



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA INDUSTRIAL
MODALIDAD DUAL

**DISEÑO DE UN TROQUEL DE CORTE PARA LA OBTENCIÓN DE PROBETAS DE
LÁMINA METÁLICA PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA EN
LA INDUSTRIA DE LÍNEA BLANCA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Tecnólogo Superior en Mecánica Industrial

AUTOR: JONNATHAN PAÚL CUSCO CAMPOVERDE
TUTOR: ING. JORGE ISAAC FAJARDO SEMINARIO, Ph.D.

Cuenca - Ecuador
2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jonnathan Paúl Cusco Campoverde con documento de identificación N° 0105382345 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 28 de febrero del 2025

Atentamente,



Jonnathan Paúl Cusco Campoverde

0105382345

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jonnathan Paúl Cusco Campoverde con documento de identificación N° 0105382345, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor de la Propuesta tecnológica: “Diseño de un troquel de corte para la obtención de probetas de lámina metálica para el análisis de calidad de materia prima en la industria de línea blanca”, la cual ha sido desarrollada para optar por el título de: Tecnólogo Superior en Mecánica Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero del 2025

Atentamente,



Jonnathan Paúl Cusco Campoverde

0105382345

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Isaac Fajardo Seminario con documento de identificación N° 0102495777, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UN TROQUEL DE CORTE PARA LA OBTENCIÓN DE PROBETAS DE LÁMINA METÁLICA PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA EN LA INDUSTRIA DE LÍNEA BLANCA, realizado por Jonnathan Paúl Cusco Campoverde con documento de identificación N° 0105382345, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero del 2025

Atentamente,



Ing. Jorge Isaac Fajardo Seminario, Ph.D.

0102495777

Dedicatoria

A mi esposa y a mi hijo que son mi fortaleza, con su apoyo constante e incondicional e culminado este proyecto de integración curricular.

A mis compañeros de clase como de trabajo, que me compartieron sus recursos, conocimientos y sobre todo esa amistad que me llevo a culminar este proyecto.

A mi profesor el Ing. Milton Maldonado, aunque ya no esté presente le dedico este proyecto por la vocación y los conocimientos compartidos que me llevaron a este gran logro en mi vida profesional.

A mis padres, por inculcarme esos valores de lucha y perseverancia para saber que nada es fácil pero tampoco imposible y ahora veo la realidad con la culminación de este proyecto.

A mí mismo, por el tiempo dedicado a este proyecto y poder demostrar mis conocimientos adquiridos en el transcurso de la formación académica.

Agradecimiento

Al Ing. Jorge Isaac Fajardo Sarmiento, Ph. D por sus aportes técnicos, que enriquecieron significativa- mente el enfoque y los resultados de este estudio.

A mi empresa de trabajo al área técnica de matricería donde estoy poniendo en práctica lo aprendido y sigo adquiriendo conocimientos y destrezas.

A todos mis profesores que aportaron con sus conocimientos con paciencia y esmero en mi vida profesional.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por abrirme sus puertas y poder adquirir una meta más en vida.

Resumen

El propósito de este proyecto es diseñar un troquel capaz de cortar una placa de acero inoxidable de 0.6mm de espesor para elaborar probetas destinadas al uso en el laboratorio de una empresa de línea blanca. Para ello, se llevó a cabo un estudio previo con el objetivo de determinar cuál es el método más eficaz para el corte de estas probetas, el cual será considerado como inicio.

A través de la metodología elegida, se inicia analizando las etapas requeridas en el proceso de cizallado de láminas metálicas. Luego identifican las partes esenciales del troquel y se procede a elegir los sistemas apropiados.

Se lleva a cabo el estudio de alternativas de diseño, seleccionando tres opciones que satisfagan los objetivos propuestos, contrastándolas entre ellas para determinar cuál es la más eficaz para este proyecto. Para continuar con el diseño, se proporciona una explicación de la teoría de formulación que se empleará para determinar las propiedades esenciales del troquel antes de su diseño.

Una vez concluida la investigación y los cálculos, se lleva a cabo el diseño del troquel. Este se lleva a cabo utilizando software de diseño 2D y 3D, con los cuales se elaboran los planos de detalle del troquel de corte.

Palabras claves: Troquel, prensa, placas, corte, matriz punzón, probeta.

Abstract.

The purpose of this project is to design a die capable of cutting a 0.6 mm thick stainless-steel plate to make probes for use in the laboratory of a white goods company. To this end, a previous study was carried out with the objective of determining which is the most effective method for cutting these probes, which will be considered as a start.

Through the chosen methodology, we begin by analyzing the stages required in the metal sheet shearing process. They then identify the essential parts of the die and proceed to choose the appropriate systems.

The study of design alternatives is carried out, selecting three options that satisfy the proposed objectives, contrasting them to determine which is the most effective for this project. To proceed with the design, an explanation is provided of the formulation theory that will be used to determine the essential properties of the die before its design.

Once the research and calculations are completed, the die design is carried out. This is carried out using 2D and 3D design software, with which the detail plans of the cutting die are prepared.

Keywords: Die, press, plates, cutting, punch matrix, test tube.

Tabla de contenido

Declaratoria de responsabilidad y autoría.....	Error! Bookmark not defined.
Cesión de derechos de autor.....	Error! Bookmark not defined.
Certificado de Dirección del Trabajo de Titulación.	Error! Bookmark not defined.
Dedicatoria	5
Agradecimiento	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
1 Tema del trabajo de titulación.	11
2 Docente tutor propuesto	11
3 Glosario de términos importantes.....	11
4 Descripción del problema	11
4.1 Antecedentes.....	11
4.2 Justificación	12
4.3 Grupo objetivo (beneficiarios).....	12
4.4 Delimitación del problema:	12
5 Objetivos generales y específicos.	13
5.1 Objetivo general.	13
5.2 Objetivos específicos.....	13
6 Marco teórico	13
6.1 Trabajo en láminas de metal.	13
6.2 Elementos básicos de un troquel de corte.	14
6.3 Funcionamiento de un troquel de corte.	14
6.4 Proceso de troquelado.	15
6.5 Fundamentos del corte de material.	15
6.6 Tipos de corte.....	17
6.7 Parámetros importantes en el corte.	17
6.8 Fuerzas de corte.	19
6.9 Componentes básicos en un troquel de corte y sus características.	19
6.10 Clasificación de los troqueles.	22
6.10.1 Simple de una sola estación o un solo paso.	22
6.10.2 Compuestos de dos o tres estaciones o pasos.	22
6.10.3 Progresivos de múltiples estaciones o pasos.....	23
6.11 Materiales de los troqueles.	23
7 Marco metodológico.....	24
8 Resultados.	25

8.1	Consideraciones para el diseño del troquel de corte.	25
8.2	Alternativas de un Troquel de Corte.	26
8.2.1	Análisis de alternativas.	26
8.2.2	Ponderación de alternativas.	28
8.3	Cálculos para el Diseño del Troquel.	29
8.3.1	Matriz con las dimensiones requeridas.	29
8.3.2	Diseño del troquel.	29
8.3.3	Fuerza efectiva para el trabajo de prensa.	29
8.3.4	Fuerza real de la prensa.	30
8.3.5	Fuerza de corte.	30
8.3.6	Fuerza de extracción del punzón.	31
8.3.7	Fuerza de expulsión.	32
8.3.8	Tolerancia de corte o juego entre punzón y matriz.	32
8.3.9	Distancia entre separación de piezas.	33
8.3.10	Distancia de separación entre pieza y borde.	33
8.3.11	Esfuerzo.	34
8.3.12	Factor de seguridad.	34
8.3.13	Cálculos para los componentes del troquel.	35
8.3.14	Diseño de las placas de la matriz de corte.	39
8.3.15	Diseño de los componentes del troquel.	40
9	Conclusiones.	45
10	Recomendaciones.	45
11	Referencias.	46
12	Anexos.	47
12.1	Planos del troquel de corte.	47

Índice de tablas.

