeholm.com, Ene. 2017, [Abr.12,2017].
- [15] N, Rao y K Obrien. "Design data for plastics engineering". Hanser: Munich, 1998.
- [16] P. Gianni. Moldes y Máquinas de Inyección para la Transformación de Plástico. México: Ed. Mc Graw Hill, 1986.
- [17] W. Mink. "Inyección de plástico". México: Gili, 1981.
- [18] 3M. "Silicón lubricante". Internet: <http://www.pampaindustrial.com>. [Jul. 11, 2017].
- [19] Roman Paclt. "COOLING / HEATING SYSTEM OF THE INJECTION." Journal for Technology of Plasticity. [Online]. 36 (2), Available: <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs> [Jun. 2, 2017].
- [20] J. Mercado et al. "Analytical calculation model for determining the cycle time in injection molding parts applied to design optimization algorithms". Internet: <https://www.witpress.com>. [2017]. [Jul. 28, 2017].
- [21] J. Fernandez. "Diseño de un molde de inyección de una pieza plástica". Ingeniería Mecánica, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Bilbao, Bilbao, 2014.
- [22] Y. Hernandez. "Propuesta de un sistema en colada caliente para el diseño del molde or inyección del contenedor de medicamentos radiactivos". Ingeniería Mecánica, Universidad Central Marta Abreu De Las Villas, Santa Clara, 2015..
- [23] M. Ordóñez. "Soluciones de problemas en el proceso de inyección de plásticos." Presentado por la Asociación Ecuatoriana de Plásticos, Guayaquil, 2017..
- [24] J. Marquez. "Análisis térmico de la inyección". Internet: <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es> [Jun.17, 2017].

- [25] A. Cengel y A. Boles. "Termodinámica". México: Mc Graw Hill, 2009.
- [26] Bohler. "Aceros especiales". Internet:: <http://www.bohlercolombia.com>.
[Abr. 14, 2017].
- [27] M, García. "Tolerancias, ajustes y calibres". Bilbao: Urmo, 1978.
- [28] ZCCCT. "Catalogue for milling". Internet: <http://www.zccct-europe.com>.
[Abr. 4, 2017].
- [29] Mitsubishi. "Datos técnicos". Internet: <https://www.mitsubishicarbide.com>.
[Mar. 25,2017].
- [30] G. Baca. "Evaluación de proyectos". México: Mc Graw Hill, 2001.
- [31] Plenco. "Filosofía de soluciones de problemas en moldeo". Internet:
<https://plenco.com>. [Jul.11, 2017].

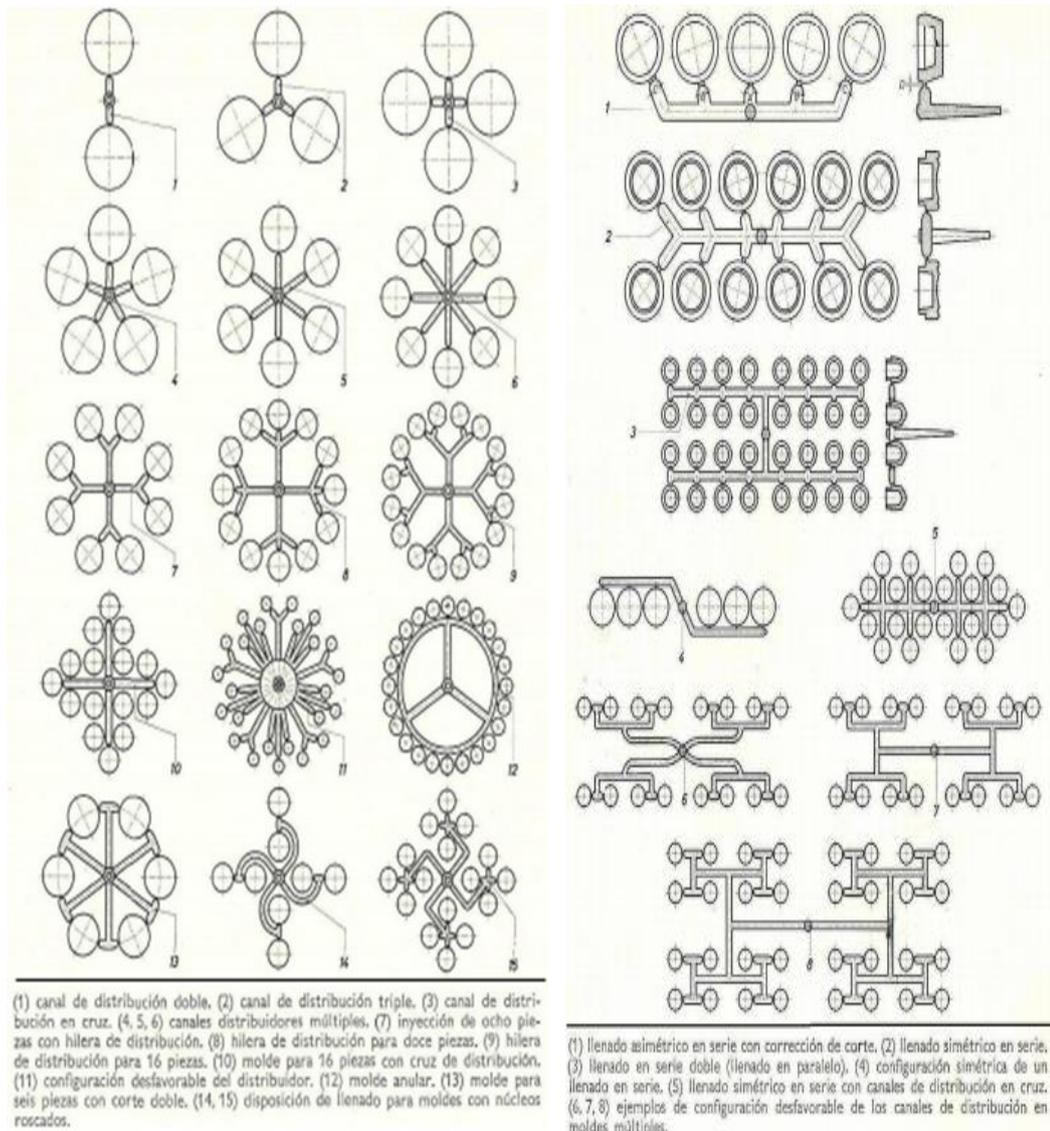
ANEXOS

Material	Shrinkage %
PS	0.3/0.6
HI-PS	0.5/0.6
SAN	0.5/0.7
ABS	0.4/0.7
ASA	0.4/0.6
PE-LD	1.5/5.0
PE-HD	1.5/3.0
PP	1.0/2.5
PPGR	0.5/1.2
IB	
PMP	1.5/3.0
PVC-soft	> 0.5
PVC-rigid	- 0.5
PVDF	3/6
PTFE	3.5/6.0
FEP	

Anexo 1. Contracciones recomendadas en la inyección de polímeros [15]

Material	S.I.	MÉTRICO
ABS	0,045 - 0,14	1,1 - 4
ACETAL	0,03 - 0,12	0,8 - 3
ACRILICO	0,025 - 0,2	0,6 - 5
NYLON	0,03 - 0,115	0,8 - 3
PC	0,04 - 0,15	1,0 - 4
POLIÉSTER	0,025 - 0,125	0,6 - 3
POLIETILENO	0,03 - 0,2	0,8 - 5
POLIPROPILENO	0,025 - 0,15	0,6 - 4
POLIESTIRENO	0,035 - 0,15	0,9 - 4
POLIURETANO	0,08 - 0,2	2,0 - 5

Anexo 2. Espesor de paredes dependiendo del material a inyectar [7]



Anexo 3. Distribución de los canales de distribución [10]

Código	Nombre del acero	Análisis químico nominal, %							
		Cr	Mn	Mo	Ni	V	P	S	Si
10XX	Al carbono		0.4				0.04	0.05	
11XX	Resulfurado		0.9				0.01	0.12	0.01
12XX	Resulfurado, refosforado		0.9				0.10	0.22	0.01
13XX	Manganeso		1.7				0.04	0.04	0.3
20XX	Aceros al níquel		0.5		0.6		0.04	0.04	0.2
31XX	Níquel-cromo	0.6			1.2		0.04	0.04	0.3
40XX	Molibdenu		0.8	0.25			0.04	0.04	0.2
41XX	Cromo-molibdenu	1.0	0.8	0.2			0.04	0.04	0.3
43XX	Ni-Cr-Mo	0.8	0.7	0.25	1.8		0.04	0.04	0.2
46XX	Níquel-molibdenu		0.6	0.25	1.8		0.04	0.04	0.3
47XX	Ni-Cr-Mo	0.4	0.6	0.2	1.0		0.04	0.04	0.3
48XX	Níquel-molibdenu		0.6	0.25	3.5		0.04	0.04	0.3
50XX	Cromo	0.5	0.4				0.04	0.04	0.3
52XX	Cromo	1.4	0.4				0.02	0.02	0.3
61XX	Cr-vanadio	0.8	0.8			0.1	0.04	0.04	0.3
81XX	Ni-Cr-Mo	0.4	0.8	0.1	0.3		0.04	0.04	0.3
86XX	Ni-Cr-Mo	0.5	0.8	0.2	0.5		0.04	0.04	0.3
88XX	Ni-Cr-Mo	0.5	0.8	0.35	0.5		0.04	0.04	0.3
92XX	Silicio-manganeso		0.8				0.04	0.04	2.0
93XX	Ni-Cr-Mo	1.2	0.6	0.1	3.2		0.02	0.02	0.3
98XX	Ni-Cr-Mo	0.8	0.8	0.25	1.0		0.04	0.04	0.3

Anexo 4. Designaciones AISI-SAE de los aceros [10]

Tipo	Análisis químico, %						Resistencia a la tensión		Elongación, %
	Fe	Cr	Ni	C	Mn	Otro ^a	MPa	lb/in ²	
Austenítico									
301	73	17	7	0.15	2		620	90 000	40
302	71	18	8	0.15	2		515	75 000	40
304	69	19	9	0.08	2		515	75 000	40
309	61	23	13	0.20	2		515	75 000	40
316	65	17	12	0.08	2	2.5 Mo	515	75 000	40
Ferrítico									
405	85	13	—	0.08	1		415	60 000	20
430	81	17	—	0.12	1		415	60 000	20
Martensítico									
403	86	12	—	0.15	1		485	70 000	20
403 ^b	86	12	—	0.15	1		825	120 000	12
416	85	13	—	0.15	1		485	70 000	20
416 ^b	85	13	—	0.15	1		965	140 000	10
440	81	17	—	0.65	1		725	105 000	20
440 ^b	81	17	—	0.65	1		1 790	260 000	5

Recopilado a partir de la referencia [9].

^aTodos los grados de la tabla contienen cerca de 1% (o menos) de silicio más cantidades pequeñas (muy por debajo del 1%) de fósforo y azufre y otros elementos tales como aluminio.

^bTratado térmicamente.

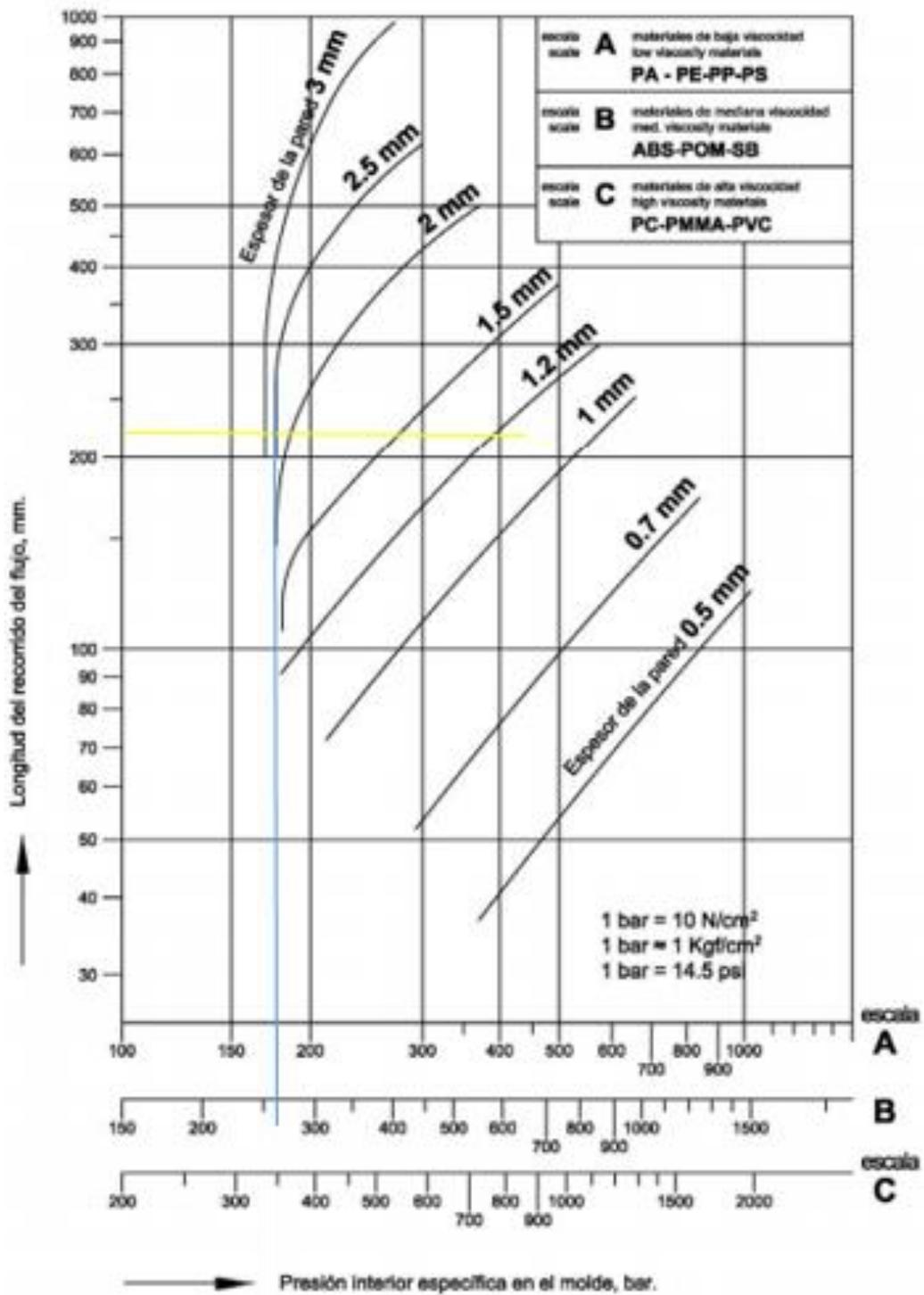
Anexo 5. Composiciones y propiedades mecánicas de aceros inoxidables [10]

AISI	Ejemplo	Análisis químico, % ^a							Dureza, HRC
		C	Cr	Mn	Mo	Ni	V	W	
T	T1	0.7	4.0				1.0	18.0	65
M	M2	0.8	4.0		5.0		2.0	6.0	65
H	H11	0.4	5.0		1.5		0.4		55
D	D1	1.0	12.0		1.0				60
A	A2	1.0	5.0		1.0				60
O	O1	0.9	0.5	1.0				0.5	61
W	W1	1.0							63
S	S1	0.5	1.5					2.5	50
P	P20	0.4	1.7		0.4				40 ^b
L	L6	0.7	0.8		0.2	1.5			45 ^b

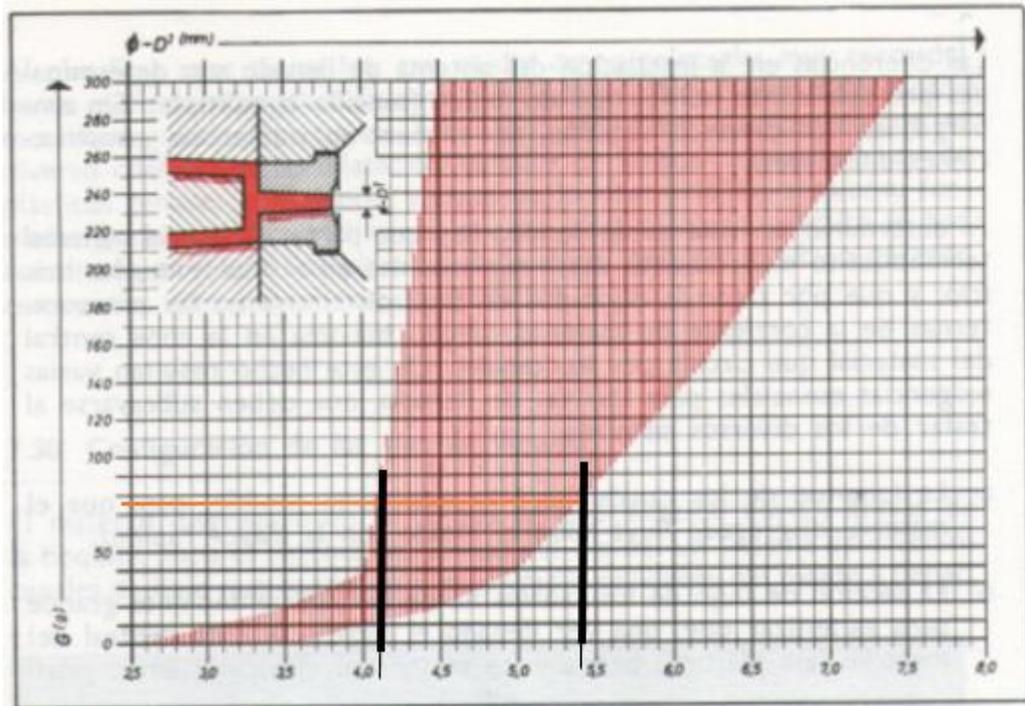
^a Composición porcentual redondeada a la décima más cercana.

