

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

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

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE GAFAS DE  
SEGURIDAD DE LA EMPRESA ARAKIPROD CIA. LTDA”**

---

**AUTOR: FABRICIO GERMÁN CAMPAÑA CORTÉS**

**TUTOR: ING. MAURICIO CARRILLO**

**AMBATO – ECUADOR**

**2019**

## **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 GAFAS DE SEGURIDAD DE LA EMPRESA ARAKIPROD CIA. LTDA”, elaborado por el señor CAMPAÑA CORTÉS FABRICIO GERMÁN, 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, agosto del 2019



Ing. Mg. Carlos Mauricio Carrillo Rosero

TUTOR

## AUTORÍA DEL PROYECTO

Yo, Fabricio Germán Campaña Cortés, portador de CI: 1804235644, como autor de este proyecto bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE GAFAS DE SEGURIDAD DE LA EMPRESA ARAKIPROD CIA. LTDA”; previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, manifiesto que el contenido de esta Tesis corresponde exclusivamente a mi persona como ejecutor de la misma excepto la bibliografía planteada.

Ambato, agosto del 2019



---

Fabricio Germán Campaña Cortés

AUTOR

## **DERECHOS DE AUTOR**

En calidad de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él un documento disponible para su lectura y estudio, basándose en la Norma Legal de la Institución por motivo de Propiedad Intelectual.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines investigativos, apruebo el estudio de este Proyecto Técnico, dentro de las regulaciones de la Universidad, y al mismo tiempo desapruero la reproducción, plagio o semejanza con la finalidad de representar lucro económico, y todo lo mencionado se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto del 2019



---

Fabricio Germán Campaña Cortés

AUTOR



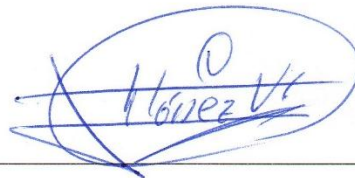
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del proyecto técnico realizado por Fabricio Germán Campaña Cortés, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE GAFAS DE SEGURIDAD DE LA EMPRESA ARAKIPROD CIA. LTDA”

Ambato, agosto del 2019



Ing. Mg. Christian Castro



Ing. Mg. Jorge López

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo con profundo amor a mis padres y familia; Marco Germán y Anita Cecilia, dignos merecedores de felicitaciones por haber formado a mis hermanos Marco Polo, Mayra Elizabeth y a mi persona profesionalmente, como muestra de gratitud por toda la sabiduría que nos comparten y por su amor incondicional hacia nosotros sus hijos. Enfatizo la dedicatoria a mi madre; mi maestra, mi amiga, por ser el eje principal de mi vida y de mi familia. Se lo dedico a mi padre como respuesta al sacrificio de su trabajo diario y por la educación brindada junto a mi madre para realizarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la fuerza para superar las adversidades de la vida y permitirme lograr mis objetivos planteados.

A mi madre por su espera, paciencia y preocupación constante, por enseñarme a desenvolverme y ser independiente.

Agradezco a mi padre, por su ejemplo de perseverancia y esfuerzo, y por el impulso diario, quién me ha enseñado que con dedicación y actitud positiva podemos lograr nuestros objetivos.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y a los docentes por brindar sus conocimientos para la formación de profesionales competentes, a mi tutor por la guía académica en el desarrollo de este trabajo de titulación.

Al Ingeniero Jaime Palacios por la apertura de nuevos proyectos, a la empresa HALLEYCORPORACIÓN C. L. por confiar en mis aptitudes y por el patrocinio de éste proyecto.

A Luis Miguel Castro, mi tutor empresarial, con quien se estableció parámetros del producto y me brindó confianza para ejecutarlo.

Al matricero Manuel Ramos por su enseñanza y por abrirme las puertas de su centro de mecanizado.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO .....	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 .....	xiv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos.....	1
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 Objetivo 1: Diseñar alternativa de modelo 3D en software CAD. ....	4
1.2.1.1 Fundamentos de protectores oculares .....	4
- Equipo de protección personal .....	4
- Protectores de ojos y cara.....	4
1.2.1.2 Normativa de seguridad industrial .....	6
- Normativa de cumplimiento.....	6
- Normativa de diseño.....	7
1.2.1.3 Norma EN 166 .....	8
- Alcance de la norma EN 166.....	8
- Términos EN 165 .....	8
- Definiciones, requisitos y alternativas en secuencia entre normativas EN 165, EN 166, EN 167 y EN 168 .....	8
- Cabeza de ensayo capítulo 17, EN 168 .....	9

- Dimensiones y geometría de la cabeza de pruebas .....	10
- Clasificación según EN 166 .....	12
- Requisitos de diseño y fabricación según “EN 166 capítulo 6” .....	14
- Requisitos básicos, particulares y opcionales según EN 166 capítulo 7 .....	14
1.2.1.4 Diseño de producto.....	17
- Diseño puente nasal.....	19
- Diseño de protección frontal .....	22
- Diseño de protección lateral y elemento de soporte (patillas).....	26
- Ángulo de salida.....	28
1.2.1.5 Impresión 3D.....	29
1.2.1.6 Marcado de protectores según EN 166 .....	29
1.2.1.7 Conclusión del diseño de producto .....	30
1.2.2 Objetivo 2: Elaborar el molde de inyección. ....	31
1.2.2.1 Proceso de manufactura por inyección de polímeros .....	31
- Materiales poliméricos .....	31
- Materiales de inyección.....	33
- Máquina de inyección .....	36
1.2.2.2 Materiales para la construcción de moldes .....	44
- Circunstancias de la geometría de la pieza para la construcción del molde.....	44
1.2.2.3 Diseño de los moldes de inyección .....	45
- Cálculo del número de cavidades molde gafas .....	45
- Cálculo número cavidades en función de la fuerza de cierre de la máquina.....	55
- Cálculos de refrigeración del molde gafas .....	56
- Cálculo del número de cavidades molde soportes.....	65
- Cálculo número cavidades en función de la fuerza de cierre de la máquina.....	70
- Cálculo de refrigeración molde soportes .....	71
- Cálculo de sujeción del molde gafas [22] .....	78
- Cálculo de sujeción molde soportes .....	85
- Cálculo de cáncamos .....	91
1.2.2.4 Tolerancias de componentes .....	96
1.2.2.5 Construcción del molde de inyección .....	100
- Selección de materiales .....	100

- Control numérico computarizado CNC.....	101
1.2.3 Objetivo 3: Realizar pruebas de inyección de gafas de seguridad.....	104
1.2.3.1 Encendido de la máquina inyectora .....	104
1.2.3.2 Montaje del molde en la máquina inyectora .....	104
1.2.3.3 Calibración de parámetros.....	105
1.2.3.4 Pre calentamiento del molde .....	105
1.2.3.5 Inyección del polímero.....	105
CAPÍTULO II .....	107
METODOLOGÍA .....	107
2.1 Materiales .....	107
2.1.1 Materia prima.....	107
2.1.2 Equipos y herramientas.....	109
2.2 Métodos .....	114
CAPÍTULO III.....	118
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	118
3.1 Análisis y discusión de los resultados. ....	118
3.1.1 Pruebas de inyección .....	118
- Prueba 1 .....	118
- Prueba 2.....	120
- Prueba 3.....	121
3.1.2 Pruebas destructivas de espesor de las gafas .....	122
3.1.3 Prueba de impacto.....	123
3.1.4 Pruebas de sacado del material policarbonato .....	124
3.1.5 Rugosidad de cavidades.....	125
CAPITULO IV.....	126
CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	126
4.1 Conclusiones.....	126
4.2 Recomendaciones .....	128
MATERIALES DE REFERENCIA .....	130
- Referencias Bibliográficas .....	130
- Anexo 1: Mecánico .....	1
- Anexo 2: Eléctrico.....	39

- Anexo 3: Electrónico.....	39
- Anexo 4: Normas.....	39
- Calendarización .....	43
- Ficha técnica gafas Halley 1 F .....	63
- Certificado de conformidad emitido por HALLEY CORPORACIÓN C. L. ....	64
- Planos .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Gafas con o sin protectores laterales.....	5
<b>Figura 2.</b> Pantallas que cubren las cuencas oculares y la parte frontal del rostro y se aplica en entornos de elevada temperatura.....	5
<b>Figura 3.</b> Tipo casco, pantallas protectoras de mano, capuchas cubre cabeza.....	6
<b>Figura 4.</b> Croquis de geometría de la cabeza de pruebas vista lateral derecha con puntos de impacto.....	10
<b>Figura 5.</b> Croquis de geometría de la cabeza de pruebas, vista frontal con puntos de impacto.....	10
<b>Figura 6.</b> Campo de visión, medidas en milímetros.....	15
<b>Figura 7.</b> Dimensiones generales de diseño.....	21
<b>Figura 8.</b> Geometría frontal y lateral, detalles principales, medidas en milímetros.....	22
<b>Figura 9.</b> Rango de potencia refractiva esférica y astigmática.....	24
<b>Figura 10.</b> Ángulo pantoscópico de 5° para soportes laterales y 6° para soporte de banda elástica.....	27
<b>Figura 11.</b> Ángulo de talón por apertura de patillas, no debe superar los 5°, distancia esfenoidal y auricular superior. Superficie superior e inferior de las Gafas para línea de cierre, medidas en milímetros.....	28
<b>Figura 12.</b> Renderizado del producto ensamblado.....	30
<b>Figura 13.</b> Diagramas de estructuras atómicas de los polímeros.....	32
<b>Figura 14.</b> Unidad de cierre del sistema de inyección.....	37
<b>Figura 15.</b> Sistema hidráulico de cierre.....	39
<b>Figura 16.</b> Forma correcta de ensamble de boquilla de la inyectora y el molde.....	40
<b>Figura 17.</b> Partes de la máquina inyectora.....	40
<b>Figura 18.</b> Ciclo del sistema de inyección.....	41
<b>Figura 19.</b> Partes del molde.....	42
<b>Figura 20.</b> Partes del molde de 2 platos.....	43
<b>Figura 21.</b> Partes generales del molde de 3 platos.....	43



<b>Figura 22.</b> Superficies conducidas por la línea de cierre cavidad hembra y macho “gafas” .....	46
<b>Figura 23.</b> Gafas 3D, cavidad macho y hembra ensambladas, vistas inferior y superior.....	47
<b>Figura 24.</b> Ubicación de cavidades previo diseño de canales de llenado.....	51
<b>Figura 25.</b> Diagrama de bebedero molde gafas.....	54
<b>Figura 26.</b> Diagrama del balance de energías en el molde.....	60
<b>Figura 27.</b> Disposición geométrica de los canales de enfriamiento respecto a la pieza, del molde macho y hembra gafas.....	63
<b>Figura 28.</b> Línea de cierre molde soportes.....	66
<b>Figura 29.</b> Diagrama de canal de llenado en hilera con puntos fríos, cavidades de soportes y bandas.....	67
<b>Figura 30.</b> Diagrama de bebedero molde soportes.....	70
<b>Figura 31.</b> Disposición geométrica de los canales de enfriamiento respecto a la pieza, del molde macho y hembra soportes.....	77
<b>Figura 32.</b> Diagrama de posición de los pernos de sujeción.....	79
<b>Figura 33.</b> Ubicación de pernos, distancias y dimensiones del molde.....	80
<b>Figura 34.</b> Diagrama molde soportes y distribución de placas.....	86
<b>Figura 35.</b> distribución de pernos, medidas, y medidas superiores del molde soportes.....	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Valores de percentil de cabeza media y cabeza pequeña.....	11
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de diseño de modelo 3D.....	18
<b>Tabla 3:</b> Determinación de potencias refractivas.....	25
<b>Tabla 4:</b> Datos requeridos para la prueba de inyección de cada molde.....	106
<b>Tabla 5:</b> Especificaciones de materiales a utilizar en el molde gafas.....	107
<b>Tabla 6:</b> Especificaciones de materiales a utilizar en el molde soportes.....	108
<b>Tabla 7:</b> Descripción de equipos materiales y herramientas dispuestas por el autor de esta tesis y el centro de matricería.....	110
<b>Tabla 8:</b> Resultados de la primera prueba de inyección.....	119
<b>Tabla 9:</b> Resultados de la segunda prueba de inyección.....	120
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la tercera prueba de inyección.....	121
<b>Tabla 11:</b> Espesores medidos en muestras de gafas.....	122
<b>Tabla 12:</b> pruebas de impacto en las gafas.....	123
<b>Tabla 13:</b> Procedimiento y resultados de pruebas de secado.....	124
<b>Tabla 14:</b> Valores obtenidos de la rugosidad superficial de las cavidades macho y hembra del molde gafas.....	125

## **RESUMEN EJECUTIVO**

La ejecución se lleva a cabo con la investigación de normativa legal que faculte el diseño y construcción de protectores oculares y que sea legalmente permitida en Ecuador, siendo este el registro oficial RTE INEN 216, que cita a la norma EN 166:2001 como referencia para el diseño y construcción de protectores oculares. En conformidad con la empresa beneficiaria se establece un diseño para “gafas con protección lateral” y se enfoca en optimizar los diseños convencionales bajo el concepto de menos, es más, brindando mayor protección de la zona ocular planteada por la norma mencionada con un producto de tres elementos que se ensamblan por ajuste y sin pines metálicos. Se obtuvo la geometría final después de varios diseños que fueron plasmados en prototipos por medio de moldeo por deposición fundida (impresión 3D) y sirvieron de guía para visualizar detalles constructivos. Una vez que la geometría 3D fue establecida se efectuó el diseño CAD de la matriz para el moldeo por inyección, donde se usó los parámetros de las máquinas inyectoras para el diseño de dos moldes de inyección, los parámetros de presión de inyección, fuerza de cierre, y capacidad de inyección definen la geometría del molde y cantidad de cavidades. Se construyó cada elemento de los moldes de inyección, con un proceso de manufactura por arranque de viruta que permite la obtención de cada elemento mecanizado. Para luego ser ensamblado pieza a pieza y luego montado en la máquina inyectora, donde se ejecutaron pruebas de inyección hasta obtener el producto deseado.

## **ABSTRACT**

The execution is carried out with the investigation of legal regulations that authorize the design and construction of eye protectors and that is legally permitted in Ecuador, this being the official registry RTE INEN 216, which cites the standard EN 166: 2001 as reference for the design and construction of eye protectors. In accordance with the beneficiary company, a design for "glasses with lateral protection" is established and focuses on optimizing conventional designs under the concept of less, moreover, providing greater protection of the eye area proposed by the standard mentioned with a product of three elements that are assembled by adjustment and without metallic pins. The final geometry was obtained after several designs that were captured in prototypes by means of molten deposition molding (3D printing) and served as a guide to visualize constructive details. Once the 3D geometry was established, the CAD design of the matrix for injection molding was carried out, where the parameters of the injection machines were used for the design of two injection molds, injection pressure parameters, closing force, and injection capacity define the geometry of the mold and number of cavities. Each element of the injection molds was built, with a manufacturing process by chip removal that allows obtaining each mechanized element. To then be assembled piece by piece and then mounted on the injection machine, where injection tests were carried out until the desired product was obtained.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes investigativos

Según [1] hace un estudio sobre inyección de polímero reprocesados y la influencia sobre la reología del material, usando el método de Cross-WTL que analiza parámetros de velocidad de cizallamiento y temperatura que inciden sobre la viscosidad del fluido inyectado. Para sus ensayos escoge dos materiales, el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) de baja densidad con un índice de fluidez de  $2,2 \frac{cm^3}{min}$ , por otra parte usa ABS de alta densidad con índice de fluidez de  $0,7 \frac{cm^3}{min}$ , las características mecánicas, eléctricas y térmicas de los dos materiales son similares, excepto las reológicas, con lo cual pudo evaluar la viscosidad en el reprocesado. Como resultado obtuvo que el ABS de baja densidad reprocesado presenta una baja reología que disminuye la viscosidad conforme mayor sea el número de reciclado, por otro lado, el ABS de alta densidad se comporta opuesto al de baja densidad, a mayor número de reprocesados, aumenta la viscosidad y su propiedad reológica. Este modelo dota una alternativa para la simulación correcta de polímeros reprocesados por medio de los parámetros de entrada y salida para el método usado.

Según [2] se enfoca en conseguir las condiciones óptimas de inyección de polipropileno de dos denominaciones, Propilven J-905 y Braskem H-103, para el moldeo de tinas de 32 y 26 onzas de material respectivamente, que con cálculos de presiones y temperaturas llega a un valor de un modelo matemático que es aproximado a la realidad, modificando estos valores obtenidos bajo pruebas de inyección durante dos horas y con variación de estas presiones y temperaturas óptimas llegaron a la obtención de dichos parámetros bajo las cualidades de apariencia; aspectos como rebabas y llenado total de la cavidad; y contracción del material, al obtener el valor ideal para ese modelo bajo prueba y error

llegaron a reducir las presiones de llenado haciendo más eficiente al proceso por reducción de energía. El software utilizado por el autor de esta tesis para el desarrollo del modelo 3D es SolidWorks.

Según [3] se introduce la tecnología FDM (Fused Deposit Model) que consiste en la manufactura aditiva ahorrando tiempo y dinero en la fabricación de prototipos, en este caso con la fabricación de molde con impresoras 3D y con ABS como material a través de una investigación previa de los materiales aptos para la función de molde por inyección, de manera que se pueda visualizar y probar de manera física con un rápido acceso a la geometría de macho y hembra del molde junto a sus cavidades, llegando a un modelo deseado para su futura manufactura por arranque de viruta. Por conocimiento se tiene que un polímero ABS tiene un punto de deflexión de 88 grados centígrados, mientras que el material a inyectar en los moldes de ABS es PLA, y su temperatura de inyección es 220 grados centígrados, sin embargo al realizar las pruebas de inyección, el comportamiento del molde de ABS es favorable al proceso, ya que al entrar en contacto el PLA “caliente” con el ABS “frío”, la transferencia de calor es inmediata, de manera que el PLA se solidifica instantáneamente, y el molde no sufre ningún cambio o deformación, teniendo como condición que la temperatura del ABS debe estar en un rango de 10 y 20 grados centígrados, concluyendo que se puede realizar procesos de inyección en moldes impresos en ABS, pero no se puede inyectar en intervalos cortos de tiempo entre procesos sin que el molde haya llegado a la temperatura deseada para su no deformación.

Según [4] desarrolla un procedimiento típico para la fabricación de moldes de inyección, bajo el requerimiento de cliente quien proporciona el archivo modelado en software CAD, el mismo que cumple con redondeos, ángulos de salida adecuados para un correcto desmolde, desarrolla el molde considerando contracción del policarbonato como material a inyectar, al mismo que cumple con propiedades mecánicas para la aplicación en la industria automotriz, en este caso para un vehículo Opel Meriva,

enfocándose en los defectos y efectos de inyección producidos por parámetros que sufren cambios como temperatura o a su vez el desgaste de molde después de haber cumplido cierto tiempo de trabajo.

El autor de esta tesis [5] conduce su trabajo al desarrollo del diseño, simulación y análisis de inyección de un molde cuyo producto es un extractor de jugo manual, desarrollando dos piezas para un ensamble final las cuales después del estudio fueron factibles ensamblarlas en un mismo diseño, resultando una sola pieza para el producto deseado, el modelado CAD de este proyecto lo ejecuta en el programa SolidWorks, para después realizar la simulación en el software Autodesk Moldflow Synergy, resultando valores óptimos en tiempos de llenado la distribución de presión y la fuerza de sujeción conjuntamente con los valores iniciales establecidos.

Según los autores de esta tesis [6] realizan estado del arte sobre la inyección de polímeros tanto en Cuba como internacionalmente, de la misma forma de materiales usados para la inyección, para posteriormente desarrollar el modelo de pieza en SolidWorks donde analizan ángulos de salida, espesores mínimos, contracción y demás parámetros de diseño de moldes para cada polímero a inyectar. Todo lo mencionado se aplica al diseño que proveyó el grupo investigativo “ISOTOPO” bajo un contrato con CID-PERSPECTIVA para el desarrollo del diseño del contenedor de medicamentos, producto que fue diseñado en dos partes, tapa y contenedor; el diseño del molde se lleva a cabo bajo un sistema típico de colada fría para un material polietileno de alta densidad HDPL por sus siglas en inglés, ya que el sistema por colada caliente consiste en la selección por catálogo; en este caso del proveedor POLIMOD, del dispositivo de inyección, se desarrolla el sistema de colada fría para luego adaptar el sistema de colada caliente para 4 cavidades en un mismo molde.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo 1: Diseñar alternativa de modelo 3D en software CAD.**

Para el cumplimiento del primer objetivo se desarrollará la información científica necesaria que concierne el diseño de protectores oculares bajo normativa y el diseño de producto que cumpla con las características de un protector ocular ideal.

#### **1.2.1.1 Fundamentos de protectores oculares**

##### **- Equipo de protección personal**

Es el equipo, dispositivo o elemento, diseñados para la protección de lesiones y enfermedades de la persona en diferentes ámbitos y casos de trabajo, con la finalidad de atenuar uno o varios riesgos aumentando su seguridad y previniendo su salud.

Los objetivos de ejecutar esta protección son:

- Proporcionar una barrera entre un determinado riesgo y la persona,
- Mejorar el resguardo de la integridad física del operario; y,
- Disminuir la gravedad de las consecuencias de un posible accidente del operario.

[7]

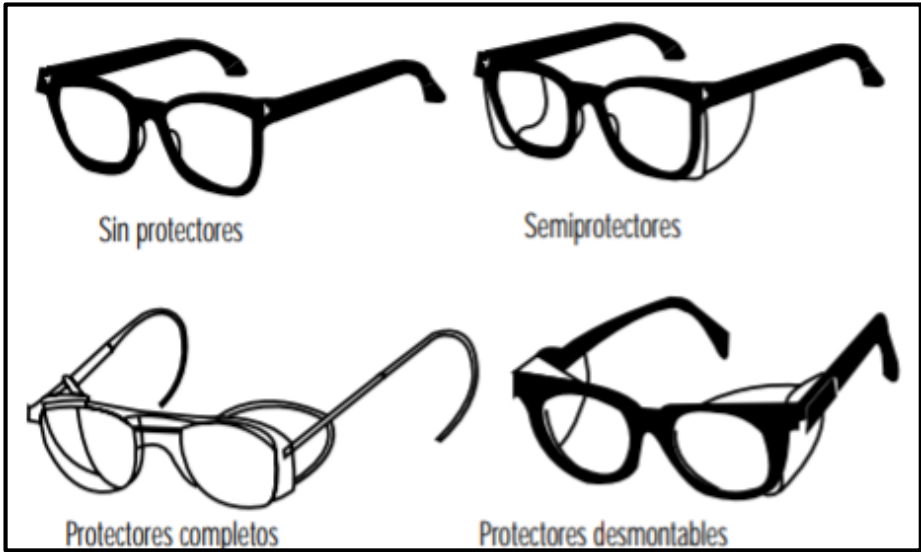
A estos equipos se pueden mencionar desde un calzado o guantes relativamente simples hasta un equipo muy complejo de respiración o equipos de sujeción para alturas extremas. [8]

##### **- Protectores de ojos y cara**

Equipo diseñado para protección de los ojos contra polvo, líquidos, partículas metálicas, radiación UV, según el requerimiento de la aplicación, diseñados bajo normativa que garantiza su funcionalidad.

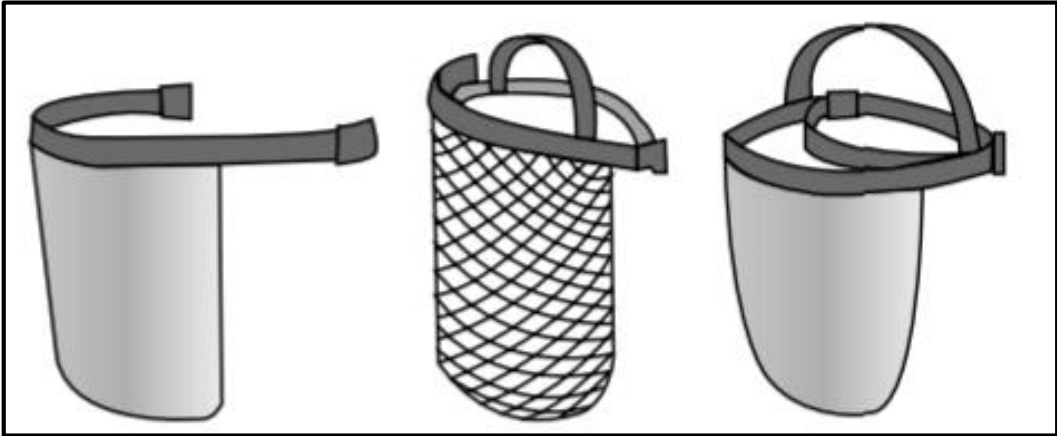


Los elementos que se utilizan para la protección de ojos y cara son gafas con o sin montura integral, pantallas faciales. En la figura 1, 2, 3 se presenta los tipos de protecciones oculares o faciales:

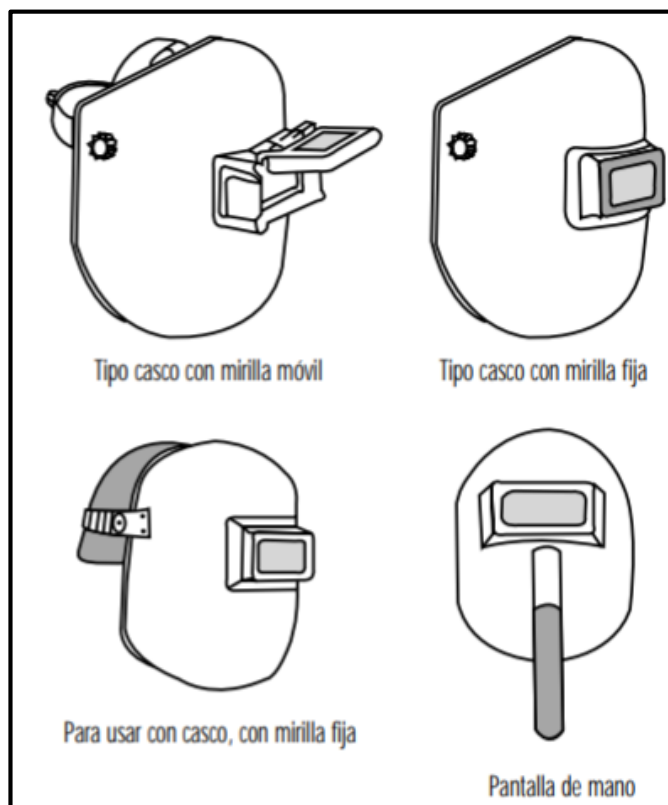


**Figura 1.** Gafas con o sin protectores laterales.

**Fuente:** [8].



**Figura 2.** Pantallas que cubren las cuencas oculares y la parte frontal del rostro y se aplica en entornos de elevada temperatura. **Fuente:** [8].



**Figura 3.** Tipo casco, pantallas protectoras de mano, capuchas cubre cabeza.

**Fuente:** [8].

### 1.2.1.2 Normativa de seguridad industrial

#### - Normativa de cumplimiento

Según el “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo”; vigente a la fecha de presentación de este proyecto, que el Ministerio de Trabajo de nuestro Estado Ecuatoriano provee, y que al mismo tiempo faculta y exige a los empleadores la implementación de protectores y reductores de riesgos laborales. Estos equipos se encuentran en el artículo 178. “Protección de Ojos y Cara” de este reglamento. [9]

Los riesgos a los cuales se aplica la protección de cara y ojos según el artículo mencionado, son:

- *Impacto con partículas o cuerpos sólidos.*
- *Acción de polvos y humos.*
- *Proyección o salpicaduras de líquidos fríos, calientes, cáusticos, y metales fundidos.*
- *Sustancias gaseosas irritantes, cáusticas o tóxicas.*
- *Radiaciones peligrosas por su intensidad o naturaleza.*
- *Deslumbramiento.* [9]

Siendo como objeto de este proyecto el desarrollo de reducción de riesgos de “impactos con partículas o cuerpos sólidos”.

#### - **Normativa de diseño**

Es aquella normativa que dictamina y dirige los parámetros de diseño, fabricación, y evaluación de protectores de “cara y ojos”.

De la misma forma en Ecuador existe el “Registro Oficial N.- 344, con fecha martes 30 de septiembre de 2014” donde se “Aprueba y se Oficializa” el reglamento RTE INEN 216. Donde se indica dichos parámetros, los mismos que son adoptados de diferentes normativas internacionales, entre ellas:

- ANSI Z87.1: Norma estadounidense de diseño y fabricación de Protectores Oculares,
- UNE EN 166:2001: Norma europea de diseño y fabricación de Protectores Oculares. [10]

Éste trabajo se dedicará al diseño y fabricación de gafas de seguridad, y se dispone de la normativa EN 166 y sus equivalentes (EN 165, EN 167, EN 168) para establecer los parámetros de geometría, material y resistencia.

EN 165 “Protección individual de los ojos – Vocabulario”.

EN 166 “Protección individual de los ojos – Especificaciones”.

EN 167 “Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo ópticos”.

EN 168 “Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo no ópticos”.

### **1.2.1.3 Norma EN 166**

Normativa europea aplicable en el Estado ecuatoriano, contiene términos, definiciones, requisitos de diseño, requisitos de fabricación, requisitos de evaluación de protectores oculares y faciales los mismos que se describen a continuación en función de la necesidad de este proyecto.

#### **- Alcance de la norma EN 166**

Norma Europea “UNE-EN 166:2001 – Protectores oculares y faciales. Requisitos Generales” donde su alcance es “Definir los requisitos básicos que deben cumplir los protectores oculares, en lo relativo al campo visual, requisitos ópticos, solidez, resistencia al envejecimiento, corrosión e ignición”. [11]

#### **- Términos EN 165**

Para comprender éste texto se describe la terminología citada por la Norma EN 166 que referencia a la Norma EN 165, ver anexo 4a.

#### **- Definiciones, requisitos y alternativas en secuencia entre normativas EN 165, EN 166, EN 167 y EN 168**

A continuación, se muestran estas normas secuencialmente y en intersección entre ellas, describiendo conjunto a las definiciones referenciadas y los requisitos planteados para “Gafas de Protección de Ojos” en cada punto especificado, de esta forma se obtendrá un procedimiento para el diseño deseado del producto.

Se empezará con referencia del término cabeza de ensayo del capítulo 17 de la Norma EN 168, referenciado por el capítulo 3 de la norma EN 166.

- **Cabeza de ensayo capítulo 17, EN 168**

Aquí se explica las dimensiones de la cabeza de ensayo de la cabeza de pruebas, mismas medidas que están establecidas para dos percentiles, la cabeza de ensayo media correspondiente al percentil 50 de los varones adultos, y la cabeza de ensayo pequeña correspondiente al percentil 60 de los niños de 12 años. Establecidas estas alternativas se escoge el percentil 50 de varones adultos, obteniendo los datos de geometría general y las áreas críticas a proteger.

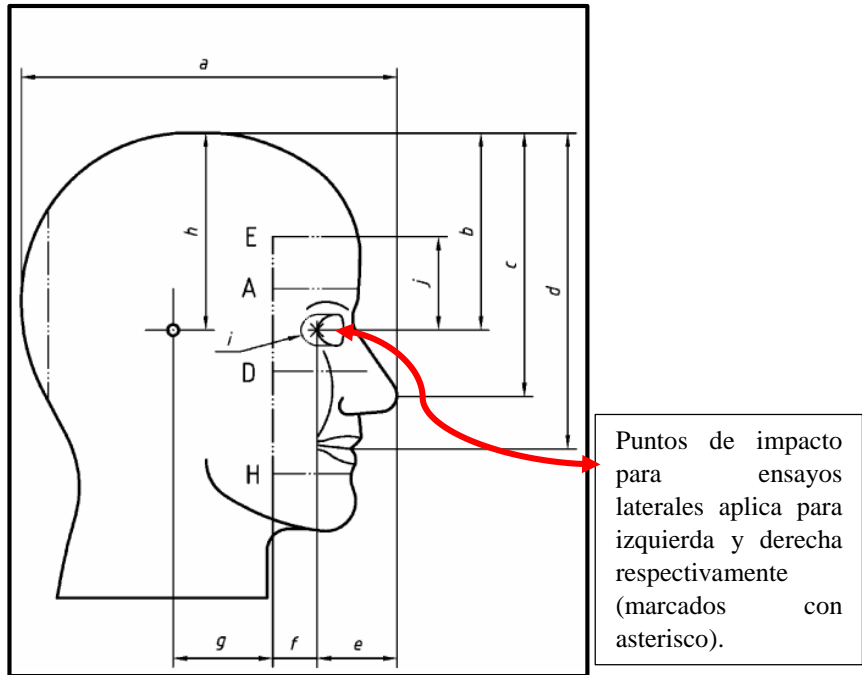
La cabeza de ensayo puede ser construida de tres materiales:

- Resina epoxídica moldeada, con las zonas a proteger marcadas.
- Aluminio fundido y/o mecanizado.
- Núcleo de aluminio recubierto con una capa de poliuretano de 12 mm de espesor nominal. [EN 168 CAP17 PAG30] [12]

Para la ejecución de este proyecto se requiere adoptar las medidas de ésta cabeza de pruebas y plasmar en el diseño 3D, se necesitará su construcción para la calificación oportuna con la normativa, cuando la empresa decida aplicar a la calificación de la misma.

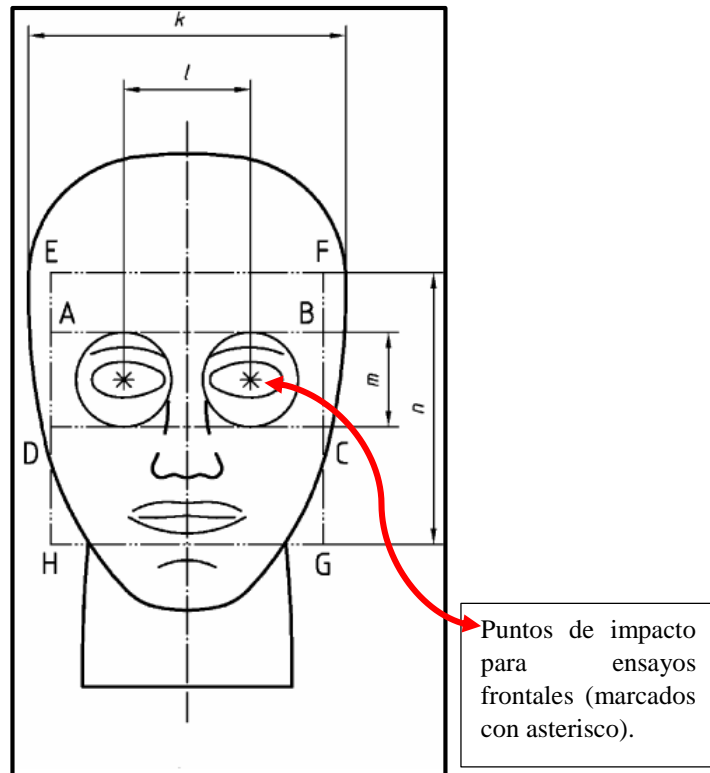
Todos los parámetros que se establezcan serán por decisión de los beneficiarios del proyecto. Como primer parámetro se establece un percentil 50 de los varones adultos, que corresponde al valor de cabeza de pruebas media.

- Dimensiones y geometría de la cabeza de pruebas



**Figura 4.** Croquis de geometría de la cabeza de pruebas vista lateral derecha con puntos de impacto.

Fuente: [12].



**Figura 5.** Croquis de geometría de la cabeza de pruebas, vista frontal con puntos de impacto.

Fuente: [12].

**Tabla 1.** Valores de percentil de cabeza media y cabeza pequeña.

Cota	Valor mm	
	Cabeza media	Cabeza pequeña
a	218	206
b	111	110
c	144	131
d	178	166
e	45	42
f	18	18
g	60	53
h	111	110
Radio i	10	10
j	56	48
k	156	146
l	84	54
m	52	48
n	134	118

Fuente: [12].

### **Consideraciones de geometría de cabeza de pruebas**

Para el dimensionamiento de la geometría se toma las medidas de la tabla 1 las cuales se encuentran acotadas en la figura 4 y 5.

1. Todas las dimensiones horizontales que van de la parte anterior de la cabeza a la posterior son paralelas a una recta trazada desde el tragión (punto superior de unión entre la oreja y la cabeza, donde se apoyan las monturas) a la región suborbital.
2. Las líneas punteadas representan la zona ocular que es necesario proteger contra el metal fundido y las proyecciones de líquidos cuando se trata de una pantalla facial.
3. Los puntos marcados con asterisco (\*), son los centros de impacto de cada lado y de cada vista, en total 4 puntos de impacto. [12]

- **Clasificación según EN 166**
  - **Función aplicativa de la norma EN 166 en el modelo 3D**

Las funciones que deben cumplir las gafas de seguridad se clasifican según la aplicación al riesgo de la siguiente manera:

*“4.1 Función de los protectores de los ojos.” [11]*

- Impacto de distinta intensidad.
- Radiaciones ópticas.
- Metales fundidos y sólidos candentes.
- Gotas y salpicaduras.
- Polvo.
- Gases.
- Arcos eléctricos de circuito corto; o cualquier combinación de uno de estos riesgos. [11]

Tomando como segundo parámetro para el producto “Impacto de distinta intensidad”.

- **Tipos de protectores oculares**

*“4.2 Tipos de protectores oculares” [11]*

Para definir la aplicación a la cual se someterá el producto, la Norma UNE 166-2001 en el punto “4.2 Tipos de protectores oculares” cita a la Norma EN 165 la cual tipifica con definiciones cada protector ocular y su aplicación.

Para establecer la geometría y contorno de la protección ocular en función de la aplicación a ejecutar se utilizó los ítems de este mismo punto 4.2, donde existe tres opciones:

- *“4.2.1 Gafas con o sin protección lateral”;*



*(Parte del protector de los ojos destinado a proteger al órgano visual contra las agresiones laterales).*

- *“4.2.2 Gafas de montura integral”*

*(Protectores de los ojos que encierran de manera estanca la región orbital y en contacto con el rostro). [13]*

- *“4.2.3 Pantalla facial”*. [11]

*(Protector de los ojos que, además de los ojos, cubren la cara, garganta, y cuello, se coloca sobre la cabeza bien con arnés, cinta, o casco protector).*

Se establece “Gafas con protección lateral” como tercer parámetro de diseño.

- **Tipos de oculares**

Según [11]:

- *“4.3.1” Oculares minerales. Vidrio.*
- *“4.3.1.2” Oculares minerales securizados. química, térmica o mediante cualquier otro proceso que proporcione una mayor resistencia ante impactos.*
- *“4.3.2” Oculares orgánicos (plásticos)*

Como el proyecto consiste en inyección de plásticos se escoge como cuarto parámetro de la norma al material “policarbonato”, el mismo que resiste a impactos y es manufacturado por un sistema de inyección.

- **Requisitos de diseño y fabricación según “EN 166 capítulo 6”**

**Construcción general**

*“El producto no debe contener protuberancias, aristas vivas u otros defectos que puedan causar molestias o heridas durante su utilización.” [11]*

**Materiales**

*Las áreas de contacto con el usuario no deben ser construidas con materiales irritantes a la piel. [11]*

**Bandas de cabeza**

*Las bandas de cabeza cuando se empleen como elemento de sujeción deben ser, como mínimo 10mm de anchura en las áreas de contacto con el usuario, estas bandas deben ser ajustables o auto ajustables. [11]*

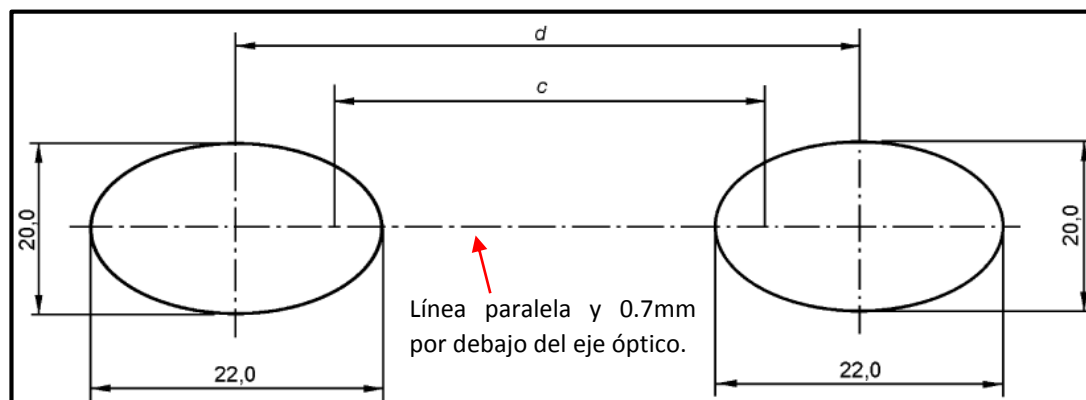
- **Requisitos básicos, particulares y opcionales según EN 166 capítulo 7**

*Todos los protectores de los ojos deben cumplir con los requisitos del apartado 7.1 de éste capítulo. [11]*

**Requisitos básicos**

“7.1 Requisitos básicos” que establecen:

7.1.1 Campo de visión: Descrito en el capítulo 17 de la norma EN 168:2001. [12]



**Figura 6.** Campo de visión, medidas en milímetros.

**Fuente:** [12].

Deben presentar como mínimo un campo de visión definido por las dos elipses de la figura 6 cuando se colocan y centran a una distancia de **25 mm** de la superficie de los ojos de la cabeza de ensayo de tamaño medio, el eje horizontal debe ser paralelo a la línea que conecta el centro de ambos ojos y debe estar 0.7 mm por debajo de la misma.

Las elipses deben poseer una longitud horizontal de 22 mm y una longitud vertical de 20 mm, la distancia para el centro de la dos elipses está definida por  $d = c + 6\text{mm}$ , donde  $c$  es la distancia interpupilar, este valor es de 64mm correspondiente para cabeza de pruebas mediana y de 54mm para cabeza de pruebas pequeña.

### **Potencia refractiva, esférica, astigmática y prismática**

Las potencias ópticas deben ejecutarse usando la metodología referenciada en el capítulo 3 de la norma EN 167:2001.

Este capítulo 3 y su literal 3.2, también es referenciado por el literal “7.1.2.1.2. *Oculares montados y no montados que cubren ambos ojos*”, mismo que es utilizado como quinto parámetro, que indica que la potencia refractiva de oculares montados o no montados que cubren ambos ojos deben medirse según el método especificado en el apartado mencionado. [14]

## **Ensayo de potencias refractivas esférica, astigmática y prismática**

Esta información permite realizar un ensayo físico y además ejecutar modelos matemáticos para el diseño de la geometría.

Los métodos de referencia que se utilizan para la evaluación de las potencias refractivas se describen en el apartado “3.2 *Ensayo de oculares no montados que cubren ambos ojos y de oculares montados (gafas de montura integral, universal y pantallas faciales)*” de la Norma EN 167 los cuales dicen:

*“3.1.3.1.1 Oculares sin potencia refractiva astigmática”. Procedimiento de medición de los meridianos principales a través de un telescopio proyectando una imagen la cual debe refractarse completamente nítida.*

*“3.1.3.1.2 Oculares con potencia refractiva astigmática”. Se rota la referencia del ocular para alinear los meridianos principales. [EN 167 3.1.3.1] No procede para este caso. [14]*

Estas pruebas deberá realizarlas el beneficiario del proyecto para su calificación oportuna, el diseño se basa en el anexo 4b.

Como sexto parámetro se toma “oculares sin potencia refractiva astigmática” del anexo 4b. Que se muestran las tolerancias admisibles de cada una de las potencias que debe tener la lente. Se escogió la clase 1.

*7.1.3 Calidad de los materiales y de las superficies: Los oculares deben carecer de cualquier defecto significativo que pueda alterar la visión durante su uso, tal como burbujas, rayaduras, inclusiones, manchas, picaduras, marcas del molde, hebras, rugosidades, descascarillados, hendiduras y ondulaciones.*

*7.1.4 Solidez: Son los requerimientos del producto para la calificación ante la normativa, para una solidez mínima y una solidez incrementada, siguiendo detalladamente el capítulo 4 de la Norma EN 168:2001.*

*7.1.5 Resistencia al envejecimiento: Capítulo 5 y 6 de la Norma EN 168:2001.*

*7.1.6 Resistencia a la corrosión: Capítulo 7 de la Norma EN 168:2001.*

*7.1.7 Resistencia a la ignición: Capítulo 7 de la Norma EN 168:2001.*

Los apartados 7.1.3, 7.1.4, 7.1.5, 7.1.6, 7.1.7, son descripciones de pruebas físicas que se realizan antes de una calificación por la normativa [12].

### **Requisitos particulares**

Los requisitos particulares consisten en seleccionar la aplicabilidad donde la transmitancia del ocular sea necesariamente reducida para aplicaciones donde las ondas de luz existentes son causantes de riesgo a la vista del operario. La Norma EN 166:2002 dispone en el punto “7.2 Requisitos Particulares” los cuales se enfocan a la protección contra la radiación óptica, [11]. Se excluye los requisitos de radiación óptica por no ser un producto diseñado para esa aplicación.

#### **1.2.1.4 Diseño de producto**

Para ejecutar el primer objetivo se detalla los parámetros seleccionados conjunto al tutor de la empresa y las condiciones de la normativa empleada. Además, que también se debe cumplir con las características de producto de “FAMILIA HALLEY H (denominación empresarial a sus productos que cumplen con normativas de calidad y diversas cualidades)” la cual está enfocada en brindar:

-Seguridad: El producto debe cumplir con la normativa EN 166, brindando seguridad y protección en actividades de arranque de viruta.

-Durabilidad: El material debe cumplir con altas propiedades de resistencia a la intemperie.

-Economía: El diseño simplifica el número de componentes.

-Calidad: Bajo el cumplimiento de la norma EN 166 se garantiza un producto fiable para proteger al usuario en las actividades donde existe riesgo de daño al órgano visual.

-Ergonomía: Sin aristas vivas ni vértices en contacto con el rostro, superficie superior anatómica.

-Comodidad: Las medidas antropométricas aplicadas al diseño del producto permiten un uso incluyente, tanto para hombres como para mujeres.

Sutileza: Diseño aerodinámico para trabajos en alturas, estético para la línea médica.

-Eficiencia: Agarre anatómico, fácil de ensamblar, bajo el concepto de “menos es más” se plantea un diseño de 3 elementos que se ensamblan y conforman las gafas de seguridad.

-Resistencia: Propiedades mecánicas de impacto fiables que se garantizan con el espesor y material a inyectar, sin pines ni elementos mecánicos.

-Superioridad: Clase 1 según EN 166, permite el uso permanente del producto sin efectos secundarios de distorsión de imagen. [11]

**Tabla 2:** Parámetros de diseño de modelo 3D.

Parámetro	Correspondencia
1	Percentil 50 varones adultos Norma EN 166 (para hombres y mujeres)
2	Impacto a distinta intensidad Norma EN 166 (espesor de 2mm)
3	Gafas de protección lateral Norma EN 166
4	Material Policarbonato
5	“Oculares montados y no montados que cubren ambos ojos” EN 166
6	“Oculares sin potencia refractiva Astigmática”

**Fuente:** Autor.

La geometría 3D será plasmada a través de las medidas establecidas en la figura 4, 5 y de la tabla 1. Para el tipo de aplicación y geometría que se ha especificado en la tabla 2, dónde la norma EN 166 establece que la protección de los ojos debe estar comprendida entre el rectángulo ABCD de la figura 5, siendo la principal área a cubrir los círculos oculares y se establecen en el punto 2.2.5.1 de ésta norma. De tal manera que se tiene la geometría de la figura 4 y 5 para satisfacer lo mencionado, siendo este croquis el área principal a cubrir por las gafas de seguridad.

Por lo cual se ejecuta este trazado en un programa CAD donde se establece las medidas geométricas y demás consideraciones y detalles que se debe tomar en cuenta para el diseño del producto, mismas que se describen oportunamente.

Cabe mencionar que se explica únicamente los aspectos principales de geometría que exige la Norma EN 166, por protección a la propiedad intelectual y a los derechos del beneficiario del proyecto, los demás aspectos geométricos son reservados, por tal motivo se presentará en los planos las gafas con medidas generales.

#### - **Diseño puente nasal**

El puente nasal es la parte de las gafas que apoya la mayor parte del peso en la epidermis nasal, a pesar de que el conjunto armado no supera los 36 gramos, es muy necesario desarrollar la geometría de contacto de tal manera que la presión ejercida por el peso se distribuya en una mayor área para consecuentemente evitar marcas en la piel por uso prolongado del producto. Ya que la norma EN 166: 2001, no especifica aspectos para el diseño del puente nasal se adopta lo establecido en [15] y se presenta en la figura 7 con los ángulos ANF y ANA. Para lograr un diseño inclusivo se utiliza las medidas de la figura 7 que es referenciado por [12] y [15] donde se utiliza los valores para el diseño del puente nasal y la estética como diseño.

En la figura 4 y 5 se puede observar en un plano frontal que los círculos oculares que referencia [13] limita y conduce a la geometría del ancho nasal, de tal manera que este valor es la diferencia de la distancia interpupilar (dip) menos un valor de radio de los círculos del ocular derecho (od) y ocular izquierdo (oi) conjuntamente, es decir  $[64\text{mm}(\text{dip})-26\text{mm}(\text{od})-26\text{mm}(\text{oi})=12\text{mm}]$ , el punto medio de ésta medida es contenida en un plano medio de las gafas, mientras que en el plano frontal se proyecta una circunferencia de radio 6mm cuyo centro se encuentra en la línea del eje óptico, para ser cortada con las dos líneas tangentes que deberán pasar por los puntos extremos correspondientes a la medida de 12mm, estas líneas tangentes marcan la apertura de  $30^\circ$  donde se apoya la nariz del usuario (ver figura 8), la apertura de  $30^\circ$  corresponde al rango superior de hombres y mujeres denominado ángulo nasal frontal ANF (figura 7), por otro lado está el ángulo nasal de apertura ANA (figura 7) mismo que se adopta un valor de  $50^\circ$  y satisface a los rangos más altos de hombres y mujeres.



Dimensión	Hombres		Mujeres	
	Rango	Valor medio	Rango	Valor medio
DIP	64 a 68 mm	65,1	60 a 64 mm	61,5
DE	110 a 125 mm	120	105 a 120 mm	110
DAS	140 a 155 mm	150	135 a 150 mm	140
ANF	0 a 30°	20°	0 a 30°	22°
ANA	0 a 50°	22°	0 a 50°	25°

DIP: Distancia interpupilar.

DE: Distancia esfenoidal.

DAS: Distancia auricular superior.

ANF: Ángulo nasal frontal.

ANA: Ángulo nasal de apertura.

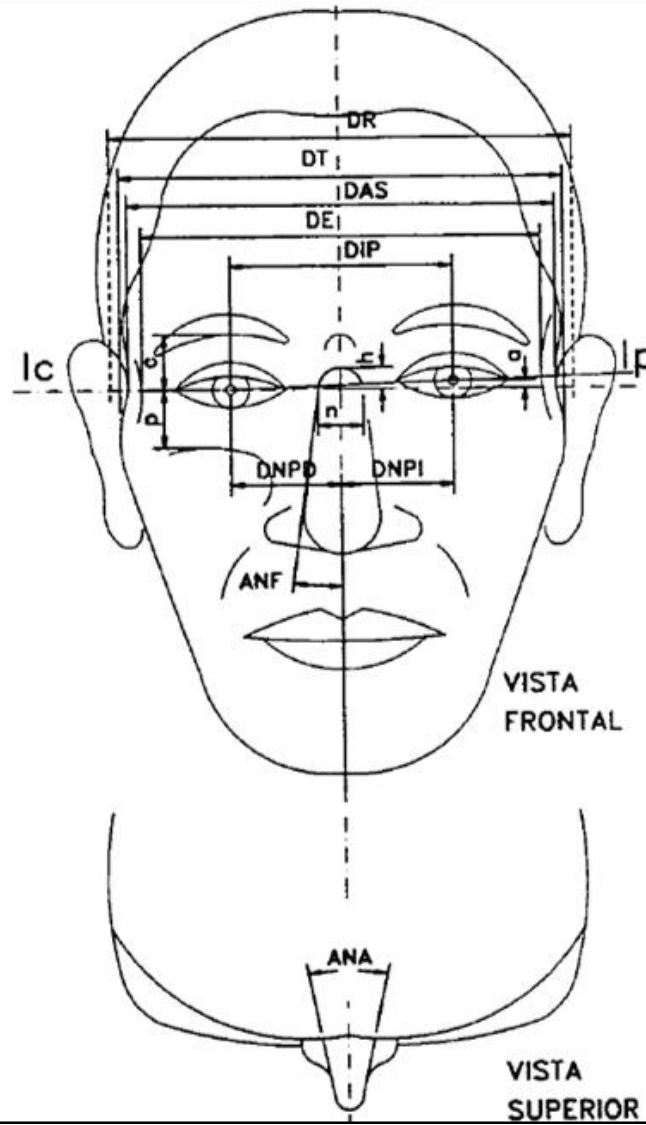
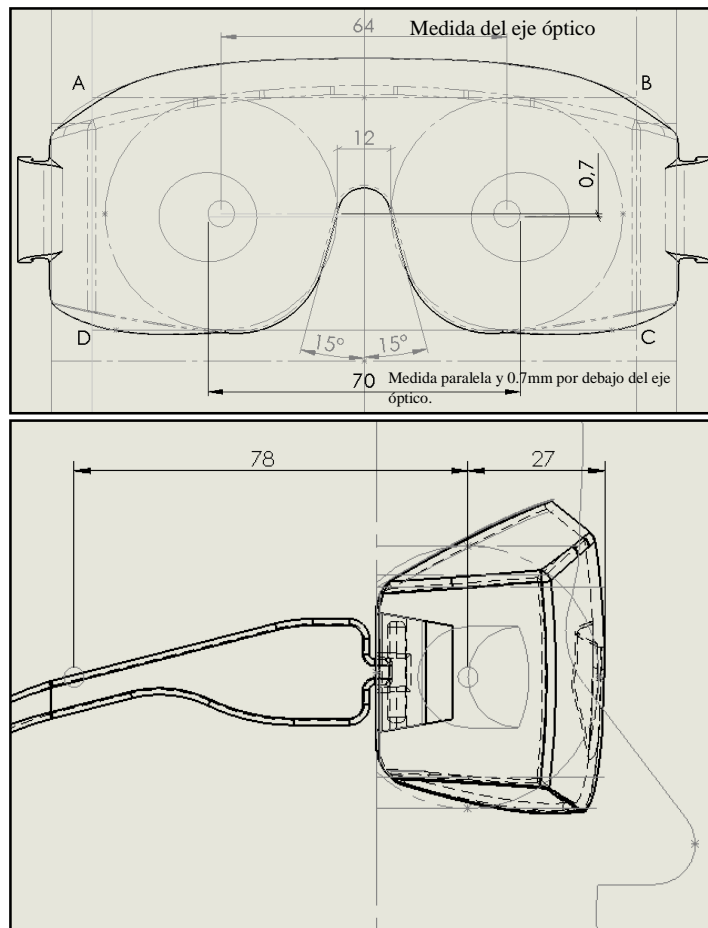


Figura 7. Dimensiones generales de diseño.

Fuente: [15].



**Figura 8.** Geometría frontal y lateral, detalles principales, medidas en milímetros.

**Fuente:** Autor.

## - **Diseño de protección frontal**

### **Superficie esférica, protección principal**

Una vez establecido el perfil de la geometría frontal anterior de la gafa protectora se ejecutan como segundo paso el espesor y curvatura de las gafas. En cuanto a la óptica debe satisfacer la clase 1 del anexo 4b, al encontrarse el producto en “clase 1” se garantiza un uso permanente del producto sin afectar a la visión del usuario con distorsión de imagen. Por la parte mecánica su espesor debe satisfacer golpes de impacto.

Por lo cual se parte de las condiciones de este punto que concluyen con un diseño de “Oculares sin potencias refractivas, esféricas, astigmáticas y prismáticas”.

### **Potencia refractiva esférica**

Según [15] existen diferentes configuraciones geométricas, mismas que pueden ser superficies esféricas, cilíndricas, esfero-cilíndricas, esfero tóricas, pero la más utilizada por cuestiones de equivalencia en todos sus meridianos son las superficies esféricas.

Las superficies esféricas son superficies de revolución, formada por la rotación de un segmento de círculo a través de un eje que pasa por el centro del mismo, para este caso en un plano lateral que se ubica en la mitad del eje óptico y su centro se ubica a la altura del mencionado eje óptico (ver figura 6 y 8). Ésta superficie esférica debe ser tangente a un plano vertical ubicado a 25 mm de la superficie de los ojos (ver requisitos básicos). El radio de este segmento de círculo es la distancia focal utilizada para calcular la dioptría del anexo 4b, y se tiene la siguiente ecuación:

$$\pm 0.06 = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad \text{ecuación 1 [11]}$$

Dónde:

$D_1$  = Dioptría 1, es la inversa de la distancia focal de la curvatura anterior (convexa, concéntrica a la curvatura posterior), unidades en metros.

$D_2$  = Dioptría 2, es la inversa de la distancia focal de la curvatura posterior (cóncava, concéntrica a la curvatura anterior), unidades en metros.

De la ecuación 1,  $\pm 0.06 = \frac{D_1 + D_2}{2}$  se despeja  $D_2$  para poder obtener la distancia focal 2 y de esta manera calcular el espesor ideal según el rango de potencia refractiva.

Entonces se obtiene:

$$D_2 = (\pm 0.06 * 2) - D_1 \quad \text{ecuación 2 [11]}$$

De este valor se puede tener la distancia focal  $f_2$  que es igual a la inversa de  $D_2$ .

Para finalmente hacer una resta de distancia focales y obtener el espesor.

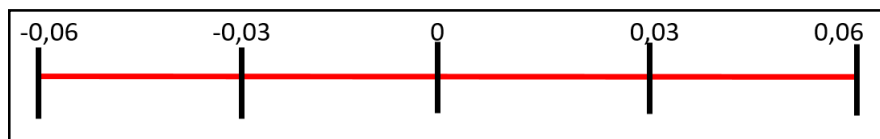
### Potencia refractiva astigmática

$$|D_1 - D_2| = 0.06 \quad \text{ecuación 3 [11]}$$

Del anexo 4b se tiene la ecuación 3 para el cálculo de la potencia refractiva astigmática la cual es desarrollada con los datos de cada una de las dioptrías encontradas que satisfacen espesor de 2mm.

Para efectos de diseño de óptica, la coordinación de la empresa ha decidido ejecutar con un espesor de 2.1 milímetros.

Bajo estas condiciones se desarrolla la hoja de cálculo de la tabla 3 donde se ejecuta un sistema paramétrico con dato fijo de 2.1mm de espesor, un diámetro de entrada de 190 mm y el rango de  $\pm 0.06$  ver figura 9 para potencia refractiva esférica y astigmática.



**Figura 9.** Rango de potencia refractiva esférica y astigmática.

**Fuente:** Autor.

En la tabla 3, en la columna 1, se tiene la distancia focal 1 que corresponde a la superficie anterior de la gafa, misma que es convexa y la primera en tener contacto con cualquier partícula proyectada.

La columna 2 corresponde a un rango de potencia refractiva esférica conducido por la ecuación 1 y que se muestra en la figura 9.

La columna 3 es el cálculo de la dioptría 2, a través de la ecuación 2 obtenida con diferentes rangos de potencia refractiva esférica. Con la finalidad de obtener la distancia focal 2.

En la columna 4, se calcula la distancia focal 2 con la inversa de la dioptría 2, esta distancia focal 2 corresponde a la superficie posterior de la gafa, misma que es cóncava y la que está más cercana a los ojos del usuario.

La columna 5 contiene el valor absoluto de la distancia focal 2, ya que con un valor positivo se puede evaluar el espesor conjunto la distancia focal 1.

La columna 6 y 7 abarca la diferencia de las dos distancias focal dando como resultado el espesor de la protección, en cada columna se tiene el valor del espesor en metros y milímetros respectivamente.

La columna 8 es la inversa de la distancia focal 1, medida en  $[m^{-1}]$ , llamada dioptría 1.

Finalmente, la columna 9 es la potencia refractiva astigmática que se utiliza a través del cálculo efectuado con la ecuación 3. Se realiza los cálculos con un diámetro de 190 mm para la distancia focal 1.

**Tabla 3:** Determinación de potencias refractivas.

Distancia focal 1	Rango de potencia refractiva a esférica	Dioptría 2 $[m^{-1}]$	Cálculo de distancia focal 2 [m]	Valor absoluto de distancia focal 2	Espesor en metros (f1-f2)	Espesor en milímetros	Dioptría 1 $[m^{-1}]$	Potencia refractiva astigmática $[m^{-1}]$
f1 (m)	R	$D2=R*-(1/f1)$	$f2 =1/D2$ [m]	f2 ABS	Espesor (m)	Espesor mm	$D1= 1/f1$	$ID1-D2I=0,06$
0,190000	-0,035	-5,333	-0,188	0,188	0,002	2,494	5,263	0,070
	-0,032	-5,327	-0,188	0,188	0,002	2,283	5,263	0,064
	-0,030	-5,323	-0,188	0,188	0,002	2,142	5,263	0,060
	-0,020	-5,303	-0,189	0,189	0,001	1,433	5,263	0,040
	-0,010	-5,283	-0,189	0,189	0,001	0,719	5,263	0,020
	0,000	-5,263	-0,190	0,190	0,000	0,000	5,263	0,000
	0,001	-5,261	-0,190	0,190	0,000	-0,090	5,263	-0,003

**Fuente:** Autor.

Se ha podido observar que la potencia refractiva astigmática es el doble del valor absoluto de la potencia refractiva esférica, de esta manera se utiliza directamente como valor de -0.03 para potencia refractiva esférica mismo que conduce a 0.06 como valor de

potencia refractiva astigmática. De esta manera se garantiza que el producto califique a “clase 1” con un espesor de 2.1 milímetros.

Finalmente, el segundo paso se concluye con un valor de distancia focal 1, de **190 mm** correspondiente a la superficie anterior de la gafa (convexa). Mismo que su geometría satisface los requerimientos del anexo 4b, para “oculares que cubren ambos ojos”, la cual califica para un espesor máximo de 2.1mm. bajo pruebas destructivas a productos ya existentes que han calificado la normativa, se verifica que el espesor mínimo con un material policarbonato es de 1.8mm. Por pedido del patrocinador el desarrollo de este proyecto se ejecutará con **2.1 mm** de espesor por decisión propia de la empresa, garantizando los parámetros de la clase 1 de la normativa EN 166.

#### - **Diseño de protección lateral y elemento de soporte (patillas)**

##### **Protecciones laterales**

Es la protección lateral que tiene como requisito un punto de impacto de tal manera que las propiedades mecánicas deben ser las mismas que las de la protección frontal, pero no las ópticas, aunque este diseño de protectores laterales está concebido con las mismas características de los protectores frontales.

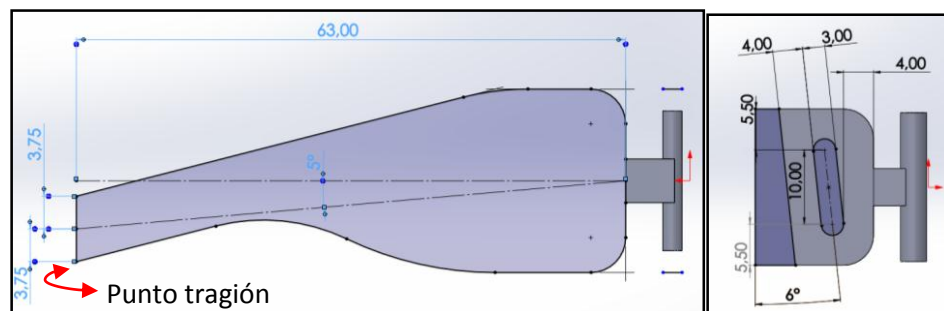
Está contenida por los planos que se ubican a las distancias “e, f” de derecha a izquierda en una vista lateral al perfil de cabeza de pruebas como muestra la figura 4, donde el plano “e” es el punto de impacto, y el plano “f” el límite vertical de la zona de protección.

En el plano “f” se localiza a la altura del hueso esfenoide por lo cual [15] denomina a la distancia entre los puntos izquierdo y derecho de este tejido óseo, como distancia esfenoideal, mismo que debe cumplir con un valor mínimo de 125mm como lo muestra la figura 7.

Sin embargo, para determinar la distancia esfenoïdal (DE) de la figura 7, donde existe el valor de mujeres y hombres, se satisface a las dos categorías se toma la medida más alta siendo ésta 125mm más 2 mm de espesor a cada lado, se define en 129mm. Pero como antecedente se tiene que la anatomía del consumidor final de la región costa es ligeramente más grande por tal motivo se establece una distancia de **136mm** de distancia esfenoïdal. Con esto también se satisface un ángulo de talón (ángulo de apertura de soportes laterales o patillas) no mayor a  $5^\circ$  (ver figura 11) que se complementa con un valor de distancia auricular superior que es tomada desde el tragión (punto auricular superior de la oreja [13]) de cada lado y este es **DAS=156mm** (distancia auricular superior), y desde una vista lateral se tiene el ángulo pantoscópico [15] que no debe superar los 6 grados de inclinación, ver figura 10.

### Soportes laterales

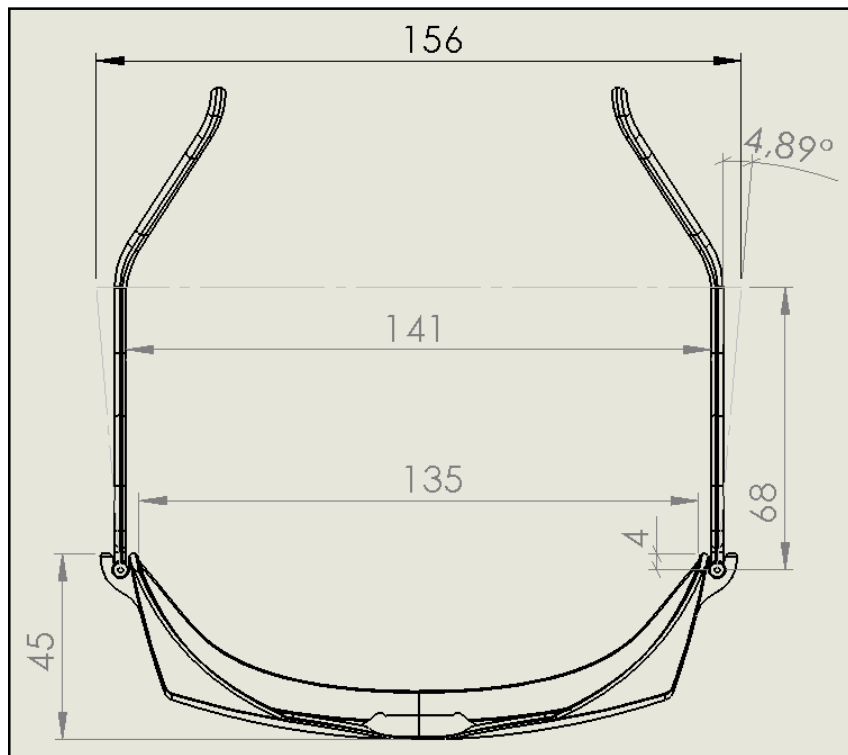
El diseño de estos soportes es considerado según lo expuesto en la figura 4, como antecedente tenemos que el cuerpo lateral de las gafas se establece geoméricamente hasta el plano del punto “f” de derecha a izquierda, siendo este punto el extremo que conecta al cuerpo de las gafas y por la parte trasera hasta el plano del punto “g” seguida la misma orientación, la distancia “g” es el valor a considerar para el diseño de los soportes, siendo este **60mm** con una inclinación de ángulo pantoscópico de  $5^\circ$  (ángulo de inclinación de los protectores según [15]).



**Figura 10.** Ángulo pantoscópico de  $5^\circ$  para soportes laterales y  $6^\circ$  para soporte de banda elástica.

**Fuente:** Autor.

Desde una vista superior a la cabeza de pruebas y a las gafas montadas, por trigonometría se forma un triángulo de posicionamiento de los soportes cuya hipotenusa se une de los extremos de las líneas: distancia auricular superior (DAS) y distancia esfenoïdal (DE) de la figura 7. En la figura 11 se muestra el triángulo descrito y las medidas mencionadas.



**Figura 11.** Ángulo de talón por apertura de patillas, no debe superar los 5°, distancia esfenoïdal y auricular superior. Superficie superior e inferior de las Gafas para línea de cierre, medidas en milímetros.

**Fuente:** Autor.

### - Ángulo de salida

El ángulo de salida o ángulo de desmolde es la conicidad que existe entre el modelo a inyectar y su matriz, cierta inclinación que se mide en grados producto de una pendiente es la que permite la separación entre la ya mencionada matriz y su modelo. En casos extremos de diseño donde se requiere que el ángulo de salida sea 0°, se opta por la utilización de soluciones para desmolde, para los 4 objetos diseñados en este proyecto



no se necesita este tipo de soluciones, ya que su diseño favorece a esta expulsión, con la determinación del ángulo de salida de 3° por medio de un programa CAD,

#### **1.2.1.5 Impresión 3D**

Para llegar a la geometría final se ha desarrollado una serie de prototipos, manufacturado por deposición fundida o más conocida como “impresión 3D”.

Se imprime una cantidad de 10 prototipos que han sido necesarios para llegar a una geometría que satisfaga las necesidades de la normativa empleada y de los requerimientos de la empresa beneficiaria.

Estos prototipos se imprimieron con un espesor de capa de 0.2mm en un material ABS de tal manera que se pueda reflejar los detalles de redondeos que posee la geometría, además que se pueda ensamblar las partes, demostrando de esta manera que el diseño funciona y es apto para desarrollar su respectivo molde.

Al aplicar este mecanismo de manufactura previo al desarrollo del molde se ha optimizado recursos de tal manera que el desarrollo del molde será en función del modelo impreso en 3D, evitando así cambios de geometría en el molde mecanizado por diseños no deseados.

#### **1.2.1.6 Marcado de protectores según EN 166**

Como lo establece [11] el marcado que procede para estos protectores visuales (ver anexo 4c) se define de la siguiente manera:

- “Identificación del fabricante” “Clase óptica” “Símbolo de solidez mecánica (impacto a baja energía)”

**“Halley” “1” “F”**

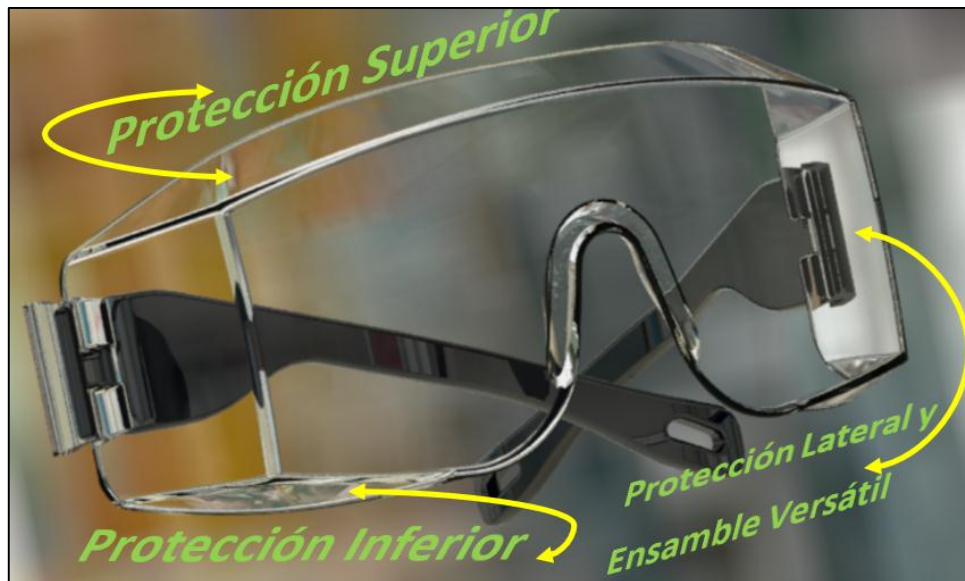
Este marcado se deberá hacer en una parte visible del producto, sin que interrumpa el área de visión del mismo.

Por otra parte el grabado de la norma se debe realizar en las partes internas de la patilla con la frase “EN 166:2001”.

### 1.2.1.7 Conclusión del diseño de producto

Bajo el concepto de “Menos es Más”, se concluye la geometría 3D del producto bajo los requerimientos de la Norma EN 166 resumiéndose en un diseño de 3 elementos, con un sistema de ensamble tipo broche se elimina el uso típico de pines metálicos o tornillos para la unión de sus piezas, además brinda la posibilidad de usar otros conectores para ajuste con banda elástica, de esta manera se optimiza también los moldes para la obtención de 2 productos en un mismo molde, el cuerpo de las gafas para inyección de policarbonato PC, y el cuerpo de los soportes para inyección de polipropileno PP. Además, se diseña una protección superior, la cual posee una curvatura anatómica, que su borde de contacto con el rostro es redondeado, y por la parte inferior se realiza otra superficie que cierra la región orbital, limitando el ingreso de partículas proyectadas.

Para lo cual se presenta en la figura 12, una imagen “renderizada” del producto ensamblado. En la figura 11 se muestra el ensamble de tres elementos, dos de ellos corresponden a los soportes laterales que apoyan en el tragión, los cuales son simétricos con el lado derecho e izquierdo, y otro las gafas como tal.



**Figura 12.** Renderizado del producto ensamblado.

**Fuente:** Autor.

## **1.2.2 Objetivo 2: Elaborar el molde de inyección.**

Para la ejecución de éste objetivo se enfocará el estudio del sistema de manufactura a emplear, siendo esta “manufactura por inyección de polímeros” y la elaboración de la matriz o molde de inyección.