Tabla 1. Valor de tolerancias	18
Tabla 2 Propiedades mecánicas	25
Tabla 3 Características prensa Raimondi 60Ton.....	26
Tabla 4. Matriz de decisión.....	29
Tabla 5. Coeficientes de resistencia de cizalladura.....	31
Tabla 6. Cálculo de la fuerza de extracción.....	32
Tabla 7. Propiedades principales de acero K100.	40
Tabla 8.. Composición química del acero K 100.	40
Tabla 9. propiedades principales del acero St37.....	42

Índice de figuras.

Figura 4-1 Ubicación fábrica de línea blanca	12
Figura 6-1 Ejemplos de piezas obtenidas	14
Figura 6-2 Cizallado o corte	16
Figura 6-3 Fig. Bordes cizallados.....	16
Figura 6-4 Operación de cizallado	17
Figura 6-5 Operaciones de corte	17
Figura 6-6 Efecto del espacio.....	18
Figura 6-7 Diagrama de un troquel	22
Figura 6-8 Troquel simple.	22
Figura 6-9 Troquel compuesto.	23
Figura 6-10 Troquel progresivo.	23
Figura 8-1 Plano de material antes de troquelar.....	25
Figura 8-2 Esquema y dimensiones de la probeta.....	25
Figura 8-3 Prensa Raimondi 60Ton.	26
Figura 8-4 Alternativa (a).	27
Figura 8-5 Alternativa (b).	27
Figura 8-6 Alternativa (a).	28
Figura 8-7 Esquema y dimensiones de la probeta.....	29
Figura 8-8 Dimensión matriz de corte.....	39
Figura 8-9 Dimensión del punzón de corte.....	39
Figura 8-10 diseño3D probeta.....	41
Figura 8-11 Diseño 3D matriz.....	41
Figura 8-12 Diseño placa guía y extractora.	41
Figura 8-13 Diseño de topes.	42
Figura 8-14 Diseño 3D bastidor inferior.	42
Figura 8-15 Diseño 3D columnas guía.	43
Figura 8-16 Diseño 3D punzones de corte.....	43
Figura 8-17 Diseño 3D placa porta punzones.....	44
Figura 8-18 Diseño 3D bastidor superior.	44
Figura 8-19 Diseño 3D bujes guías.	45

1 Tema del trabajo de titulación.

Diseño de un Troquel de Corte para la Obtención de Probetas de Lámina Metálica para el Análisis de Calidad de Materia Prima en la Industria de Línea Blanca.

2 Docente tutor propuesto

Ing. Jorge Isaac Fajardo Seminario, Ph.D

3 Glosario de términos importantes.

A continuación, se presenta las palabras con definiciones propias al área de estudio, en el caso de estudio es la mecánica.

Matricería: La matricería es la rama de la ingeniería y la fabricación que se encarga del diseño, producción y mantenimiento de matrices, moldes y herramientas utilizadas en procesos de conformado y mecanizado de materiales.

Troquel: Un troquel es una herramienta utilizada en procesos de fabricación para cortar, dar forma o perforar materiales metálicos. Esta herramienta es fundamental en diversas industrias, especialmente en la fabricación de piezas metálicas a gran escala.

Norma: Una norma es un conjunto de reglas, directrices o criterios establecidos que sirven como referencia para la realización de actividades, procesos o productos en diversas áreas.

Probeta: Es una muestra delgada y plana de metal utilizada para realizar ensayos mecánicos y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material.

Diseño: Es el proceso de creación y desarrollo de soluciones que cumplen con requisitos específicos en campos como la ingeniería, la arquitectura y la manufactura.

Bocetaje: El bocetaje es el proceso de crear bocetos o dibujos preliminares que representan ideas, conceptos o diseños de manera rápida y esquemática.

Dibujo de conjunto: El conjunto técnico se refiere a la agrupación de elementos, componentes o sistemas que trabajan en conjunto para cumplir una función específica en un contexto determinado, generalmente en el ámbito de la ingeniería, la manufactura o la tecnología.

Dibujo de particulares: Los particulares técnicos son especificaciones detalladas que describen de manera precisa las características, requisitos y condiciones que deben cumplir los materiales, productos o sistemas en un proyecto o proceso técnico.

4 Descripción del problema

4.1 Antecedentes.

En la producción de electrodomésticos de línea blanca, se utilizan dispositivos especializados para el corte de láminas metálicas, que presentan geometrías, dimensiones y espesores específicos. Estos componentes son esenciales para la fabricación de productos finales, como refrigeradores y cocinas. Para evaluar la calidad de la materia prima, es fundamental obtener probetas conforme a las especificaciones establecida en la norma

ASTM A370. En este contexto, la construcción de un troquel de corte adecuado es crucial para garantizar la precisión y la integridad estructural de los componentes manufacturados. Evitando desperdicios, paradas de línea y reprocesos en la productividad.

4.2 Justificación

El diseño de un troquel de corte específico para la obtención de probetas de la materia prima es fundamental para llevar a cabo ensayos mecánicos. Estos ensayos son esenciales para validar la calidad del material y asegurar su conformidad con las especificaciones requeridas antes de su adquisición, garantizando así que se cumplan los estándares de calidad establecidos en las fichas técnicas del proveedor.

4.3 Grupo objetivo (beneficiarios).

Se beneficiará de la propuesta de titulación en general la industria de manufactura de productos de línea blanca.

De igual manera se beneficiará el autor del proyecto para su titulación como tecnólogo industrial.

4.4 Delimitación del problema:

El presente trabajo de titulación se llevará a cabo en dos ubicaciones distintas. En una primera fase, se realizarán levantamientos de datos necesarios para el diseño de la matriz de corte. Las locaciones incluyen una instalación ubicada en la intersección de la Avenida Américas y la Avenida Don Bosco, como se puede observar en la Figura 4-1 la ubicación de la empresa de línea blanca en la ciudad de Cuenca – Ecuador ([2024](#)).



Figura 4-1 Ubicación fábrica de línea blanca

El proyecto de titulación propuesto se desarrollará entre los meses de octubre del 2024 a febrero del 2025.

El trabajo de titulación se desarrollará dentro del sector industrial, en la producción de artículos de línea blanca.

5 Objetivos generales y específicos.

5.1 Objetivo general.

Diseñar un troquel de corte para la obtención de probetas de lámina metálica para el análisis de calidad de materia prima en la industria de línea blanca.

5.2 Objetivos específicos.

- Análisis de los requisitos técnicos para el diseño del troquel según la norma ASTM A370.
- Diseñar un troquel de corte para la obtención de probetas según ASTM A370
- Elaborar los planos técnicos de conjunto y particulares de los elementos más representativos del troquel de corte.

6 Marco teórico

En este capítulo se procede a realizar la investigación teórica previo al diseño del troquel de probetas para ensayos de tracción se explica conceptos generales que se relacionan con el proceso de troquelado, así como sus partes que lo conforman. Se realizará una explicación de la máquina herramienta donde trabajará el troquel.

6.1 Trabajo en láminas de metal.

El trabajado metálico de láminas incluye operaciones de corte y formado realizadas sobre láminas delgadas de metal, el espesor del material puede ser tan pequeño como varias décimas de milímetro, pero la mayor parte de los espesores del metal están entre 0.4 mm y 6 mm, cuando el espesor excede de 6 mm se le llama placa en lugar de lámina, el material que se usa en el trabajo metálico de láminas se produce por laminado [1].

Las tres grandes categorías de los procesos de láminas metálicas son:

- corte
- doblado
- embutido.

El corte se usa para separar láminas grandes en piezas menores, para cortar un perímetro o hacer agujeros en una pieza, el doblado y el embutido se usan para transformar láminas de metal en piezas de forma especial, así, este trabajo de graduación está dirigido a las operaciones de corte, en Figura 6-1 se presenta algunos ejemplos de los productos que se obtienen mediante estas operaciones en lámina mencionadas anteriormente, en todas las

variantes del proceso, la precisión depende directamente de la exactitud y calidad del troquel cuya forma y dimensiones coincide con las piezas que se quieren obtener [1].