^b Dureza estimada.

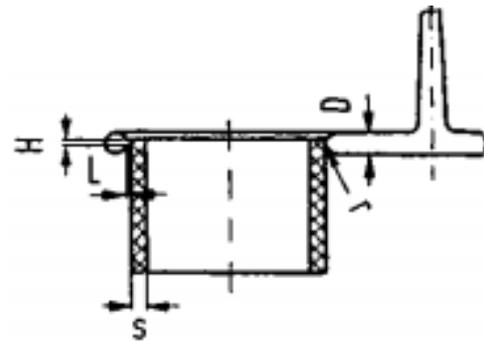
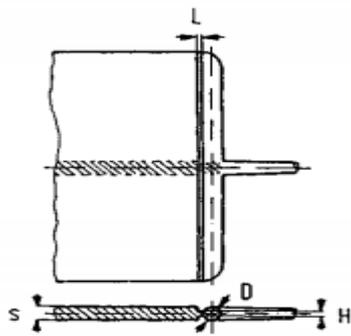
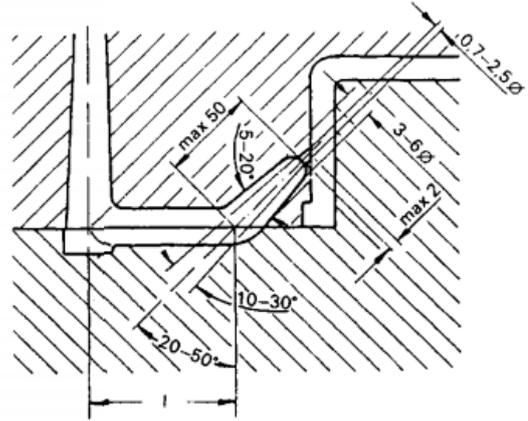
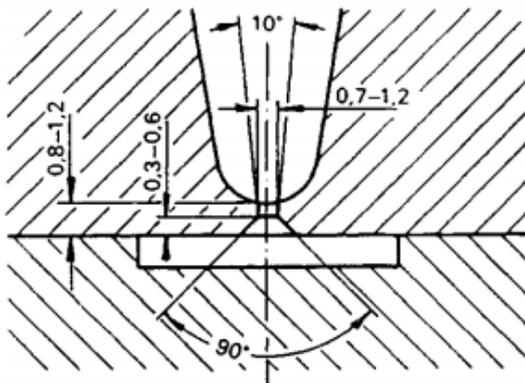
Anexo 6. Clasificación AISI de aceros para herramientas con un ejemplo [10]



Anexo 7. Tabla para calcular la presión de las cavidades [16]



Anexo 8. Diagrama para determinar el diámetro de la boquilla en relación al peso de la pieza [14]



$$D = s \text{ to } \frac{4}{3}s + k$$

$$D = s + 1.5 \text{ mm a } \frac{4}{3}s + k$$

$$L = 0.5 \text{ a } 1.5$$

$$H = \frac{2}{3}s \text{ desde } 1 \text{ a } 2 \text{ mm}$$

$$r = 0.2s$$

K=2mm para flujo bajo y secciones altas

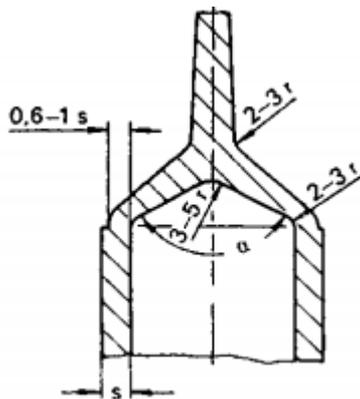
K=4mm para flujos grandes y secciones delgadas

$$L = (0.5 \text{ a } 2) \text{ mm}$$

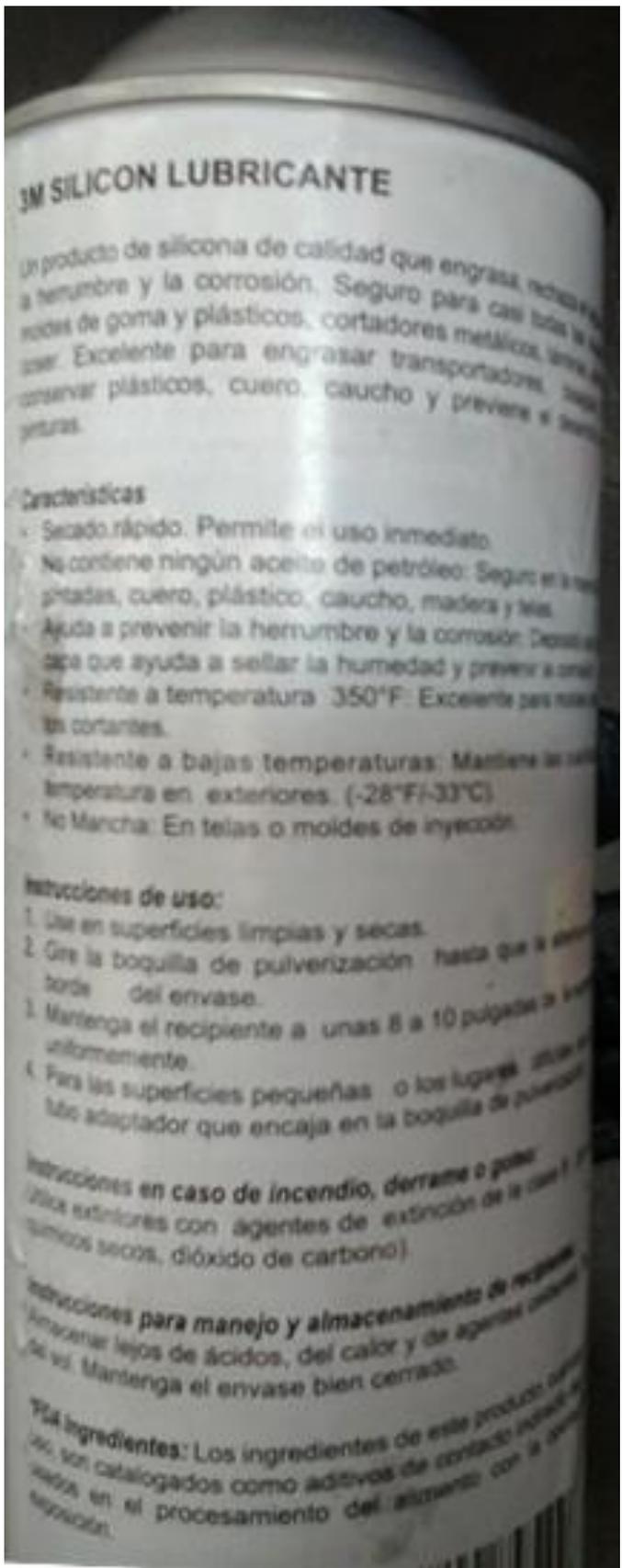
$$H = (0.2 \text{ a } 0.7) s$$

K=2mm para flujo bajo y secciones altas

K=4mm para flujos grandes y secciones delgadas



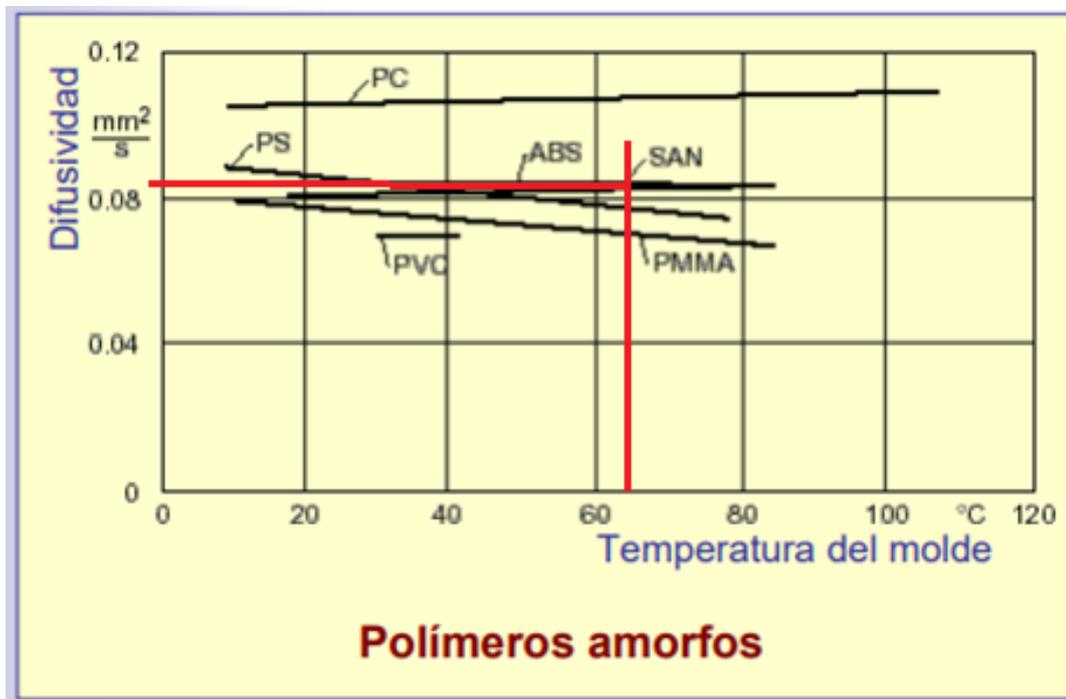
Anexo 9. Guía para diseñar puntos de inyección [9]



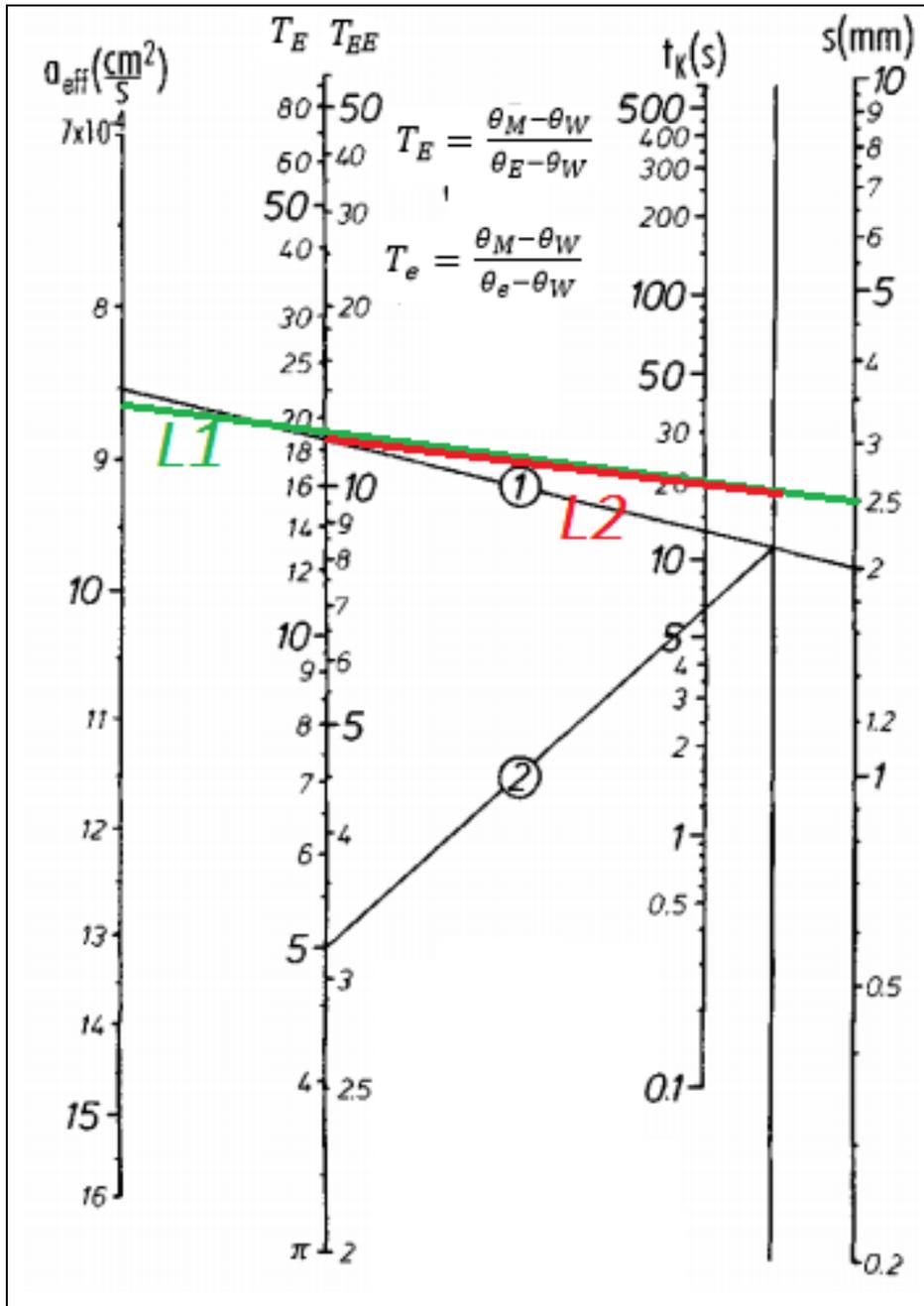
Anexo 10. Lubricante para facilitar la expulsión de las orejeras.