### **1.2.2.1 Proceso de manufactura por inyección de polímeros**

Es el tipo de manufactura que intervienen dos conjuntos de componentes principales, estos son la máquina inyectora y el molde de inyección. La máquina inyectora está compuesta por varios sistemas y mecanismos mientras que el molde de inyección es el conjunto de piezas acopladas y ensambladas las cuales contienen una o varias matrices de un modelo u objeto, estos mecanismos se explicarán con más detalle oportunamente, sin antes hablar de la materia prima de este proceso de manufactura, a continuación, los polímeros.

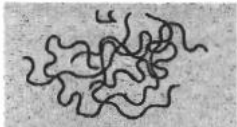

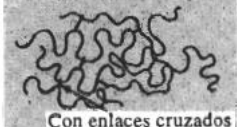
#### **- Materiales poliméricos**

El término “Polímero” significa “varios de un solo tipo”, (poli = muchos, mero = parte) que químicamente es la unión de átomos que se enlazan y forman “meros”, definiéndose, polímero como la unión de varios meros.

Existen diferentes tipos de polímeros con puntos de solidificación y fusión diferentes por consecuencia de que sus átomos presentan micro estructuras con más o menos enlaces, existiendo mejores propiedades mecánicas. [16]

De esta manera un polímero al ser inyectado forma una colada viscosa que permite a los átomos alinearse de tal modo que al enfriarse se tiene un material isotrópico.

Existen estos tipos de polímeros, termoplásticos, termoestables y elastómeros ver figura 13. [16]

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

**Figura 13.** Diagramas de estructuras atómicas de los polímeros.

**Fuente:** [16].

### **Termoplásticos**

Es la unión de varios monómeros o moléculas que forman una cadena larga, comportándose de manera plástica y dúctil. Para su proceso de transformación, el calor es un factor imprescindible, para que pueda llegar a un estado viscoso y adopte diversas geometrías. Se pueden reciclar fácilmente y ser reprocesados previo tratamiento térmico de estabilización de moléculas. [16]

### **Termoestables**

Tienen largas cadenas con enlaces cruzados formando estructuras de redes tridimensionales. Son más frágiles que los termoplásticos, pero más resistentes.

### **Elastómeros**

Es una fusión de estructuras lográndose cadenas entrelazadas, que permiten al material la capacidad de estirarse en grandes cantidades y regresar a su forma original, como por ejemplo el caucho. [16]

## - **Materiales de inyección**

Para el diseño de gafas de seguridad se requiere la selección de materiales con propiedades mecánicas altas, con la capacidad de resistir impacto, además de propiedades ópticas de transmitancia. Por este motivo se describe a continuación los materiales termoplásticos factibles para este proyecto según [17].

### **Polimetil-metacrilato**

Nombres comerciales: Plexigum, Resarit.

Color: Transparente y tonalidades.

Propiedades generales del material procesado: Alta resistencia mecánica dureza superficial, estabilidad a la intemperie, transparente como el vidrio.

Aplicaciones: Instrumentación, óptica e iluminación, piezas de moda, lunetas para gafas, instrumentos musicales, carlingas de aviación.

Temperatura de uso: 70-90 [°C] máximo.

Estabilidad ante químicos: Estable frente a benceno, ácidos débiles, aceites y grasas, estable ante alcohol.

Inestable a ésteres, ácidos concentrados, álcalis concentrado, éteres, cetonas, hidrocarburos, bencina, carburantes.

Conductividad térmica: 0.16 Kcal/mh°C

Calor específico: 0.35 kcal/kg°C

Densidad: a 20°C - 1.18 g/cm<sup>3</sup>.

Tratamiento de secado: 8-10 horas a [70-100°C]

Contracción: [0.4-0.7]%. [17]

## **Policarbonato**

Nombres comerciales: Makrolon, Lexan.

Color: Transparente incoloro, ligeramente amarillento en espesores mayores a 4mm.

Propiedades generales del material procesado: Alta resistencia mecánica a diferentes temperaturas de uso, estabilidad al calor, resistente al envejecimiento, material no higroscópico.

Aplicaciones: Piezas de aislamiento y cobertura con gran tenacidad y gran estabilidad al calor en iluminarias, industria eléctrica y del automóvil, además lentes ópticas.

Temperatura de uso: 110-135 [°C] máximo.

Estabilidad ante químicos: Ácido débiles, benzol, aceites y grasas, estable ante alcohol.

Inestable a: Ácidos concentrados, álcalis concentrado, éteres, cetonas, hidrocarburos, permanencia mayor de 30 minutos en agua hirviendo.

Conductividad térmica: 0.17 Kcal/mh°C

Calor específico: 0.28 kcal/kg°C

Densidad: a 20°C - 1.2 g/cm<sup>3</sup>.

Tratamiento de secado: 8-12 horas a [120-130°C]

Contracción: [0.4-0.8]%. [17]

## **Polipropileno**

Nombres comerciales: Hostalen PPH, Luparen, Vestopen.

Color: varias tonalidades según el fabricante.

Propiedades generales del material procesado: Elevada estabilidad de forma ante el calor, esterilizarle hasta 120 [°C], no higroscópico. Se torna frágil a temperaturas inferiores a 0[°C].

Aplicaciones: Recipientes, juguetes, artículos para estética fina, aparatos electrónicos, suelas y tacones de zapato.

Temperatura de uso: 120-130 [°C] máximo.

Estabilidad ante químicos: ácidos débiles, álcalis débiles.

Inestable a: Ácidos concentrados, álcalis concentrado, éteres, cetonas, hidrocarburos, permanencia mayor de 30 minutos en agua hirviendo.

Conductividad térmica: 0.26 Kcal/mh°C

Calor específico: 0.46 kcal/kg°C

Densidad: a 20°C - 0.91g/cm<sup>3</sup>.

Tratamiento de secado: 1-1.5 horas a [75°C]

Contracción: [1.2-2.5]%. [17]

### **Contracción**

Es el cambio físico que sufre la pieza inyectada, de manera que se reduce el volumen por cambios de temperatura del polímero inyectado, los factores que intervienen en la contracción son:

- *Porcentaje de mezcla entre polímeros*
- *Uniformidad de espesor de paredes*
- *Pre calentamiento del material*
- *Tiempo, presión y temperatura del ciclo*

Este fenómeno se presenta en todos los polímeros al cambiar de un estado de fluidez a un estado sólido por decremento de la temperatura, éste se expresa en porcentaje de

volumen de reducción de escala respecto al centroide del objeto y se lo ejecuta en el programa CAD.

Es el primer valor numérico para diseñar el molde previo a la obtención del modelo.

Para el caso del policarbonato se utiliza un porcentaje de contracción igual a 0.7% y para el polipropileno se utiliza un porcentaje de contracción del 2% como lo recomienda [17].

### - **Máquina de inyección**

En mercado existe una gran variedad de máquinas de inyección, por su concepción constructiva, por ejemplo, variable de diseño de elementos mecánicos que cumplen diferentes funciones y corresponde a otra variante que es el mecanismo de accionamiento e inyección del polímero. A la actualidad existe diseños totalmente automatizados desde el inicio del proceso de inyección hasta el final, con mecanismos accionados por motores a pasos que llevan Control Numérico, permiten el movimiento para la extracción de la pieza y de esta manera la coloca en una posición para transporte. [17]

### **Partes de la máquina**

Tiene dos sistemas básicos:

#### **Unidad inyectora**

Es el conjunto de elementos principales que aporta el material, los elementos mecánicos o eléctricos para la plastificación del polímero y el accionamiento del émbolo inyector. [17]

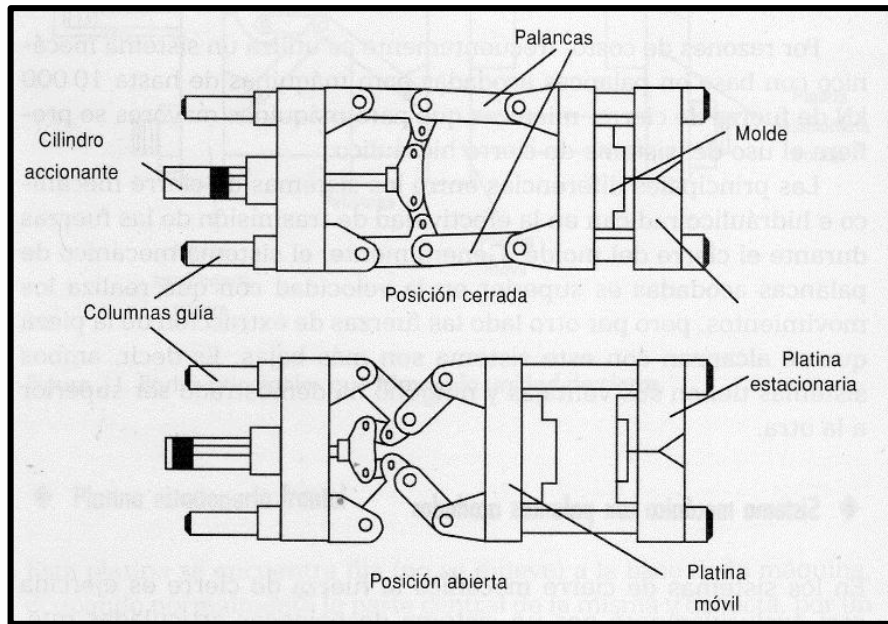
#### **Unidad de cierre**

Lugar donde se ensamblan los moldes en la máquina inyectora, ver figura 14.



Efectúa los movimientos de apertura y cierre del molde de inyección.

Este mecanismo puede ser horizontal con una alineación axial de sus componentes, o a su vez vertical, pero este es menos convencional. [17]



**Figura 14.** Unidad de cierre del sistema de inyección.

**Fuente:** [18].

### **Fuerza de Cierre**

La fuerza de cierre se relaciona directamente con el área proyectada del producto a moldear medida en un plano frontal a la cavidad y núcleo. [17]

### **Unidad de Control**

Es la parte automatizada de la máquina donde se tiene mando del sistema de inyección, apertura y cierre de la máquina, donde enlaza con el sistema de potencia para poder ejercer el movimiento sobre el mecanismo, donde también se ingresan parámetros de temperatura, presión de inyección y fuerza de cierre, propio de cada máquina y su fabricante. [17]

### **Unidad de inyección**

Parte de la unidad inyectora que introduce el material en el molde por medio de canales de flujo a través del mecanismo impulsor que desplaza el husillo que está concéntrico al cilindro de plastificación. [17]

### **Cilindro de plastificación o inyección**

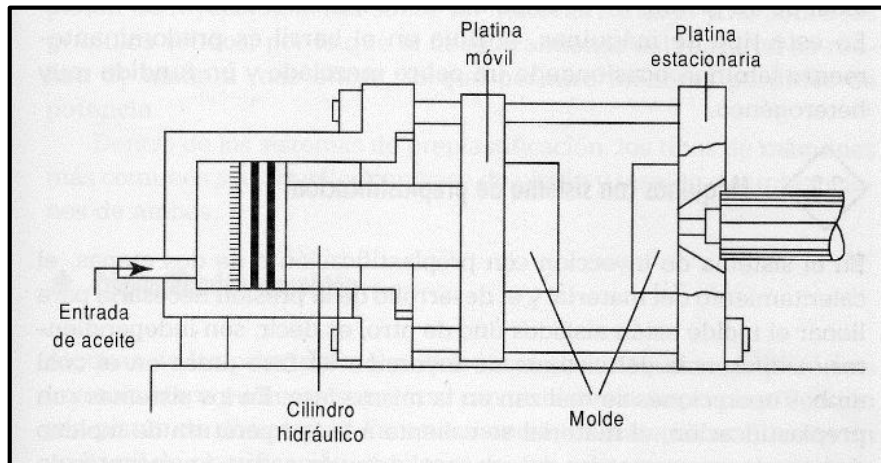
Es el cilindro conductor del polímero plastificado que abarca al husillo que impulsa y comprime el polímero granulado en proceso de plastificación, hasta desembocar en la boquilla de inyección de la unidad de depósito en los moldes y cavidades. [17]

### **Tornillo sin Fin**

Elemento mecánico rotatorio de paso y diámetro variable según las configuraciones de diseño de cada máquina, es impulsado por un motor con sistema hidráulico, de engranajes o poleas según la tecnología de la máquina, ver figura 17. [17]

### **Motor de Caga**

Elemento de fuerza e impulso de la máquina inyectora, la tecnología convencional de máquinas de inyección traen un sistema hidráulico que es acoplado a este motor ver figura 15, conduciendo toda la potencia a la unidad hidráulica para poder disponer diferentes mandos para accionar varios mecanismos, como unidad de cierre, empuje de émbolo, expulsores de piezas. [17]



**Figura 15.** Sistema hidráulico de cierre.

**Fuente:** [18].

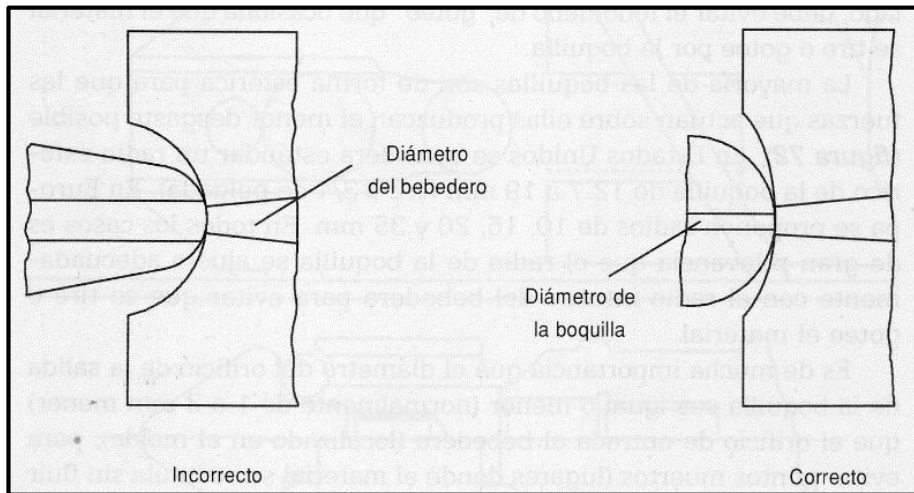
### **Camisa del cilindro de inyección**

Es el elemento de la máquina inyectora que está en contacto directo con el polímero de viscosidad aumentada, este posee un mayor acabado permitiendo de esta manera mejorar la fluidez del material a inyectar, ver figura 17. [17]

### **Boquilla**

Es el dispositivo que se fija en la parte anterior del cilindro de inyección, dirigiendo el material del molde hacia el bebedero. La fijación se hace por medio de rosca o ensamble entre la placa porta molde y el molde, con un diámetro interno que va desde 3 a 12mm según el volumen de inyección. [17]

En la figura 16 se observa un adecuado diseño geométrico donde el diámetro de la boquilla de inyección debe ser menor que el diámetro del bebedero donde se aloja y ensambla la boquilla, como lo recomienda [17].



**Figura 16.** Forma correcta de ensamble de la inyectora boquilla y el molde.

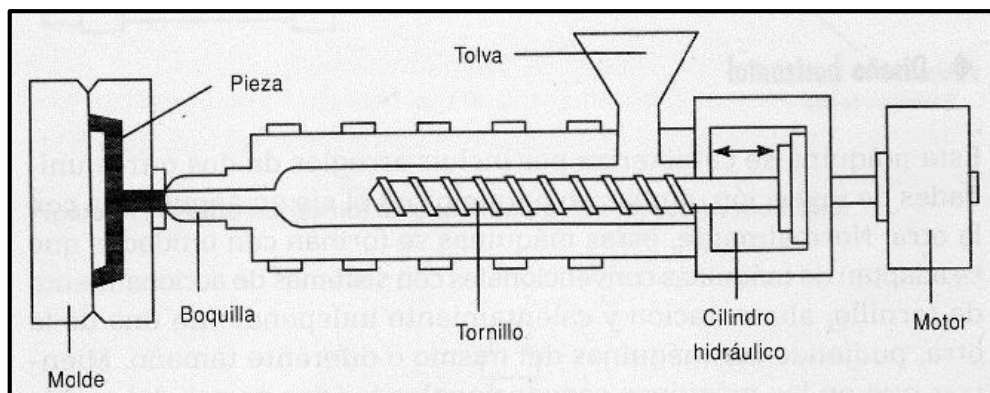
**Fuente:** [18].

### Circuito de refrigeración

Es el conducto mecanizado que permite la circulación de refrigerante, que en la mayoría de casos es agua, ejecutando una transferencia de calor en el proceso de enfriamiento de la pieza que ya se inyectora para su posterior desmolde.

### Tolva

Es el alimentador de la máquina que generalmente tiene forma de tolva cónica, donde el orificio inferior que es el más pequeño y es también el punto de entrada del material hacia el tornillo o husillo.

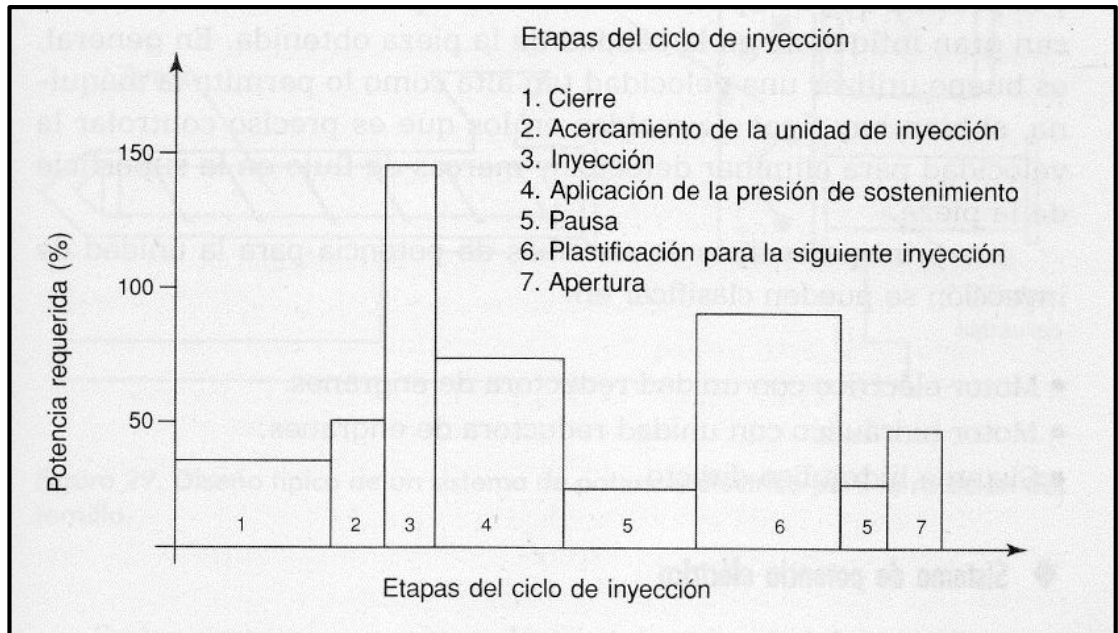


**Figura 17.** Partes de la máquina inyectora.

**Fuente:** [18].

## Ciclo de inyección

En un proceso de inyección se ejecutan varias etapas, desde el cierre del molde hasta la expulsión de la pieza, en la figura 18 se observa las etapas de inyección y la potencia promedio que requiere una máquina inyectora según [18]



**Figura 18.** Ciclo del sistema de inyección.

**Fuente:** [18].

## Molde de inyección

Es el conjunto de placas de hierro y acero mecanizado en diversos materiales con la forma contraria a un objeto, pueden ser divididos por 1, 2, 3 planos según la complejidad de la pieza y a la vez elementos denominados postizos que se mecanizan por separado por su complejidad para luego ser insertado en el molde.

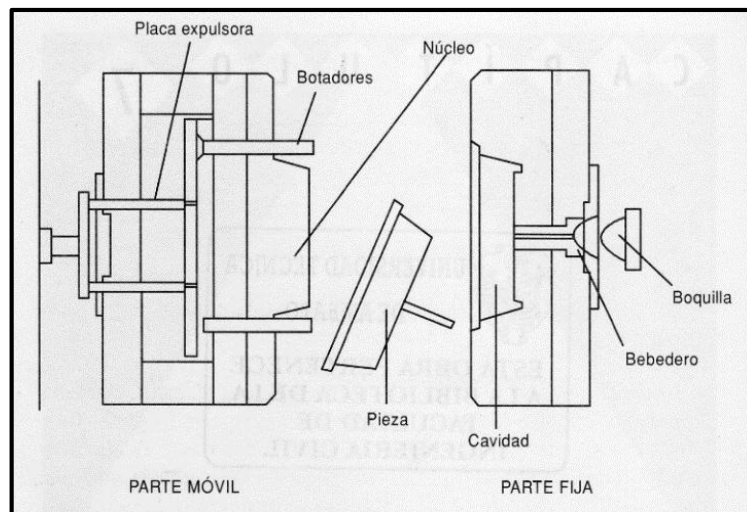
En el caso de moldes de inyección se tiene la información necesaria para el diseño y la manufactura de los moldes en acero, mediante los siguientes procesos: mecanizado, prensado, galvanotecnia, electroerosión, y fundición. [17]

## Tipos de molde y materiales

Se presenta los tipos de moldes según su configuración geométrica.

### Molde de dos placas

Existe el molde de dos placas es el más convencional del mercado, que consiste en un núcleo y cavidad, los mismos que están separados por un plano que actúa como cierre entre los dos moldes, partes que representan a una cara “interna y externa”, ver figura 19 y 20, este molde de dos placas se construye por dos métodos funcionales.

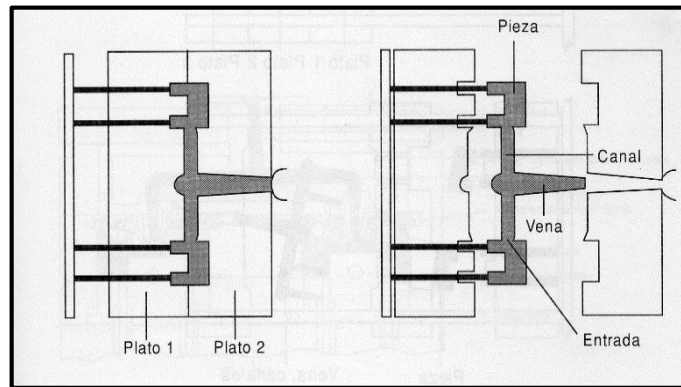


**Figura 19.** Partes del molde.

**Fuente:** [18].

Método integral: Es la construcción del molde donde tanto el núcleo y la cavidad están mecanizadas en las mismas placas.

Método postizo: El núcleo y cavidades están fabricados en placas independientes e intercambiables para diseños de diferentes dimensiones de la misma pieza. [17]

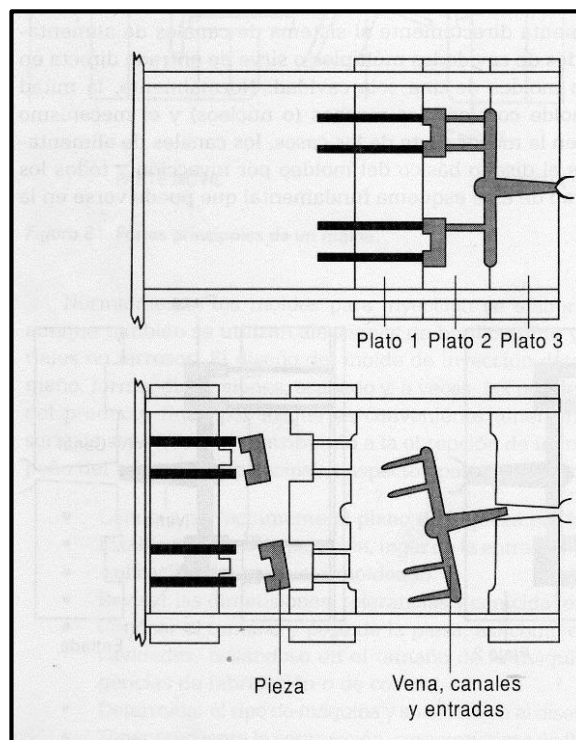


**Figura 20.** Partes del molde de 2 platos.

**Fuente:** [18].

### Moldes múltiples

Estos moldes son más complejos porque tienen dos o más planos de partición de núcleo y cavidades, ver figura 21 la ventaja de estos moldes es que se puede construir piezas más complejas, pero al mismo tiempo el molde tiene un costo de construcción mayor a más de que necesita otro tipo de mecanismo de apertura, como desventaja tiene que el sistema mecanizado de refrigeración es más complejo y más reducido. [4]



**Figura 21.** Partes generales del molde de 3 platos.

**Fuente:** [18].

### **1.2.2.2 Materiales para la construcción de moldes**

El material que se selecciona para la fabricación de un molde va en función de las características del material que se va a inyectar dentro del molde y de la aplicación que se va a dar al producto final, de esta manera hay exigencias de manufactura, tratamiento térmico y la calidad de la superficie.

#### **Aceros de cementación**

El mecanizado de este acero corresponde por arranque de viruta las aleaciones más convenientes para este proceso AISI P20 para moldes, AISI 1010 para placas de respaldo y sujeción. Dónde la aleación 2162 es la más usada para piezas de baja complejidad, en cambio para piezas donde se ejercen altas presiones de inyección el autor de [17] recomienda la aleación 2764 para proteger el núcleo del molde. Y en el anexo 1a se puede observar que el P20 es un material adecuado para elaborar moldes de inyección para diversos tipos de plástico.

#### **Aceros de nitruración**

Se utiliza cuando la precisión de dimensiones del molde deben ser de gran exigencia, las aleaciones más usadas son 2852 y 2307 los cuales poseen buenas propiedades para el mecanizado por arranque de viruta, con el tratamiento de temple-nitruración con temperaturas de 410 – 560 °C lo que permite una microestructura más uniforme en su superficie. [17]

#### **- Circunstancias de la geometría de la pieza para la construcción del molde**

Desde el punto de vista morfológico de una pieza plástica existen parámetros indispensables que debe cumplir el modelo a ser inyectado, a continuación, se describen los mismos:



### **Conicidad y redondeos**

Es el ángulo de salida de una pieza, la misma que puede incluir redondeos en sus aristas, de esta manera presentan dos funciones dentro de una pieza que se va a inyectar, la primera es la mejora de fluidez del material y la segunda la capacidad de separación y salida de la pieza ya inyectada. [19]

Esto mencionado conduce a la polimerización del material, en este caso la polimerización por condensación se efectúa por el desprendimiento de una parte del monómero y la unión de una molécula de otro monómero en ese espacio eliminado. [19]

### **Tensiones internas**

Se produce por el enfriamiento del plástico inyectado que esta adyacente a las paredes del molde, mismo que se enfría y genera tensiones y deformaciones visibles de los polímeros, se produce por la baja conductividad térmica que tiene el material. [19]

#### **1.2.2.3 Diseño de los moldes de inyección**

##### **Características de la máquina de inyección para molde gafas**

La máquina que la empresa ha dispuesto para el desarrollo del molde es la **HAITIAN MA 1600 - 540 G** con una **fuerza de cierre** = 1600kN = 163Tn, y un **volumen de inyección** = 320  $cm^3$ , en el anexo 1b se encuentra las especificaciones técnicas de la máquina.

##### **- Cálculo del número de cavidades molde gafas**

Cavidad es la contra parte de un objeto partido por un plano, dicho plano es el de partición para el molde de inyección, que generalmente se le denomina macho y hembra según su geometría, llamándose cavidad hembra y cavidad macho, a modo que cuando

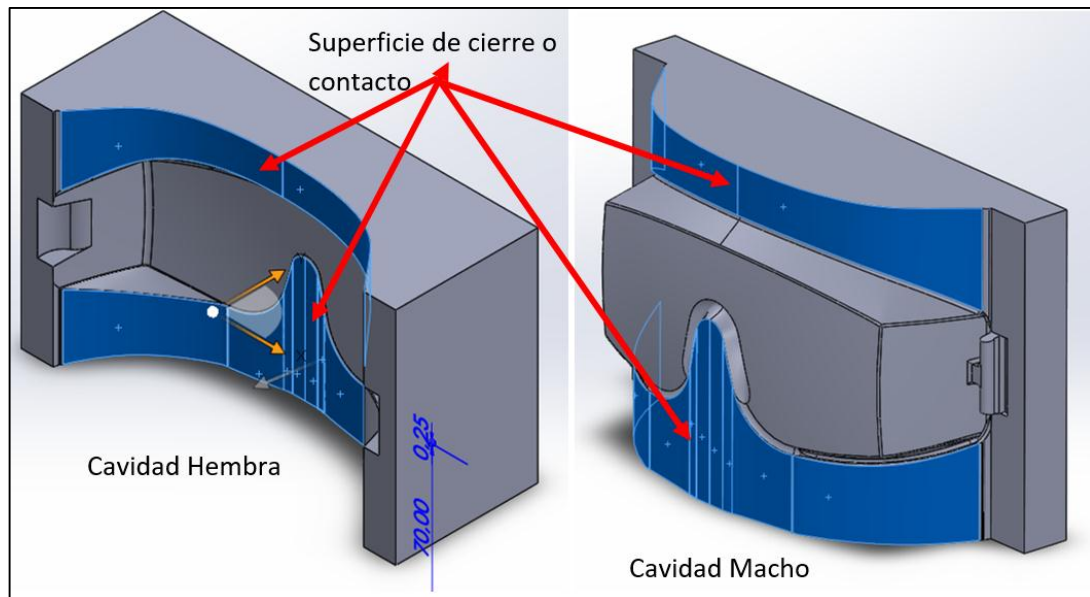
se inserte un fluido a presión este adopte la forma de la contra parte y quedando finalmente el modelo deseado.

Para desarrollar el molde de inyección se empieza por el cálculo de la cantidad de cavidades de cada pieza que va a poseer la matriz. Se diseña en primera instancia una cavidad de cada elemento con la finalidad de obtener la línea de cierre.

### Línea de cierre

En la figura 11 se observa, que este diseño contiene dos superficies que serán conducidas por las líneas de cierre, estas corresponden a la parte superior e inferior de las Gafas y se limitan por el punto medio del arco del puente nasal. Es fundamental que el diseño de ésta línea sea enfocado a que no exista contacto en el rostro como una arista viva.

En la figura 22 se muestra una vista isométrica de la cavidad hembra de las “Gafas” mientras en que en la figura 23 se muestra una vista isométrica de la cavidad macho de las gafas.



**Figura 22.** Superficies conducidas por la línea de cierre cavidad hembra y macho “gafas”.

**Fuente:** Autor.



**Figura 23.** Gafas 3D, cavidad macho y hembra ensambladas, vistas inferior y superior.

**Fuente:** Autor.

### Sistema de llenado

Por requerimientos empresariales y costos acordados entre el centro de mecanizado y la empresa beneficiaria, se procederá a diseñar el molde para 2 cavidades, sin embargo, se procede a realizar el cálculo respectivo ya que el número de cavidades está en función de parámetros de la máquina inyectora, que esté en concordancia con la máquina descrita perteneciente a la empresa.

Como variables necesarias las bibliografías [17], [20] recomiendan hacer el cálculo con el volumen total de la pieza a inyectar más el exceso de mazarota, el área proyectada para con las fórmulas propuestas por estos autores obtener la presión de inyección y la fuerza de cierre que debe tener la máquina, estos datos se encuentran en el anexo 1b. Con la ecuación 4 [20] se puede establecer un aproximado del número de cavidades en función de la capacidad de inyección de la máquina, con su volumen máximo de inyección dividido para el volumen de la pieza más la mazarota, por medio del programa CAD se obtiene que este valor para el modelo “Gafas más la mazarota” es igual a **40.77cm<sup>3</sup>** y para el modelo “soportes” y acople de banda elástica más la mazarota” es igual a **22.6cm<sup>3</sup>**, por lo tanto:

$$n = \frac{Sv}{Av} \quad \text{ecuación 4}$$

Donde:

$$Av = \text{Volumen de la pieza más las mazarota} = 40.77\text{cm}^3$$

$S_v = \text{Volumen máximo de inyección de la máquina} = 320\text{cm}^3$

$n = \text{Número de cavidades}$

$$n = \frac{320\text{cm}^3}{40.77\text{cm}^3}$$

$$n = \frac{320\text{cm}^3}{40.77\text{cm}^3} = 7.84 \text{ cavidades}$$

$$7.84 \approx 7 \text{ cavidades}$$

La máquina abastece para máximo 7 cavidades de este producto, significa que es viable ejecutar las 2 cavidades.

### **Diseño de canales de distribución de polímero inyectado**

Son los conductos que permiten que el flujo plastificado llegue a todas las cavidades, está conectado al bebedero (canal de entrada de material perpendicular al plano de partición del molde) éste bebedero se ensambla por contacto con el punto de boquilla de la máquina inyectora. Los canales de llenado deben ser simétricos como lo recomienda [17], ésta simetría permite una distribución de la masa fundida con una presión igual para lograr un llenado total de cavidades. En anexo 1c se muestra una forma típica de distribución de canales de llenado.

Otro punto a considerar son la ubicación de la entrada de material a cada pieza, existen elementos que requieren 2 o más puntos de inyección, esto depende de la complejidad del modelo y si tiene o no simetría, en el anexo 1d se presenta una recomendación de [17] para la ubicación del punto de llenado en cavidades. Cuando los canales de llenado tienen cambios de dirección en ángulos rectos, en estos puntos donde hay cambios de dirección se generan puntos fríos que impiden la circulación de la masa, como recomienda [20], la solución a este inconveniente es continuar con el canal de llenado 5mm más, después de haber hecho el cambio de dirección, así el punto frío se localiza

afuera del trayecto de la masa, en el anexo 1d se puede observar este punto frío en la disposición en hileras.

### **Geometría transversal del canal de llenado**

El llenado completo de cavidades depende de la geometría, perfil, forma o sección transversal que tenga el canal, en el anexo 1e se observa diferentes geometrías.

La mejor sección transversal para el canal de llenado es la circular, que se encuentra en el lado macho y hembra del molde como [20] recomienda, la ecuación 5 se utiliza para el dimensionamiento del diámetro del canal de llenado, se adopta lo presentado en el anexo 1f, tomando únicamente el diámetro 1 y el espesor de la pieza.

$$s_{max} + 1.5mm = 0.7 * d1 \quad \text{ecuación 5}$$

Donde:

$s_{max}$  = Espesor máximo de la pieza a inyectar= 2.1mm.

d1 = diámetro del canal de llenado  $\approx$  6mm

### **Entrada de material o canal de estrangulamiento**

Es el punto de depósito de la masa desde el canal de llenado hacia la cavidad, las dimensiones de este canal de estrangulamiento están en función del diámetro del canal de llenado y la fluidez del material, según [20] se puede calcular las dimensiones con las siguientes ecuaciones:

$$f = a * b \quad \text{Ecuación 6}$$

$$F = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$a \approx 3 * b \quad \text{Ecuación 8}$$

$$l = [0.25 \text{ a } 2.5]mm \quad \text{Ecuación 9}$$

$$f = [0.07 \text{ a } 0.1] * F \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

f = área transversal de los canales de estrangulamiento,

l = longitud del canal de estrangulamiento,

L = longitud del canal de llenado,

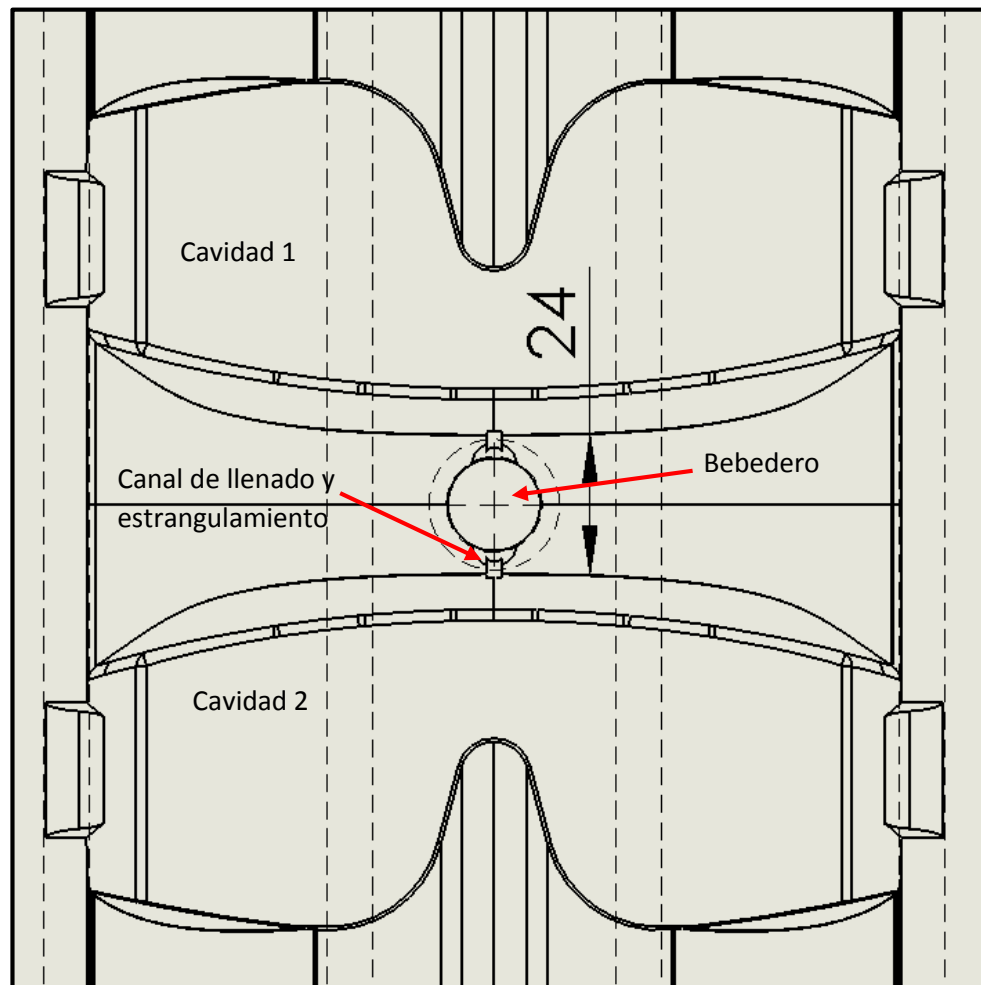
F = área transversal del canal de llenado,

d = diámetro de la sección transversal del canal de llenado,

a, b = ancho y alto del canal de estrangulamiento, ver anexo 1g.

### **Canales de distribución y bebedero molde gafas**

Bajo las recomendaciones y parámetros señalados anteriormente se procede a diseñar el sistema de llenado del “molde gafas” y a la vez la ubicación de cada cavidad. Como se muestra en la figura 11, la longitud máxima de extremo a extremo de las gafas es 156mm y la altura de 62mm, tal que permiten ser ubicadas simétricamente permitiendo fluidez simétrica en las dos cavidades, resultando un molde cuadrado como se muestra en el anexo 1g.



**Figura 24.** Ubicación de cavidades previo diseño de canales de llenado.

**Fuente:** Autor.

Puesto que el material a inyectar en este molde es policarbonato, y tiene baja fluidez según [17, 20]; y más costoso por cuestiones de mecanizado, se prevé aumentando el valor de  $d_1$  a 6mm. Tal que 6 mm será el diámetro de la sección transversal del canal de llenado en el “molde gafas”.

### **Canal de estrangulamiento**

Como se puede observar en la figura 24 las cavidades se han colocado entre ellas, a una distancia de 24 milímetros, de esta manera la longitud “L” del canal de llenado es el restante de 24mm menos dos veces el valor que recomienda [20] para la longitud “l” del canal de estrangulamiento del anexo 1g mismo que se adopta de 1.3mm.

Con la ecuación 10 se obtiene el área del canal de estrangulamiento y sus dimensiones de la siguiente manera.

$$f = [0.07 \text{ a } 0.1] * F$$
$$F = \frac{\pi * 6^2}{4} = 28.27 \text{ mm}^2$$
$$f = 0.1 * F$$
$$f = 0.1 * 28.27 \text{ mm}^2$$
$$f = 2.82 \text{ mm}^2 \approx 3 \text{ mm}^2$$

Con la ecuación 8 en 6:

$$f = 3 * b^2$$

Por lo tanto:

$$b = \sqrt{\frac{f}{3}}$$
$$b = \sqrt{\frac{3}{3} \text{ mm}^2}$$
$$b = 1 \text{ mm}$$

Ecuación 8.

$$a \approx 3 * b$$
$$a \approx 3 * 1 \text{ mm}$$
$$a = 3 \text{ mm}$$

Las dimensiones finales del canal de llenado son:

L=22.4mm, longitud de canal de llenado

d = diámetro del canal de llenado

l = 1.3mm, longitud del canal de estrangulamiento

a = 3mm, ancho del canal de estrangulamiento

b = 1mm, alto del canal de estrangulamiento, ver anexo 1g.



Al ser 2 cavidades las que se van a diseñar se reduce el recorrido de los canales de llenado, y por ende se reduce el desperdicio de material inyectado, ver anexo 1h. Bajo la recomendación de [20] se obtiene la distribución de llenado como se muestra en el anexo 1i.

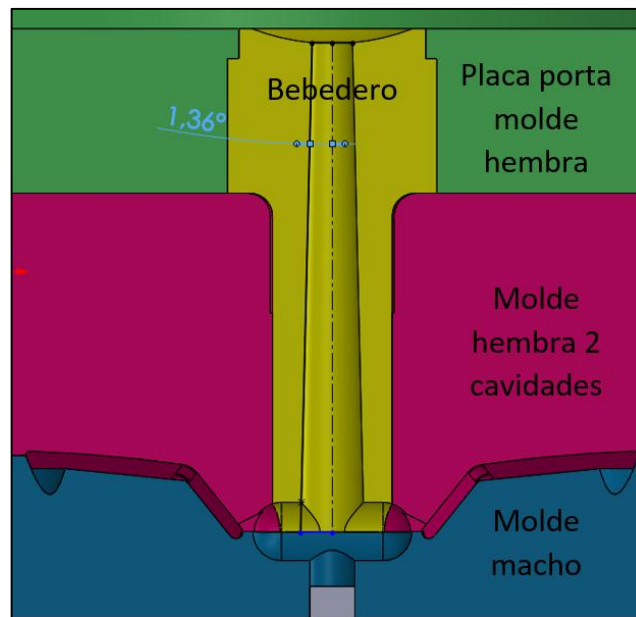
### **Bebedero**

Es el elemento que está en contacto directo con la boquilla de inyección, este alojamiento se denomina cazoleta, debe tener un tratamiento de templado para aumentar su dureza y reducir el desgaste por contacto continuo, su configuración geométrica es como se muestra en el anexo 1j, para reducir las presiones mostradas en este anexo se construye el perfil externo del bebedero de manera que se aloje entre la placa porta molde y el molde hembra de las gafas y de los soportes, ésta configuración se aplica para los dos moldes.

Para el diseño de éste bebedero existen 2 condiciones particulares de geometría, el primero, del anexo 1j e se observa que bajo la relación  $R_D + 1 \leq R_A$  para la geometría denominada cazoleta, por lo cual el radio  $R_D$  es igual o menor que el diámetro del tornillo sin fin de la máquina, siendo este de 22.5 para las 2 máquinas inyectoras de tal forma que el radio debe ser  $22.5 + 1 \leq 23.5$ , con la finalidad de no presentar inconvenientes por cambio de máquina en un futuro de determina el radio de ésta cazoleta en 30mm.

El segundo aspecto es el área de entrada, se obtiene que el diámetro de boquilla de la máquina inyectora debe ser menor que el diámetro de entrada de bebedero, cumpliéndose  $d_D + 1 \leq d_A$ , un parámetro para obtener el diámetro de entrada del bebedero es que su área debe ser mayor que la sumatoria de todas las áreas transversales al flujo de los canales de estrangulamiento, para luego obtener su diámetro y la conicidad de  $1.36^\circ$  con la recomendación de [20] un ángulo de  $1^\circ$  a  $2.5^\circ$ .

Tal que, para el molde Gafas, la sumatoria de las áreas es  $6 \text{ mm}^2$ , correspondiendo a un diámetro  $2.76 \text{ mm}$ , el diámetro  $d_D$  de las 2 máquinas es  $3 \text{ mm}$  y con la relación  $d_D + 1 \leq d_A$  no se cumple con las áreas de canal de estrangulamiento, a manera de que se cumpla la relación se define el diámetro de entrada de bebedero de  $5.3 \text{ mm}$  satisfaciendo así  $3 + 1 \leq 5.3 \text{ [mm]}$ . En la figura 25 se muestra un diagrama con el ángulo de salida del bebedero, de éste ducto se obtiene la mazarota en el producto inyectado.



**Figura 25.** Diagrama de bebedero molde gafas.

**Fuente:** Autor.

Una vez establecido el sistema de llenado de cavidades de los dos moldes se obtiene la geometría 3D de lo que sería todo el elemento inyectado como lo muestra el anexo 1h y 1k que permite el cálculo de: el volumen de inyección real de todas las cavidades, conjuntamente se obtiene el área proyectada para con estos parámetros verificar si la fuerza de cierre de la máquina abastece la presión ejercida por el husillo de inyección al momento de llenado de cavidades y finalmente la longitud del recorrido de flujo, tomando una distancia perpendicular al plano de partición, desde el punto de contacto con la boquilla de la máquina hasta el extremo más alejado de la cavidad.

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

Como lo recomienda [20] la fuerza de cierre de la máquina inyectora (fuerza que mantiene al molde cerrado durante la inyección) debe ser mayor que la fuerza provocada por la presión de inyección sobre las cavidades y canales de llenado de tal manera que no exista fugas de material provocando rebabas en la pieza final, para lo cual con la ecuación 11 se procede al cálculo de las fuerzas mencionadas para los dos moldes.

$$F_c = A_p * P_i \quad 11$$

Donde:

$$F_c = \text{Fuerza de cierre [Kgf]}$$

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

$$P_i = \text{Presión inyección específica [Kgf/cm}^2\text{]}$$

Para la aplicación de la ecuación 11 se define los siguientes datos:

$$A_p = 155.88 \text{ cm}^2$$

Del anexo 1f se obtiene la presión interior específica con la escala A para policarbonato y con 2.1mm de espesor.

$$P_i = 360 \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right] = 35.3 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, la fuerza de cierre es igual a:

$$F_c = 155.88 \text{ cm}^2 * 360 \left[ \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$
$$F_c = 56117 \text{ Kgf} * \left[ \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} \right] = 550 \text{ kN [56Ton]}$$

Con el anexo 1b se concluye que la fuerza de cierre máxima de la máquina que es 1600 kN es 2.9 veces mayor que la fuerza ejercida por la presión de inyección al interior del molde, por lo tanto, éste molde de 2 cavidades es factible instalarlo en la máquina MA 1600/540G

### - Cálculos de refrigeración del molde gafas

Varios son las consecuencias de un buen o mal sistema de enfriamiento, desde contracciones excesivas hasta piezas incompletas, por esto [21] utiliza fórmulas de varios autores como [20] y obtiene un procedimiento para el diseño del sistema de refrigeración, mismo que será utilizado para los dos moldes de éste proyecto.

### Determinación del calor a disiparse

Es el calor que debe desprender la pieza inyectada en cada ciclo, [20] deduce que, en la ecuación de calor, donde interviene la diferencia de entalpías por la masa, el tiempo que se debe emplear es el tiempo del ciclo de inyección, éste tiempo del ciclo de inyección consta de los siguientes factores:

### Tiempo de enfriamiento $t_k$

Como lo recomienda [20] se utiliza el monograma de determinación del tiempo de enfriamiento del molde, ver anexo 11, el cual permite aproximar el tiempo de enfriamiento en función del espesor de la pieza, difusividad térmica, y temperaturas del sistema.

Cabe recalcar que en el anexo 11 se encuentra en el eje izquierdo “Y” a la “conductibilidad térmica” con unidades  $cm^2/s$ , que es la capacidad que tiene un material para disipar el calor en función del tiempo, en el anexo 1m se obtiene ésta propiedad con el nombre de “difusividad térmica” para el material policarbonato con un valor de  $12 * 10^{-4} cm^2/s$ .

Temperatura del molde con referencia a la temperatura en la pared y en el centro de la pieza con las ecuaciones 25 y 26 respectivamente, en éste procedimiento intervienen las siguientes variables:

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \quad \text{ecuación 12}$$

$$\hat{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_e - \theta_W} \quad \text{ecuación 13}$$

$\theta_M =$  Temperatura de inyección del polímero o temperatura de moldeo

$\theta_w =$  Temperatura de la pared de las cavidades del molde

$\theta_E =$  Temperatura de desmolde

$\theta_e =$  Temperatura media de desmolde, en el centro de las piezas inyectadas.

Datos del molde gafas y material policarbonato, obtenidos del anexo 1n.

$$\theta_M = 310 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_w = 85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_E = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bar{T} = \frac{310^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{110^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}} \quad \text{ecuación 14}$$

$$\bar{T} = 9$$

$$\hat{T} = \frac{310^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{110^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}} \quad \text{ecuación 15}$$

$$\hat{T} = 9$$

Con estos valores se ingresa al monograma del anexo 1l y se obtienen tiempos de enfriamiento de 9.1 segundos para una temperatura de 110°C en la pared exterior de la pieza y un tiempo de  $t_k = 11.5$  s para una temperatura de 110°C en la mitad del espesor de la pieza.

### Tiempo de llenado $t_{Ll}$

Es el tiempo que debe transcurrir para que se llenen las cavidades. Se calcula por medio del anexo 1ñ, y se determina un valor de  $t_{Ll} = 2.4 \text{ s}$  para el llenado total de las 2 cavidades.

### Tiempo de reseteo $t_R$

Según [20], se obtiene el tiempo de reseteo mediante la ecuación 14 que con sus factores compensa las variaciones de temperaturas entre la apertura y el cerrado del molde:

$$t_R = 1.75 * t_d * \left( \frac{2*j+0.05}{L_j} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 16}$$

Donde:

$t_d$ = Es el tiempo de secado = 2 h, ver Anexo 1o.

$j$ = Profundidad máxima de la cavidad = 99.8 mm = 0.0998 m,

$L_j$ = Longitud máxima apertura del molde = 150mm = 0.15 m

$$t_R = 1.75 * 2 * \left( \frac{2 * 0.0998 + 0.05}{0.15} \right)^{\frac{1}{2}}$$
$$t_R = 4.51 \text{ s}$$

### Tiempo de ciclo

Obtenidos los valores anteriores se calcula el tiempo de ciclo con la ecuación 17.

$$t_K = t_{Ll} + t_k + t_R \quad \text{ecuación 17}$$

$$t_K = 2.4 + 11.5 + 4.51 \text{ [s]}$$

$$t_K = 18.4 \text{ s}$$

Con un tiempo de ciclo de 18.4 segundos se procede a calcular el calor a retirar del sistema de moldeo con la ecuación 18:

$$\dot{Q}_{Ku} = \frac{\Delta h * m}{t_K} \quad \text{ecuación 18}$$

Dónde:

$\Delta h =$  diferencia de entalpías, ver anexo 1p

$m =$  masa de las piezas inyectadas más la mazarota = 61.45 g.

$t_K =$  tiempo de ciclo = 18.4 s, reemplazando.

$$\dot{Q}_{Ku} = \frac{(125 - 40)[kcal/kg] * 0.06145kg}{17.02 s}$$

$$\dot{Q}_{Ku} = \frac{(125 - 40)[kcal/kg] * 0.05164kg}{18.4}$$

$$\dot{Q}_{Ku} = 0.2385 \frac{kcal}{s} \left| \frac{3600s}{1hora} \right. = 858.78 \frac{kcal}{h}$$

$$\frac{858.78 \frac{kcal}{h}}{1 \frac{kcal}{h}} \left| \frac{1.163 \frac{J}{s}}{1} \right. = 998.8W = Q_P$$

### **Cálculo del flujo másico de refrigeración**

Una vez obtenido el calor liberado por la pieza inyectada, se procede a un balance de energías de todo el sistema del molde, como procede [21], llegando a obtener un flujo másico previo a la siguiente igualdad de energías, ver figura 26.

$$Q_P = Q_W + Q_{CV} + Q_{CD} + Q_R \quad \text{ecuación 19}$$

Donde:

$Q_P =$  calor transferido por el polímero inyectado, ver  $\dot{Q}_{Ku}$

$Q_W$  = calor retirado por el refrigerante

$Q_{CV}$  = calor perdido por convección

$Q_{CD}$  = calor perdido por conducción

$Q_R$  = calor perdido por radiación

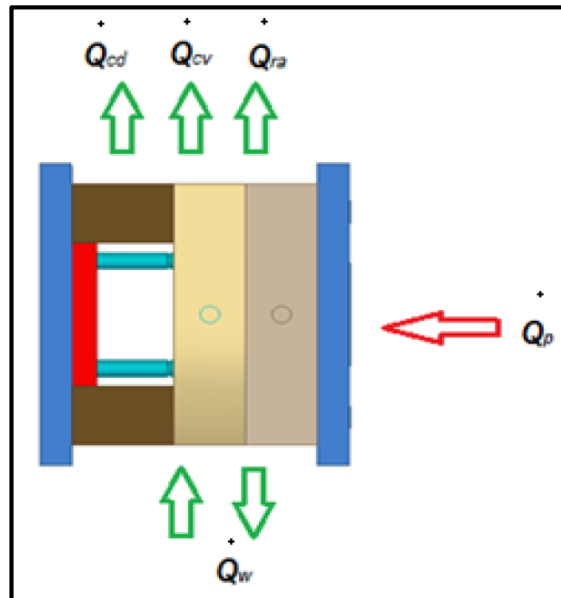


Figura 26. Diagrama del balance de energías en el molde.

Fuente: [21].

### Calor saliente por convección $Q_{CV}$

Según [21] es determinado por la ecuación 20:

$$Q_{CV} = A_f * \alpha_{aire} * (T_M - T_A) \text{ ecuación 20}$$

Donde:

$A_f$  = Área superficial del molde (en contacto con el aire) igual a  $0.23 \text{ m}^2$ , obtenido mediante software.



$\alpha_{aire}$  = Coeficiente de transferencia de calor del aire,

Promedio ambiente  $8 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$  [21].

$T_M$  = Temperatura de las paredes externas del molde, 41 °C [30][21]

$T_A$  = Temperatura del ambiente es igual a 22 °C

Como procede [21], la temperatura de las paredes del molde se define que la  $T_M$  es igual a 41 °C.

Sustituyendo valores en la ecuación 20:

$$Q_{CV} = 0.23 m^2 * 8 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * (41 + 273 - 22 + 273)^\circ K$$
$$Q_{CV} = 35 W$$

### **Calor saliente por conducción $Q_{CD}$**

Como procede [21] se utiliza la ecuación 21 para calcular el calor saliente por conducción.

$$Q_{CD} = A_t * \beta_M * (T_M - T_A) \quad \text{ecuación 21}$$

Donde:

$A_t$  = Área del molde en contacto con la máquina inyectora igual a 0.11 m<sup>2</sup>, obtenido mediante software.

$\beta_M$  = Factor de proporcionalidad.

Para acero al carbono es aproximadamente  $100 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$  [21].

Temperatura de las paredes externas del molde, 41 °C [21]

$T_A$  = Temperatura del ambiente es igual a 22 °C.

$$Q_{CV} = 0.11m^2 * 100 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * (41 + 273 - 22 + 273)^\circ K$$

$$Q_{CV} = 209 W$$

### Calor saliente por radiación $Q_R$

Como procede [21], el calor saliente por radiación se calcula con la ecuación 22:

$$Q_R = A_f * C_s * \varepsilon * \left[ \left( \frac{T_{absM}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{absA}}{100} \right)^4 \right] \text{ ecuación 22}$$

Donde:

$A_f$  = Área superficial del molde (en contacto con el aire) igual a  $0.23 m^2$ , obtenido mediante software.

$C_s$  = Constante de radiación  $5.77 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$  [21].

$\varepsilon$  = Emisividad 0.8 para materiales pulidos [20].

$T_{abs.M}$  = Temperatura absoluta de las paredes del molde, es igual a  $41^\circ C$ .

$T_{abs.A}$  = Temperatura absoluta del ambiente igual a  $22^\circ C$

Sustituyendo valores en la ecuación 22:

$$Q_R = 0.23 m^2 * 5.77 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * 0.8 * \left[ \left( \frac{41 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{22 + 273}{100} \right)^4 \right] ^\circ K$$

$$Q_R = 22.8 W$$

Reemplazando valores en la ecuación 19:

$$1.28398592 kW = Q_w + 35 W + 209 W + 22.8 W$$

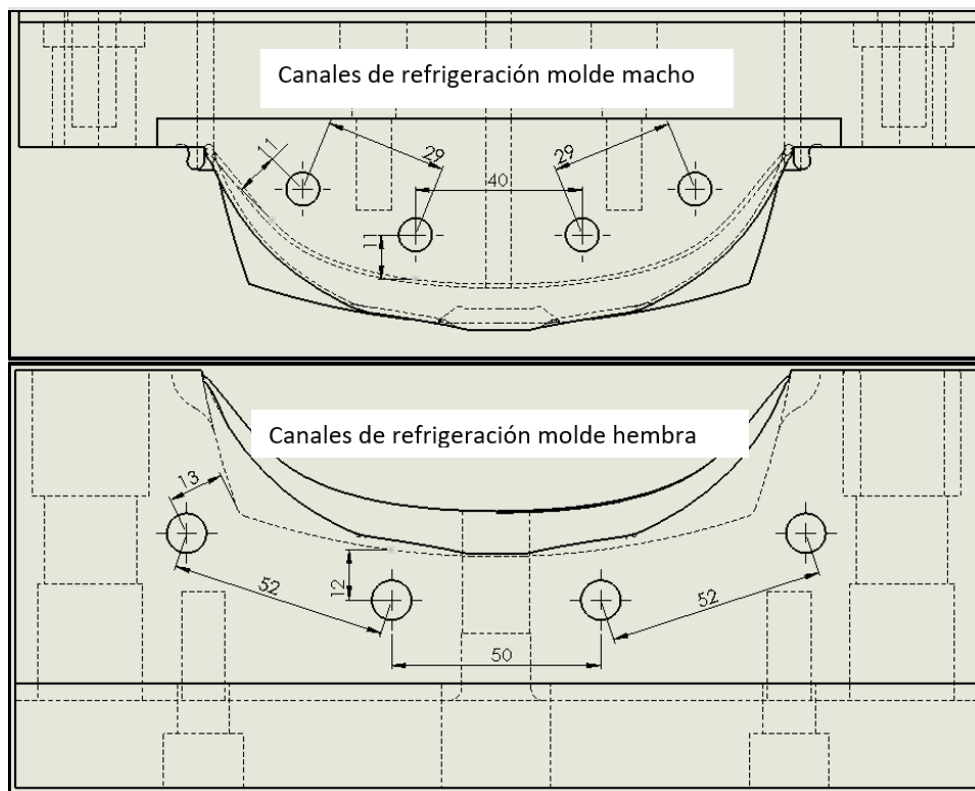
$$998.8W = Q_w + 35W + 209W + 22.8W$$

$$Q_w = 732W$$

### Disposición de los canales de enfriamiento

Como se muestra en el anexo 1q, se sigue la recomendación de [20] respecto a las distancias, que deben ser colocados los conductos de refrigerante respecto a la pieza, con un diámetro de ductos igual a 8 mm, mismos que son compatibles con acoples NTP de ¼ de pulgada para su conexión exterior.

En la figura 27 se detalla la disposición de los canales de enfriamiento.



**Figura 27.** Disposición geométrica de los canales de enfriamiento respecto a la pieza, del molde macho y hembra gafas. **Fuente:** Autor.

### Flujo másico del refrigerante

$$\dot{m} = \frac{Q_W}{C_W * (T_{sal} - T_{ent})} \text{ ecuación 23}$$

Donde:

$\dot{m}$  = Es el flujo másico

$Q_W$  = calor quitado por el refrigerante = 1284.8 W

$C_W$  = Es el calor específico del agua =  $4.196 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K}$  [20].

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

$T_{sal}$  = Temperatura de salida del sistema del refrigerante = 20°C

Reemplazando en la ecuación 23:

$$\dot{m} = \frac{0.732 \frac{kJ}{s}}{4.196 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K} * (20 - 15)^\circ K}$$
$$\dot{m} = 0.034 \frac{Kg}{s}$$

Como recomienda [20], que la temperatura de entrada y de salida del refrigerante no debe sobrepasar los 5°C , al reemplazar los valores en la ecuación 23 se obtiene un flujo másico de 0.034 Kg/s.

### Características de la máquina de inyección para molde soportes

La máquina que la empresa ha dispuesto para el desarrollo del molde es la **HAITIAN PL 1600 - 540 j** con una **fuerza de cierre** = 1600kN = 163Tn, y un **volumen de inyección** = 395 cm<sup>3</sup>, en el anexo 1i se encuentra las especificaciones técnicas de la máquina.

- **Cálculo del número de cavidades molde soportes**

En este molde se incluye dos tipos de elementos, mismos que se muestran en la figura 10, 1 par de soportes (derecho e izquierdo) y 1 par de soportes de banda elástica. Con la finalidad de ejecutar el proyecto incluyendo las dos alternativas permitidas por la norma aplicada además de brindar compatibilidad entre equipos de protección, siendo la banda elástica el sistema más compatible con otros equipos de protección como es el casco de seguridad, tapones auditivos.

De igual forma por parte de la empresa se decide la ejecución de este molde con 8 cavidades, de tal forma que se obtenga 4 pares de soportes (izquierdo y derecho) y 4 pares de acople de banda elástica. Por tal motivo con el área proyectada y el volumen total de las piezas inyectadas más la mazarota se calcula la presión de inyección y la fuerza de cierre requerida.

El volumen de los 2 soportes (1par) + 2 acoples banda elástica (1par) + mazarota es  $22.6cm^3$ .

$$n = \frac{395cm^3}{22.6cm^3}$$

$$n = \frac{320cm^3}{22.6cm^3} = 17.47 \text{ cavidades}$$

$$17.47 \approx 17 \text{ cavidades}$$

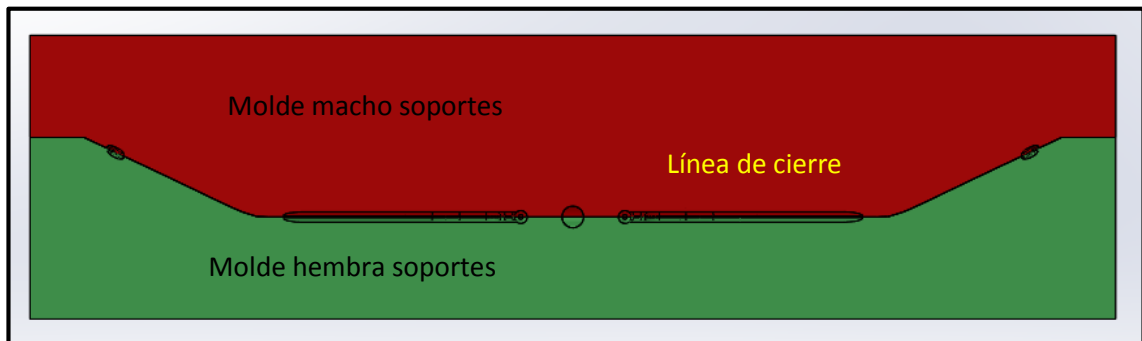
La máquina abastece para máximo 17 pares de cada producto, significa que es viable ejecutar los 4 pares para cavidades de cada elemento.

Estos valores son teóricos ya que se requiere un nuevo cálculo con el área proyectada de: las cavidades más el sistema real de canales de llenado, y en función de fuerzas de la

máquina inyectora. Por ello se procede a diseñar el canal de llenado de cavidades y su bebedero respectivo.

#### - **Línea de cierre**

En este caso al ser productos simétricos y con superficies planas, el diseño de la línea de cierre se simplifica permitiendo trazar líneas rectas y dimensionadas por la mitad de la pieza desde una vista superior. Sin embargo, existe complejidad desde otro aspecto, al ser 4 cavidades de cada una se aumenta la dimensión del molde y requiere de un canal de llenado, por esto se procede con el diseño del canal de llenado de cada molde.



**Figura 28.** Línea de cierre molde soportes.

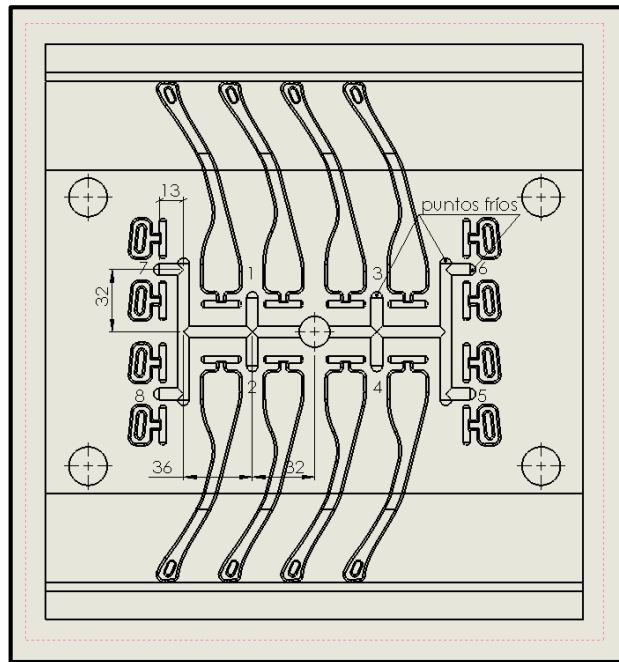
**Fuente:** Autor.

#### **Sistema de llenado**

##### - **Canales de distribución y bebedero “Molde Soportes”**

En este caso el número de cavidades es 4 de cada elemento de manera que se escoge la forma denominada tipo hileras para la ubicación de las cavidades, se adopta todas las recomendaciones y parámetros de [17 y 20], para posteriormente seguir con las medidas necesarias para el dimensionamiento del diámetro del canal de llenado (la longitud L del canal de llenado es un valor fijo que se muestra en la figura 28, consecuencia de la disposición geométrica de las cavidades), el ancho, largo y alto del canal de estrangulamiento.

Bajo las recomendaciones de [20] se coloca a las 8 cavidades de “soportes” simétricamente, de tal manera que existe área restante en los extremos, ver figura 29, donde se optimiza colocando las cavidades de los “acoples de banda elástica”. Esta disposición permite el llenado con una boquilla colocada en el centro de la placa de tal forma que el moldeo se ejecute primero en los soportes y finalmente en los acoples de banda elástica.



**Figura 29.** Diagrama de canal de llenado en hilera con puntos fríos, cavidades de soportes y bandas elásticas. **Fuente:** Autor.

De la ecuación 5 y con espesor máximo de 2.8mm:  $s_{max} + 1.5mm = 0.7 * d1$

$$d1 = \frac{2.8 + 1.5}{0.7} [mm]$$

$$d1 = 6.14 [mm]$$

El material de inyección para éste molde es PP y su fluidez es relativamente alta, por lo cual se aproxima, como lo recomienda [20] a un diámetro de canal de llenado igual a 6mm.

Para este caso el canal de estrangulamiento se define en 2.5mm como lo recomienda [20] más un exceso de 0.5mm para mayor longitud de canal que facilite la expulsión de todo el ramal junto a las piezas inyectadas.

Con la ecuación 10 se obtiene el área del canal de estrangulamiento y sus dimensiones de la siguiente manera.

$$f = [0.07 \text{ a } 0.1] * F$$

$$F = \frac{\pi * 6^2}{4} = 28.27 \text{ mm}^2$$

$$f = 0.07 * F$$

$$f = 0.07 * 28.27 \text{ mm}^2$$

$$f = 1.97 \text{ mm}^2 = f_1 = f_2 = f_3 = f_4 \text{ (ver figura 29)}$$

Con la ecuación 8 en 6:

$$f = 3 * b^2$$

Por lo tanto:

$$b = \sqrt{\frac{f}{3}}$$

$$b = \sqrt{\frac{1.97}{3} \text{ mm}^2}$$

$$b = 0.81 \text{ mm}$$

Ecuación 8.

$$a \approx 3 * b$$

$$a \approx 3 * 0.81 \text{ mm}$$

$$a = 2.43 \text{ mm}$$



El canal de estrangulamiento para las cavidades  $f_5 = f_6 = f_7 = f_8$  se adopta de las mismas dimensiones que  $f_1 = f_2 = f_3 = f_4$ , ya que el volumen de las cavidades de los soportes o patillas es 5 veces mayor que el volumen de las cavidades 1, 2, 3, 4, [20] recomienda hacer un cálculo para las cavidades más alejadas, siempre y cuando todas ellas sean del mismo volumen.

Las dimensiones finales del canal de llenado son:

L= ver dimensiones parciales en la figura 29

d = 6mm, diámetro del canal de llenado

l = 3mm, longitud del canal de estrangulamiento válida para todos los canales

a y b para  $f_1 = f_2 = f_3 = f_4 = f_5 = f_6 = f_7 = f_8$ :

a = 2.43mm, ancho del canal de estrangulamiento

b = 0.81mm, alto del canal de estrangulamiento, ver figura 27.

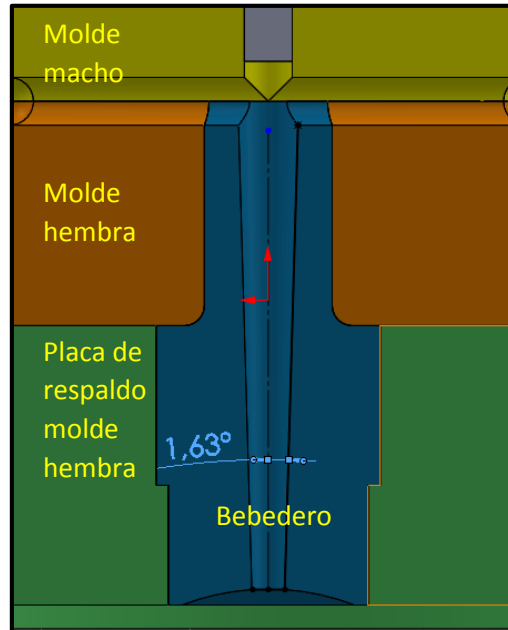
### **Bebedero**

El diseño de la cazoleta para éste molde se basa en los mismos aspectos del otro molde, mientras que la geometría del conducto que aloja la mazarota se diseña bajo la siguiente consideración:

Con el diámetro de boquilla de la máquina inyectora que debe ser menor que el diámetro de entrada de bebedero, cumpliéndose  $d_D + 1 \leq d_A$ , y con la sumatoria de todas las áreas transversales al flujo de los canales de estrangulamiento, se obtiene su diámetro y la conicidad de  $1.36^\circ$  con la recomendación de [20] un ángulo de  $1^\circ$  a  $2.5^\circ$ .

Tal que, para el molde Soportes, la sumatoria de las áreas es  $31.52 \text{ mm}^2$ , correspondiendo a un diámetro  $6.32 \text{ mm}$ , el diámetro  $d_D$  de las 2 máquinas es 3mm y con la relación  $d_D + 1 \leq d_A$  se cumple con las áreas de canal de estrangulamiento, 3 +

$1 \leq 6.32 [mm]$ . En la figura 30 se muestra un diagrama con el ángulo de salida del bebedero, de éste ducto se obtiene la mazarota en el producto inyectado.



**Figura 30.** Diagrama de bebedero molde soportes.

**Fuente:** Autor.

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

Se aplica lo mismo que en el molde anterior con sus respectivos datos de máquina y volumen:

$$A_p = 175.28 \text{ cm}^2$$

Del anexo 1r se obtiene la presión interior específica con la escala para polipropileno y con 2.8mm de espesor.

$$P_i = 180 \left[ \frac{Kgf}{cm^2} \right] = 17.65MPa$$

Por lo tanto, la fuerza de cierre es igual a:

$$F_c = 175.28 \text{ cm}^2 * 180 \left[ \frac{Kgf}{cm^2} \right]$$

$$F_c = 31550.4Kgf * \left[ \frac{9.81 N}{1 Kgf} \right] = 309.5kN \quad [31.56Ton]$$

Con el anexo 1i se concluye que la fuerza de cierre máxima de la máquina que es 1600 kN es 5.16 veces mayor que la fuerza ejercida por la presión de inyección al interior del molde, por lo tanto, éste molde de 16 cavidades es factible instalarlo en la máquina PL 1600/540j.

#### - Cálculo de refrigeración molde soportes

Se repite el mismo procedimiento del molde gafas con los datos respectivos.

#### Tiempo de enfriamiento $t_k$

Como lo recomienda [20] se utiliza el monograma de determinación del tiempo de enfriamiento del molde, ver anexo 1l, el cual permite aproximar el tiempo de enfriamiento en función del espesor de la pieza, difusividad térmica, y temperaturas del sistema. En el anexo 1s se obtiene el valor de la propiedad con el nombre de “difusividad térmica” para el material polipropileno con un valor de  $7.6 * 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ .

Temperatura del molde con referencia a la temperatura en la pared y en el centro de la pieza con las ecuaciones 25 y 26 respectivamente, en éste procedimiento intervienen las siguientes variables:

$$\bar{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_E - \theta_W} \quad \text{ecuación 12}$$

$$\hat{T} = \frac{\theta_M - \theta_W}{\theta_e - \theta_W} \quad \text{ecuación 13}$$

$\theta_M =$  Temperatura de inyección del polímero o temperatura de moldeo

$\theta_w =$  Temperatura de la pared de las cavidades del molde

$\theta_E =$  Temperaturo de desmolde

$\theta_e =$  Temperatura media de desmolde en el centro de las piezas inyectadas

Datos del molde soportes y material polipropileno, obtenidos del anexo 1n.

$$\theta_M = 280 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_w = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_E = 115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_e = 115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\bar{T} = \frac{280^\circ\text{C}-80^\circ\text{C}}{115^\circ\text{C}-80^\circ\text{C}} \quad \text{ecuación 14}$$

$$\bar{T} = 5.7$$

$$\hat{T} = \frac{280^\circ\text{C}-80^\circ\text{C}}{115^\circ\text{C}-80^\circ\text{C}} \quad \text{ecuación 15}$$

$$\hat{T} = 5.7$$

Con estos valores se ingresa al monograma del anexo 1l y se obtienen tiempos de enfriamiento de 19.5 segundos para una temperatura de 115°C en la pared exterior de la pieza y un tiempo de  $t_k = 26 \text{ s}$  para una temperatura de 115°C en la mitad del espesor de la pieza.