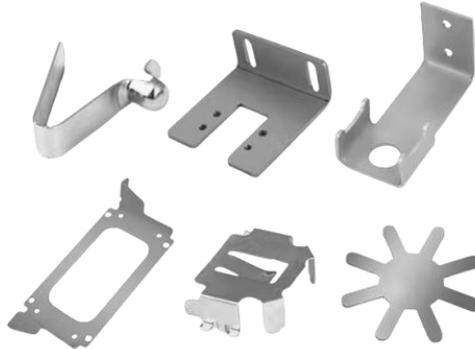


Figura 6-1 Ejemplos de piezas obtenidas

La mayoría de las operaciones con láminas metálicas se ejecutan en máquinas herramienta llamadas prensas. Se usa el término prensa de estampado, para distinguirlas de las prensas de forjado y extrusión. Las herramientas que se usan para realizar el trabajo en láminas se llaman punzón troquel; también se usa el término troquel estampador. Los productos fabricados de lámina se llaman troquelados o estampados [1].

6.2 Elementos básicos de un troquel de corte.

Los elementos básicos que constituyen un troquel de corte son:

El punzón que es el encargado de la forma y dimensiones del diseño que se quiere realizar [2].

La matriz de corte donde se inserta el troquel de corte cuando es empujado de forma enérgica por la potencia que le proporciona la prensa mediante un accionamiento excéntrico que proporciona un golpe seco y contundente sobre el material a troquelar produciendo un corte limpio del mismo [3].

6.3 Funcionamiento de un troquel de corte.

Para explicar el funcionamiento de un troquel se debe iniciar explicando que es un corte. El corte consiste en la separación, en este caso mediante un punzón y una matriz de una parte del material. Las técnicas de matricería son las que hacen posible transformar una chapa metálica, generalmente este proceso se realiza con un utillaje al cual se denomina matriz [4].

El punzón y la matriz no son elementos mecánicos autónomos, por esto para su funcionamiento de un máquina llamada prensa, quien ejecuta la fuerza necesaria para el corte. Una vez colocado el troquel, realiza el corte, por último, después del corte la chapa metálica avanza o es evacuada y se continua con la recepción del ciclo de troquelado [3]

6.4 Proceso de troquelado.

Una troqueladora está formada con dos partes principales, las cuales son el troquel y la matriz, como anteriormente se ha determinado, el troquel o macho es la herramienta encargada de realizar el corte del material. El corte limpio del material depende de la herramienta que se utiliza y de las características propias de la misma como por ejemplo el filo, el tratamiento de endurecimiento por el que pasó el material metálico, la potencia del motor que controla la herramienta, entre otros [1].

La matriz es la parte que soporta o fija el material que se va a perforar, se puede considerar a la matriz como la hembra del troquel, esto es debido a que ella es la encargada de sostener firmemente el material para que el troquel pueda aplicar la fuerza necesaria para realizar un corte limpio y profesional sin que el material se doble o se levante de la superficie debido a la tendencia que tiene el material para adherirse al troquel [1].

Este comportamiento, del material, de adherirse al troquel tiene su origen cuando el material es perforado y se deforma elásticamente cuando el troquel avanza, pero cuando el troquel ha realizado el corte y se encuentra de regreso a su posición inicial, el material se contrae por la recuperación elástica y esto hace que se adhiera a la herramienta que realizó la perforación [5].

La acción ejercida entre el troquel y la matriz actúa como una fuerza de cizallamiento en el material a procesar, una vez que el troquel ha logrado perforar éste, dicho material se encuentra bajo los efectos de esfuerzos que rebasan su límite elástico, produciendo la ruptura o desgarramiento en ambas caras aproximadamente en el mismo lapso y conforme el troquel penetra más y más se produce la separación del material completando el proceso [6] y [7].

6.5 Fundamentos del corte de material.

El corte de lámina se realiza por una acción de cizalla entre dos bordes de corte afilados. La acción de cizalla se describe en los cuatro pasos esquematizados en la Figura 6-2 donde el borde superior de corte (el punzón) se mueve hacia abajo sobrepasando el borde estacionario inferior de corte (el troquel). Cuando el punzón empieza a empujar el material de trabajo, ocurre una deformación plástica en las superficies de la lámina; conforme éste se mueve hacia abajo, ocurre la penetración, en la cual comprime la lámina y corta el metal. Esta zona de penetración es generalmente una tercera parte del espesor de la lámina. A medida que el punzón continúa su viaje dentro del trabajo, se inicia la fractura en éste entre los dos bordes de corte. Si el espacio entre el punzón y el troquel es correcto, las dos líneas de fractura se encuentran y el resultado es una separación limpia de trabajo en dos piezas [1]. 1) Movimiento del punzón; 2) deformación plástica; 3) penetración del punzón; y 4) fractura del material. En donde (F) es la fuerza aplicada, (t) es el espesor del material y (c) es el claro.

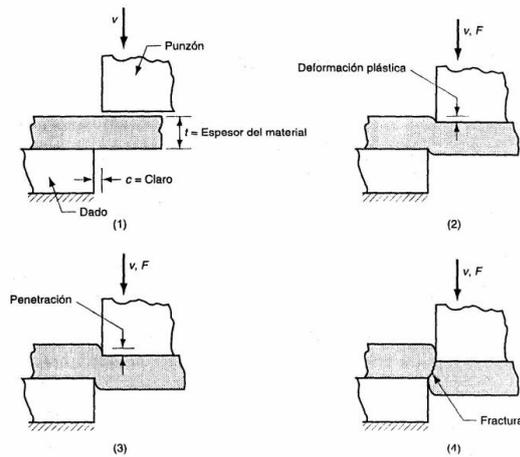


Figura 6-2 Cizallado o corte

En la Figura 6-2 (1) inmediatamente antes de que el punzón entre en contacto con el material, en la Figura 6-2 (2) el punzón empieza a comprimir el material de trabajo causando deformación plástica, en la Figura 6-2 (3) el punzón comprime y penetra en el trabajo formando una superficie lisa de corte y en la Figura 6-2

(4) se inicia la fractura entre los dos bordes de corte opuestos que separan la lámina. En esta Figura 6-2 se presenta el avance del punzón.

Como resultado del proceso de corte, se generan cuatro zonas como se observa en la Figura 6-3 en los bordes de las piezas desprendidas con diferentes características:

Redondeada: En esta zona, se llevaron a cabo etapas de deformación plástica y la compresión mencionada en la etapa de penetración.

Bruñido: En esta zona el acabado es brillante y liso, se trata de una región en la cual comienza la penetración y que debe su acabado a la alta fuerza de fricción entre la lámina y el punzón cuando éste comienza a penetrar en la lámina.

Fractura: Es la zona en donde se puede observar una superficie relativamente tosca del borde de corte en donde el movimiento continuo del punzón hacia abajo causa la fractura del material.

Rebaba: es generada por la elongación del material durante la separación de la pieza [1].

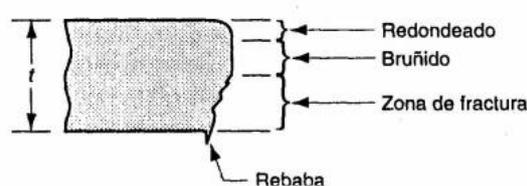


Figura 6-3 Fig. Bordes cizallados.

La calidad del producto depende en gran medida del tamaño de la zona de rebaba, ya que en la mayoría de los casos es necesario retirar dicha porción del material en procesos posteriores. Por lo tanto, un proceso que reduzca el tamaño de rebaba podría, incluso no necesitar un proceso posterior, lo cual se logra principalmente con una correcta sección de claro o holgura entre la matriz y punzón.