Material	Melt temperature (°C)	Wall temperature (°C)	Demolding temperature (°C)	Average density (g/cm ³)
ABS	200–270	50–80	60–100	1.03
HDPE	200–300	40–60	60–110	0.82
LDPE	170–245	20–60	50–90	0.79
PA 6	235–275	60–95	70–110	1.05
PA 6.6	260–300	60–90	80–140	1.05
PBTP	230–270	30–90	80–140	1.05
PC	270–320	85–120	90–140	1.14
PMMA	180–260	10–80	70–110	1.14
POM	190–230	40–120	90–150	1.3
PP	200–300	20–100	60–100	0.83
PS	160–280	10–80	60–100	1.01
PVC rigid	150–210	20–70	60–100	1.35
PVC soft	120–190	20–55	60–100	1.23
SAN	200–270	40–80	60–110	1.05

Anexo 11. Temperatura de inyección, del molde y porcentaje de contracción de polímeros [10]



Anexo 12. Difusividad de diferentes polímeros [24]



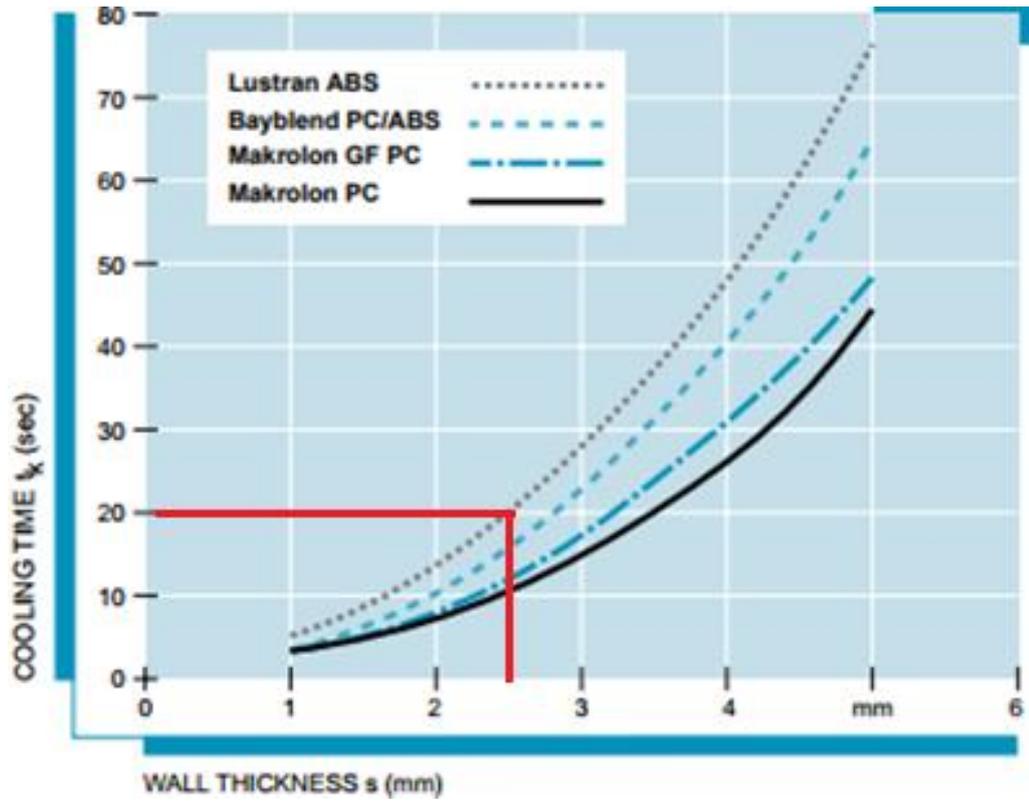
Como utilizar el nomograma

Con el valor de la difusividad térmica (a) y el espesor (s) se debe trazar la primera línea (1)

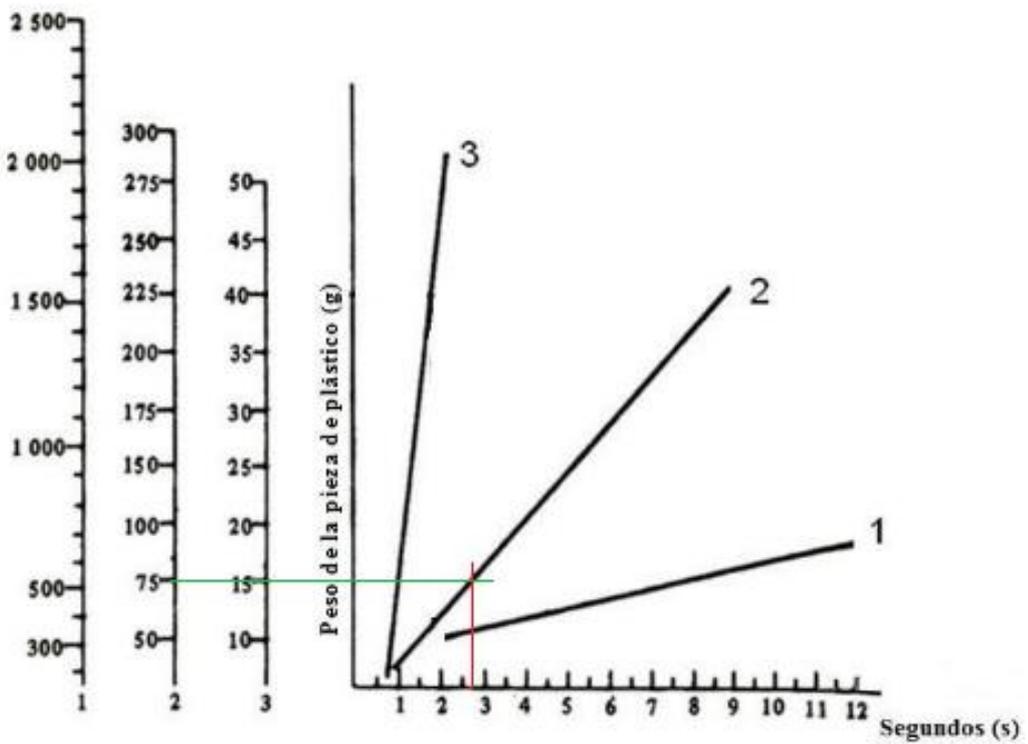
Se debe trazar la segunda línea con el valor del ritmo de enfriamiento y la intersección de la línea (1) con L.

La intersección de la línea (2) con T dará el tiempo de enfriamiento en segundos de la pieza a inyectar

Anexo 13. Lama para determinar el tiempo de enfriamiento [1]



Anexo 14. Diagrama para determinar el tiempo de enfriamiento en función del espesor del sólido [7]



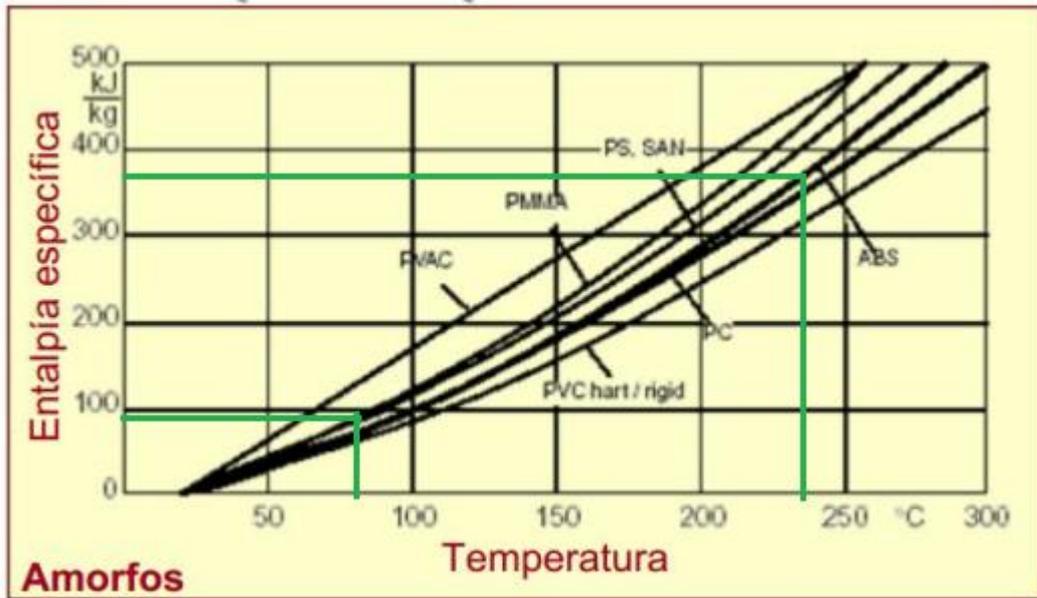
Anexo 15. Tiempo de inyección en función del peso de la pieza [22]

Polymer	Thermal conductivity (20 °C) λ	Specific heat (20 °C) c_p	Density (20 °C) ρ	Glass transition temperature T_g	Melting point range T_m
	W/m·K	kJ/kgK	g/cm ³	°C	°C
PS	0.12	1.20	1.06	101	-
PVC	0.16	1.10	1.40	80	-
PMMA	0.20	1.45	1.18	105	-
SAN	0.12	1.40	1.08	115	-
POM	0.25	1.46	1.42	-73	ca. 175
ABS	0.15	1.40	1.02	115	-
PC	0.23	1.17	1.20	150	-
PE-LD	0.32	2.30	0.92	-120/-90	ca. 110
PE-LLD	0.40	2.30	0.92	-120/-90	ca. 125
PE-HD	0.49	2.25	0.95	-120/-90	ca. 130
PP	0.15	2.40	0.91	- 10	160/170
PA6	0.36	1.70	1.13	50	215/225
PA 66	0.37	1.80	1.14	55	250/260
PET	0.29	1.55	1.35	70	250/260
PBT	0.21	1.25	1.35	45	ca. 220

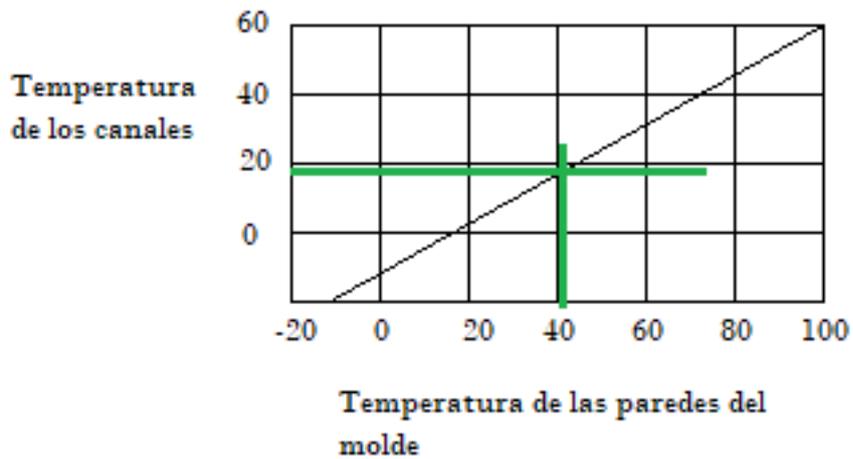
Anexo 16. Propiedades de algunos polímeros [15]

Material	Drying temperature °C		Drying time h	
	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers
ABS	80	80	2/3	1/2
CA	70/80	75	1/1.5	1
CAB	70/80	75	1/1.5	1
PA 6	not recomm.	75/80	-	2
PA 66,6.10	"	75/80	-	2
PBT, PET	120	120	3/4	2/3
PC	120	120	2/4	2
PMMA	80	80	1/2	1/1.5
PPO	120	120	1/2	1/1.5
SAN	80	80	1/2	1/1.5

Anexo 17. Temperatura y tiempo de secado de varios polímeros [15]



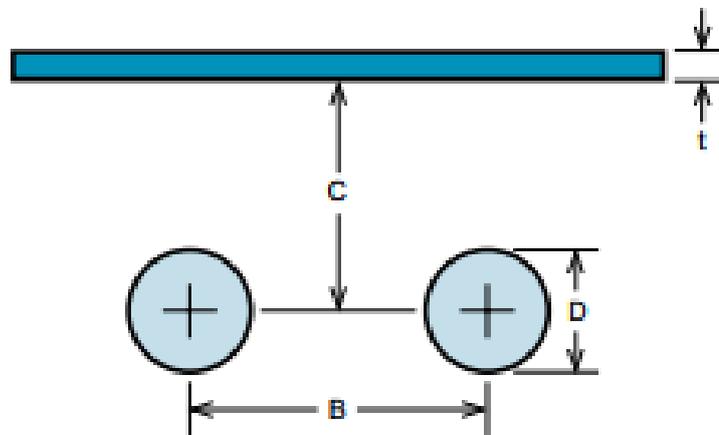
Anexo 18. Entalpía de algunos polímeros en función de la temperatura [24]



Anexo 19. Temperatura de las paredes del molde en función de la temperatura media de los canales de refrigeración [24]

Mold Material	Thermal Conductivity	
	$\frac{\text{BTU}\cdot\text{ft}}{\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}}$	$\frac{\text{W}}{\text{M}^\circ\text{C}}$
420 Stainless	14.4	25.0
H13 Steel	16.3	28.3
P20 Steel	20.0	34.5
S7 Steel	21.0	36.4
C-17200 BeCu	68.0	118.0
QC7 Aluminum	80.0	138.8
C17510 BeCu (High Conductivity)	135.0	234.2

Anexo 20. Conductibilidad térmica de algunos materiales [7]



B = 3D Maximum

C = 2.5D

D = 3/16 in – 5/16 in for $t \leq 1/16$ in

D = 5/16 in – 7/16 in for $t \leq 1/8$ in

D = 7/16 in – 5/8 in for $t \leq 1/4$ in

Anexo 21. Medidas recomendadas para el sistema de refrigeración [7]

1 Square shoulder milling
1 Eckfräsen

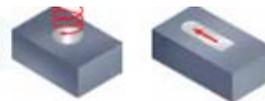


Recommended cutting data · Empfohlene Schnittdaten

Workpiece material Werkstück Material	Hardness HB Härte	Grade Sorte	Cutting data Schnittdaten				
			V(m/min)	f(mm/z)			ae(mm)
				-PF	-PM	-PR	
Low-carbon steel Soft steel Niedrig legierter Kohlenstoffstahl Baustahl	≤180	YBM251	320 (240-400)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
		YBC301					
		YBM351	260 (180-380)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
		YBG202 YBG205	320 (200-400)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
High-carbon steel Alloy steel Hoch Leg. Kohlenstoffstahl Leg. Stahl	180-280	YBM251	280 (210-380)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.3)	≤0.50
		YBC301					
		YBM351	240 (160-320)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
		YBG202 YBG205 YB9320	280 (180-350)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.3)	≤0.50
		YBG302	260 (150-380)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
Alloy tool steel Leg. Werkzeugstahl	280-350	YBM251	260 (180-350)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.3)	≤0.50
		YBC301					
		YBM351	220 (150-280)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50
		YBG202 YBG205	260 (160-330)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.3)	≤0.50
		YBG302	240 (120-350)	0.1 (0.08-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.25(0.2-0.35)	≤0.50

Anexo 22. Recomendaciones de maquinado lateral de la fresa indexable ø25 [28]

3 Ramp milling, helical interpolation milling
3 Tauchfräsen, Spiral Interpolationsfräsen



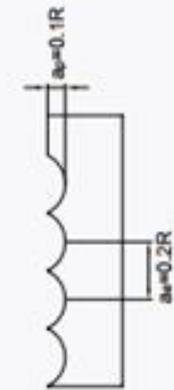
Recommended cutting data · Empfohlene Schnittdaten

<p>• Ramp milling Tauchfräsen</p> $L_m = \frac{a_p}{\tan \alpha}$ <p>(α: Maximum ramp angle) (α: Maximaler Eintauchwinkel)</p>	APKT Ramp milling, helical interpolation milling (Inserts—11) APKT Tauchfräsen, Spiral-Interpolationsfräsen					
	Diameter Durchmesser Ø D (mm)	Ramp milling Tauchfräsen			Helical interpolation milling Spiral-Interpolationsfräsen	
		Max. cutting depth Schnitttiefe ap(mm)	Max. ramp angle Eintauchwinkel α°	Min. length Länge Lm(mm)	Min. diameter Durchmesser Ø D1(mm)	Max. pitch Steigung (mm)
16	10.0	10.0	56.7	20.0	2.0	
20	10.0	5.0	114.4	28.0	2.0	
25	10.0	4.5	127.0	40.0	2.0	
32	10.0	3.0	190.8	56.0	2.0	
40	10.0	2.0	286.4	70.0	2.0	

Anexo 23. Recomendaciones de maquinado en rampa de la fresa indexable ø25 [19]

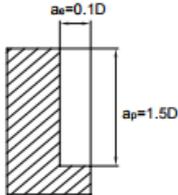
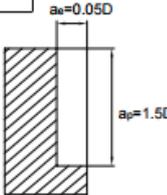
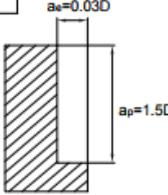
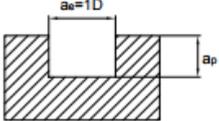
PM-2B | PM-2BL | PM-2BFP (normal)

Workpiece material Werkstückmaterial	Cast iron, Carbon steel, Alloy steel Kohlenstoffstahl Leg. Stahl ~30HRC		Stainless steel Rostfreier Stahl		Pre-hardened steel, Quenched and tempered steel Vergüteter Stahl ~40HRC		Pre-hardened steel, Quenched and tempered steel Vergüteter Stahl ~50HRC		Hardened steel Gehärteter Stahl ~55HRC	
	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)
R0.5	40000	960	22300	240	32000	385	25000	330	22280	295
R1.0	24000	1080	11150	275	16000	480	13000	330	11140	295
R1.5	15500	1150	7400	350	10600	545	8500	335	7430	295
R2.0	11500	1150	5550	445	8000	665	6500	450	5570	385
R2.5	9500	1270	4450	445	6400	665	5000	455	4455	405
R3.0	8000	1270	3700	470	5300	700	4200	470	3715	420
R4.0	6000	1575	2750	550	4000	850	3200	535	2785	465
R5.0	4800	1455	2200	520	3200	785	2500	535	2230	465
R6.0	4000	1330	1850	520	2650	740	2100	505	1855	450
R8.0	3000	1270	1350	455	2000	725	1600	455	1395	395
R10.0	2400	1150	1100	445	1600	675	1250	400	1115	360



Anexo 24. Recomendaciones de maquinado para la fresa esférica de ϕ 8 [19]

Workpiece material Werkstückmaterial	Cast iron, Carbon steel, Alloy steel Kohlenstoffstahl Leg. Stahl ~30HRC		Stainless steel Rostfreier Stahl		Pre-hardened steel, Quenched and tempered steel Vergüteter Stahl ~40HRC		Pre-hardened steel, Quenched and tempered steel Vergüteter Stahl ~50HRC		Hardened steel Gehärteter Stahl ~55HRC	
	Diameter Ø Durchmesse (mm)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)	Feed Vorschub (mm/min)	Rotating Drehzahl (min ⁻¹)
1	20000	270	20000	95	20000	215	20000	135	20000	120
2	15000	435	11150	110	15000	380	13000	200	11140	175
3	14000	735	7500	135	10600	565	8500	370	7430	325
4	10800	755	5500	140	8000	575	6500	380	5570	335
5	8200	795	4500	140	6400	605	5000	400	4460	350
6	7000	810	3700	145	5300	620	4200	405	3710	350
8	5200	800	2800	145	4000	615	3200	415	2785	365
10	4200	795	2200	145	3200	605	2500	390	2230	340
12	3500	795	1850	145	2650	605	2100	390	1855	340
14	3000	735	1600	140	2300	565	1800	370	1590	325
16	2600	735	1400	135	2000	565	1600	370	1390	325
18	2300	720	1250	115	1800	555	1400	365	1240	315
20	2050	720	1100	115	1600	555	1250	365	1115	315

Max. cutting depth max Schnitttiefe																			
	 <table border="1" data-bbox="724 1039 927 1160"> <thead> <tr> <th>Milling slot</th> <th>Nutenfräsen</th> </tr> <tr> <th>Ø</th> <th>Ap</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ø1sD<Ø3</td> <td>0.15D</td> </tr> <tr> <td>Ø3sD<Ø6</td> <td>0.3D</td> </tr> <tr> <td>Ø6sD<Ø20</td> <td>0.5D</td> </tr> </tbody> </table>	Milling slot	Nutenfräsen	Ø	Ap	Ø1sD<Ø3	0.15D	Ø3sD<Ø6	0.3D	Ø6sD<Ø20	0.5D	<table border="1" data-bbox="1059 1039 1262 1160"> <thead> <tr> <th>Milling slot</th> <th>Nutenfräsen</th> </tr> <tr> <th>Ø</th> <th>Ap</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ø1sD<Ø3</td> <td>0.1D</td> </tr> <tr> <td>Ø3sD</td> <td>0.2D</td> </tr> </tbody> </table>	Milling slot	Nutenfräsen	Ø	Ap	Ø1sD<Ø3	0.1D	Ø3sD
Milling slot	Nutenfräsen																		
Ø	Ap																		
Ø1sD<Ø3	0.15D																		
Ø3sD<Ø6	0.3D																		
Ø6sD<Ø20	0.5D																		
Milling slot	Nutenfräsen																		
Ø	Ap																		
Ø1sD<Ø3	0.1D																		
Ø3sD	0.2D																		

1. The above table shows the standard value of side milling. When slot milling, of rotating speed 50%~70% and feed rate like mentioned above 40%~60%.