### **Tiempo de llenado $t_{Ll}$**

Es el tiempo que debe transcurrir para que se llenen las cavidades. Se calcula por medio del anexo 1ñ, y se determina un valor de  $t_{Ll} = 2.1 \text{ s}$  para el llenado total de las 16 cavidades.

### **Tiempo de reseteo $t_R$**

Según [21], se obtiene el tiempo de reseteo mediante la ecuación 14 que con sus factores compensa las variaciones de temperaturas entre la apertura y el cerrado del molde:

$$t_R = 1.75 * t_d * \left( \frac{2*j+0.05}{L_j} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{ecuación 16}$$

Donde:

$t_d$  = Es el tiempo de secado = 0.66 h, ver Anexo 1o.

$j$  = Profundidad máxima de la cavidad = 83.2 mm = 0.0832 m,

$L_j$  = Longitud máxima apertura del molde = 200mm = 0.2m

$$t_R = 1.75 * 0.66 * \left( \frac{2 * 0.0832 + 0.05}{0.2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$t_R = 1.2 \text{ s}$$

### Tiempo de ciclo

Obtenidos los valores anteriores se calcula el tiempo de ciclo con la ecuación 17.

$$t_K = t_{Ll} + t_k + t_R \text{ ecuación 17}$$

$$t_K = 2.1 + 26 + 1.2 \text{ [s]}$$

$$t_K = 29.3 \text{ s}$$

Con un tiempo de ciclo de 29.3 segundos se procede a calcular el calor a retirar del sistema de moldeo con la ecuación 18:

$$Q_{Ku} = \frac{\Delta h * m}{t_K} \text{ ecuación 18}$$

Dónde:

$\Delta h$  = diferencia de entalpías, ver anexo 1p

$m$  = masa de las piezas inyectadas más la mazarota = 44.7 g.

$t_K$  = tiempo de ciclo = 29.39 s, reemplazando.

$$Q_{Ku} = \frac{(170 - 50)[kcal/kg] * 0.0447kg}{29.3 \text{ s}}$$

$$\dot{Q}_{Ku} = 0.183 \frac{kcal}{s} \left| \frac{3600s}{1hora} \right. = 657 \frac{kcal}{h}$$

$$\frac{657 \frac{kcal}{h}}{1} \left| \frac{1.163 \frac{J}{s}}{1 \frac{kcal}{h}} \right. = 764.1 W = Q_P$$

### **Cálculo del flujo másico de refrigeración**

Una vez obtenido el calor liberado por la pieza inyectada, se procede a un balance de energías de todo el sistema del molde, como procede [21], llegando a obtener un flujo másico previo a la siguiente igualdad de energías.

$$Q_P = Q_W + Q_{CV} + Q_{CD} + Q_R \quad \text{ecuación 19}$$

Donde:

$Q_P$  = calor transferido por el polímero inyectado, ver  $\dot{Q}_{Ku}$

$Q_W$  = calor quitado por el refrigerante

$Q_{CV}$  = calor perdido por convección

$Q_{CD}$  = calor perdido por conducción

$Q_R$  = calor perdido por radiación, ver figura 31.

### **Calor saliente por convección $Q_{CV}$**

Es determinado por la ecuación 20, según [21].

$$Q_{CV} = A_f * \alpha_{aire} * (T_M - T_A) \quad \text{ecuación 20}$$

**Donde:**

$A_f$  = Área superficial del molde (en contacto con el aire) igual a  $0.44 m^2$ , obtenido mediante software.

$\alpha_{aire}$  = Coeficiente de transferencia de calor del aire,

Promedio ambiente  $8 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$  [21].

$T_M =$  Temperatura de las paredes externas del molde, 41 °C [21]

$T_A =$  Temperatura del ambiente es igual a 22 °C

Como procede [21], la temperatura de las paredes del molde se define que la  $T_M$  es igual a 41 °C.

Sustituyendo valores en la ecuación 20:

$$Q_{CV} = 0.44 m^2 * 8 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * (41 + 273 - 22 + 273)^\circ K$$
$$Q_{CV} = 66.88 W$$

### **Calor saliente por conducción $Q_{CD}$**

Como procede [21] se utiliza la ecuación 21 para calcular el calor saliente por conducción.

$$Q_{CD} = A_t * \beta_M * (T_M - T_A) \quad \text{ecuación 21}$$

Donde:

$A_t =$  Área del molde en contacto con la máquina inyectora igual a  $0.07 m^2$  obtenido mediante software.

$\beta_M =$  Factor de proporcionalidad.

Para acero al carbono es aproximadamente  $100 \frac{W}{m^2 * ^\circ K}$  [21].

Temperatura de las paredes externas del molde, 41 °C [21]

$T_A =$  Temperatura del ambiente es igual a 22 °C.

$$Q_{CV} = 0.07 m^2 * 100 \frac{W}{m^2 * ^\circ K} * (41 + 273 - 22 + 273)^\circ K$$
$$Q_{CV} = 133 W$$

### Calor saliente por radiación $Q_R$

Como procede [21], el calor saliente por radiación se calcula con la ecuación 22:

$$Q_R = A_f * C_s * \varepsilon * \left[ \left( \frac{T_{abs M}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{abs A}}{100} \right)^4 \right] \text{ ecuación 22}$$

Donde:

$A_f$  = Área superficial del molde (en contacto con el aire) igual a  $0.44 \text{ m}^2$ , obtenido mediante software.

$C_s$  = Constante de radiación  $5.77 \frac{W}{\text{m}^2 * ^\circ K}$  [21].

$\varepsilon$  = Emisividad 0.8 para aceros [20].

$T_{abs. M}$  = Temperatura absoluta de las paredes del molde, es igual a  $41 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$T_{abs. A}$  = Temperatura absoluta del ambiente igual a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$

Sustituyendo valores en la ecuación 22:

$$Q_R = 0.44 \text{ m}^2 * 5.77 \frac{W}{\text{m}^2 * ^\circ K} * 0.8 * \left[ \left( \frac{41 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{22 + 273}{100} \right)^4 \right] ^\circ K$$

$$Q_R = 43.61 \text{ W}$$

Reemplazando valores en la ecuación 19:

$$764.1 \text{ W} = Q_w + 66.88 \text{ W} + 133 \text{ W} + 43.61 \text{ W}$$

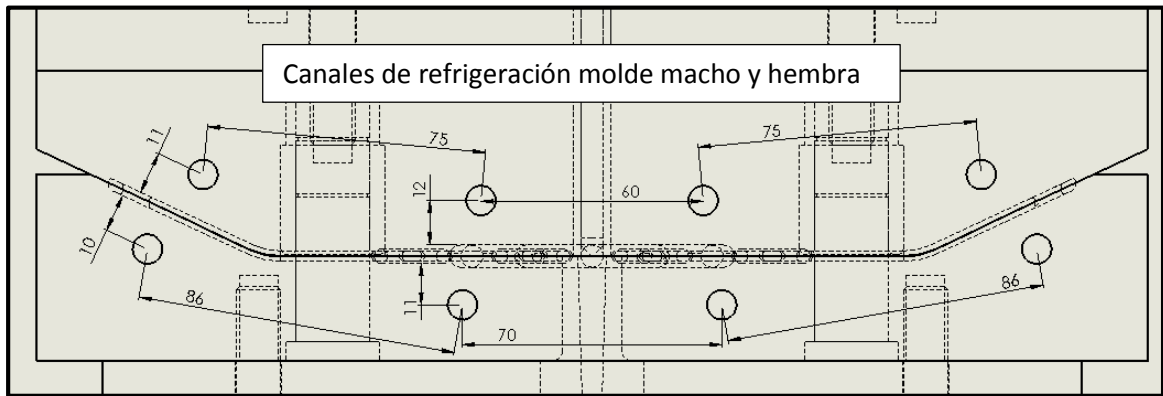
$$Q_w = 520.61 \text{ W}$$

### Disposición de los canales de enfriamiento

Como se muestra en el anexo 1q, se sigue la recomendación de [20] respecto a las distancias, que deben ser colocados los conductos de refrigerante respecto a la pieza, con un diámetro de ductos igual a 8 mm, mismos que son compatibles con acoples NTP de  $\frac{1}{4}$  de pulgada para su conexión exterior.

En la figura 31 se detalla la disposición de los canales de enfriamiento.





**Figura 31.** Disposición geométrica de los canales de enfriamiento respecto a la pieza, del molde macho y hembra soportes. **Fuente:** Autor.

Flujo másico del refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{Q_w}{C_w * (T_{sal} - T_{ent})} \text{ ecuación 23}$$

Donde:

$\dot{m}$  = Es el flujo másico

$Q_w$  = calor quitado por el refrigerante = 520.61 W

$C_w$  = Es el calor específico del agua =  $4.196 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K}$  [20].

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

$T_{sal}$  = Temperatura de salida del sistema del refrigerante = 20°C

Reemplazando en la ecuación 23:

$$\dot{m} = \frac{0.52061 \frac{kJ}{s}}{4.196 \frac{KJ}{Kg * ^\circ K} * (20 - 15)^\circ K}$$

$$\dot{m} = 0.025 \frac{Kg}{s}$$

Como recomienda [20], que la temperatura de entrada y de salida del refrigerante no debe sobrepasar los 5°C , al reemplazar los valores en la ecuación 23 se obtiene un flujo másico de 0.025 Kg/s.

- **Cálculo de sujeción del molde gafas [22]**

Los moldes tienen varias secciones que deben ser sujetas a la máquina inyectora, para la unión de dichas secciones se usan pernos tipo Allen sometidos a esfuerzos de tracción y corte por acción del peso de las placas y el apriete que los mantiene unidos. El peso del molde de gafas se calcula con la ecuación 24, los valores de cada sección se obtuvieron según el dibujo CAD.

$$W_m = W_{base\ móvil} + W_{paralelas} + W_{portamolde} \quad \text{ecuación 24}$$

Donde:

$W_m =$  *Peso de la parte móvil del molde (kg)*

$W_{base\ móvil} =$  *Peso de la base móvil del molde (11.86 kg)*

$W_{paralelas} =$  *Peso de las paralelas del molde (5.31 kg)*

$W_{portamolde} =$  *Peso del portamolde (35.22 kg)*

$$W_m = 11.86\ kg + 2(5.31)kg + 35.22\ kg$$

$$W_m = 57.7\ kg = 566.04\ N$$

La fuerza que actúa en cada perno es la fuerza primaria que se muestra en la ecuación 25

$$F' = \frac{W_m}{n} \quad \text{ecuación. 25}$$

Donde:

$F' =$  *Fuerza primaria a cortante (N)*

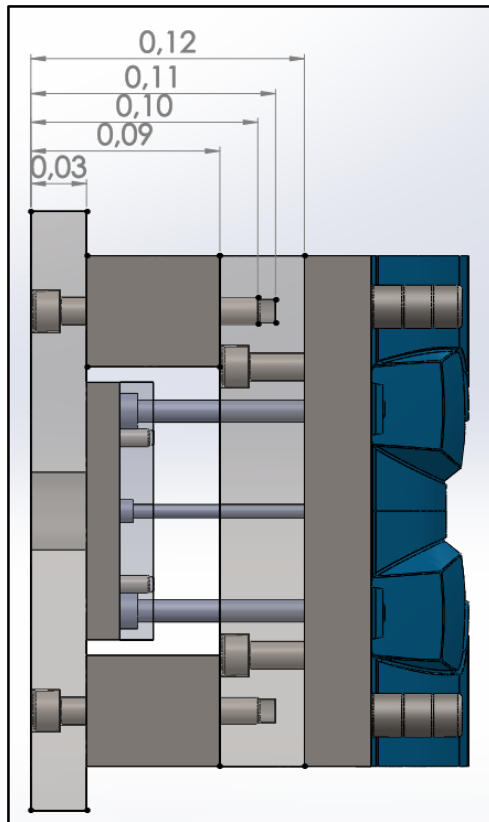
$W_m =$  *Peso de la parte móvil del molde (kg)*

$n =$  *Número de pernos de sujeción*

$$F' = \frac{566.04\ N}{4}$$

$$F' = 141.51\ N$$

La carga secundaria es generada por el momento flector del peso de los componentes que se muestra en la figura 32 y se calcula usando la ecuación 26.



**Figura 32.** Diagrama de posición de los pernos de sujeción.

**Fuente:** Autor.

$$Mf = W_m * L$$

ecuación 26

Donde:

$Mf =$  Momento flector actuante ( $N * mm$ )

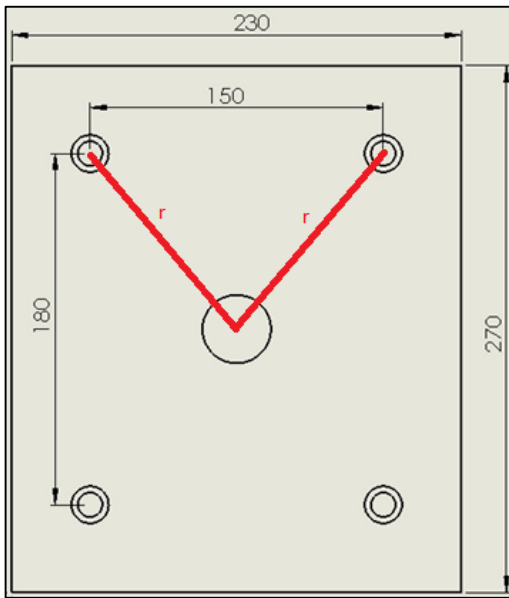
$W_m =$  Peso de la parte móvil del molde ( $566.04 N$ )

$L =$  Longitud total de la parte móvil del molde ( $200 mm$ )

$$Mf = 566.04 N * 200mm$$

$$Mf = 113208 N * mm$$

La distancia desde el centro de la placa a cada perno es requerida para establecer la tracción generada a causa del momento flector actuante, la figura 33 presenta la disposición de los agujeros. Para ello se determina geoméricamente que el radio de giro de 117.15 mm usando el teorema de Pitágoras.



**Figura 33:** Ubicación de pernos, distancias y dimensiones del molde.  
**Fuente:** Autor.

La carga secundaria de tracción se calcula dividiendo el momento flector para la distancia de los pernos al centro de la placa como se visualiza en la ecuación 27.

$$F'' = \frac{Mf}{n * r} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

$F'' =$  Carga secundaria de tracción (N)

$Mf =$  Momento flector actuante (N \* mm)

$r =$  Distancia del centro de rotación hacia los pernos. (mm)

$$F'' = \frac{113208 \text{ N} * \text{mm}}{4 * 117.15 \text{ mm}}$$

$$F'' = 241.6 \text{ N} = 24.6 \text{ kg}$$

Con los valores de las cargas primaria y secundaria se requiere también evaluar la fuerza de rozamiento provocada por la pretensión de ajuste en los pernos. Para este cálculo es necesario escoger un tipo de perno con el fin de verificar su aplicabilidad en la sujeción del molde.

El perno es de tipo Allen 12x1.75x90 Grado SAE 5, los datos necesarios para dicha verificación se extrajeron de los anexos 1t y 1u, los cuales son detallados a continuación:

$$S_p = 85 \text{ kpsi} = 6000 \text{ kg/cm}^2 = 586 \text{ MPa}$$

$$A_t = 84.3 \text{ mm}^2 = 0.843 \text{ cm}^2$$

La fuerza de precarga o pretensión se calcula con la ecuación 28 en la que se recomienda una precarga del 85% de la carga de prueba

$$F_i = 0.85 * S_p * A_t \quad \text{ecuación 28}$$

Donde:

$F_i$  = Precarga o fuerza de pretensión (N)

$S_p$  = Resistencia de prueba mínima (MPa)

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión. (mm<sup>2</sup>)

$$F_i = 0.85 * 586 \text{ MPa} * 84.3 \text{ mm}^2$$

$$F_i = 41990 \text{ N}$$

Para calcular la fuerza de rozamiento primero se debe obtener la fuerza normal que actúa en las superficies; esta se obtiene restando la fuerza secundaria de la fuerza de pretensión como se muestra en la ecuación 29.

$$N = F_i - F'' \quad \text{ecuación 29}$$

Donde:

$N$  = Fuerza normal a las superficies (N)

$F_i$  = Fuerza de pretensión (N)

$F''$  = Carga secundaria de tracción (N)

$$N = 41990 \text{ N} - 241.6 \text{ N}$$

$$N = 41748.4 \text{ N}$$

La fuerza de rozamiento es generada por la precarga y su cálculo se lo hace con la ecuación 30.

$$F_r = \mu * N \quad \text{ecuación 30}$$

Donde:

$F_r$  = Fuerza de rozamiento (N)

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento (0.15) anexo 1v

$N$  = Fuerza normal a las superficies (N)

$$F_r = 0.15 * 41748.4 N$$

$$F_r = 6262.3 N$$

Ahora se comparan las cargas primarias, secundaria y de rozamiento para identificar el valor máximo que determine el esfuerzo crítico en los sujetadores.

$$F' < F'' < F_r$$

$$141.51 N < 241.6 N < 6262.3 N$$

Por tanto, se calcula el factor de seguridad con la fuerza de rozamiento generada por la pretensión, la cual es la mayor y genera el esfuerzo más alto. Para dicha operación se requiere determinar la rigidez de los componentes, tanto del sujetador como del elemento.

Para determinar la rigidez del perno se necesita conocer el área del diámetro mayor de sujeción, la longitud roscada con agarre y sin agarre; el área se calcula con la ecuación 31.

$$A_d = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{ecuación 31}$$

Donde:

$A_d$  = Área mayor de sujeción (mm<sup>2</sup>)

$D$  = Diámetro mayor de sujeción del perno (18mm) anexo 1w

$$A_d = \frac{\pi * 18^2}{4} = 254.5 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la longitud de agarre con rosca está en función del diámetro nominal del sujetador como se muestra en la ecuación 32.

$$l_t = 2 * d + 6 \quad \text{ecuación 32}$$

Donde:

$l_t$  = Longitud de la parte roscada de agarre (mm)

$d$  = Diámetro nominal del sujetador (12mm) anexo 1u

$$l_t = 2 * 12 + 6 = 30 \text{ mm}$$

Mientras que, para la longitud de agarre sin rosca, se usa la ecuación 33 relacionando la longitud total con el agarre roscado.

$$l_d = l - l_t \quad \text{ecuación 33}$$

Donde:

$l_d$  = Longitud de la parte sin rosca de agarre (mm)

$l$  = Longitud total del perno (90mm)

$l_t$  = Longitud de la parte roscada de agarre (30 mm)

$$l_d = 90 - 30 = 60 \text{ mm}$$

La constante de rigidez del perno o sujetador usa la ecuación 34 para su cálculo. En esta se requiere el módulo de elasticidad del perno Grado SAE 5, que corresponde a  $E_b=30\text{Mpsi}=206842 \text{ MPa}$ , datos tomados del anexo 1x

$$k_b = \frac{A_t * A_d * E_b}{(A_d * l_t) + (A_t * l_d)} \quad \text{ecuación 34}$$

$$k_b = \frac{84.3 \text{ mm}^2 * 254.5 \text{ mm}^2 * 206842 \text{ MPa}}{[(254.5 * 30) + (84.3 * 60)] \text{ mm}^2}$$

$$k_b = 349584.38 \text{ MPa}$$

La constante de rigidez del elemento se calcula usando la ecuación 35; tomando en cuenta que todas las partes del molde son hechas de Acero P20, correspondiente a una Acero AISI 4340 cuyo módulo de elasticidad es de 200GPa requerido para el cálculo.

$$k_m = \frac{0.5774 * \pi * E_m * d}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * l + 0.5 * d}{0.5774 * l + 2.5 * d} \right)} \quad \text{ecuación 35}$$

Donde:

$K_m$  = Rigidez del elemento (MPa)

$E_m$  = Módulo de elasticidad del material (200GPa) anexo 1y

$l$  = Longitud total del perno (90mm)

$d$  = Diámetro nominal del sujetador (12mm) anexo 1t

$$k_m = \frac{0.5774 * \pi * 200 * 10^3 \text{MPa} * 12 \text{mm}}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * 90 + 0.5 * 12}{0.5774 * 90 + 2.5 * 12} \right) \text{mm}}$$

$$k_m = 1.72 * 10^6 \text{MPa}$$

La constante de rigidez del sistema(C) se calcula con las rigideces del elemento y del sujetador como se muestra en la ecuación 36.

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad \text{ecuación 36}$$

$$C = \frac{349584.38}{349584.38 + 1.72 * 10^6}$$

$$C = 0.17$$

Por último, el factor de seguridad se calcula con la ecuación 37

$$n = \frac{S_p * A_t - F_i}{C * F_r} \quad \text{ecuación 37}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$S_p$  = Resistencia de prueba mínima (MPa)

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión. (mm<sup>2</sup>)

$F_i$  = Precarga o fuerza de pretensión (N)

$C$  = constante de rigidez del sistema



$F_r = \text{Fuerza de rozamiento (N)}$

$$n = \frac{586 \text{ MPa} * 84.3 \text{ mm}^2 - 41990 \text{ N}}{0.17 * 6262.3 \text{ N}}$$
$$n = 6.96$$

El factor de 6.96 confirma la resistencia de los pernos M12x1.75x90 para la sujeción de los componentes del molde de gafas, e incluso brinda una mayor seguridad a la unión.

#### - Cálculo de sujeción molde soportes

El procedimiento para sujeción del molde de soportes es el mismo por lo que se usan las mismas ecuaciones, iniciando con el cálculo del peso con la ecuación 24, los valores de cada sección han sido estimados según el dibujo realizado para el modelado.

$$W_m = W_{\text{base móvil}} + W_{\text{paralelas}} + W_{\text{portamolde}} \quad \text{ecuación 24}$$

Donde:

$W_m = \text{Peso de la parte móvil del molde (kg)}$

$W_{\text{base móvil}} = \text{Peso de la base móvil del molde (11.86 kg)}$

$W_{\text{paralelas}} = \text{Peso de las paralelas del molde (5.31 kg)}$

$W_{\text{portamolde}} = \text{Peso del portamolde (35.22 kg)}$

$$W_m = 16.81 \text{ kg} + 2(7.07)\text{kg} + 55.67 \text{ kg}$$

$$W_m = 86.62 \text{ kg} = 849.7 \text{ N}$$

La fuerza que actúa en cada perno es la fuerza primaria que se muestra en la ecuación 25

$$F' = \frac{W_m}{n} \quad \text{ecuación. 25}$$

Donde:

$F' = \text{Fuerza primaria a cortante (N)}$

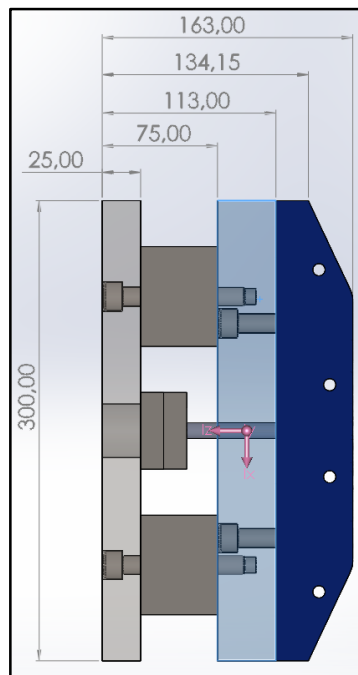
$W_m = \text{Peso de la parte móvil del molde (kg)}$

$n = \text{Número de pernos de sujeción}$

$$F' = \frac{849.7 \text{ N}}{4}$$

$$F' = 212.44 \text{ N}$$

La carga secundaria es generada por el momento flector del peso de los componentes que se muestra en la figura 34 y se calcula usando la ecuación 26.



**Figura 34.** Diagrama molde soportes y distribución de placas.  
**Fuente:** Autor.

$$Mf = W_m * L$$

ecuación 26

Donde:

$Mf$  = Momento flector actuante ( $N * mm$ )

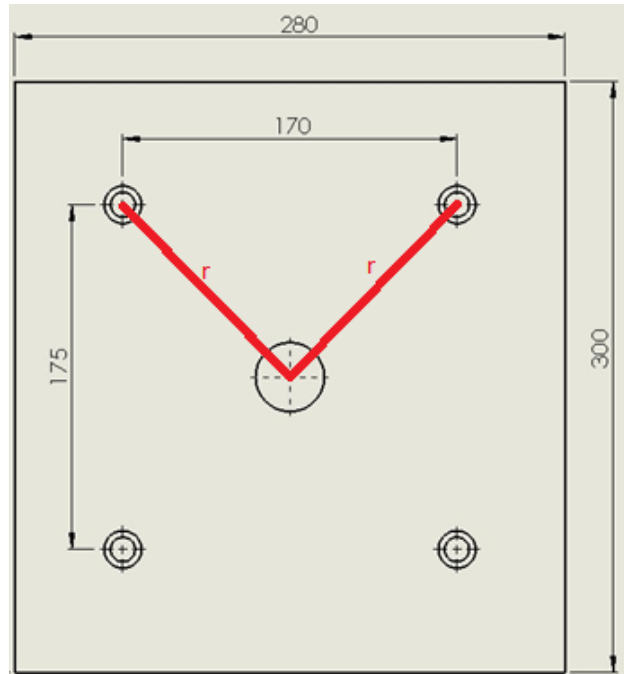
$W_m$  = Peso de la parte móvil del molde (566.04 N)

$L$  = Longitud total de la parte móvil del molde (200 mm)

$$Mf = 849.7 \text{ N} * 163 \text{ mm}$$

$$Mf = 138501 \text{ N} * \text{ mm}$$

La distancia desde el centro de la placa a cada perno es requerida para establecer la tracción generada a causa del momento flector actuante, la figura 35 presenta la disposición de los agujeros. Para ello se determina geoméricamente que el radio de giro de 122 mm usando el teorema de Pitágoras.



**Figura 35.** distribución de pernos, medidas, y medidas superiores del molde soportes.

**Fuente:** Autor.

La carga secundaria de tracción se calcula dividiendo el momento flector para la distancia de los pernos al centro de la placa como se visualiza en la ecuación 27

$$F'' = \frac{Mf}{n * r} \quad \text{ecuación 27}$$

Donde:

$F'' =$  Carga secundaria de tracción (N)

$Mf =$  Momento flector actuante (N \* mm)

$r =$  Distancia del centro de rotación hacia los pernos. (mm)

$$F'' = \frac{138501 \text{ N * mm}}{4 * 122 \text{ mm}}$$

$$F'' = 283.8 N = 29 kg$$

Con los valores de las cargas primaria y secundaria se requiere también evaluar la fuerza de rozamiento provocada por la pretensión de ajuste en los pernos. Para este cálculo es necesario escoger un tipo de perno con el fin de verificar su aplicabilidad en la sujeción del molde.

El perno es de tipo Allen 12x1.75x80 Grado SAE 5, los datos necesarios para dicha verificación se extrajeron de los anexos 1t y 1u, los cuales son detallados a continuación

$$S_p = 85kpsi = 6000 \frac{kg}{cm^2} = 586 MPa$$

$$A_t = 84.3 mm^2 = 0.843 cm^2$$

La fuerza de precarga o pretensión se recomienda una precarga del 85% de la carga de prueba, lo que coincide con el valor calculado en el molde gafas el cual es de  $F_i=41990$  N, porque es el mismo material y diámetro del perno.

Luego para calcular la fuerza de rozamiento primero se debe obtener la fuerza normal que actúa en las superficies; esta se obtiene restando la fuerza secundaria de la fuerza de pretensión como se muestra en la ecuación 28.

$$F_i = 0.85 * S_p * A_t \quad \text{ecuación 28}$$

Donde:

$F_i =$  Precarga o fuerza de pretensión (N)

$S_p =$  Resistencia de prueba mínima (MPa)

$A_t =$  Área de esfuerzo de tensión. (mm<sup>2</sup>)

$$N = 41990 N - 283.8 N$$

$$N = 41706.2 N$$

La fuerza de rozamiento es generada por la precarga y su cálculo se lo hace con la ecuación 29.

$$N = F_i - F''$$

ecuación 29

Donde:

$N =$  Fuerza normal a las superficies (N)

$F_i =$  Fuerza de pretensión (N)

$F'' =$  Carga secundaria de tracción (N)

$$F_r = 0.15 * 41706.2 N$$

$$F_r = 6255.93 N$$

Ahora se comparan la carga primaria, secundaria y de rozamiento para identificar el valor máximo que determine el esfuerzo crítico en los sujetadores.

$$F' < F'' < F_r$$

$$212.44 N < 283.8 N < 6255.93 N$$

Por tanto, se calcula el factor de seguridad con la fuerza de rozamiento generada por la pretensión, la cual es la mayor y genera el esfuerzo más alto. Para dicha operación se requiere determinar la rigidez de los componentes, tanto del sujetador como del elemento.

La rigidez del perno necesita conocer el área del diámetro mayor de sujeción, la longitud roscada con agarre y sin agarre. Algunos valores coinciden con los calculados en el molde gafas, entre ellos el área mayor de sujeción es de 254.5 mm<sup>2</sup> y la longitud roscada con agarre es de 30mm; mientras que la longitud de agarre sin rosca ( $l_d$ ) cambia a un valor de 50mm. Estos datos se usan en la ecuación 34 para hallar la constante de rigidez del perno o sujetador, además se requiere el módulo de elasticidad del perno Grado SAE 5, que corresponde a  $E_b=30\text{Mpsi}=206842 \text{ MPa}$ , datos tomados del anexo 1x.

$$k_b = \frac{A_t * A_d * E_b}{(A_d * l_t) + (A_t * l_d)} \quad \text{ecuación 34}$$

$$k_b = \frac{84.3 \text{ mm}^2 * 254.5 \text{ mm}^2 * 206842 \text{ MPa}}{[(254.5 * 30) + (84.3 * 50)] \text{ mm}^2}$$

$$k_b = 374486.13 \text{ MPa}$$

La constante de rigidez del elemento se calcula usando la ecuación 35; tomando en cuenta que todas las partes del molde son hechas de Acero P20, correspondiente a una Acero AISI 4340 cuyo módulo de elasticidad es de 200GPa requerido para el cálculo.

$$k_m = \frac{0.5774 * \pi * E_m * d}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * l + 0.5 * d}{0.5774 * l + 2.5 * d} \right)} \quad \text{ecuación 35}$$

Donde:

$K_m =$  Rigidez del elemento (MPa)

$E_m =$  Módulo de elasticidad del material (200GPa) anexo 1y

$l =$  Longitud total del perno (80mm)

$d =$  Diámetro nominal del sujetador (12mm) anexo 1t

$$k_m = \frac{0.5774 * \pi * 200 * 10^3 \text{ MPa} * 12 \text{ mm}}{2 \ln \left( 5 * \frac{0.5774 * 80 + 0.5 * 12}{0.5774 * 80 + 2.5 * 12} \right) \text{ mm}}$$

$$k_m = 1.77 * 10^6 \text{ MPa}$$

La constante de rigidez del sistema (C) se calcula con las rigideces del elemento y del sujetador como se muestra en la ecuación 36.

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad \text{ecuación 36}$$

$$C = \frac{374486.13}{374486.13 + 1.77 * 10^6}$$

$$C = 0.175$$

Por último, el factor de seguridad se calcula con la ecuación 37

$$n = \frac{S_p * A_t - F_i}{C * F_r} \quad \text{ecuación 37}$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$S_p$  = Resistencia de prueba mínima (MPa)

$A_t$  = Área de esfuerzo de tensión. (mm<sup>2</sup>)

$F_i$  = Precarga o fuerza de pretensión (N)

$C$  = constante de rigidez del sistema

$F_r$  = Fuerza de rozamiento (N)

$$n = \frac{586 \text{ MPa} * 84.3 \text{ mm}^2 - 41990 \text{ N}}{0.17 * 6262.3 \text{ N}}$$

$$n = 6.77$$

El factor de 6.77 confirma la resistencia de los pernos M12x1.75x80 para la sujeción de los componentes del molde de soportes, e incluso brinda una mayor seguridad a la unión.

#### - Cálculo de cáncamos

El esfuerzo al que están expuestos los cáncamos son el de cortante en las roscas del sujetador por acción del peso en cada molde y aplastamiento entre las roscas del cáncamo y la placa. Por lo que es necesario evaluar el comportamiento de dicho elemento de izaje en las condiciones de operación.

Para el cáncamo del molde gafas se pretende usar una rosca M12x1.75x25, en vista de que es una recomendación de fabricación y por la limitación de espacio. En primera instancia se define la fuerza de tracción que soportaría el elemento en la ecuación 38.

$$W_t = W_f + W_m \quad \text{ecuación 38}$$

Donde:

$W_t$  = Peso total del molde (N)

$W_f$  = Peso de la parte fija del molde (N)

$W_m$  = Peso de la parte móvil del molde (N)

$$W_t = 33.94kg + 65.28kg$$

$$W_t = 99.22kg = 972.4 N$$

Los datos requeridos para el cálculo se obtienen de los anexos 1t y 1u, estos corresponden al tipo de rosca sugerido y se detallan a continuación.

$$d = 12mm$$

$$p = 1.75 mm$$

$$d_r = d - 1.226869(p) = 9.853 mm$$

$$A_t = 76.24 mm^2 = 0.7624cm^2$$

La primera consideración es el esfuerzo de corte de la rosca por acción del peso aplicado, para lo cual se utiliza la ecuación 39 que relaciona la fuerza para el área de esfuerzo.

$$\sigma_t = \frac{W_t}{A_t} \quad \text{ecuación 39}$$

Donde:

$\sigma_t =$  Esfuerzo de tracción(MPa)

$W_t =$  Peso total del molde (N)

$A_t =$  Área de esfuerzo de tensión. (mm<sup>2</sup>)

$$\sigma_t = \frac{972.4 N}{76.24 mm^2}$$

$$\sigma_t = 12.75 MPa$$

Luego el esfuerzo de aplastamiento en las roscas se calcula con la ecuación 40, considerando que las fuerzas se distribuyen en todos los hilos de la sección roscada.

$$\sigma_b = \frac{W_t}{\frac{\pi}{4}(d^2 - d_r^2) * \frac{l}{p}} \quad \text{ecuación 40}$$



Donde:

$\sigma_b =$  Esfuerzo de aplastamiento (MPa)

$Wt =$  Peso total del molde (N)

$d =$  Diámetro de exterior de la rosca (mm)

$dr =$  Diámetro en la raíz o menor (mm)

$l =$  Longitud de la rosca (mm)

$p =$  Paso de la rosca (mm)

$$\sigma_b = \frac{972.4 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} (12^2 - 9.853^2) \text{ mm}^2 * \frac{25 \text{ mm}}{1.75 \text{ mm}}}$$

$$\sigma_b = 1.85 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, el esfuerzo de corte en la rosca es el más crítico, con el que se va a calcular un factor de seguridad usando la ecuación 41. En vista de que no se ha definido un material para el cáncamo, para su comprobación se escoge un Grado SAE 1, el mismo que presenta una resistencia de prueba mínima de 33kpsi ( $S_p=227.53$  MPa). Como se muestra en el anexo 1u.

$$n = \frac{S_p}{\sigma_t} \quad \text{ecuación 41}$$

Donde:

$\sigma_t =$  Esfuerzo de tracción (MPa)

$S_p =$  Resistencia de prueba mínima (MPa)

$$n = \frac{227.53 \text{ MPa}}{12.75 \text{ MPa}}$$

$$n = 17.8$$

Por lo tanto, se demuestra que un cáncamo con rosca M12x1.75x25 Grado SAE 1, es resistente para la aplicación de izaje del molde gafas e incluso dependiendo de la disponibilidad en el mercado se puede utilizar otro material con mejores propiedades.

De la misma manera para el cáncamo del molde soportes se pretende usar una rosca M16x2x25, en vista de que es una recomendación de fabricación y por la limitación de espacio. En primera instancia se define la fuerza de tracción que soportaría el elemento en la ecuación 38.

$$W_t = W_f + W_m \quad \text{ecuación 38}$$

Donde:

$W_t = \text{Peso total del molde (N)}$

$W_f = \text{Peso de la parte fija del molde (N)}$

$W_m = \text{Peso de la parte móvil del molde (N)}$

$$W_t = 45.19kg + 86.81kg$$

$$W_t = 132kg = 1293.6 N$$

Los datos requeridos para el cálculo se obtienen de los Anexos 1t y 1u, estos corresponden al tipo de rosca sugerido y se detallan a continuación.

$$d = 16mm$$

$$p = 2 mm$$

$$d_r = d - 1.226869(p) = 13.55 mm$$

$$A_t = 144.2 mm^2 = 1.44 cm^2$$

La primera consideración es el esfuerzo de corte de la rosca por acción del peso aplicado, para lo cual se utiliza la ecuación 39 que relaciona la fuerza para el área de esfuerzo.

$$\sigma_t = \frac{W_t}{A_t} \quad \text{ecuación 39}$$

Donde:

$\sigma_t = \text{Esfuerzo de tracción(MPa)}$

$W_t = \text{Peso total del molde (N)}$

$A_t = \text{Área de esfuerzo de tensión. (mm}^2\text{)}$

$$\sigma_t = \frac{1293.6 \text{ N}}{144.2 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_t = 8.97 \text{ MPa}$$

Luego el esfuerzo de aplastamiento en las roscas se calcula con la ecuación 40, considerando que las fuerzas se distribuyen en todos los hilos de la sección roscada.

$$\sigma_b = \frac{W_t}{\frac{\pi}{4}(d^2 - d_r^2) * \frac{l}{p}} \quad \text{ecuación 40}$$

Donde:

$\sigma_b$  = Esfuerzo de aplastamiento (MPa)

$W_t$  = Peso total del molde (N)

$d$  = Diámetro de exterior de la rosca (mm)

$d_r$  = Diámetro en la raíz o menor (mm)

$l$  = Longitud de la rosca (mm)

$p$  = Paso de la rosca (mm)

$$\sigma_b = \frac{1293.6 \text{ N}}{\frac{\pi}{4}(16^2 - 13.55^2)\text{mm}^2 * \frac{25\text{mm}}{2 \text{ mm}}}$$

$$\sigma_b = 1.82 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, el esfuerzo de corte en la rosca es el más crítico, con el que se va a calcular un factor de seguridad usando la ecuación 41, en vista de que no se ha definido un material para el cáncamo, para su comprobación se escoge un Grado SAE 1, el mismo que presenta una resistencia de prueba mínima de 33kpsi ( $S_p=227.53 \text{ MPa}$ ) Como se muestra en el Anexo 1u

$$n = \frac{S_p}{\sigma_t} \quad \text{ecuación 41}$$

Donde:

$\sigma_t$  = Esfuerzo de tracción (MPa)

$S_p$  = Resistencia de prueba mínima (MPa)

$$n = \frac{227.53 \text{ MPa}}{8.97 \text{ MPa}}$$

$$n = 25.36$$

Por lo tanto, se demuestra que un cáncamo con rosca M16x2x25 Grado SAE 1, es resistente para la aplicación de izaje del molde soportes e incluso dependiendo de la disponibilidad en el mercado se puede utilizar otro material con mejores propiedades.

#### **1.2.2.4 Tolerancias de componentes**

Los dos moldes están diseñados bajo la misma configuración, a continuación, se describe cada uno de los componentes del molde gafas, el molde soportes se detalla en el plano respectivo.

#### **Molde hembra**

Es la placa que aloja las dos cavidades hembra del molde gafas, posee agujeros para ubicación de buje con diámetro exterior de 28 mm el cual debe ser construido con una calidad IT6/IT7 de mecánica de precisión ver anexo 1z y un ajuste  $h6 = 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.013 \end{smallmatrix} mm$  para la cara exterior del buje y  $H7 = 28 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix} mm$  para el agujero, valores tomados del anexo 1aa. Por la parte posterior de esta placa se encuentra o agujeros con rosca M12x1.25.

#### **Buje**

Es el elemento que sirve como guía axial, está sometido a desgaste, por lo que [20] recomienda el uso de aceros de alta dureza, se selecciona un acero AISI/SAE 4340, con una dureza de 52 HRC, como se especifica anteriormente tiene una tolerancia en su diámetro exterior de  $h6 = 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.013 \end{smallmatrix} mm$ .

En su diámetro interior se aplica el sistema agujero eje, entre el buje y la guía (ver más adelante) respectivamente, con un diámetro de agujero igual a 20mm y un diámetro de guía o eje de 19.5 mm, determinándose una calidad IT8/IT9 y una tolerancia H8/h9

deslizante ver anexo 1ab que se define en  $H8 = 20 \begin{smallmatrix} 0 \\ +0.033 \end{smallmatrix} mm$  para el diámetro interno del buje y  $h9 = 19.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.043 \end{smallmatrix} mm$  para el diámetro exterior de la guía.

### **Placa porta molde hembra**

Es la placa que sujeta al molde hembra con pernos de cabeza hueca hexagonal M12 x1.25 alojados en agujeros con calidad IT11 y tolerancia  $H11 = 19 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.13 \end{smallmatrix} mm$ , que se alojan en la placa porta molde, y a la vez es sujeta por unas uñas propias de la máquina inyectora, en su centro aloja al bebedero presionado con la placa molde hembra.

Además, aloja a las guías en un agujero de 25 mm, éste ensamble es por ajuste con una calidad IT6/IT7 con tolerancia de  $h6 = 25 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.013 \end{smallmatrix} mm$ ,  $H7 = 25 \begin{smallmatrix} 0 \\ +0.021 \end{smallmatrix} mm$ .

### **Bebedero**

Ver figura 25 y 30. Está construido con acero AISI 4340 templado con una dureza de 50 -52 HRC que se aloja entre la placa molde hembra y la placa porta molde hembra, se ensambla con ajuste en un diámetro de 16 y 28 mm, se construye con una calidad IT6/IT7 y una tolerancia h6/H7, de tal forma se determina un  $h6 = 16 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.011 \end{smallmatrix} mm$ ,  $H7 = 16 \begin{smallmatrix} 0 \\ +0.018 \end{smallmatrix} mm$ , y,  $h6 = 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.013 \end{smallmatrix} mm$   $H7 = 28 \begin{smallmatrix} 0 \\ +0.021 \end{smallmatrix} mm$ .

### **Molde macho**

Es la placa molde macho, en este diseño se ha realizado el método postizo para los machos de las dos cavidades, se ha seleccionado un acero AISI 1010, posee pernos de sujeción M10x1.25 y con un agujero con tolerancia  $H11 = 19 \begin{smallmatrix} 0 \\ +0.09 \end{smallmatrix} mm$  para el postizo y está sujeta por el otro lado por la placa de respaldo molde macho con pernos M12x1.25. Contiene agujeros pasantes para los expulsores y retorna expulsores, estos agujeros pasantes deben ser construidos con una calidad IT5 con una tolerancia de los

expulsores con diámetro  $4_{-0.005}^0 mm$ , y para los retorna expulsores con diámetro  $10_{-0.006}^0 mm$ . El alojamiento del postizo con ancho de 164mm y una tolerancia  $H11 = 164_{+0.25}^0 mm$ .

### **Postizo machos**

Es la forma de las dos cavidades macho que esta sujeta con pernos M10x1.25 por la placa molde macho, contiene los mismos agujeros pasantes para expulsores y retorna expulsores que se describen en la placa molde macho.

### **Placa de respaldo molde macho**

Es la placa que sujete el molde macho con pernos M12 x1.25 alojados en agujeros con calidad IT11 y tolerancia  $H11 = 19_{-0.13}^0 mm$ , además contiene la sujeción de las placas paralelas con rosca M12x1.25.

### **Paralelas**

Son los bloques que permiten el desplazamiento de las placas expulsoras, a la vez contienen agujeros pasantes para la sujeción entre la placa porta molde macho y la placa de respaldo molde macho con tolerancia M12 x1.25 alojados en agujeros con calidad IT11 y tolerancia  $H11 = 19_{-0.13}^0 mm$ .

### **Placa porta expulsores**

Es la placa que contiene los expulsores y retorna expulsores y éstos a la vez son restringidos por la placa de respaldo porta expulsores que contiene pernos M8x1.25. los agujeros de diámetro 4 y 10 mm son construidos con la tolerancia indicada en la placa de postizos y molde macho.

### **Expulsores y retorna expulsores**

Los expulsores son los elementos cilíndricos accionados por un émbolo de la máquina inyectora, no son elementos sometidos a tracción excesiva, compresión o torsión, sin embargo, están sometidos a fricción produciendo un desgaste, por tal motivo se ha seleccionado por catálogo, pines expulsores de 4mm de diámetro, como recomienda con una dureza en su vástago de 60 a 62 HRC y en su cabeza de 45 RHC, en el anexo 1ac se muestra las tolerancias.

Los retorna expulsores son elementos que regresan a su posición a los expulsores, esto se realiza con el contacto de los retorna expulsores con el molde al momento de cerrar el mismo, estos se han seleccionado de un diámetro de 10mm como recomienda [20] para moldes pequeños.

La fabricación de los cilindros huecos donde se deslizan estos elementos requiere de un acabado superficial N6 (ver anexo 1aa, 1ab, 1ac) para reducir asperezas y desgaste de los elementos en contacto.

### **Placa de respaldo placa porta expulsores**

Es la placa que sujeta por medio de ajuste a los expulsores y retorna expulsores con la presión ejercida por los pernos M8x1.25 que se enrosca en la placa porta expulsores, la calidad del agujero donde se aloja el perno es IT11 con una tolerancia  $H11 = 14.5 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.11 \end{smallmatrix} mm$ .

### **Placa porta molde macho**

Es la placa que sostiene el molde macho y a la vez se ensambla con la unidad móvil de la máquina inyectora, con uñetas propias de la máquina inyectora, ejerciendo el desplazamiento para la apertura y cierre del molde, contiene los pernos M12x1.25 alojados en agujeros con calidad IT11 y tolerancia  $H11 = 19 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.13 \end{smallmatrix} mm$ . en su centro

tiene un agujero pasante de 35mm tolerancia IT11 y tolerancia  $H11 = 35_{-0.16}^0 mm$  de diámetro que permite el desplazamiento del émbolo para accionar las placas expulsoras.

Ésta descripción de elementos se aplica para el molde que contiene los soportes, su información de calidades tolerancias y acabados se verá reflejada en los planos de construcción.

Se culmina con el diseño de los dos moldes de inyección (ver figura 36 y 37) con los planos que se encuentran en el anexo Planos para consecuentemente realizar la construcción de cada uno de sus componentes.

### **1.2.2.5 Construcción del molde de inyección**

Establecidos los parámetros de diseño constructivo se procede a la selección específica de los materiales del molde.

#### **- Selección de materiales**

##### **Molde gafas**

Según [20] los materiales adecuados para núcleos y cavidades es el acero AISI P20 equivalente a M238 en proveedores nacionales quienes recomiendan a este acero (ver anexo 1a) para moldes de plásticos no corrosivos, compatible con policarbonato, posee una alta maquinabilidad y pulibilidad que permite tratamientos superficiales para cromado y nitrurado, para placas AISI 1010 porta molde se selecciona AISI 1010 y de respaldo, AISI 4340 para bujes, guías y bebederos en la tabla 5 y 6 se muestra una lista detallada de materiales y costos como materia prima.

##### **Molde soportes**

Continuando con las recomendaciones de [20] se plantea un material AISI 1010 para todos los elementos del este molde, este acero posee propiedades de alta maquinabilidad, y alta pulibilidad, sin embargo, es altamente corrosivo, es recomendado para moldes de



plásticos de polipropileno, poliestireno, mientras que para los bujes, guías y bebederos de igual manera se selecciona el AISI 4340.

#### - **Control numérico computarizado CNC**

Para la manufactura por arranque de viruta de los componentes del molde de inyección se usa un sistema FANUC perteneciente al centro de mecanizado donde se utiliza códigos G para el fresado, ver anexo 1ak, las herramientas y materiales se describen en el capítulo II.

#### **Sistema convencional**

Por otra parte, para el torneado y rectificado, se utiliza un sistema convencional cuyas máquinas poseen precisión para este tipo de trabajos, factor que es importante para que el empalme de las cavidades sea el deseado.

#### **Mecanizado de componentes**

Una vez obtenido los materiales en bruto de los proveedores del anexo 1a, se parte por retirar el exceso de material y dejar a las placas en las dimensiones deseadas.

Para hallar las velocidades de mecanizado de cada proceso se utiliza las siguientes ecuaciones:

#### **Rectificado por cuchilla**

Éste proceso se aplica a todas las placas en sus 4 caras correspondiente al espesor de cada una, con la finalidad de cuadrar las placas con ángulos rectos en sus vértices. El rectificado plano de las caras con mayor área superior e inferior, se realizó con un proceso posterior a este.

A más de que las cuchillas cumplen con las características del anexo 1ad se adopta los valores de velocidades recomendado por [23] para este proceso en todas las placas, para un rectificado por arranque de viruta con una cuchilla denominada bailarina en el eje Y de la máquina fresadora de 4 ejes de la tabla 7.

$$T_c = N \left[ \frac{b}{s} * \left( \frac{L}{V_a} + \frac{L}{V_f} \right) \right] [min] \quad \text{ecuación 42 [23]}$$

Donde:

$N$  = número de pasadas.

$b$  = ancho de la pieza (mm)

$s$  = el avance por recorrido de la pieza o cuchilla en mm = 1.5 ver anexo 1x

$L$  = recorrido total de la mesa o cuchilla,  $L = 600\text{mm}$

$V_a$  = velocidad de avance, (m/min)

$V_f$  = velocidad de retroceso, (m/min)

Considerando que la velocidad de avance es la misma que la de retroceso la ecuación 42 se resume de la siguiente manera para obtener el tiempo de corte en el rectificado:

$$T_c = 2N \left[ \frac{b}{s} * \frac{L}{V_a} \right] [min]$$

### **Rectificado plano con disco abrasivo tangencial**

Después del rectificado por cuchilla de las caras laterales se procede al planeado o rectificado de las caras superior e inferior de todas las placas, para garantizar un bloque de medidas exactas y sobre todo planas con vértices de 90° en sus 3 dimensiones. Se utiliza la máquina mostrada en la figura 47 perteneciente al centro de mecanizado. Este proceso consiste en el movimiento de vaivén manual de la mesa respecto a un disco abrasivo giratorio cuyas profundidades de desbaste son de centésimas de mm para el acero P20, el centro de mecanizado por su vasta experiencia recomienda profundidades

de desbaste de 0.05mm para aceros de estos usos, ya que la velocidad de giro del disco abrasivo es de 800rpm y se requiere una superficie con un acabado fino.

Finalizado éstos dos procesos se requiere un desbastado con limas de diamante ver anexo 1ae de todas las aristas vivas cortantes junto con rebabas de los bloques y las placas de acero, las placas están listas para el fresado.

### **Fresado**

En éste proceso intervienen varias operaciones siendo cilindrado o planeado, refrentado, ranurado, taladrado, como se muestra en el anexo 1af, conjunto al anexo 1ah para taladrado, en éstos anexos se encuentra las velocidades de corte, avance para diferentes materiales, diámetro de herramientas, tipo de refrigerantes y recomendaciones para el mecanizado. El centro de mecanizado dispone de la máquina MAX 1REBEL, con sistema Fanuc para la lectura de códigos G. [23] propone la ecuación 43 para el cálculo de la velocidad de corte en el fresado.

$$n = \frac{1000*V_c}{\pi*d*z} \quad \text{ecuación 43}$$

Donde:

$V_c$  = *velocidad de corte (m/min).*

$d$  = *diámetro de la fresa (mm)*

$n$  = *número de revoluciones de la fresa por minuto*

$z$  = *número de dientes de la fresa*

La velocidad de corte para éste caso se obtiene del anexo 1ah

### **Torneado**

Es el proceso de desbastado cilíndrico por medio de una cuchilla radial, éstas cuchillas son soldadas o duro fijadas como lo muestra el anexo 1ai, dónde también se muestra las

velocidades y profundidad de corte para diversos aceros, para con la ecuación 25 obtener las revoluciones por minuto a las que debe girar el eje a desbastar, con la diferencia que el valor “d” de ésta ecuación es el diámetro deseado del cilindro. El centro de mecanizado dispone del trono mostrado en la figura 49, mismo que dispone de un sistema convencional.

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \quad \text{ecuación 43}$$

Donde:

$V_c =$  *velocidad de corte (m/min).*

$d =$  *diámetro deseado (mm)*

$n =$  *número de revoluciones por minuto*

La velocidad de corte para éste caso se obtiene del anexo 1<sup>a</sup>

### **1.2.3 Objetivo 3: Realizar pruebas de inyección de gafas de seguridad**

Para las pruebas de inyección se requiere de los siguientes pasos:

#### **1.2.3.1 Encendido de la máquina inyectora**

Se acciona la máquina eléctricamente para posterior a eso colocar el material previsto a inyectar en la tolva de alimentación de polímero, ésta acción toma un tiempo determinado según la máquina inyectora, hasta el calentamiento de la misma.

#### **1.2.3.2 Montaje del molde en la máquina inyectora**

Un operario al mando de un montacargas eleva el molde de inyección en disposición “cerrado”, por medio de un cáncamo hasta izar el mismo a una altura superior a 2.5 metros para posicionarlo verticalmente sobre la máquina inyectora y descenderlo hasta la cámara de inyección. Una vez ha descendido el molde se realiza un centrado y nivelado manual asegurándose que el bebedero se encuentre concéntrico con respecto a

la boquilla de la inyectora. Se acciona el sistema hidráulico de apertura y cierre del molde hasta que éste presione por completo al molde cerrado con la finalidad de sujetar las uñas de la máquina inyectora en el molde, permitiendo que el lado hembra se fije en el lado estático de la máquina, y la parte macho se quede fija a la parte móvil de la máquina. Finalizado esto el molde está listo para la apertura y cierre.

### **1.2.3.3 Calibración de parámetros**

Aquí se ingresan todos los valores necesarios que se encuentran en la tabla 4 en el panel digital de la inyectora. Tarda unos minutos el calentamiento del cilindro de plastificación hasta llegar a los parámetros insertados en el mando digital de la máquina, proceso que puede efectuarse simultáneamente con el precalentamiento.

### **1.2.3.4 Precalentamiento del molde**

Este proceso es externo a la máquina inyectora, se debe precalentar el molde con fuego o ventilación asegurándose que no se afecten las cavidades del mismo, se realiza éste proceso para llegar a una temperatura ideal para la inyección del polímero, establecido en el cálculo de cada molde.

### **1.2.3.5 Inyección del polímero**

Una vez se hayan finalizado los pasos anteriores, el molde está listo para la prueba de inyección con su polímero respectivo, a continuación, se presenta la tabla 4 con los respectivos datos de cada máquina y polímero.

**Tabla 4:** Datos requeridos para la prueba de inyección de cada molde.

<b>PARÁMETRO DE INYECCIÓN</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Molde</b>	
	<b>Molde gafas</b>	<b>Molde soportes</b>
Máquina inyectora	MA 1600/540G	PL1600/540j
Polímero	Policarbonato PC	Polipropileno PP
Fuerza de cierre	550 kN = 56 Ton	309.5 kN=31.56 Ton
Presión de inyección	$360 \left[ \frac{Kgf}{cm^2} \right] = 35.3 MPa$	$180 \left[ \frac{Kgf}{cm^2} \right] = 7.65 MPa$
Temperatura del molde	85°C	80°C
Temperatura de inyección	310°C	280°C

**Fuente:** Autor.

Los resultados de éstas pruebas se mostrarán en su capítulo III.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

#### 2.1.1 Materia prima

En la tabla 5 se detalla los materiales para la elaboración de cada componente del molde gafas, en la tabla 6 se detalla los materiales para la elaboración de cada componente del molde soportes, además de elementos que son adquiridos.

**Tabla 5:** Especificaciones de materiales a utilizar en el molde gafas.

Elementos molde gafas											
#	Elemento	Material	Dimensiones en mm						Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Costo (\$)
			En bruto			Finales					
1	Placa porta molde hembra	AISI 1010	235	275	30	230	270	25	0,001939	15,3	38,1
1	Molde hembra	AISI P20	235	235	85	230	230	79	0,004694	36,9	277,1
4	Bujes	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000035	1,1	3,9
				15	50						
4	Guías	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000071	2,2	7,8
				15	100						
1	Bebedero	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000157	1,2	4,3
				25	80						
1	Molde macho	AISI 1010	235	235	35	230	230	30	0,001933	15,2	38,0
1	Postizo machos	AISI P20	170	235	65	164	230	59	0,002597	20,4	153,3
1	Placa de respaldo molde macho	AISI 1010	235	235	43	230	230	38	0,002375	18,7	46,7
2	Paralelas	AISI 1010	235	65	55	230	60	50	0,000840	13,2	33,1
1	Placa porta expulsores	AISI 1010	235	123	20	230	116	15	0,000578	4,5	11,4
1	Placa de respaldo porta expulsores	AISI 1010	235	123	20	230	116	15	0,000578	4,5	11,4

Continúa

Elementos molde gafas											
#	Elemento	Material	Dimensiones en mm						Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Costo (\$)
			En bruto			Finales					
7	Expulsores y retorna expulsos	compra	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5 \$/u		35
1	Placa porta molde macho	AISI 1010	235	275	30	230	270	25	0,001939	15,3	38,1
<b>PERNOS</b>		<b>Numeración</b>	<b>Longitud [mm]</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total</b>	<b>Costo total de materia prima</b>				<b>698</b>	
4	Perno	M12x1.25	90	1,25	5	<b>Costo por kilogramo</b>				<b>5</b>	
4	Perno	M10x1.25	30	0,55	2,2	AISI P20 \$/Kg		7,5	2,2		
4	Perno	M12x1.25	45	0,8	3,2	AISI 1010 \$/Kg		2,5	3,2		
4	Perno	M8x1.25	20	0,55	2,2	AISI 4340 \$/Kg		3,5	2,2		
4	Perno	M12x1.25	35	0,6	2,4	Densidad del acero Kg/m <sup>3</sup>		7870	2,4		
Nota: Los costos de los elementos (costo por kilogramo) están en función del material y de la cantidad de los mismos.									<b>Costo total materiales</b>		<b>713</b>

Fuente: Autor.

**Tabla 6:** Especificaciones de materiales a utilizar en el molde soportes.

Elementos molde soportes											
#	Elemento	Material	Dimensiones en mm						Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Costo (\$)
			En bruto			Finales					
1	Placa porta molde hembra	AISI 1010	285	307	45	280	300	38	0,003937	31,0	77,5
1	Molde hembra	AISI P20	285	307	57	280	300	50	0,004987	39,2	98,1
4	Bujes	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000035	1,1	3,9
				15	50						
4	Guías	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000071	2,2	7,8
				15	100						
1	Bebedero	AISI 4340	Eje macizo	radio	longitud	Ver plano			0,000157	1,2	4,3
				25	80						
1	Molde macho	AISI 1010	285	307	55	280	300	50	0,004812	37,9	94,7

Continua



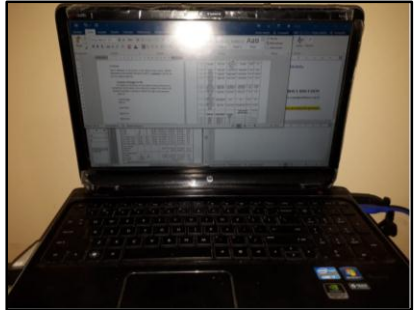


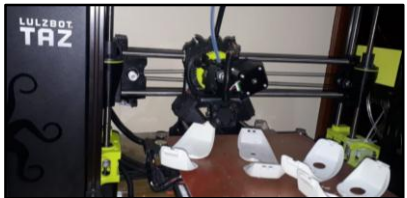
Elementos molde soportes											
#	Elemento	Material	Dimensiones en mm						Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (Kg)	Costo (\$)
			En bruto			Finales					
1	Placa de respaldo molde macho	AISI 1010	285	307	45	280	300	38	0,003937	31,0	77,5
2	Paralelas	AISI 1010	285	65	55	230	60	50	0,001019	16,0	40,1
1	Placa porta expulsos	AISI 1010	285	56	22	280	50	15	0,000351	2,8	6,9
1	Placa de respaldo porta expulsos	AISI 1010	285	56	21	280	50	15	0,000335	2,6	6,6
5	Expulsos y retorna expulsos	compra	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5 \$/u		25
1	Placa porta molde macho	AISI 1010	285	307	31	280	300	25	0,002712	21,3	53,4
<b>PERNOS</b>		<b>Numeración</b>	<b>Longitud [mm]</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Valor total (\$)</b>	<b>Costo total de materia prima</b>				<b>496</b>	
4	Perno	M12x1.25	80	1,25	5	<b>Costo por kilogramo</b>					
8	Perno	M12x1.25	45	0,8	6,4	AISI 1010 \$/Kg		2,5			
4	Perno	M8x1.25	20	0,55	2,2	AISI 4340 \$/Kg		3,5			
Nota: Los costos de los elementos (costo por kilogramo) están en función del material y de la cantidad de los mismos.						Densidad del acero Kg/m <sup>3</sup>		7870			
						<b>Costo total materiales</b>				<b>496</b>	

Fuente: Autor.

### 2.1.2 Equipos y herramientas

Para la elaboración de éste proyecto se han utilizado diversos equipos, materiales, herramientas que han permitido desarrollar los objetivos, en la tabla 7 se describe cada uno con su respectiva aplicación.





**Tabla 7:** Descripción de equipos materiales y herramientas dispuestas por el autor de esta tesis y el centro de matricería.

<b>Equipos y Herramientas</b>		
<b>Computador portátil</b>	Es el equipo que se ha utilizado con mayor número de horas en éste proyecto, se ha desarrollado desde documentos de texto hasta archivos digitales 3D en software CAD.	
<b>Calibrador</b>	Herramienta de medición de longitudes con precisión de $\pm 0.01$ mm	
<b>Norma EN166</b>	Normativa digital para el diseño del producto.	
<b>Impresora 3D</b>	Equipo de modelado por deposición fundida marca LULZBOT TAZ6 permite obtener prototipos 3D de las gafas y sus ensamblajes con acabados que muestran una óptima visualización de la geometría. Se han impreso alrededor de 10 prototipos para hasta llegar a la geometría deseada.	

Continúa.

<b>Equipos y Herramientas</b>		
<b>Fresadora convencional</b>	<p>Es la máquina de 4 ejes de marca WEIDA, no posee lubricación, su cuarto eje axial permite realizar mecanizados de rectificado y taladrado.</p>	
<b>Rectificadora plana</b>	<p>Rectificadora de mesa magnética plana con disco abrasivo de contacto tangencial de marca ESG 618, permite profundidades mínimas de 0.01mm para acabados más finos, y garantiza superficies totalmente planas. Posee lubricación con taladrina.</p>	
<b>Fresadora CNC</b>	<p>Máquina fresadora de 3 ejes de marca MAX 1REBEL, con sistema de lubricación en seco o taladrina, máquina muy precisa en orden de milésimas, sirve para el fresado de piezas de precisión. Lee códigos G del sistema FANUC con cambio de torreta automático.</p>	

Continua.

<b>Equipos y Herramientas</b>		
<b>Torno convencional</b>	Máquina para desbastado de cilindros, conos, roscas, posee precisión de 0.01mm para cavados finos.	
<b>Herramienta de desbaste</b>	Es la herramienta de 20mm de diámetro para el desprendimiento de viruta con mayor rapidez y menor calidad y precisión, posee 4 porta insertos en los cuales se utiliza insertos que son de carburo de tungsteno, requieren lubricación para evitar recalentamiento de la herramienta y la pastilla de corte.	 
<b>Herramienta de alta velocidad</b>	Herramienta de 16 mm y 12 mm de diámetro, permite trabajos de desbaste en alta velocidad (3200 rpm) requiere lubricación en seco con aire comprimido. Posee dos porta insertos en los cuales se utiliza pastillas de tungsteno.	

Continúa.

<b>Equipos y Herramientas</b>		
<b>Herramientas de acabado</b>	En la figura se encuentra herramientas de acabado comenzando de derecha a izquierda, broca de centros 8mm de diámetro, escariador de 6mm de diámetro, y fresa de 2 mm de diámetro, por la parte inferior, broca de dos dientes de 5 mm de diámetro y buril de tungsteno de 2mm.	
Cuchilla de desbaste	La cuchilla de desbaste con plaquita de metal duro es la herramienta que se acopla al torno y a la fresadora de 4 ejes convencional, para torneado y rectificado respectivamente.	
<b>Brida de sujeción</b>	Es la herramienta que permite sujetar de manera fija las piezas a la mesa de la máquina.	
<b>Reloj palpador</b>	Es el instrumento de palpación que permite colocar una superficie o arista respecto a la mesa de la máquina o a su husillo calibrando a una posición relativamente recta.	

Fuente: Autor.

## **2.2 Métodos**

### **Método deductivo**

El primer objetivo arrancó con la aplicación de éste método evaluando información teórica de investigaciones similares realizados por 6 autores, quienes utilizan bibliografía similar para los aspectos del diseño del molde, con esto, se logró tener una referencia del procedimiento y desarrollo para la construcción de un molde de inyección de un producto nuevo. De esto se dedujo que el diseño y construcción de un molde de inyección requiere desarrollo de fórmulas adaptadas para distintas configuraciones de moldes, éste procedimiento se encuentra en bibliografías que se investigó y aplicó cronológicamente. Por otra parte, interviene el diseño del producto, mismo que ésta enfocado en requerimientos de normativas, reglamentos, y especificaciones de beneficiarios del proyecto.

### **Método inductivo**

Se aplicó éste método reuniendo información de la base legal, normativa, bibliografía y especificaciones para obtener la geometría 3D, para que ésta cumpla y esté en concordancia con las perspectivas planteadas. Se investigó la base legal para que faculte el diseño del producto, misma que se detalla en el punto “Normativa de diseño” de éste documento, concluyendo que la normativa disponible y legalmente permitida es la EN 166:2001, donde se contrastan parámetros, requisitos y especificaciones para el diseño y construcción de gafas de seguridad industrial.

### **Método cualitativo**

Se desarrolló con profundidad información sobre las características que debe cumplir el diseño reuniendo requisitos de normas planteadas, requerimientos empresariales y bibliografías que conciernan al diseño de protectores oculares.

## **Método experimental**

Se contrastó los requerimientos que se encuentran en el punto “diseño del producto” donde se evaluó las cualidades que debe tener el mismo, desde las exigencias empresariales hasta la exigencia de la normativa, donde también interviene bibliografía que detallan parámetros que la normativa no especifica, tales como el diseño del puente nasal, y diseño de los soportes, los cuales tienen medidas antropométricas acorde a la normativa aplicada. Dentro de éste contraste se realizó experimentalmente el desarrollo de la geometría 3D con 10 prototipos impresos en 3D, con material ABS, cuyas geometrías son diferentes, de tal forma que se llega a la 10ª geometría a modo de prueba de error, siendo la impresión #10 la que se acepta desde matricera y la empresa beneficiaría para su próximo paso que es el diseño 3D de las cavidades y componentes del molde. El resultado de éstas cualidades y experimentaciones de requerimientos indagados son la geometría de la figura 12 cuyos detalles se encuentran en el punto anteriormente mencionado.

Además, para realizar las pruebas de inyección se aplica éste método a modo de prueba y error con parámetros previos de los cálculos obtenidos.

Se concluye que para moldes medianos de peso no mayor a los 300kg se puede utilizar el procedimiento planteado por [17 y 20], donde el objetivo es hallar un molde de inyección que cumpla con:

- número óptimo de cavidades en función de la máquina inyectora,
- abastezca la fuerza de cierre para la presión de inyección ejercida por la máquina en el área proyectada de las cavidades,
- el circuito de refrigeración contribuya a la obtención de un producto deseado,
- el sistema de expulsión desmolde adecuadamente las piezas de sus cavidades,
- el canal de llenado permita una fluidez simétrica en las cavidades,
- las guías y sujeciones cumplan con el mecanismo de apertura y cierre del molde.

De esta forma se garantizó que el diseño planteado esté listo para su construcción donde se deduce que el mecanizado debe realizarse aplicando la teoría de [23] para todos los procesos por arranque de viruta que se emplean en la construcción del molde de acero, se ejecutó la calendarización respectiva donde se especifica los parámetros constructivos y el proceso de construcción, para que posterior a eso el ensamble sea como lo planteado en los planos mecánicos y en su funcionamiento no se presenten desperfectos o desempalmes de cavidades.

Se ingresó los valores obtenidos del diseño que se encuentran en la tabla 4 en la máquina inyectora para realizar las pruebas de inyección, donde se obtuvo inicialmente piezas incompletas, que con la calibración de parámetros y con un calentamiento óptimo de las paredes del molde se efectuaron muestras las cuales mejoraron conforme se iban calibrando dichos parámetros. Finalmente se obtiene el modelo deseado con un ensamble tal como el diseñado.

### **Procedimiento**

- Se investigó normativa legal para el uso, diseño y construcción de gafas de seguridad.
- Se estableció los parámetros de dimensiones y exigencias de la normativa en un software CAD.
- Se dimensionó la geometría 3D tomando las consideraciones de normativa y ergonomía.
- Se obtuvo la geometría 3D.
- Se investigó consideraciones y requerimientos de moldes de inyección de plástico.
- Se investigó sobre el sistema de inyección y las funciones que cumplen cada componente.
- Se diseñó la cavidad hembra y macho de cada producto junto con la línea de cierre o partición.
- Se aplicó la bibliografía para el diseño de moldes de inyección



- Se desarrolló el sistema mecánico (canal de entrada, canal de llenado, sistema de expulsión, sistema de sujeción) de cada molde de inyección.
- Se diseñó y seleccionó los materiales de cada elemento de los dos moldes de inyección para el producto “gafas de seguridad”.
- Se investigó consideraciones, recomendaciones y parámetros de mecanizado para los materiales seleccionados.
- Se aplicó la teoría de mecanizado para la elaboración de cada componente, cumpliendo con velocidad y profundidad de corte para cada operación de mecanizado, junto con su tabla de proceso de calendarización.
- Se elaboró cada componente por medio de arranque de viruta conducido por códigos G.
- Se ensambló los componentes de cada molde de inyección.
- Se colocó cada molde de inyección en la máquina correspondiente.
- Se precalentó cada molde.
- Se realizaron pruebas de inyección.
- Se analizaron detalles del producto
- Se desensamblaron los moldes y se realizaron correcciones necesarias desde matricera.
- Se realizó una segunda prueba de inyección y se evalúan detalles del producto.
- Nuevamente se desensamblaron los moldes y se realizaron correcciones necesarias desde matricera.
- Se realizó una 3ra prueba de inyección y se obtiene un producto conforme.
- Se realizaron ensayos de rugosidad de cada cavidad del molde gafas.
- Se realizaron pruebas destructivas del producto.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Análisis y discusión de los resultados.**

##### **3.1.1 Pruebas de inyección**

Una vez se ha finalizado el proceso de construcción se plantea la primera prueba de inyección de los dos moldes.

##### **- Prueba 1**






Se partirá denominando “golpe” a cada ciclo de inyección.

Se ejecuta la inyección con parámetros obtenidos de los cálculos de inyección, como se muestra en la tabla 4, en el primer golpe se obtiene una pieza incompleta, en el golpe 2 las cavidades se llenaron completamente.

Ésta primera prueba se ha realizado con un pulido del 20% de las cavidades, el producto presenta la transmitancia mínima deseada, demostrando así que se requiere el pulido espejo (N3) para una transmitancia óptima o superior al 70% como exige la norma.

En todos los golpes se presenta una mancha en la mitad de las gafas que está cercana al punto de inyección, ver tabla 8.

**Tabla 8:** Resultados de la primera prueba de inyección

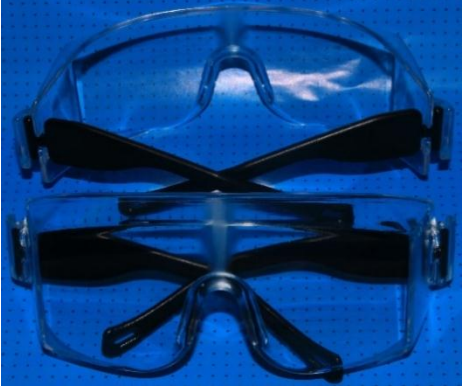

#prueba- #golpe	Posible falla	Imagen
1-1	Al ser el primer golpe se presenta piezas incompletas, por falta de calentamiento de las matrices.	
1-2	Se presenta llenado completo de cavidades, y se visualiza líneas de llenado de material o líneas de flujo.	
1-3	A medida que se calienta el molde se disminuye la mancha por el ingreso del material.	
1-4	Se ha calibrado todos los parámetros de temperatura, junto con precalentamiento del molde. No se logra quitar la mancha central.	
1-5	El molde patillas no presenta inconvenientes mecánicos, sin embargo, las patillas no ensamblan con el cuerpo de gafas. Se propone un aumento del diámetro del pin de la unión patillas. La empresa beneficiaria solicita un aumento de 1 canal en el acople de banda elástica, en este documento se corrigen los cálculos para esa área proyectada.	

Fuente: Autor.


- **Prueba 2**

Luego de correcciones realizadas en matricería por problemas de no ensamblaje entre patillas y cuerpo gafas se ejecuta la segunda prueba de inyección (ver tabla 9), las modificaciones desde matricería se realizaron en el diámetro del pin conector de las patillas. Además, se ejecuta un pulido del 50% para las cavidades del molde gafas.

**Tabla 9:** Resultados de la segunda prueba de inyección.

#prueba - #golpe	Posible falla	Imagen
2-1	Se precalienta el molde con métodos propios de la empresa, se presentan piezas completas y con un ensamble ideal, que corresponde al diseño deseado. Se visualiza con mayor claridad los detalles de pulido respecto a la primera prueba de inyección. La mancha central se ha disminuido, pero no eliminado.	
2-2	Corroborando la funcionalidad de la contracción de cada material, se mecanizó cada pin, con un diseño final con calidades IT6-IT7 de mecánica de precisión y tolerancias $H7 = 4 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.12 \end{smallmatrix} mm$ con referencia al agujero de la parte gafas y $n6 = 3.98 \begin{smallmatrix} +0.016 \\ -0.008 \end{smallmatrix} mm$ al eje pin conector. De la prueba de inyección se concluye que ensambla con el ajuste deseado. Se visualiza el cambio de geometría del acople de banda elástica.	