6.6 Tipos de corte.

Existen tres operaciones principales en el trabajo de prensa que cortan el metal por el mecanismo de cizalla que se acaba de describir: el cizallado, el punzonado y el perforado:

El cizallado. Es la operación de corte de una lámina de material a lo largo de una línea recta entre dos bordes de corte, como se presenta en la Figura 6-4 a. El cizallado se usa típicamente para reducir grandes láminas a secciones más pequeñas para operaciones posteriores de prensado, se ejecuta en una máquina llamada cizalla de potencia o cizalla recta. La cuchilla superior de la cizalla de potencia está frecuentemente sesgada, como se presenta en la Figura 6-4 b, para reducir la fuerza requerida de corte a) Vista lateral de la operación; y b) vista frontal de la cizalla equipada con cuchilla superior sesgada. El símbolo v indica movimiento [1].

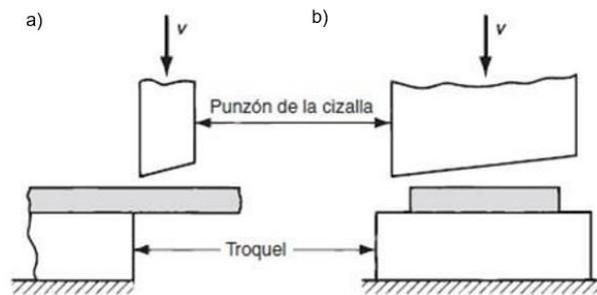


Figura 6-4 Operación de cizallado.

El punzonado y perforado. Implica el corte de una lámina de metal a lo largo de una línea cerrada en un sólo paso para separar la pieza del material circundante, como se presenta en la Figura 6-5 a. La pieza que se corta es el producto deseado en la operación y se designa como la parte o pieza deseada [1]. El perforado es muy similar al punzonado, excepto porque la pieza que se corta se desecha y se llama pedacería, el material remanente es la pieza deseada, la distinción se presenta en la Figura 6-5 b: a) Punzonado; y b) perforado [1].

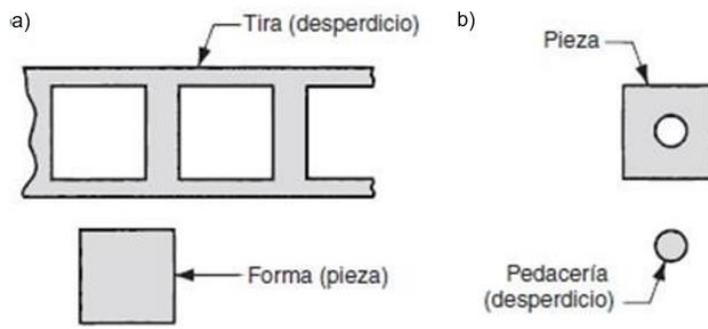


Figura 6-5 Operaciones de corte

6.7 Parámetros importantes en el corte.

Los parámetros importantes para tomar en consideración en el corte de láminas metálicas son:

- El espacio entre el punzón y la matriz.
- El tipo de materia y su resistencia.

- Longitud del corte.

En una operación de corte, el espacio c es la distancia entre el punzón y el troquel, tal como se presentó en la Figura 6-5 . Los espacios típicos en el prensado convencional están en el intervalo de 4 a 8% del espesor de la lámina del material.

Si el espacio es demasiado pequeño como se muestra en la Figura 6-6 a), las líneas de fractura tienden a pasar una sobre la otra, causando un doble bruñido y requiriendo mayor fuerza de corte. Si el espacio es demasiado grande como se muestra en la Figura 6-6 b), los bordes de corte pellizcan el material y da por resultado una rebaba excesiva. En operaciones donde se requieren bordes muy rectos, el espacio es solamente del 1% del espesor del material a) Demasiado pequeño ocasiona una fractura poco menos que óptima y fuerzas excesivas; y b) demasiado grande ocasiona rebaba más grande [1].

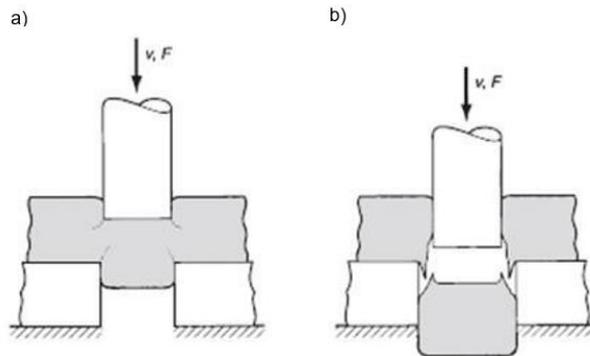


Figura 6-6 Efecto del espacio

El espacio correcto depende del material y espesor de la lámina. Este valor es determinado mediante la ecuación (1).

$$c = \alpha ct \tag{1}$$

Donde:

c es el espacio entre la matriz y el punzón en (mm)

αC es la tolerancia del espacio entre la matriz y el punzón en (mm)

t es el espesor del material en (mm)

La tolerancia se determina de acuerdo con el tipo de material y estos materiales se clasifican en tres grandes grupos, con un valor de tolerancia asociado a cada uno, tal como se presenta en la Tabla 1.

GRUPO METALICO	α
Aleaciones de aluminio todos los temple 11005 y 5052s.	0.045
Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST, latón todos los temple; acero suave laminado en frio; acero inoxidable frio.	0.060
Acero laminado en frio, dureza media, acero inoxidable dureza media y alta.	0.075

Tabla 1. Valor de tolerancias

Los valores calculados del espacio mediante esta relación se pueden aplicar al punzonado convencional y a las operaciones de perforado de agujeros para determinar los tamaños del punzón y la matriz adecuados. La abertura de la matriz debe ser siempre más grande que el tamaño del punzón [1].

6.8 Fuerzas de corte.

Es la fuerza necesaria para cortar el material. Se aplica en la interfaz entre la herramienta de corte (troquel) y el material.

Factores que influyen: La geometría del troquel, el tipo de material que se corta y las condiciones de operación.

- **Fuerza de Compresión**

Definición: Se genera cuando el material es empujado hacia el troquel antes de ser cortado.

Importancia: Asegura que el material esté bien posicionado y en contacto con la herramienta de corte.

- **Fuerza de Tracción**

Definición: Puede presentarse en algunos procesos de troquelado, especialmente en materiales que tienden a alargarse.

Impacto: Puede afectar la calidad del corte y provocar deformaciones no deseadas.

- **Fuerzas de Fricción**

Definición: Ocurren entre el material y el troquel, afectando la facilidad del corte.

Consecuencias: La fricción puede causar un aumento del desgaste de la herramienta y afectar la calidad del corte.

- **Consideraciones Adicionales**

Material del Troquel: La elección de materiales para la herramienta influye en la resistencia a la abrasión y la vida útil del troquel.

Parámetros de Corte: Velocidad de corte, avance y presión son esenciales para optimizar el proceso y minimizar el desgaste.

6.9 Componentes básicos en un troquel de corte y sus características.

Entre los componentes principales de un troquel de corte tenemos:

- **Base superior (parte móvil).**

Tiene la misión de contener en su superficie todas las placas y elementos que sostienen los punzones del troquel, está anclada al martillo o ariete de la prensa, que la inmoviliza y fija durante todo el proceso de trabajo. Ésta conduce el movimiento de la máquina para que los punzones penetren la matriz y transformen la lámina. Algunos de los elementos que aloja la base superior son: placa porta punzones; punzones de cortar, doblar, embutir, estampar, entre otras operaciones; sufridera superior; bujes guías; placa pisadora; resortes; entre otros.