Anexo 25. Recomendaciones de maquinado para la fresa plana de ø8 [19]

Tabla 41.1. Velocidades para brocas de acero de alta velocidad					
	Acero fundido	Acero para herramienta	Hierro fundido	Acero para máquina	Latón y aluminio
Día en mm	12 m/min	18 m/min	24 m/min	30 m/min	60 m/min
2	1910	2865	3820	4775	9550
3	1275	1910	2545	3185	6365
4	955	1430	1910	2385	4775
5	765	1145	1530	1910	3820
6	635	955	1275	1590	3180
7	545	820	1090	1365	2730
8	475	715	965	1195	2390
9	425	635	850	1060	2120
10	350	520	695	870	1735
15	255	380	510	635	1275

Anexo 26. Recomendaciones de maquinado para brocas de HSS [6]

Avance de taladro	
Tamaño de la broca	Avance por revolución
mm	mm
3 y menos	0,02 a 0,05
3 a 6	0,05 a 0,1
5 a 13	0,1 a 0,18
13 a 25	0,18 a 0,38
25 a 38	0,38 a 0,63

Anexo 27. Avances en taladrado en función del diámetro de la broca [6]

Tabla 31-5 Velocidades de corte y de avances recomendadas para herramientas de carburo de una sola punta*

Material	Profundidad de corte		Avance por revolución		Velocidad de corte	
	in	mm	in	mm	pie/min	m/min
Aluminio	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	700-1000	215-305
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	450-700	135-215
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	300-450	90-135
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	100-200	30-60
Latón, bronce	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	700-800	215-245
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	600-700	185-215
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	500-600	150-185
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	200-400	60-120
Hierro colado (medio)	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	350-450	105-135
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	250-350	75-105
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	200-250	60-75
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	75-150	25-45
Acero para maquinaria	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	700-1000	215-305
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	550-700	170-215
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	400-550	120-170
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	150-300	45-90
Acero para herramientas	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	500-750	150-230
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	400-500	120-150
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	300-400	90-120
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	100-300	30-90
Acero inoxidable	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	375-500	115-150
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	300-375	90-115
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	250-300	75-90
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	75-175	25-65
Aleaciones de titanio	005-015	0.15-0.4	002-005	0.05-0.15	300-400	90-120
	020-050	0.5-2.3	005-015	0.15-0.4	200-300	60-90
	100-200	2.55-5.1	015-030	0.4-0.75	175-200	55-90
	300-700	7.6-17.8	03-090	0.75-2.3	50-125	15-40

*Las velocidades de velocidad en pie por minuto (pie/min) y en metros por minuto (m/min) son recomendaciones para herramientas de carburo de una sola punta.

Anexo 28. Recomendaciones de maquinado para torno y de placas en fresadoras manuales [6]

Problema	Factores	Solución	Selección de calidad				Condiciones de corte				Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, instalación de la herramienta			
			Selección de una calidad más dura	Selección de una calidad más tenaz	Selección de una calidad con mayor resistencia al choque térmico	Selección de una calidad con mayor resistencia a la adhesión	Velocidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Ángulo de engastre	Reafirmación		Desperdiciamiento					
			Subir	Bajar	Subir	Bajar	No utilice como fluido de corte agua soluble o refrigerado	Subir	Bajar	Subir	Bajar	Subir	Bajar	Subir	Bajar	Subir	Bajar	
Deterioro de la vida útil de la herramienta	Desgaste de placa generado muy rápido	Calidad de la herramienta inapropiada Geometría del filo de corte inapropiada Velocidad de corte inapropiada	●									●	●	●				
	Microroturas o roturas del filo de corte	Calidad de la herramienta inapropiada Condiciones de corte inapropiadas Pérdida de la robustez del filo Se produce apilamiento térmico Se produce acumulación en el filo Falta de rigidez	●															
Deterioro de la superficie de acabado	Deficiente Superficie de acabado	Condiciones de corte inapropiadas Se produce soldadura Mala precisión de desviación Vibración	●															
	No paralelo o superficie irregular	Pieza de trabajo de curvado Juego de la herramienta Gran fuerza hacia detrás																
Rebaba, Roturas en la pieza	Rebabas, Roturas	El espesor de la viruta es demasiado grande El diámetro de corte es demasiado grande Baja nitidez Gran ángulo de la punta																
		Condiciones de corte inapropiadas Baja nitidez Pequeño ángulo de la punta Vibración																
	Control de virutas	Se produce soldadura El grosor de viruta es demasiado fino El diámetro de la heza es demasiado pequeño Deficiente evacuación de virutas																

Anexo 29. Solución de problemas de fresas indexables [29]

Solución		Selección de calidad	Condiciones de corte								Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, Instalación de la herramienta																									
			Herramienta recubierta	Velocidad de corte		Avance		Profundidad de corte		Avance de punta		Corte descendente		Refrigeración		Ángulo de hélice		Número de placas		Ángulo cóncavo del filo del filo de corte		Diámetro de herramienta		Rigidez de la fresa		Mayor salida de virutas		Reducción del voladizo		Aumentar la precisión de instalación de la herramienta		Aumentar la precisión de desafilación del amarré		Revisión de placas o cambio		Aumento de la fuerza de sujeción del cono		Aumentar la rigidez de sujeción		
Problema	Factores	Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar		Subir / Bajar						
		Deterioro de la vida útil de la herramienta	Desgaste del filo de corte periférico	Se usa fresa sin recubrimiento	•																																			
Formación severa de rebabas	Un número pequeño de filos de corte Condiciones de corte inapropiadas Se usa un corte de fresado ascendente			•																																				
Rotura durante el corte	Condiciones de corte inapropiadas Filo de corte frágil Fuerza de sujeción insuficiente Baja rigidez de sujeción																																							
Deterioro de la superficie de acabado	Vibración durante el corte	Condiciones de corte inapropiadas Baja rigidez de la fresa Baja rigidez de sujeción			•	•																																		
	Mal acabado de la superficie en paredes	Desgaste del filo de corte Condiciones de corte inapropiadas Viruta compacta.	•																																					
	Mal acabado de la superficie en las caras	El filo de corte final no tiene ángulo cóncavo Gran avance																																						
	Sin verticalidad	Desgaste del filo de corte Condiciones de corte inapropiadas Falta de rigidez de la fresa	•																																					
	Mala precisión dimensional	Condiciones de corte inapropiadas Baja rigidez de sujeción																																						
	Deficiente ejecución de virutas, rebabas, roturas, etc.	Se producen rebabas	Condiciones de corte inapropiadas Ángulo de hélice grande																																					
Formación rápida de rebabas		Desgaste de la muesca Condiciones de corte inapropiadas	•																																					
Deficiente ejecución de virutas	Viruta compacta.	Eliminación de metal demasiado grande Ausencia de sistema de control de viruta																																						

Anexo 30. Solución de problemas fresas sólidas [29]

Problema		Solución	Selección de calidad				Condiciones de corte				Estilo y diseño de la herramienta				Módulo, instalación de la herramienta					
			●	●	●	●	Velocidad de corte		Profundidad de corte	Refrigeración	Desprendimiento	Radio de la punta	Ángulo de ataque	El hocino refuerza el filo de corte	Tipo de placa (Sin recificar → Rectificada)	Mejora de la rigidez de la herramienta	Aumento de la rigidez de sujeción de la herramienta y de la placa de trabajo	Disminución del voltaje de la herramienta	Disminución de potencia y fijación posterior	
							Subir ↗	Bajar ↘												Subir ↗
Deterioro de la vida útil de la herramienta	Desgaste de placa generado muy rápido	Calidad de la herramienta inapropiada	●																	
		Geometría del filo de corte inapropiada																		
		Velocidad de corte inapropiada					↗	↘												
	Microroturas o roturas del filo de corte	Calidad de la herramienta inapropiada		●																
		Condiciones de corte inapropiadas						↗	↘											
		Pérdida de la robustez del filo																		
Se produce agrietamiento térmico			●			↗	↘	↗	↘											
Se produce acumulación en el filo				●		↗	↘	↗	↘											
Falta de rigidez																				
Fuera de tolerancia	Las dimensiones no son constantes	Poca precisión de la placa																		
	Gran resistencia de corte en el filo de corte																			
Deterioro de la superficie de acabado	Deficiente superficie de acabado	Calidad de la herramienta inapropiada	●																	
		Condiciones de corte inapropiadas						↗	↘											
		Se produce soldadura																		
Generación de calor	Un material sobrecalentado puede causar mal acabado y corta vida de la placa	Geometría del filo de corte inapropiada																		
		Vibración																		

Anexo 32. Solución de problemas de torneado parte 1 [29]

Solución		Selección de calidad		Condiciones de corte			Estilo y diseño de la herramienta				Máquina, instalación de la herramienta								
		Seleccione una calidad más dura	Seleccione una calidad más tenaz	Seleccione una calidad con mejor resistencia al choque térmico	Seleccione una calidad con mejor resistencia a la adhesión	Facilidad de corte	Avance	Profundidad de corte	Refrigeración	Desprendimiento	Rendimiento de la punta	Ángulo de ataque	Elongación de la vida útil del filo de corte	Tipo de placa (Sin recificar → Rectificada)	Mejora de la rigidez de la herramienta	Aumento de la rigidez de sujeción de la herramienta y de la pieza de trabajo	Disminución del voltaje de la herramienta	Disminución de potencia y fricción con el tornador	
Problema	Factores																		
		Subir ↗	Bajar ↘	No utilizar como fluido de corte agua soluble	Determinar corte seco o refrigerado	Seleccionar tipo de rompanvirutas	Subir ↗	Bajar ↘											
Rebabas, Roturas, etc.	Rebabas (acero, aluminio)	Desgaste de la muesca	●																
		Condiciones de corte inapropiadas				↘	↗		●										
		Geometría del filo de corte inapropiada								●	↗	↘	↘	↘					
	Roturas en la pieza (fundición)	Condiciones de corte inapropiadas					↘	↗											
		Geometría del filo de corte inapropiada									●	↗	↘	↘	↘				
		Se producen vibraciones														●	●	●	●
	Rebabas (acero medio)	Calidad de la herramienta inapropiada		●															
		Condiciones de corte inapropiadas				↘	↗		●	●									
		Geometría del filo de corte inapropiada									●	↗		↘					
Se producen vibraciones															●	●	●	●	
Deficiente evacuación de virutas	Virutas largas	Condiciones de corte inapropiadas				↘	↗		●										
		Buen control de la viruta								●									
		Geometría del filo de corte inapropiada										↘	↘						
	Las virutas son cortas y dispersas	Condiciones de corte inapropiadas				↘	↗		●	●									
		Poco control de viruta									●								
		Geometría del filo de corte inapropiada										↘	↘						

Anexo 33. Solución de problemas de torneado parte 2 [20]

■ ROTURA DE VIRUTAS EN EL TORNEADO DE ACERO

Tipo	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E
Pequeña profundidad de corte $d < 7\text{mm}$					
Profundidad de corte elevada $d = 7 - 15\text{mm}$					
Longitud del rizo l	Sin rizo	$l \geq 50\text{mm}$	$l \leq 50\text{mm}$ 1-5 Rizo	≈ 1 Rizo	Menos que un Rizo y medio
Nota	<ul style="list-style-type: none"> ● Forma irregular continua ● Enredo entre la herramienta y la pieza 	<ul style="list-style-type: none"> ● Forma continua y regular ● Virutas largas 	Bueno	Bueno	<ul style="list-style-type: none"> ● Dispersión de las virutas ● Vibración ● Deficiente superficie de Acabado ● Máximo

Anexo 34. Tipos de virutas en el torneado [29]

■ VIRUTAS DE TALADRADO

Tipos de virutas	Figura	Características y fácil clasificación
Espiral cónica		Virutas con forma de abanico, cortadas por el filo y curvadas por las hélices. Se producen virutas de este tipo cuando se taladra material dúctil a baja velocidad. Si las virutas se rompen después de varias vueltas, el resultado es satisfactorio.
Paso largo		Virutas de paso largo, evacuadas sin enrollarse. Fácilmente enrollables en la broca.
Abanico		Esta es una viruta rota por la broca y por la pared del agujero. Se produce cuando el avance es alto.
Segmento		Viruta de forma cónica-espiral; rota justo antes de que se convierta en una de paso largo, por el roce con la pared del agujero. Excelente evacuación y disposición de las virutas.
Zig-zag		Viruta retorcida y plegada por la forma de la hélice y las características del material. Fácilmente produce aglomeración de virutas en la hélice.
Palpador		Virutas rotas por vibración o cuando el material taladrado es rizado por un pequeño radio. El resultado es comparativamente satisfactorio; pero estas virutas, se pueden apilonar fácilmente.