Continúa.


#prueba - #golpe	Posible falla	Imagen
2-3	Se ha calibrado todos los parámetros de temperatura, junto con precalentamiento del molde. No se logra quitar la mancha central. Se propone un aumento de canal de llenado y un precalentamiento del molde adecuado. El ensamblaje es el deseado.	

Fuente: Autor.



### - Prueba 3

Tras un aumento de pulida con una rugosidad medida de N3, la grabación de marcas y normas solicitado por parte de la empresa beneficiaría, se efectúa otra prueba de inyección con un pulido del 80% de las cavidades, en la tabla 10 se muestran los resultados

**Tabla 10:** Resultados de la tercera prueba de inyección.

#prueba- #golpe	Posible falla	Imagen
3-1	Se precalienta el molde, bajo la experiencia de las pruebas iniciales, se calibra los parámetros de inyección.  El primer golpe siempre refleja piezas incompletas. El aumento del canal de llenado permite extraer las piezas junto con la mazarota, evitando contacto en las gafas.	

Continua

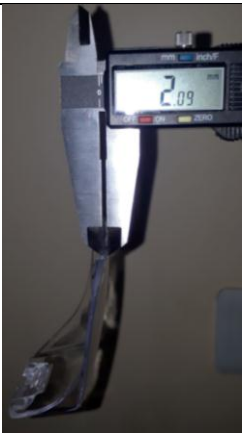
#prueba- #golpe	Posible falla	Imagen
3-2	Se constata con mayor claridad los detalles de pulido respecto a la primera y segunda prueba de inyección. La mancha central se ha eliminado. El ensamble es el correcto.	
3-3	La transmitancia de la gafa es superior al 70%, no existen rebabas ni aristas vivas.  El producto está listo para las pruebas destructivas.	

Fuente: Autor.

### 3.1.2 Pruebas destructivas de espesor de las gafas

En la tabla 11 se presenta los resultados de la medición de espesor de 5 gafas.

**Tabla 11:** Espesores medidos en muestras de gafas.

Muestra	Medida (mm)	Procedimiento	Ilustración
1	2.08	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se corta la gafa evitando rebabas para una medición correcta del espesor.</li> <li>De 5 muestras de gafas se mide el espesor con un calibrador de precisión 0.01mm.</li> </ul>	
2	2.09		
3	2.1		
4	2.08		
5	2.11		
<b>Promedio</b>	<b>2.092</b>		

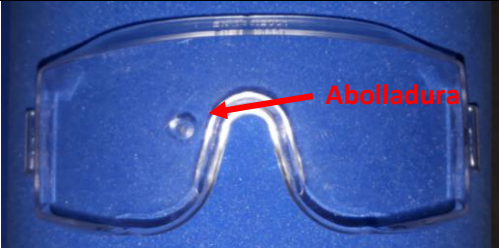

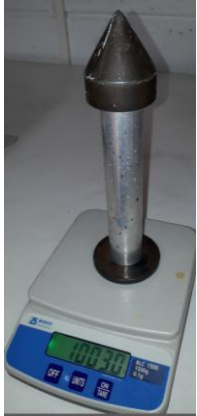
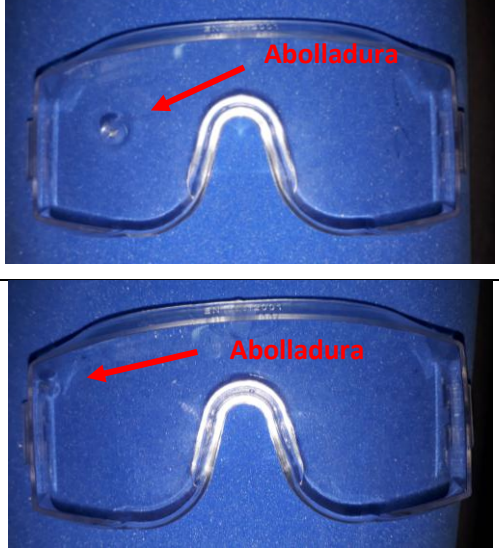
Fuente: Autor.



### 3.1.3 Prueba de impacto

Con los recursos personales y de la empresa se ejecutan pruebas destructivas las mismas se presentan en la tabla 12, se dispone de 1 probetas para impacto, 1 punta mixta de aluminio y de acero de 1Kg.

**Tabla 12:** pruebas de impacto en las gafas.

Procedimiento	Equipos y materiales para impacto		Muestras
<ul style="list-style-type: none"> <li>Se coloca las gafas en una cabeza de ensayo.</li> <li>La probeta de punta de 1Kg se deja caer de una altura de 1.5m en varios puntos de impacto.</li> <li>Se evalúa los daños causados</li> </ul>	Equipo de ensayo de impacto por gravedad	Probeta para ensayo de impacto.	
			

Fuente: Autor.

De estos ensayos se observa que la punta de acero deja su marca después del impacto, causando una abolladura, pero no fisuras, esto representa una resistencia del material y se demuestra que el producto diseñado si resiste la proyección de partículas, que al mismo tiempo protege la zona ocular con las superficies superior e inferior, brindando mayor protección de partículas proyectadas.

### 3.1.4 Pruebas de sacado del material policarbonato

Como lo recomienda [20] se ejecuta el secado del material después de haber sido inyectado, tomando como referencia la temperatura de 120°C y un tiempo de 12 horas de secado con la finalidad de extraer la humedad del material y homogenizar los meros estructurales. En la tabla 13 se detalla el procedimiento de esta prueba junto con sus resultados.

**Tabla 13:** Procedimiento y resultados de pruebas de secado.

Procedimiento	Ilustración	Resultados
Ingresar las muestras en el horno de inducción		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luego de haber retirado las muestras del horno se deja enfriar al ambiente para ser evaluadas.</li> <li>• Se visualiza una ligera disminución de imperfecciones en rebabas.</li> <li>• Se corrobora que el tratamiento de secado mojara las condiciones del material y homogeniza la unión de meros y sus cadenas.</li> </ul>
Programar la temperatura recomendada (120°C)		
Dejar las muestras en el horno por un tiempo de 12 horas		

Fuente: Autor.



### 3.1.5 Rugosidad de cavidades

Para tener la certeza de que el acabado superficial en las cavidades macho y hembra del molde gafas se encuentre en los valores requeridos se ejecuta 5 mediciones con rugosímetro en el lado macho y hembra del molde, en la tabla 14 se encuentra los resultados de estas mediciones donde se plantea dos opciones, medición de rugosidad con el pulido finalizado por matricería y medición de rugosidad después de aplicar un pulido manual con pasta de diamante.

**Tabla 14:** Valores obtenidos de la rugosidad superficial de las cavidades macho y hembra del molde gafas.

# medición	Medición previo al pulido con pasta de diamante ( $\mu\text{m}$ )	Medición posterior al pulido con pasta de diamante ( $\mu\text{m}$ )
1	0.12	0.059
2	0.117	0.08
3	0.181	0.072
4	0.113	0.069
5	0.123	0.051
<b>Promedio</b>	<b>0.1308</b>	<b>0.0662</b>

**Fuente:** Autor.

Con los valores obtenidos de las rugosidades se verifica que la pasta de diamante ha reducido la rugosidad en 1.9 veces respecto a la primera medición, donde los valores finales posterior al pulido con pasta de diamante reflejan una rugosidad que se encuentra en un rango de [N2 – N3] según [23] ver anexo 1ab.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

Se ha diseñado una geometría satisfaciendo a las dos categorías y a los requerimientos de la norma EN166:2001 misma que es oficializada por RTE INEN 216, el modelado 3D es inclusivo con percentiles de hombres y mujeres satisfaciendo a las dos categorías, además cuenta con un protector superior e inferiores anatómicos, incluidos en el diseño que imposibilitan la entrada de partículas a la región ocular, y su contacto con el rostro con redondeos ergonómicos de manera que las aristas vivas quedan fuera del alcance del rostro, la conexión con las patillas se establece por tipo broche, eliminando pines metálicos, y tipo banda elástica para compatibilidad con otros equipos de protección personal.

Se ha optimizado el “diseño del producto” obteniéndolo con dos moldes de inyección para satisfacer los tres elementos diseñados, un molde de 2 cavidades para el cuerpo de las gafas, y un molde de 16 cavidades para los soportes y acoples de banda elástica. Estos moldes son típicos de dos placas con un costo de materia prima de 713 dólares para el molde gafas y de 496 dólares para el molde soportes.

Al seleccionar el acero AISI P20 para las cavidades macho y hembra del molde gafas y llegar al producto final se demuestra que su contenido de 1.7% de cromo Cr brinda gran pulibilidad y a la vez la dureza suficiente para que su superficie sufra rayaduras al momento de la inyección.

La calidad del diseño y construcción de moldes de inyección depende sustancialmente de la calidad, características y parámetros de la geometría 3D, de esta forma se puede decir que si una geometría, la cual no contenga ángulos de salida, presentara problemas tanto para la construcción de la matriz y la inyección del producto.

La manufactura aditiva permite obtener prototipos en tiempos cortos y a costos relativamente bajos desde el punto de vista costo beneficio, lo cual aumenta la productividad en el diseño de moldes de inyección.

Se ejecutaron pruebas de inyección ingresando los parámetros de temperatura, presión de inyección y fuerza de cierre, mismos que fueron calculados en función de cada molde y máquina, y que corroboran que el diseño y cálculo de cada molde permite un funcionamiento adecuado de los dos moldes y se obtienen piezas deseadas que satisfacen el diseño planteado.

Se ejecutaron mediciones de rugosidad de las cavidades del molde gafas, ya que estas cavidades deben presentar una transmitancia mínima de 70% para que el producto inyectado refleje el pulido, de estas mediciones se concluye que la rugosidad de las cavidades se encuentra en el orden de N2 y N3 con valores de  $0.06\mu\text{m}$ , lo que significa que las cavidades han alcanzado rugosidades de súper acabado.

Se evaluaron las gafas con ensayos de impacto no normalizados con la finalidad de tener una referencia de la resistencia mecánica del material policarbonato, demostrando que el espesor y el material son adecuados para proteger la zona ocular ante la proyección de partículas, se recomienda una tesis para evaluar la funcionalidad completa de las gafas acorde a los requerimientos de ensayo de la norma EN 168.

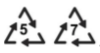
El desarrollo de productos inyectados permite un incremento de la matriz productiva en el Ecuador generando dinamismo económico en las áreas de matricería, proveedores de acero y de polímeros, tiendas ferreteras y de seguridad industrial, tiendas de artículos de hogar, y demás entidades que indirectamente están inmiscuidas en la producción y venta de un artículo obtenido por manufactura aditiva.

## 4.2 Recomendaciones

Se recomienda un tema de tesis que se enfoque en el diseño y construcción de un sistema automatizado para pulido de superficies esféricas con acabados N1, que estén contenidas en geometrías complejas, solucionando de esta forma el pulido y haciéndolo uniforme a la superficie mecanizada.

Se recomienda al beneficiario, ejecutar ensayos de impacto con el procedimiento de la Norma EN 167 y 168, para fiabilizar la transmitancia del producto y que sea óptimo para el uso en el órgano visual. Por otra parte, realizar ensayos de secado del producto alternando los tiempos para evaluar si el producto mantiene sus propiedades mecánicas.

Se recomienda al beneficiario, desarrollar producto antiempañante (anti-fog) con agua, alcohol isopropílico y detergente, ingredientes que son utilizados por marcas afines a la solución que existe en mercado, con la finalidad de brindar un producto que no se empañe con la transpiración de los ojos y piel de la zona ocular, por otra parte, se recomienda hacer pruebas de una solución a base de óxido de titanio (O<sub>2</sub>Ti) disuelto en agua para que la superficie de las gafas adquiriera una mayor dureza evitando el rayado de los oculares (anti-scratch) y a la vez le brinde una protección UV, de tal modo que se pueda evaluar con los procedimientos de la norma EN 167 y 168.

Se recomienda al beneficiario indicar en el empaque el tipo de polímero de cada elemento, de tal forma que se pueda realizar un correcto reciclaje del mismo, indicándose la designación 5 para polipropileno y 7 para policarbonato .

Se recomienda un tema de tesis para el análisis de propiedades mecánicas del material policarbonato reprocessado, producto de las mazarotas que se generan en cada ciclo de inyección de las gafas, generando un molde en el centro de mecanizado de la Universidad Técnica de Ambato (FICM) cuya geometría deberá ser establecida por la

respectiva normativa de ensayo para evaluación de probetas de policarbonato, para obtener valores de resistencia mínima a la flexión, torsión, compresión y tracción, y consecuentemente diseñar productos para inyección con este material reprocesado y su diseño se lo realice utilizando los valores de sus propiedades obtenidas.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### - Referencias Bibliográficas

[1] T. Boronat, “Estudio y modelización de la procesabilidad mediante moldeo por inyección de materiales termoplásticos reciclados,” 4to nivel, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia—España, (s/f).

[2] S. García, “Diseño de un molde de inyección y elaboración de diagramas de moldeo para la empresa unión plastic,” Universidad Simón Bolívar, Sartenejas Venezuela, 2012.

[3] Á. Somovilla, “Aceleración del proceso de diseño y fabricación de moldes de inyección con impresión 3D,” Universidad de la Rioja, España, 2017.

[4] J. Fernández, “Diseño de un molde de inyección de una pieza plástica,” 3er nivel, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao, España, 2014.

[5] K. Mesfin, “Desing, Simulation and Analysis for Injection Moulding of Manual Juicer Maker,” University of Applied Sciences ARCADA, Finlandia, 2014.

[6] Y. Giraldo, T. Albuérne, “Propuesta de un sistema en colada caliente para el diseño del molde por inyección del contenedor de medicamentos radioactivos,” Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Cuba, 2015.

[7] Ministerio de Salud y Protección Social, “*Programa de Elementos de Protección Personal, Uso y Mantenimiento*,” Bogotá, Colombia, 2017.

[8] R. Herrick, J. Mager, “*Protección Personal, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*,” Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid, España, 1998.

[9] Ministerio del Trabajo Ecuador, “*Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo – Decreto Ejecutivo 2393*,” Jueves 10 de enero de 2008. Internet: <http://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>

- [10] Reglamento Técnico Ecuatoriano, “RTE INEN 216 - Gafas protectoras y máscaras especiales para la protección de trabajadores,” Obtenido de: <http://181.112.149.204/buzon/reglamentos/RTE-216-1R.pdf>
- [11] UNE – EN 166 “Protección individual de los ojos – Especificaciones,” España, abril 2002.
- [12] EN 168 “Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo no ópticos,” España, abril 2002.
- [13] UNE – EN 165 “Protección individual de los ojos – Vocabulario,” España. Abril 2002.
- [14] EN 167 “Protección individual de los ojos – Métodos de ensayo ópticos,” España, abril 2002.
- [15] J. Caum, B. Doménech, J. Ramón, “*Tecnología óptica, lentes oftálmicas, diseño y adaptación,*” Ediciones UPC, España, 2001.
- [16] D. R. Askeland, “*Ciencia e Ingeniería de los Materiales,*” 3ra Edición, Thomson, México, 2003.
- [17] W. Mink “*Inyección de Plásticos,*” Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1977.
- [18] V. Sánchez, “*Moldeo por Inyección de Termoplásticos,*” Limusa Noriega Editores, s/f.
- [19] J. Delmonte “*Moldeo de plásticos,*” Barcelona, España, Imprenta juvenil – Dr Rizal, 1967. [delmonte]
- [20] G. Menges, G. Mohren “*Moldes para inyección de plásticos,*” Ediciones GILKI S.a., México, 1983.
- [21] M. Mejía “Diseño y construcción de un molde de inyección de carcasas de protectores auditivos de la empresa Halley Corporación,” Ambato, Ecuador, 2017.

[22] R. Budynas, J. Nisbett, “*Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley,*” McGraw-Hill, octava edición, Madrid, España, 2008.

[23] N. Larburu “*Máquinas – Prontuario,*” Paraninfo, XIII edición, Madrid, España, 2001.

[24] Norma CPE INEN 003. “*Código de Dibujo Técnico Mecánico,*” Generalidades, Quito, Ecuador, 1989.



- Anexo 1: Mecánico

Anexo 1a: Catalogo de aceros de dos fabricantes con denominación AISI para moldes de inyección de plástico.

ACEROS PARA MOLDES DE PLÁSTICO				Página 34 a 39
Marca BÖHLER	Normas Comparables EN/DIN	AISI	UNE	Aplicaciones
<b>BOHLER M201</b>	<1.2311> 40CrMnMo7	~P20	*	Acero bonificado a 1000N/mm <sup>2</sup> para moldes de tamaño pequeño y mediano para la transformación de materias plásticas, portamoldes para moldes de plástico, componentes para maquinaria y utillajes en general.
<b>BOHLER M238</b>	<1.2738> 40CrMnNiMo8-6-4	-	-	Acero bonificado a 1000N/mm <sup>2</sup> para moldes de tamaño medio y grande para la transformación de materias plásticas, portamoldes para moldes de plástico, componentes para maquinaria y utillajes en general.
<b>BOHLER M261 EXTRA</b>	*	*	*	Acero templado por precipitación para moldes de plástico, con excelente maquinabilidad en durezas más altas, buena estabilidad dimensional, excelentes propiedades de nitruración, buena resistencia a la compresión y al desgaste. Aplicaciones: Herramientas de alta presión para inyección de moldes, como piezas de cámaras, electrónica y electrodomésticos. Moldes de compresión de todos los tipos (contenedores de plástico). Moldes para elastómeros. Moldes para la producción de anillos de juntas. Sistemas de canalización en caliente. Herramienta de sujeción.
<b>BOHLER M303 EXTRA</b>	~1.2316	*	~F5267	Acero inoxidable martensítico templado con excelente tenacidad, resistencia a la corrosión y resistencia al desgaste. Se caracteriza por una mejor maquinabilidad y pulibilidad. Fue desarrollado para mejorar la homogeneidad y asegurar unas propiedades excepcionales de uso. El resultado (comparado con 1.2316) es la ausencia de delta ferrita en la matriz. Aplicaciones: Moldes para plásticos químicamente agresivos, como moldes para electrodomésticos, herramientas de extrusión o para accesorios.
<b>BOHLER M315 EXTRA</b>	*	*	*	Acero para portamoldes resistente a la corrosión; mejor mecanización que en los aceros 1.2085; excelente maquinabilidad, buena resistencia a la corrosión, templado y revenido a aprox. 1000 N/mm <sup>2</sup> . Aplicaciones: Portamoldes para la industria plástica y de fundición a presión y también para útiles auxiliares en la transformación de materias plásticas.
<b>BOHLER M333 ISOPLAST*</b>	*	~420	*	Acero inoxidable al temple para moldes de altas prestaciones que requieren un pulido espejo, alta tenacidad y buena dureza, también para moldes que requieren una buena disipación de calor.
<b>BOHLER M340 ISOPLAST*</b>	*	~440	*	Acero para plásticos ideal para la procesabilidad de materiales sintéticos con cargas abrasivas y corrosivas. Aptitud para el pulido y apropiado para el temple al vacío con una óptima estabilidad dimensional. Muy buena resistencia al desgaste y alta dureza tras el tratamiento térmico.
<b>BOHLER M390 MICROCLEAN*</b>	*	*	*	Acero inoxidable pulvimetalúrgico al temple de elevada dureza hasta 60 Hrc, con buen nivel de tenacidad para máxima resistencia a la corrosión y al desgaste. Moldes para la transformación de compuestos de moldeo químicamente agresivos y de moldes de plástico con aditivos abrasivos (particularmente en grandes series), por ejemplo: insertos de moldes para la fabricación de compact discs, moldes para la transformación de duroplásticos, para la fabricación de chips para la industria electrónica, así como tornillos sin fin para máquinas de inyección, revestimientos de cilindros de inyección, válvulas de refugio para máquinas de inyección, componentes de maquinaria para la industria alimenticia, hojas de cuchillos, instrumentos quirúrgicos cortantes, cuchillas para la industria cármica.

ACEROS PARA MOLDES DE PLÁSTICO			
	EN/DIN	AISI	UNE
<b>BOHLER M201</b>	<1.2311>	~P20	*
<b>BOHLER M238</b>	<1.2738>	*	*
<b>BOHLER M261 EXTRA</b>	-	-	*
<b>BOHLER M303 EXTRA</b>	~1.2316	*	~F5267
<b>BOHLER M315 EXTRA</b>	*	*	*
<b>BOHLER M333 ISOPLAST*</b>	*	~420	*
<b>BOHLER M340 ISOPLAST*</b>	*	~440	*
<b>BOHLER M390 MICROCLEAN*</b>	*	*	*











\* calidad especial Böhler

Fuente: [www.acerosbohler.com](http://www.acerosbohler.com)

**Anexo 1a:** Catalogo de aceros de dos fabricantes con denominación AISI para moldes de inyección de plástico.



**Acero AISI P20**

EQUIVALENCIAS:	M238
BUNEN	718
IBDA	
UDDEHOLM	IMPAX SUPREME
DIN:	40CrMnMo7
No. Mat.	1.2311


Tipo de aleación:  
C 0.30 Si 0.50 Mn 0.75 Cr 1.70 Mo 0.40 %  
Estado de suministro: Bonificado 30 HRC

**PROPIEDADES – APLICACIONES**

Acero para la fabricación de moldes plásticos, suministrado en estado bonificado (temple + revenido) con 30 HRC de dureza, por lo que en la mayoría de los casos no es necesario un tratamiento térmico adicional. De excelente tenacidad y facilidad para obtener una superficie pulida. Apto para tratamientos superficiales como cromo duro o nitruración.

Utilizado en la elaboración de moldes plásticos no corrosivos tanto de inyección como de extrusión y soplado. Su estado bonificado lo hace útil para la fabricación de herramientas manuales, componentes de maquinaria y repuestos en general.

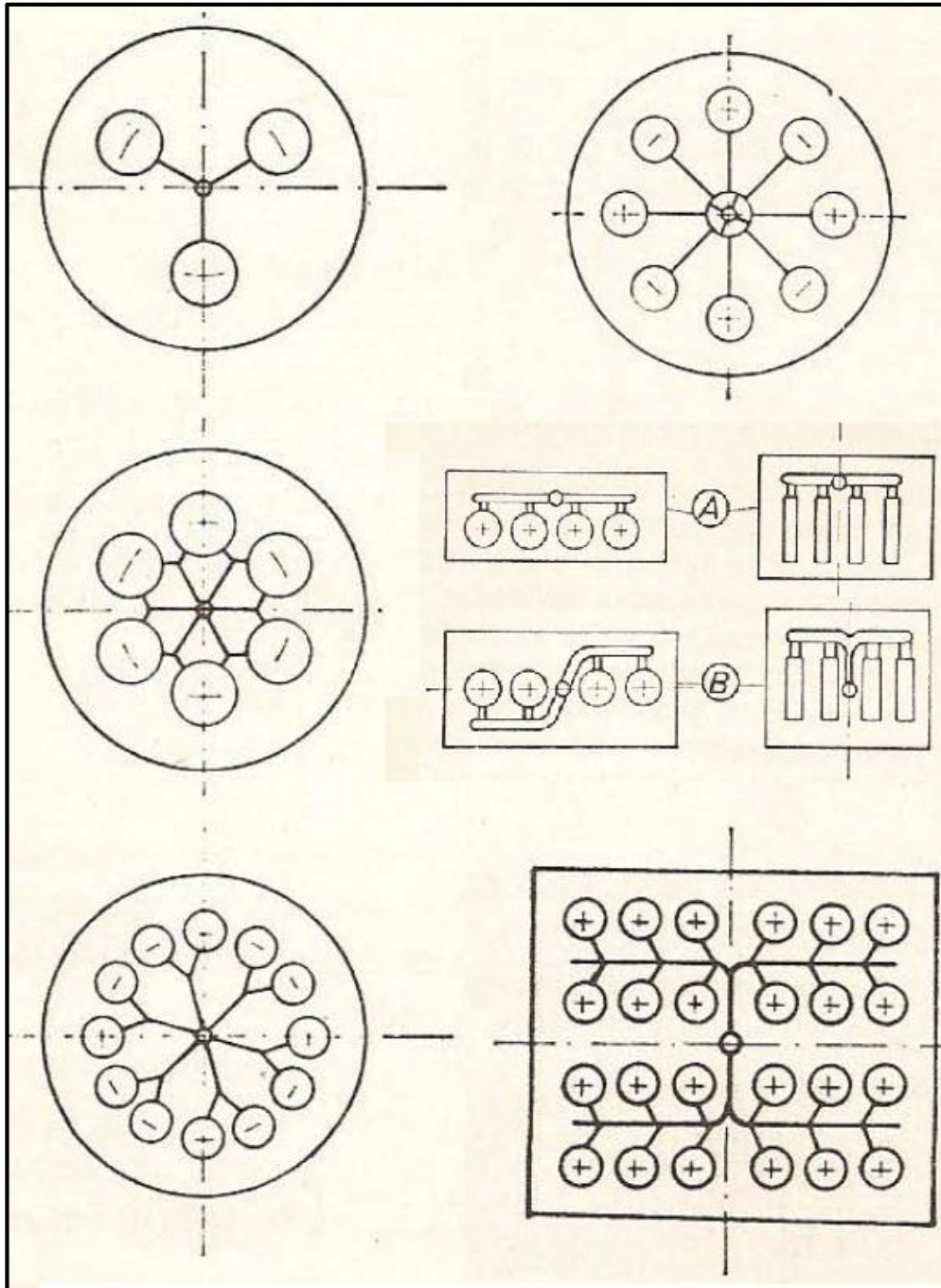
TRATAMIENTO TÉRMICO	
Forjado:	1050 – 850 °C
Recocido:	720 – 740 °C
enfriamiento lento en el horno	
Distensionado:	aprox. 650 °C
Temple:	
al aceite, baño de sal (180 – 200 °C)	840 – 860 °C
Dureza obtenible:	52 – 54 HRC
Revenido:	Ver en el diagrama de revenido las durezas obtenibles después del temple.



**Fuente:** BlueSteelCorp S.A., Aceros Especiales, Catálogo, 2018.

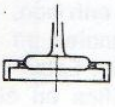
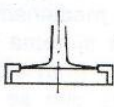
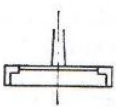
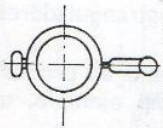
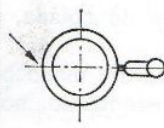
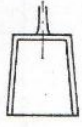
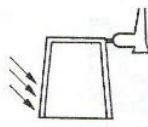
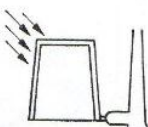

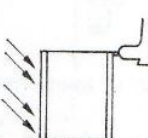
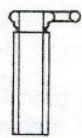
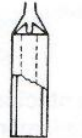
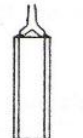
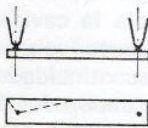
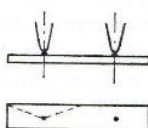


Anexo 1c: Disposiciones de la distribución de la masa denominadas en estrella e hileras. [25]





Anexo 1d: Puntos de inyección de diferentes configuraciones típicas. [25]

A	B	C
Correcto	Incorrecto	Falso
		
		
		
		
		
		

A Para inyectar un anillo, lo más adecuado es un sistema de entrada en forma de cúpula.  
 B La cúpula no ha de tener una sección cónica.  
 C Debe evitarse una cúpula delgada en todo el círculo.

A Los anillos inyectados lateralmente han de tener una cámara de rebosadero en el punto opuesto, a fin de reducir la línea de flujo. En algunos casos, basta una ranura de salida de aire (por ejemplo, 4 mm de anchura; 0,03 mm de altura).  
 B Debe evitarse la inyección lateral de un anillo sin cámara de rebosadero o rendija de salida de aire.

A Es conveniente la inyección de las caperuzas por el centro.  
 B Cuando las caperuzas se inyectan lateralmente hay que contar con líneas de flujo en la zona marcada.  
 C Estas caperuzas inyectadas lateralmente reportan líneas de flujo en las zonas marcadas o impiden el llenado total (por oclusión de aire).

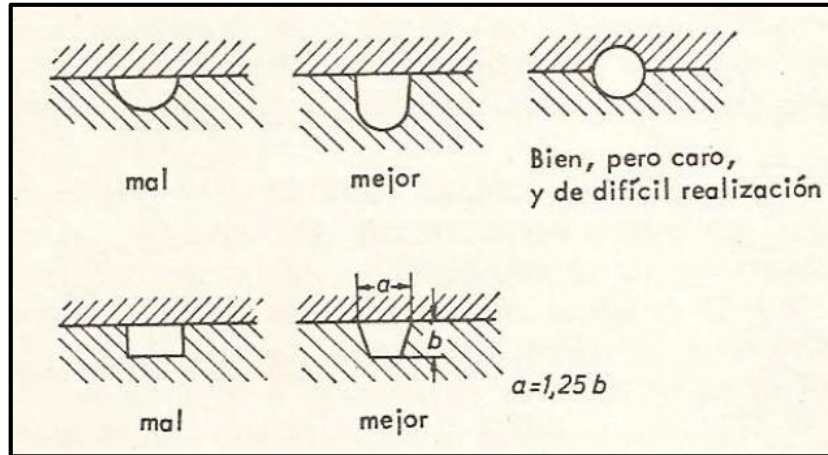
A Los manguitos cortos pueden inyectarse con llenado de cúpula.  
 B La inyección lateral reporta líneas de flujo en la zona marcada.

A Los tubos han de inyectarse aplicando el sistema de llenado anular. Así se evitan las líneas de flujo y se obtiene una buena posibilidad de acoger el núcleo del molde.  
 B Un sistema de cúpula dividido proporciona varias líneas de flujo.  
 C No puede emplearse un llenado en forma de cúpula para tubos largos, ya que el núcleo queda libre.

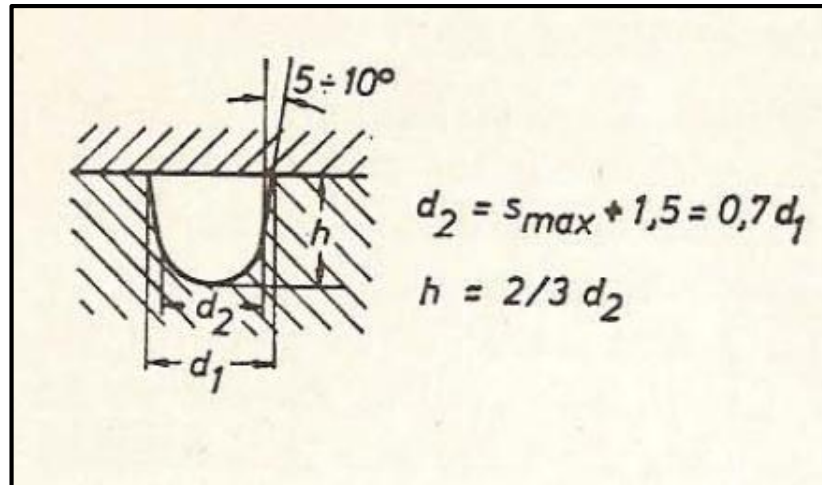
A Si hacen falta 2 o más puntos de inyección en piezas con caminos de flujo largos, el punto de unión se buscará en una zona equidistante.  
 C Se evitarán los caminos de flujo desiguales.

Figura 19. Tipos y posiciones posibles del sistema de llenado [26] para moldes de una sola cavidad.

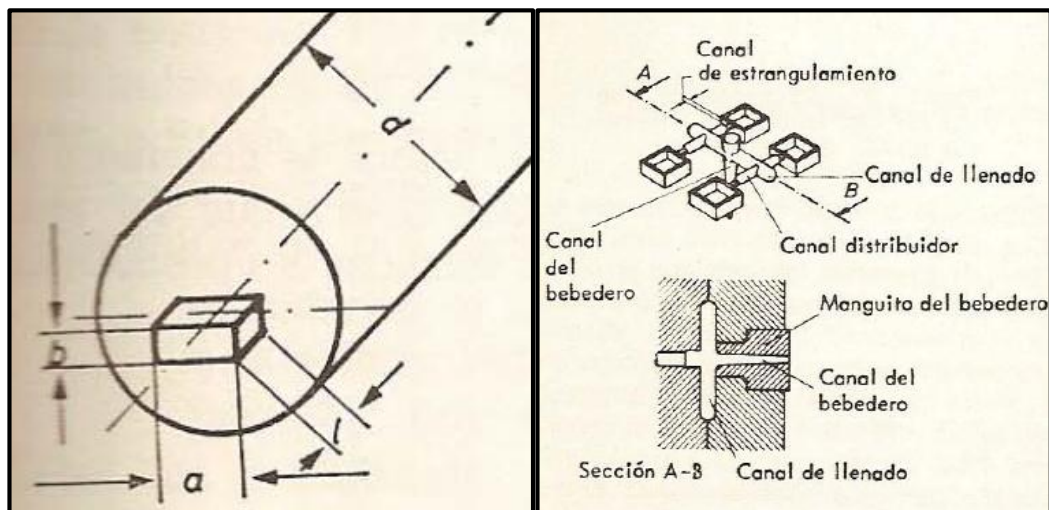
**Anexo 1e:** Perfil transversal de los canales de llenado posibles de mecanizar. [25]



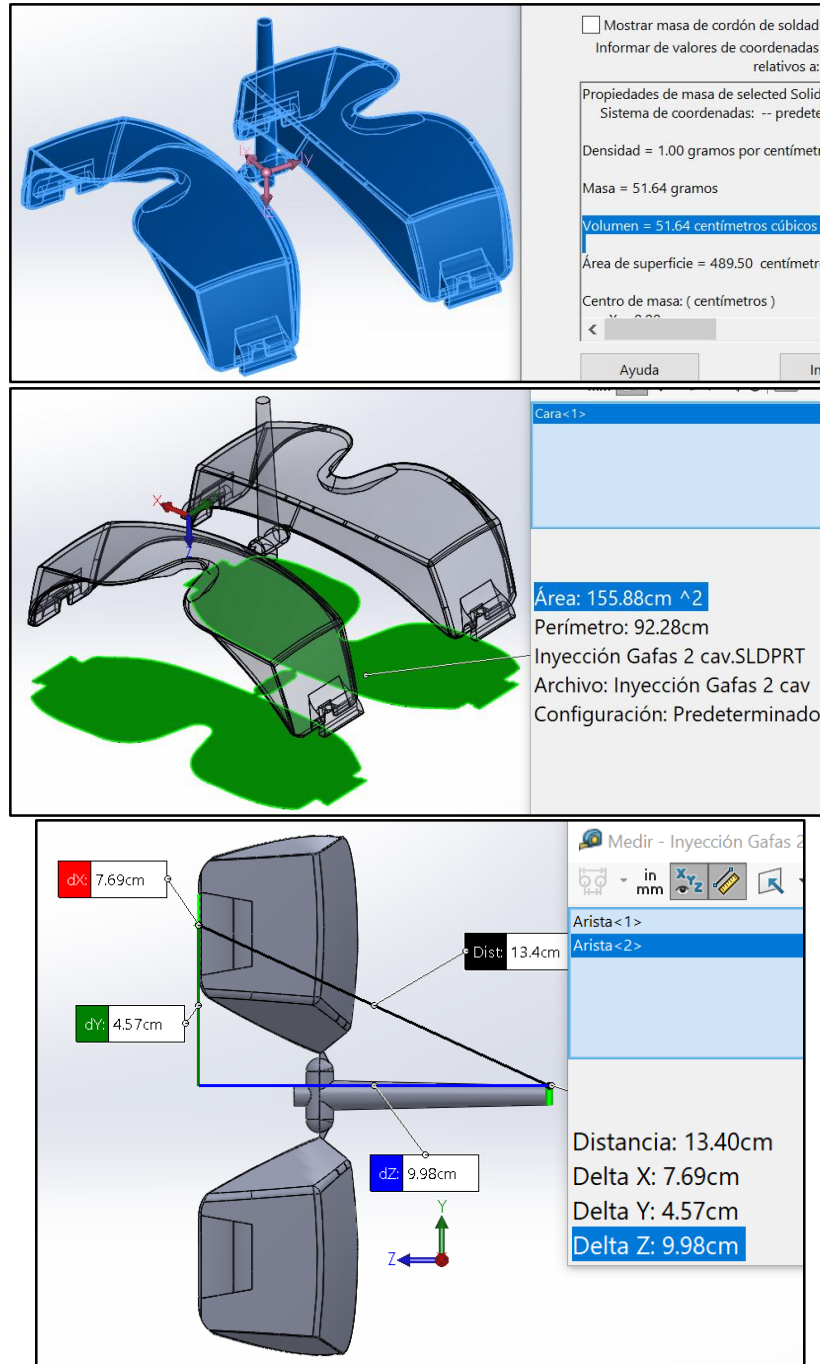
**Anexo 1f:** Diagrama del cálculo de la sección transversal parabólica. [25]



**Anexo 1g:** Diagrama del canal de estrangulamiento. [25]



**Anexo 1h:** Área proyectada de las Gafas Halley EN 166, sistema de distribución de canal de alimentación, volumen total del elemento inyectado junto con la mazarota, distancia máxima desde el bebedero hasta el punto más alejado en la cavidad en Z.



Fuente: Autor.

Anexo Ii: Especificaciones técnicas de la máquina inyectora. [27]

Specification		PL1600/540j		
		A	B	C
<b>INJECTION UNIT</b>				
Screw Diameter	mm	40	45	50
Screw L /D Ratio	L/D	22.5	20	18
Shot Size (Theoretical)	cm <sup>3</sup>	253	320	395
Injection Weight (PS)	g	230	291	359
Injection Rate	g/s	110	140	172
Injection Pressure	Mpa	214	169	137
Plasticizing Capacity(ps)	g/s	14.6	19.5	24
Screw Speed	rpm	0-195		
<b>CLAMPING UNIT</b>				
Clamp Tonnage	KN	1600		
Toggle Stroke	mm	400		
Space Between Tie Bars	mm	455×41		
Max.Mold Height	mm	435		
Min. Mold Height	mm	155		
Ejector Stroke	mm	100		
Ejector Tonnage	KN	40		
<b>OTHERS</b>				
Max. Pump Pressure	Mpa	16		
Pump Motor Power	Kw	15		
Heater Power	Kw	9.75		
Machine Dimension(LxWxH)	m	4.62×1.21×2.02		
Machine Weight	t	4.8		
Hopper Capacity	Kg	25		
Oil Tank Capacity	L	240		

Platen dimensions  
Moving platen

Tomado de: [www.haitianinter.com/en/](http://www.haitianinter.com/en/).



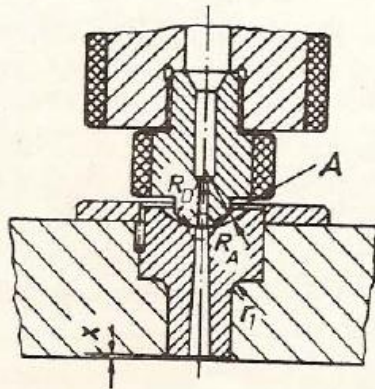
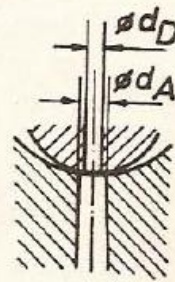


Figura 27. Superficie de contacto curva entre la boquilla y el manguito del bebedero [26].



Detalle A

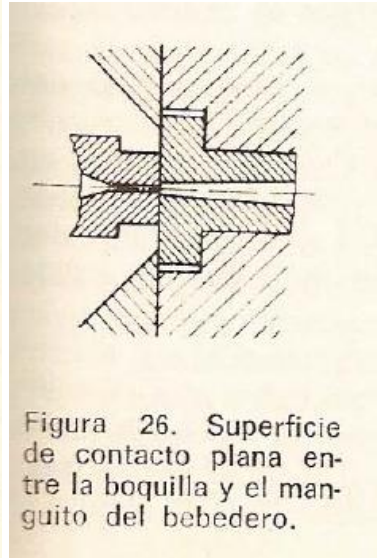
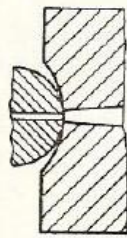
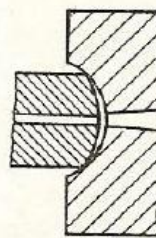


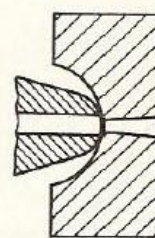
Figura 26. Superficie de contacto plana entre la boquilla y el manguito del bebedero.



Buena

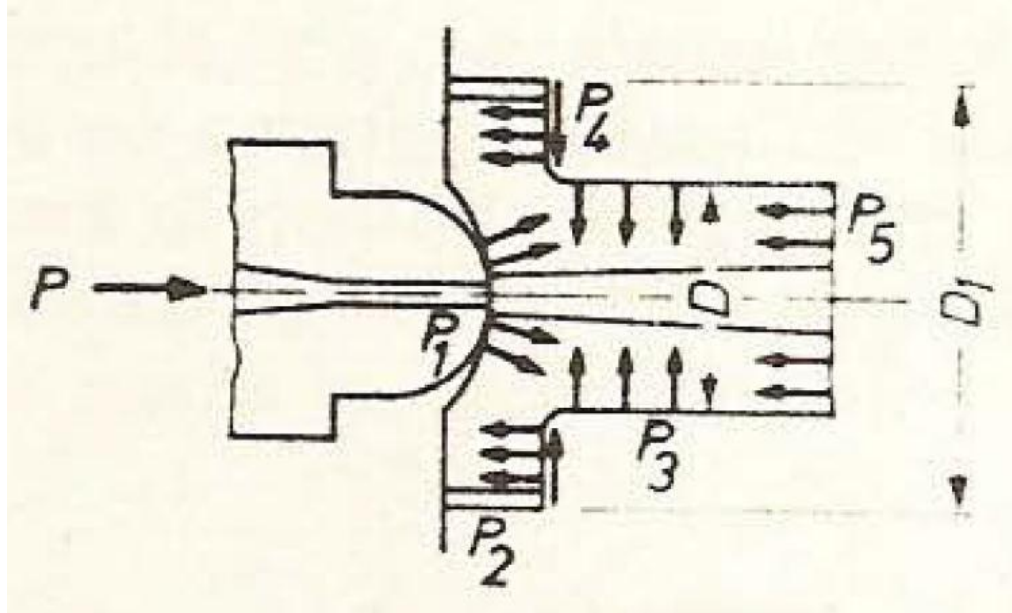


El canto vivo no puede desmoldarse

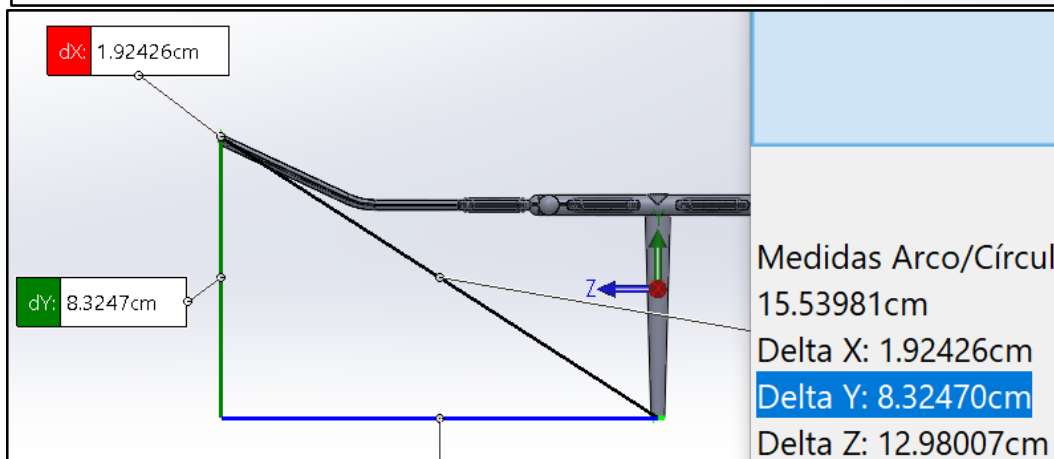
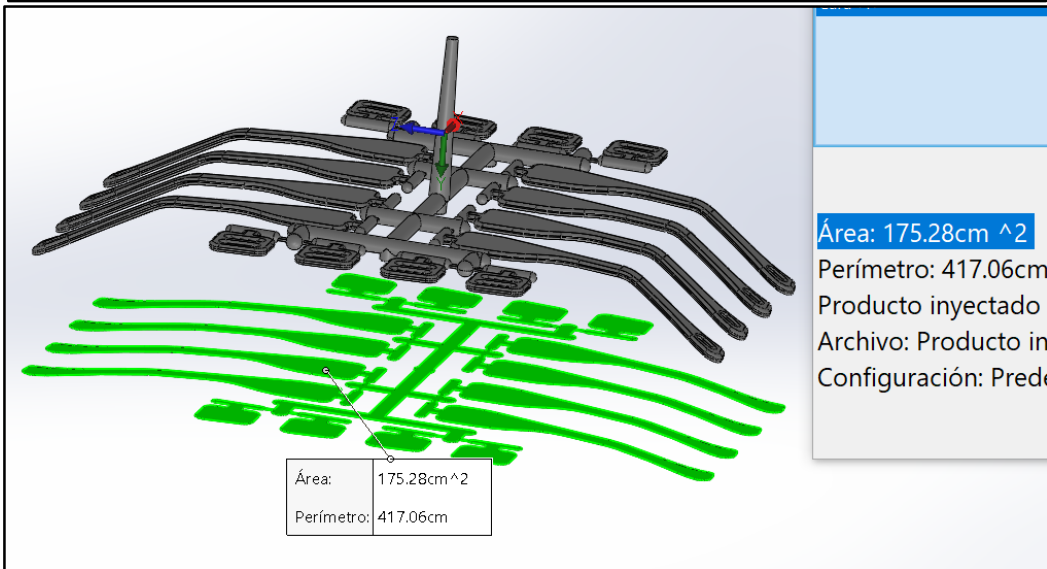
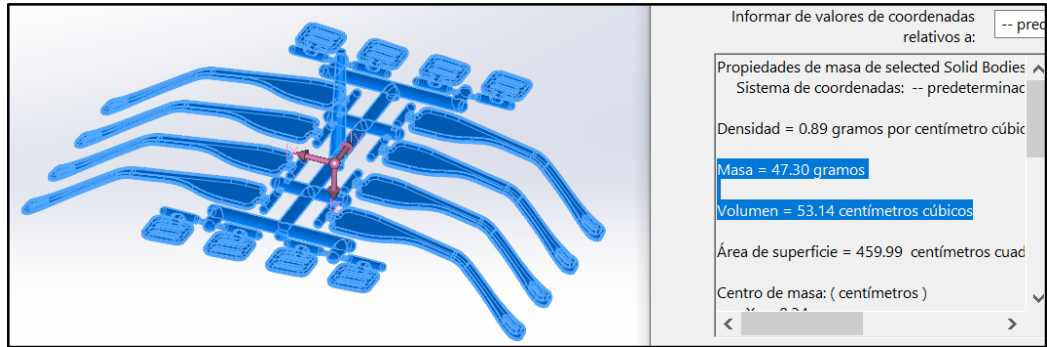


No hace junta; canto vivo

Figura 28. Configuraciones correcta y defectuosa de las superficies de contacto.

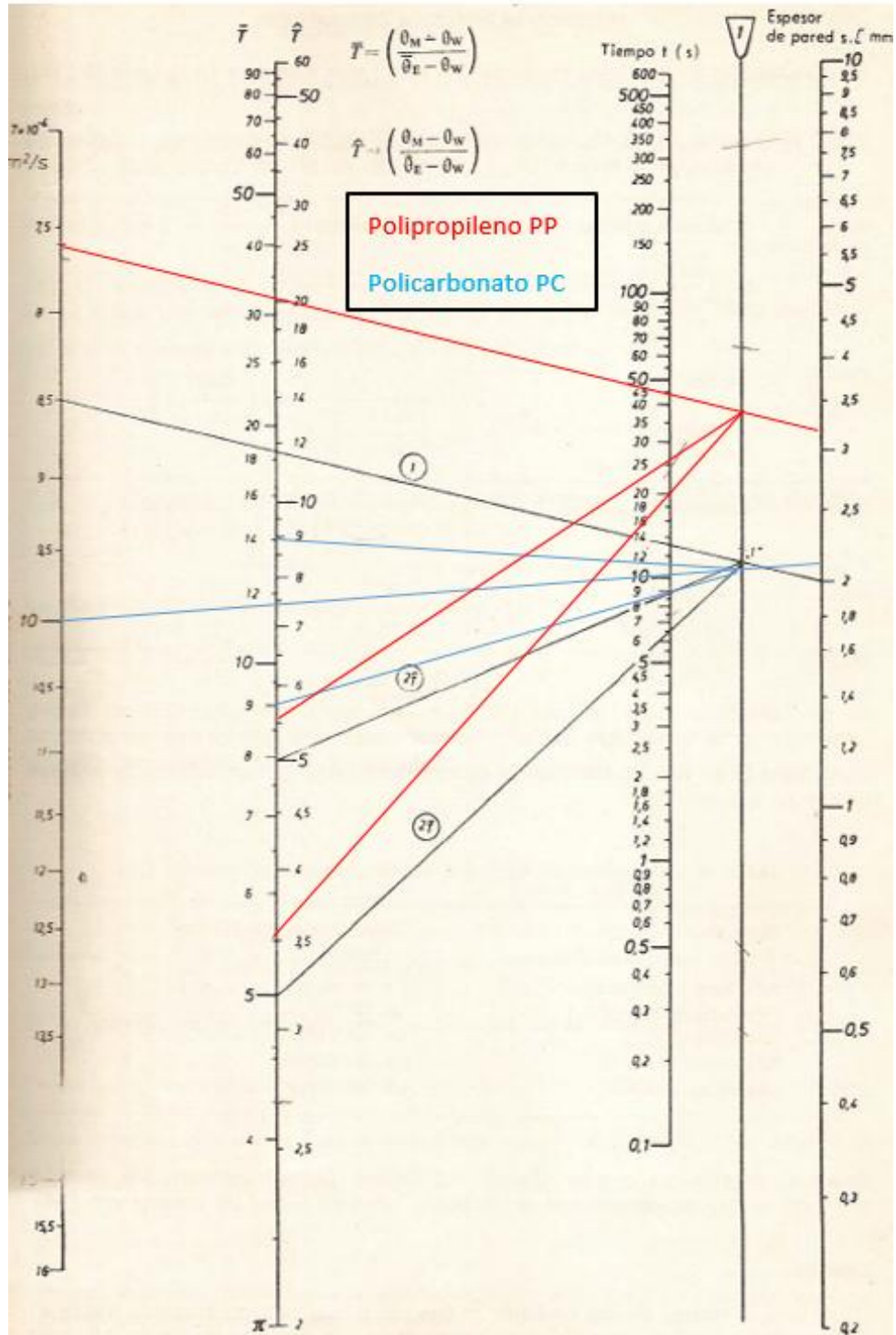


**Anexo 1k:** Área proyectada de los soportes y acople de banda elástica, sistema de distribución de canal de alimentación, volumen total del elemento inyectado junto con la mazarota, distancia máxima desde el bebedero hasta el punto más alejado en la cavidad en Y.

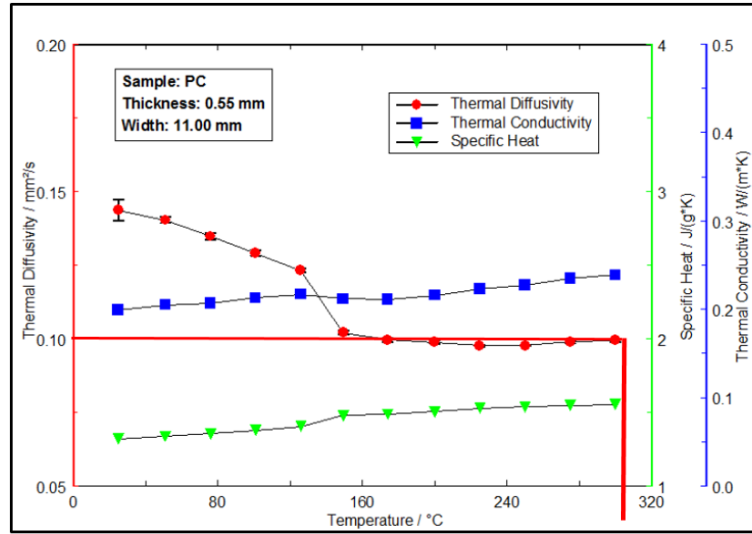


Fuente: Autor.

**Anexo II:** Monograma para el cálculo del tiempo de enfriamiento del molde en función de la difusividad térmica del material a inyectar y de las temperaturas de inyección, de desmolde y de las paredes del molde. **Fuente:** [25]



**Anexo 1m:** Propiedades térmicas del policarbonato en función de su temperatura.



Obtenido de: NETZSCH-Gerätebau GmbH, Wittelsbacherstr. 42, 95100 Selb, Germany

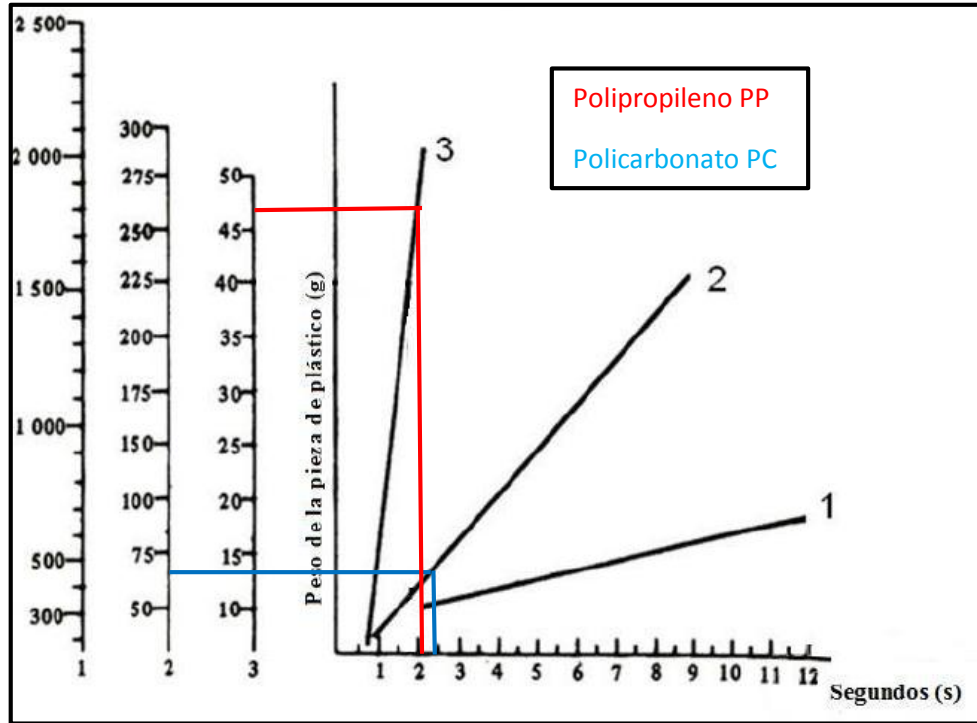
**Anexo 1n:** Temperaturas de moldeo y desmoldeo de varios polímeros. [25]

TABLA 14.— Temperaturas de elaboración y del molde para algunas masas de inyección [52, 53]

Material	Temperatura de elaboración [°C]	Temperatura del molde [°C]
Poliétileno baja densidad	170-260	0- 70
Poliétileno alta densidad	220-320	0- 70
Poliestireno normal	200-250	30- 60
Poliestireno antichoque	200-250	30- 60
Poliamida 6	240-290	60-100
Poliamida 6 + fibra de vidrio	260-310	80-120
Poliamida 6,6	260-300	40-120
Poliamida 6,6 + fibra de vidrio	280-320	60-120
Poliamida 6,10	230-260	80-120
Estireno-acrilonitrilo	230-260	50- 80
Polimetacrilato	170-230	40- 80
<b>Policarbonato</b>	<b>280-310</b>	<b>85-120</b>
Capolimero acetil	180-230	70-130
Cloruro de polivinilo blando	180	20- 80
Cloruro de polivinilo duro	160-190	20- 80
<b>Polipropileno</b>	<b>180-280</b>	<b>0- 80</b>
<b>Acetato de celulosa</b>	<b>180-280</b>	<b>40- 80</b>
Acetobutirato de celulosa	180-220	40- 80
Propionato de celulosa	180-220	40- 80
Acrilonitrilo-estireno-butadieno (ABS)	180-240	50- 80



Anexo 1ñ: Tiempo de llenado en función del peso del objeto a inyectar. [12]

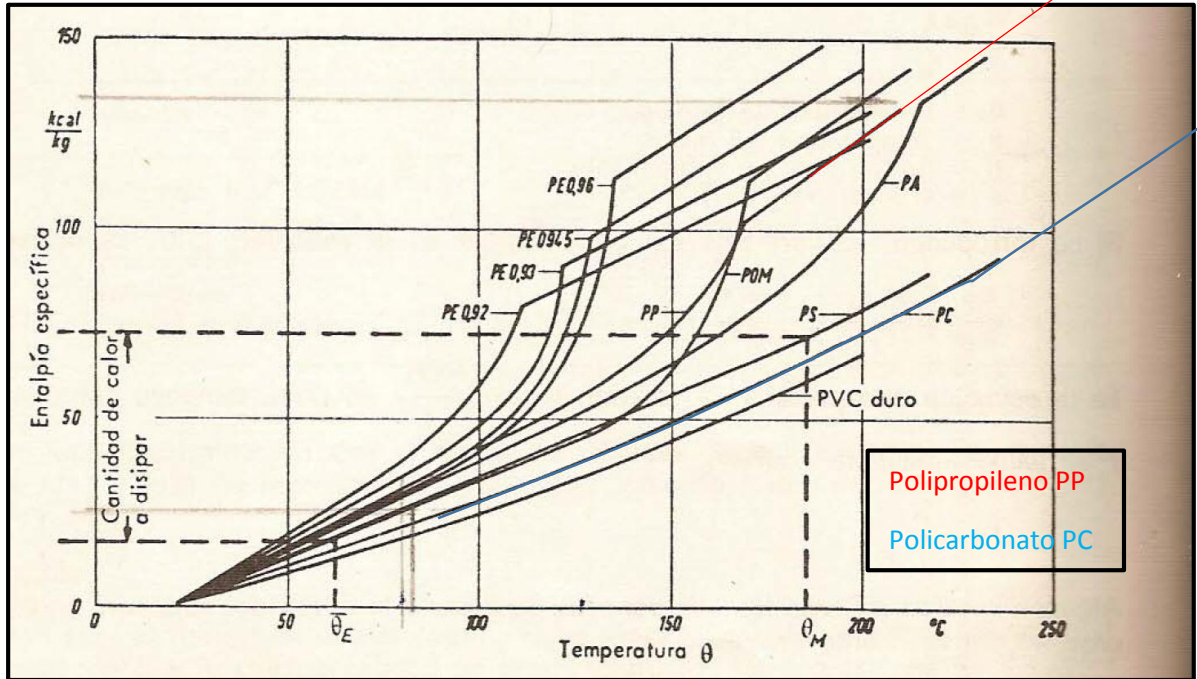


Anexo 1o: Tiempo de secado de varios materiales.

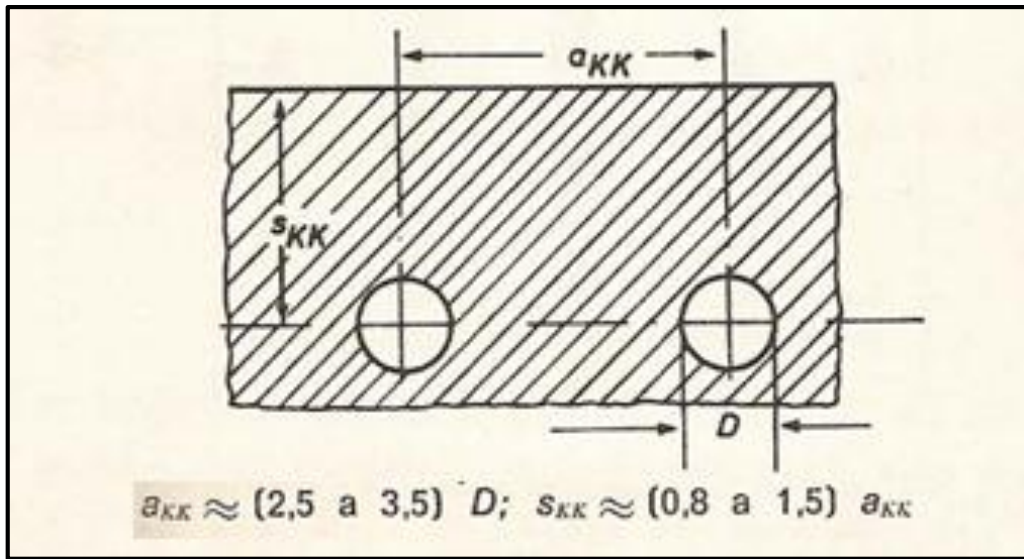
Material	Drying temperature °C		Drying time h	
	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers	fresh air/mixed air dryers	dehumidifying dryers
ABS	80	80	2/3	1/2
CA	70/80	75	1/1.5	1
CAB	70/80	75	1/1.5	1
PA 6	not recomm.	75/80	-	2
PA 66,6.10	"	75/80	-	2
PBT, PET	120	120	3/4	2/3
PC	120	120	2/4	2
PMMA	80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

Obtenido de: NETZSCH-Gerätebau GmbH, Wittelsbacherstr. 42, 95100 Selb, Germany

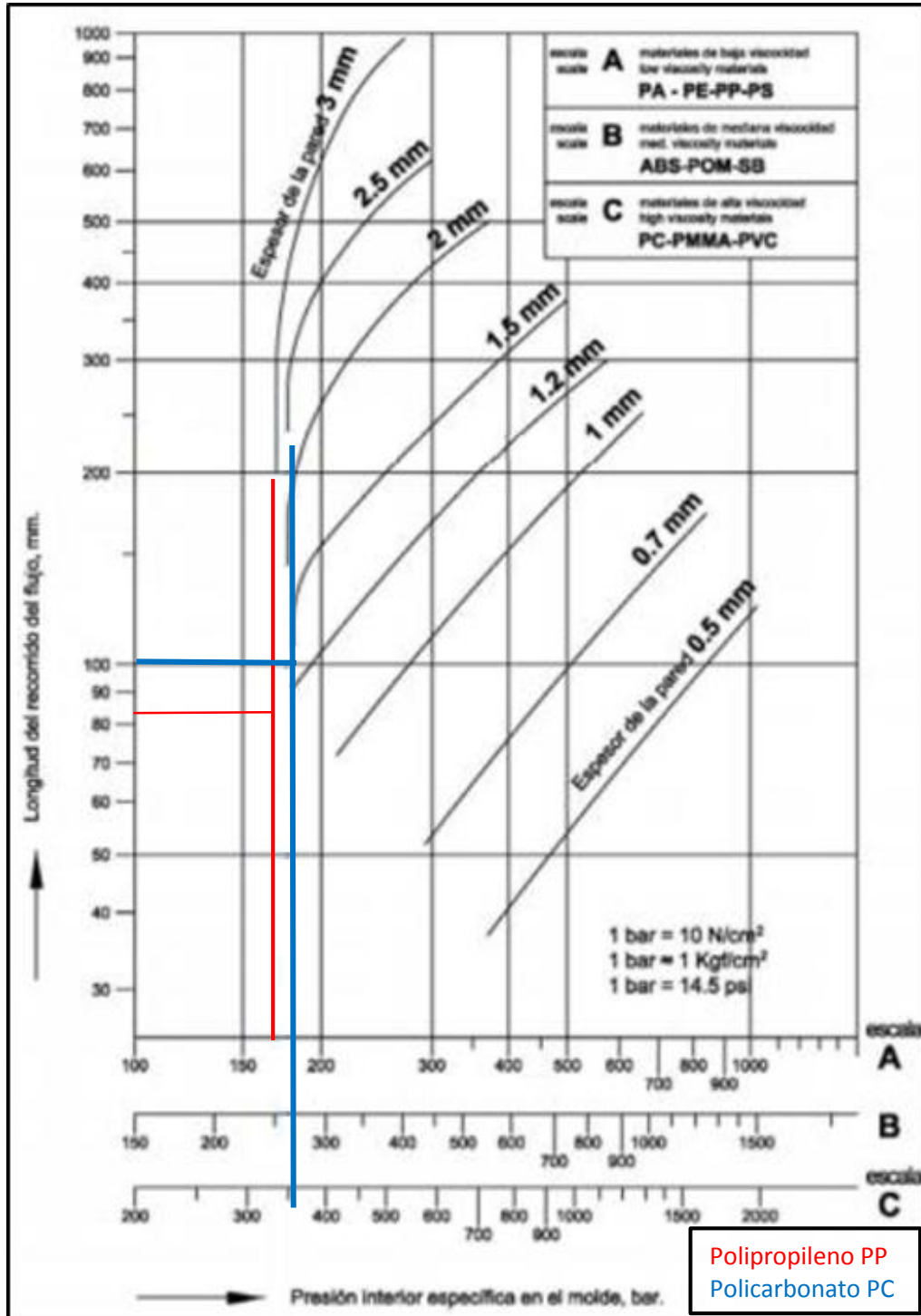
Anexo 1p: Entalpía específica de diversos materiales en función de la temperatura. [25]



Anexo 1q: Ubicación de canales de enfriamiento. [25]



**Anexo 1r:** Área proyectada de los soportes y acople de banda elástica, sistema de distribución de canal de alimentación, volumen total del elemento inyectado junto con la mazarota, distancia máxima desde el bebedero hasta el punto más alejado en la cavidad en Y. [30]



**Anexo 1s:** Difusividad térmica de varios materiales termoplásticos.

TABLA 16.— Conductividad térmica  $\alpha$  de algunas masas de inyección [56]

Material	Conductividad térmica
Polietileno baja densidad	$7,4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$
Polietileno alta densidad	$7,7 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$
Polipropileno	$7,6 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$
Poliestireno	$8,3 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$
Cloruro de polivinilo	$4,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$

Para una determinación más cómoda del tiempo de enfriamiento, las ecuaciones (11) y (12) se representan en la figura 100 c en forma de nomograma [54].

Fuente: [25].

**Anexo 1t:** Dimensiones principales de pernos.

**Tabla 8-1**  
Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino\*

Diámetro nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso		Serie de paso fino			
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_s$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_s$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080









\*Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_s = d - 1.226 \cdot 0.67p$ , y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649 \cdot 519p$ . La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

Fuente: R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.



**Anexo 1u:** especificaciones SAE para pernos de diferentes aceros.

**Tabla 8-9**  
Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg.	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

\*Las resistencias mínimas son resistencias que excede 99% de los sujetadores.

**Fuente:** R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

**Anexo 1v:** coeficientes de fricción para roscas de acero, bronce, latón, hierro fundido.

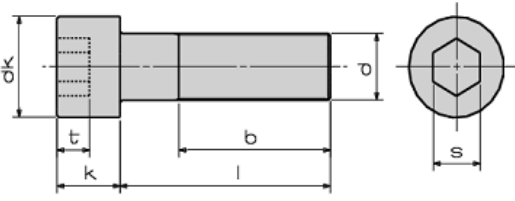
**Tabla 8-5**

Coeficientes de fricción <i>f</i> de pares roscados	Material del tornillo	Material de la tuerca			
		Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Fuente: H. A. Rohrbart, <i>Mechanical Design and Systems Handbook</i> , 2a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1985.	Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
	Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
	Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

**Fuente:** R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

**Anexo 1w:** Dimensiones de pernos tipo Allen (cabeza hueca hexagonal).

**Dimensiones Tornillo Allen DIN 912**



Métrica (d)	Longitud rosca (b)	Diámetro cabeza		Altura cabeza		Ancho llave			Profundidad (t min.)
		(dk max.)	(dk min.)	(k max.)	(k min.)	(s Nom.)	(s min.)	(s max.)	
M 3	18,0	5,5	5,32	3,0	2,86	2,5	2,52	2,58	1,3
M 4	20,0	7,0	6,78	4,0	3,82	3,0	3,02	3,08	2,0
M 5	22,0	8,5	8,28	5,0	4,82	4,0	4,02	4,095	2,5
M 6	24,0	10,0	9,78	6,0	5,7	5,0	5,02	5,14	3,0
M 8	28,0	13,0	12,73	8,0	7,64	6,0	6,025	6,14	3,5
M 10	32,0	16,0	15,73	10,0	9,64	8,0	8,025	8,175	4,0
<b>M 12</b>	<b>36,0</b>	<b>18,0</b>	17,73	12,0	11,57	10,0	10,025	10,175	5,0
M 14	40,0	21,0	20,67	14,0	13,57	12,0	12,032	12,212	6,0
M 16	44,0	24,0	23,67	16,0	15,57	14,0	14,032	14,212	7,0
M 20	52,0	30,0	29,67	20,0	19,48	17,0	17,05	17,23	8,0
M 24	60,0	36,0	35,61	24,0	23,48	19,0	19,065	19,275	10,0
M 27	66,0	40,0	39,61	27,0	26,48	19,0	19,065	19,275	12,0
M 30	72,0	45,0	44,61	30,0	29,48	22,0	22,065	22,275	13,5

**Fuente:** DIN 912 8.8 Recuperado de: [www.valvias.com/prontuario-rosca-tornillo-allen-din-912.php](http://www.valvias.com/prontuario-rosca-tornillo-allen-din-912.php), Julio 2019.

**Anexo 1x:** Parámetros de rigidez de varios metales.

**Tabla 8-8**  
Parámetros de la rigidez de varios materiales<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Fuente: J. Wileman, M. Choudury e I. Green, "Computation of Member Stiffness in Bolted Connections", en *Trans. ASME, J. Mech. Design*, vol. 113, diciembre de 1991, pp. 432-437.