- **Base inferior (parte fija).**

Es el elemento sobre el cual están montados todos los componentes que hacen parte de la matriz, y a su vez, está sujeta fuertemente en la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Esta base y los elementos que lleva montados hacen las funciones de apoyo, puesto que recibirán toda la fuerza de transformación que la prensa aplique sobre ella. En la base inferior también se pueden montar las columnas guía que sirven como referencia del centrado entre la parte superior e inferior. Algunos de los elementos que

aloja la base inferior son: placa porta matrices o segmentos de cortar, doblar o embutir, reglas guías, sufridera inferior, topes de avances, columnas guía, pernos, entre otros. Para la fabricación, tanto de la base superior como la inferior, se usan placas de hierro fundido o hierro maleable del tipo ASTM A36, o también placas de acero al carbono de mediana resistencia como el SAE 1045, o sus equivalencias en las diferentes marcas. Estos materiales son tratados térmicamente por temple convencional y tienen una dureza superficial de 55 a 58 Rockwell C (HRC).

- **Sufrideras.**

La función básica de las placas superior e inferior de choque o sufrideras consiste en absorber sobre su superficie los sucesivos golpes de los elementos en el troquel. Estos impactos se producen cada vez que los punzones transforman la lámina con la matriz. Cuando el punzón impacta contra el material, la resistencia que opone éste es transmitido a la superficie de las sufrideras sobre las que se apoyan las placas porta matriz y porta punzones. Estas placas están construidas en materiales ya templados y que conservan su tenacidad y cohesión, uno muy empleado es el acero SAE 1045 o de mayor dureza como el SAE O1 u O6.

- **Reglas guías.**

Las reglas guías de banda son uno de los componentes más característicos de las matrices progresivas. Se disponen con el fin de guiar longitudinal y transversalmente las tiras de lámina en su desplazamiento por el interior de la matriz. El tratamiento térmico más utilizado para éstas es el templado y revenido o nitrurado, que impide un desgaste prematuro de sus paredes que pueda dificultar el buen deslizamiento de la banda por su interior.

- **Porta punzones.**

La finalidad de la placa porta punzones es la de alojar y fijar en su interior todos los punzones que lleve la matriz. Estos punzones pueden ser de cualquier tipo o tamaño, pero han de tener una sola característica en común: deben estar firmemente sujetos y guiados en el interior de dicha placa impidiendo que puedan moverse o desprenderse. La placa porta punzones es mecanizada por electroerosión, rectificada y templada, posteriormente. Es construida según la exigencia del troquel con diferentes tipos de aceros, incluyendo SAE 1045 para trabajos de baja y mediana exigencia o de alta calidad y resistencia, como SAE O1, O2, A2, D2, D3 o D6, para aquellas herramientas dedicadas a procesos de alta producción, todos estos materiales que cumplen con las tres propiedades más importantes en la selección de aceros para trabajos en frío: tenacidad, resistencia al desgaste y dureza.

- **Porta matriz.**

La placa porta matrices o cajera tiene por misión alojar y posicionar en su interior todos los elementos de pequeñas dimensiones que lleve la propia matriz, de esta manera dichos componentes quedarán ajustados en su interior. El acero se elige según el número de piezas a fabricar, puede ser hierro ASTM A36 o SAE 1045, para grandes producciones se prefieren materiales con mayor dureza, templabilidad y resistencia al desgaste como el SAE D2, que después de templado puede alcanzar una dureza de 62 a 64 HRC.

- **Placa pisadora.**

Durante el movimiento descendente del troquel, la placa pisadora presiona la lámina dejándola inmovilizada antes de que los punzones lleguen a tocarla y mientras penetran el material y lo transforman. Una vez cortada la lámina, la función de la placa es

mantener la pieza bien sujeta hasta que los punzones hayan salido de ella, de lo contrario, los punzones la arrastrarían hacia arriba sujeta a ellos con el riesgo de ruptura.

- **Punzones.**

Los punzones, también conocidos como machos, tienen por objeto realizar las máximas transformaciones en la lámina (cortar, doblar, embutir, acuñar, extrusión, entre otras), a fin de obtener piezas con una calidad acorde a las medidas requeridas, existen tantos tipos de éstos como variantes del troquelado. Se habla de punzones y no de punzón, porque en general la mayoría de los troqueles tienen montados en su interior un gran número de ellos que pueden ser iguales o totalmente diferentes, según la función que desempeñen. En la matricería o troquelaría, se cuida con especial atención la fabricación de los punzones, que deben estar perfectamente diseñados y maquinados, muy bien sujetos, acorde a las dimensiones requeridas, con excelentes acabados y un adecuado tratamiento térmico de endurecido. La elección de los aceros para su fabricación se hace según su función, para los punzones de corte se emplean materiales de alta resistencia al desgaste y con muy buena conservación del filo, por ejemplo, el SAE D6 o D3, que pueden alcanzar una dureza de 62 a 64 HRC, por su parte, según recomienda el Centro Tecnológico Ascamm de España, para doblado se debe usar aceros con contenido de níquel, materiales que tienen una alta resistencia al impacto, alta penetración y una dureza superior a 65 HRC.

- **Sistema de guiado.**

El movimiento de las dos partes más importantes del troquel (bases superior e inferior) necesita ser guiado en todo momento para garantizar una total concentricidad entre ambas. Esta función se deja a cargo de cuatro columnas de guiado que están montadas generalmente en la base inferior y sus respectivos bujes, sistema que se encargan de posicionar y centrar las dos partes del troquel. El sistema de guiado por columna puede ser de dos tipos: el más habitual es por rozamiento, el cual debe estar muy bien lubricado para no forzarlo, el segundo es de rodamientos o canastilla de esferas, en el que las columnas están acompañadas por una guía lineal de bolas (cilindros con esferas en su superficie), lo que facilita el desplazamiento, con excelentes ventajas, pues, el movimiento del sistema es muy ligero, los desgastes por rozamientos son bajos y necesita poca lubricación y mantenimiento.

- **Pilotos centradores.**

Son elementos que sirven para centrar los troqueles con la lámina y garantizar un desplazamiento correcto entre cada uno de los pasos que realiza la banda. De no ser así se podrían perder los puntos de referencia en común que tendrían las diversas transformaciones y con ello generar desplazamientos del material que ocasionarían irregularidades o defectos en las piezas troqueladas. Generalmente están montados en la placa porta punzones y ajustan en agujeros de la lámina, previamente fabricados, para centrarla o pilotarla, antes que los punzones hagan su trabajo.

- **Varios.**

Para la construcción y funcionamiento de los troqueles se requiere de una gran variedad de componentes complementarios como, bujes, sujetadores, tornillos de fijación, tornillos de apriete, pernos de transporte, sistemas de amarre y bridas de sujeción, entre otros. Todos ellos forman el complejo sistema del troquelado y se representan en la Figura 6-7 [2].

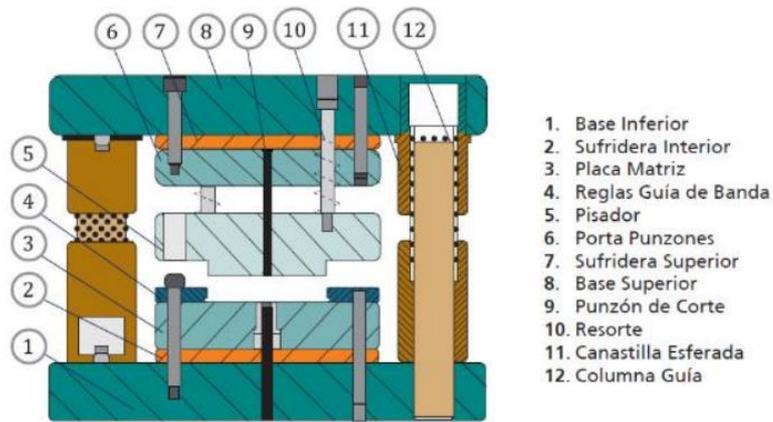


Figura 6-7 Diagrama de un troquel

6.10 Clasificación de los troqueles.

Los troqueles se clasifican según el número de operaciones separadas que la máquina ejecuta en cada acción de la prensa y a como se realizan estas dichas operaciones, estos tipos son: simples, compuestos y progresivos.