Anexo 35. Tipos de virutas en taladrado [29]

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)																
Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:												
Material:	Fase	O1	Dim bruto:	ø69X35	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	No. piezas:	Condiciones de corte			N. Hoja:	2-13	Tiempo(min)	
										Vc	S	F				P
1	Desbaste				Desbastar el bebedero dejando exceso para dar el acabado	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno	NA	130	1188,6	237,714	0,5-2,3		12	40	0,87
2	Medición				Medir el agujero con precisión de centésimas para dar el acabado	N.A	Calibrador teles cópico y micrómetro						N.A	15		0,25
3	T.T				Templar el bebedero a 800 C 1h por cada 20mm de espesor	Horno	Enfriado en aceite						N.A	10	210	3,6667
4	Acabado				Dar el acabado con las tolerancias	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno	NA	180	1645,7	164,571	0,15-0,4		5	18	0,3833
														42	5,1667	

Anexo 36. Calendarización del bebedero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																		
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																		
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)																		
Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:		Placa porta hembra		Piezas:		No. piezas:		1						
Fase	Operación	Material:	1018	Dim bruto:	300*260*35	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Vc	S	F	P	N. Hoja:	Longitud	Preparación	Trabajo	Tiempo en h
1	Cuadrar la placa					Desbasta la placa para que todas sus caras estén paralelas y perpendiculares	Fresadora manual	Cuchilla de carburo Ø120	Fresadora	170	453,33	68	2			48	140	3,13
2	Punteado para agujeros					Marcar la posición de los agujeros	Fresadora	Broca de centros	Fanuc	-	1200	80	4			15	12	0,45
3	Taladrado					Taladrar los agujeros de la placa	Fresado	Brocas de Ø12	Fanuc	30	800	120	Todo			8	20	0,47
4	Fresa de cabezas					Desbastar la cabeza para los tornillos allen	Fresadora	Fresa sólida de Ø8 con recubrimiento TITAIN	Fanuc		3120	468	12			16	60	1,27
5	Rectificado					Rectificar la placa para el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificadora	N.A		3600		0,05-0,1			35	90	2,08
6	Acabado					Avellanar los agujeros y quitar las rebabas	N.A	Avellanador y rebarbador			N.A					15	0	0,25
																137	7,65	

Anexo 37. Calendarización de la placa porta hembra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA														
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)														
Realizado por:				Fecha de elaboración:										
Marco Mejía				Placa hembra										
Fase	Operación	Dim bruto:	Piezas:	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud		Tiempo (min)	
							Vc m/min	S rpm	F mm/min	P mm	N. Hoja:	mm	Preparación	Trabajo
		260*260*75	1				Vc	S	F	P	N. Hoja:	Preparación	Trabajo	
1	Cuadrar la placa	Desbasta la placa para que todas sus caras estén paralelas y perpendiculares	Fresadora manual	Cuchilla de carburo ϕ 120	Fresadora		130	346,67	69,3333	2		48	120	
2	Rectificado	Rectificar la placa para el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificadora	N/A			3600		0,05-0,1		35	85	
3	Desbaste	Desbaste de las cavidades	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc		180	2304	921,6	2,5		15	180	
4	Acabado	Dar acabado a las cavidades	Fresadora	Fresa sólida esférica de ϕ 8 con recubrimiento TiAIN	Fanuc			3600	540	0,4		8	720	
5	Taladrado	Taladrar los agujeros de la placa	Fresadora	Brocas de ϕ 10,75	Fanuc		30	893,02	135,953	20		8	20	
6	Fresado	Desbastar los agujeros para las columnas en espiral	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc		180	2304	921,6	2		5	25	
7	Fresado	Acabado de los agujeros para las columnas	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc		220	2816	563,2	0,25		5	120	
8	Acabado	A vellonar los agujeros, quitar las rebabas y rosca los agujeros	N/A	A vellanador y rebarbador	N/A							3	3	
9	Pulido	Lijar la superficie y luego pulirlas	N/A	Lijas 600, 800, 1200, 1500 y pulimento								360		
10	Nitrado	Trabajo tercerizado	N/A											
												487	29,33	

Anexo 38. Calendarización de la placa hembra.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)

Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:												
Fase	Operación	Dim bruto:	300*260*35	Pieza:	Máquina	Herramienta	Control	No. piezas:				N. Hoja:	Tiempo(min)		Tiempo en h	
								Vc	S	F	P		Preparación	Trabajo		
								Condiciones de corte		Longitud						
								mm/mi n		mm						
1	Punteado para agujeros			Fresadora	Broca de centros	Fanuc	Fanuc	-	1200	80	4		15	12		0,45
2	Taladrado			Fresadora	Brocas de Ø10,5	Fanuc	Fanuc	30	914,29	137,143	Todo		8	20		0,47
3	Taladrado			Fresadora	Brocas de Ø13	Fanuc	Fanuc	30	738,46	110,769	Todo		8	20		0,47
4	Fresa de cabezas			Fresadora	Fresa sólida plana de Ø8 con recubrimiento TiAIN	Fanuc	Fanuc		5200	800	12		16	60		1,27
5	Acabado			NA	Avellanador y rebarbador				N.A				15	0		0,25
												62			2,90	

Nota: Se omite el tiempo de cuadrado y rectificado de esta placa porque se lo realizó al mismo tiempo que la placa porta hembra

Anexo 39. Calendarización de la placa porta paralelas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)

Realizado por:		Fecha de elaboración:															
Marco Mejía		Dim bruto:		165*145*25		Pieza:		Placa porta expulsores		No. piezas:		1		N. Hoja:		6-13	
Fase	Operación	Material:	1018	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Preparación	Trabajo	Tiempo en h			
								Vc	S	F	P						
								m/min	r/min	mm/min	mm						
1	Cuadrar la placa			Desbastar las caras de laterales y planear la cara superior de la placa	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	180	2304	921,6	2,5		48	60	1,80		
1	Acabado			Dar el acabado a la placa para que tenga las dimensiones requeridas	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	220	2816	563,2	0,2		5	25	0,50		
6	Fresado			Desbastar los agujeros para los expulsores	Fresadora	Fresa sólida de ϕ 8 con recubrimiento TiAlN	Fanuc		3120	468	0,5		15	80	1,58		
7	Fresado			Acabado de los agujeros de los expulsores	Fresadora	Fresa sólida de ϕ 8 con recubrimiento TiAlN	Fanuc		4680	702	12		5	12	0,28		
4	Planeado			Planear el sobrante de material	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	180	2304	921,6	2,5		5	15	0,33		
5	Rectificado			Rectificar la placa para el acabado	Rectificadora	Piedra de rectificadora	N/A		3600		0,05-0,1		5	20	0,42		
6	Acabado			Avellanar los agujeros y quitar las rebabas	N/A	Avellanador y rebarbador							15	0	0,25		
													98	5,17			

Anexo 40. Calendarización de la placa porta expulsores.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA															
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)															
Realizado por:			Fecha de elaboración:												
Marco Mejía			Expulsores				No. piezas:		4		N. Hoja:		7-13		
Fase	Operación	Material:	4340	Dim bruto:	ø25,4x150	Pieza:	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte			Longitud	Tiempo(min)	
										Vc	S	F		P	Preparación
1	Desbaste					Tomo	Cuchilla de carburo de tungsteno	N.A	130	1189	237,714	0,5-2,3	60	120	3,00
2	Medición					N.A	Calibrador telescopico y micrómetro	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	50		0,83
3	T.T					Horno	Enfriado en aceite	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	10	60	1,17
4	Acabado					Tomo	Cuchilla de carburo de tungsteno	N.A	180	1646	164,571	0,15-0,4	14	80	1,57
													134	6,57	

Anexo 41. Calendarización de los expulsores.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)

Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:		N. Hoja:		8-13		Tiempo (min)	Tiempo en h				
Material:	Dim bruto:	260*90*60		Pieza:		Paralelas		No. piezas:				2			
Fase	Operación	Descripción		Máquina		Herramienta		Control		Condiciones de corte		Preparación	Trabajo		
								Vc	S	F	P			Longitud	
								m/min	rpm	mm/min	mm	mm			
1	Cuadrar la placa	Desbastar la placa para que todas sus caras estén paralelas y perpendiculares		Fresadora manual	Cuchilla de carburo ϕ 120	Fresadora		170	453,33	68	2		60	160	3,67
2	Acabado placas	Dar el acabado a las placas		Fresadora manual	Cuchilla de carburo ϕ 120	Fresadora		250	666,67	66,6667	0,2				
3	Taladrado	Taladrar los agujeros para roscar		Fresadora	Brocas de ϕ 8	Fanuc		30	1200	180	15		8	20	0,47
3	Taladrado	Taladrar los agujeros pasantes		Fresadora	Brocas de ϕ 13	Fanuc		30	738,46	110,769	Todo		8	45	0,88
5	Rectificado	Rectificar las placas para que tengan las mismas medidas		Rectificadora	Piedra de rectificadora	N/A			3600		0,05-0,1		25	30	0,92
6	Acabado	Avellanar los agujeros, roscar y quitar las rebabas		N/A	Avellanador, machuelos y rebarbador				N/A				12	0	0,20
											113	6,13			

Nota: Esta operación se realiza las 2 placas a la vez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																															
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																															
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)																															
Realizado por:		Marco Mejía			Fecha de elaboración:						N. Hoja:			9-13																	
Material:		4340		Dim bruto:		ø35x125		Pieza:			No. piezas:			4																	
Fase		Operación		Descripción		Máquina		Herramienta		Control		Vc		S		F		P		mm		mm		Preparación		Trabajo		Tiempo(min)		Tiempo en h	
1		Desbaste		Desbastar los bebederos dejando exeso para dar el acabado		Torno		Cuchilla de carburo de tungsteno		N.A		130		1189		237,714		0,5-2,3				60		100		2,67					
2		Medición		Medir el agujero de los bujes con precisión de centésimas para dar el acabado		N.A		Calibrador telescópico y micrómetro						N.A								50				0,83					
3		T.T		Templar los expulsores a 800 C, 1 h por cada 20mm de espesor		Horno		Enfriado en aceite						N.A								10		120		2,17					
4		Acabado		Dar el acabado con las tolerancias establecidas		Torno		Cuchilla de carburo de tungsteno		N.A		180		1646		164,571		0,15-0,4				14		75		1,48					
																						134				7,15					

Anexo 43. Calendarización de las columnas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																											
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																											
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																											
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)																											
Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:																							
Material:		1018 Dim bruto: 260°260°75		Piezas: 1		No. piezas:		1		N. Hoja:		10-13															
Fase		Operación		Descripción		Máquina		Herramienta		Control		Condiciones de corte		Longitud		Tiempo (min)		Tiempo en h									
												Vc		S		F		P		mm		mm		Preparación		Trabajo	
												m/min		rpm		mm/min		mm		mm				min		h	
1	Desbaste	Desbaste de la cavidad		Fresadora		Fresa indexable ø 25		Fanuc				180		2304		921,6		2,5				15		1,30		2,42	
2	Acabado	Dar acabado a la cavidad		Fresadora		Fresa indexable ø 25		Fanuc				220		2816		563,2		0,2				8		70		1,30	
3	Fresado	Desbastar los agujeros para las columnas en espiral		Fresadora		Fresa indexable ø 25		Fanuc				180		2304		921,6		2				5		60		1,08	
4	Fresado	Acabado de los agujeros para las columnas		Fresadora		Fresa indexable ø 25		Fanuc				220		2816		563,2		0,25				5		60		1,08	
5	Fresado	Desbastar los agujeros para los expulsores		Fresadora		Fresa sólida de Ø8 con recubrimiento TiAIN		Fanuc				3120		468		0,5						15		35		0,83	
6	Fresado	Acabado de los agujeros de los expulsores		Fresadora		Fresa sólida de Ø8 con recubrimiento TiAIN		Fanuc				4680		702		12						5		10		0,25	
7	Taladrado	Taladrar los agujeros de la placa		Fresadora		Brocas de Ø10,75		Fanuc				30		893		133,953		20				8		20		0,47	
8	Taladrado	Taladrar los agujeros de la placa		Fresadora		Brocas de Ø7		Fanuc				30		1371		205,714		20				8		20		0,47	
9	Acabado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas y rosacar agujeros		N.A		Avellanador y rebarbador		N.A														5				0,08	
																						74				7,98	

Nota: Se omite el tiempo de cuadrado y rectificado de esta placa porque se lo realizó al mismo tiempo que la placa hembra

Anexo 44. Calendarización de la placa portamachos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA														
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA														
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)														
Realizado por:				Marco Mejía				Fecha de elaboración:						
Material:		P20	Dim bruto:	145*145*35		Pieza:	Placa expulsora		No. piezas:	1		N. Hoja:	11-13	
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud	Tiempo(min)		Tiempo en h	
						Vc	S	F	P		Preparación	Trabajo		
						m/min	rpm	mm/min	mm					
1	Cuadrar la placa	Desbasta la placa para que todas sus caras estén paralelas y perpendiculares	Fresadora manual	Cuchilla de carburo ϕ 120	Fresadora	130	346,67	69,3333	2		48	120	2,80	
2	Rectificado	Rectificar la placa para que tenga las medidas necesarias	Rectificadora	Piedra de rectificadora	N.A		3600		0,05-0,1		35	85	2,00	
3	Taladrado	Taladrar los agujeros que sujetan la placa portam	Fresadora	Brocas de ϕ 7	Fanuc	30	1371,4	205,714	Todo		15	20	0,58	
4	Fresa de cabezas	Desbastar la cabeza para los tornillos allen	Fresadora	Fresa sólida de ϕ 8 con recubrimiento TiAlN	Fanuc		3120	468	0,25		16	60	1,27	
5	Desbaste	Desbastar las caras de laterales	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	180	2304	921,6	2,5		5	40	0,75	
6	Acabado	Dar el acabado a la placa para que tenga las dimensiones requeridas	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	220	2816	563,2	0,2		3	70	1,22	
7	Fresado	Desbastar los agujeros para los machos	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	180	2304	921,6	2,5		3	55	0,97	
8	Fresado	Acabado de los agujeros	Fresadora	Fresa indexable ϕ 25	Fanuc	220	2816	563,2	0,2		2	80	1,37	
9	Acabado	Avellanar los agujeros y quitar las rebabas	N.A	Avellanador y rebarbador		N.A					15	0	0,25	
9	Pulido	Lijar la superficie y luego pulirlas	N.A	Lijas 600, 800, 1200, 1500 y pulimento								360	6,00	
10	Nitrurado	Trabajo tercerizado	N.A											
											142	17,20		

Anexo 45. Calendarización de la placa expulsora.

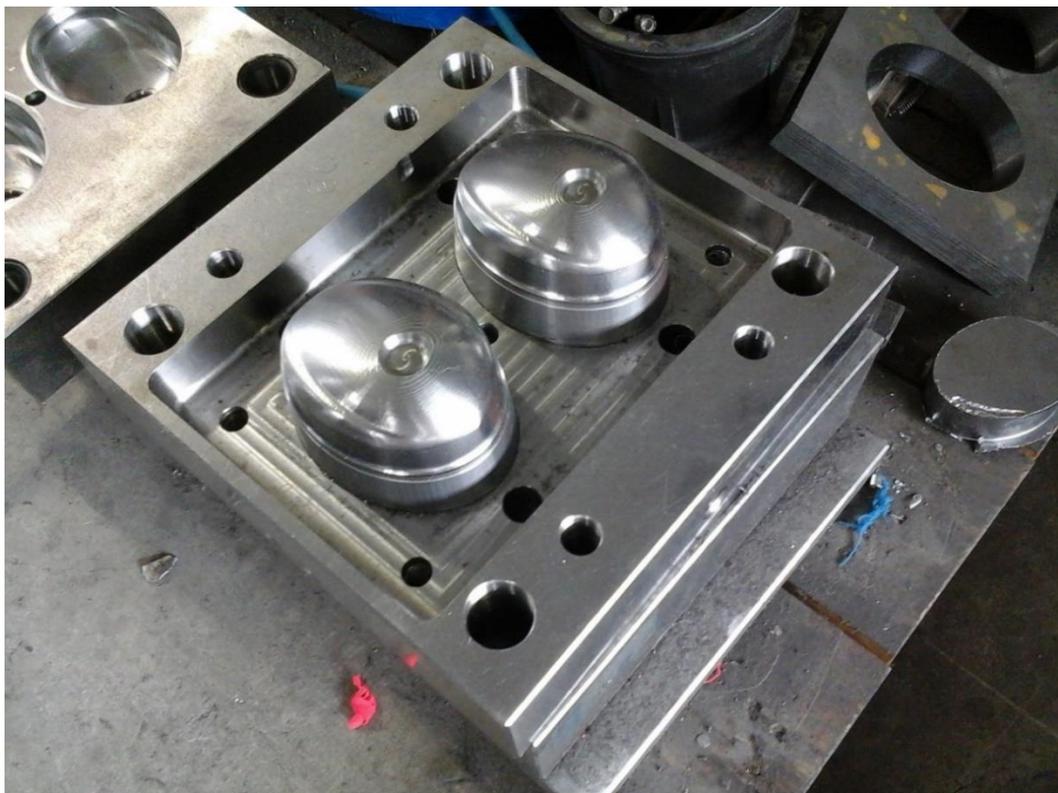
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA													
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)													
Realizado por:		Marco Mejía				Fecha de elaboración:							
Material:		P20	Dim bruto:	115*90*75	Pieza:	Machos		No. piezas:	2	N. Hoja:	12-13		
Fase	Operación	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud mm	Tiempo(min)		Tiempo en h
						Vc	S	F	P		Preparación	Trabajo	
						m/min	rpm	mm/min	mm				
1	Planeado	Planear la cara superior de los machos	Fresadora	Fresa indexable ø 25	Fanuc	180	2304	460,8	2,5		16	40	0,93
2	Desbaste	Desbaste de la cavidad de refrigeración y de las superficies laterales del macho	Fresadora	Fresa de Ø8 con recubrimiento TiAlN	Fanuc		3120	468	0,5		30	200	3,83
3	Taladrado	Taladrar los agujeros del macho	Fresadora	Brocas de Ø6,5	Fanuc	30	1477	221,538	20		16	40	0,93
4	Mahuelado	Avellanar los agujeros, quitar las rebabas y roscar agujeros	N.A	Avellanador, machuelos y rebarbador		N.A					5		0,08
5	Unión	Empemar el macho con una alza para poder sujetarla en la entenalla	N.A	Penos		N.A					5		0,08
6	Fresado	Desbastar los machos	Fresadora	Fresa indexable ø 25	Fanuc	180	2304	921,6	2		10	150	2,67
7	Fresado	Acabado del macho	Fresadora	Fresa indexable ø 25	Fanuc	220	2816	563,2	0,25		10	120	2,17
8	Fresado	Desbastar los agujeros para los expulsos	Fresadora	Fresa sólida de Ø8 con recubrimiento TiAlN	Fanuc		3120	468	0,5		30	60	1,50
9	Acabado	Dar acabado a las cavidades	Fresadora	Fresa sólida esferica de ø8con recubrimiento TiAlN	Fanuc		3600	540	0,4		10	1200	20,17
10	Acabado	Quitar las rebabas	N.A	Avellanador y rebarbador		N.A					5		0,08
9	Pulido	Lijar la superficie y luego pulirlas	N.A	Lijas 600, 800, 1200, 1500 y pulimento								360	6,00
10	Nitrurado	Trabajo tercerizado	N.A										
											137	37,52	

Anexo 46. Calendarización de los machos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
HOJA DE PROCESO (CALENDARIZACIÓN)

Realizado por:		Marco Mejía		Fecha de elaboración:									
Fase	Operación	Dim bruto:	Descripción	Pieza:	Herramienta	Control	No. piezas:			N. Hoja:	13-13	Tiempo en h	
							Vc	S	F				P
		4340	ø55x70	Máquina	Bujes		m/min	r/min	mm/min	mm			
1	Taladrado		Taladrar el agujero interno de los bujes	Torno	Broca	N.A	30	37,94	7,58893	60	70	60	2,17
1	Desbaste		Desbastar los bebederos dejando exceso para dar el acabado	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno	N.A	130	1189	237,714	0,5-2,3	60	100	2,67
2	Medición		Medir el agujero con precisión de centésimas para dar el acabado	N.A	Calibrador telescópico y micrómetro						50		0,83
3	T.T		Templar los expulsos a 800 C, 1h por cada 20mm	Horno	Enfriado en aceite						10	180	3,17
4	Acabado		Dar el acabado con las tolerancias establecidas	Torno	Cuchilla de carburo de tungsteno	N.A	180	1646	164,571	0,15-0,4	14	75	1,48
											204	10,32	

Anexo 47. Calendarización de los bujes.