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad,		A	B
		GPa	Mpsi		
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

**Fuente:** R. Budynas y K. Nisbett, "Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw-Hill", 2008.

**Anexo 1y:** Módulo de elasticidad del acero 4340.

Physical Properties	Metric	English
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Brinell	363	363
Hardness, Knoop	392	392
Hardness, Rockwell B	100	100
Hardness, Rockwell C	40	40
Hardness, Vickers	384	384
Tensile Strength, Ultimate	1255 MPa	182000 psi
Tensile Strength, Yield	1165 MPa	169000 psi
Elongation at Break	13.7 %	13.7 %
Reduction of Area	45 %	45 %
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi
Bulk Modulus	159 GPa	23100 ksi
Poissons Ratio	0.29	0.29
Machinability	50 %	50 %
Shear Modulus	78.0 GPa	11300 ksi

**Fuente:** AISI 4340; Recuperado de:

[www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=129aba095dd64413981fd979ed2ee6b1&ckck=1](http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=129aba095dd64413981fd979ed2ee6b1&ckck=1),

Julio 2019

Anexo 1z: Series IT de tolerancias de medida. [23]

Tolerancias de medida	<b>TOLERANCIAS DE MEDIDA</b>											
<b>Medidas y tolerancias</b>												
<p>Medida nominal es la que se emplea para identificar a una pieza; medida constructiva es la nominal con expresión de las tolerancias, siendo éstas las que señalan los valores máximos y mínimos que la dimensión puede alcanzar, para que la pieza construida con dimensión práctica comprendida entre dichos valores, sirva para el fin propuesto.</p> <p>Las tolerancias se expresan en micras, <math>1 \mu = 0,001 \text{ mm}</math>, representando su máximo la desviación superior de la medida constructiva, y su valor mínimo la desviación inferior, ambos valores con relación a la medida constructiva.</p>												
<p>El diagrama ilustra la zona de tolerancia en un eje horizontal. A la izquierda, se muestra la 'Medida nominal' y las 'Medidas límite constructivas' con una zona sombreada que indica la 'Zona de tolerancia'. Se indican desviaciones superiores <math>\Delta_s</math> y inferiores <math>\Delta_i</math>. A la derecha, se muestra la 'Medida práctica' con una desviación efectiva <math>\Delta_e</math>. Se marcan también la 'Línea de 0 (cero) o referencia', la 'Medida constructiva C', la 'Medida máxima' y la 'Medida mínima'.</p>												
<p>La unidad de tolerancia tiene por valor:</p> $i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D + 0,001 \cdot D}$ <p>obteniéndose <math>i</math> en micras, representando <math>D</math> la medida constructiva en milímetros, siendo esta unidad variable, según el valor de <math>D</math>.</p> <p>Para cada dimensión se ha establecido 18 calidades o series de tolerancia fundamentales, correspondiendo a cada serie un número de tolerancias, como se especifica en la Tabla que sigue:</p>												
Tolerancias de medida	<b>ZONAS DE TOLERANCIA. – Valores en micras (<math>1 \mu = 0,001 \text{ mm}</math>)</b>											TABLA 6 - 8
N.º de calidad	Serie de tolerancias fundamentales	Unidades de tolerancia $i$	De 1,6 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
1	IT - 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	3	4	5
2	IT - 2	1,6	2	2	2	2	2	3	3	4	5	7
3	IT - 3	2,5	3	3	3	3	4	4	5	6	8	10
4	IT - 4	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	14
5	IT - 5	6,4	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	IT - 6	10	7	8	9	11	13	16	19	22	25	29
7	IT - 7	16	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46
8	IT - 8	25	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72
9	IT - 9	40	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115
10	IT - 10	64	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185
11	IT - 11	100	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290
12	IT - 12	160	90	120	150	180	210	250	300	350	400	460
13	IT - 13	250	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720
14	IT - 14	400	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150
15	IT - 15	640	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850
16	IT - 16	1000	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900
17	IT - 17	1600	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600
18	IT - 18	2500	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200
<p>Con fines constructivos o de fabricación, se aplican las series, generalmente, del modo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Serie IT-1 a IT-4, para la fabricación de calibres.</li> <li>Serie IT-5, para la fabricación de mecánica de máxima calidad.</li> <li>Series IT-6, IT-7, para la fabricación de mecánica de precisión.</li> <li>Series IT-8, IT-9, para la fabricación de mecánica esmerada.</li> <li>Series IT-10, IT-11, para la fabricación de mecánica poco esmerada.</li> </ul> <p>Las series IT-12 a IT-18 se utilizan en la fabricación basta (laminados, prensados, forjados, etc.).</p> <p>La consignación de la tolerancia puede ser numeral o simplificada; en la consignación numeral después de la medida nominal se expresan las tolerancias, desviación máxima y mínima, y en la consignación abreviada las desviaciones están expresadas por medio de letras, mayúsculas para los agujeros o medidas interiores y minúsculas para los ejes o medidas exteriores, pudiendo verse valores parciales en las Tablas 7.12 - 8 y 8.12 - 8 respectivamente.</p>												

Anexo 1aa: Zonas de tolerancia recomendadas para agujero único y eje único. [23]

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO ÚNICO										TABLA 7, - 8
DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS												
Diámetros nominales en mm.												
Tolerancia	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250		
IT-6	G 6	+3 +10	+4 +12	+5 +14	+6 +17	+7 +20	+9 +25	+10 +29	+12 +34	+14 +39	+15 +44	
	H 6	0 +7	0 +8	0 +9	0 +11	0 +13	0 +16	0 +19	0 +22	0 +25	0 +29	
	J 6	-4 +3	-4 +4	-4 +5	-5 +6	-5 +8	-6 +10	-6 +13	-6 +16	-7 +18	-7 +22	
	K 6			-7 +2	-9 +2	-11 +3	-13 +4	-15 +5	-18 +4	-21 +4	-24 +5	
	M 6	-7 0	-9 -1	-12 -3	-15 -4	-17 -4	-20 -5	-24 -6	-28 -8	-33 -8	-37 -8	
	N 6	-11 -4	-13 -5	-16 -7	-20 -9	-24 -11	-28 -12	-33 -14	-38 -16	-45 -20	-51 -22	
IT-7	E 7	+14 +23	+20 +32	+25 +40	+32 +50	+40 +61	+50 +75	+60 +90	+72 +107	+85 +125	+100 +146	
	F 7	+7 +16	+10 +22	+13 +28	+15 +34	+20 +41	+25 +50	+30 +60	+36 +71	+43 +83	+50 +96	
	G 7	+3 +12	+4 +18	+5 +20	+6 +24	+7 +28	+9 +34	+10 +40	+12 +47	+14 +54	+15 +61	
	H 7	0 +9	0 +12	0 +15	0 +18	0 +21	0 +25	0 +30	0 +35	0 +40	0 +46	
	J 7	-6 +3	-7 +5	-7 +8	-8 +10	-9 +12	-11 +14	-12 +18	-13 +22	-14 +26	-16 +30	
	K 7			-10 +5	-12 +6	-15 +6	-18 +7	-21 +9	-25 +10	-28 +12	-33 +13	
	M 7	-9 0	-12 0	-15 0	-18 0	-21 0	-25 0	-30 0	-35 0	-40 0	-46 0	
	N 7	-13 -4	-16 -4	-19 -4	-23 -5	-28 -7	-33 -8	-39 -9	-45 -10	-52 -12	-60 -14	
	P 7	-16 -7	-20 -8	-24 -9	-29 -11	-35 -14	-42 -17	-51 -21	-59 -24	-68 -28	-79 -33	

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO ÚNICO										TABLA 7, - 8
DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS												
Diámetros nominales en mm.												
Tolerancia	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250		
IT-8	D 8	+20 +34	+30 +48	+40 +62	+50 +77	+65 +98	+80 +119	+100 +145	+120 +174	+145 +208	+170 +242	
	E 8	+14 +28	+20 +38	+25 +47	+32 +59	+40 +73	+50 +89	+60 +106	+72 +126	+85 +148	+100 +172	
	F 8	+7 +21	+10 +28	+13 +35	+16 +43	+20 +53	+25 +64	+30 +76	+36 +90	+43 +106	+50 +122	
	H 8	0 +14	0 +18	0 +22	0 +27	0 +33	0 +39	0 +46	0 +54	0 +63	0 +72	
	J 8	-7 +7	-9 +9	-10 +12	-12 +15	-13 +20	-15 +24	-18 +28	-20 +34	-22 +41	-25 +47	
	K 8			-16 +6	-19 +10	-23 +12	-27 +14	-32 +16	-38 +16	-43 +20	-50 +22	
	M 8			-21 +1	-25 +2	-29 +4	-34 +5	-41 +5	-48 +6	-55 +8	-63 +9	
	N 8	-15 -1	-20 -2	-25 -3	-30 -3	-36 -4	-42 -4	-50 -4	-58 -4	-67 -4	-77 -5	
IT-9	D 9	+20 +45	+30 +60	+40 +76	+50 +93	+65 +117	+80 +142	+100 +174	+120 +207	+145 +245	+170 +285	
	E 9	+14 +39	+20 +50	+25 +61	+32 +75	+40 +92	+50 +110	+60 +134	+72 +159	+85 +185	+100 +215	
	H 9	0 +25	0 +30	0 +36	0 +43	0 +52	0 +62	0 +74	0 +87	0 +100	0 +115	
IT-10	D 10	+20 +60	+30 +78	+40 +98	+50 +120	+65 +149	+80 +180	+100 +220	+120 +260	+145 +305	+170 +355	
	H 10	0 +40	0 +48	0 +58	0 +70	0 +84	0 +100	0 +120	0 +140	0 +160	0 +185	
	J 10	-20 +20	-24 +24	-29 +29	-35 +35	-42 +42	-50 +50	-60 +60	-70 +70	-80 +80	-93 +92	
IT-11	D 11	+20 +80	+30 +100	+40 +130	+50 +160	+65 +195	+80 +240	+100 +290	+120 +340	+145 +395	+170 +460	
	H 11	0 +60	0 +75	0 +90	0 +110	0 +130	0 +160	0 +190	0 +220	0 +250	0 +290	

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS EJE ÚNICO										TABLA 8, - 8
DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS												
Diámetros nominales, mm.												
Tolerancia	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250		
IT-5	g 5	-3 -8	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	
	h 5	0 -5	0 -5	0 -6	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -15	0 -18	0 -20	
	j 5	+4 -1	+4 -1	+4 -1	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+6 -7	+7 -9	+7 -11	+7 -13	
	k 5			+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+24 +4	
	m 5	+7 +2	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11	+28 +13	+33 +15	+37 +17	
IT-6	n 5	+11 +6	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23	+45 +27	+51 +31	
	g 6	-3 -10	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -40	-15 -44	
	h 6	0 -7	0 -8	0 -9	0 -11	0 -13	0 -16	0 -19	0 -22	0 -25	0 -29	
	j 6	+6 -1	+7 -1	+8 -2	+9 -3	+11 -4	+12 -5	+13 -7	+14 -9	+16 -11	+16 -13	
	k 6			+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2	+25 +3	+28 +3	+33 +4	
	m 6	+9 +2	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11	+35 +13	+40 +15	+46 +17	
	n 6	+13 +6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20	+45 +23	+52 +27	+60 +31	
	p 6	+16 +9	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	
	e 7	-14 -23	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -107	-72 -125	-85 -148	-100 -146	
	f 7	-7 -16	-10 -22	-13 -34	-16 -41	-20 -50	-25 -60	-30 -71	-36 -83	-43 -96	-50 -96	
IT-7	h 7	0 -9	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	
	j 7	+7 -2	+9 -3	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10	+18 -12	+20 -15	+22 -18	+25 -21	
	k 7			+16 +1	+19 +1	+23 +2	+27 +2	+32 +3	+38 +3	+43 +3	+50 +4	
	m 7			+21 +6	+25 +7	+29 +8	+34 +9	+41 +11	+48 +13	+56 +15	+63 +17	
	n 7	+15 +6	+20 +8	+25 +10	+30 +12	+36 +15	+42 +17	+50 +20	+58 +23	+67 +27	+77 +31	

Tolerancias de medida		ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS EJE ÚNICO										TABLA 8, - 8
DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS												
Diámetros nominales en mm.												
Tolerancia	De 1 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250		
IT-8	d 8	-20 -34	-30 -48	-40 -62	-50 -77	-65 -98	-80 -119	-100 -145	-120 -174	-145 -208	-170 -242	
	e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	
	f 8	-7 -21	-10 -28	-13 -35	-16 -43	-20 -53	-25 -64	-30 -76	-36 -90	-43 -106	-50 -122	
	h 8	0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46	0 -54	0 -63	0 -72	
	j 8	+7 -7	+9 -9	+11 -11	+14 -13	+17 -16	+20 -19	+23 -23	+27 -27	+31 -31	+36 -36	
IT-9	k 8	+14 0	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0	+54 0	+63 0	+72 0	
	d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	
	e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -110	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	
	h 9	0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74	0 -87	0 -100	0 -115	
	j 9	+13 -12	+15 -15	+18 -18	+22 -21	+26 -26	+31 -31	+37 -37	+44 -43	+50 -50	+58 -57	
IT-10	k 9	+25 0	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0	+87 0	+100 0	+115 0	
	d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -260	-145 -305	-170 -355	
	h 10	0 -40	0 -48	0 -58	0 -70	0 -84	0 -100	0 -120	0 -140	0 -160	0 -185	
	j 10	+20 -20	+24 -24	+29 -29	+35 -35	+42 -42	+50 -50	+60 -60	+70 -70	+80 -80	+93 -92	
	k 10	+40 0	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0	+140 0	+160 0	+185 0	
IT-11	d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	
	h 11	0 -60	0 -75	0 -90	0 -110	0 -130	0 -160	0 -190	0 -220	0 -250	0 -290	
	j 11	+30 -30	+38 -37	+45 -45	+55 -55	+65 -65	+80 -80	+95 -95	+110 -110	+125 -125	+145 -145	
	k 11	+60 0	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0	+220 0	+250 0	+290 0	

Anexo 1ab: Especificaciones de ajustes recomendados. [23]

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

Anexo 1ab: Especificaciones de ajustes recomendados. [23]

Estados Superficiales	PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN													TABLA 3 . 8
	Clase de trabajo			Poco esmerado			Esmerado			Fino			Refinado	
Clase de rugosidad	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,8	
Símbolo													0,8	
Rugosidad en micrones	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025	0,012	
Rugosidad en micropulgadas	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	0,6	
Caicorte														
Aserrado														
Capillado, limado														
Taladrado														
Fresado														
Brochado														
Esmerado														
Mandrinado, torneado														
Rectificado cilíndrico														
Pulido cilíndrico														
Rectificado														
Alisado														
Bruñido														
Lapeado														
Superacabado														
Fundición en arena														
Fundición en coquilla														
Fundición a presión														
Forjado														
Extruido														
Treflado en frío														

Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.



Anexo 1ab: Estados superficiales y aplicaciones. [23]

Estados superficiales	APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES			TABLA 1 . 8
	Clase de superficie	Símbolo	Rugosidad $\mu$	
Superrefinado		0,04 0,06 0,1 0,16	Especial Máxima	Superficies de medición, de los calibres de deslizamiento altamente fatigados, ajustes de precisión no desmontables.
Refinado.— Las estrías no son visibles a simple vista		0,25 0,4	Muy buena	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de precisión desmontables
		0,6 1 1,6	Buena	Piezas fatigadas por flexión y torsión; ajustes de deslizamiento y presión
Afinado.— Las estrías son visibles pero no perceptibles al tacto		2,5 4	Media	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerzas, ajustes ligeros de presión de acero; superficies de deslizamiento poco fatigados, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
		6 10		
Desbastado. Estrías visibles y perceptibles al tacto		25	Regular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y forja de precisión, fundición a presión
Limpio. También preparado para desbastado		63	Baja	Cáscara de fundición colada en arena; piezas estampadas y de forja libre
Sin rebabas			Muy baja	Piezas fundidas o forjadas

Anexo 1ac: Tabla de catálogo de expulsores y retorna expulsores. Fuente: MARCNC

**EXPULSOR CABEZA CILINDRICA TEMPLADOS**  
**DIN 1530 Forma "AH"**

- Material: 1.2210  
 - Dureza Vástago: 60 ± 62 HRC  
 - Cabeza: 45 ± 5 HRC  
 - Forma de pedido: Expulsor AH d<sub>1</sub> x L

d <sub>1</sub> g6	d <sub>2</sub> -0.2	k ±0,05	r	L <sub>0</sub>						
				100	125	160	200	250	315	400
1,5	3	1,5	0,2	*	*	*	*	*	*	*
1,8	3	1,5	0,2	*	*	*	*	*	*	*
1,7	3	1,5	0,2	*	*	*	*	*	*	*
1,8	3	1,5	0,2	*	*	*	*	*	*	*
2,0	4	2	0,2	*	*	*	*	*	*	*
2,2	4	2	0,2	*	*	*	*	*	*	*
2,5	5	2	0,3	*	*	*	*	*	*	*
2,7	5	2	0,3	*	*	*	*	*	*	*
3,0	6	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
3,2	6	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
3,5	7	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
3,7	7	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
4,0	8	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
4,2	8	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
4,5	8	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
4,7	8	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
5,0	10	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
5,2	10	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
5,5	10	3	0,3	*	*	*	*	*	*	*
6,0	12	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
6,2	12	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
6,5	12	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
7,0	12	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
8,0	14	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
8,2	14	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
8,5	14	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
9,0	14	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
10,0	16	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
10,2	16	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
10,5	16	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
11,0	16	5	0,5	*	*	*	*	*	*	*
12,0	18	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
12,2	18	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
12,5	18	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
14,0	22	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
16,0	22	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
18,0	24	7	0,8	*	*	*	*	*	*	*
20,0	28	8	1,0	*	*	*	*	*	*	*



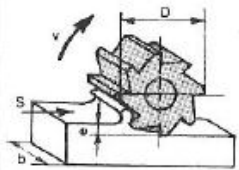
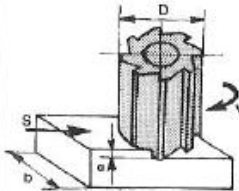
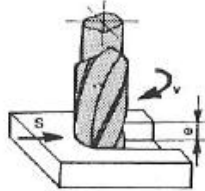
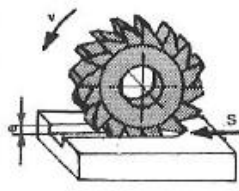
**Anexo 1ad:** Valores indicativos de cepillado y mandrinado para diferentes aceros. [23]

Útiles de corte		<b>CUCHILLAS PARA CEPILLADO Y MANDRINADO APLICACIÓN DE PLAQUITAS DE METAL DURO</b>				TABLA 19 . 12		
<b>Ángulos de corte</b>								
<b>VALORES INDICATIVOS</b>								
Material a cepillar	Dureza kg/mm <sup>2</sup> HB	Grupo de empleo	Ángulo de corte			Velocidad de corte m/min	Avance del corte mm	Profundidad del corte mm
			α	γ	λ			
Acero suave	45 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	-10°	40 - 60	3	0,2 - 5
Acero semiduro	60 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	-15°	30 - 40	2	0,2 - 5
Acero duro	85 kg/mm <sup>2</sup>	P30-M20	6°	10°-15°	-15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Acero duro	90-110	M20-K10	6°	5°-10°	-15°	15 - 20	1	0,2 - 5
Acero ligeramente aleado	150 kg/mm <sup>2</sup>	P40-M20	6°	10°-15°	-15° - -20°	10 - 15	0,8	0,2 - 5
Acero fundido	50 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	-15°	30 - 40	2,5	0,5 - 5
Acero fundido duro	50-80	P 50	6°	20°	-15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Fundición gris	HB-180	K 10	6°	20°	-15°	30 - 40	2	0,5 - 5
Fundición dura	HB-220	P 30	6°	15°	-15°	30 - 50	2,5	0,5 - 5
Fundición acerada	HB-250	M 20	6°	15°	-15°	25 - 40	1,5	0,5 - 5
Bronces y latones	30-40 kg	K10-M20	6°	5°-10°	-15°	40 - 60	3	0,5 - 5
Aleaciones ligeras	HB 80-120	K 10	6°	10°-15°	-15°	40 - 80	1	0,5 - 5
<b>Cuchillas para alisado</b>								
<p>En todo caso, la arista de corte será recta y estará dispuesta rigurosamente paralela a la línea de acabado de la pieza (horizontal).</p> <p>Para el acero, velocidad <math>v = 20</math> a <math>30</math> m/min; avance <math>e \approx 3</math> mm; profundidad de corte <math>a = 0,1</math> mm.</p> <p>Para la fundición, velocidad <math>v = 15</math> a <math>20</math> m/min; avance <math>e \approx 3</math> mm; profundidad de corte <math>a = 0,05-0,1</math> mm.</p>								


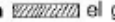

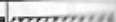

























**Anexo 1ae:** Características de limas de uso normal para desbaste manual de rebabas o asperezas producto del mecanizado. [23]

Útiles de corte		<b>LIMAS DE USO NORMAL</b>						TABLA 28 . 11			
<b>Tallado y aplicación</b>											
<p>El tallado de las limas está formado por un gran número de picaduras o dientes semejantes a buriles; la talla puede ser sencilla recta u oblicua, y cruzada de tallados diferentes (superior e inferior).</p> <p>Las limas según el grosor o altura del picado y paso de éste, para su aplicación se clasifican:</p> <p>a) Limas bastas. — Utilizadas para el limado de materiales blandos, trabajos toscos y grandes superficies; el espesor a limar es igual o mayor que 0,5 mm.</p> <p>b) Limas semifinas. — Utilizadas para el trabajo de limado de materiales duros y pequeñas superficies; el espesor a limar suele ser de 0,2 a 0,5 mm.</p> <p>c) Limas finas. — Para trabajo de acabado de limado; espesor a limar igual o menor que 0,2 mm.</p>											
<b>LIMAS DE USO NORMAL</b>											
Aplicación	Sección	Formas de las limas						Denominación			
Limado corriente								Plana punta			
								Plana paralela			
								Mediacaña			
								Redonda			
								Triangular			
								Cuadrada			
								Plana delgada			
								Cuchillo			
Limado de precisión								Triangular			
								Plana			
Limado de acabado								Plana			
								Plana punta torneros			
<b>DIMENSIONES Y TALLA DE LAS LIMAS</b>											
Denominación	Dimensiones en milímetros y pulgadas							Talla			
	100-4"	125-5"	150-6"	200-8"	250-10"	300-12"	350-14"	Basta	Semifina	Fina	Bordes tallados
Plana punta	o		o	o	o	o	o	o	o	o	2
Plana paralela	o		o	o	o	o	o	o	o	o	1
Mediacaña	o		o	o	o	o	o	o	o	o	2
Redonda	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
Triangular	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3
Cuadrada	o	o	o	o		o	o	o	o	o	
Plana delgada	o		o	o	o			o	o	o	2
Cuchillo				o	o			o	o	o	2
Media caña tuberos				o	o		o	o	o	o	2
Triangular				o	o			o	o	o	3
Plana				o	o			o	o	o	1
Plana			o	o	o	o		o	o	o	2
Plana torneros				o	o	o		o	o	o	

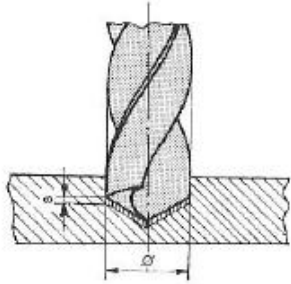
**Anexo 1af:** Parámetros para el mecanizado en el fresado de diferentes operaciones para varios materiales. [23]

Útiles de corte		<b>OPERACIONES DE FRESADO</b>				TABLA 21 . 12
VALORES INFORMATIVOS						
Operación de fresado	Material	Desbastado		Acabado		Observaciones
		Velocidad <i>v</i> m/min	Desplazamiento 5 mm/min	Velocidad <i>v</i> m/min	Desplazamiento 5 mm/min	
		Profundidad de pasada = 5 mm		Profundidad de pasada = 1 mm		
<b>CILINDRADO O PLANEADO</b>  <i>b</i> = ancho de la fresa	Acero no aleado hasta 80 kg/mm <sup>2</sup>	16...18	90...150	18...22	60...90	Toda clase de fresado hasta 100 mm de ancho en fresado normal
	Acero ligeramente aleado hasta 110 kg/mm <sup>2</sup>	10...13	50...70	13...16	35...45	
	Fundición gris	12...14	10...170	14...18	70...100	
	Latón, bronce	30...40	160...220	40...60	100...160	
	Aluminio aleado	180...300	200...350	220...320	100...200	
<b>REFRENTADO</b>  <i>b</i> = 0,8 · <i>D</i>	Acero no aleado	20...25	80...120	25...30	45...70	Ancho del fresado = 0,8 · <i>D</i> , siendo <i>D</i> el diámetro de la fresa
	Acero ligeramente aleado	12...15 32...40	50...70 80...90	16...30 40...45	45...70 56...70	
	Fundición gris	16...20 50...63	110...160 140...200	20...25 63...70	50...80 125...180	
	Latón, bronce	45...60	220...280	50...70	90...140	
	Aluminio aleado	240...320 400...500	240...360 350...400	260...380 500...630	90...170 250...350	
<b>RANURADO</b>  Fresas de manguito	Acero no aleado	16...18	35...55	20...24	75...100	Las fresas de alto rendimiento deben estar sólidamente fijadas
	Acero ligeramente aleado	12...14	15...25	16...28	40...55	
	Fundición gris	14...16	40...75	18...20	80...110	
	Latón, bronce	30...40	60...100	50...60	100...140	
	Aluminio aleado	160...200	60...100	180...240	80...120	
<b>RANURADO</b>  Fresas de disco	Acero no aleado	12...16	26...34	18...24	20...30	Valores contraavance para perfil simple y fresado normal.
	Acero ligeramente aleado	10...14	18...24	14...18	15...20	
	Fundición gris	14...16	35...45	16...22	25...35	
	Latón, bronce	26...32	50...65	30...40	35...35	
	NOTA. — Se considerarán valores iguales a los indicados en operaciones de fresado similares a las expuestas.					

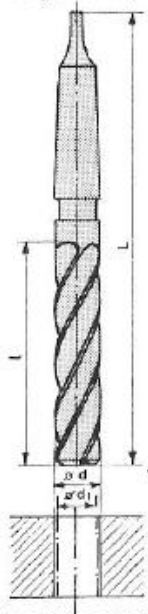
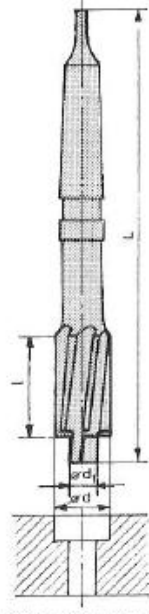
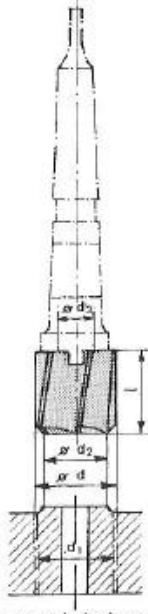
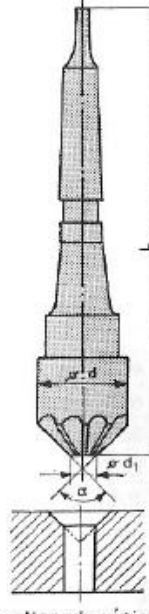
Anexo 1ag: Orientación aplicativa de fresas y lubricantes de corte. [23]

Útiles de corte	<b>FRESADO DE METALES</b> <i>APLICACIÓN ORIENTATIVA DE FRESAS. LUBRICANTES DE CORTE</i>		TABLA 22 . 12
<b>Agrupación de las fresas para operaciones de corte</b>			
<p>Considerando las operaciones de fresado especificadas anteriormente, como cilindrado o planeado por medio de fresas cilíndricas, refrentado también por medio de fresas cilíndricas, ranurado con fresas de disco, y asimismo ranurado con fresas de manguito, para aplicación de las fresas según su dentado y ángulo de inclinación de los filos (<math>\lambda</math>), se establecen los grupos siguientes:</p>			
<p>Grupo A.—Fresas con dentado fino y ángulo <math>\lambda</math> de inclinación de los dientes pequeño.</p>			
<p>Grupo B.—Fresas con dentado grueso y ángulo <math>\lambda</math> de inclinación media.</p>			
<p>Grupo C.—Fresas con dentado muy grueso y ángulo <math>\lambda</math> de inclinación de los dientes grande.</p>			
<b>Aplicación de los grupos de fresas</b>			
<p>Según los materiales se aplicará para su fresado el grupo que se considera más conveniente; en el cuadro que sigue se citan diversos materiales a fresas, y se señala con  el grupo que se considera más conveniente, y con  el grupo también utilizable.</p>			
MATERIAL A FRESAR	GRUPO DE FRESAS		
	A	B	C
Acero de 45 kg/mm <sup>2</sup>			
Acero de 60-85 kg/mm <sup>2</sup>			
Acero de 90-110 kg/mm <sup>2</sup>			
Acero de 150 kg/mm <sup>2</sup>			
Acero fundido (moldeado)			
Fundición gris 180 HB			
Fundición de más de 180 HB			
Fundición maleable			
Cobre y aleaciones blandas de Cu			
Aleaciones de cobre frágiles			
Aleaciones de zinc			
Aleaciones de aluminio blandas			
Aleaciones de aluminio semiduras			
Aleaciones de aluminio duras para pequeñas velocidades de corte			
Aleaciones de aluminio duras para grandes velocidades de corte			
Aleaciones de manganeso			
Materiales sintéticos			
Materiales sintéticos prensados			
<b>Lubricantes.—Refrigerantes para el fresado</b>			
<p>Como medio lubricante-refrigerante, para el fresado se utilizará:</p>			
a) Para aceros .....	Aceite de corte, taladrina		
b) Para fundiciones grises .....	En seco		
c) Para aleaciones de cobre .....	Aceite de corte, taladrina		
d) Para aleaciones de aluminio ....	Petróleo		

Anexo 1ah: Parámetros de mecanizado para brocas. [23]

Útiles de corte	<b>BROCAS</b> <b>APLICACIÓN. – VALORES INDICATIVOS</b>					TABLA 24 . 12
						
<b>VALORES INDICATIVOS</b>						
Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
		Avance por vuelta, s mm.				
Acero 45 kg/mm <sup>2</sup>	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm <sup>2</sup>	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm <sup>2</sup>	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm <sup>2</sup>	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm <sup>2</sup>	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm <sup>2</sup>	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm <sup>2</sup>	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua
<p>Cuando se efectúan taladros profundos, los avances s por vuelta se reducirán de acuerdo con los valores que se indican en la Tabla que sigue:</p>						
Broca de...	Profundidad de taladro hasta...	Profundidad de taladro de...		Profundidad de taladro superior a...		
20 mm diámetro	≈ 5 veces ∅ broca	5	hasta 8 veces ∅ broca	8 veces ∅ broca		
32 mm diámetro	≈ 4	4	6,3	6,3		
50 mm diámetro	≈ 3,15	3,15	5	5		
80 mm diámetro	≈ 2,5	2,5	4	4		
	1 Avance	0,8 del avance		0,5 del avance		
<p>NOTA. – Para brocar de pequeño diámetro se tomarán las mayores velocidades v de corte por minuto, y para las de grandes diámetros se tomarán los menores valores de v.</p>						

Anexo 1ah: Parámetros de mecanizado para brocas. [23]

Útiles de corte	TALADRADO ÚTILES PARA ESCARIADO Y AVELLANADO			TABLA 25 . 12	
<b>Escariadores y avellanadores</b>					
<p>Broca-escariador (3 y 4 cortes)</p>  <p>Escariado pasante</p>	<p>Avellanador cilíndrico</p>  <p>Cajera para cabeza de tornillos</p>	<p>Broca-escariador</p>  <p>Aplanado (asiento) o escariado pasante</p>	<p>Avellanador cónico</p>  <p>Avellanado cónico</p>		
<b>Dimensiones (mm)</b>					
∅ Taladrado $d_2$	6,30 - 34,5	Asiento tom. M8 - M24	Diámetro d	25 - 100	
∅ Pre-escariado $d_1$	8,80 - 49,6	Avellanado d	15 - 40	Diámetro d	
∅ Escariado d	9 - 50	Guía d	8,4 - 25	Diámetro $d_2$	
Longitud l	81 - 220	Longitud l	20 - 40	Longitud L	
Longitud L	162 - 369	Longitud L	130 - 190	Diámetro $d_3$	
Cono morse	1 - 4	Cono morse	2 - 3	Longitud l	
				Ángulo $\alpha$	
				60°, 90°, 120°	
				Cono morse	
				1 - 4	
<b>Aplicaciones</b>					
<i>VELOCIDADES Y AVANCES CON ÚTILES DE ACERO RÁPIDO</i>					
Materiales	Útiles de corte	Velocidad de corte v, m/min.	Diámetro de corte		
			10...16	16...26	26...40
			<i>Avances s, por vuelta</i>		
Acero	Avellanadores	8...14	0,1	0,15	0,2
Acero fundido (colado)					
Fundición maleable	Escariadores	10...20	0,2	0,3	0,4
Bronce (duro)	Escariadores	10...20	0,2	0,3	0,4
Fundición gris	Avellanadores	8...12	0,2	0,2	0,2
	Escariadores	12...18	0,25	0,3	0,3
Latón	Avellanadores	30	0,2	0,2	0,2
Aleaciones ligeras	Escariadores	40	0,25	0,3	0,4
NOTA.— Líquidos refrigerantes-lubricantes, como en el taladrado (página anterior).					



**Anexo 1ai:** Parámetros de mecanizado para cuchillas de torneado con plaquitas de metal duro. [23]

Útiles de corte		<b>CUCHILLAS PARA TORNEADO</b> <b>VELOCIDADES DE CORTE CON ÚTILES DE ACERO RÁPIDO</b>					TABLA 17 . 12
Material a tornear	Resistencia Dureza	Avance <i>s</i> mm por vuelta					
		0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	
		Velocidad <i>v</i> m por minuto					
Acero suave	45 kg/mm <sup>2</sup>	43	32	24	18	13	
Acero semiduro	60 kg/m <sup>2</sup>	34	25	19	14	10	
Acero duro	85 kg/m <sup>2</sup>	26	21	16	12	8	
Acero ligeramente aleado	90-110 kg/mm <sup>2</sup>	18	13	10	7,5	6	
Acero aleado	110-150 kg/mm <sup>2</sup>	17	12	8,5	6	4	
Acero fundido (moldeado)	50 kg/mm <sup>2</sup>	34	25	19	14	10	
Acero fundido duro	50-80 kg/mm <sup>2</sup>	27	18	13	10	7,5	
Fundición gris	HB 180	48	27	18	14	10	
Fundición dura	HB 220	32	18	13	10	8	
Fundición acerada	HB 250	22	14	11	7,5	5	
Cobre	60-80 HB	56	53	38	28	21	
Latón	80-120 HB	125	85	56	36	27	
Bronce	100 HB	63	48	40	32	24	
Aleaciones blandas de aluminio	20 HB	132	85	56	38	28	
Aleaciones duras de aluminio	25 HB	118	75	50	38	28	
Aleaciones de magnesio	20 HB	1000	900	800	750	700	
Plásticos		60-200					
Goma dura		100					
<p>NOTA.— Las velocidades de corte indicadas son de aplicación para profundidades de corte de <math>a \leq 5</math> mm; para profundidades <math>a \geq 5</math> mm los valores indicados se reducirán en un 10 a 20%. Estas velocidades corresponden a operación de acabado, para otros se afectarán de los coeficientes siguientes:</p> <p>Desbastado, 0,7;      Tronzado, 0,6                      Taladrado, 0,3      Mandriando 0,6                      Roscado 0,1 a 0,4</p>							

**Anexo 1ai:** Parámetros de mecanizado para cuchillas de torneado con plaquitas de metal duro. [23]

Útiles de corte		<b>VELOCIDADES DE CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO</b>					TABLA 18, . 12
<b>CORTE CON PLAQUITAS DE METALDURO SOLDADAS</b>							
Grupo de empleo →			P01	P10	P20	P30	P40
Material	Dureza Brinell HB	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	Avance s, en mm por vuelta				
			0,3-0,05	0,7-0,3-0,1	1,2-0,3-0,15	2-0,4-0,2	3-0,4
Velocidad de corte v, m/mín.							
Acero al carbono							
C 0,15%	125	45	280-440	170-240-330	100-200-260	60-150-200	35-125
C 0,35%	150	60	235-370	140-200-280	80-165-210	45-120-160	25-100
C 0,70%	250	85	185-300	110-155-220	60-130-170	35- 90-125	20-70
Acero aleado recocido	150-200	50-65	185-300	110-155-220	60-130-170	40- 95-125	25-70
Acero aleado tratado	200-275	65-95	145-240	85-120-175	50-100-130	30- 75-100	20-60
Acero aleado tratado	275-325	90-110	115-180	65- 95-140	40- 80-105	25- 60-80	15-45
Acero aleado tratado	325-425	110-150	90-150	35- 75-110	30- 65-85	20- 50-80	15-35
Acero inoxidable martensítico				160-225	110-145-180	80-125-155	45-90
Acero inoxidable austenítico					110-135	70-105-135	70-90
Acero fundido (colado), no aleado,	150	50		125-160	65-105-125	45- 90-115	25-70
poco aleado	150-250	50-80		90-125	45- 75-90	30- 60-80	15-45
muy aleado	160-200				110-155	70-105-135	55-80
Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 35 minutos.							
<b>CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO FIJADAS MECÁNICAMENTE</b>							
Grupo de empleo →			P01	P10	P20	P30	P40
Material	Dureza Brinell HB	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	Avance s, en mm por vuelta				
			0,3-0,05	0,7-0,3-0,1	1,2-0,3-0,15	2-0,4-0,2	3-0,4
Velocidad de corte v, m/mín.							
Acero al carbono							
C 0,15%	125	45	350-540	200-290-410	130-260-330	80-190-250	45-160
C 0,35%	150	60	290-460	170-240-350	100-210-270	65-150-200	35-125
C 0,70%	250	85	230-370	130-190-280	80-160-210	45-115-160	25-95
Acero aleado recocido	150-200	50-65	230-370	130-190-280	80-160-210	50-120-160	30-95
Acero aleado tratado	200-275	65-90	180-290	105-150-220	65-130-170	40- 95-125	25-75
Acero aleado tratado	275-325	90-110	145-230	85-120-175	50-100-130	30- 75-100	20-60
Acero aleado tratado	325-450	110-150	115-150	65- 95-140	40- 80-105	25- 60-180	15-50
Acero inoxidable martensítico				200-280	140-190-225	100-160-200	60-115
Acero inoxidable austenítico					140-170	95-135-170	90-115
Acero fundido (colado), no aleado,	150	50		160-200	80-135-160	55-115-145	35-90
poco aleado	150-250	50-80		115-160	55- 95-115	35- 75-100	20-60
muy aleado	160-200				140-200	100-135-170	70-105
Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 15 minutos.							



**Anexo 1aj:** Símbolos de rugosidad superficial y tolerancias de forma y posición. [23]

Estados Superficiales		<b>RUGOSIDAD SUPERFICIAL SÍMBOLOS</b>	
Símbolos para expresar la tolerancia de rugosidad			
<i>Símbolo</i>		<i>Significado</i>	
		Símbolo base. — No expresa nada por sí mismo.	
		Símbolo de mecanizado con arranque de viruta. — La <i>a</i> representa la rugosidad expresada por su valor o por la clase de rugosidad.	
		Símbolo de superficie terminada, sin arranque de viruta. La rugosidad <i>a</i> se obtendrá por el exceso de fabricación (por ejemplo, por fundición inyectada).	
		Símbolo para expresar una particularidad, por ejemplo, que la tolerancia de rugosidad <i>a</i> se ha de obtener por fresado.	
Disposición de las especificaciones			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Representa el valor numérico o la clase de la rugosidad (micrómetros).</li> <li>b) Especifica el proceso de fabricación, tratamiento, etc.</li> <li>c) La longitud normalizada (base) de muestra de rugosidad.</li> <li>d) La dirección de las estrías del mecanizado.</li> <li>e) La sobremedida para el mecanizado.</li> </ul>	
Indicaciones en los dibujos			
Normalmente, tanto los símbolos como las inscripciones deben orientarse de forma que puedan ser leídos desde la base o de la derecha del dibujo; puede disponerse otra orientación.			
Textura superficial (configuración)			
La configuración o textura superficial de una superficie mecanizada, consecuencia de su proceso de trabajo, se especifica en los dibujos mediante símbolos que se añaden a los que indican otras especificaciones. En la Tabla que sigue se muestran los símbolos utilizados para designar la configuración de las estrías de mecanizado.			
<b>SÍMBOLOS PARA DIRECCIÓN DE LAS ESTRÍAS</b>			TABLA 4 . 8
<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>		
=	Paralelo al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.		Dirección de las estrías
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.		Dirección de las estrías
X	Cruzadas en direcciones oblicuas con relación al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.		Dirección de las estrías
M	Multidireccional.		Dirección de las estrías
C	Aproximadamente circulares con relación al centro de la superficie a la que se aplica el símbolo.		Dirección de las estrías
R	Aproximadamente radiales con respecto a la superficie a la que se aplica el símbolo.		Dirección de las estrías
P	Especial, no direccional ni protuberante.		Dirección de las estrías

**Anexo 1aj:** Símbolos de rugosidad superficial y tolerancias de forma y posición. [23]

**TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN  
SÍMBOLOS E INDICACIONES**

**Características de tolerancia**

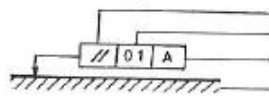
Las tolerancias de forma y posición solamente se especifican cuando son esenciales para asegurar la aptitud de las piezas para su finalidad, asegurando el funcionamiento y la intercambiabilidad, a cuyo efecto se establece la simbolización y la indicación de tolerancias de forma y posición.  
Las superficies reales de la pieza acabada pueden diferir de la forma geométrica propuesta, a condición de que se hallen dentro de las tolerancias de dimensiones.

**TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN. – SÍMBOLOS** TABLA 5 . 8

Características objeto de tolerancia		Símbolo	Características objeto de tolerancia		Símbolo
Forma de elementos aislados	Rectitud	—	Orientación de elementos asociados	Paralelismo	//
	Planicidad	▭		Perpendicularidad ortogonal	⊥
	Redondez	○		Inclinación	∠
	Cilindricidad	⊘	Posición de elementos asociados	Posición	○
	Forma de una línea cualquiera	⌒		Concentricidad o coaxialidad	◎
	Forma de una superficie cualquiera	⌒		Simetría	≡
			Oscilación radial o axial	↗	

**Indicaciones en los dibujos**

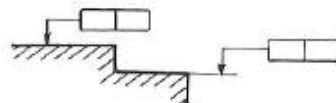
Las indicaciones en un rectángulo dividido en dos o tres cuadros.



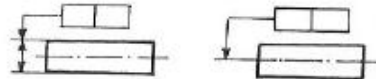
Símbolo de la tolerancia  
Valor de la tolerancia  
Letra de referencia  
Elemento de tolerancia

El rectángulo de referencia se une:

Al contorno del elemento o a una prolongación del contorno cuando se refiere a la línea o a la propia superficie.

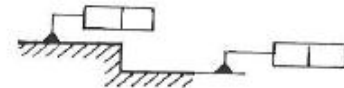


Sobre la línea de cota o sobre el eje, cuando la tolerancia se refiere al eje o plano medio de todos los elementos comunes a este eje o plano medio.

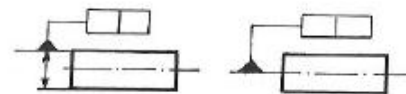


Los elementos de referencia se unen al rectángulo por una línea que termina en un triángulo lleno, cuya base se apoya como sigue:

Sobre el elemento de referencia o sobre su prolongación, pero no la línea de cota.

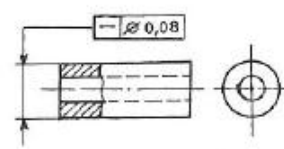
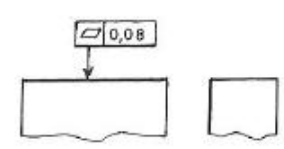
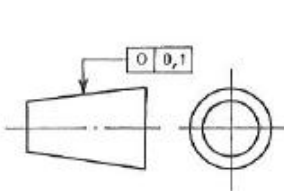
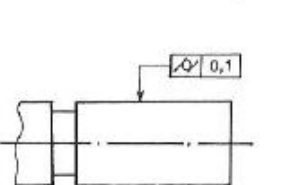
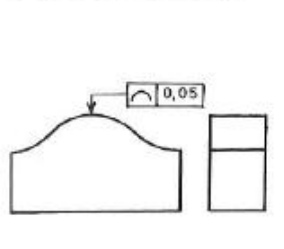
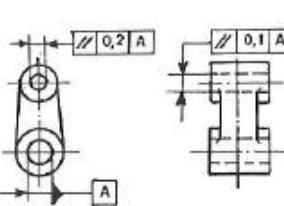


Sobre la proyección de la línea de cota cuando el elemento de referencia es el eje o plano medio de la pieza, o sobre el eje o plano medio de todos los elementos comunes a este eje o plano medio.



Si el rectángulo de tolerancia no puede unirse de un modo claro y simple al elemento de referencia, se utiliza una letra mayúscula.



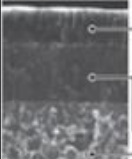
Tolerancias de forma y posición	<b>TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN EJEMPLOS DE APLICACIÓN (1.º)</b>
<b>Definiciones detalladas de tolerancias</b>	
<p>Si la precisión geométrica de un elemento está definida por algún tipo de tolerancia, en algunos casos quedarán controlados otros errores al mismo tiempo. Hay tipos de tolerancia que no controlan otros errores, como el paralelismo no queda definido por la rectitud.</p>	
<b>Ejemplos aclaratorios:</b>	
<p><i>Tolerancia de rectitud de una línea</i></p> <p>El eje del cilindro cuya cota está unida al rectángulo de tolerancias debe quedar dentro de una zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro.</p>	
<p><i>Tolerancia de planicidad</i></p> <p>La superficie debe estar comprendida entre dos planos paralelos separados entre sí 0,08 mm.</p>	
<p><i>Tolerancia de redondez</i></p> <p>La circunferencia de cualquier sección ortogonal debe quedar dentro de una corona circular de 0,1 mm de anchura.</p>	
<p><i>Tolerancia de cilindricidad</i></p> <p>La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales cuyos radios diferencian entre sí 0,1 mm.</p>	
<p><i>Tolerancia de forma de una línea cualquiera</i></p> <p>En cada sección paralela al plano de proyección el perfil considerado debe estar comprendido entre dos líneas envolventes de círculos de 0,05 mm de diámetro, cuyos centros están situados en una línea con el perfil geométrico correcto.</p>	
<p><i>Tolerancia de paralelismo</i></p> <p>El eje superior debe estar comprendido en el interior de un paralelepípedo de 0,2 mm en dirección horizontal de 0,1 mm en dirección vertical paralelo al eje de referencia.</p>	

### **Códigos Generales**

G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)  
G01: Interpolación lineal (maquinando)  
G02: Interpolación circular (horaria)  
G03: Interpolación circular (antihoraria)  
G04: Compás de espera  
G15: Programación en coordenadas polares  
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)  
G21: Comienzo de uso de unidades métricas  
G28: Volver al home de la máquina  
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta  
G41: Compensación de radio de herramienta a la izquierda  
G42: Compensación de radio de herramienta a la derecha  
G50: Cambio de escala  
G68: Rotación de coordenadas  
G73: Ciclos encajonados  
G74: Perforado con ciclo de giro antihorario para descargar virutas  
G76: Alesado fino  
G80: Cancelar ciclo encajonado  
G81: Taladrado  
G82: Taladrado con giro antihorario  
G83: Taladrado profundo con ciclos de retracción para retiro de viruta  
G90: Coordenadas absolutas  
G91: Coordenadas relativas  
G92: Desplazamiento del área de trabajo  
G94: Velocidad de corte expresada en avance por minuto  
G95: Velocidad de corte expresada en avance por revolución  
G98: Retorno al nivel inicial  
G99: Retorno al nivel R  
G107: Programación del 4o eje

**Anexo 1a:** Códigos de color, características de geometría y parámetros de corte de insertos para manufactura de diversos aceros.

**Super diamond coated MC5020**



With high wear resistance and outstanding fracture resistance, MC5020 is ideal for milling for cast iron

- Nano-texture high wear resistance Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- Nano-texture fibrous TiCN
- Special cemented carbide substrate

**Coefficient of friction**

Work Material	Grade	Coefficient of friction		
		Measured at 600 degrees		
		S55C	SUS304	Ti-6Al-4V
<b>P</b> Carbon Steel, Alloy Steel	<b>MP6100</b>	<b>0.4</b>		
<b>M</b> Stainless Steel	<b>MP7100</b>		<b>0.5</b>	
<b>S</b> Titanium Alloy, Heat Resistant Alloy	<b>MP9100</b>			<b>0.3</b>
Conventional		0.7	0.7	0.7

Due to low coefficient of friction compared to conventional products, thereby achieving excellent adhesion resistance.

**Super diamond coated F7030**

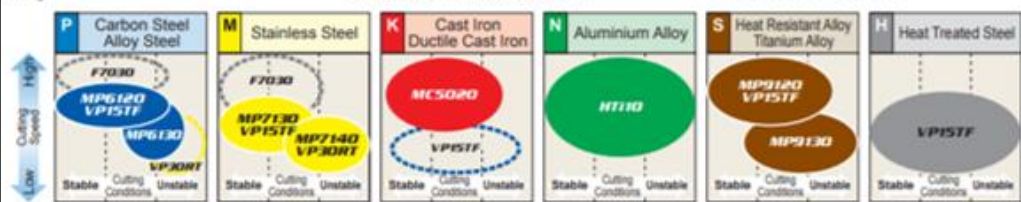
Enables high performance machining of both steel and stainless steels in both dry and wet cutting.

**MIRACLE<sup>®</sup> coated VP15TF**

Stable machining properties are enabled when the coating is combined with a high wear and fracture resistant carbide substrate.


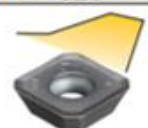

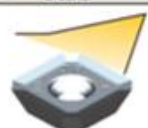
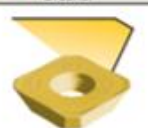
**MIRACLE<sup>®</sup> coated VP30RT**

Ideal for heavy interrupted cutting of stainless and general steels because of the excellent fracture resistance properties.



(Note) When machining steel or stainless steel where the emphasis is on surface finish, use cermet grade NX4545.  
 Stable Cutting : Continuous cutting, Constant depth of cut, Pre-machined securely clamped component cutting  
 Unstable Cutting : Heavy interrupted, Irregular depth of cut, Low clamping rigidity cutting

**CHIPBREAKERS FOR A WIDE RANGE OF APPLICATIONS**

<b>JL</b> Finish to Light cutting Breaker	<b>JM</b> Light to Semi-Heavy cutting Breaker	<b>JH</b> Medium to Heavy cutting Breaker	<b>JP</b> Aluminium alloy cutting Breaker	<b>FT</b> Rough cutting for cast iron Breaker
				
High accuracy insert with ground-finished periphery. Large rake angle leading to low cutting resistance. ⚠Workpiece rigidity is low.	High accuracy M class insert. For a wide range of workpiece materials and cutting conditions. ⚠General cutting.	High accuracy M class insert. Strong cutting edge for high fracture resistance. ⚠Interrupted cutting. ⚠Scaling.	High accuracy insert with ground-finished periphery. Large rake angle and mirror-finished rake face for sharp cutting performance and high welding resistance. ⚠General cutting of aluminium alloy.	High M class inserts. Higher fracture-resistant flat-top inserts. ⚠For rough accuracy machining of scaled cast iron.

**RECOMMENDED CUTTING CONDITIONS WHEN USING A WIPER INSERT**

Work Material	Grade	Recommended Cutting Speed (m/min)
<b>P</b>	VP25N	200 (80—250)
	VP15TF	180 (80—250)
<b>M</b>	VP15TF	120—270
<b>K</b>	MC5020	130—250
	VP15TF	
<b>S</b>	VP15TF	20—50
<b>H</b>	VP15TF	40—80

●Recommended depth of cut (ap) is 0.2mm-0.5mm, and feed per tooth (fz) is up to 0.2mm/t.

Fuente: <http://www.mitsubishicarbide.com/application/files/1914/4843/5339/b017g.pdf>.



**Anexo 1ar:** condiciones de corte recomendadas para los insertos de la figura 42 y 43.

RECOMMENDED CUTTING CONDITIONS										
Work Material	Hardness	Grade	Cutting Speed (m/min)	Finish—Light Cutting		Light—Semi-Heavy Cutting		Medium—Heavy Cutting		
				Feed per Tooth (mm/tooth)	Breaker	Feed per Tooth (mm/tooth)	Breaker	Feed per Tooth (mm/tooth)	Breaker	
P Mild Steel	≤180HB	F7030	280 (210—350)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		MP6120 VP15TF	250 (200—300)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		MP6130	240 (190—290)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		VP30RT	230 (180—280)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		NX4545	180 (130—230)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	—	—	
	Carbon Steel Alloy Steel	180—280HB	F7030	250 (200—300)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP6120 VP15TF	220 (170—270)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP6130	200 (150—230)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			VP30RT	150 (120—180)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			NX4545	150 (120—180)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	—	—
		280—350HB	F7030	180 (130—230)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP6120 VP15TF	140 (100—180)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP6130	120 (90—150)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			VP30RT	100 (80—160)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
NX4545	100 (80—160)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	—	—			
	M Stainless Steel	≤270HB	MP7130 VP15TF	220 (170—270)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP7140 VP30RT	200 (150—250)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			NX4545	150 (120—180)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	—	—
K Cast Iron Ductile Cast Iron	Tensile Strength ≤450MPa	MC5020	200 (150—250)	—	—	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH FT	
	Tensile Strength ≥450MPa	VP15TF	180 (130—250)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		MC5020	110 (80—150)	—	—	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH FT	
N Aluminium Alloy	—	HTi10	650 (300—1000)	0.15 (0.1—0.2)	JP	0.2 (0.1—0.3)	JP	0.3 (0.2—0.4)	JP	
S Titanium Alloy	—	MP9120 VP15TF	50 (40—60)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
		MP9130	45 (30—55)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH	
	Heat Resistant Alloy (Inconel718 etc.)	—	MP9120 VP15TF	40 (20—50)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
			MP9130	35 (15—45)	0.15 (0.1—0.2)	JL	0.2 (0.1—0.3)	JM	0.3 (0.2—0.4)	JH
H Hardened Steel	40—55HRC	VP15TF	80 (60—100)	0.1 (0.05—0.15)	JL	0.15 (0.1—0.2)	JM	0.2 (0.1—0.3)	JH	

● Revolution (min<sup>-1</sup>)=(1000 x Cutting Speed)÷(3.14 x φD1) ● Table Feed (mm/min)=Feed per Tooth x Number of Teeth x Cutter Revolution

Fuente: <http://www.mitsubishicarbide.com/application/files/1914/4843/5339/b017g.pdf>.

- **Anexo 2: Eléctrico**

No aplica

- **Anexo 3: Electrónico**

No aplica

- **Anexo 4: Normas**

**Anexo 4a:** Términos y definiciones según EN 165 y EN 166.

- **Centro visual:** *Punto del ocular correspondiente a la intersección de los planos horizontal y vertical a través de la pupila de la cabeza de prueba especificada en el capítulo 17 de la Norma EN 168:2001, cuando sobre ella se coloca el protector ocular. EN 166, pág. 7.*

- **Clase de protección:** *Está compuesta por un número de código y un número correspondiente al grado de protección:*

- *El número de código indica el tipo de filtro, con excepción de los filtros de soldadura, que para este caso no aplica;*

- **Clase óptica:** *Los oculares de protección de los ojos sin efecto corrector se dividen en tres clases ópticas en función de las tolerancias de fabricación en lo que concierne a sus potencias; esférica, astigmática y prismática. La clase 1 es la clase superior.*

*Se desaconseja el uso prolongado de la clase 3 debido a la presencia de defectos ópticos apreciables.*

- **Diámetro pupilar:** *Diámetro de la abertura del iris de un ojo humano. El diámetro de esta abertura (pupila) puede variar entre 1 y 8 mm.*

- **Distancia focal:** *En una lente, Distancia que separa un plano principal de su foco correspondiente.*

- **Distancia interpupilar:** *Distancia entre los centros de ambos ojos, en mm, cuando la persona está mirando al frente, hacia el infinito. En las normas relativas a la protección*

de los ojos se utiliza una distancia interpupilar de 64mm para los oculares sin efecto corrector.

- **Efecto corrector:** Término utilizado para designar la prescripción de una gafa o de un ocular que compensa una ametropía. Generalmente. La potencia frontal está referida al punto de observación (centro visual) del ocular.

- **Eje óptico:** Recta que une los centros de curvatura de las superficies ópticas.

- **Foco:** Punto en el cual convergen los rayos procedentes de un haz de rayos paralelos al eje óptico de una lente convergente.

- **Gafas de montura integral:** Protectores de los ojos que encierran de manera total la región orbital y está en contacto con el rostro.

- **Gafas de montura universal:** Protectores de los ojos cuyos oculares están acoplados a, o en una montura con soportes laterales (con o sin protectores laterales).

- **Inclinación (de los soportes laterales de gafas):** el ángulo de inclinación es el formado por el plano de los aros porta oculares y la línea media de las patillas.

- **Lente esférica:** Sección radial de la superficie de una esfera.

- **Menisco afocal:** ocular sin efecto dióptrico, que suele constar de dos superficies esféricas, una cóncava y la otra convexa.

- **Meridianos principales:** Meridianos principales de la potencia astigmática de un ocular. Los meridianos principales son los dos planos o superficies que pasan por el centro de curvatura de una lente, donde se encuentra las potencias ópticas.

Secciones rectas de un ocular que pasan por el eje óptico y en las cuales las potencias toman sus valores máximo y mínimo.

- **Montura:** Parte del protector de los ojos o de las gafas de protección que sostiene a los oculares. Puede constar de las partes siguientes: elementos de apoyo, elementos de fijación y elementos extensibles (puente nasal, aros porta oculares y patillas).

- **Ocular:** Parte transparente del protector de los ojos que permite la visión.



- **Potencia refractiva:** La magnitud física que cuantifica ésta propiedad es la Vergencia.

- **Potencia astigmática:** Diferencia entre las potencias máximas de los dos meridianos principales perpendiculares entre sí.

Unidad: metro elevado a -1 [ $m^{-1}$ ]; Denominado: dioptría.

- **Potencia dióptrica; vergencia:** es la inversa de la distancia focal de un ocular.

Unidad: metro elevado a -1 [ $m^{-1}$ ]; Denominado: dioptría.

-- **Potencia esférica:** Potencia de una lente o valor medio de las potencias de los dos meridianos principales.

Unidad: metro elevado a -1 [ $m^{-1}$ ]; Denominado: dioptría.

- **Potencia frontal:** Vergencia de una lente Expresada con referencia a la superficie anterior o posterior. Se expresa en  $m^{-1}$ .

- **Potencia prismática:** Cien veces la razón entre el desplazamiento aparente de un objeto visto a través de un sistema óptico y la distancia del objeto a dicho sistema. Esta magnitud es adimensional. Unidad:  $\frac{cm}{m}$ , llamada dioptría prismática.

- **Protector de los ojos:** Toda forma de equipo de protección que cubra al menos la región de los ojos.

- **Protectores laterales:** Parte del protector de los ojos destinada a protegerlo contra agresiones laterales. [17]

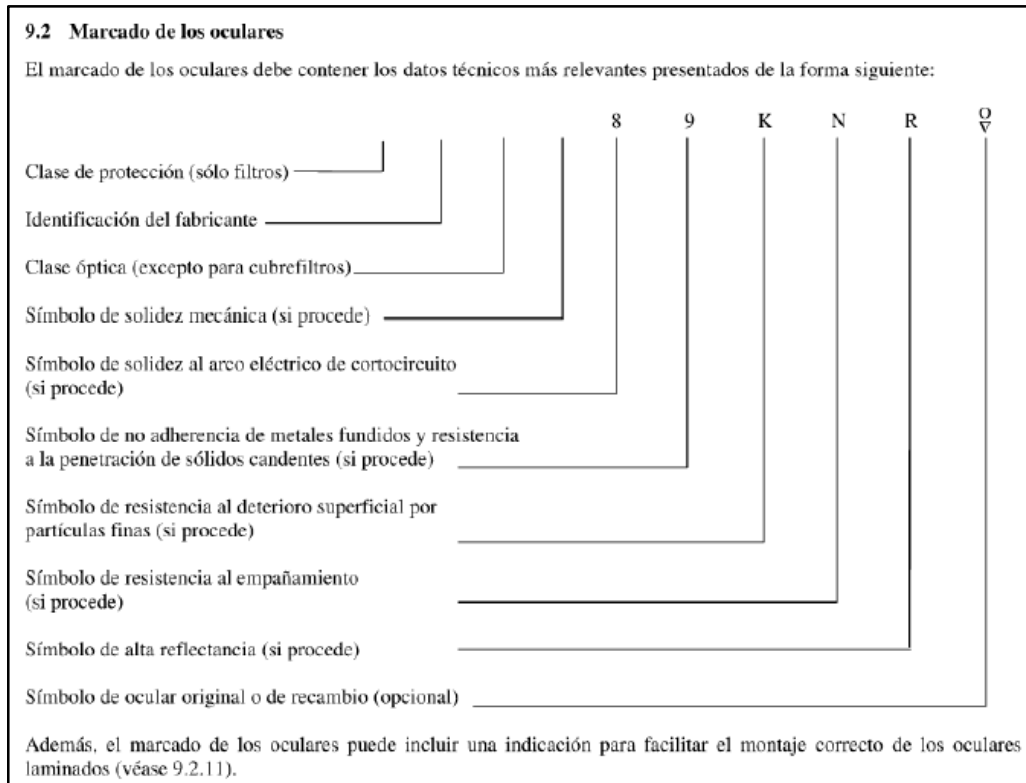
**Anexo 4b. Tolerancias admisibles de potencia refractiva astigmática y esférica.**

Tolerancias admisibles en las potencias refractivas de oculares montados sin efecto corrector y oculares sin montar sin efecto corrector que cubren ambos ojos					
Clase óptica	Potencia refractiva esférica $(D_1 + D_2)/2$ $m^{-1}$	Potencia refractiva astigmática $ D_1 - D_2 $ $m^{-1}$	Diferencia de potencias refractiva prismáticas cm/m		
			Horizontal		Vertical
			base externa	base interna	
1	$\pm 0,06$	0,06	0,75	0,25	0,25
2	$\pm 0,12$	0,12	1,00	0,25	0,25
3	+ 0,12 - 0,25	0,25	1,00	0,25	0,25

NOTA –  $D_1$  y  $D_2$  son las potencias refractivas en los dos meridianos principales. Para la clase óptica 3 los ejes de los meridianos principales deben ser paralelos o formar un ángulo máximo de  $\pm 10^\circ$ .

Fuente: EN 166 apartado 7.1.2.2. [11]

**Anexo 4c. Marcado de oculares según EN 166.**



Fuente: [11].

## - Calendarización

### Proceso de rectificado general de placas molde gafas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																			
Proceso de rectificado de las 8 caras de cada placa o bloque						Caras laterales					Cara superior e inferior								
Elaborado por:		Fabrício Campaña																	
Descripción del proceso:						desbaste		acabado			desbaste		acabado						
En la fresadora convencional de 4 ejes dispuesta por el centro matricero se coloca la cuchilla de la figura 45 con las condiciones del anexo 1x, para el desbaste y ejecución de planitud de las placas con sus esquinas cuadradas a 90°, colocadas con tolerancia de 0,01mm con el reloj de la tabla 7.						b=[mm]	Alto	b=[mm]	Alto	tiempo de los 4 lados	b=[mm]	Ancho	b=[mm]	Ancho	tiempo de los 2 lados				
						L=[m]	0,6	L=[m]	0,6		L=[m]	0,6	L=[m]	0,6					
						Pc=[mm]	0,5	Pc=[mm]	0,05		Pc=[mm]	0,5	Pc=[mm]	0,05					
						Va=[m/min]	15	Va=[m/min]	15		Va=[m/min]	15	Va=[m/min]	15					
						s=[mm]	0,8	s=[mm]	0,8			s=[mm]	0,8						
Elemento						N = número de pasadas		Tiempo de corte [min]		N = número de pasadas		Tiempo de corte [min]		N = número de pasadas		Tiempo de corte [min]			
dimensiones en bruto						dimensiones finales													
Largo			Ancho			Largo			Ancho			Largo			Ancho				
Placa porta molde hembra	235	275	30	230	270	25	9	27	10	30	87	4,5	121,5	10	270	391,5			
Molde hembra	235	235	85	230	230	79	9	77	10	85	247	5,5	126,5	10	230	356,5			
Molde macho	235	235	35	230	230	30	9	32	10	35	102	4,5	103,5	10	230	333,5			
Postizo machos	170	235	65	164	230	59	11	72	10	65	202	5,5	126,5	10	230	356,5			
Placa de respaldo molde macho	235	235	43	230	230	38	9	39	10	43	125	4,5	103,5	10	230	333,5			
Paralelas	235	65	55	230	60	50	9	50	10	55	160	4,5	27	10	60	87			
Placa porta expulsores	235	123	20	230	116	15	9	18	10	20	58	4,5	52,2	10	116	168,2			
Placa de respaldo porta expulsores	235	123	20	230	116	15	9	18	10	20	58	4,5	52,2	10	116	168,2			
Placa porta molde macho	235	275	30	230	270	25	9	27	10	30	87	4,5	121,5	10	270	391,5			
											1123,7					2586,4			
											tiempo total caras laterales (h)		18,7283		tiempo total cara sup. e inf. (h)			43,107	
																tiempo total (h)		61,835	

### Proceso de calendarización placa porta molde hembra, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																				
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																				
Carrera de Ingeniería Mecánica																				
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																				
Elaborado por:		Fabrício Campaña				Componente:					Placa porta molde hembra		Cantidad:		1		Hoja:		2 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc (m/min)	n (rpm)	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)								
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)					Preparación	Mecanizado	Total						
1	Colocación de placa	Colocar la placa previamente rectificadas y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10			10					
2	Desbaste de alojamientos	Aproximar a la medida final de alojamientos de pernos y bujes, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	33,13		38,1					
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y bujes	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	8	2	180	7162,0	2148,6	0,5	5	60,38		65,4					
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	----	----	3200	----	0,05	5	40		45					
													Total (h)		2,64					

Proceso de calendarización molde hembra, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica														
Carrera de Ingeniería Mecánica														
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)														
Elaborado por:		Fabrizio Campaña	Componente:		Molde hembra			Cantidad:			1	Hoja:		3 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)		
					Detalles	Diámetro (mm)	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y bujes, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	89,2	94,2
3	Acabado	Acabado de la línea y superficies de cierre	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	6	2	30	1591,5	477,5	0,2	5	959,3	964,3
4	Acabado detalles ultra pequeños	Acabado final de detalles de espesor	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	6	2	30	1591,5	477,5	0,1	5	1918,6	1923,6
5	Taladrados verticales	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y bujes	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	16	2	60	1193,7	358,1	0,5	5	207,7	212,7
6	Taladrados longitudinales	Taladrado con eje axial de conductos de refrigeración	Fresa 4 ejes	Convencional	Broca	8	3	30	1193,7	537,1	2	5	14,5	19,5
7	Rectificado final	Rectificación de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200			3200		0,05	5	60	65
8	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	4						5	10	45
9	Supercabado	Pulido espejo de las caras internas de las cavidades	Proceso manual aplicando piedras de pulido y pasta de diamante.										2880	2880
10	Electroerosión	Grabación de la marca en la parte frontal de la cavidad hembra	Electrodo de cobre	Semi - Automatico	25A	Cantidad de grabados	2					10	15	40
													<b>Total (h)</b>	<b>104,24</b>

Proceso de calendarización de guías, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica														
Carrera de Ingeniería Mecánica														
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)														
Elaborado por:		Fabrizio Campaña	Componente:		Guías			Cantidad:			4	Hoja:		4 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta		Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)			
					Detalles	# insertos (z)	Diámetro a mecanizar	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del eje	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	120	1273,2	191,0	0,5	5	8,38	13,4
3	Templado	Tratamiento de templado a 870 °C	Enfriamiento de piezas sumergidas en aceite									30		30
4	Acabado	Acabado de la medida final de la guía	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	180	1909,9	286,5	0,5	5	5,59	10,6
													<b>Total (h)</b>	<b>2,3</b>

Proceso de calendarización de bujes, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Bujes					Cantidad:		4		Hoja:		4 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc		n		F		Pc		Tiempo (min)			
					Detalles	# insertos (z)	Diámetro a mecanizar	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10					10	
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	120	1273,2	191,0	0,5	5	4,19					9,19	
3	Templado	Tratamiento de templado a 870	Enfriamiento									30						30	
4	Acabado	Acabado de la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	180	1909,9	286,5	0,5	5	2,79					7,8	
													<b>Total (h)</b>	<b>1,80</b>					

Proceso de calendarización del bebedero, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Bebedero					Cantidad:		1		Hoja:		4 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc		n		F		Pc		Tiempo (min)			
					Detalles	# insertos (z)	Diámetro a mecanizar	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10					10	
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	100	1061,0	159,2	0,5	5	10,1					15,1	
3	Templado	Tratamiento de templado a 870 °C	Enfriamiento de piezas sumergidas en aceite		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30					30	
4	Acabado	Acabado de la medida final de la guía	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	150	1591,5	238,7	0,5	5	6,7					11,7	
													<b>Total (h)</b>	<b>0,61</b>					

Proceso de calendarización molde macho, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Molde macho					Cantidad:		1		Hoja:		2 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc		n		F		Pc		Tiempo (min)			
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10					10	
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y guías, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	33,9					38,9	
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y guías	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabdo	8	2	180	7162,0	2148,6	0,5	5	246,9					251,9	
4	Escariado	Acabado final de agujeros para expulsores y retorna expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Esacriador	4	2	50	3978,9	1193,7	2	5	20,9					25,9	
5	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40					45	
6	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	4						5	10					45	
													<b>Total (h)</b>	<b>6,94</b>					

Proceso de calendarización postizo machos, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica															
Carrera de Ingeniería Mecánica															
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)															
Elaborado por:		Fabrizio Campaña	Componente:		Postizo machos				Cantidad:				1	Hoja:	3 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)			
					Detalles	Diámetro (mm)	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total	
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10	
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y agujeros para espulsores y retorna expulsos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	50,3	55,3	
3	Acabado	Acabado de la línea y superficies de cierre	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	12	2	80	2122,1	636,6	0,2	5	83,5	88,5	
4	Acabado detalles ultra pequeños	Acabado final de detalles de espesor	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	2	2	100	3200	960	0,1	5	1187,4	1192,4	
5	Taladrados verticales	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y bujes	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	12	2	100	2652,6	795,8	0,5	5	667,9	672,9	
6	Taladrados longitudinales	Taladrado con eje axial de conductos de refrigeración	Fresa 4 ejes	Convencional	Broca	8	3	30	1193,7	537,1	2	5	35,5	40,5	
7	Rectificado final	Rectificación de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200			3200		0,05	5	60	65	
8	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	4							10	40	
9	Superacabado	Pulido espejo de las caras internas de las cavidades	Proceso manual aplicando piedras de pulido y pasta de diamante.										2880	2880	
													<b>Total (h)</b>	<b>84,1</b>	

Proceso de calendarización placa de respaldo molde macho, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica															
Carrera de Ingeniería Mecánica															
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)															
Elaborado por:		Fabrizio Campaña	Componente:		Placa de respaldo molde macho				Cantidad:				1	Hoja:	2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)			
					Detalles	Diámetro (mm)	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total	
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10	
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y agujeros para espulsores y retorna expulsos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	42,9	47,9	
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	8	2	180	7162	2148,6	0,5	5	31,3	36,3	
4	Escariado	Acabado final de agujeros para espulsores y retorna expulsos	Fresa CNC	Fanuc	Escariador	4	2	50	3978,9	1193,7	2	5	27,2	32,2	
5	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	----	----	3200	----	0,05	5	40	45	
6	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	4							10	40	
													<b>Total (h)</b>	<b>3,52</b>	

Proceso de calendarización paralelas, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña	Componente:		Paralelas							Cantidad:	2	Hoja:	2 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20		20		
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros pasantes de pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	10	7,4	17,4		
3	Taladrados	Acabado final de agujeros pasantes para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	8	2	180	7162,0	2148,6	0,5	10	53,7	63,7		
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40	50		
													<b>Total (h)</b>	<b>5,03</b>		

Proceso de calendarización placa porta expulsores, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña	Componente:		Placa porta expulsores							Cantidad:	1	Hoja:	2 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20		20		
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros pasantes de pernos y alojamientos de expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	8	4	180	3200	1920	2	10	4,3	14,3		
3	Taladrados	Acabado de la medida final de agujeros pasantes de pernos y alojamientos de expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	6	2	180	3200	960	0,5	10	34,0	44,0		
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40	50		
5	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	2							10	20		
													<b>Total (h)</b>	<b>2,47</b>		

Proceso de calendarización placa de respaldo porta expulsores, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña	Componente:		Placa de respaldo porta expulsores					Cantidad:			1	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20		20		
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	8	4	180	3200	1920	2	10	1,9	11,9		
3	Taladrados	Acabado de la medida final de agujeros de pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	6	2	180	3200	960	0,5	10	15,1	25,1		
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40	50		
													<b>Total (h)</b>	<b>1,8</b>		

Proceso de calendarización placa porta molde macho, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE GAFAS (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña	Componente:		Placa porta molde macho					Cantidad:			1	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10		
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y desahogos, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	200	3183,1	1909,9	2	5	14,9	19,9		
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	12	2	220	5835,7	1750,7	0,5	5	40,8	45,8		
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40	45		
													<b>Total (h)</b>	<b>2,01</b>		



Proceso de calendarización general de placas molde soportes, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																			
Proceso de rectificado de las 8 caras de cada placa o bloque																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Carqas laterales								Cara superior e inferior						
Descripción del proceso:					desbaste				acabado				desbaste				acabado		
En la fresadora convencional de 4 ejes dispuesta por el centro matricero se coloca la cuchilla de la figura 45 con las condiciones del anexo 1x, para el desbaste y ejecución de planitud de las placas con sus esquinas cuadradas a 90°, colocadas con tolerancia de 0,01mm con el reloj de la tabla 7.					b=[mm]	Alto	b=[mm]	Alto	b=[mm]	Ancho	b=[mm]	Ancho	b=[mm]	Ancho	b=[mm]	Ancho			
					L=[m]	0,6	L=[m]	0,6	L=[m]	0,6	L=[m]	0,6							
					Pc=[mm]	0,5	Pc=[mm]	0,05	Pc=[mm]	0,5	Pc=[mm]	0,05							
					Va=[m/min]	15	Va=[m/min]	15	Va=[m/min]	15	Va=[m/min]	15							
s=[mm]	0,8	s=[mm]	0,8	s=[mm]	0,8	s=[mm]	0,8	tiempo de los 4 lados	tiempo de los 2 lados										
dimensiones en bruto			dimensiones finales			N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]			N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]								
Elemento	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]	N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]	N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]	N = número de pasadas	Tiempo de corte [min]					
Placa porta molde hembra	285	307	45	280	300	38	9	41	10	45	131	6,5	195,0	10	300	495,0			
Molde hembra	285	235	57	280	300	50	9	51	10	57	165	6,5	195,0	10	300	495,0			
Molde macho	285	307	55	280	300	50	9	50	10	55	160	4,5	135,0	10	300	435,0			
Placa de respaldo molde macho	285	307	45	280	300	38	9	41	10	45	131	6,5	195,0	10	300	495,0			
Paralelas	285	65	55	230	60	50	109	600	10	55	710	4,5	27	10	60	87			
Placa porta expulsores	285	56	22	280	50	15	9	20	10	22	64	6,5	32,5	10	50	82,5			
Placa de respaldo porta expulsores	285	56	21	280	50	15	9	19	10	21	61	5,5	27,5	10	50	77,5			
Placa porta molde macho	285	307	31	280	300	25	9	28	10	31	90	5,5	165,0	10	300	465,0			
											1509,9					2632			
											<b>tiempo total caras laterales (h)</b>	<b>25,165</b>	<b>tiempo total cara sup. e inf. (h)</b>		<b>43,8667</b>		<b>tiempo total (h)</b>	<b>69,0317</b>	

Proceso de calendarización placa porta molde hembra, gafas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																		
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																		
Carrera de Ingeniería Mecánica																		
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																		
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Placa porta molde hembra								Cantidad:		1	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc (m/min)	n (rpm)	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)						
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)					Preparación	Mecanizado	Total				
1	Colocación de placa	Colocar la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10				10		
2	Desbaste de alojamientos	Aproximar a la medida final de alojamientos de pernos y bujes, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	66,32			71,3		
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y bujes	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	8	2	60	3600,0	1080,0	0,5	5	244,10			249,1		
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40			45		
													<b>Total (h)</b>	<b>6,26</b>				

Proceso de calendarización molde hembra soportes

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:			Molde hembra			Cantidad:			1		Hoja:		3 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc (m/min)	n rpm	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)							
					Detalles	Diámetro (mm)	# insertos (z)					Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10			10				
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y guías, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	87,3		92,3				
3	Acabado	Acabado de la línea y superficies de cierre	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabado	6	2	30	1591,5	477,5	0,2	5	955,6		960,6				
5	Taladrados verticales	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y guías	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	16	2	60	1193,7	358,1	0,5	5	204,2		209,2				
6	Taladrados longitudinales	Taladrado con eje axial de conductos de refrigeración	Fresa 4 ejes	Convencional	Broca	8	3	30	1193,7	537,1	2	5	11,0		16,0				
7	Rectificado final	Rectificación de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200			3200		0,05	5	60		65				
8	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=		4					5	10		45				
9	Grabado de marca	Grabado con buril de detalles ultra pequeños	Fresa CNC	Fanuc	Buril	1	3	30	9549,3	4297,2	2	5	1,8		6,8				
													<b>Total (h)</b>	<b>23,41</b>					

Proceso de calendarización bujes, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:			Bujes			Cantidad:			4		Hoja:		4 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta		Diámetro a mecanizar	Vc (m/min)	n rpm	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)							
					Detalles	# insertos (z)						Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10			10				
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	120	1273,2	191,0	0,5	5	4,19		9,19				
3	Templado	Tratamiento de templado a 870 °C	Enfriamiento									30			30				
4	Acabado	Acabado de la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	180	1909,9	286,5	0,5	5	2,79		7,8				
													<b>Total (h)</b>	<b>1,80</b>					

Proceso de calendarización guías, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																			
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																			
Carrera de Ingeniería Mecánica																			
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																			
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:			Guías			Cantidad:			4		Hoja:		4 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta		Diámetro a mecanizar	Vc (m/min)	n rpm	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)							
					Detalles	# insertos (z)						Preparación	Mecanizado	Total					
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10			10				
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del eje	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	120	1273,2	191,0	0,5	5	8,38		13,4				
3	Templado	Tratamiento de templado a 870 °C	Enfriamiento de piezas sumergidas en aceite									30			30				
4	Acabado	Acabado de la medida final de la guía	Torno	Convencional	Carburo de tungsteno	1	30	180	1909,9	286,5	0,5	5	5,59		10,6				
													<b>Total (h)</b>	<b>2,3</b>					

Proceso de calendarización bebedero, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica														
Carrera de Ingeniería Mecánica														
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)														
Elaborado por:		Fabrico Campaña	Componente:		Bebedero			Cantidad:			1	Hoja:	4 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta		Diámetro a mecanizar	Vc (m/min)	n (rpm)	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)		
					Detalles	# insertos (z)						Preparación	Mecanizado	Total
1	Colocación de placa	Colocación del eje alineado a su centro	Reloj palpador	Manual	-----	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10
2	Desbaste	Aproximación a la medida final del cilindro	Torno	Convencional	Carbu de tungsteno	1	30	100	1061,0	159,2	0,5	5	10,1	15,1
3	Templado	Tratamiento de templado a 870 °C	Enfriamiento de piezas sumergidas en aceite	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	30		30
4	Acabado	Acabado de la medida final de la guía	Torno	Convencional	Carbu de tungsteno	1	30	150	1591,5	238,7	0,5	5	6,7	11,7
													<b>Total (h)</b>	<b>0,61</b>

Proceso de calendarización molde macho, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO														
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica														
Carrera de Ingeniería Mecánica														
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)														
Elaborado por:		Fabrico Campaña	Componente:		Molde macho			Cantidad:			1	Hoja:	2 de 13	
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta		Vc (m/min)	n (rpm)	F (mm/min)	Pc (mm)	Tiempo (min)			
					Detalles	Diámetro # insertos (z)					Preparación	Mecanizado	Total	
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y bujes, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	87,3	92,3
3	Taladrados verticales	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos y bujes	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	8	2	80	3600,0	1080,0	0,5	5	1284,7	1289,7
4	Taladrados longitudinales	Taladrado con eje axial de conductos de refrigeración	Fresa 4 ejes	Convencional	Broca	8	3	30	1193,7	537,1	2	5	645,8	650,8
5	Esariado	Acabado final de agujeros para expulsores y retorna expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Esacriador	4	2	50	3978,9	1193,7	2	5	42,2	47,2
6	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40	45
7	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=		4					5	10	45
8	Grabado de marca	Grabado con buril de detalles ultra pequeños de normativa	Fresa CNC	Fanuc	Buril	1	2	50	3600,0	1080,0	0,2	5	26,1	248,9
													<b>Total (h)</b>	<b>40,48</b>

Proceso de calendarización placa de respaldo molde macho, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																	
Carrera de Ingeniería Mecánica																	
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																	
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Placa de respaldo molde macho					Cantidad:		1	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)					
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total			
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10		10			
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y agujeros para espulsores y retorna espulsores	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	5	66,3	71,3			
3	Taladrados verticales	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	8	2	180	7162	2148,6	0,5	5	49,1	54,1			
5	Escariado	Acabado final de agujeros para espulsores y retorna espulsores	Fresa CNC	Fanuc	Escariador	4	2	50	3978,9	1193,7	2	5	43,0	48,0			
6	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40	45			
7	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=	4							10	40			
													<b>Total (h)</b>	<b>#REF!</b>			

Proceso de calendarización paralelas, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																	
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																	
Carrera de Ingeniería Mecánica																	
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																	
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Paralelas					Cantidad:		2	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)					
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total			
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20		20			
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros pasantes de pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	180	2864,8	1718,9	2	10	7,4	17,4			
3	Taladrados	Acabado final de agujeros pasantes para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	8	2	180	3800,0	1140,0	0,5	10	101,2	111,2			
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40	50			
													<b>Total (h)</b>	<b>6,62</b>			

Proceso de calendarización placa porta expulsores, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Placa porta expulsores					Cantidad:		1	Hoja:	2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20			20	
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros pasantes de pernos y alojamientos de expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	8	4	180	3200	1920	2	10	5,2		15,2	
3	Taladrados	Acabado de la medida final de agujeros pasantes de pernos y alojamientos de expulsores	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	6	2	180	3200	960	0,5	10	41,1		51,1	
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40		50	
5	Roscado	Roscado de los alojamientos para pernos, ver plano de hoja	Machuelo	Manual	Numero de roscas=		2						10		20	
													<b>Total (h)</b>	<b>2,60</b>		

Proceso de calendarización placa de respaldo porta expulsores, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica																
Carrera de Ingeniería Mecánica																
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)																
Elaborado por:		Fabricio Campaña			Componente:		Placa de respaldo porta expulsores					Cantidad:		1	Hoja:	2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)				
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total		
1	Colocación de placa	Colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	20			20	
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de agujeros para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	8	4	180	3200	1920	2	10	2,3		12,3	
3	Taladrados	Acabado de la medida final de agujeros de pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	6	2	180	3200	960	0,5	10	18,3		28,3	
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	10	40		50	
													<b>Total (h)</b>	<b>1,8</b>		

Proceso de calendarización placa porta molde macho, soportes.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica															
Carrera de Ingeniería Mecánica															
CALENDARIZACIÓN MOLDE SOPORTES (Proceso)															
Elaborado por:		Fabricio Campaña		Componente:		Placa porta molde macho				Cantidad:		1	Hoja:		2 de 13
Etapa	Proceso	Descripción	Equipo	Sist. Control	Herramienta			Vc	n	F	Pc	Tiempo (min)			
					Detalles	Diámetro	# insertos (z)	(m/min)	rpm	(mm/min)	(mm)	Preparación	Mecanizado	Total	
1	Colocación de placa	colocación la placa previamente rectificada y se alinea junto con la herramienta	Reloj palpador	Manual	-----	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10			10
2	Desbaste de alojamientos	Aproximación a la medida final de alojamientos de pernos y desahogos, para un posterior acabado.	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de desbaste	20	4	200	3183,1	1909,9	2	5	19,6		24,6
3	Taladrados	Acabado final de agujeros de alojamientos para pernos	Fresa CNC	Fanuc	Herramienta de acabados	12	2	220	3800,0	1140,0	0,5	5	83,3		88,3
4	Rectificado final	Acabado de la cara superior e inferior dando planitud a las caras de contacto	Rectificado Abrasivo	Convencional	Disco abrasivo	200	-----	-----	3200	-----	0,05	5	40		45
													<b>Total (h)</b>	<b>2,80</b>	

Costos de manufactura

Costos totales del molde gafas				Costos totales del molde soportes			
unidad	costo operario máquina \$/h	# de horas h	costo final \$	unidad	costo operario máquina \$/h	# de horas h	costo final \$
Fresa 4 ejes convencional	10,0	62,8	628,3	Fresa 4 ejes convencional	10,0	80,1	801,4
Fresa CNC	20,0	99,7	1994,2	Fresa CNC	20,0	59,0	1180,0
Torno	15,0	3,2	47,6	Torno	15,0	3,2	47,6
Rectificadora plana de disco	15,0	7,7	115,0	Rectificadora plana de disco	15,0	6,6	98,8
Electroerosión	20,0	0,7	13,3	Electroerosión	20,0	0,1	2,3
Roscado (manual)	5,0	5,5	27,5	Roscado (manual)	5,0	4,7	23,3
Pulido (manual)	15,0	96,0	1440,0	<b>costo total de mecanizado (\$)</b>			<b>2153,4</b>
<b>costo total de mecanizado (\$)</b>			<b>4266,0</b>	costo de materiales (\$)			495,7
costo de materiales (\$)			713,2	<b>costo del molde gafas (\$)</b>			<b>2649,1</b>
<b>costo del molde gafas (\$)</b>			<b>4979,2</b>	<b>Suma Total</b>			<b>7628,4</b>

## Fotografías calendarización

Fotografía 1, placas en bruto de varias piezas. Fuente: Autor.