6.10.1 Simple de una sola estación o un solo paso.

Estos troqueles permiten realizar solamente una operación en cada golpe del ariete o carnero, son de baja productividad y normalmente es necesario el uso de otros troqueles para poder concluir una pieza y considerarla terminada. En la Figura 6-8 se presenta un troquel simple [1].

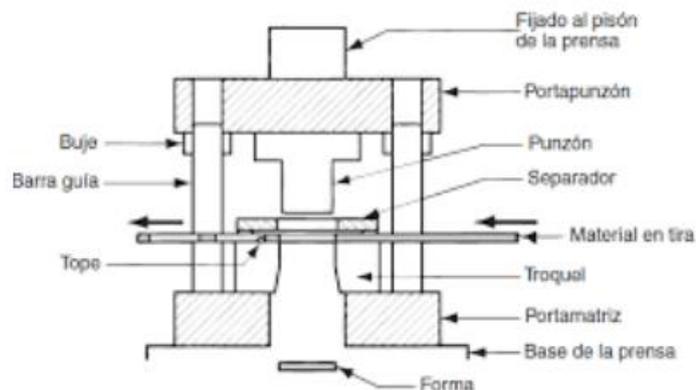


Figura 6-8 Troquel simple.

6.10.2 Compuestos de dos o tres estaciones o pasos.

Estas herramientas permiten aprovechar la fuerza ejercida por el ariete realizando dos o más operaciones en cada golpe y agilizando así el proceso. En la Figura 6-9 se presenta un troquel compuesto [8].

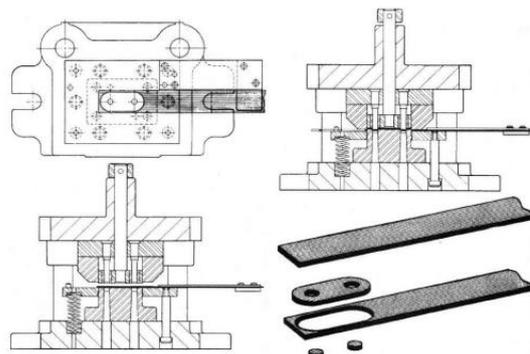


Figura 1.9 Troquel compuesto (Boljanovic & Paquin, 2006)

Figura 6-9 Troquel compuesto.

6.10.3 Progresivos de múltiples estaciones o pasos.

Estos troqueles constan de diferentes etapas o pasos, cada uno de ellos modifica el material en una determinada secuencia establecida por el diseñador (secuencia de corte), de tal manera que al final se obtiene una pieza o piezas terminadas. En la Figura 6-10 se presenta un troquel progresivo [1].

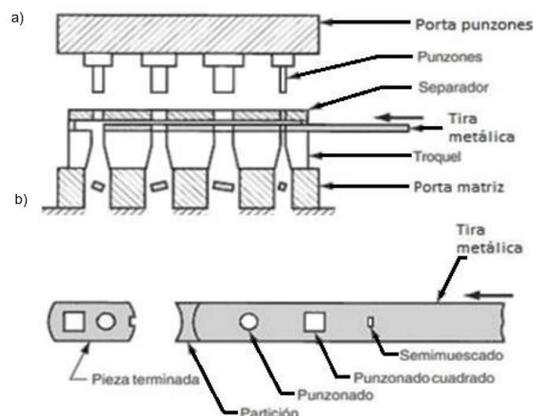


Figura 6-10 Troquel progresivo.

6.11 Materiales de los troqueles.

Los materiales empleados en la construcción de troqueles deben seleccionarse considerando determinados parámetros, los cuales dependen del tipo de trabajo que se requiera realizar. Un troquel destinado a punzonar piezas de latón de pequeño tamaño, no requerirá de un acero de tan elevada resistencia al desgaste como otro destinado a troquelar acero inoxidable. Así mismo, una matriz destinada solamente a trabajos de embutición permite el empleo de fundición de hierro o de metales ligeros; dependiendo del volumen de rendimiento que se desee obtener. Sin embargo, los diversos aceros empleados en la construcción de esta clase de troqueles deben ser de alta resistencia al corte, muy estables al temple y de muy bajo índice de deformabilidad. Para cada caso particular de aplicación, el acero se debe seleccionar cuidadosamente. Se pueden indicar, como orientación general, tres aspectos del problema que se deberán tener presentes en la selección de un acero:

- Dimensiones del troquel.
- Tipo de trabajo a realizar.

Tipo de material que se troquelará.

El troquelado es un trabajo típico de corte, y siendo efectuado por choque, el acero debe tener una elevada resistencia, entre más complejo sea el perfil de la pieza que se desea obtener, el punzón y la placa matriz tendrán más entrantes y salientes, lo que modifica evidentemente el momento de inercia de estas piezas, y especialmente del punzón. El punzón deberá tener cierta dureza, que mantenga vivo el filo aun después de cortar un elevado número de piezas para lograr repetitividad en el proceso y reproducibilidad en las dimensiones de las piezas.

Muchos hierros fundidos y diferentes tipos de grados de acero son usados para manufacturar troqueles en la industria.

La selección del material requiere tanto de una evaluación sistemática del material de la herramienta, recubrimientos y tratamientos térmicos, como también considerar los costos como parámetro de evaluación.

Varios estudios sitúan los materiales para herramientas y recubrimientos usando una prueba estándar ampliamente aceptada. Sin embargo, estos estudios no proporcionan una información cuantitativa con respecto a la vida de la herramienta bajo las condiciones prácticas de troquelado. Existe un número de publicaciones de estudios comparativos de desgaste, pero no muchos de ellos usan aceros especiales de alta dureza como material a procesar.

Los estudios de puntos de referencia dan una comparación numérica de la vida de la herramienta (número de partes troqueladas) por cierto material y recubrimiento. Los estudios se realizaron hasta que en la lámina troquelada son visibles rasguños y defectos. Para la fabricación, tanto la base superior como la inferior, se usan placas de fundición o acero del tipo ASTM A36, o también placas de acero al carbono de mediana resistencia como el SAE 1045, o sus equivalencias en las diferentes marcas. Los materiales son tratados térmicamente por temple convencional y tienen una dureza superficial de 55 a 58 HRC.

Para la matriz el acero se elige según el número de piezas a fabricar, puede ser acero ASTM A36 o SAE 1045, para grandes producciones se prefieren materiales con mayor dureza, templabilidad y resistencia al desgaste como el SAE D2 (alto carbono, alto cromo), que después de templado y revenido puede alcanzar una dureza de 62 a 64 HRC, todos estos materiales que cumplen con las tres propiedades más importantes en la selección de aceros para trabajos en frío: tenacidad, resistencia al desgaste y elevada dureza como ya se mencionó anteriormente de que orden en magnitud.

En los punzones, la elección de los aceros para su fabricación se hace según su función, para los punzones de corte se emplean materiales de alta resistencia al desgaste y con muy buena conservación del filo, por ejemplo, el SAE D6 o D3, que pueden alcanzar una dureza de 62 a 64 HRC.

Habiendo realizado la descripción correspondiente al proceso de troquelado, las diferentes operaciones que se llevan a cabo con el mismo y describir lo que es el funcionamiento de la máquina y los distintos componentes de esta, se procederá a realizar el proceso de una propuesta de diseño del troquel de probetas planas para ensayos de tracción [8].

7 Marco metodológico.

Se empleo una metodología experimental y de diseño para la creación de un troquel de corte para la obtención de probetas de lámina metálica según las especificaciones de la norma ASTM A370. La metodología combino un estudio técnico aplicado y el

desarrollo de producto, donde se partió de una revisión de la normativa ASTM y la literatura técnica sobre diseño de troqueles. Se identificaron los parámetros y criterios de diseño iniciales. A partir de estos, se realizaron cálculos técnicos que permitieron diseñar el troquel en función de las propiedades mecánicas de la lámina a cortar. Posteriormente, se desarrollaron planos de conjunto y despiece en software CAD, asegurando la precisión y cumplimiento de los estándares establecidos.