Anexo 48. Machos de la orejera.



Anexo 49. Placa hembra del molde.



Anexo 50. Molde abierto.



Anexo 51. Partes del sistema de expulsión.



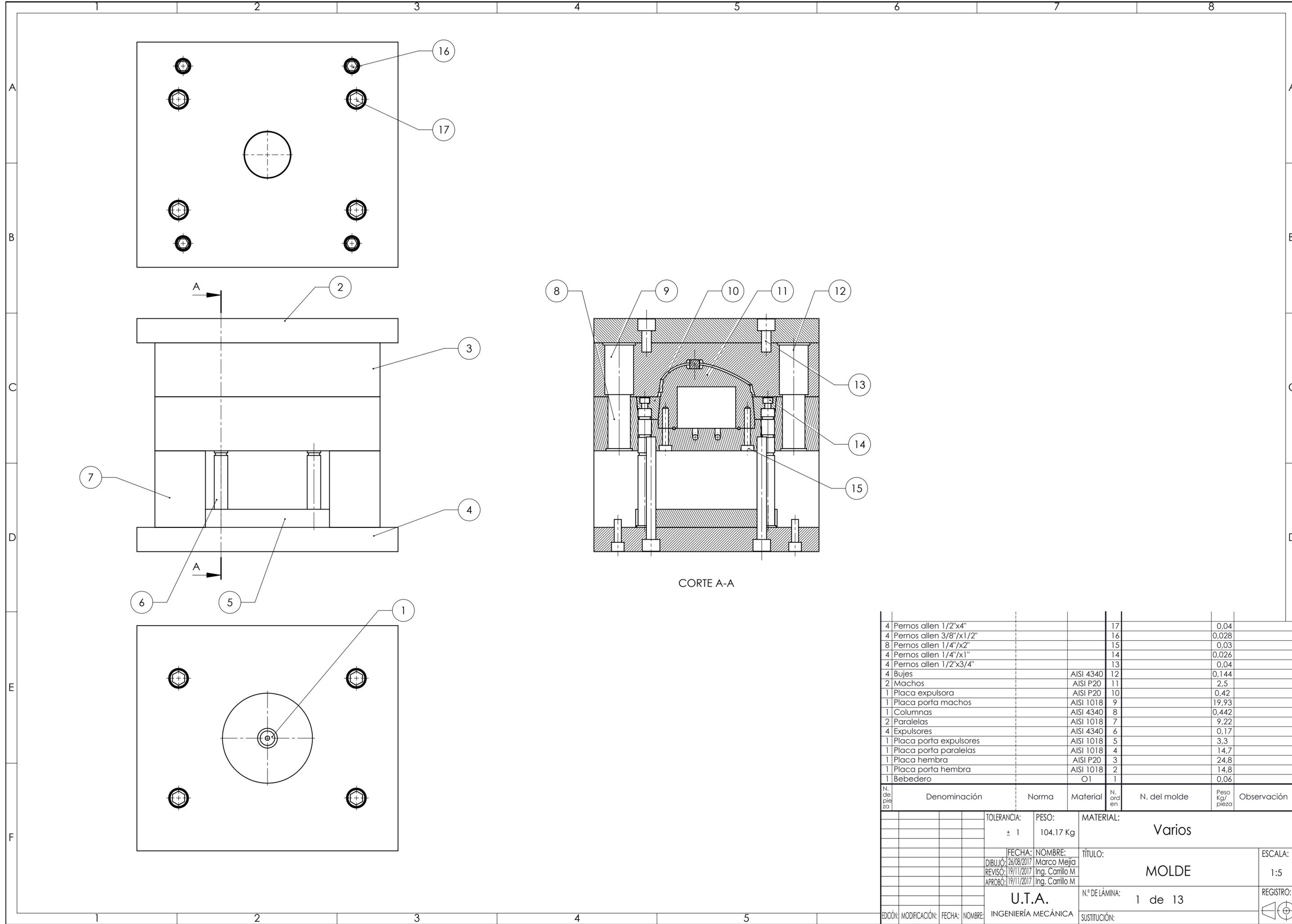
Anexo 52. Bebedero y placa porta hembras.



Anexo 53. Cavidades antes y después del pulido.

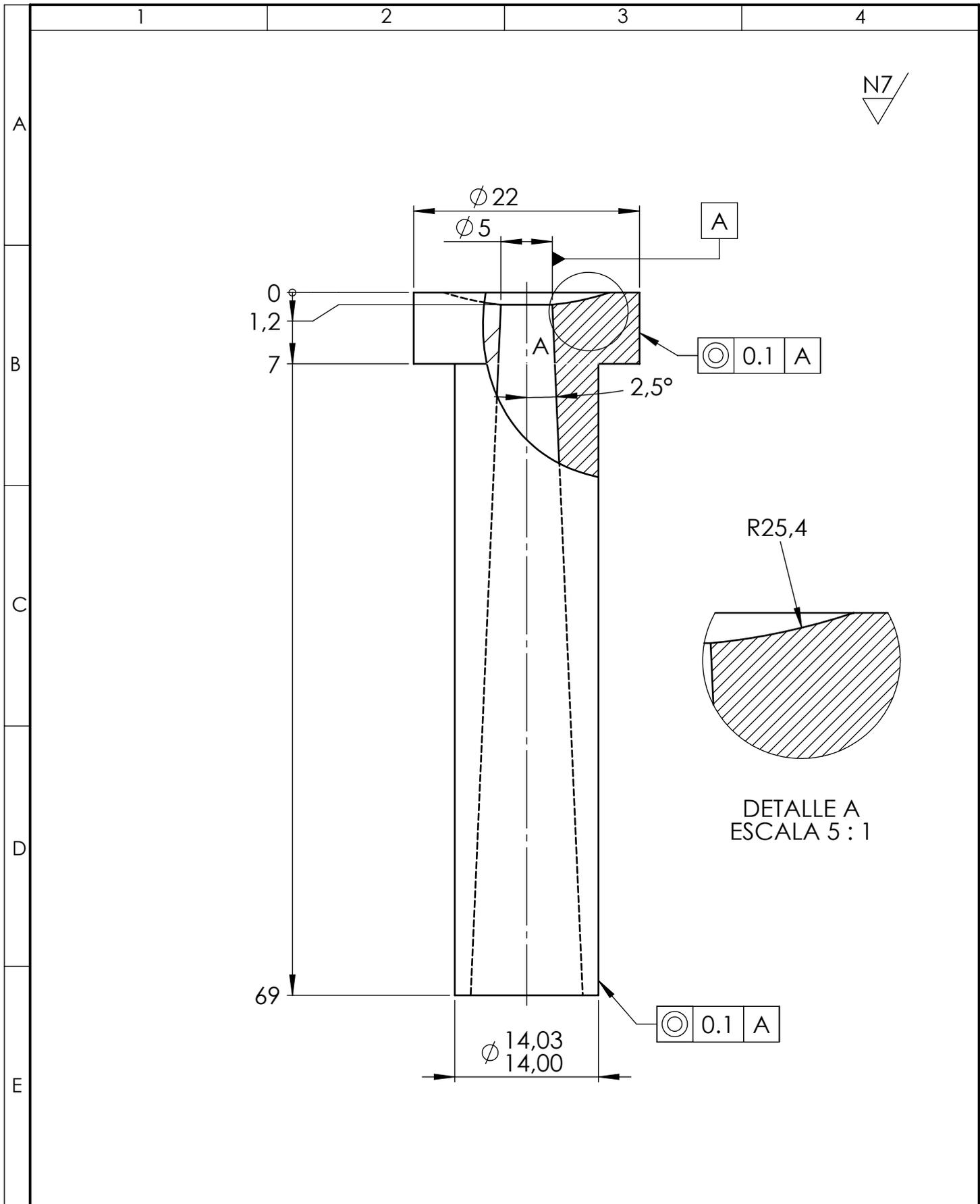


Anexo 54. Pulimento para moldes de inyección.



4	Pernos allen 1/2"x4"			17		0,04	
4	Pernos allen 3/8"x1/2"			16		0,028	
8	Pernos allen 1/4"x2"			15		0,03	
4	Pernos allen 1/4"x1"			14		0,026	
4	Pernos allen 1/2"x3/4"			13		0,04	
4	Bujes	AISI 4340		12		0,144	
2	Machos	AISI P20		11		2,5	
1	Placa expulsora	AISI P20		10		0,42	
1	Placa porta machos	AISI 1018		9		19,93	
1	Columnas	AISI 4340		8		0,442	
2	Paralelas	AISI 1018		7		9,22	
4	Expulsores	AISI 4340		6		0,17	
1	Placa porta expulsores	AISI 1018		5		3,3	
1	Placa porta paralelas	AISI 1018		4		14,7	
1	Placa hembra	AISI P20		3		24,8	
1	Placa porta hembra	AISI 1018		2		14,8	
1	Bebedero	O1		1		0,06	
N. de pieza	Denominación	Norma	Material	N. ord en	N. del molde	Peso Kg/ pieza	Observación
		TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	Varios		
		± 1	104.17 Kg				
		FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:	MOLDE		
		DIBUJO: 26/08/2017	Marco Mejía				
		REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		N.º DE LÁMINA: 1 de 13		
		APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M				
		U.T.A.			REGISTRO:		
		INGENIERÍA MECÁNICA					
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