Fotografía 2, rectificado de placas en bruto de dos piezas. Fuente: Autor.





Fotografía 3, rectificado de bloque en bruto de hembra gafas. Fuente: Autor.



Fotografía 4, rectificado de bloque hembra gafas. Fuente: Autor.





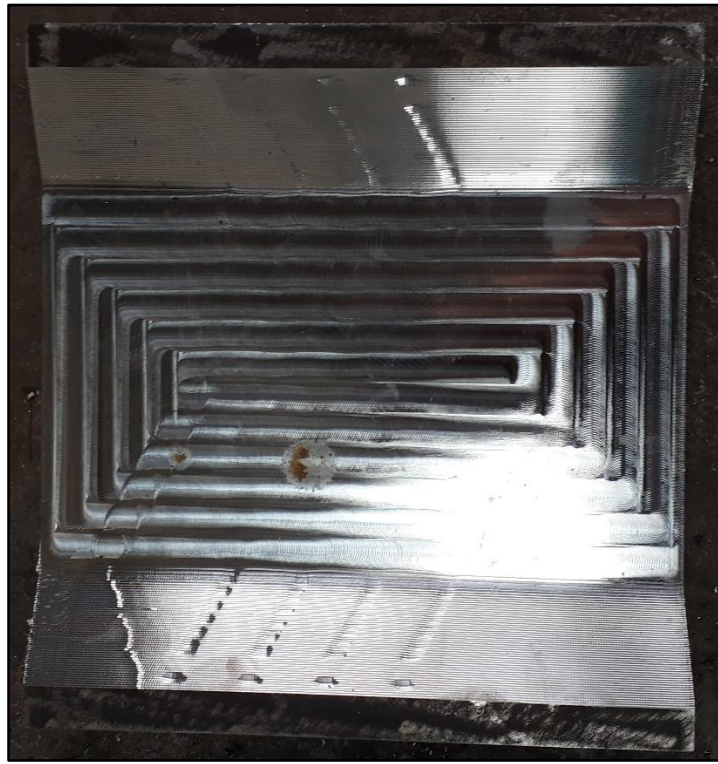
Fotografía 5, acabado y taladrados molde hembra gafas. Fuente: Autor.



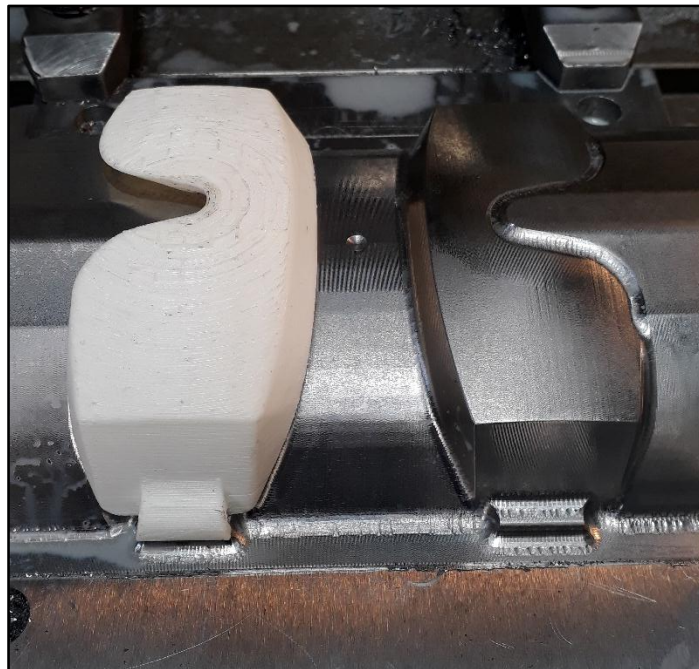
Fotografía 6, desbaste, taladrados molde macho gafas. Fuente: Autor.



Fotografía 7, desbaste molde hembra patillas. Fuente: Autor.



Fotografía 8, desbaste molde macho gafas, comparación con impresión 3D. Fuente: Autor.





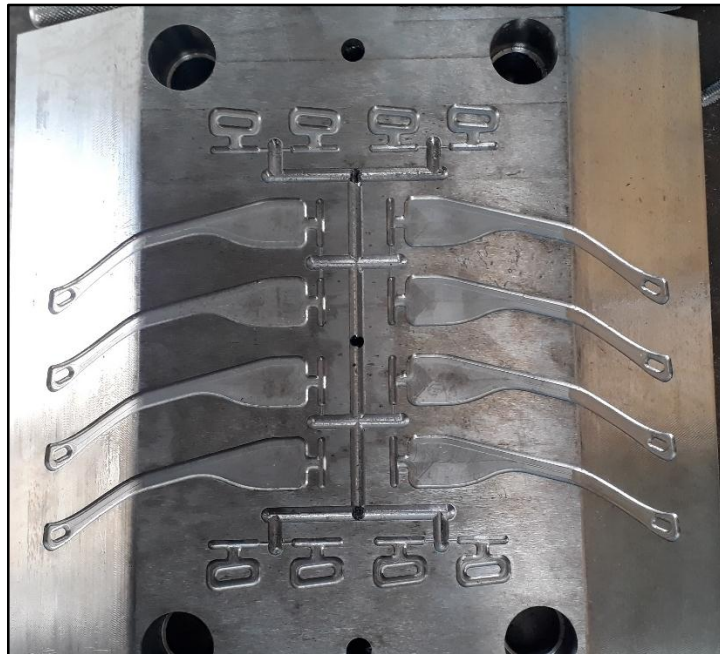
Fotografía 9, acabado molde macho gafas, comparación con impresión 3D. Fuente: Autor.



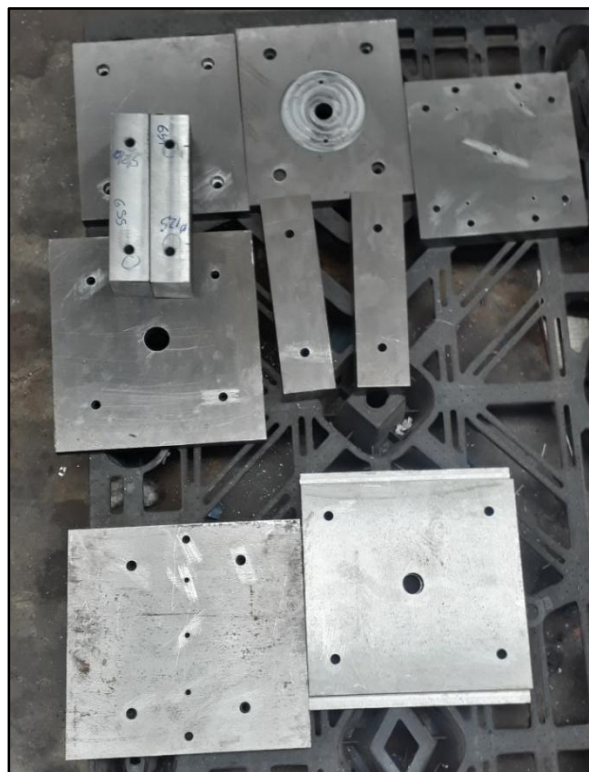
Fotografía 10, molde macho gafas. Fuente: Autor.



Fotografía 11, molde macho soportes. Fuente: Autor.



Fotografía 12, placas de respaldo y sujeción. Fuente: Autor.



Fotografía 13, moldes ensamblados. Fuente: Autor.



Fotografía 14, medición de rugosidad molde macho gafas. Fuente: Autor.







Fotografía 15, impresiones 3D con orificios de campo de visión. Fuente: Autor



- **Ficha técnica gafas Halley 1 F**

Ficha Técnica Gafas Halley 1 F		
<b>Fabricante:</b>	HALLEYCORPORACION C. L.	 <p>Superficie superior anatómica, protege y permite fuga de vapor por transpiración de ojos y piel</p> <p>Ángulo de visión 160° &lt; sin obstrucciones</p>
<b>Diseñado por:</b>	Fabricio Campaña Cortés	
<b>Norma:</b>	EN 166:2001	
<b>Producto:</b>	Gafas Halley 1F	
<b>Símbolo de impacto</b>	F (partículas a alta velocidad, baja energía)	
<b>Clase:</b>	1 (permite uso permanente)	
<b>Peso del producto:</b>	36 g	
<b>Material del cuerpo:</b>	Polycarbonato de alto impacto	
	Color: Transparente, Verde, Naranja	
<b>Material de las patillas:</b>	Polipropileno (suave e inerte antialérgico)	
	Color: Negro	
<b>Puente nasal</b>	Ergonómico para contacto con la nariz	 <p>Protecciones inferiores, diseño ergonómico y curvaturas anatómicas que se adaptan al rostro</p>
<b>Tipo de protector:</b>	Gafas de montura integral	
<b>Accesorios:</b>	Montura integral con patillas	
	Montura integral con banda elástica (permite compatibilidad con cascos y orejeras auditivas)	
	No contiene pines metálicos	
<b>Aplicaciones:</b>	Construcción	
	Matricería	
	Agroindustria	
	Deportes (ciclismo de montaña, motociclismo)	
	Odontología	
	Actividades donde existe proyección de partículas por arranque de viruta	
<b>Empaque:</b>	Funda plástica sellada	<p>Las gafas Halley 1F es el equipo de protección personal que te proporciona un resguardo integral en el rostro (zona ocular) ante partículas proyectadas a alta velocidad, baja energía, brindandote un ajuste ergonómico que se adapta a diversas anatomías, a más de su peso ligero te permite una visión amplia del entorno, su diseño es versátil y aerodinámico, que también te permite usarlas en deportes extremos. Un producto que solo HALLEYCORPORACION C. L. te ofrece.</p>
<b>Instrucciones de uso:</b>	Abrir la funda y extraer el producto	
	No manipular los oculares, sujetese de las patillas para evitar rayaduras y manchas	
	Si usa casco u orejeras, cambiar el acople de banda elástica, usando guantes no abrasivos y sin tener contacto con el lente, accionando ligeramente la patilla hacia su lado exterior	
	Si las gafas se posicionan desigual en su rostro, doblar la patilla opuesta al lado desigual, hacia adentro ejerciendo mayor presión en el lado opuesto a la desigualdad. Al hacer esto observará los cambios inmediatamente y cubrirá su rostro de manera simétrica.	<b>Recomendación para el fabricante:</b>
	No tener contacto con los oculares al momento de extraer da la máquina inyectora (manipular desde la mazarota)	
	Calificar para soldadura	
		Desarrollar líquido antiempañante

- **Certificado de conformidad emitido por HALLEY CORPORACIÓN C. L.**

 RUC. 1891756212001	<b>HALLEY CORPORACIÓN</b> <b>Imaginación sin límites...</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------

**CERTIFICADO**

Ambato, 10 de Julio del 2019

A quien corresponda.

CERTIFICO que el señor FABRICIO GERMÁN CAMPAÑA CORTÉS, con C.C: 1804235644, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, realizó el Trabajo de Titulación bajo el Tema: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE INYECCIÓN DE GAFAS DE SEGURIDAD DE LA EMPRESA ARAKIPROD CIA. LTDA”, haciendo uso de los recursos materiales, técnicos y humanos en nuestra planta de producción en la ciudad de Ambato, mismos que nos comprometimos desde un inicio en apoyar durante el tiempo que desarrolló el proyecto técnico en nuestras instalaciones.

Proyecto que consta de dos moldes de inyección para la obtención del producto “gafas de seguridad”, con lo cual ratifico la conformidad con el trabajo dando por finalizado en cuanto a las competencias del autor.

Anticipo también que, bajo legalidad, la empresa ha cambiado su nombre, a HALLEYCORPORACION C. L. con ruc 1891756212001, con la finalidad de que el autor no presente inconvenientes legales por el tema del proyecto planteado, que consta con el nombre anterior de la empresa.

En mi calidad de Gerente General de la Empresa HALLEYCORPORACION C. L. y en nombre de la institución a la cual represento, es todo lo que puedo comunicar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente certificado en lo que estime conveniente.

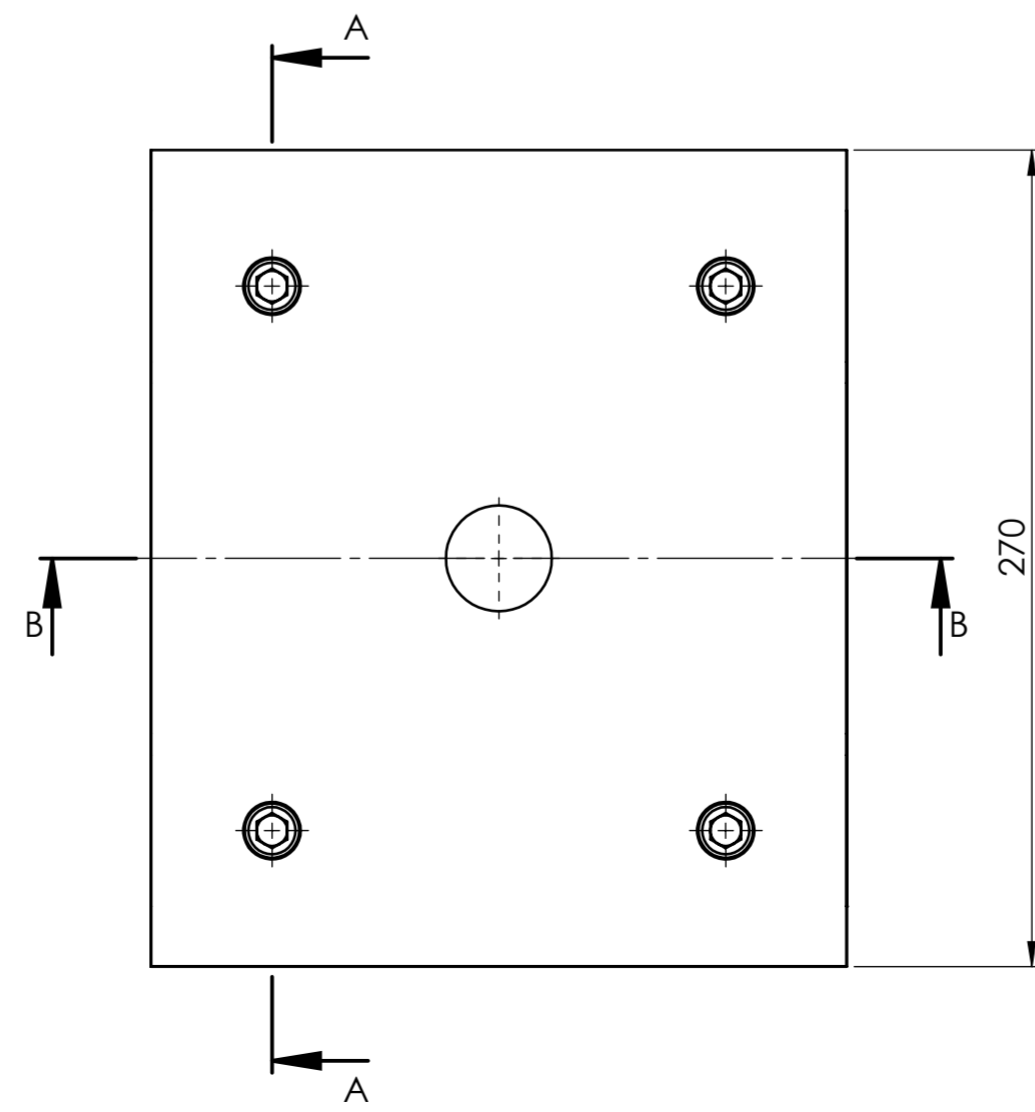
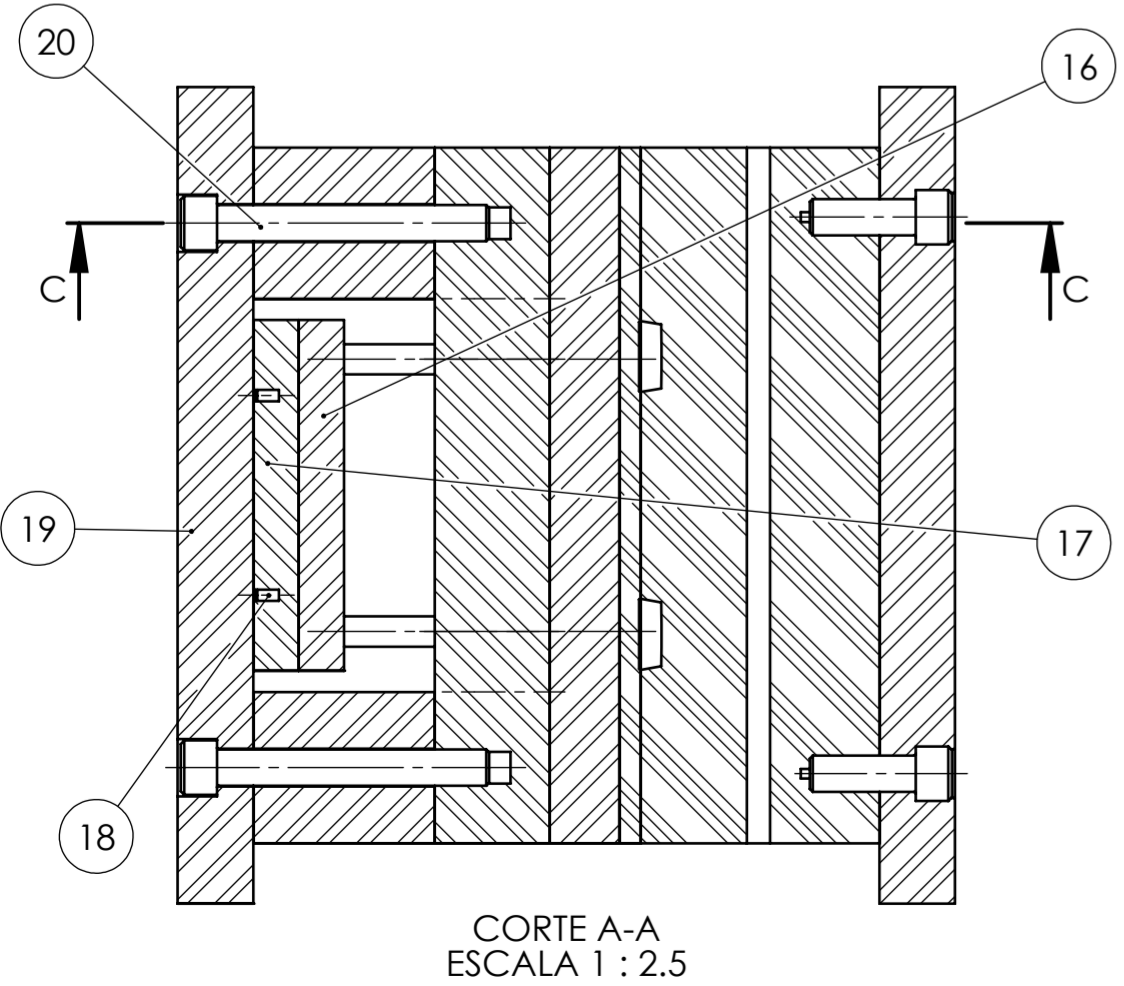
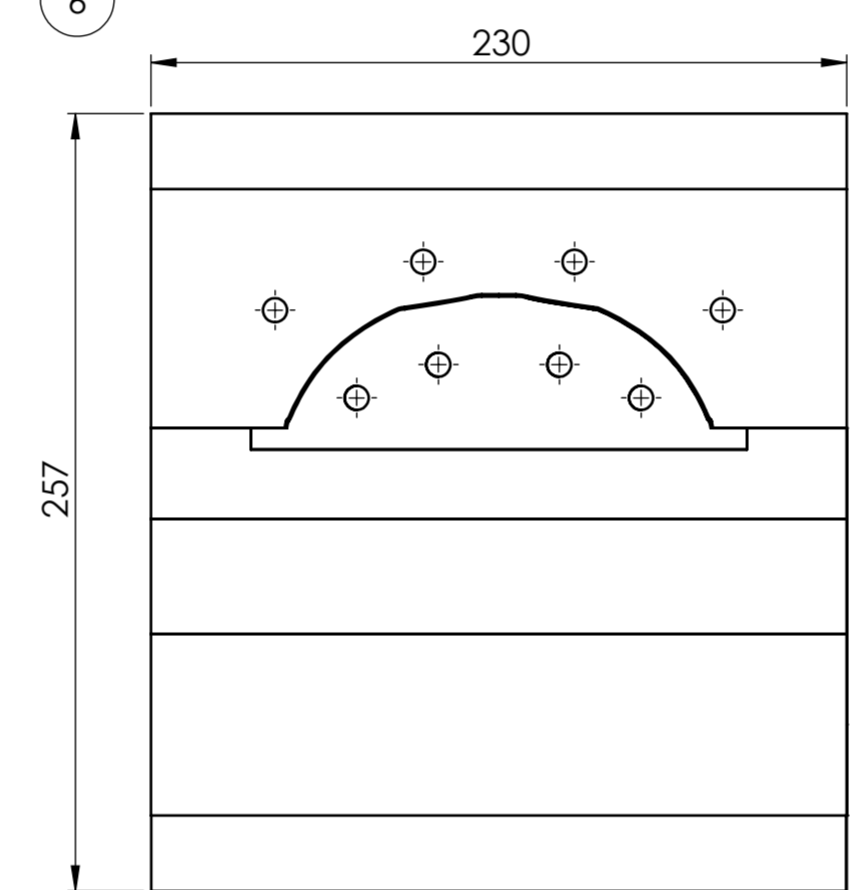
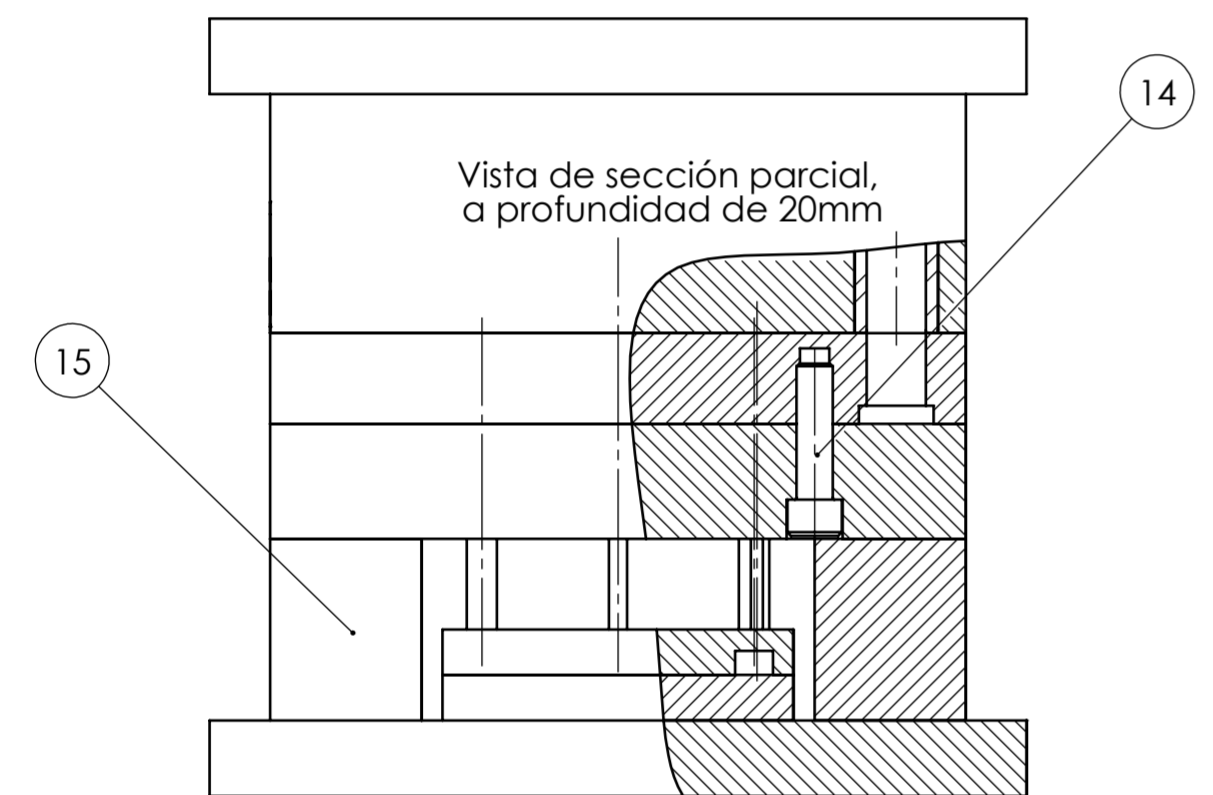
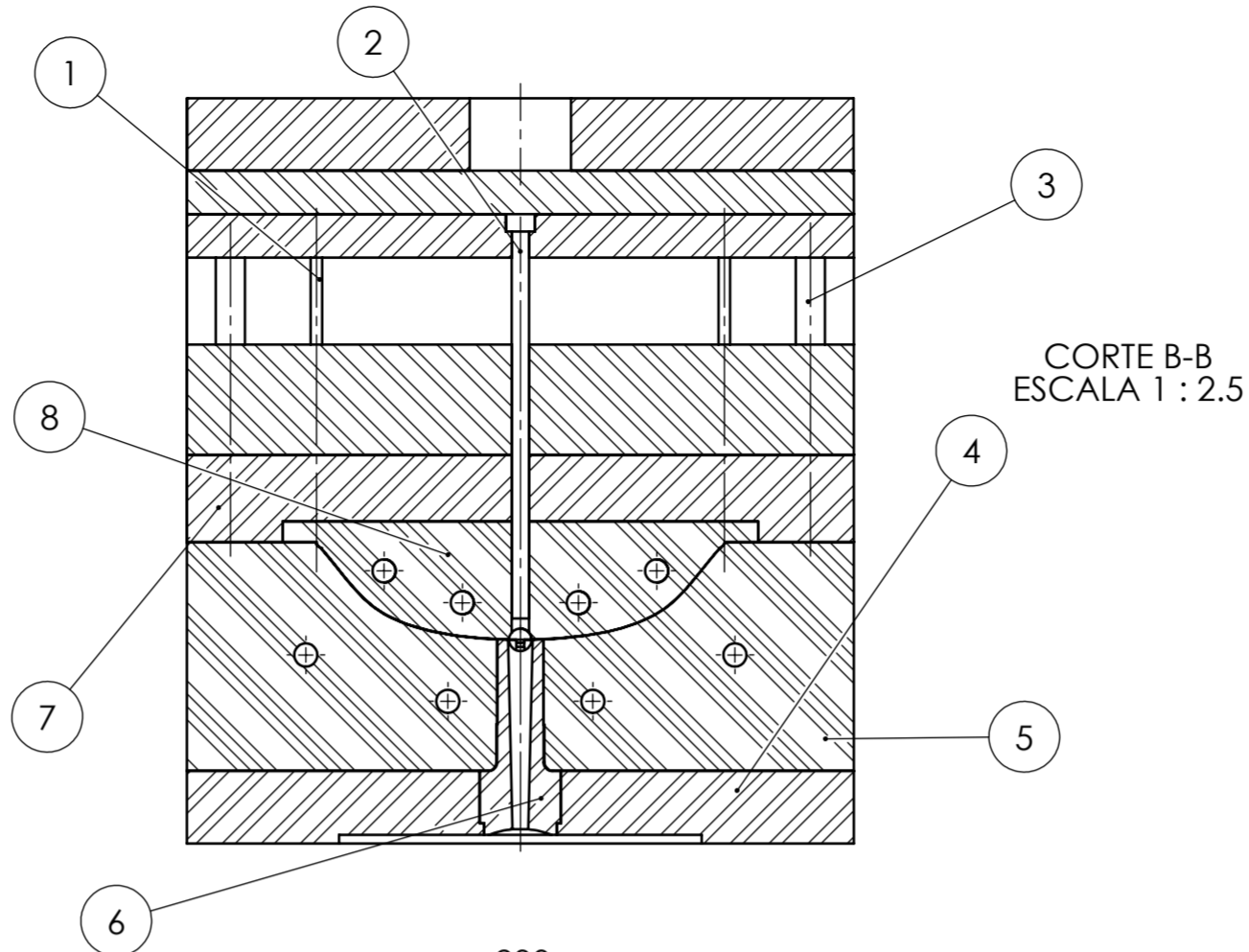
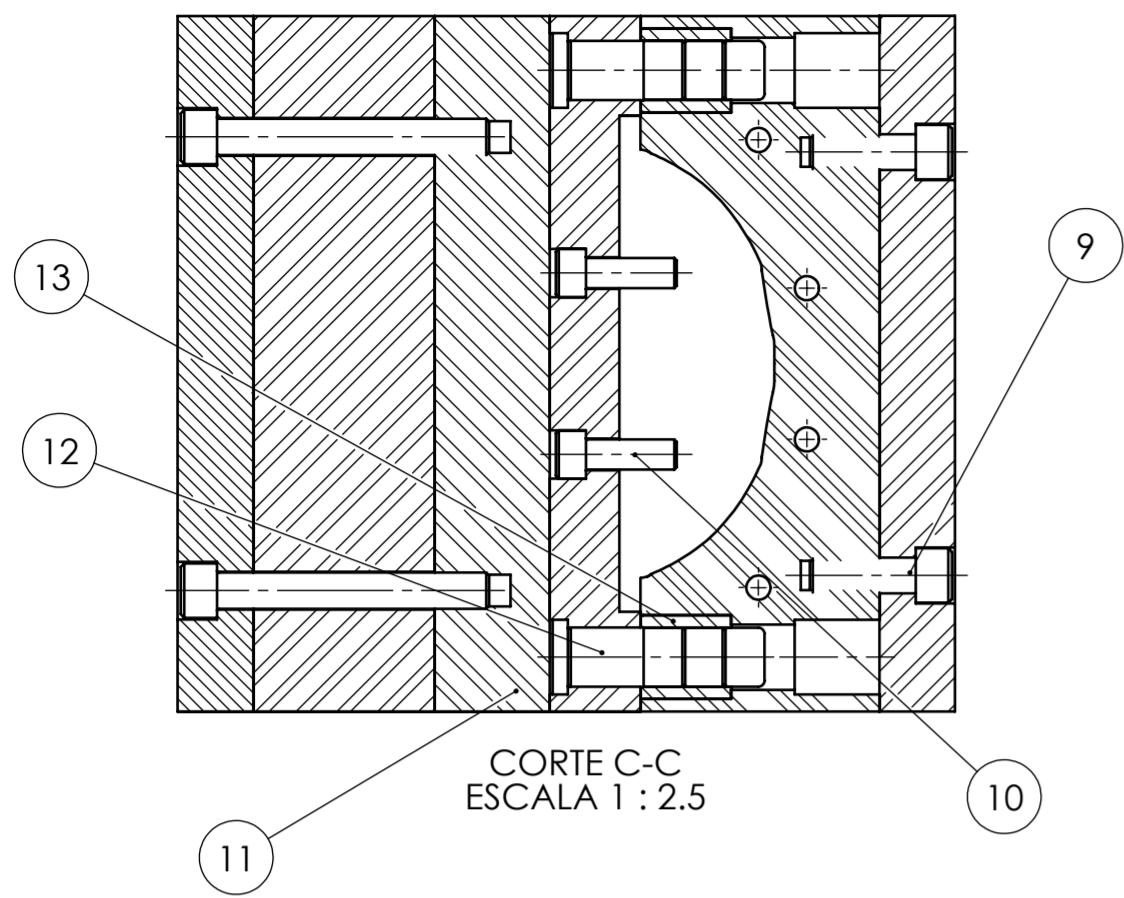
Sin otro particular y para constancia establezco mi firma y sello de la empresa.

  
.....  
Ing. Claudia Palacios  
GERENTE GENERAL

Matriz: Barrio San Miguel, Montalvo. Ambato - Ecuador  
Teléfonos: (03) 2457248 - (03) 2457319  
Email: halley@halleycorporacion.com.ec / cpalacios@halleycorporacion.com.ec  
www.halleycorporacion.com.ec

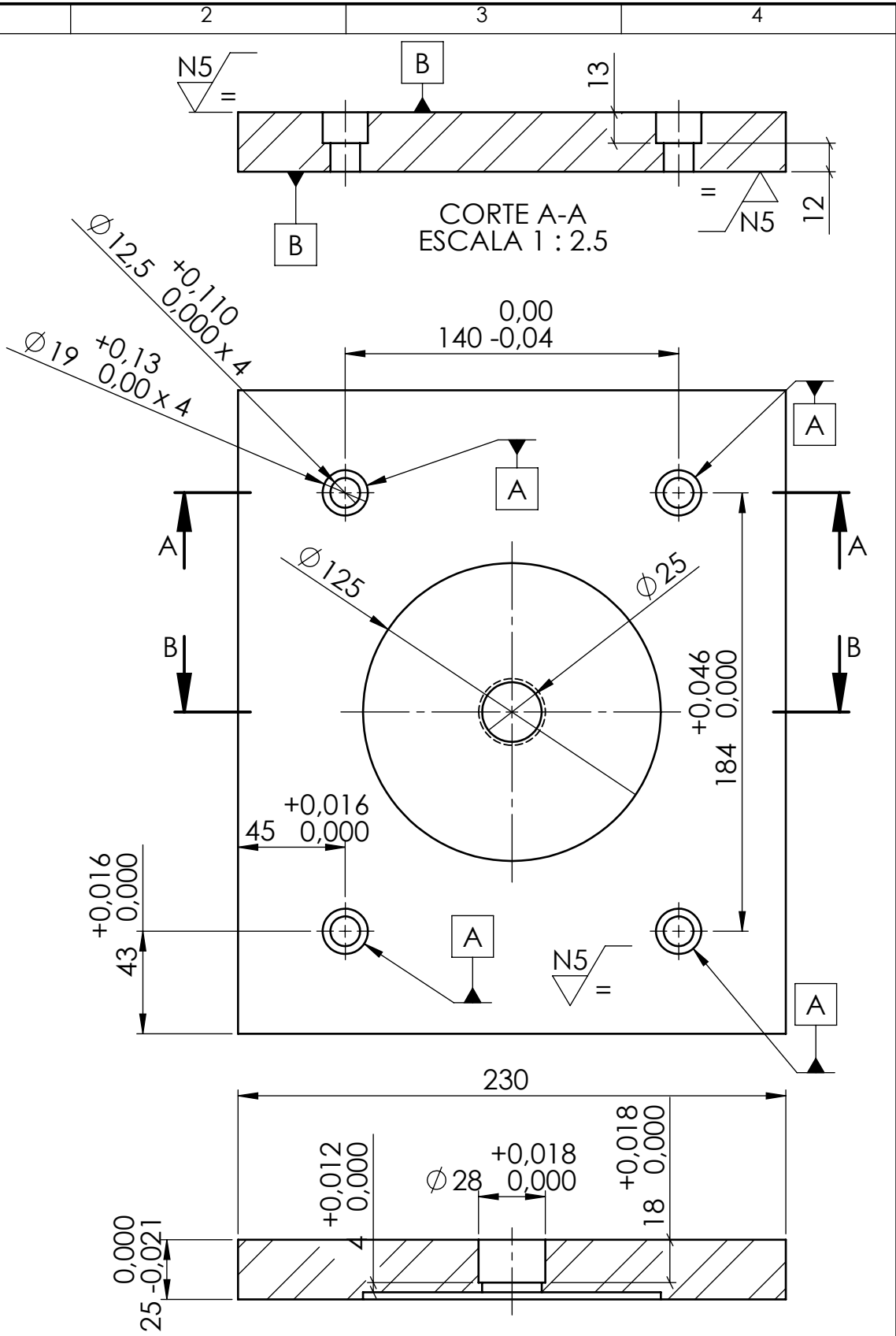
- **Planos**





No. de piezas	Denominación	No. Norma/Dibujo	Material	No. Orden	No. del modelo/Semiproducto	Peso Kg/Pieza	Observaciones
4	Perno	ANSI B18.3.1		20	M12 x 1.75 x 80		
1	Placa porta molde macho Gafas	13 de 13	AISI 1010	19		11.86	
4	Perno	ANSI B18.3.1		18	M8 x 1.25 x 20		
1	Placa de respaldo porta expulsores MG	12 de 13	AISI 1010	17		3.09	
1	Placa porta expulsores MG	11 de 13	AISI 1010	16		3.06	
2	Paralela molde Gafas	10 de 13	AISI 1010	15		5.31	
4	Perno	ANSI B18.3.1		14	M12 x 1.75 x 45		
4	Buje molde hembra Gafas	9 de 13	AISI 4340	13		0.07	
4	Guía molde hembra Gafas	8 de 13	AISI 4340	12		0.17	
1	Placa de respaldo molde macho Gafas	7 de 13	AISI 1010	11		15.46	
4	Perno	ANSI B18.3.1		10	M10 x 1.75 x 30		
4	Perno	ANSI B18.3.1		9	M10 x 1.75 x 35		
1	Postizo macho Gafas	6 de 13	AISI P20	8		9.94	
1	Molde macho Gafas	5 de 13	AISI 1010	7		9.85	
1	Bebedero molde Gafas	4 de 13	AISI 4340	6		0.15	
1	Molde hembra Gafas 2 cavidades	3 de 13	AISI P20	5		22.32	
1	Placa porta molde hembra Gafas	2 de 13	AISI 1010	4		11.66	
4	Pin retorna expulsores	DIN 1530		3			
1	Expulsor central Gafas	DIN 1530		2			
4	Pin expulsor lateral Gafas	DIN 1530		1			
Tolerancia:		± 1		Peso:		99.17 Kg	
Fecha:		2/7/2019		Material:		VARIOS	
Dibujo:		2/7/2019		Título:		Molde Gafas	
Revisó:		17/7/2019		Escala:		1:2.5	
Aprobó:		17/7/2019		N. Lámina:		HOJA 1 DE 13	
Edición:		Modificación:		Sustitución:		Registro:	
UTA INGENIERÍA MECÁNICA							

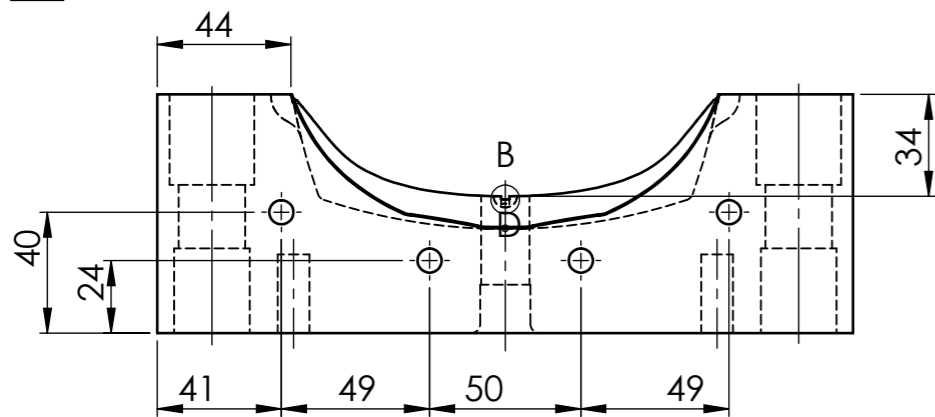
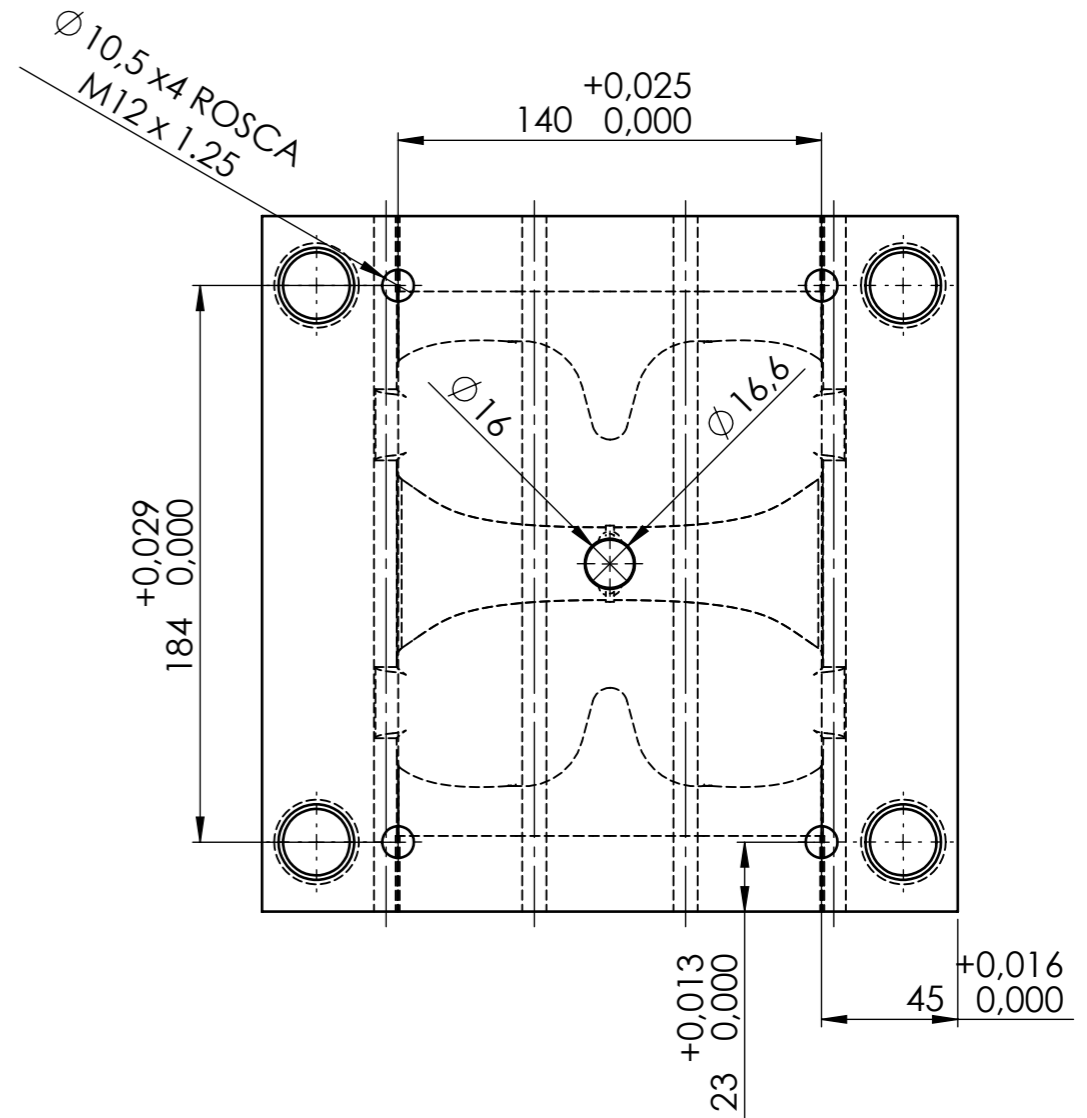
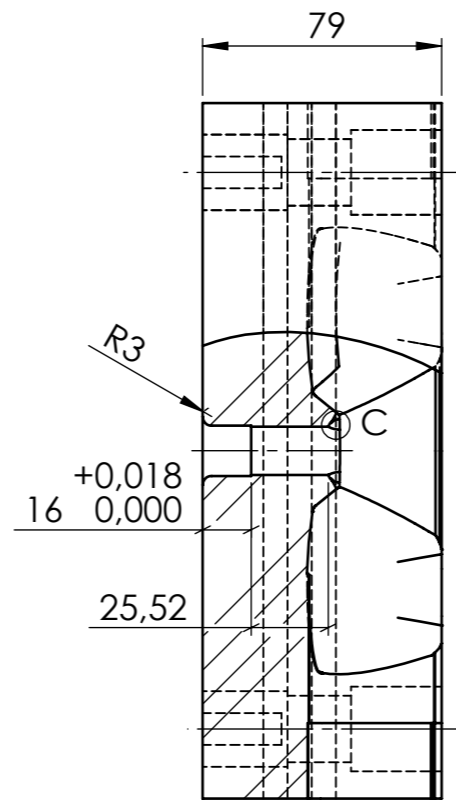
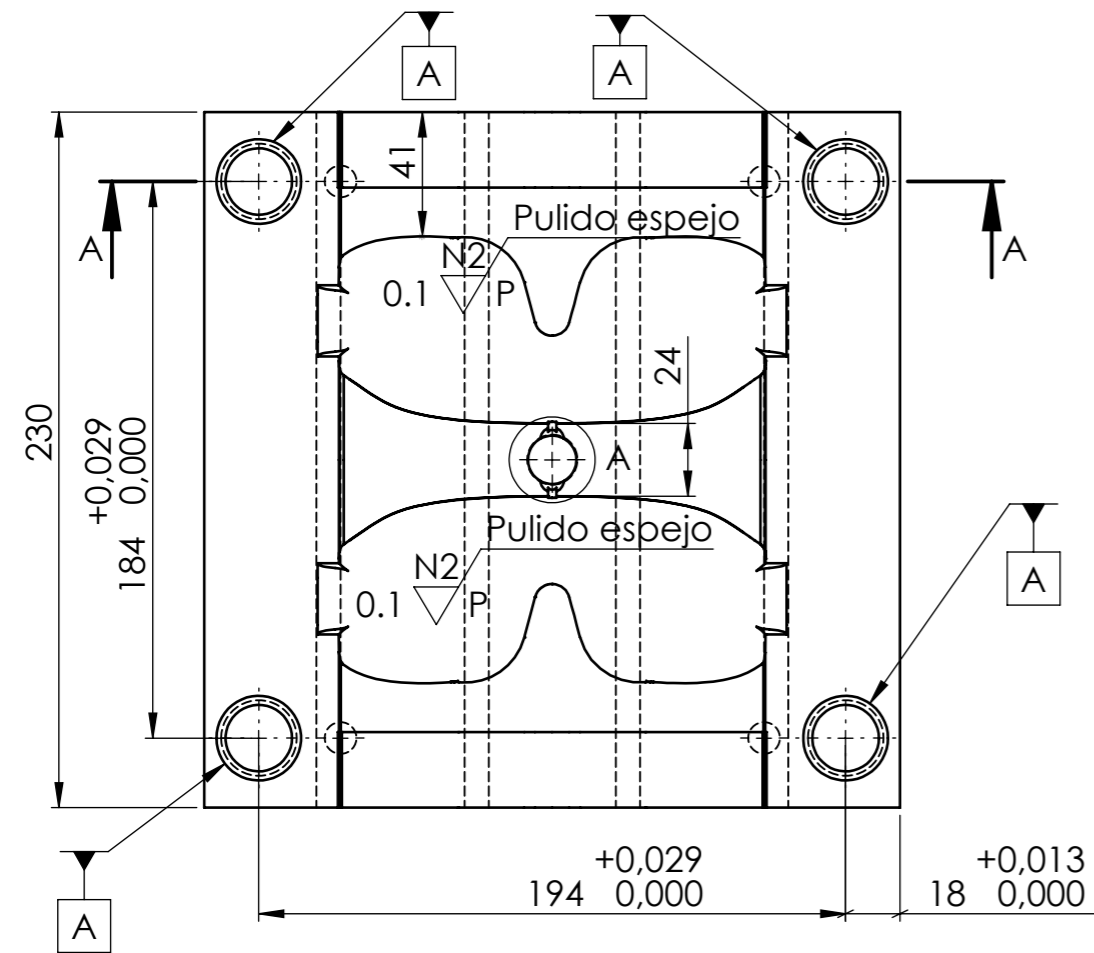
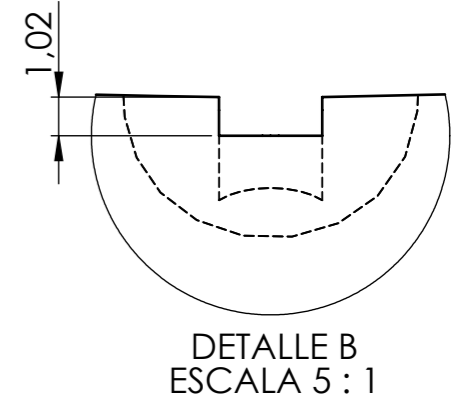
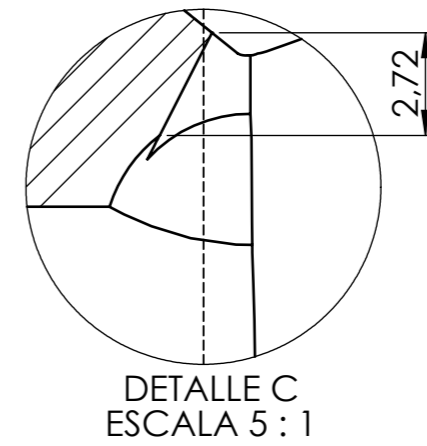
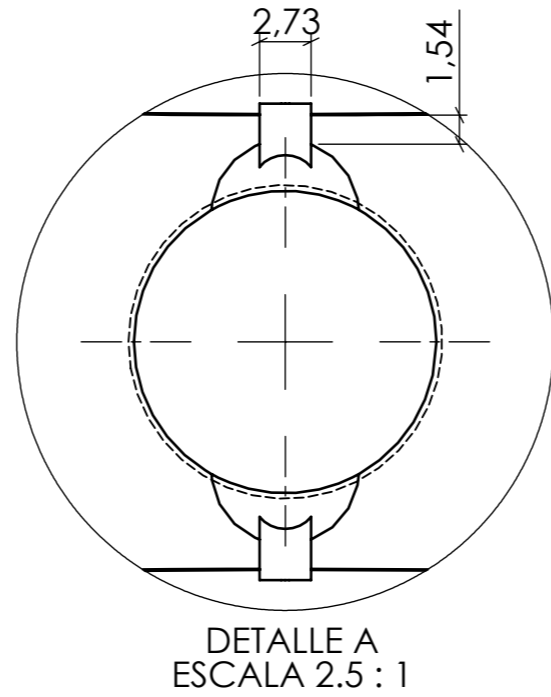
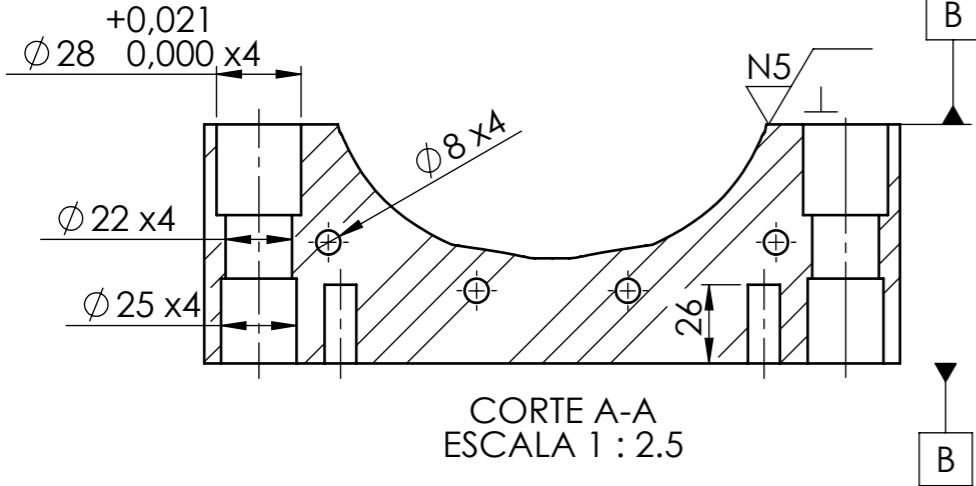
	0.1	A
	0.1	B



CORTE B-B  
ESCALA 1 : 2.5

				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 11.63 Kg	Material: AIS1 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujo: 3/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Placa porta molde hembra Gafas	1:2.5
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 2 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

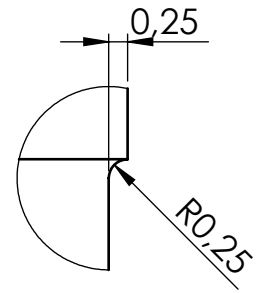
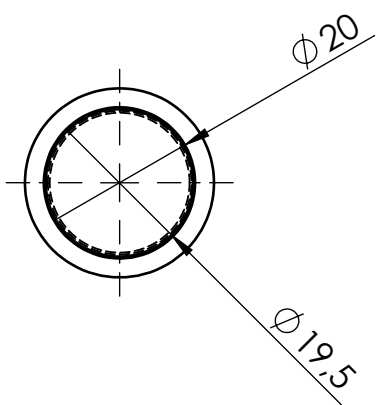
	0.1	A
	0.1	B



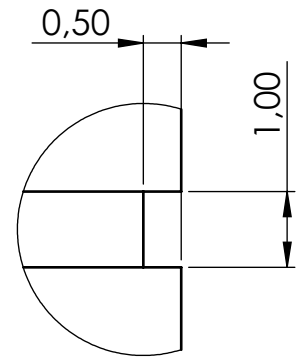
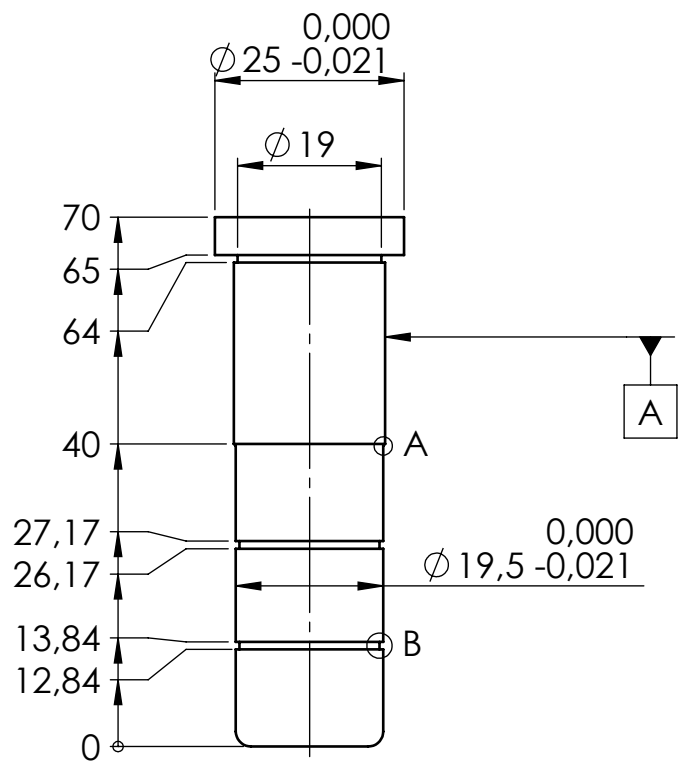
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.1	22.34 Kg	AISI P20		
				Fecha:	Nombre:	Título:		ESCALA:
				Dibujo: 3/7/2019	Fabricio Campaña C.	Molde hembra Gafas 2 cavidades		1:2.5
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo			
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo			
<b>UTA</b> INGENIERÍA MECÁNICA						N. Lámina		Registro:
						HOJA 3 DE 13		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					
						Sustición		

Torneado  
N9  
C

0.1 A



DETALLE A  
ESCALA 10 : 1



DETALLE B  
ESCALA 10 : 1

				Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso: 0.173 Kg	Material: AISÍ 4340	
				Fecha	Nombre	Título: Guía molde hembra Gafas	Escala: 1:1
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.		
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 8 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

Torneado  
N9  
C

$\phi 28,000 \begin{matrix} +0,023 \\ -0,002 \end{matrix}$

$\phi 20 \begin{matrix} +0,021 \\ 0,000 \end{matrix}$

$30,000 \begin{matrix} 0,000 \\ -0,050 \end{matrix}$

R1  
R1

				Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso: 0.070 Kg	Material: AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Título: Buje molde hembra Gafas	Escala: 1:1
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.		
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 9 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

1

2

3

4

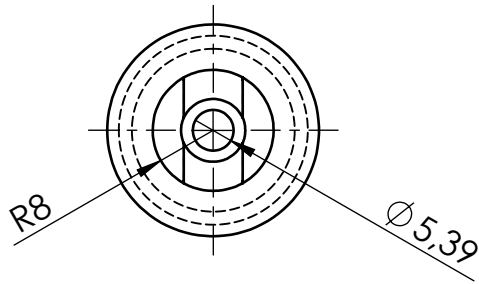
A

B

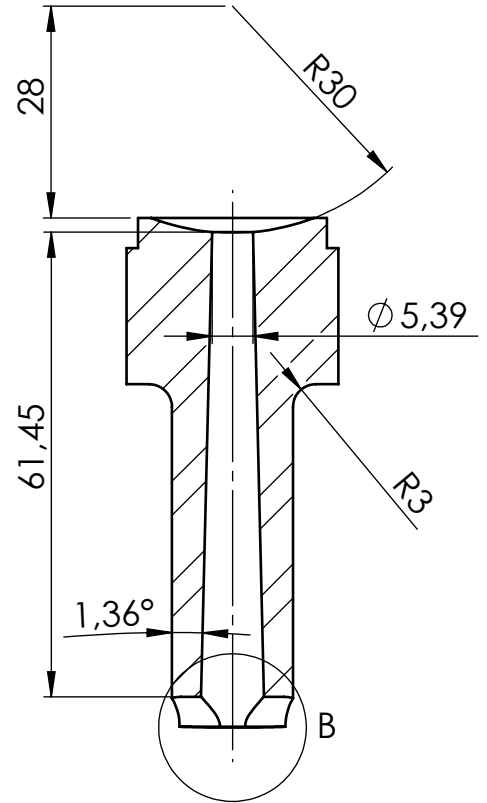
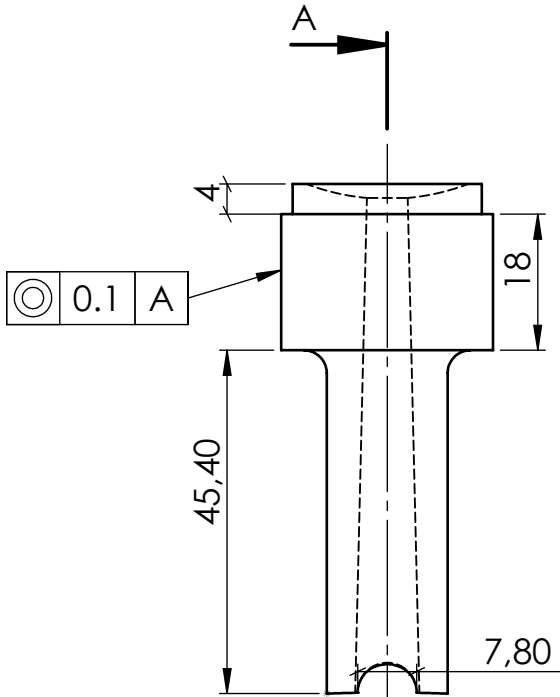
C

D

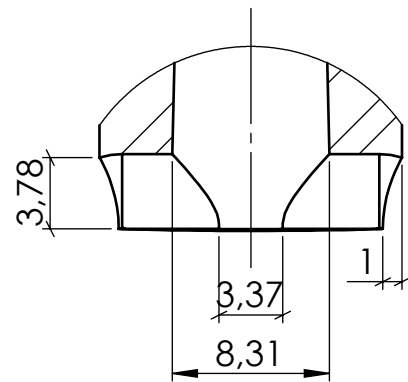
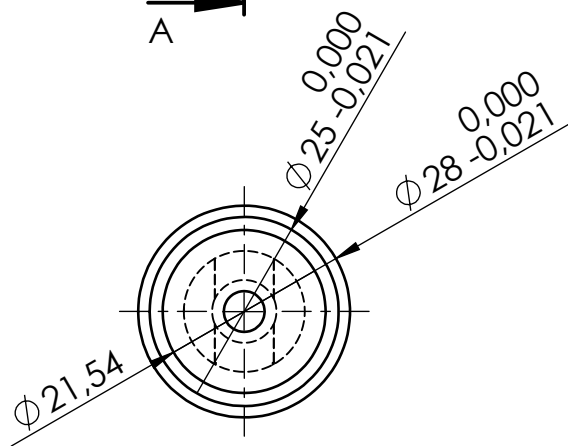
E



N9 Torneado

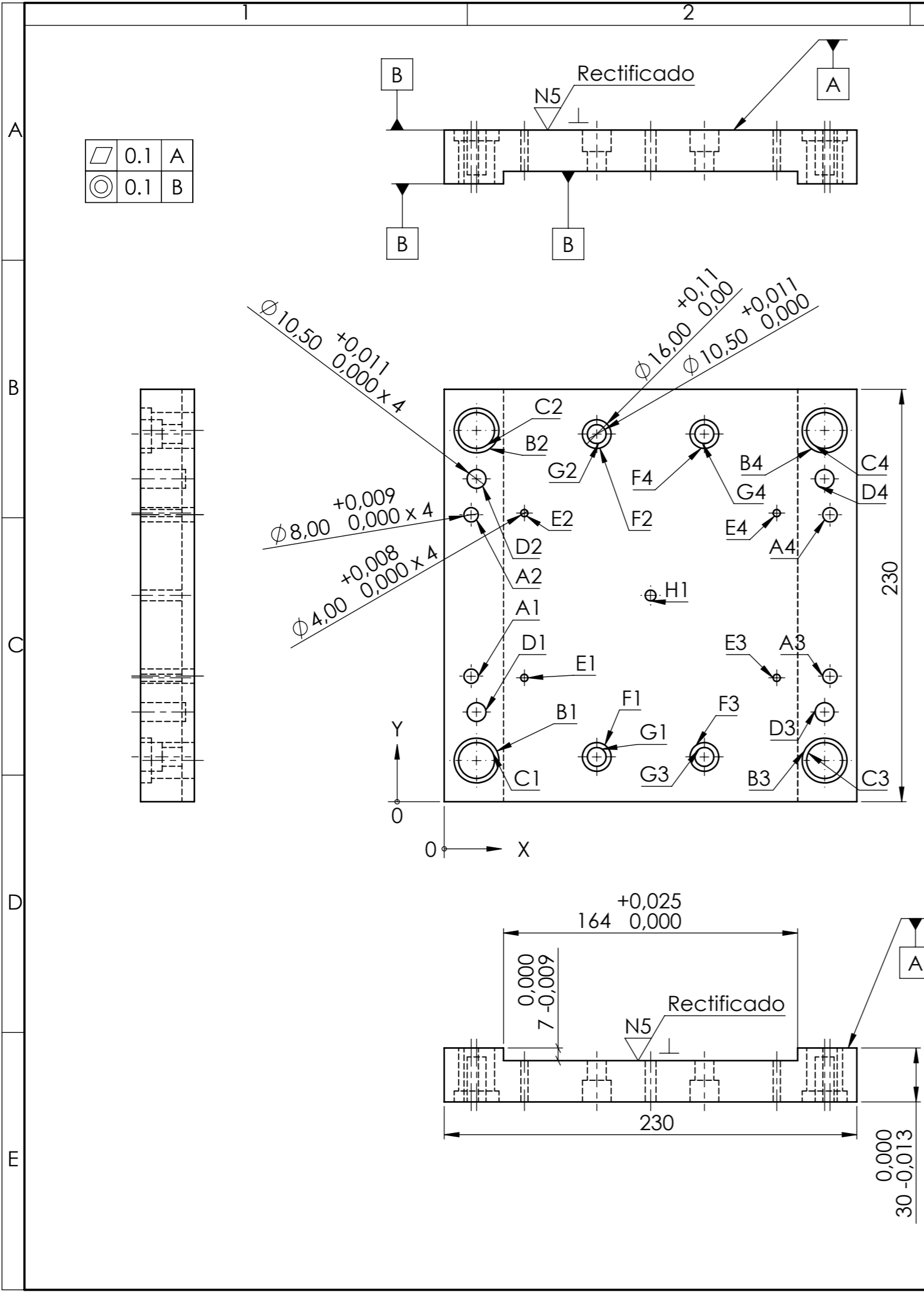


CORTE A-A



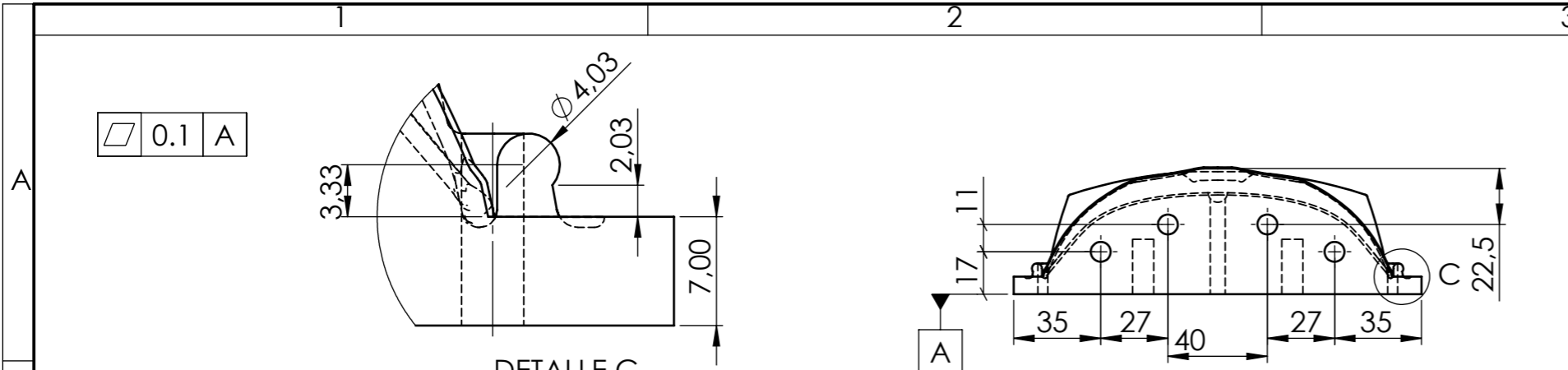
DETALLE B  
ESCALA 2.5 : 1

				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 0.150 Kg	Material: AIS1 4340	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujo: 03/07/2019	Fabrizio Campaña C.	Bebedero molde Gafas	1:1
				Revisó: 01/08/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 01/08/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 4 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