8 Resultados.

Los resultados obtenidos son que todos los elementos de una matriz de corte tienen una función específica, por lo tanto, al momento de individualmente tener un desempeño correctamente garantizado, se podrá lograr que el conjunto realice un trabajo eficiente.

8.1 Consideraciones para el diseño del troquel de corte.

Es importante tener en cuenta para el diseño del troquel de corte las características del material, así como la complejidad de la pieza y las características de la máquina donde trabajara al igual que su cantidad de producción.

El material para cizallar fue acero inoxidable AISI 430 distribuido por ZHUHAI SPEEDBIRD PVC FILM, el cual llega a la fábrica en una bobina de mínimo 2000kg / máximo 5000kg. En medidas de 610mm de ancho y un espesor de 0.60: +0 / -0.050 mm, que es verificado según su ficha técnica como se muestra en la Tabla 2.

Propiedades mecánicas	
0,2% offset limite elástico, ksi	45ksi – 310 Mpa
Resistencia ala tracción	70ksi – 438 Mpa
Elongación, % en 51(mm)	25
Dureza, RB	B85

Tabla 2 Propiedades mecánicas

Posteriormente montado en una desbobinadora para ser cortado en una cizalla según la medida necesaria en este caso se propone las medidas como se puede observar en la Figura 8-1.



Figura 8-1 Plano de material antes de troquelar.

La complejidad de la pieza a troquelar según la norma ASTM A370 se respetará los requerimientos como se indica en la Figura 8-2.

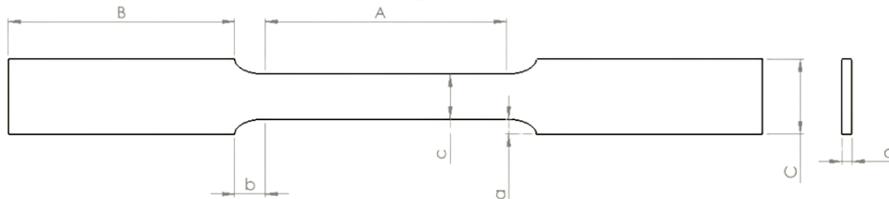


Figura 8-2 Esquema y dimensiones de la probeta.

La máquina liberada en la que trabajará el troquel será una PRESSE RAIMONDI de 60T Figura 8-3 de precedencia italiana, sus características se pueden ver en la Tabla 3.



Figura 8-3 Prensa Raimondi 60Ton.

Fabricante	Raimondi
Tamaño del piso	900 x 500 mm
Fuerza nominal	60 ton
Carrera	14-110 mm
Golpes por minuto	35-105

Tabla 3 Características prensa Raimondi 60Ton.

La producción que tendrá el troquel será de 5 unidades al inicio, 5 unidades intermedias y 5 unidades al final del corte de cada bobina tomando en cuenta que una bobina de 5000kg dura 15 días con una producción de 800 cocinas diarias. Entonces tendríamos un aproximado de 30 probetas que se troquelaran mensualmente, esto nos indica que será una producción baja según el cliente.

8.2 Alternativas de un Troquel de Corte.

En este capítulo se desarrollará la propuesta de diseño de los elementos principales de un troquel de corte. Se calcularán las dimensiones del dispositivo matriz-troquel.

8.2.1 Análisis de alternativas.

La selección de alternativas para diseñar un troquel que cumpla con los objetivos planteados es el resumen de un estudio de las características más importantes consideradas por el autor tales como, facilidad de construcción, precisión, desperdicio, etc. después del análisis se realiza un resumen y se selecciona la alternativa eficiente.

Alternativas:

8.2.1.1 Troquelado simple.

En esta alternativa se propone que el material a troquelar tenga las medidas exactas en cuanto a su longitud y ancho. Para ingresar frontalmente al troquel de corte y posicionar la lámina de acero inoxidable en la matriz, con la fuerza ejercida por la prensa los dos punzones realizaran el troquelado dando la forma de la matriz la misma que tiene las medidas exactas de la probeta. La pieza la obtendremos en un solo golpe de la prensa como se puede observar en la Figura 8-4.

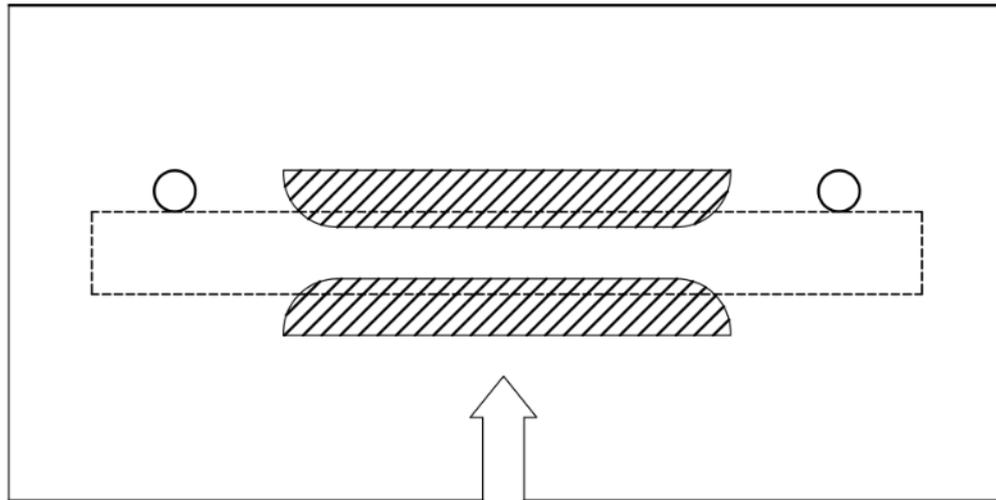


Figura 8-4 Alternativa (a).

Ventajas:

Simplicidad en el diseño.

Menos esfuerzo de corte.

Fácil mantenimiento.

Menor desperdicio de material.

Costo de fabricación bajo.

Desventajas:

No garantiza medidas de la probeta en la parte no troquelada.

UPH bajos.

8.2.1.2 Troquelado progresivo.

En esta alternativa se propone que el material venga en cinta para poder trabajar de forma progresiva ya como podemos observar en la Figura 8-5. El material ingresará por la parte derecha de la matriz hasta llegar al tope inicial en la sección a) y que nos servirá para marcar el paso de nuestra cinta, mientras en la sección b) tenemos el troquelado del perímetro total de la probeta de acero inoxidable. El número de piezas por cinta dependerá de la longitud de esta.

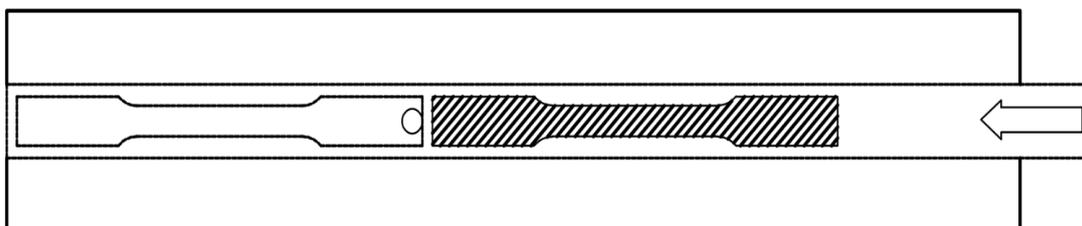


Figura 8-5 Alternativa (b).

Ventajas:

Exactitud de medidas.

Producción alta.

Desventajas:

Mayor esfuerzo de corte.
 Mayor manipulación del operador.
 Mayor desperdicio.
 Complejidad en el diseño.
 Mayor costo de construcción.