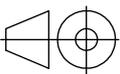


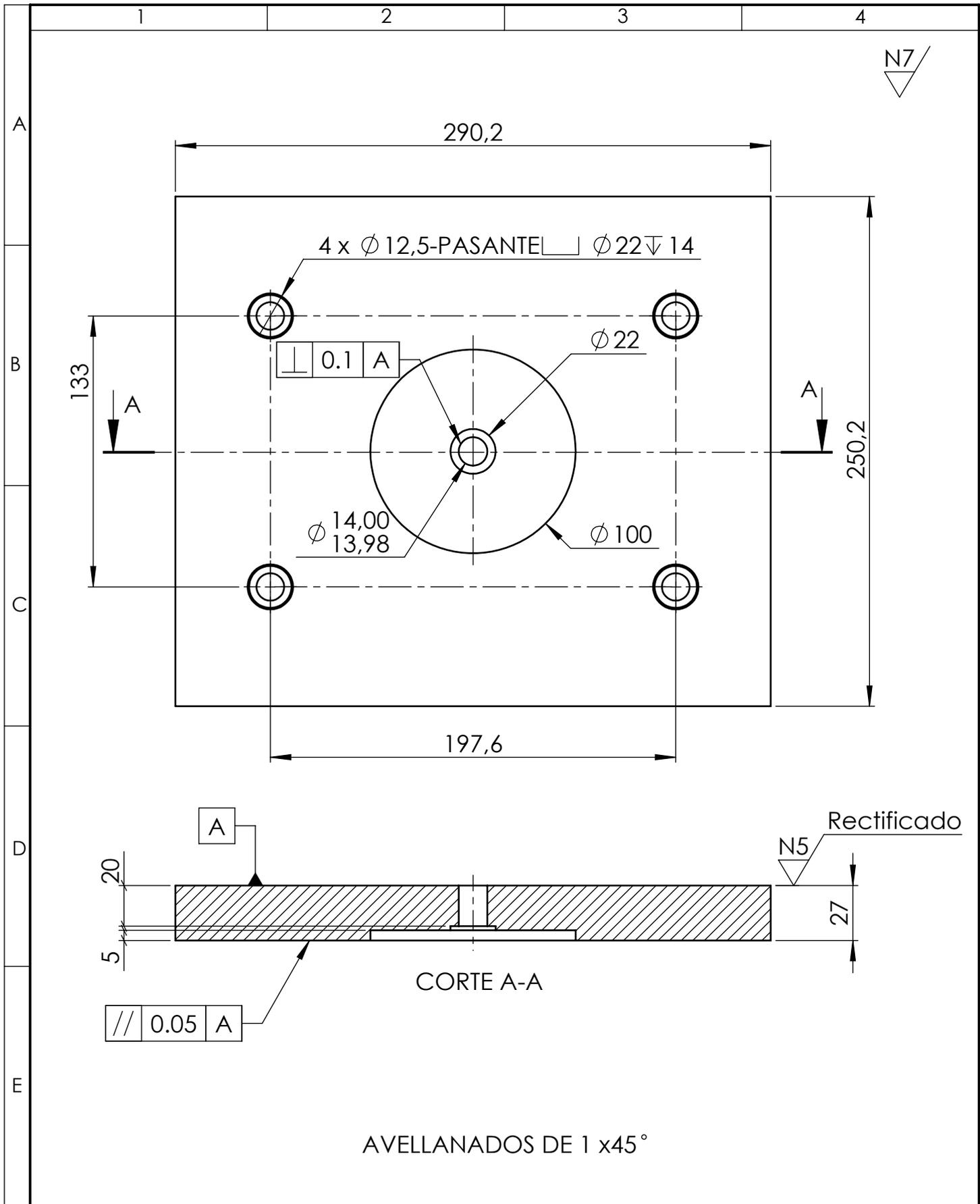


N7

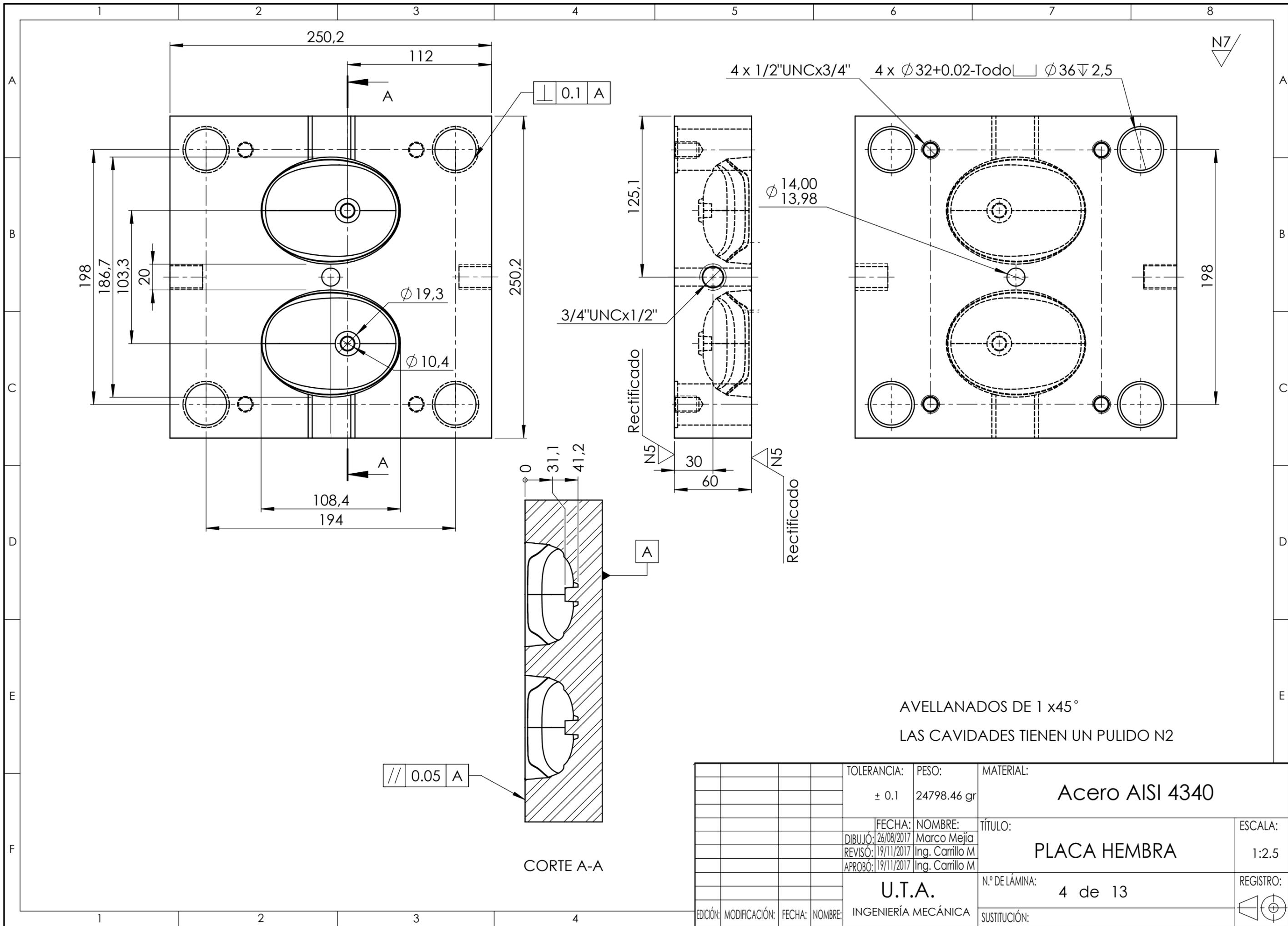
A
B
C
D
E

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 67.04 gr	MATERIAL: Acero AISI 4340	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: BEBEDERO	ESCALA: 2:1
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 2 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	





				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 14885.76 gr	MATERIAL: Acero AISI 1010	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: PORTA HEMBRA	ESCALA: 1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 3 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



4 x 1/2"UNCx3/4" 4 x $\phi 32+0.02$ -Todo $\phi 36 \nabla 2.5$

3/4"UNCx1/2"

$\phi 14.00$
 $\phi 13.98$

Rectificado

Rectificado

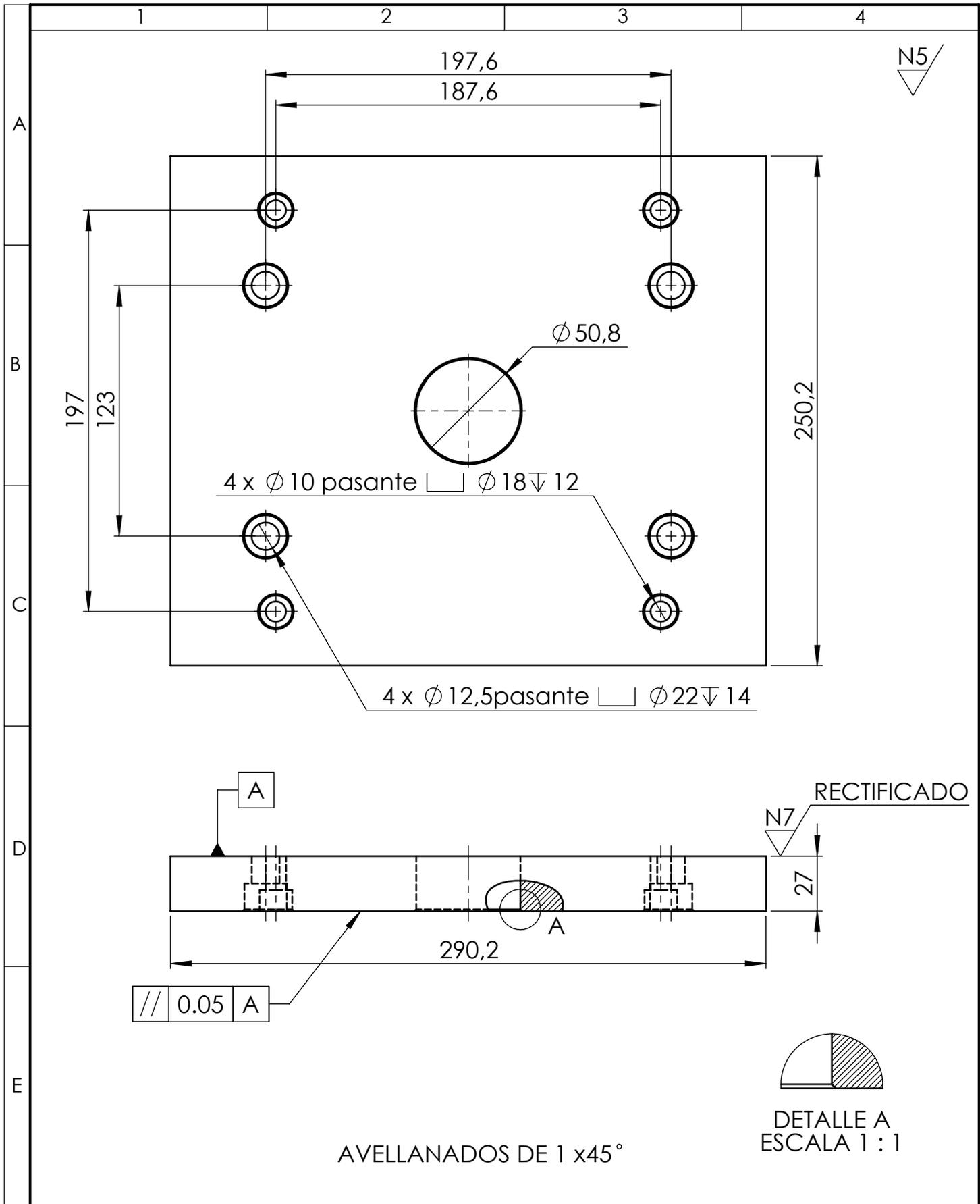
CORTE A-A

AVELLANADOS DE 1 x45°
LAS CAVIDADES TIENEN UN PULIDO N2

// 0.05 A

\perp 0.1 A

TOLERANCIA:		PESO:	MATERIAL:	
± 0.1		24798.46 gr	Acero AISI 4340	
FECHA:		NOMBRE:	TÍTULO:	ESCALA:
DIBUJÓ: 26/08/2017		Marco Mejía	PLACA HEMBRA	1:2.5
REVISÓ: 19/11/2017		Ing. Carrillo M		
APROBÓ: 19/11/2017		Ing. Carrillo M		
U.T.A.			N.º DE LÁMINA:	REGISTRO:
INGENIERÍA MECÁNICA			4 de 13	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:



				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 14688.64gr	MATERIAL: Acero AISI 1010	
				FECHA: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: PLACA PORTA PARALELAS	ESCALA: 1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 5 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

1

2

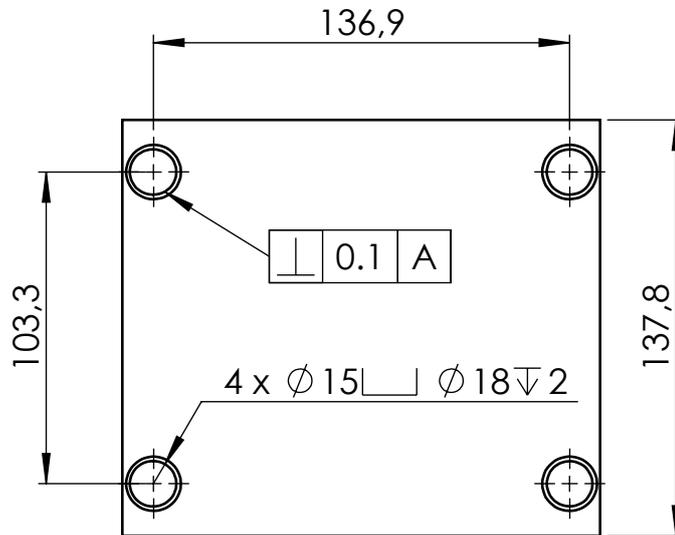
3

4

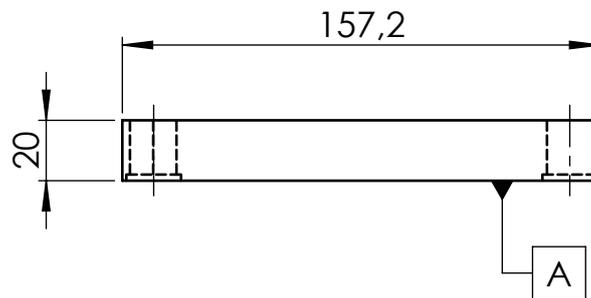
A

N7

B



C

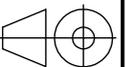


D

E

AVELLANADOS DE 1 x45°

				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 3291.73gr	MATERIAL: Acero AISI 1010	
				FECHA: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: PLACA PORTA EXPULSORES	ESCALA: 1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 6 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



1

2

3

4

N7
▽

A

1/4"UNCx1/2"

R2

132

123

B

103

83

A

C

 ϕ 15,00
14,98

D

2

0

A

3xR1,5

◎ 0.1 A

 ϕ 18

E

DETALLE A
ESCALA 5 : 1

				TOLERANCIA: ±0.1	PESO: 178.86gr	MATERIAL: Acero AISI 4340	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: EXPULSORES	ESCALA: 1:1
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 7 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

1

2

3

4

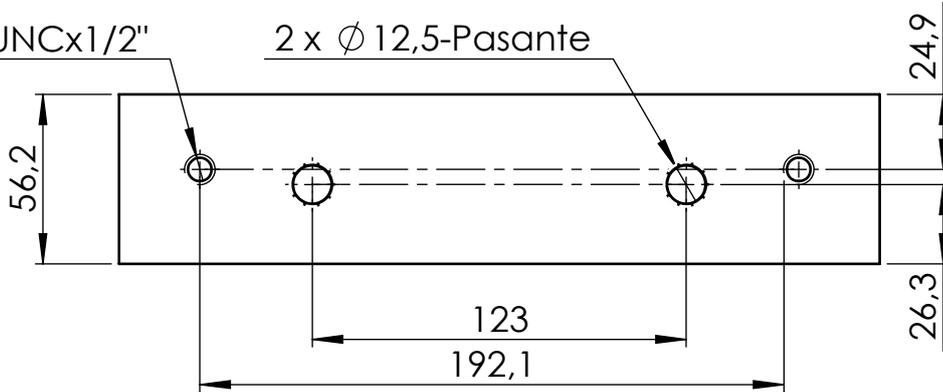
A

N7

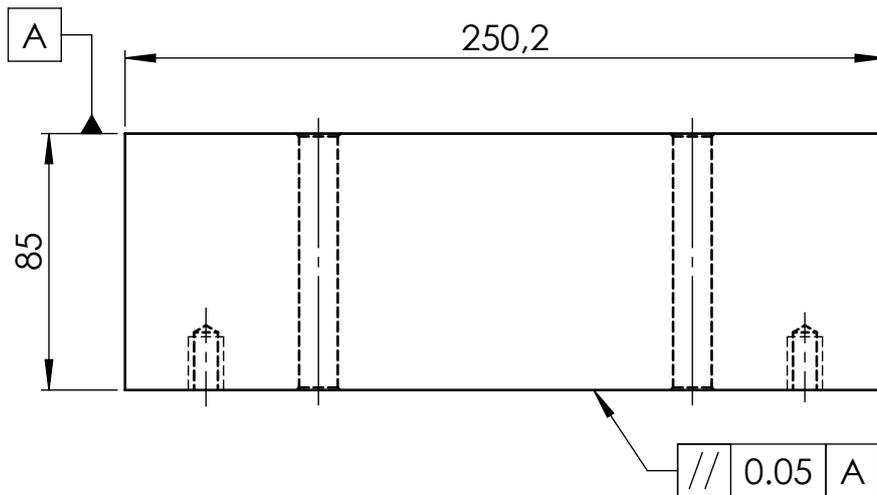
B

2 x 3/8"UNCx1/2"

2 x Ø 12,5-Pasante



C

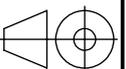


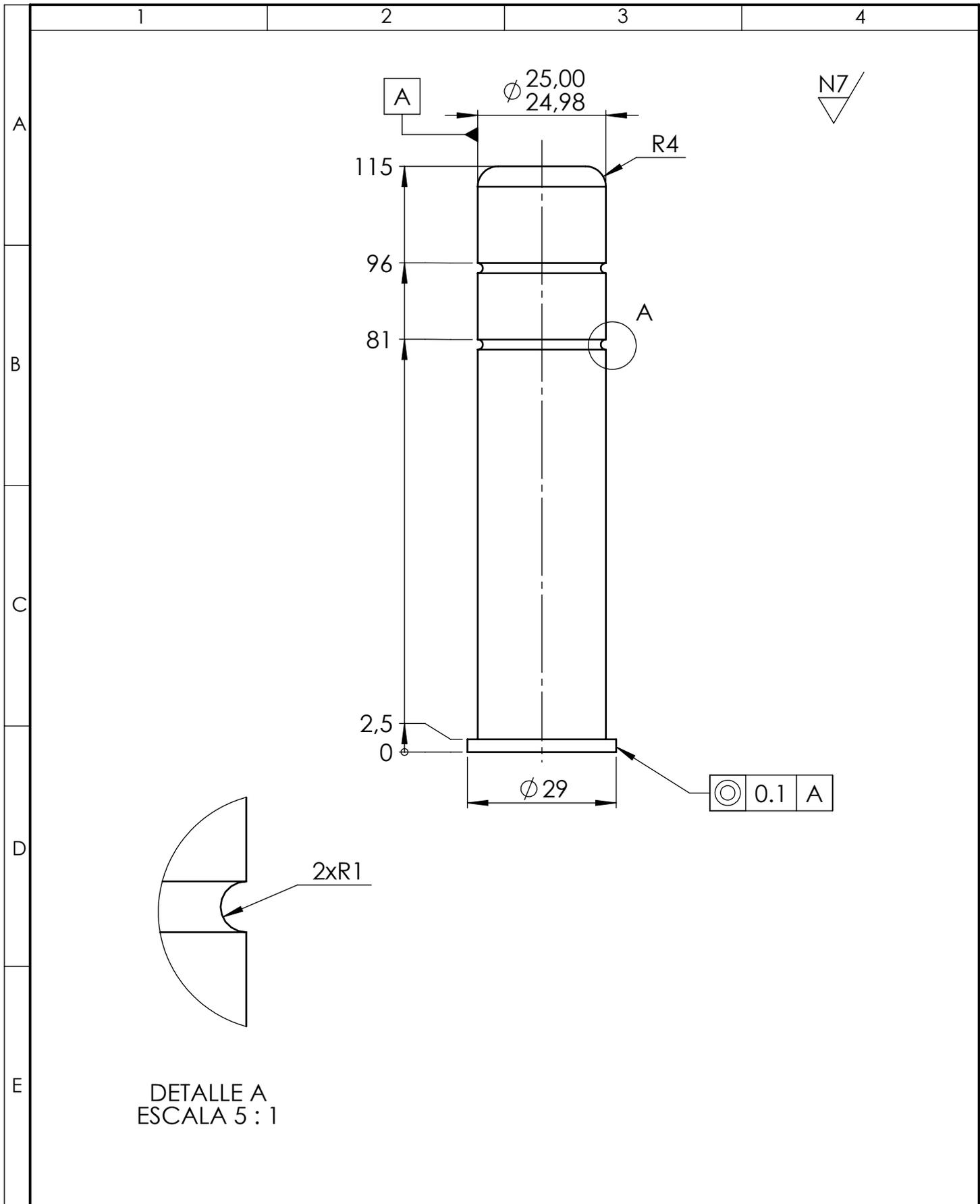
D

E

AVELLANADOS DE 1 x45°

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 9221.33gr	MATERIAL: Acero AISI 1010	
				FECHA: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: PARALELAS	ESCALA: 1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 8 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