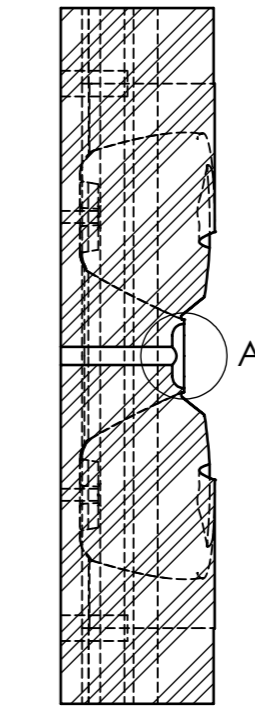
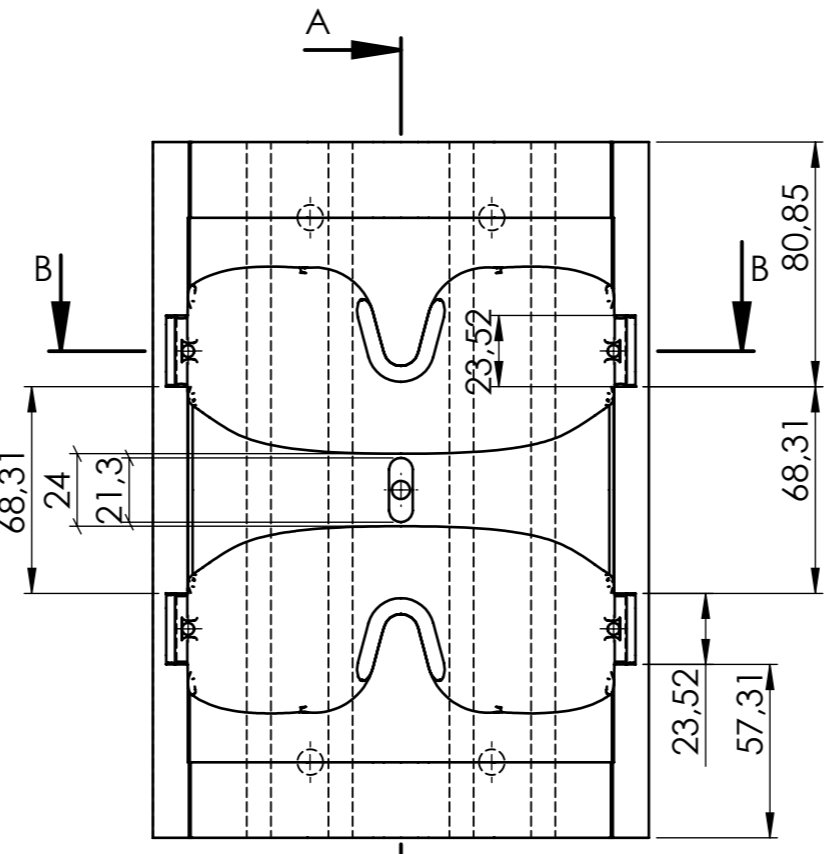
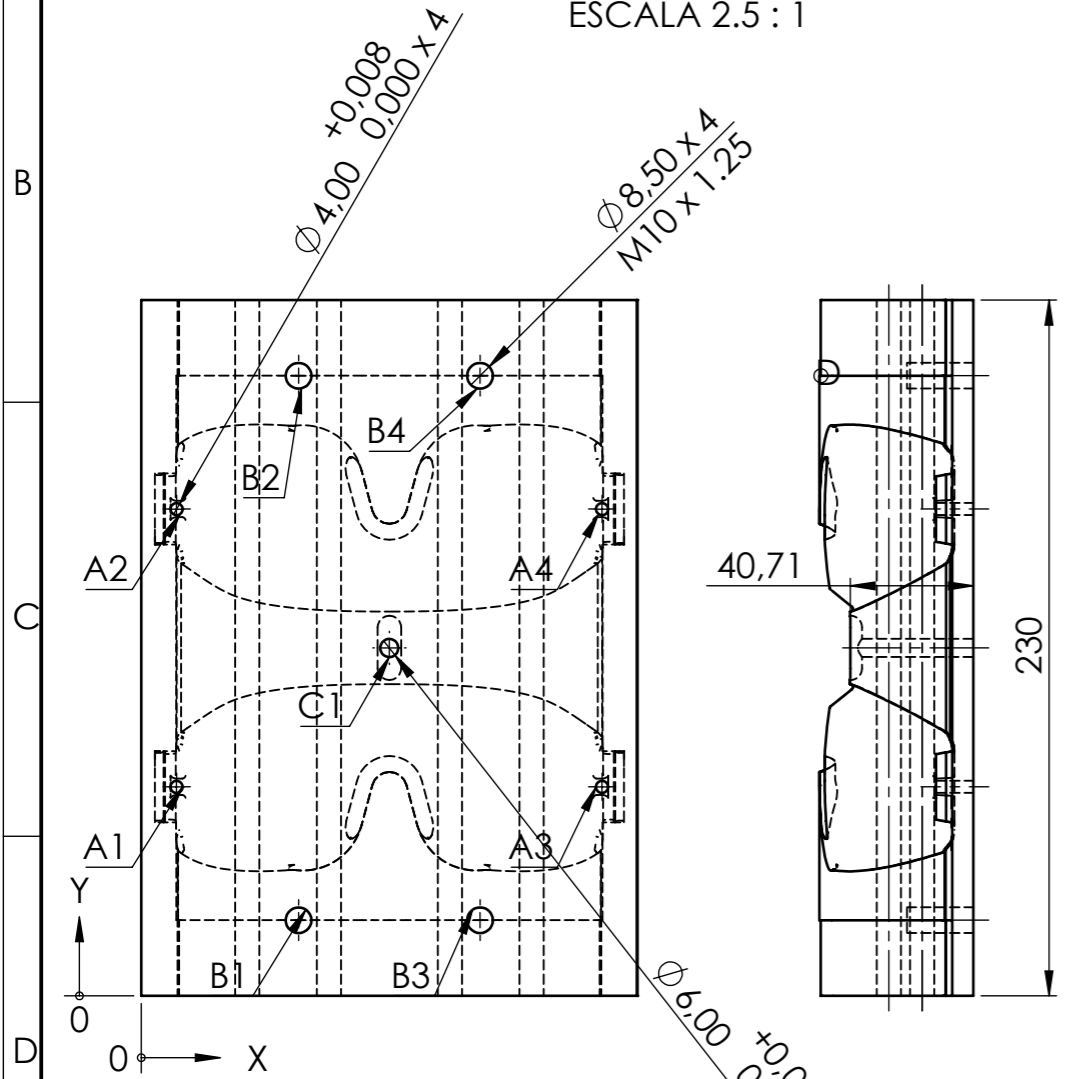
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 15 -0,010	70	Ø 8,00 POR TODO
A2	+0,011 15 -0,010	160	Ø 8,00 POR TODO
A3	+0,01 215 -0,01	70	Ø 8,00 POR TODO
A4	+0,01 215 -0,01	160	Ø 8,00 POR TODO
B1	+0,01 18 -0,01	23	Ø 20,00 POR TODO └─┘ Ø 25,00 ▽ 6,00
B2	+0,01 18 -0,01	207	Ø 20,00 POR TODO └─┘ Ø 25,00 ▽ 6,00
B3	+0,01 212 -0,01	23	Ø 20,00 POR TODO └─┘ Ø 25,00 ▽ 6,00
B4	+0,01 212 -0,01	207	Ø 20,00 POR TODO └─┘ Ø 25,00 ▽ 6,00
C1	+0,01 18 -0,01	23	Ø 20,00 POR TODO
C2	+0,01 18 -0,01	207	Ø 20,00 POR TODO
C3	+0,01 212 -0,01	23	Ø 20,00 POR TODO
C4	+0,01 212 -0,01	207	Ø 20,00 POR TODO
D1	+0,01 18 -0,01	50	Ø 10,50 ▽ 25,00
D2	+0,01 18 -0,01	180	Ø 10,50 ▽ 25,00
D3	+0,01 212 -0,01	50	Ø 10,50 ▽ 25,00
D4	+0,01 212 -0,01	180	Ø 10,50 ▽ 25,00
E1	+0,01 44,66 -0,01	69,08	Ø 4,00 POR TODO
E2	+0,01 44,66 -0,01	160,92	Ø 4,00 POR TODO
E3	+0,01 185,34 -0,01	69,08	Ø 4,00 POR TODO
E4	+0,01 185,34 -0,01	160,92	Ø 4,00 POR TODO
F1	+0,01 85 -0,01	25	Ø 10,50 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 12,00
F2	+0,01 85 -0,01	205	Ø 10,50 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 12,00
F3	+0,01 145 -0,01	25	Ø 10,50 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 12,00
F4	+0,01 145 -0,01	205	Ø 10,50 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 12,00
G1	+0,01 85 -0,01	25	Ø 10,50 POR TODO
G2	+0,01 85 -0,01	205	Ø 10,50 POR TODO
G3	+0,01 145 -0,01	25	Ø 10,50 POR TODO
G4	+0,01 145 -0,01	205	Ø 10,50 POR TODO
H1	+0,01 115 -0,01	115	Ø 6,00 POR TODO

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.1	9.85 Kg	AISI 1010		
				Fecha:	Nombre:	Título:		
				Dibujo: 3/7/2019	Fabricio Campaña C.	Molde macho Gafas		
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	ESCALA: 1:2.5		
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina		HOJA 5 DE 13
						Sustición		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

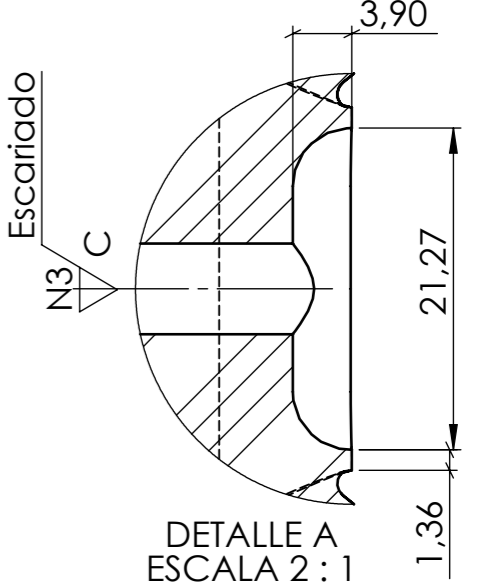


DETALLE C  
ESCALA 2.5 : 1

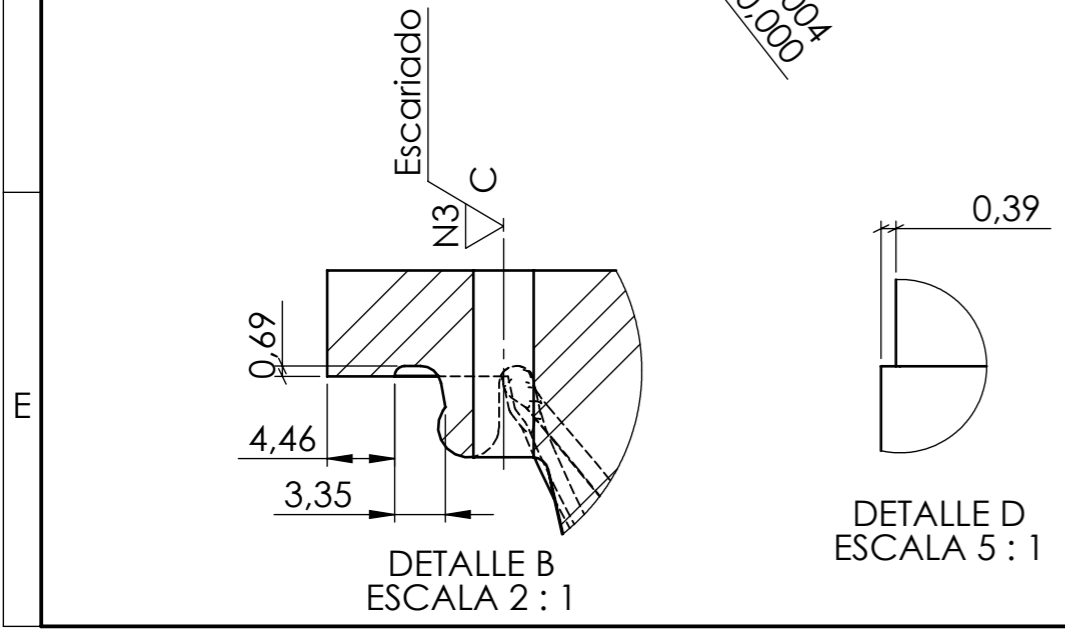
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	11,66 0	+0,011 69,08 0	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
A2	11,66 0	+0,011 160,92 0	+0,01 Ø 4,00 0,00 POR TODO
A3	152,34 0	+0,011 69,08 0	+0,01 Ø 4,00 0,00 POR TODO
A4	152,34 0	+0,011 160,92 0	+0,01 Ø 4,00 0,00 POR TODO
B1	52 0	+0,011 25 0	Ø 8,50 ∇ 22,00
B2	52 0	+0,011 205 0	Ø 8,50 ∇ 22,00
B3	112 0	+0,011 25 0	Ø 8,50 ∇ 22,00
B4	112 0	+0,011 205 0	Ø 8,50 ∇ 22,00
C1	82 0	+0,011 115 0	+0,009 Ø 6,00 0,000



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2.5

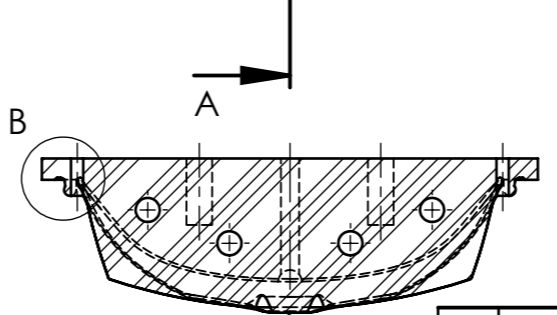


DETALLE A  
ESCALA 2 : 1



DETALLE B  
ESCALA 2 : 1

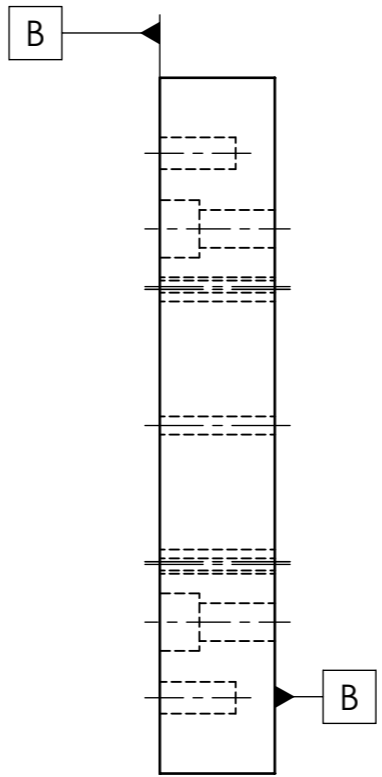
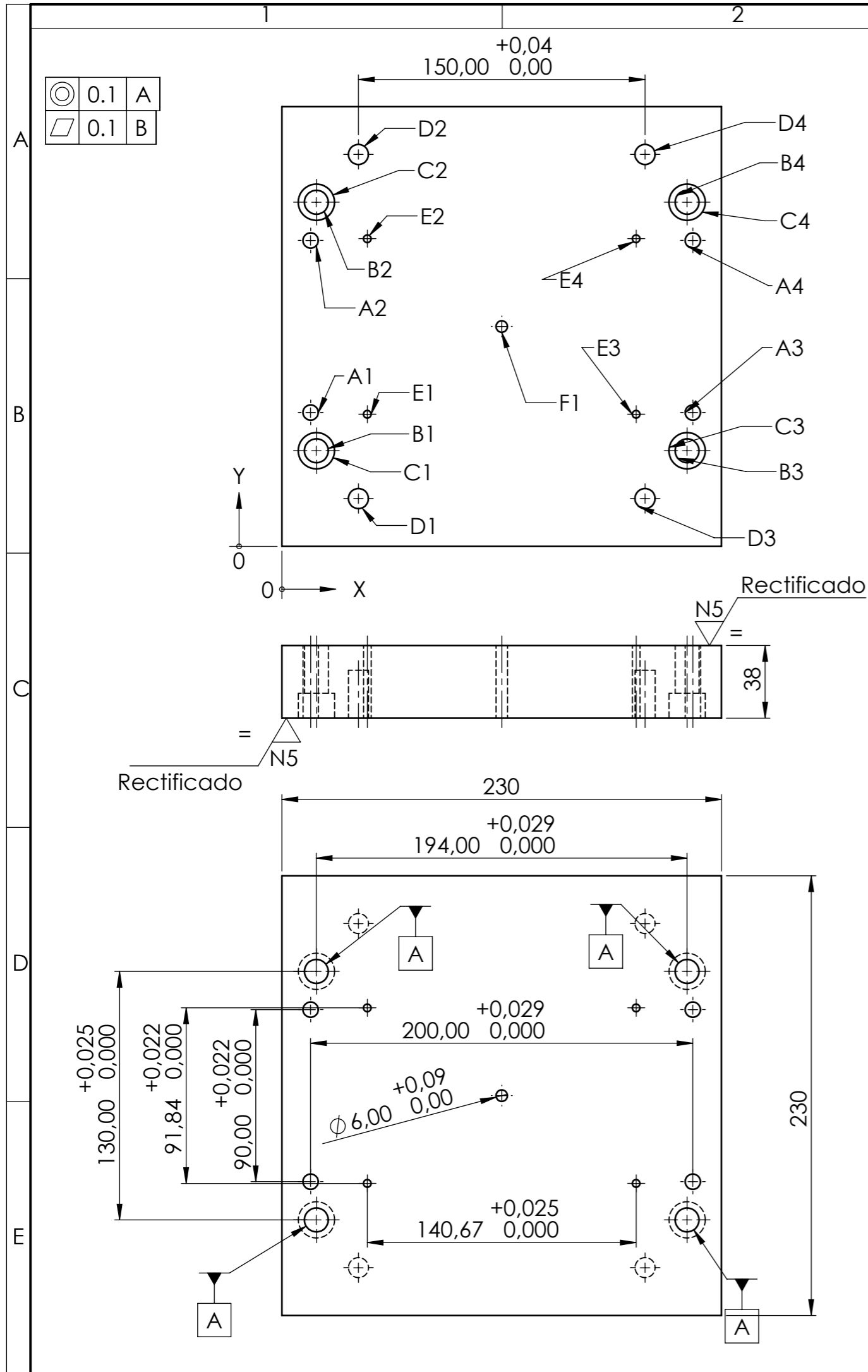
DETALLE D  
ESCALA 5 : 1



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 2.5

Edición				Modificación				Fecha				Nombre			
Tolerancia:				Peso:				Material:				Escala:			
±0.1				9.96 Kg				AISI P20				1:2.5			
Fecha:				Nombre:				Título:				Registro:			
4/7/2019				Fabricio Campaña C.				Postizo macho Gafas				17/7/2019			
17/7/2019				Ing. Mauricio Carrillo				N. Lámina				17/7/2019			
17/7/2019				Ing. Mauricio Carrillo				HOJA 6 DE 13				Sustición			
<p style="text-align: center;"><b>UTA</b> INGENIERÍA MECÁNICA</p>												<p style="text-align: center;">Escariado</p>			



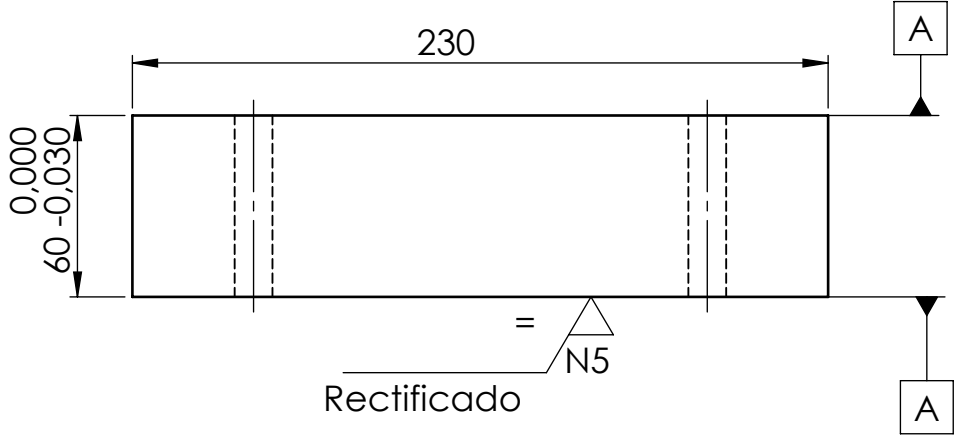
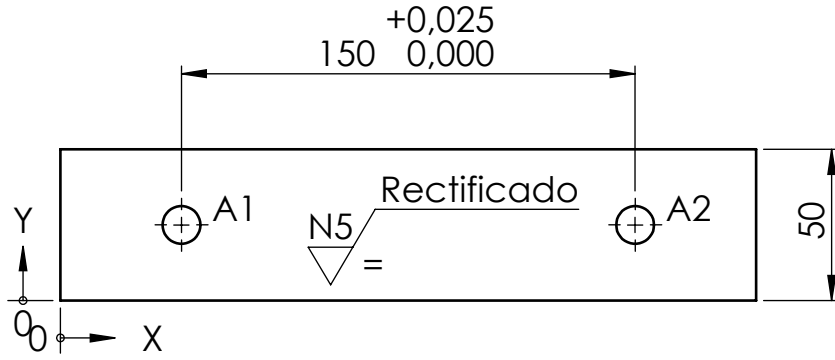


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 15 -0,010	+0,011 70 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
A2	+0,011 15 -0,010	+0,011 160 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
A3	+0,011 215 -0,010	+0,011 70 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
A4	+0,011 215 -0,010	+0,011 160 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
B1	+0,011 18 -0,010	+0,011 50 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B2	+0,011 18 -0,010	+0,011 180 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B3	+0,011 212 -0,010	+0,011 50 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B4	+0,011 212 -0,010	+0,011 180 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
C1	+0,011 18 -0,010	+0,011 50 -0,010	Ø 12,50 POR TODO └─┬─┘ Ø 19,00 ▽ 13,00
C2	+0,011 18 -0,010	+0,011 180 -0,010	Ø 12,50 POR TODO └─┬─┘ Ø 19,00 ▽ 13,00
C3	+0,011 212 -0,010	+0,011 50 -0,010	Ø 12,50 POR TODO └─┬─┘ Ø 19,00 ▽ 13,00
C4	+0,011 212 -0,010	+0,011 180 -0,010	Ø 12,50 POR TODO └─┬─┘ Ø 19,00 ▽ 13,00
D1	+0,014 40 0	+0,013 25 0	Ø 10,50 ▽ 25,00 M10 x 1.25
D2	+0,014 40 0	+0,029 205 0	Ø 10,50 ▽ 25,00 M10 x 1.25
D3	+0,029 190 0	+0,013 25 0	Ø 10,50 ▽ 25,00 M10 x 1.25
D4	+0,029 190 0	+0,029 205 0	Ø 10,50 ▽ 25,00 M10 x 1.25
E1	+0,011 44,66 -0,010	+0,011 69,08 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
E2	+0,011 44,66 -0,010	+0,011 160,92 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
E3	+0,011 185,34 -0,010	+0,011 69,08 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
E4	+0,011 185,34 -0,010	+0,011 160,92 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
F1	+0,011 115 -0,010	+0,011 115 -0,010	Ø 6,00 POR TODO

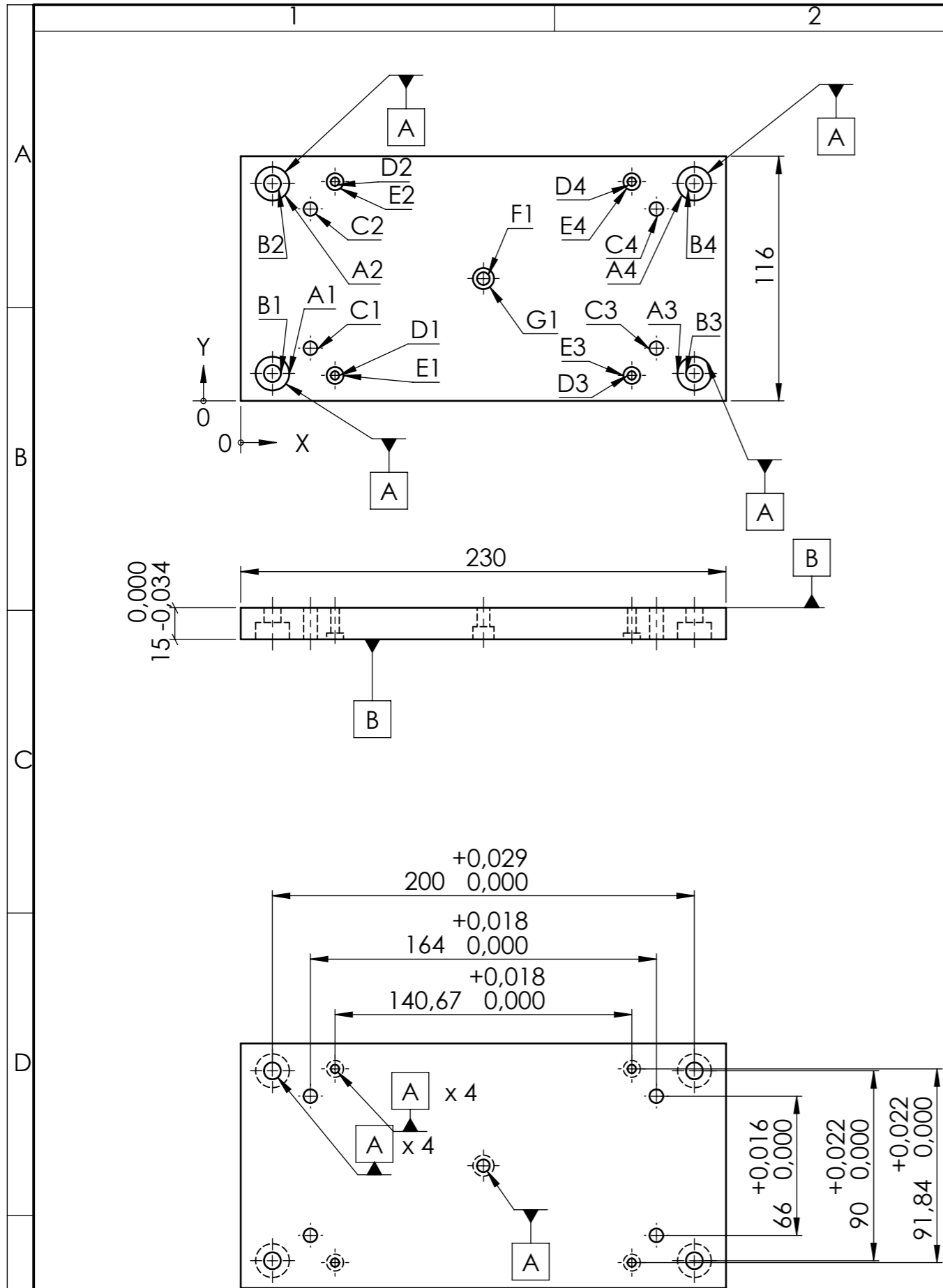
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.1	15.45 Kg	AISI 1010		
				Fecha:	Nombre:	Título:		
				Dibujo:	04/07/2019	Fabicio Campaña C.	Placa de respaldo molde macho Gafas	
				Revisó:	17/07/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó:	17/07/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina		ESCALA:
						HOJA 7 DE 13		1:2.5
						Registro:		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustición		

	0.1	A
--	-----	---

1	2	3	4
A1	+0,011 40 -0,010	+0,011 25 -0,010	0,000 Ø 12,50 -0,110 POR TODO
A2	+0,011 190 -0,010	+0,011 25 -0,010	0,000 Ø 12,50 -0,110 POR TODO
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO



				Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso: 5.314 Kg	Material: AISI 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Paralela molde Gafas	
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Escala: 1:2.5	
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 10 DE 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



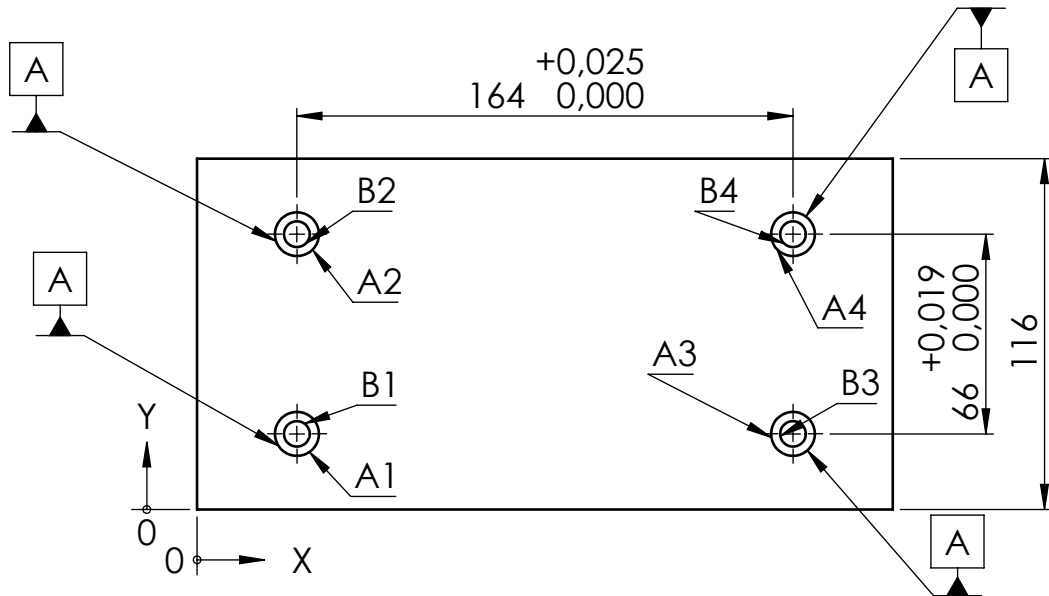
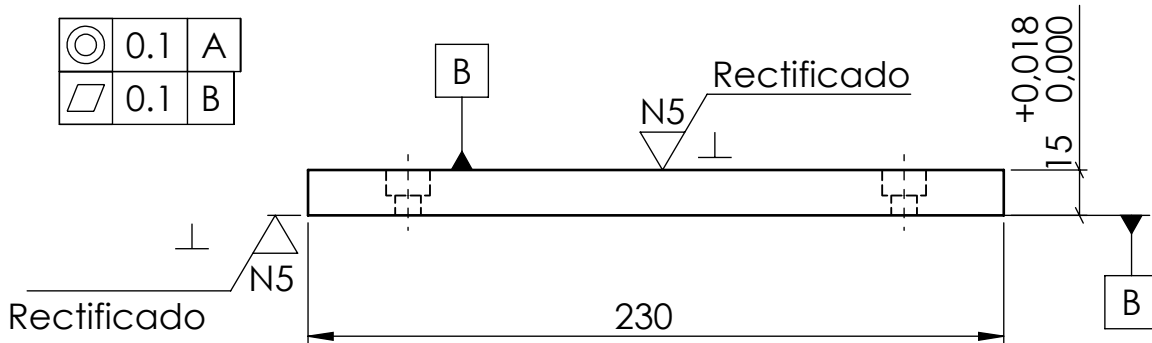
	0.1	A
	0.1	B

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 15 -0,010	+0,011 13 -0,010	Ø 8,00 POR TODO +0,048 └─┬─┘ Ø 16,00 0,000 ▽ 8,00
A2	+0,01 15 -0,01	+0,011 103 -0,010	Ø 8,00 POR TODO +0,05 └─┬─┘ Ø 16,00 0,000 ▽ 8,00
A3	+0,01 215 -0,01	+0,011 13 -0,010	Ø 8,00 POR TODO +0,05 └─┬─┘ Ø 16,00 0,000 ▽ 8,00
A4	+0,01 215 -0,01	+0,011 103 -0,010	Ø 8,00 POR TODO +0,05 └─┬─┘ Ø 16,00 0,000 ▽ 8,00
B1	+0,01 15 -0,01	+0,011 13 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
B2	+0,01 15 -0,01	+0,011 103 -0,010	+0,009 Ø 8,00 0,000 POR TODO
B3	+0,01 215 -0,01	+0,011 13 -0,010	+0,009 Ø 8,000 0,000 POR TODO
B4	+0,01 215 -0,01	+0,011 103 -0,010	+0,009 Ø 8 0,000 POR TODO
C1	+0,01 33 -0,01	+0,011 25 -0,010	Ø 6,50 POR TODO M8 x 1.25
C2	+0,01 33 -0,01	+0,011 91 -0,010	Ø 6,50 POR TODO M8 x 1.25
C3	+0,01 197 -0,01	+0,011 25 -0,010	Ø 6,50 POR TODO M8 x 1.25
C4	+0,01 197 -0,01	+0,011 91 -0,010	Ø 6,50 POR TODO M8 x 1.25
D1	+0,01 44,66 -0,01	+0,011 12,08 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
D2	+0,01 44,66 -0,01	+0,011 103,92 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
D3	+0,01 185,34 -0,01	+0,011 12,08 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
D4	+0,01 185,34 -0,01	+0,011 103,92 -0,010	+0,008 Ø 4,00 0,000 POR TODO
E1	+0,01 44,66 -0,01	+0,011 12,08 -0,010	Ø 4,00 POR TODO └─┬─┘ Ø 8,00 ▽ 3,00
E2	+0,01 44,66 -0,01	+0,011 103,92 -0,010	Ø 4,00 POR TODO └─┬─┘ Ø 8,00 ▽ 3,00
E3	+0,01 185,34 -0,01	+0,011 12,08 -0,010	Ø 4,00 POR TODO └─┬─┘ Ø 8,00 ▽ 3,00
E4	+0,01 185,34 -0,01	+0,011 103,92 -0,010	Ø 4,00 POR TODO └─┬─┘ Ø 8,00 ▽ 3,00
F1	+0,01 115 -0,01	+0,011 58 -0,010	Ø 6,00 POR TODO
G1	+0,01 115 -0,01	+0,011 58 -0,010	Ø 6,00 POR TODO └─┬─┘ Ø 10,00 ▽ 6,00

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.1	3.056 Kg	AISI 1010	
				Fecha:	Nombre:	Título:	
				Dibujo:	4/7/2019	Fabricio Campaña C.	Placa porta expulsores MG
				Revisó:	17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				Aprobó:	17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina	ESCALA:
						HOJA 11 DE 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustición		Registro:	

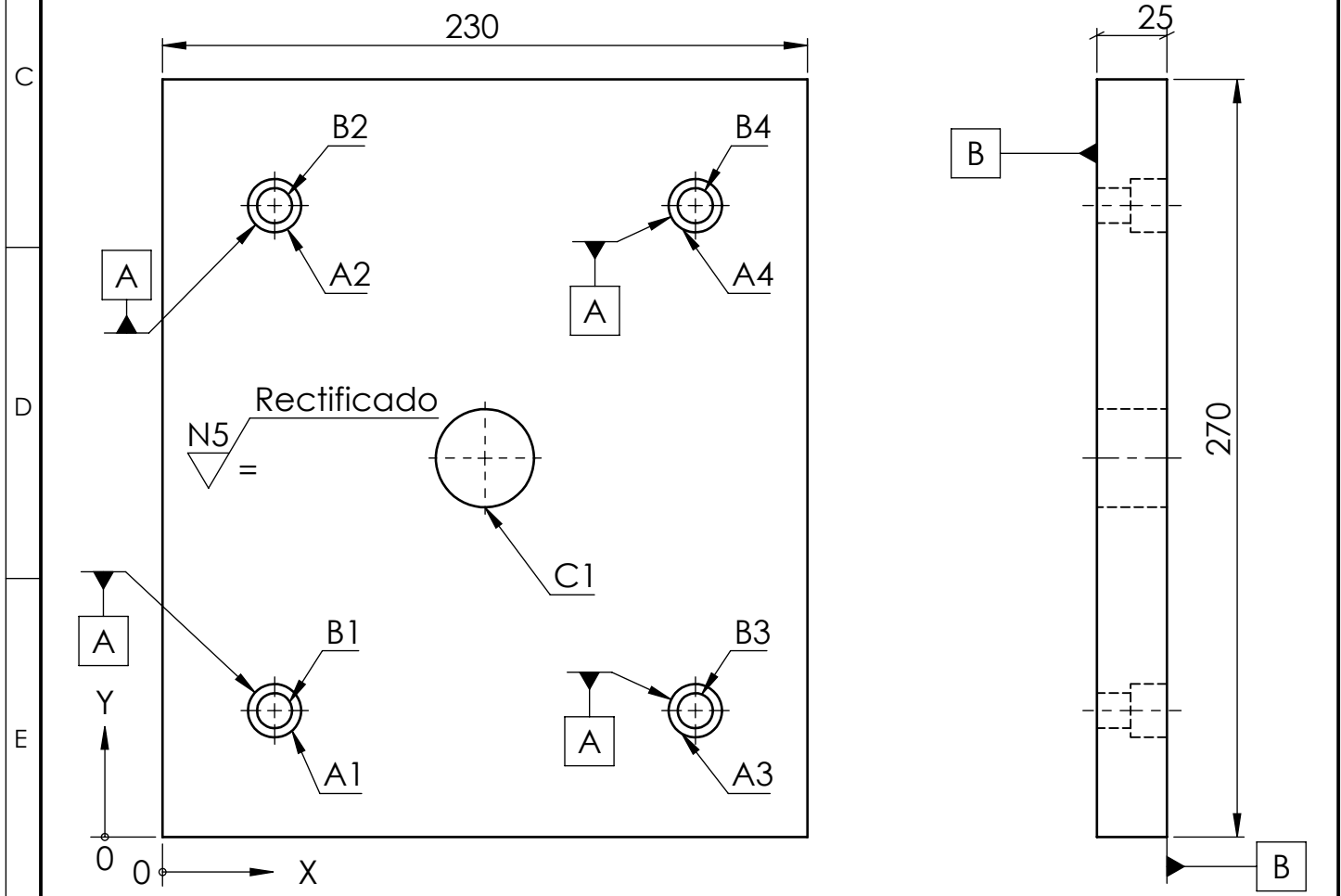
	1	2	3	4
A	A1	+0,011 33 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 8,50 POR TODO +0,158 └─┘ Ø 14,50 0,000 ▽ 8,50
	A2	+0,011 33 -0,010	+0,011 91 -0,010	Ø 8,50 POR TODO +0,16 └─┘ Ø 14,50 0,00 ▽ 8,50
	A3	+0,011 197 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 8,50 POR TODO +0,16 └─┘ Ø 14,50 0,00 ▽ 8,50
B	A4	+0,011 197 -0,010	+0,011 91 -0,010	Ø 8,50 POR TODO +0,16 └─┘ Ø 14,50 0,00 ▽ 8,50
	B1	+0,011 33 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 8,50 0,000 POR TODO
	B2	+0,011 33 -0,010	+0,011 91 -0,010	+0,01 Ø 8,50 0,00 POR TODO
	B3	+0,011 197 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,01 Ø 8,50 0,00 POR TODO
C	B4	+0,011 197 -0,010	+0,011 91 -0,010	+0,01 Ø 8,50 0,00 POR TODO
	RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO

⊙	0.1	A
▭	0.1	B

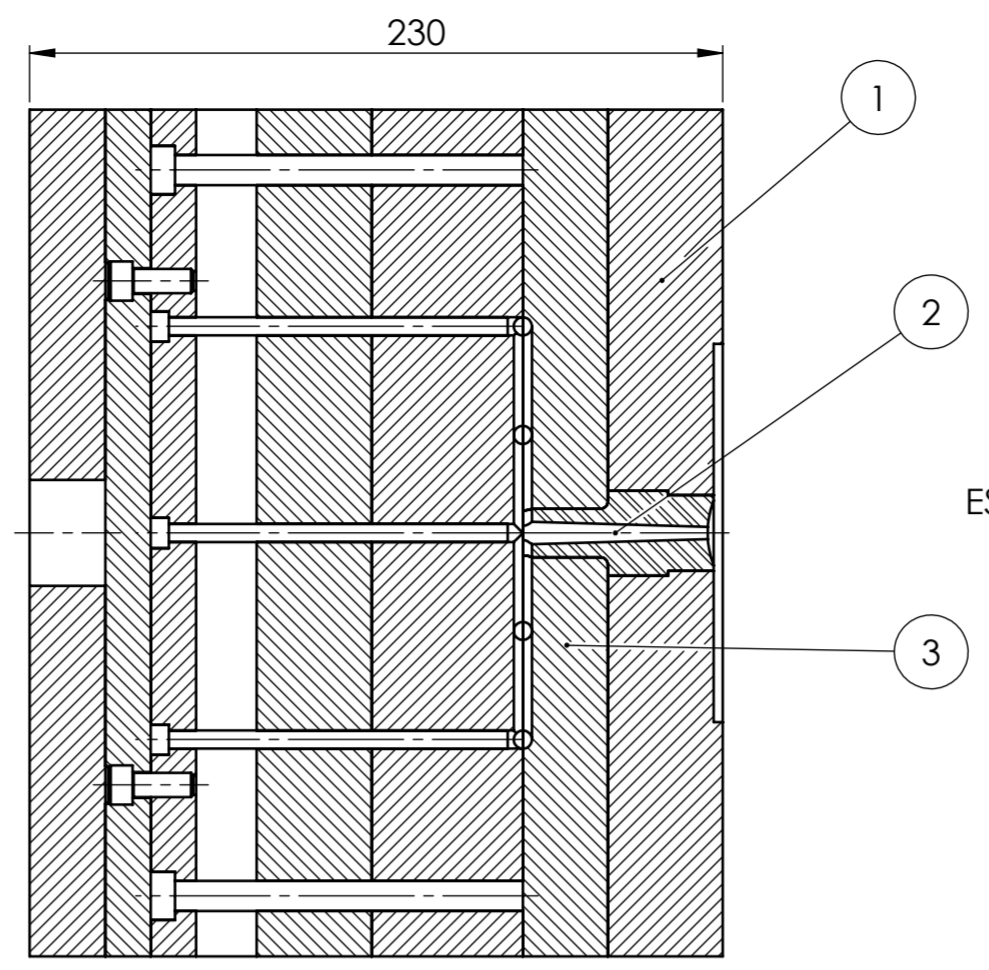
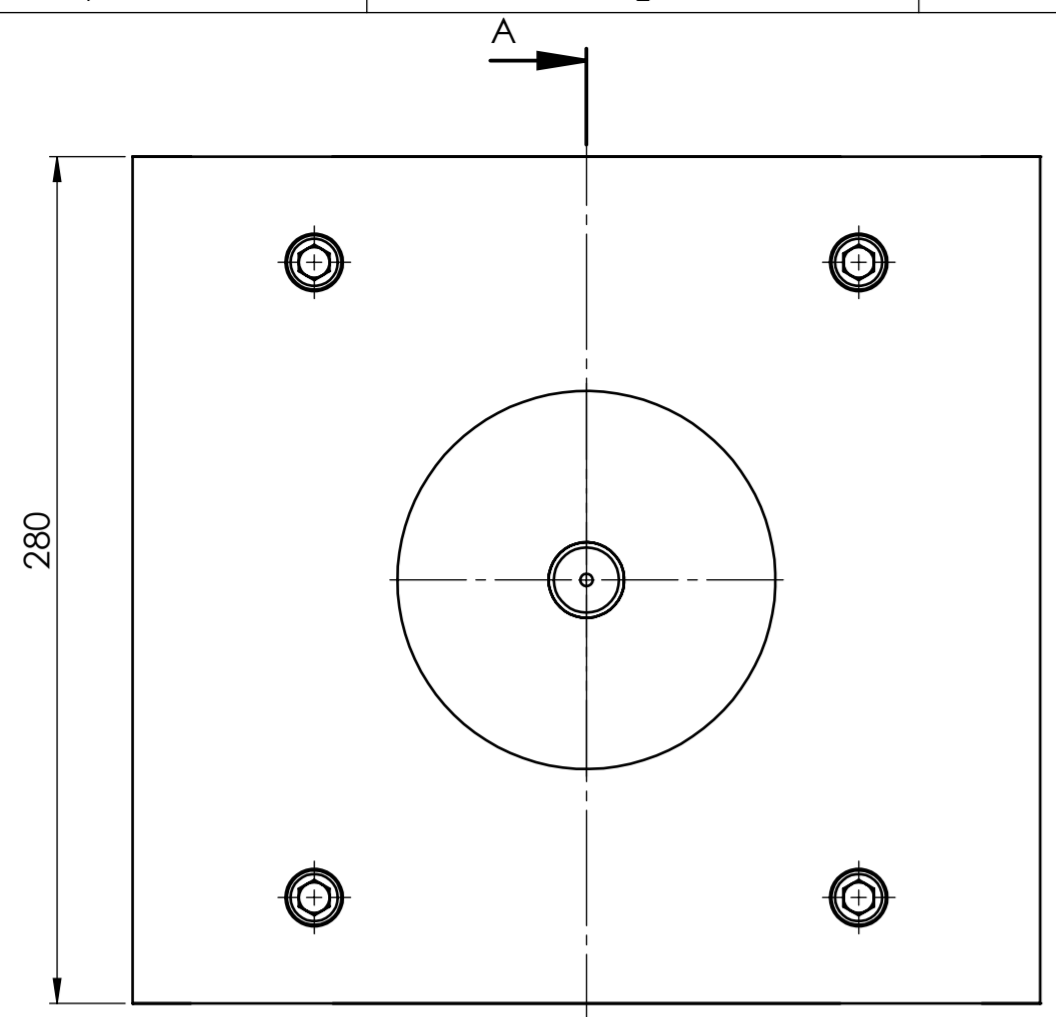


				Tolerancia: ±0.1	Peso: 3.09 Kg	Material: AISI 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Placa de respaldo porta expulsores MG	1:2.5
				Revisó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 12 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

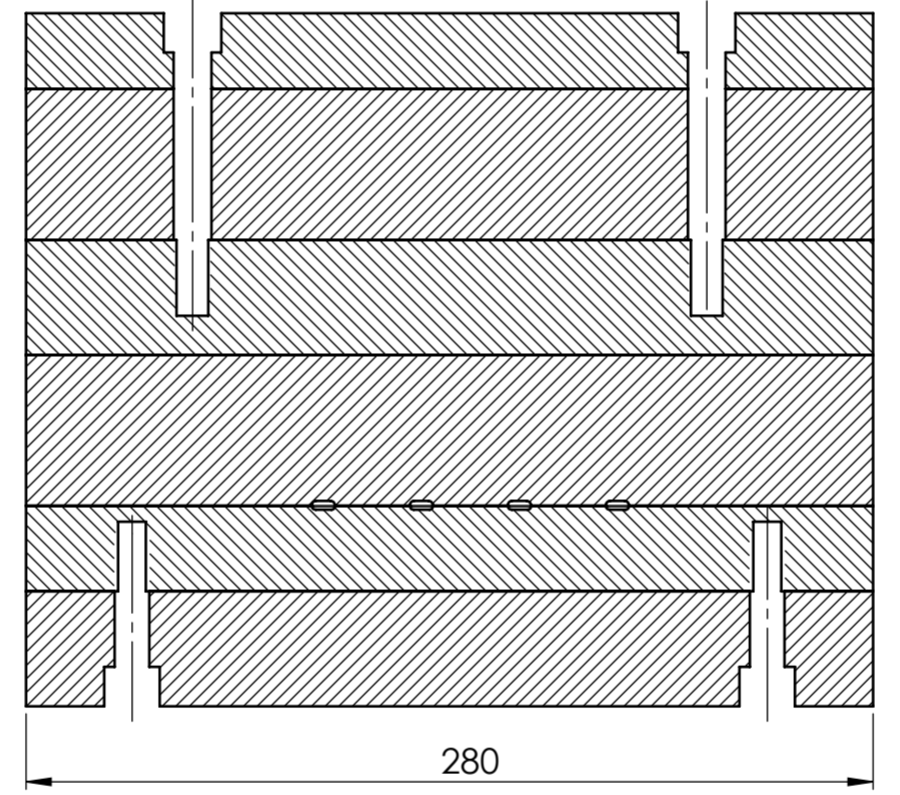
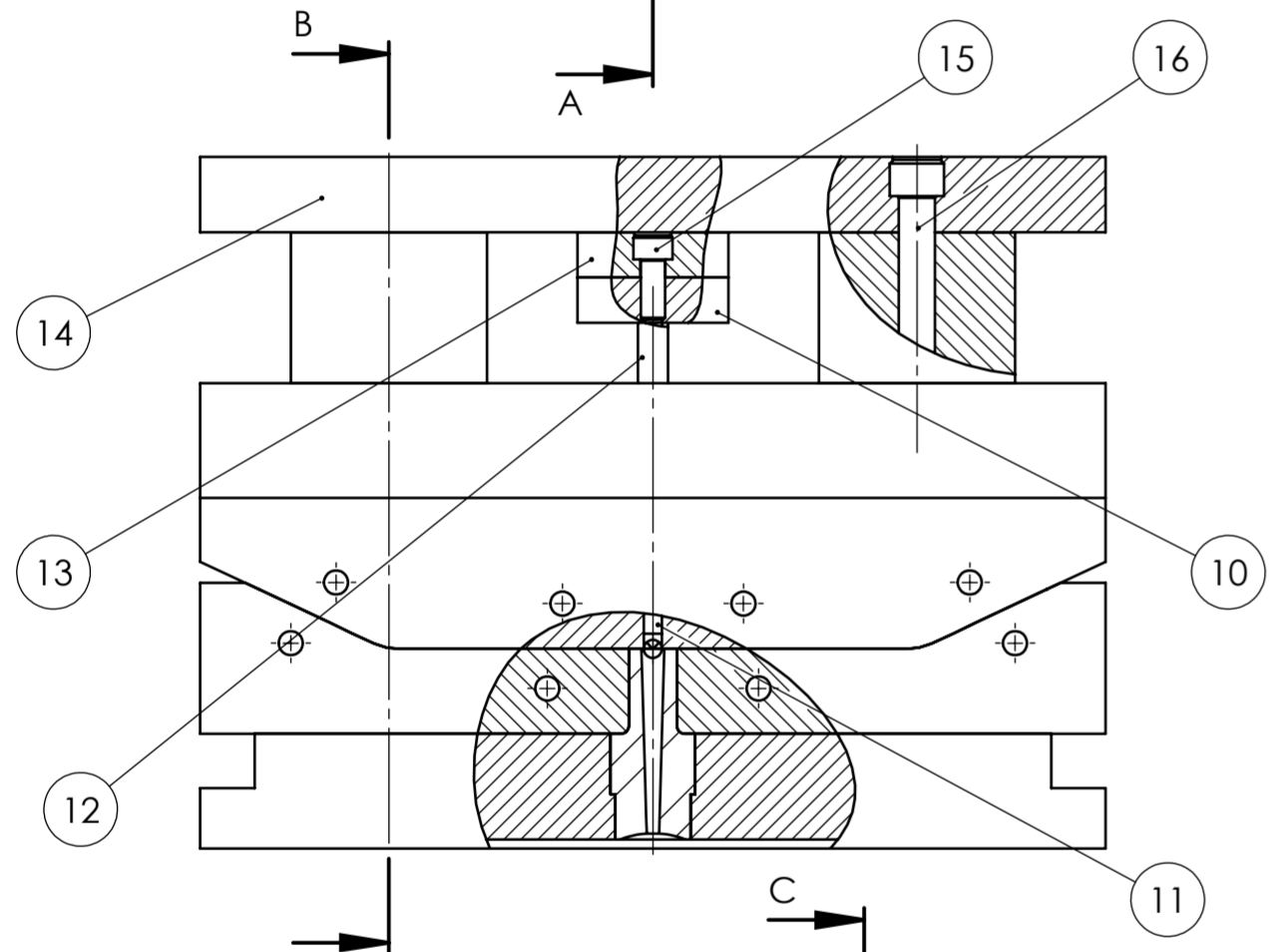
	1	2	3	4							
A	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>0.1</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.1</td> <td>B</td> </tr> </table>		0.1	A		0.1	B	A1	$39,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$45 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} \text{POR TODO} \\ +0,07 \end{matrix}$ $\varnothing 19,00 \begin{matrix} 0,00 \\ \nabla 13,00 \end{matrix}$
			0.1	A							
			0.1	B							
		A2	$39,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$225 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} \text{POR TODO} \\ +0,07 \end{matrix}$ $\varnothing 19,00 \begin{matrix} 0,00 \\ \nabla 13,00 \end{matrix}$						
A3	$189,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$45 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} \text{POR TODO} \\ +0,07 \end{matrix}$ $\varnothing 19,00 \begin{matrix} 0,00 \\ \nabla 13,00 \end{matrix}$								
B	A4	$189,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$225 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} \text{POR TODO} \\ +0,07 \end{matrix}$ $\varnothing 19,00 \begin{matrix} 0,00 \\ \nabla 13,00 \end{matrix}$							
	B1	$39,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$45 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} +0,011 \\ 0,000 \text{ POR TODO} \end{matrix}$							
	B2	$39,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$225 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} +0,01 \\ 0,00 \text{ POR TODO} \end{matrix}$							
	B3	$189,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$45 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} +0,01 \\ 0,00 \text{ POR TODO} \end{matrix}$							
	B4	$189,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$225 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 12,50 \begin{matrix} +0,01 \\ 0,00 \text{ POR TODO} \end{matrix}$							
	C1	$114,93 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$135 \begin{matrix} +0,011 \\ -0,010 \end{matrix}$	$\varnothing 35 \begin{matrix} +0,016 \\ 0,000 \text{ POR TODO} \end{matrix}$							
	RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO							



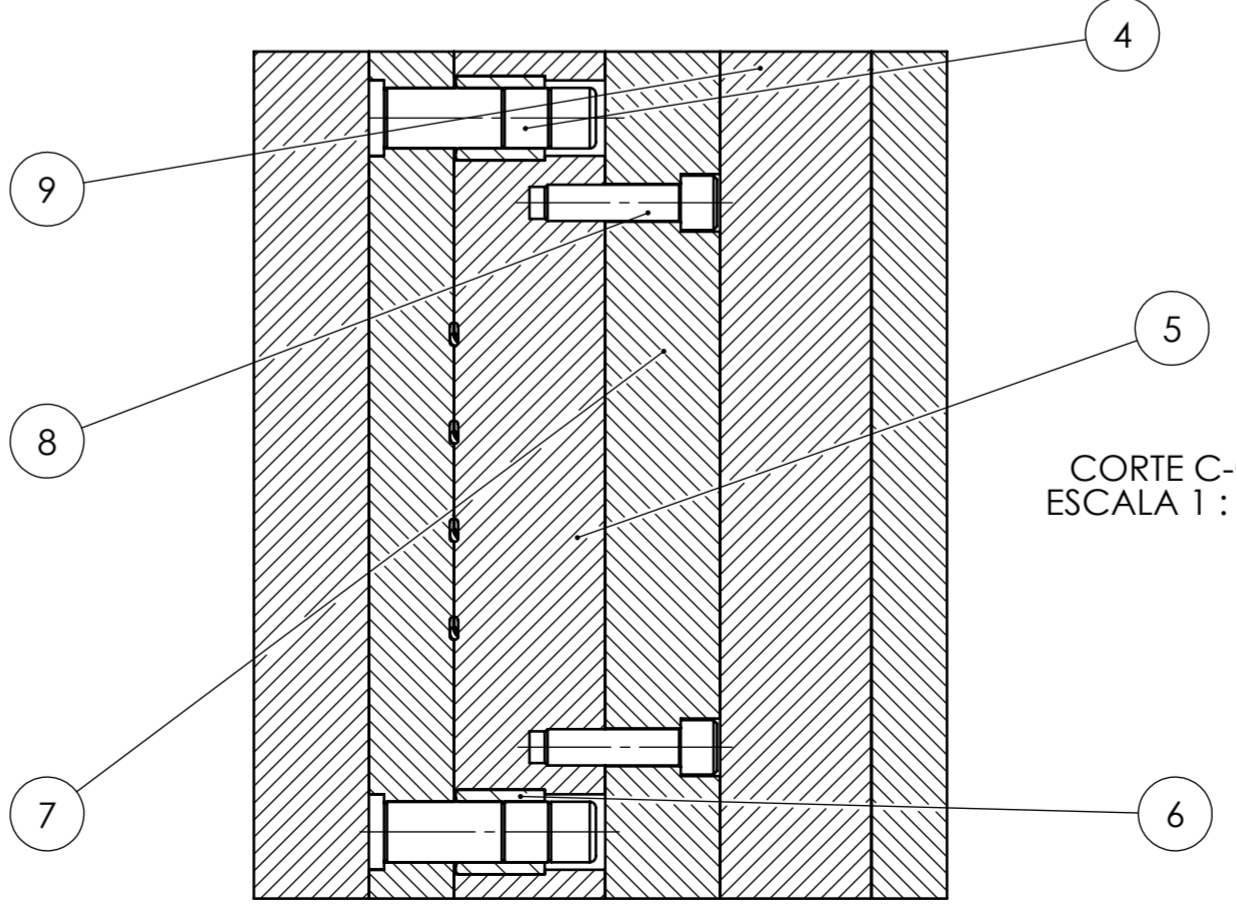
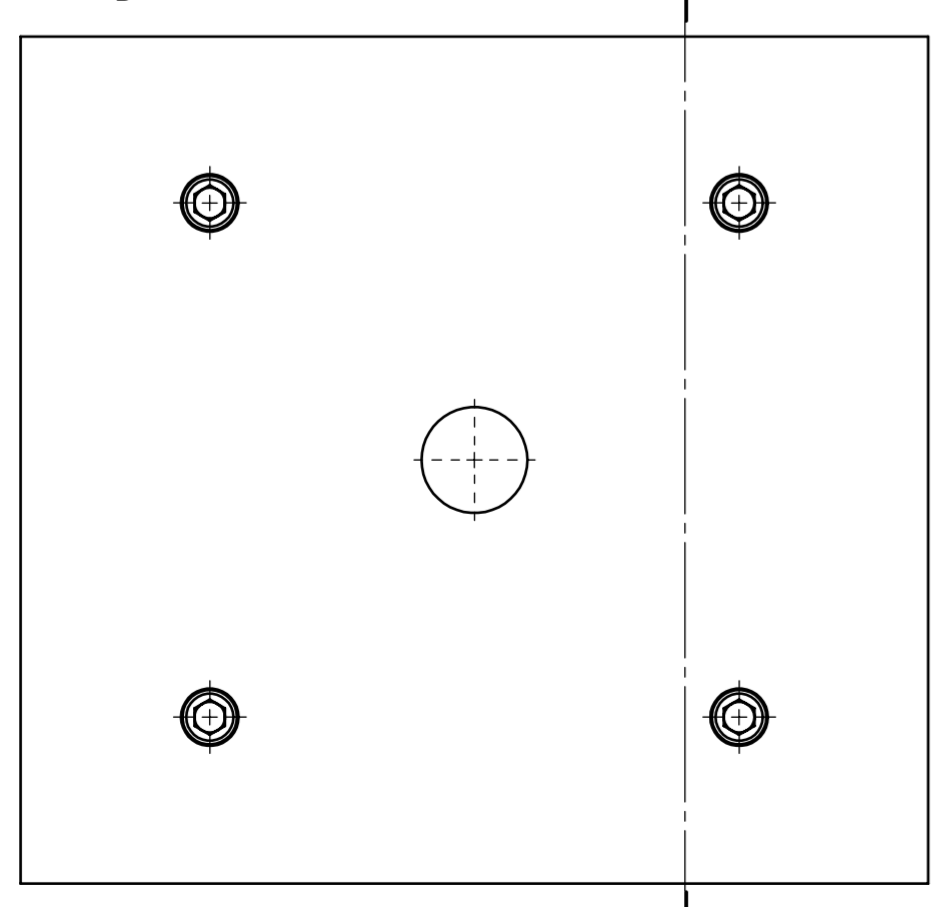
				Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso: 11.85 Kg	Material: AIS1 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujo: 04/07/2019	Fabrizio Campaña C.	Placa porta molde macho Gafas	1:2.5
				Revisó: 17/07/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 17/07/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 13 DE 13	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



CORTE A-A  
ESCALA 1 : 2.5



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 2.5

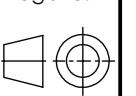


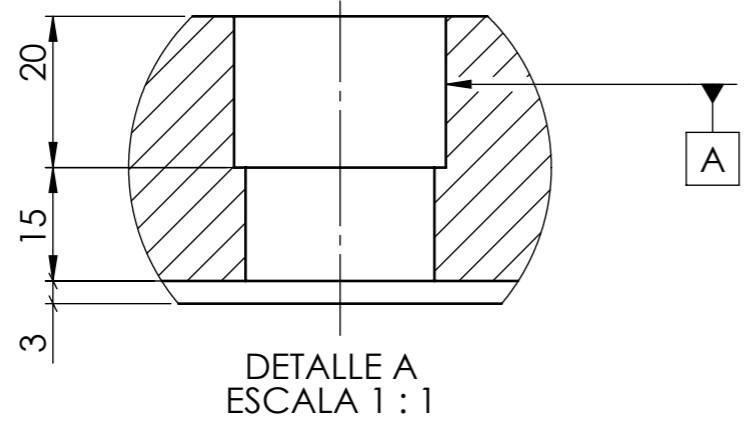
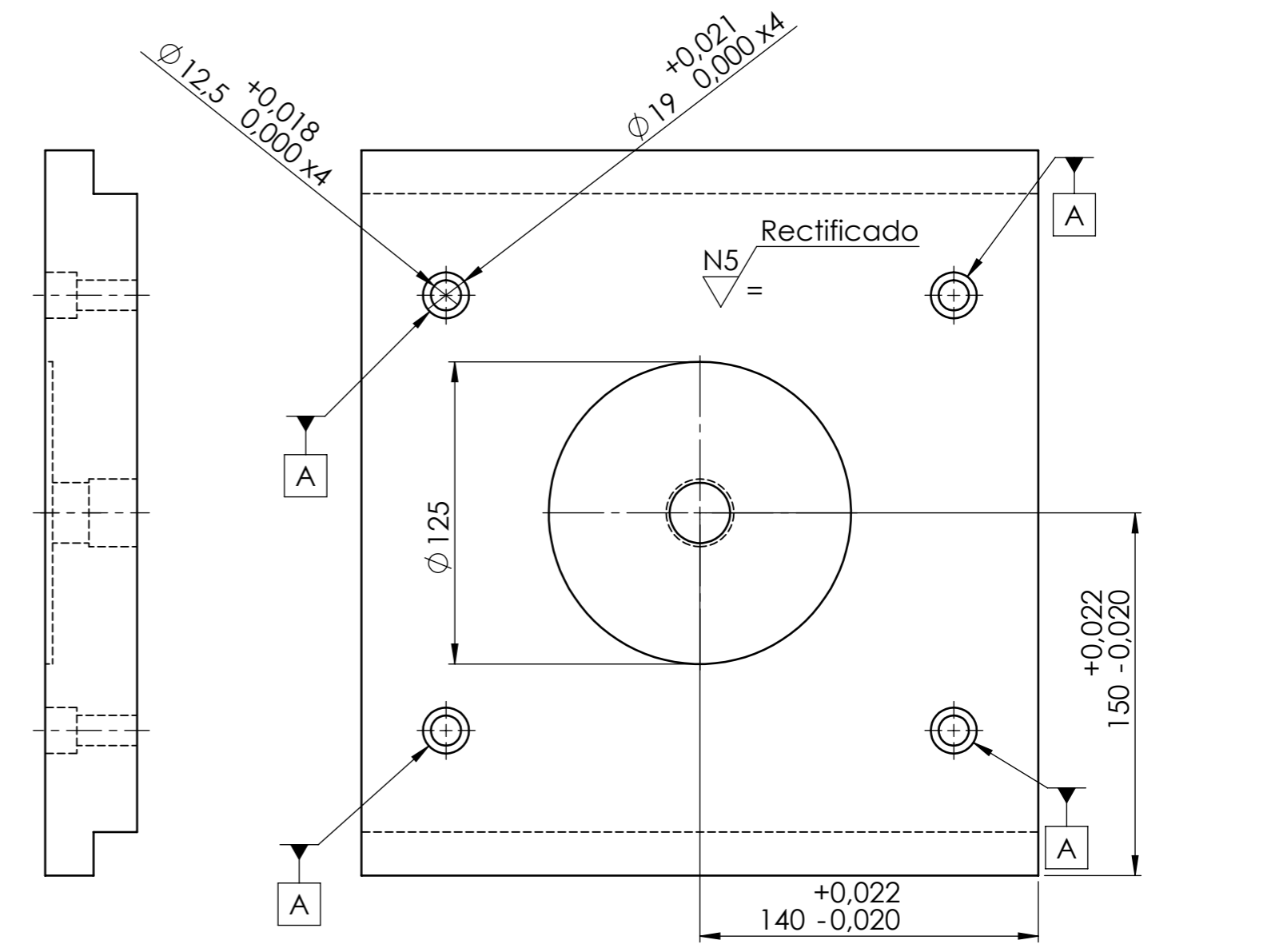
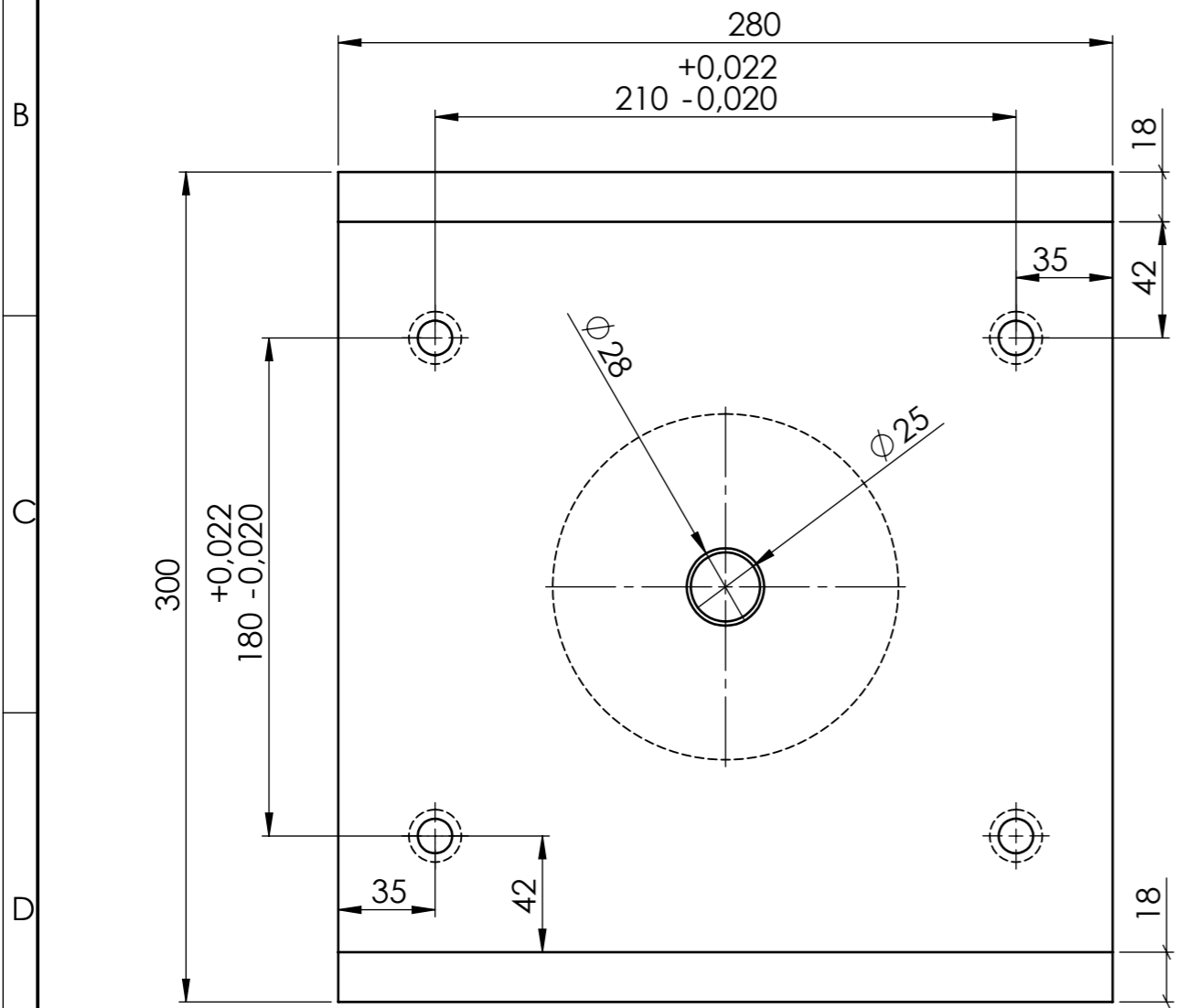
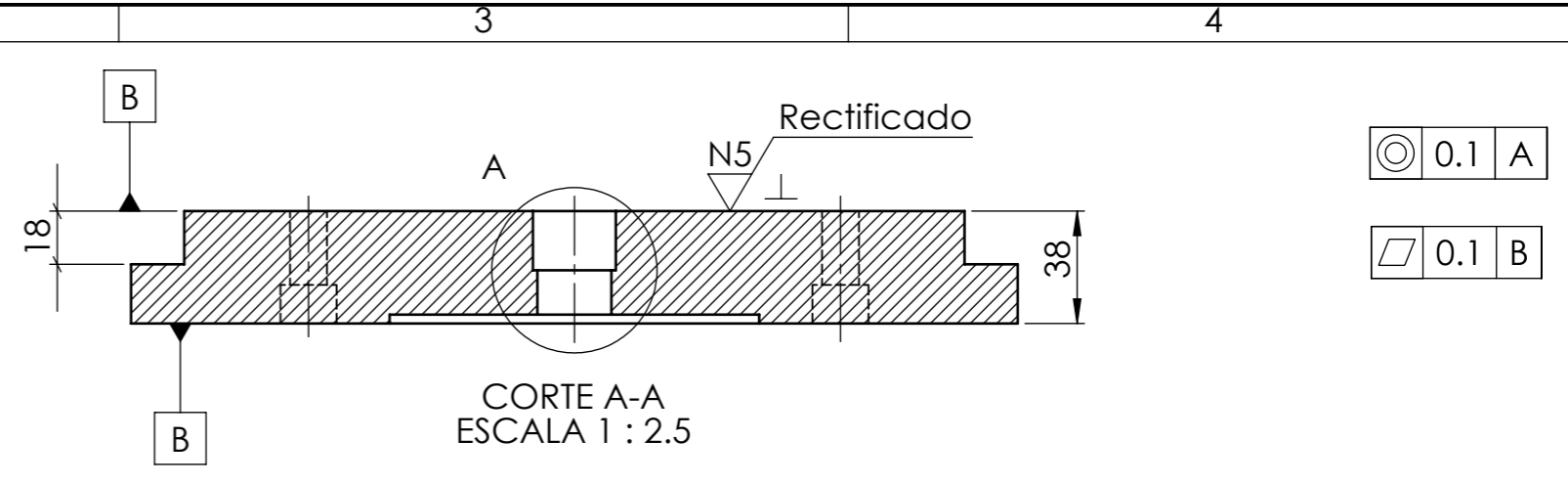
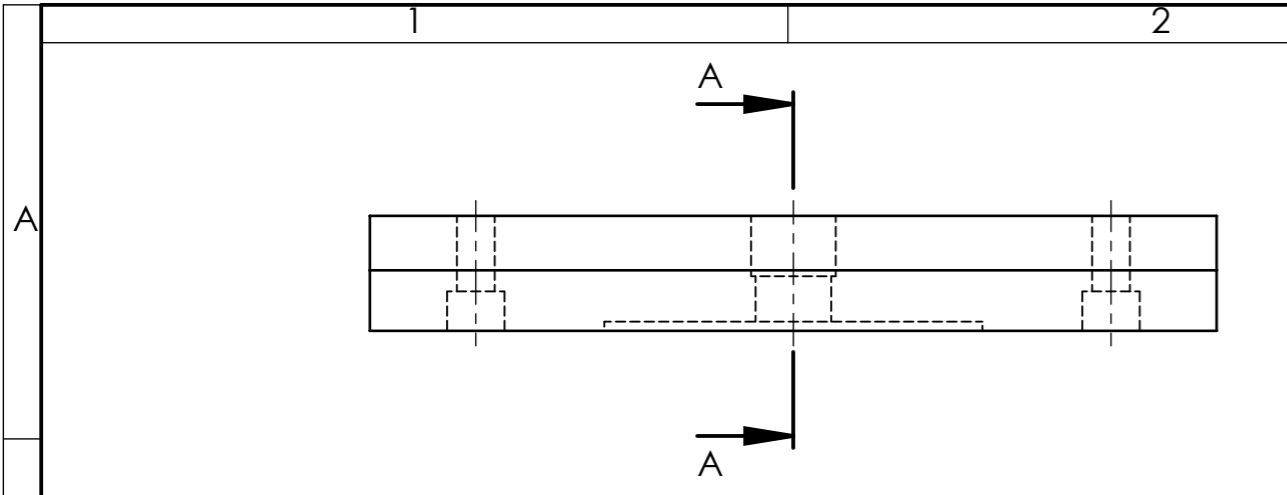
CORTE C-C  
ESCALA 1 : 2.5

No. de piezas	Denominación	No. Norma/Dibujo	Material	No. Orden	No. del modelo/Semiprodcto	Peso Kg/Pieza	Observaciones
4	Perno	ANSI 18.3.1		16	M12 x 1.25 x 80		
2	Perno	ANSI 18.3.1		15	M8 x 1.25 x 20		
1	Placa porta molde macho Soportes	12 DE 12	AI SI 1010	14		16.18	
1	Placa respaldo de placa porta expulsos	11 DE 12	AI SI 1010	13		1.63	
2	Pin retorna expulsos molde Soportes	DIN 1530		12			
3	Pin expulsor molde Soportes	DIN 1530		11			
1	Placa porta expulsos molde Soportes	10 DE 12	AI SI 1010	10		1.59	
2	Paralela molde Soportes	9 DE 12	AI SI 1010	9		7.07	
8	Perno	ANSI 18.3.1		8	M12 x 1.25 x 45		
1	Placa de respaldo macho Soportes	8 DE 12	AI SI 1010	7		24.77	
4	Buje molde Soportes	7 DE 12	AI SI 4340	6		0.07	
1	Molde macho Soportes	6 DE 12	AI SI 1010	5		27.40	
4	Guía molde Soportes	5 DE 12	AI SI 4340	4		0.19	
1	Molde hembra Soportes	4 DE 12	AI SI 1010	3		21.21	
1	Bebedero molde Soportes	3 DE 12	AI SI 4340	2		0.18	
1	Placa porta molde hembra Soportes	2 DE 12	AI SI 1010	1		23.04	

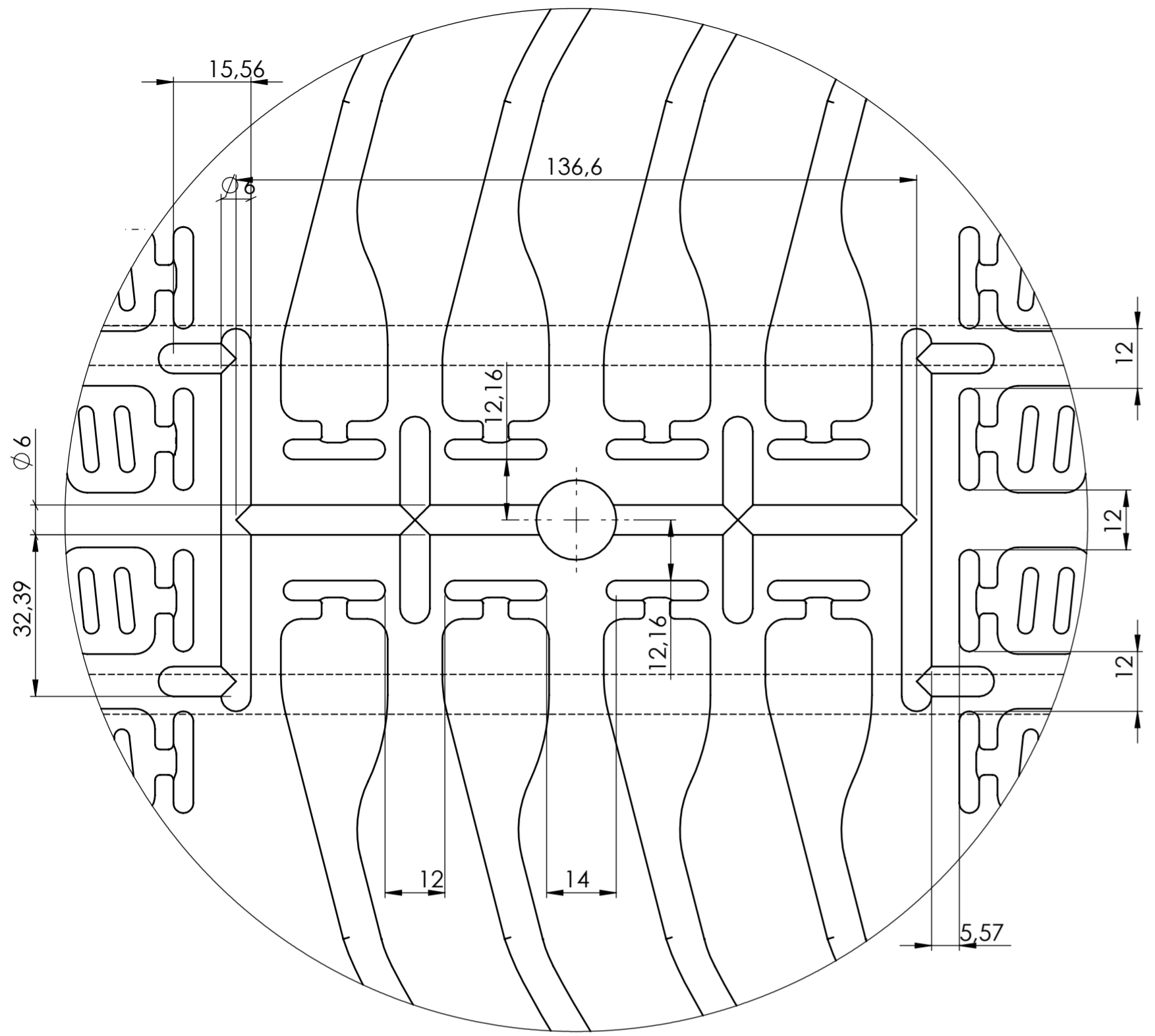
Tolerancia:		Peso:		Material:	
± 1		131.32 Kg		Varios	
Fecha	Nombre	Título:		Escala:	
4/7/2019	Fabricio Campaña C.	Molde Soportes		1:2.5	
Revisó:	Ing. Mauricio C.	N. Lámina:		Registro:	
17/7/2019	Ing. Mauricio C.	HOJA 1 DE 12			
Aprobó:	Ing. Mauricio C.	Sustitución:			
17/7/2019	Ing. Mauricio C.				

UTA  
INGENIERÍA MECÁNICA

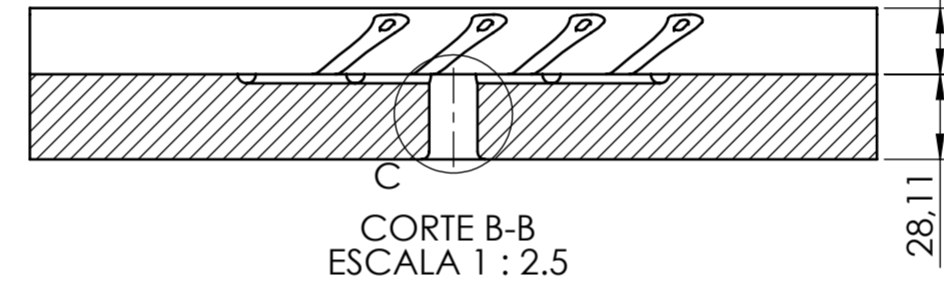




				Tolerancia: ±0.1	Peso: 23.035 Kg	Material: AISI 1010	
				Fecha: 4/7/2019	Nombre: Fabricio Campaña C.	Título: Placa porta molde hembra Soportes	
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	ESCALA: 1:2.5	
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:	
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina HOJA 2 DE 12	
						Sustición	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



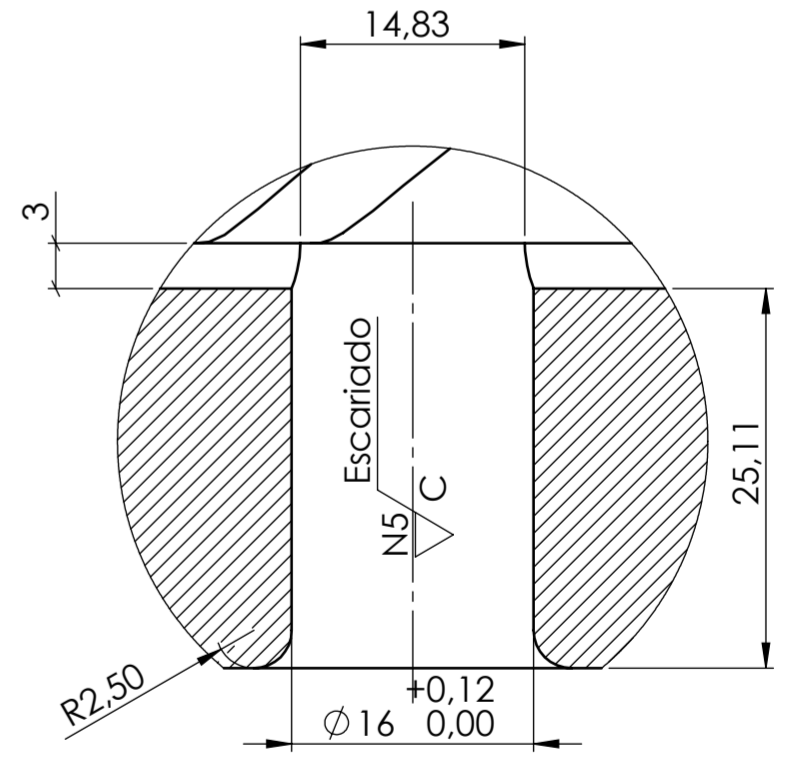
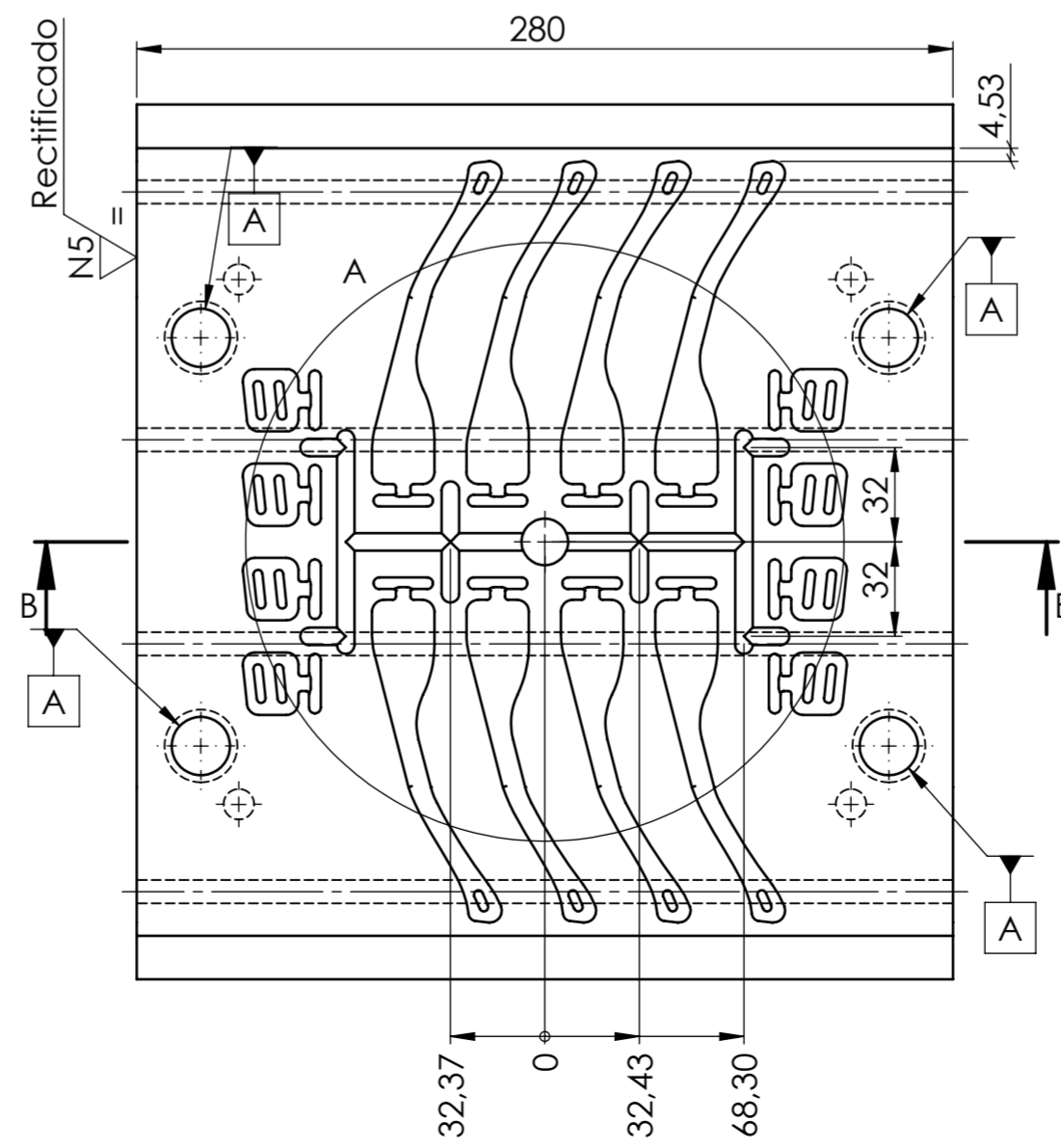
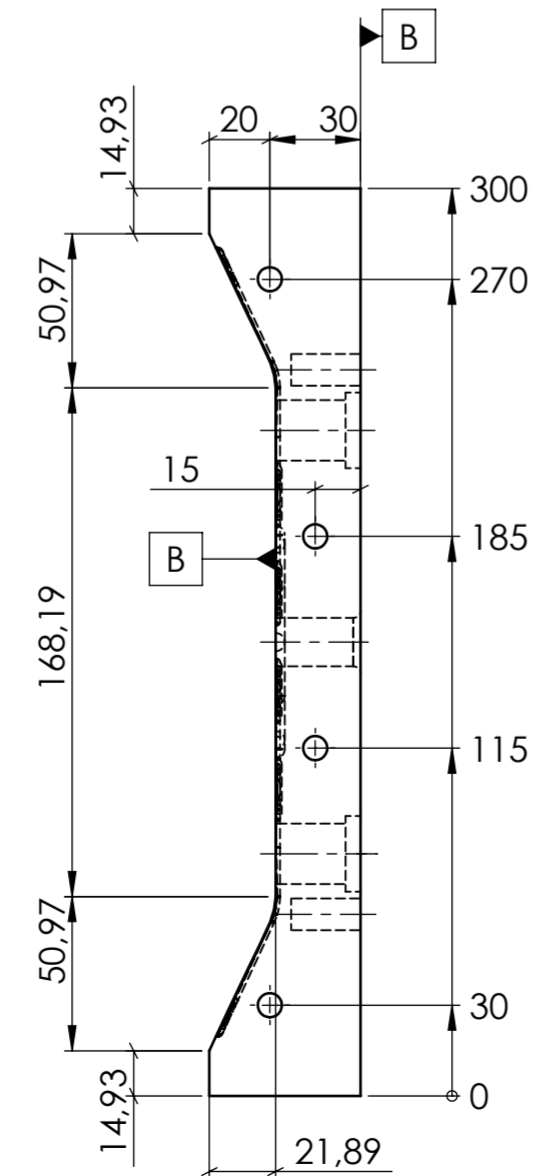
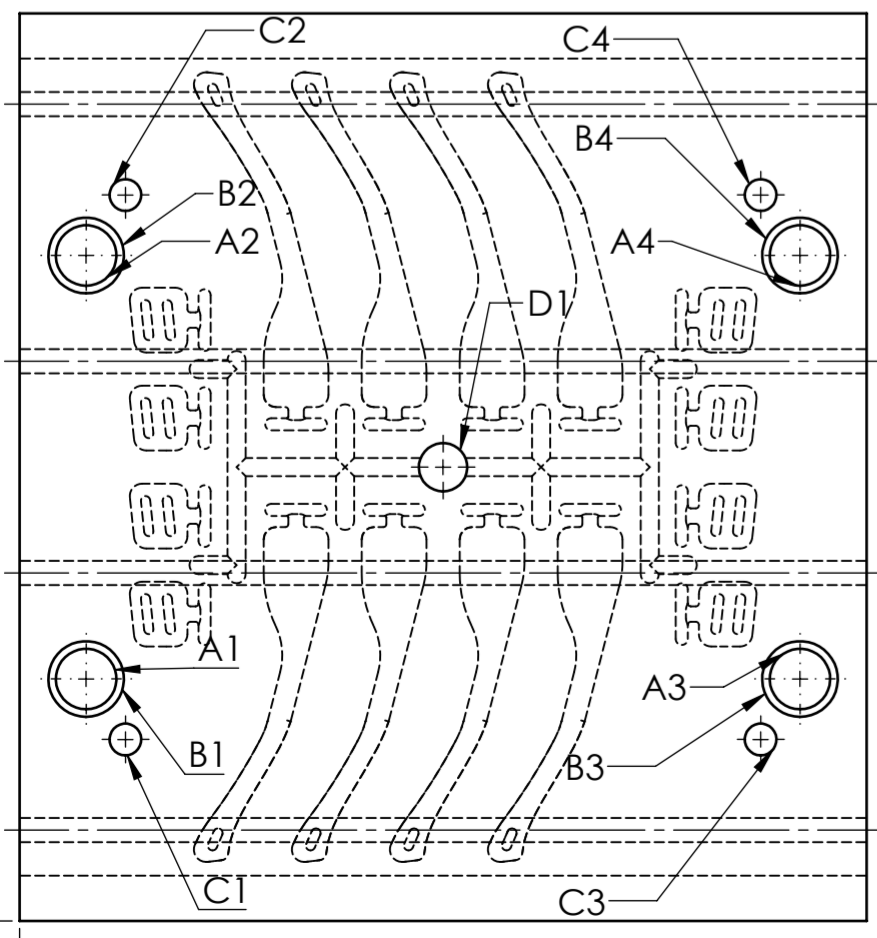
DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



CORTE B-B  
ESCALA 1 : 2.5

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 22 -0,010	+0,011 80 -0,010	+0,02 Ø 20 0,00 POR TODO
A2	+0,011 22 -0,010	+0,011 220 -0,010	+0 Ø 20 0 POR TODO
A3	+0,011 258 -0,010	+0,011 80 -0,010	+0 Ø 20 0 POR TODO
A4	+0,011 258 -0,010	+0,011 220 -0,010	+0 Ø 20 0 POR TODO
B1	+0,011 22 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 20,000 POR TODO +0,110 □ Ø 25,000 0,000 ▽ 5,000
B2	+0,011 22 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 20,000 POR TODO +0,110 □ Ø 25,000 0,000 ▽ 5,000
B3	+0,011 258 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 20,000 POR TODO +0,110 □ Ø 25,000 0,000 ▽ 5,000
B4	+0,011 258 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 20,000 POR TODO +0,110 □ Ø 25,000 0,000 ▽ 5,000
C1	+0,011 35 -0,010	+0,011 60 -0,010	Ø 10,50 ▽ 23,00 M12 x 1.25
C2	+0,011 35 -0,010	+0,011 240 -0,010	Ø 10,50 ▽ 23,00 M12 x 1.25
C3	+0,011 245 -0,010	+0,011 60 -0,010	Ø 10,50 ▽ 23,00 M12 x 1.25
C4	+0,011 245 -0,010	+0,011 240 -0,010	Ø 10,50 ▽ 23,00 M12 x 1.25
D1	+0,011 140 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,022 Ø 16,000 0,000

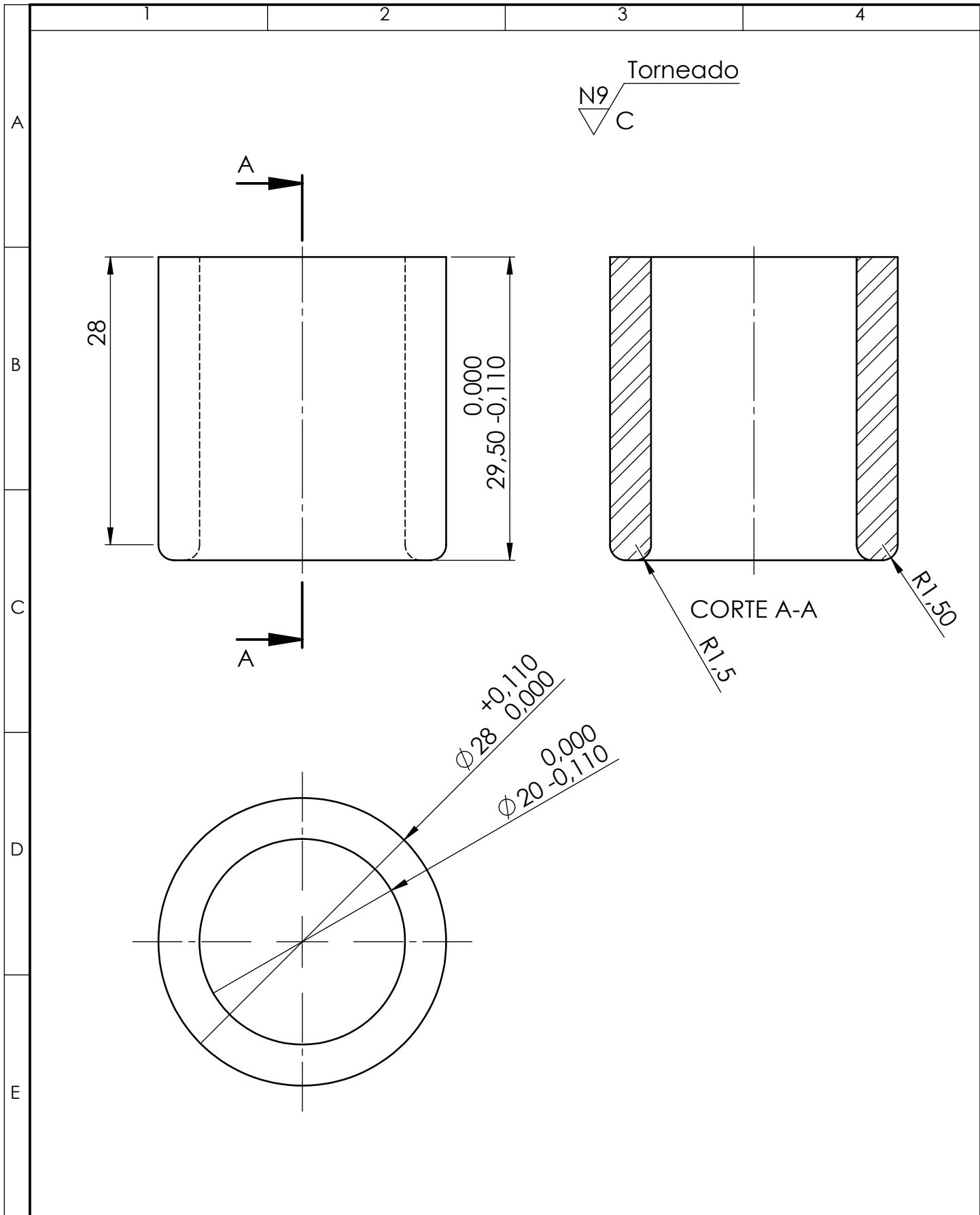
⊙	0.1	A
□	0.1	B



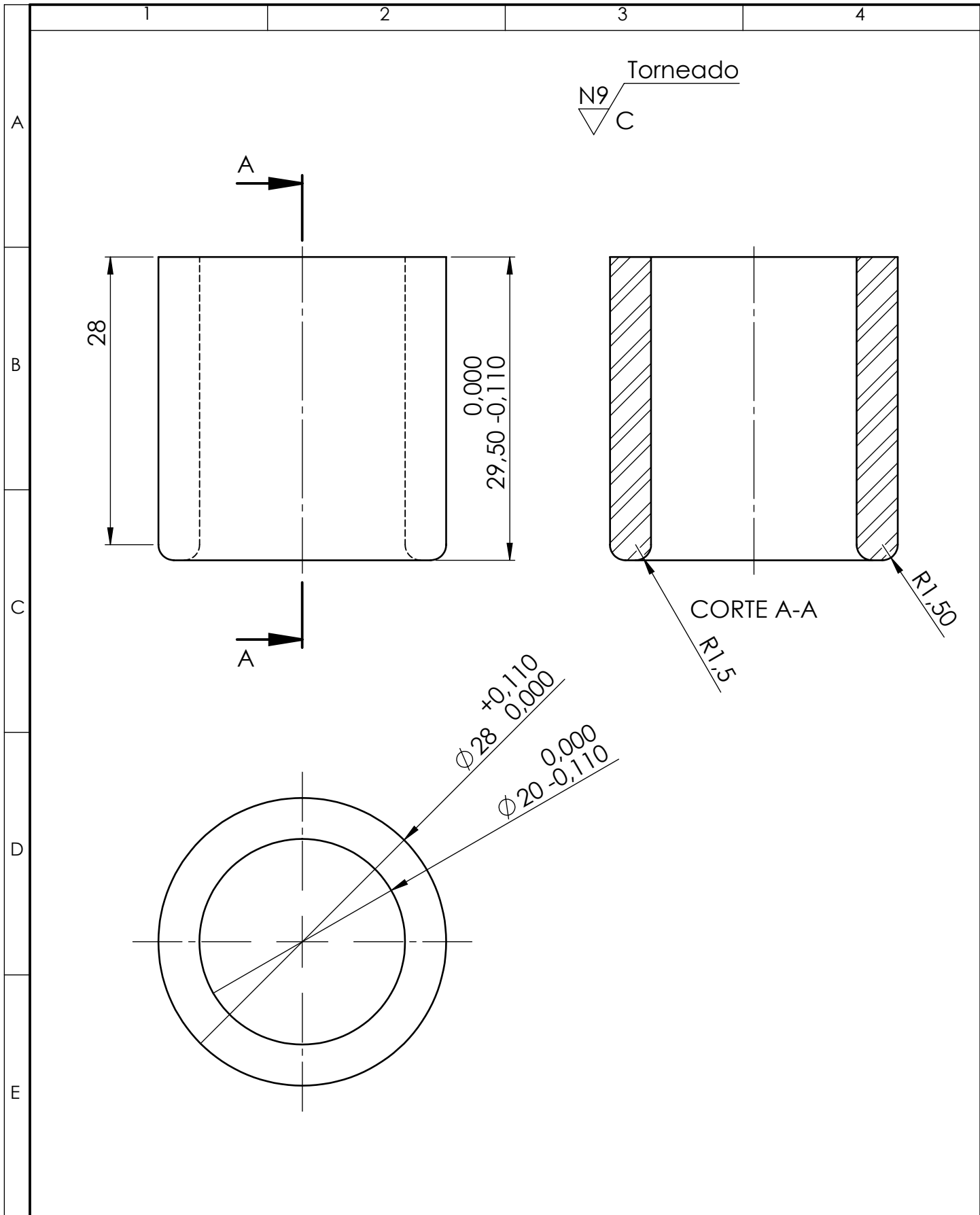
DETALLE C  
ESCALA 2 : 1

Tolerancia:	±0.1	Peso:	21.214 Kg	Material:	AISI 1010
Fecha:	4/7/2019	Nombre:	Fabrica Campaña C.	Título:	Escala:
Revisó:	16/7/2019	Ing. Mauricio C.		molde hembra Soportes	1:2.5
Aprobó:	16/7/2019	Ing. Mauricio C.		N. Lámina:	Registro:
UTA INGENIERÍA MECÁNICA			HOJA 4 DE 12		





				Tolerancia: ±0.1	Peso: 0.069 Kg	Material: AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Buje molde Soportes	
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Escala: 2:1	
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:	
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 7 DE 12	
						Sustitución:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia: ±0.1	Peso: 0.069 Kg	Material: AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Título: Buje molde Soportes	Escala: 2:1
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.		
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	N. Lámina: HOJA 7 DE 12	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución:	

1

2

3

4

A

B

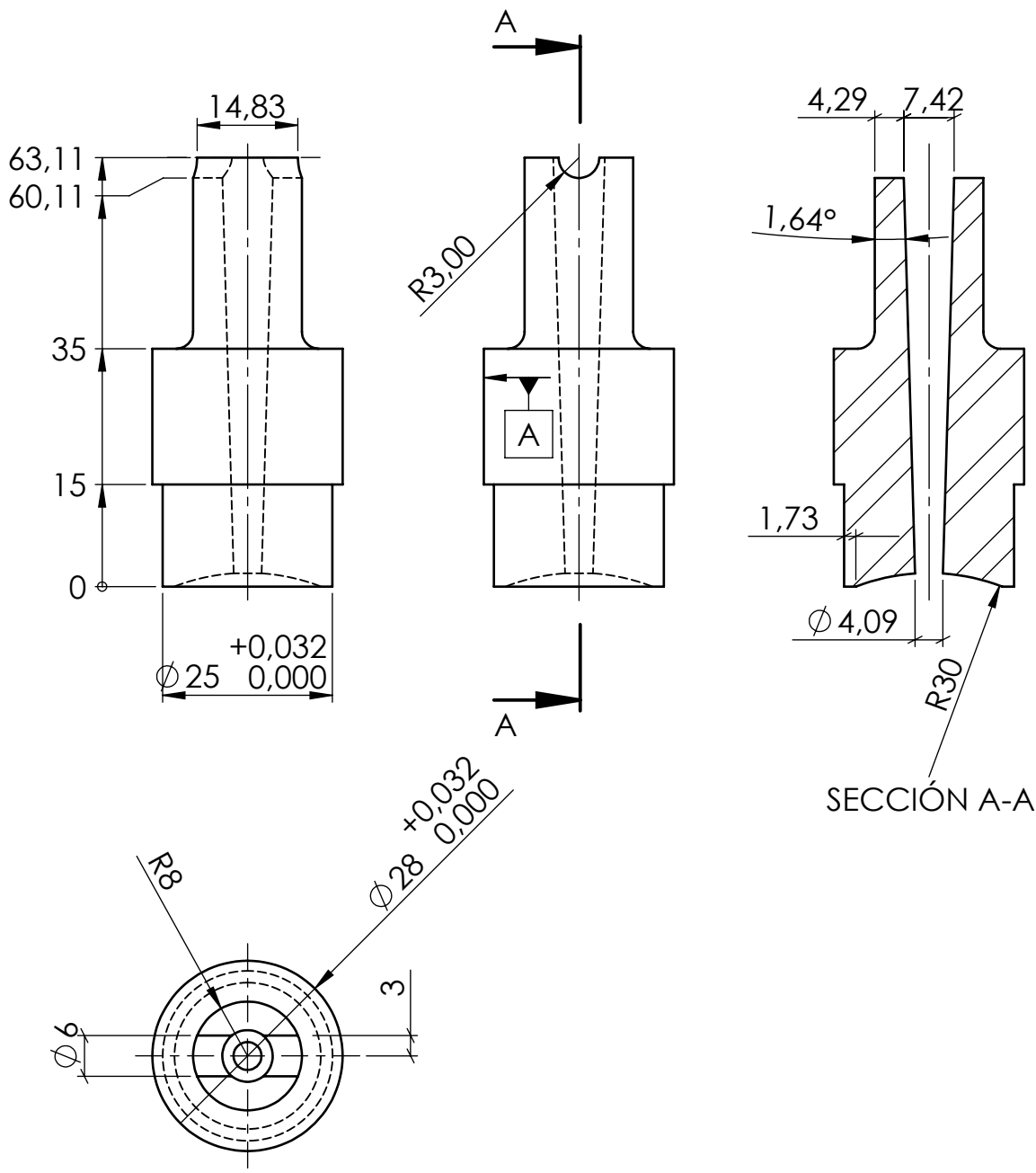
C

D

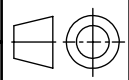
E

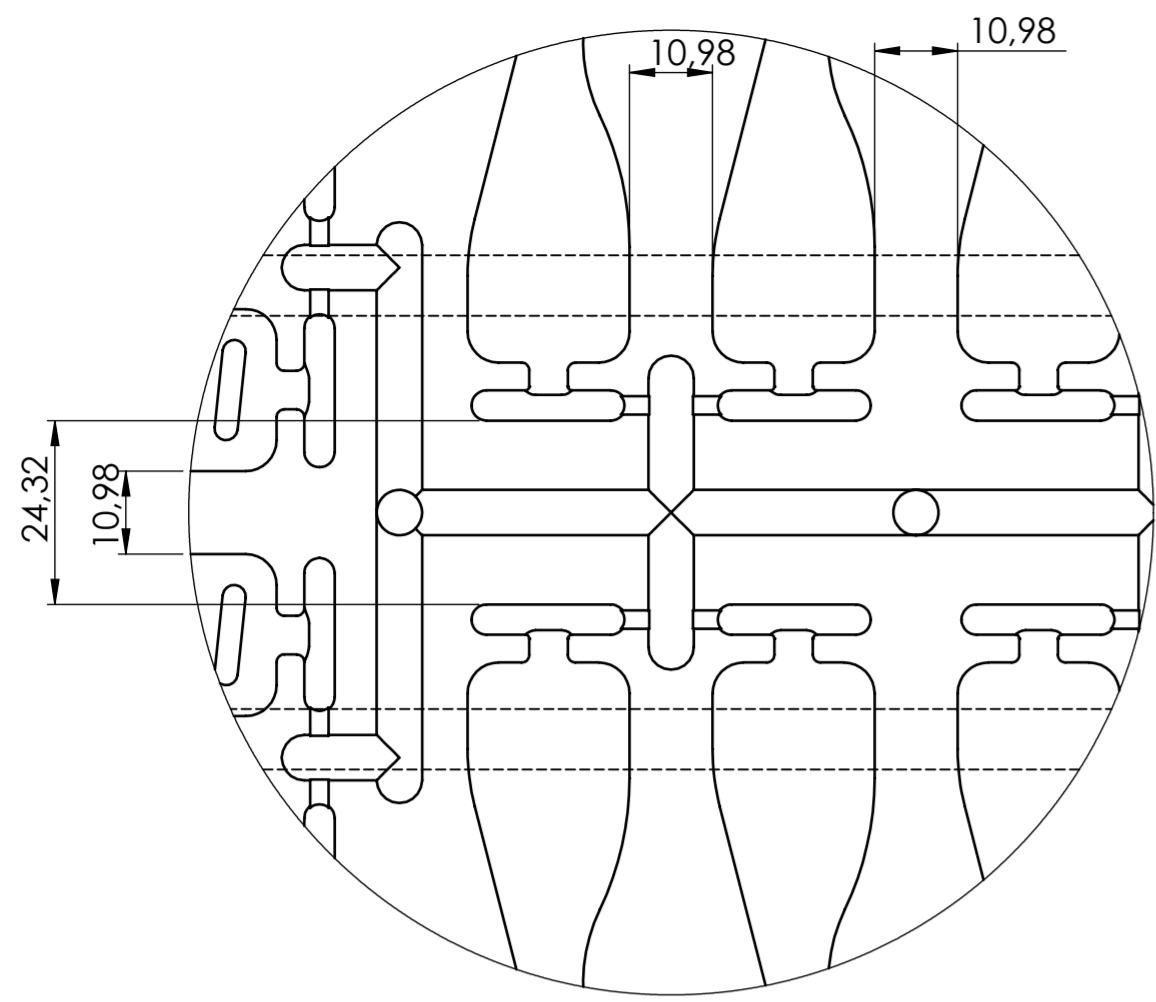
N9 Torneado  
C

0.1 A



				Tolerancia: $\pm 0.1$	Peso: 0.182Kg	Material: AISI 4340	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Bebedero molde Soportes	
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Escala: 1:1	
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:	
				<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 3 DE 12	
						Sustitución:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

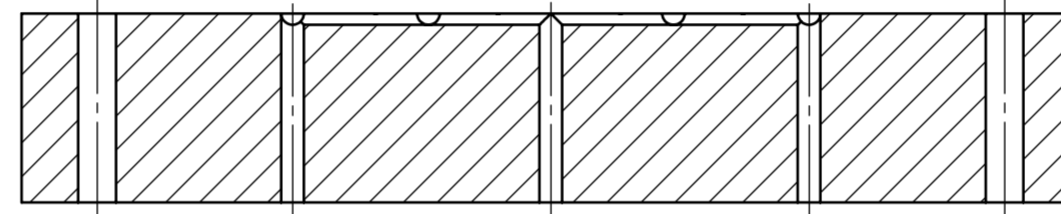




DETALLE B  
ESCALA 1 : 1

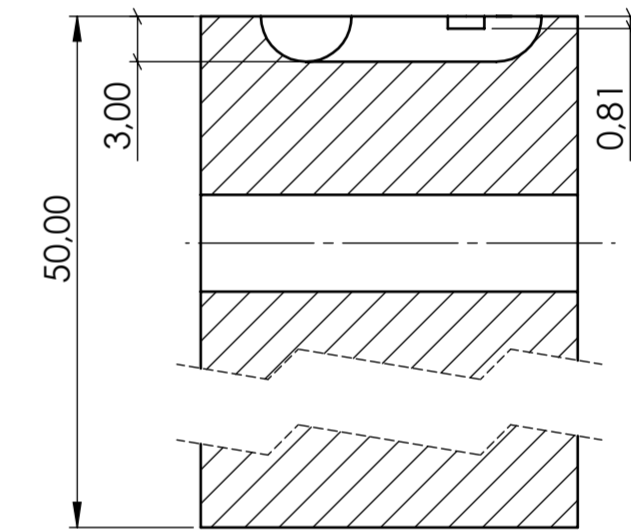
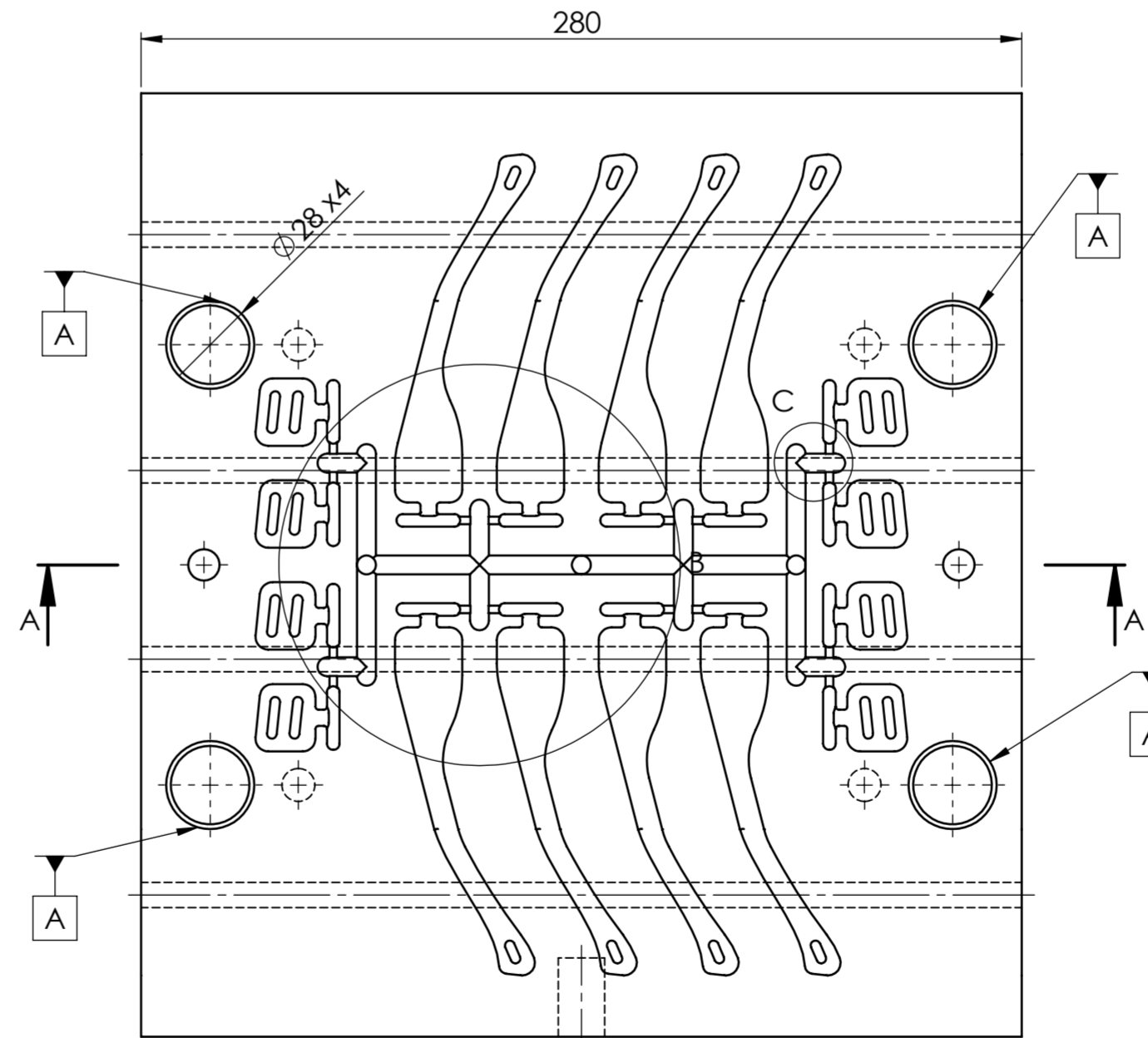
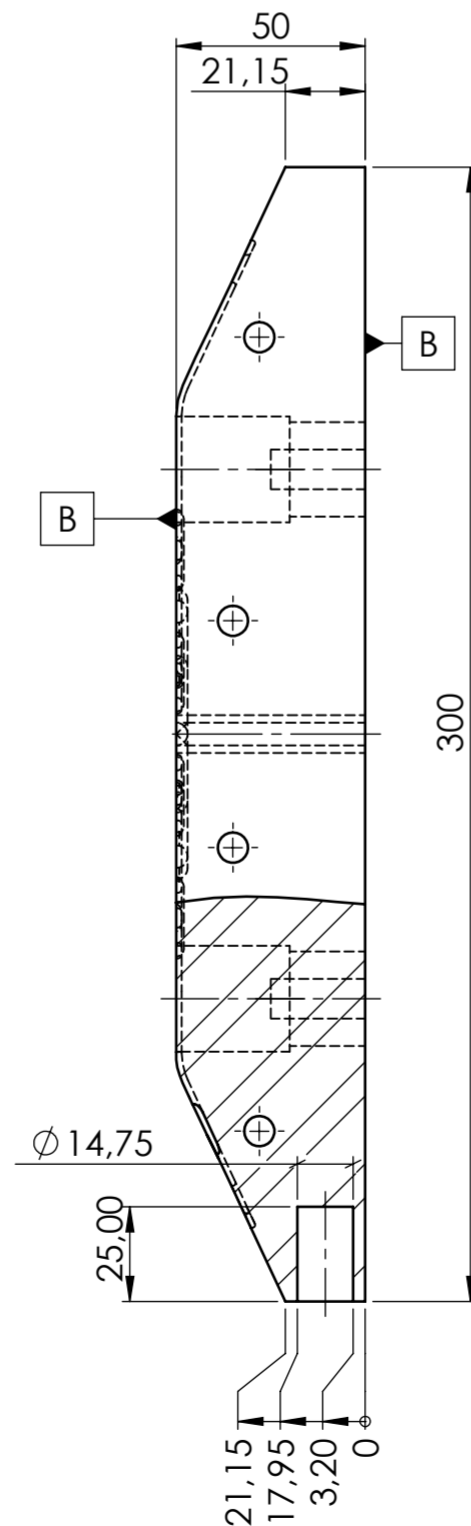
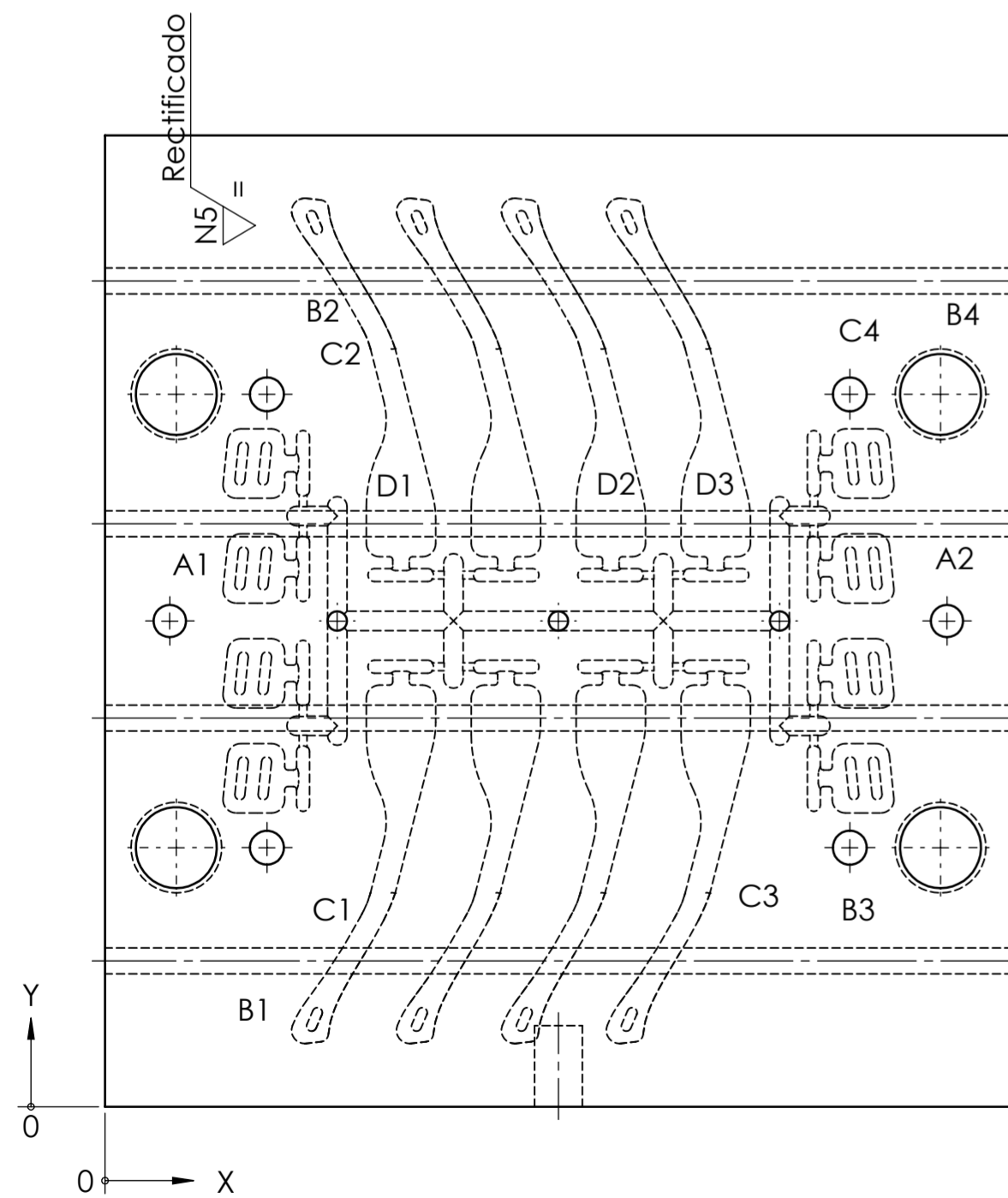
⊙ 0.1 A

▭ 0.1 B

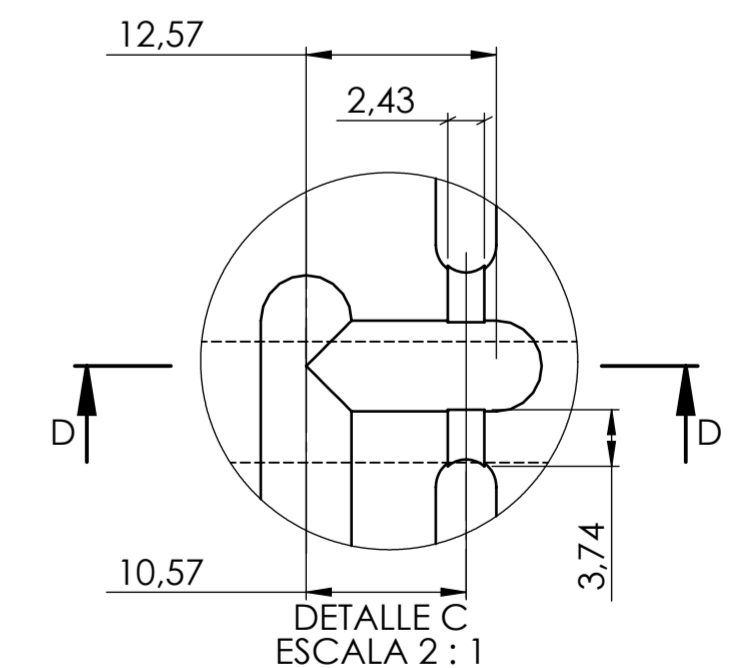


CORTE A-A

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 20 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 10 0,000 POR TODO
A2	+0,011 260 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 10 0,000 POR TODO
B1	+0,011 22 -0,010	+0,011 80 -0,010	+0,021 Ø 25 0,000
B2	+0,011 22 -0,010	+0,011 220 -0,010	+0,021 Ø 25 0,000
B3	+0,011 258 -0,010	+0,011 80 -0,010	+0,021 Ø 25 0,000
B4	+0,011 258 -0,010	+0,011 220 -0,010	+0,021 Ø 25 0,000
C1	+0,011 50 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 10,5 ∇ 25,0 M12 x 1.25
C2	+0,011 50 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 10,5 ∇ 25,0 M12 x 1.25
C3	+0,011 230 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 10,5 ∇ 25,0 M12 x 1.25
C4	+0,011 230 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 10,5 ∇ 25,0 M12 x 1.25
D1	+0,011 71,70 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 6 0,000
D2	+0,011 140 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 6 0,000
D3	+0,011 208,30 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 6 0,000



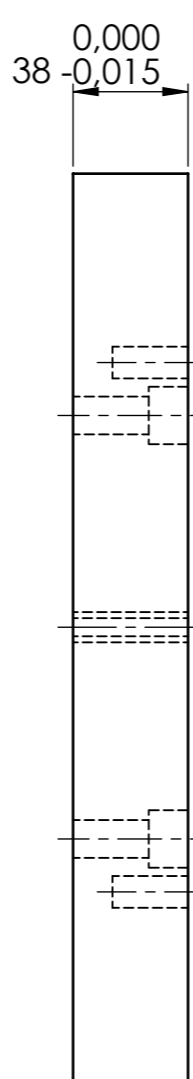
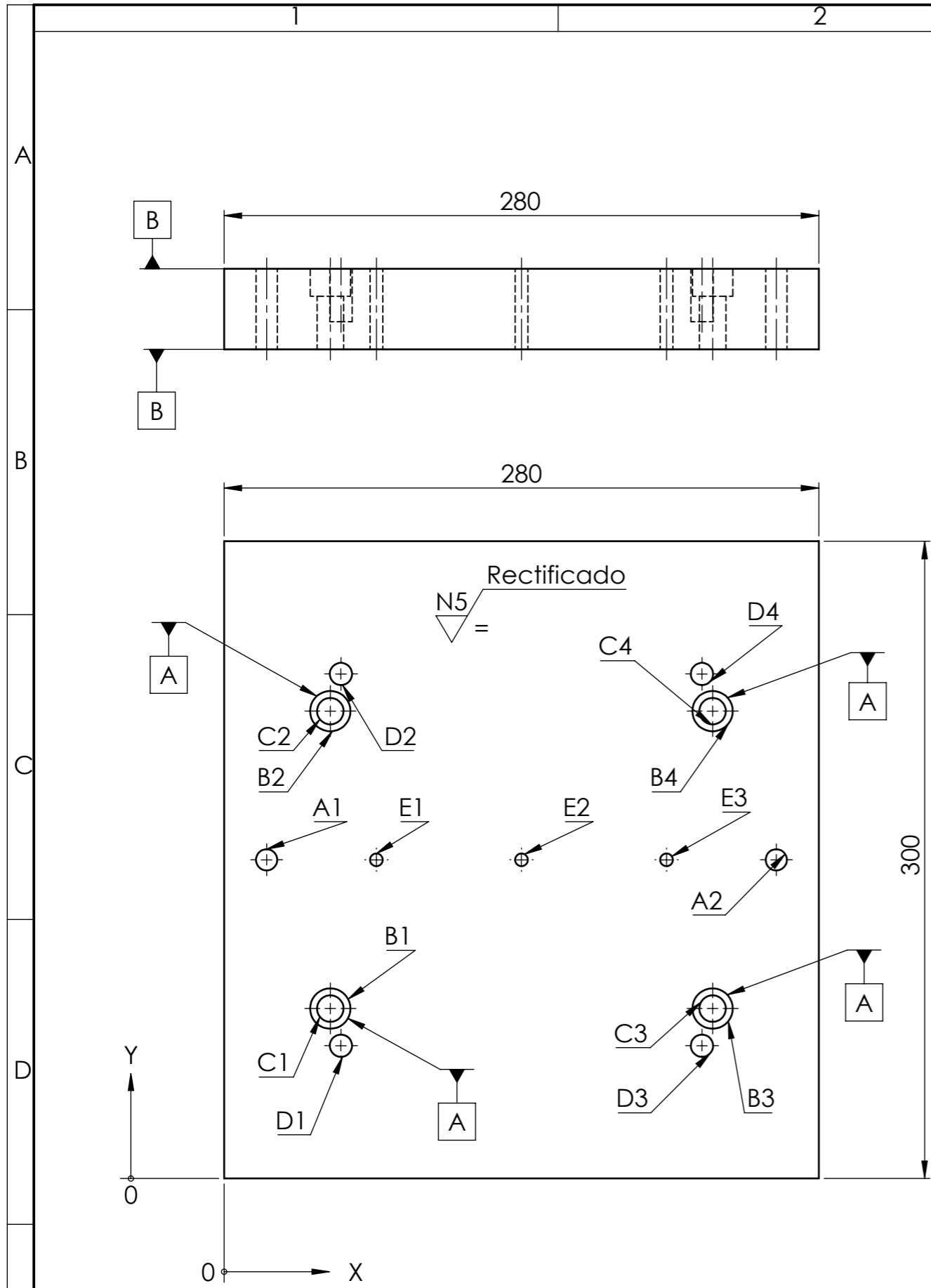
CORTE D-D  
ESCALA 2 : 1



Nota: Detalle C es la geometría del canal de estrangulamiento de todas las cavidades.

Nota: el canal de llenado es igual al del canal del molde hembra soportes.

Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Tolerancia:	Peso:	Material:	Título:	Escala:
				±0.1	27.403 Kg	AISI 1010	Molde macho Soportes	1:2.5
				Fecha	Nombre	Título:		
				Dibujó: 4/7/2019	Fabricio Campaña C.			
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio C.			
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio C.			
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina:	HOJA 6 DE 12	Registro:
						Sustitución:		



	0.1	A
	0.1	B

RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	+0,011 20 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 10 0,000 POR TODO
A2	+0,011 260 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,009 Ø 10 0,000 POR TODO
B1	+0,011 50 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ▽ 13,00
B2	+0,011 50 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ▽ 13,00
B3	+0,011 230 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ▽ 13,00
B4	+0,011 230 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ▽ 13,00
C1	+0,011 50 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 12,50 POR TODO
C2	+0,011 50 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 12,50 POR TODO
C3	+0,011 230 -0,010	+0,011 80 -0,010	Ø 12,50 POR TODO
C4	+0,011 230 -0,010	+0,011 220 -0,010	Ø 12,50 POR TODO
D1	+0,011 55 -0,010	+0,011 62,50 -0,010	Ø 10,50 ▽ 25,00 M12 x 1.25
D2	+0,011 55 -0,010	+0,011 237,50 -0,010	Ø 10,50 ▽ 25,00 M12 x 1.25
D3	+0,011 225 -0,010	+0,011 62,50 -0,010	Ø 10,50 ▽ 25,00 M12 x 1.25
D4	+0,011 225 -0,010	+0,011 237,50 -0,010	Ø 10,50 ▽ 25,00 M12 x 1.25
E1	+0,011 71,70 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,008 Ø 6 0,000 POR TODO
E2	+0,011 140 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,008 Ø 6 0,000 POR TODO
E3	+0,011 208,30 -0,010	+0,011 150 -0,010	+0,008 Ø 6 0,000 POR TODO

				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±0.1	24.76 Kg	AISI 1010		
				Fecha:	Nombre:	Título:		
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Placa de respaldo macho Soportes		
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	ESCALA: 1:2.5		
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:		
				UTA INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina		HOJA 8 DE 12
						Sustición		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

1

2

3

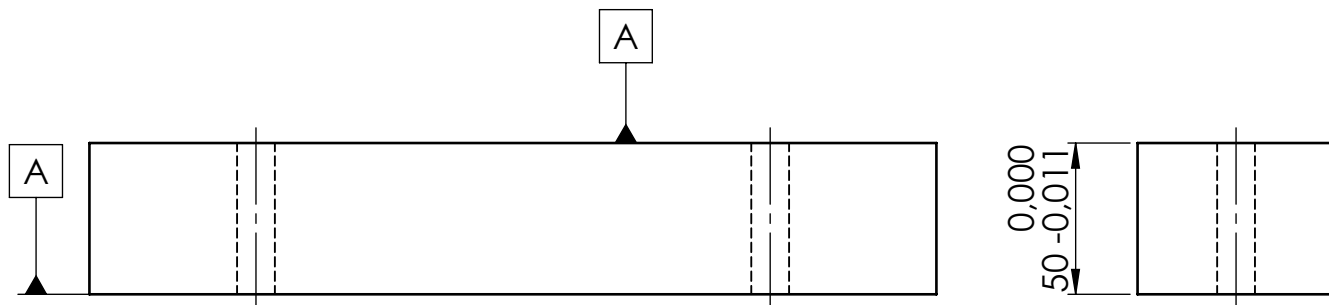
4

A

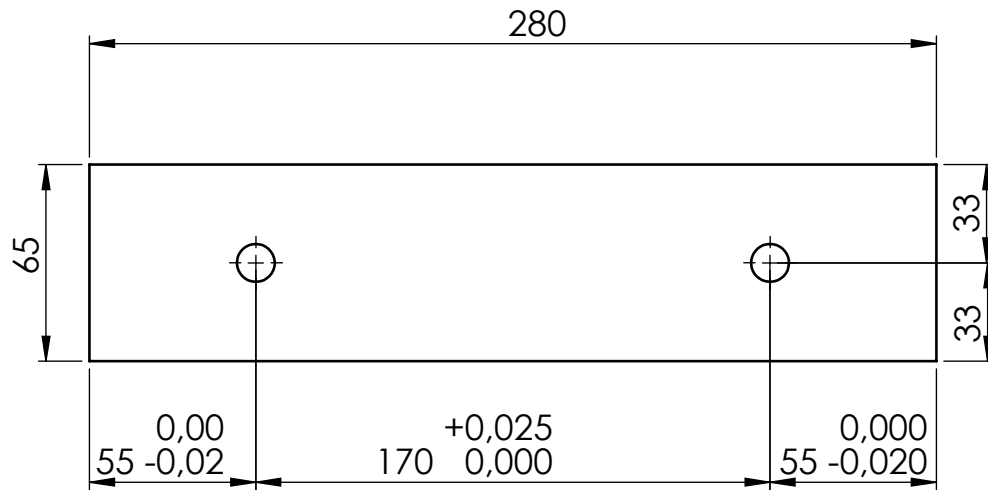
0.1 A

N5 Rectificado

B



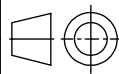
C



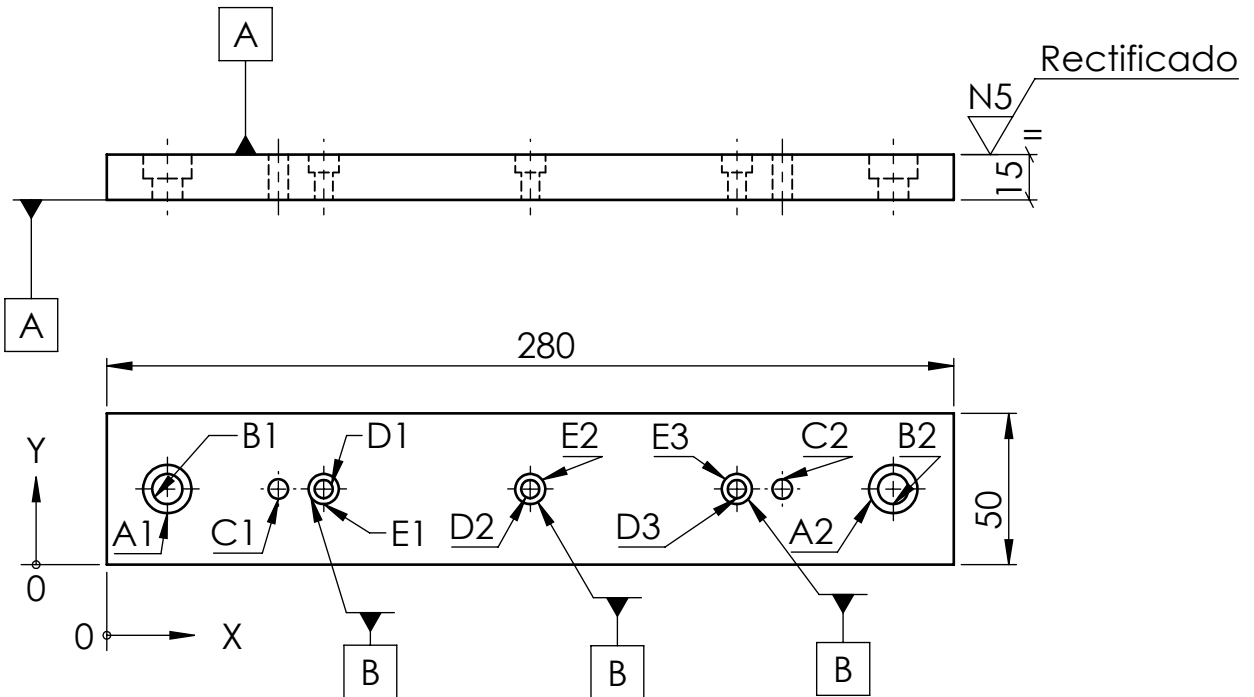
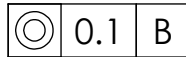
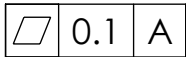
D

E

				Tolerancia: ±0.1	Peso: 0.706 Kg	Material: AISI 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Paralela molde Soportes	1:2.5
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 9 DE 12	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	



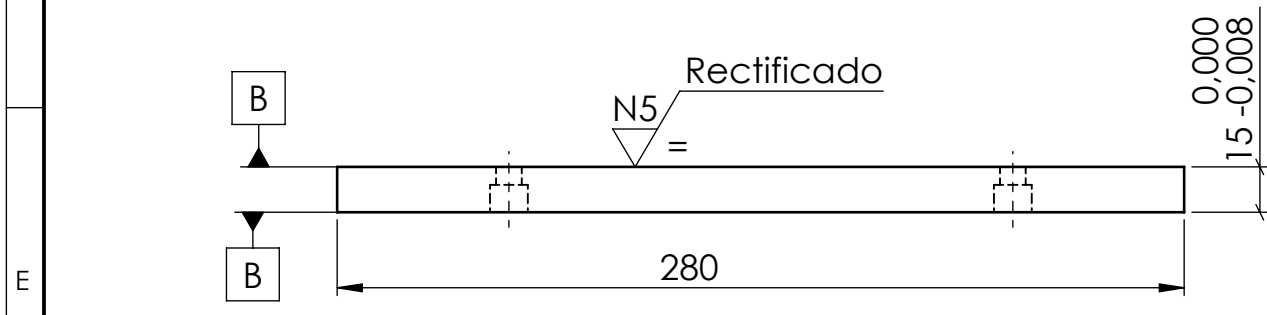
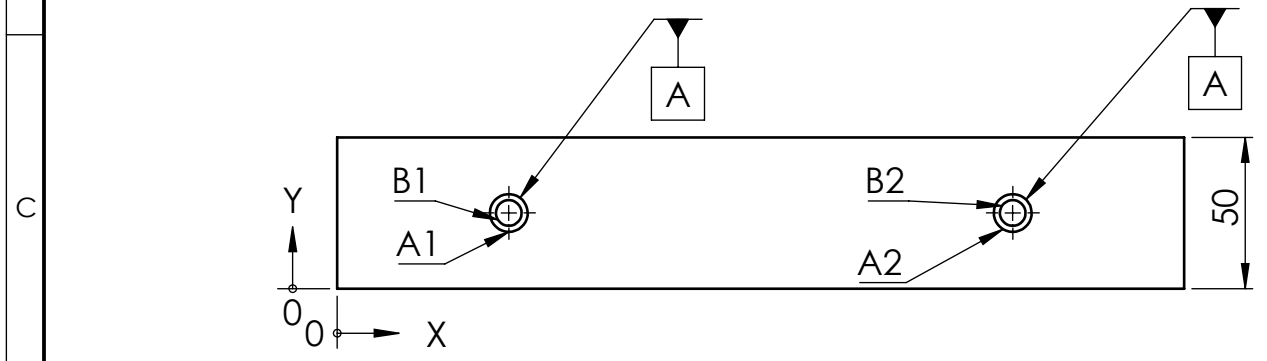
	1	2	3	4
A	A1	+0,011 20 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 10,00 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 8,00
	A2	+0,011 260 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 10,00 POR TODO └─┘ Ø 16,00 ▽ 8,00
	B1	+0,011 20 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 10,00 POR TODO
B	B2	+0,011 260 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 10,00 POR TODO
	C1	+0,011 56,70 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 6,50 0,000 POR TODO M8 x 1.2
	C2	+0,011 223,30 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 6,50 0,000 POR TODO M8 x 1.2
	D1	+0,011 71,70 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 6,00 0,000 POR TODO
	D2	+0,011 140 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 6,00 0,000 POR TODO
	D3	+0,011 208,30 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,009 Ø 6,00 0,000 POR TODO
C	E1	+0,011 71,70 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 6 POR TODO +0,009 └─┘ Ø 10 0,000 ▽ 6
	E2	+0,011 140 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 6 POR TODO +0,009 └─┘ Ø 10 0,000 ▽ 6
	E3	+0,011 208,30 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 6 POR TODO +0,009 └─┘ Ø 10 0,000 ▽ 6
	RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO



				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 1.593 Kg	Material: AISI 1010	
				Fecha	Nombre	Título:	
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.	Placa porta expulsores molde Soportes	
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Escala: 1:2.5	
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	Registro:	
				U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		N. Lámina: HOJA 10 DE 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución:	

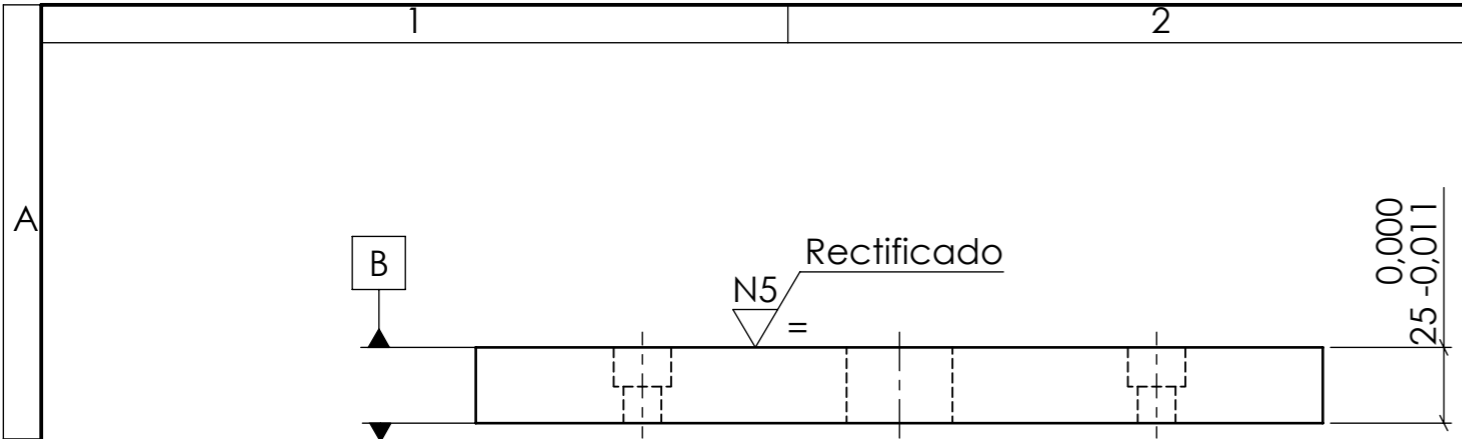
	1	2	3	4
A	A1	+0,011 57 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 8,50 POR TODO □ Ø 12,50 ▽ 9,00
	A2	+0,011 223 -0,010	+0,011 25 -0,010	Ø 8,50 POR TODO □ Ø 12,50 ▽ 9,00
	B1	+0,011 57 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,110 Ø 9 0,000 POR TODO
	B2	+0,011 223 -0,010	+0,011 25 -0,010	+0,110 Ø 9 0,000 POR TODO
	RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO

⊙	0.1	A
▭	0.1	B

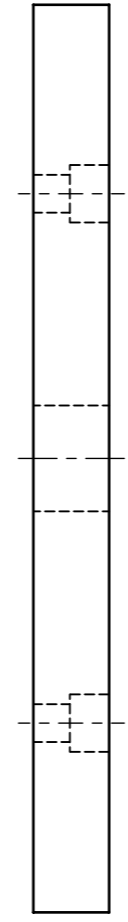
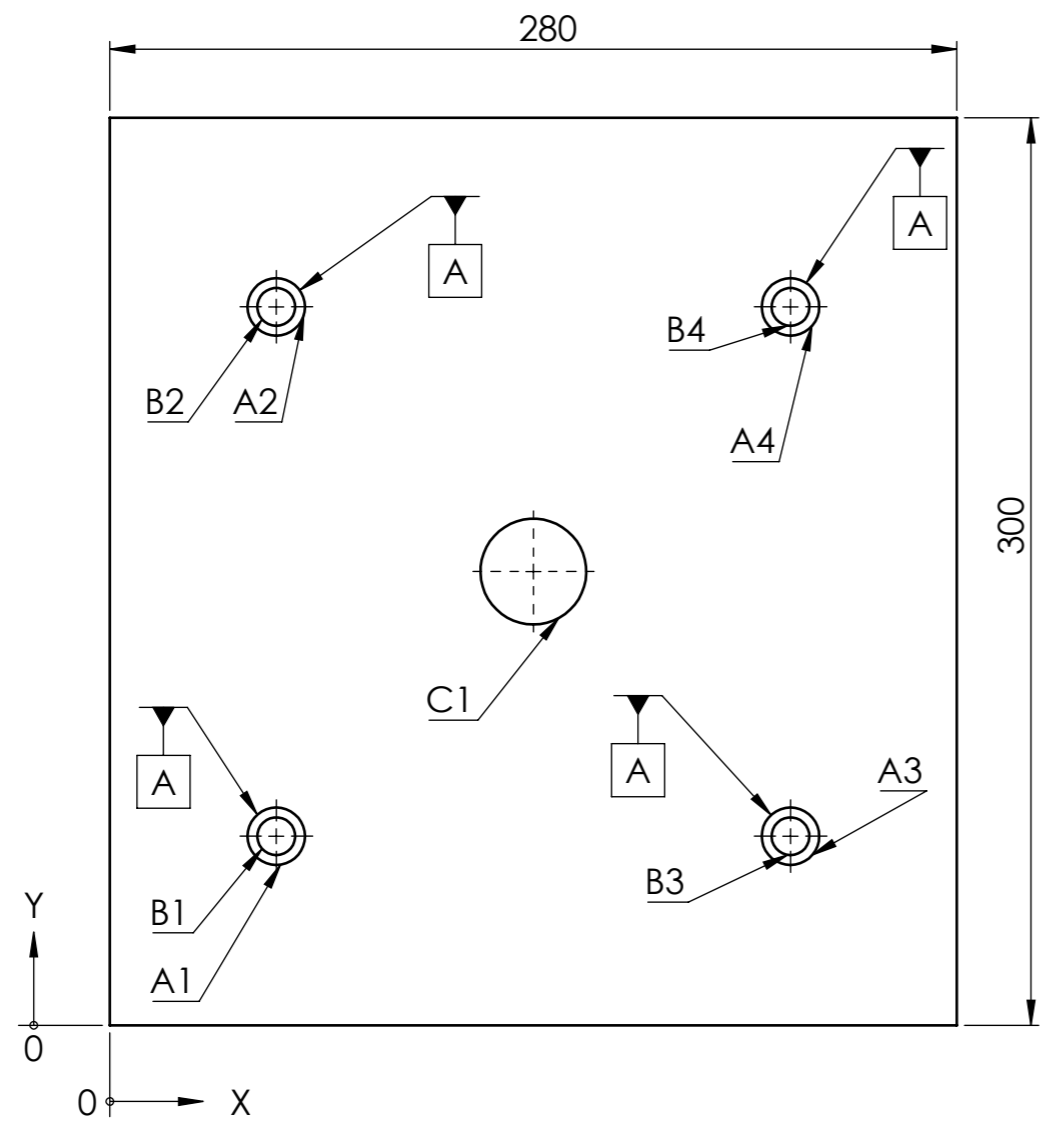


				Tolerancia: ± 0.1	Peso: 1,627 Kg	Material: AIS1 1010	
				Fecha	Nombre	Título: Placa respaldo de placa porta expulsores	Escala: 1:2.5
				Dibujo: 4/7/2019	Fabrizio Campaña C.		
				Revisó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo		
				Aprobó: 16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	N. Lámina: HOJA 11 DE 12	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	<b>U.T.A.</b> INGENIERÍA MECÁNICA		Sustitución:	





RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	55 +0,011 0	63 +0,011 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ∇ 13,00
A2	55 +0,011 -0,010	238 +0,011 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ∇ 13,00
A3	225 +0,011 -0,010	63 +0,011 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ∇ 13,00
A4	225 +0,011 -0,010	238 +0,011 -0,010	Ø 12,50 POR TODO □ Ø 19,00 ∇ 13,00
B1	55 +0,011 -0,010	63 +0,011 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B2	55 +0,011 -0,010	238 +0,011 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B3	225 +0,011 -0,010	63 +0,011 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
B4	225 +0,011 -0,010	238 +0,011 -0,010	+0,11 Ø 12,50 0,00 POR TODO
C1	140 +0,011 -0,010	150 +0,011 -0,010	Ø 35,00 POR TODO



⊙	0.1	A
∇	0.1	B

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±0.1	16,175 Kg	AISI 1010	
				Fecha:	Nombre:	Título:	
				Dibujo:	4/7/2019	Fabricio Campaña C.	Placa porta molde macho Soportes
				Revisó:	16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				Aprobó:	16/7/2019	Ing. Mauricio Carrillo	
				UTA		N. Lámina	HOJA 12 DE 12
				INGENIERÍA MECÁNICA		Sustición	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			ESCALA: 1:2.5	
						Registro: 	