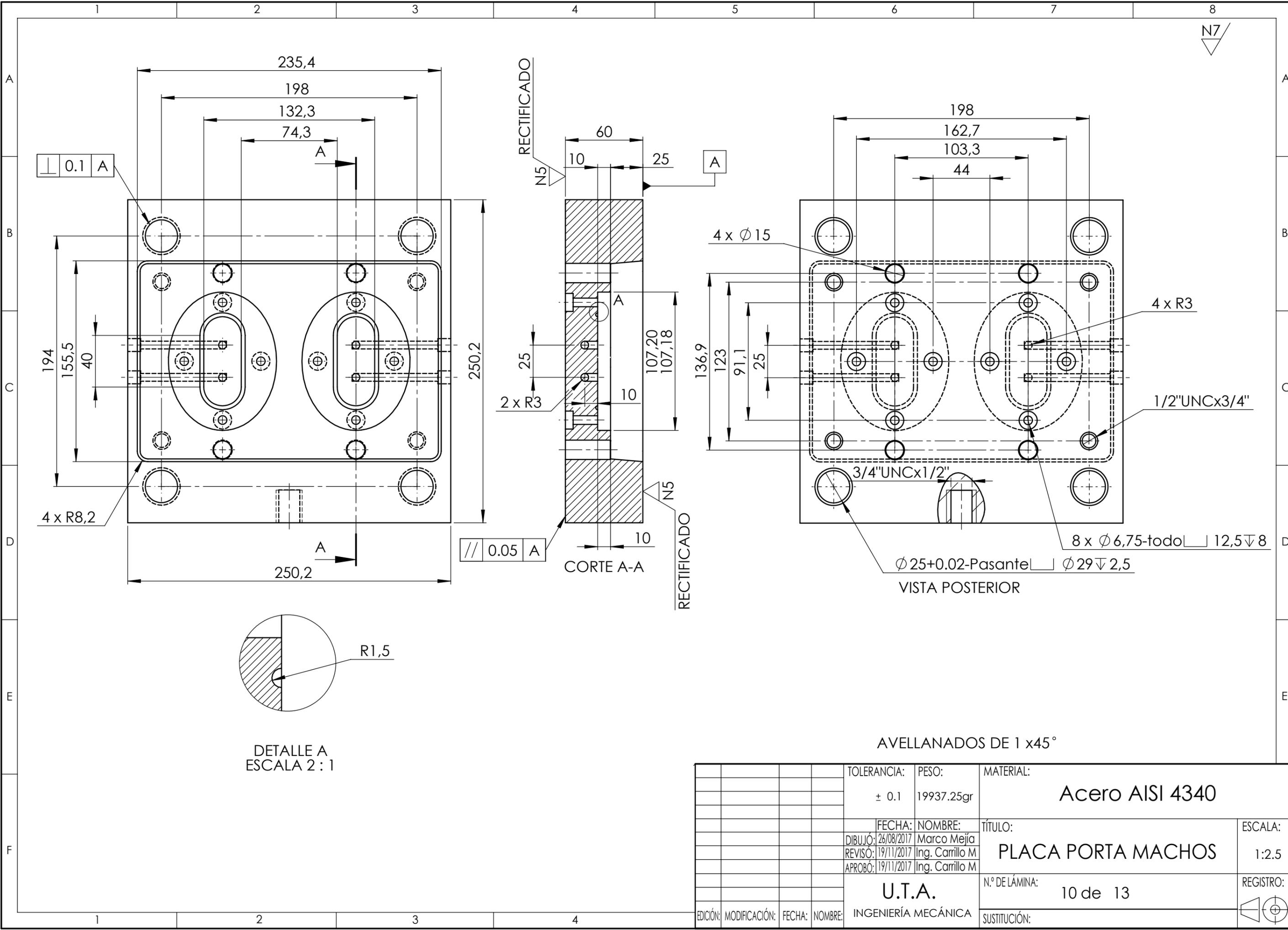




DETALLE A
ESCALA 5 : 1

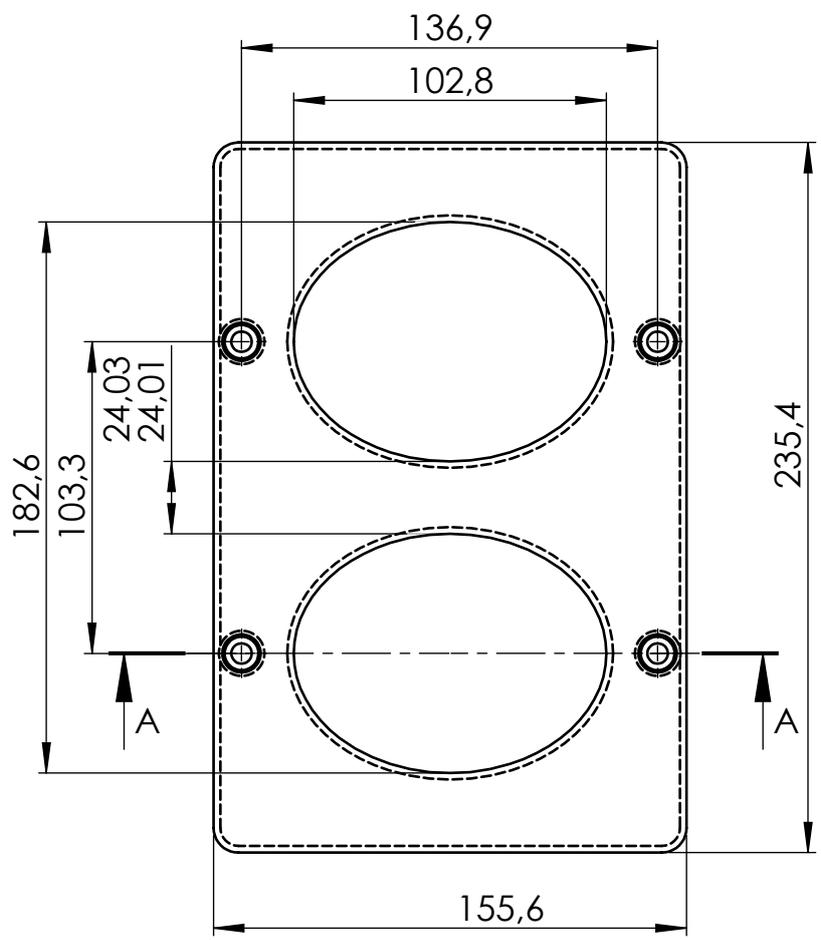
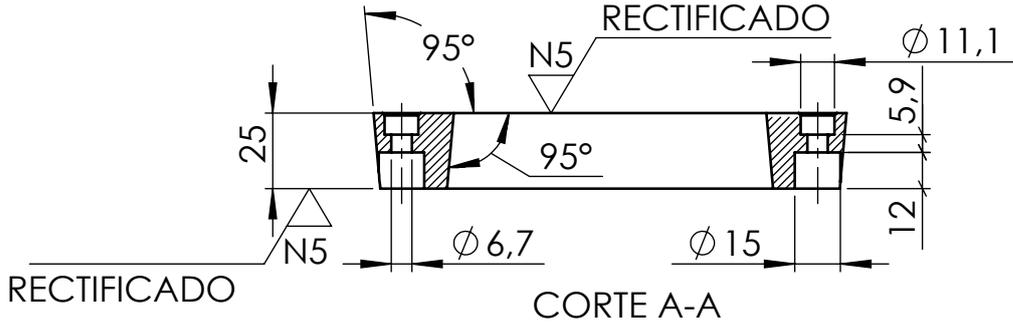
				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 442.63gr	MATERIAL: Acero AISI 4340	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: COLUMNAS	ESCALA: 1:1
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 9 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

N7



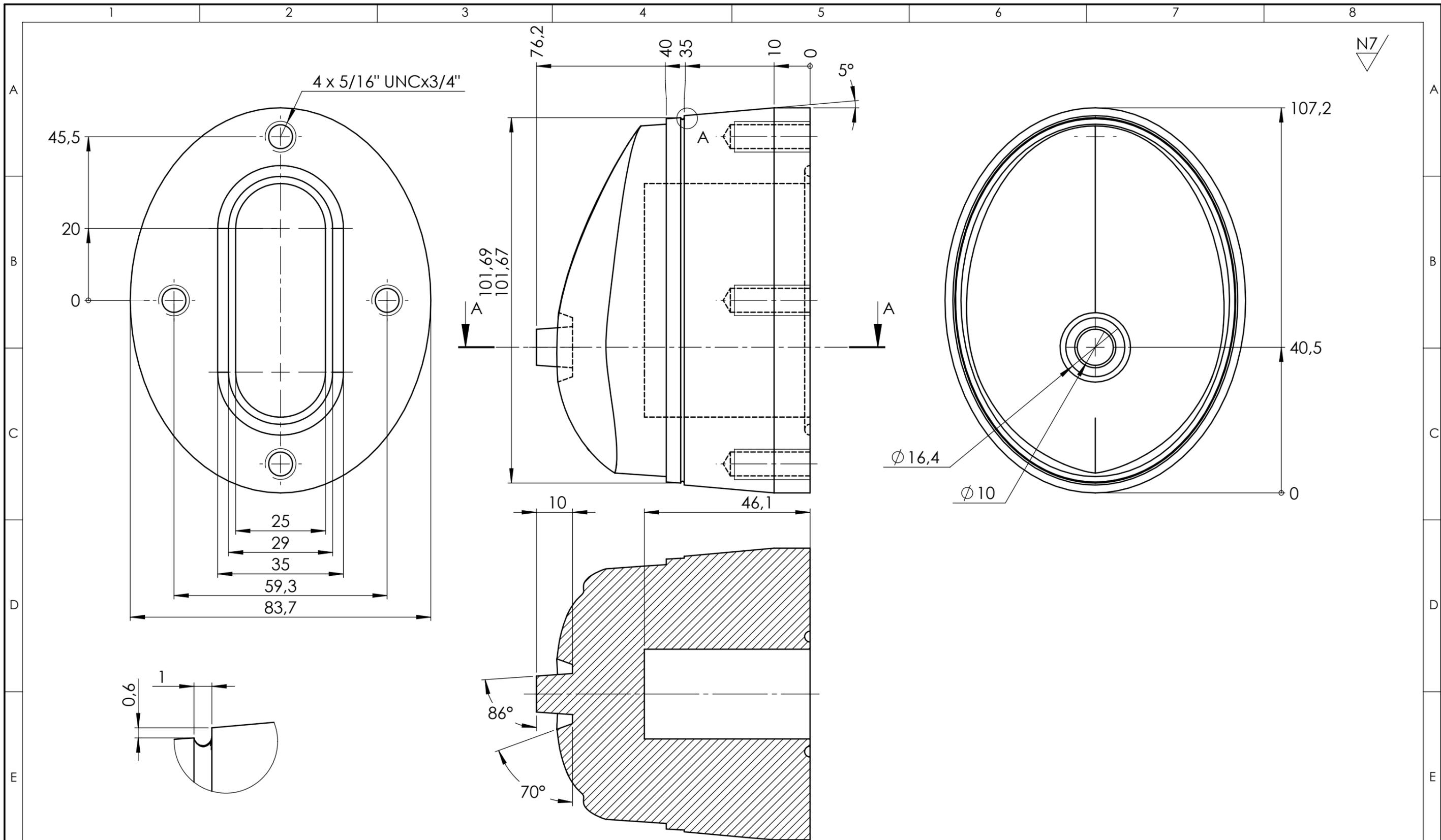
AVELLANADOS DE 1 x45°

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				± 0.1	19937.25gr	Acero AISI 4340		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 26/08/2017	Marco Mejía	PLACA PORTA MACHOS		1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M			
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA:	REGISTRO:	
				INGENIERÍA MECÁNICA		10 de 13		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				



AVELLANADOS DE 1 x45°

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 4276.5 gr	MATERIAL: Acero AISI P20	
				FECHA: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: PLACA EXPULSORA	ESCALA: 1:2.5
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA: 11 de 13	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERÍA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



N7

DETALLE A
ESCALA 5 : 1

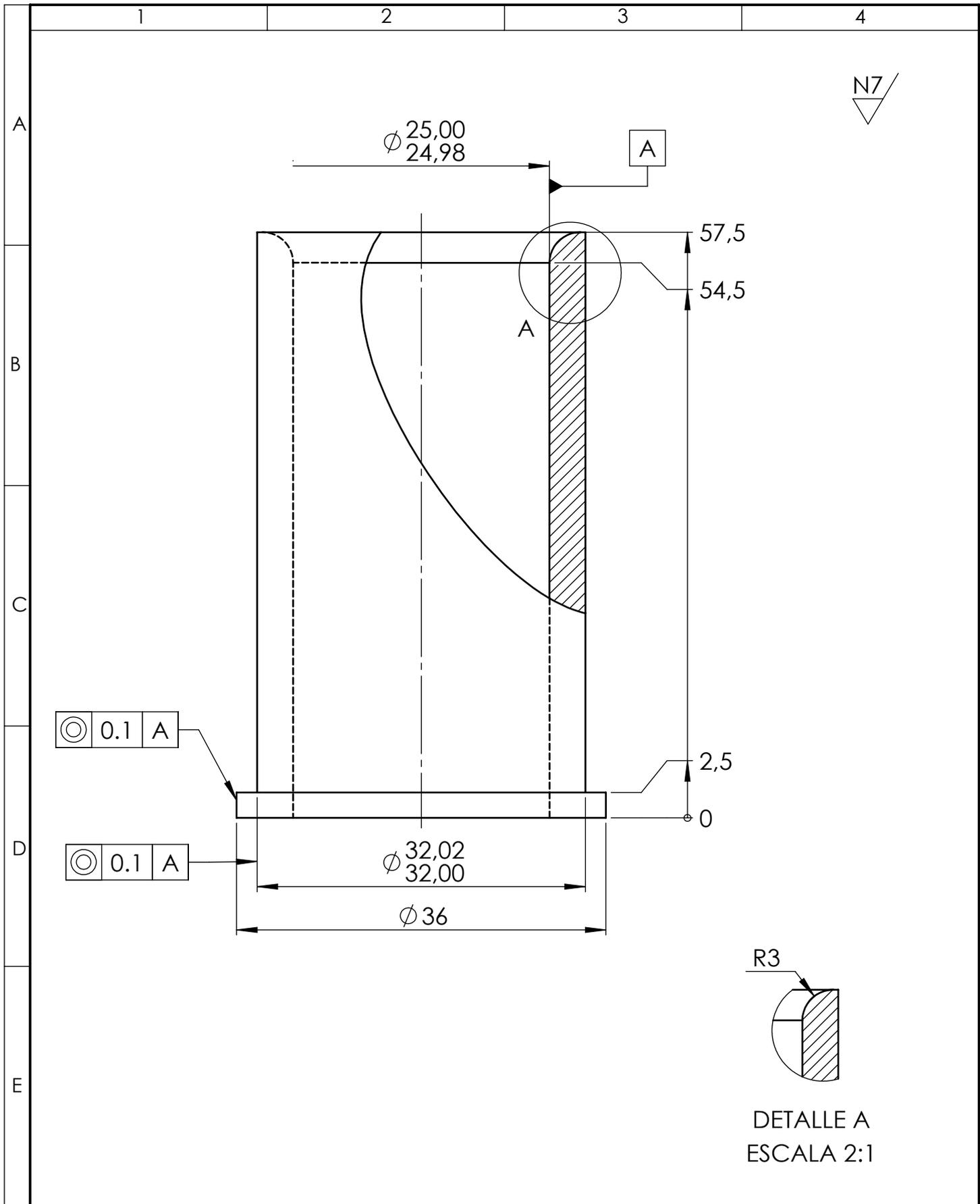
CORTE A-A

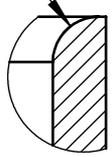
Las caras en contacto con el polímero son pulidas N2

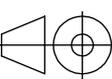
La base del macho es una elipse

Se han omitido las líneas ocultas de las vistas laterales para evitar confusiones

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
± 0.1		2522.17gr		Acero AISI P20	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 26/08/2017		Marco Mejía		MACHO	
REVISÓ: 19/11/2017		Ing. Carrillo M		ESCALA:	
APROBÓ: 19/11/2017		Ing. Carrillo M		1:1	
U.T.A.				N.º DE LÁMINA:	
INGENIERÍA MECÁNICA				12 de 13	
EDICIÓN:		MODIFICACIÓN:		FECHA:	
NOMBRE:		FECHA:		REGISTRO:	



R3

 DETALLE A
 ESCALA 2:1

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO: 144.39gr	MATERIAL: Acero AISI 4340	
				FECHA: DIBUJÓ: 26/08/2017	NOMBRE: Marco Mejía	TÍTULO: BUJES	ESCALA: 2:1
				REVISÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				APROBÓ: 19/11/2017	Ing. Carrillo M		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA: 13 de 13	REGISTRO: 
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	