8.2.1.3 Troquel progresivo.

En esta alternativa se propone la alimentación es por cinta, por la cantidad de pasos para cortar el troquel es grande, este sistema se utiliza para altas producciones, la cinta ingresa por el lado derecho hasta llegar al tope a) accionado por el operador para el primer paso donde se realizará el primer corte b) de la parte interna de la probeta, después avanzará hasta la siguiente estación donde un punzón que troqueleará la parte externa y liberará la probeta como se observa en la Figura 8-6

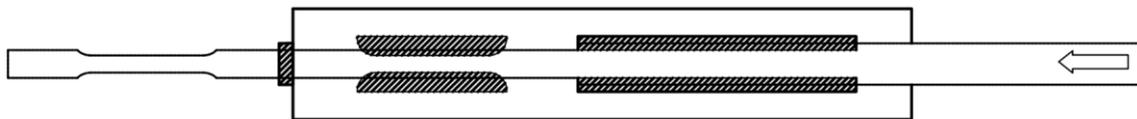


Figura 8-6 Alternativa (a).

Ventajas:

Productividad alta.
 Exactitud de medidas.

Desventajas:

Diseño complejo.
 Mayor esfuerzo de corte.
 Mayor desperdicio.
 Mayor costo de fabricación.

8.2.2 Ponderación de alternativas.

Considerando las alternativas planteadas se procede a realizar la selección de la mejor, para esta decisión las características que se tomarán en cuenta son las siguientes:

- Producción.
- Tonelaje.
- Complejidad.
- Tamaño troquel.

Al momento de evaluar las características se utiliza una escala de 1 a 10 donde 1 es considerado el puntaje más bajo, 5 puntaje medio y 10 es el mayor, en la siguiente Tabla 4. “Matriz de decisión”, se muestran los resultados.

MATRIZ DE DECISIÓN			
Características	Opción A	Opción B	Opción C
Producción alta	1	10	10

Tonelaje bajo	10	5	5
Complejidad diseño	10	5	1
Tamaño matriz	10	1	1
Desperdicio material	10	1	1
Precisión de corte	5	10	10
Total, porcentaje	46%	32%	28%

Tabla 4. Matriz de decisión.

Posteriormente de efectuado las evaluaciones correspondientes a cada una de las opciones anteriormente descritas, según la tabla 3 “Matriz de decisión” se ha determinado que el sistema que se acerca a las expectativas optimas de diseño es la opción (a) que se refiere al “Troquel simple”, y que para el diseño del troquel se tomara como punto de partida.

8.3 Cálculos para el Diseño del Troquel.

Es crucial realizar un estudio de las dimensiones, los materiales y el acabado que se emplearán en el diseño y edificación de los componentes, con el fin de obtener altos rendimientos y prolongar la durabilidad de la matriz.

8.3.1 Matriz con las dimensiones requeridas.

Para comenzar el diseño, se consideran como base las dimensiones y la forma deseada, el material del elemento usado, que en este caso será aluminio, con un espesor de 0.6 (mm). La figura muestra las dimensiones y la forma Figura 8-7. $A = 32$ mm, $a = 2$ mm, $B = 30$ mm, b

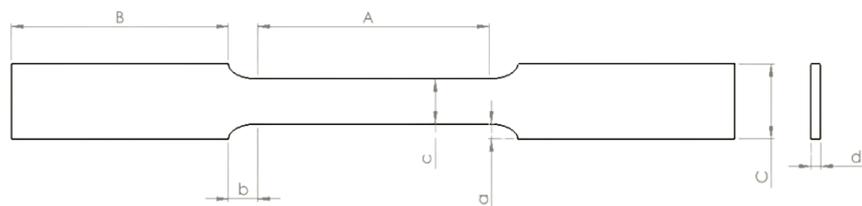


Figura 8-7 Esquema y dimensiones de la probeta.

8.3.2 Diseño del troquel.

Para llevar a cabo el diseño del troquel, es necesario entender que el corte de una chapa se origina a través de la fuerza que la prensa aplica a la matriz, por lo que es necesario determinar la fuerza de la prensa. Para determinar esa fuerza se aplica la fórmula siguiente.

8.3.3 Fuerza efectiva para el trabajo de prensa.

Se utiliza la siguiente ecuación (2).

$$F_{ef} = F_c + F_{ext} + F_{exp} \quad (2)$$

Donde:

F_{ef} es la fuerza efectiva para el trabajo de la prensa en (N)

F_c es la fuerza de corte en (N)

F_{ext} es la fuerza de extracción del punzón una vez cortada la chapa en (N)

F_{exp} es la fuerza de expulsión de la pieza que queda alojada en la matriz en (N)

8.3.4 Fuerza real de la prensa.

La fuerza real de la prensa es con la que se dimensionará la troqueladora, así para encontrar el valor de esta fuerza es necesario tomar en consideración el rendimiento deseado de la máquina con la ecuación (3).

$$F_{real} = \frac{F_{ef}}{\eta} \quad (3)$$

Donde:

F_{real} es la fuerza real de la troqueladora en (N)

F_{ef} es la fuerza efectiva para el trabajo de la prensa en (N)

η es el rendimiento de la prensa 80% de eficiencia.

8.3.5 Fuerza de corte.

Se define como el esfuerzo necesario para poder separar una parte de material de una pieza de chapa. Esta fuerza es directamente proporcional a la resistencia a la cizalladura de su material, a su perímetro de corte y a su espesor, por lo cual se tiene la siguiente ecuación (4).

$$F_c = K_e \cdot p \cdot e \quad (4)$$

Donde:

F_c es la fuerza de corte en (N)

K_e es el coeficiente de resistencia de cizalladura del material $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$

p el perímetro de corte (mm)

e es el espesor de la chapa en (mm)

En la Tabla 5. “Coeficiente de resistencia a la cizalladura de algunos metales”, se describe la constante de corte de algunos materiales. Para el diseño de esta máquina se tomará el coeficiente de resistencia a la cizalladura del aluminio crudo o duro.

Coeficiente de resistencia ala cizalladura de algunos metales (en N/mm^2)		
Estado		
Material	Blando o recosido	Crudo o duro
Acero con 0.1% de C	245	313

Acero con 0.2% de C	313	392
Acero con 0.3% de C	353	470
Acero con 0.4% de C	441	549
Acero con 0.6% de C	549	706
Acero con 0.8% de C	706	882
Acero con 1.0% de C	784	1030
Acero inoxidable	510	588
Acero al silicio	441	549
Alpaca o plata alemana	274-353	441-451
Aluminio	68-88	127-156
Bronce	313-392	392-588
Cobre	176-215	245-294
Duraluminio	215	372
Estaño	29-39	-
Latón	215-294	343-392
Plata	225	245
Plomo	19-29	-
cinc	117	196

Tabla 5. Coeficientes de resistencia de cizalladura.

El esfuerzo total de corte de una matriz que tenga varios punzones es el resultado de la suma de los esfuerzos de corte de cada uno de sus punzones [9].

8.3.6 Fuerza de extracción del punzón.

Es el esfuerzo que se requiere para separar al punzón de la chapa adherida, ya realizado el corte, esta fuerza depende de la naturaleza del material que se va a cortar, del espesor, de la forma y del material circundante a su perímetro de corte.

Esta fuerza se calcula de manera porcentual la cual oscila entre el 2 y 7% sobre la fuerza de corte del perímetro a cortar con la siguiente ecuación (5).

$$F_{ext} = F_c \cdot x\% \quad (5)$$

Donde:

F_{ext} es la fuerza de extracción en (N)

F_c es la Fuerza de corte en (N)

$x\%$ el valor porcentual depende del tipo de corte a efectuar %.

En la Tabla 6. “Coeficiente a aplicar para el cálculo de la fuerza de extracción de la chapa”, se puede encontrar el valor porcentual dependiendo de las circunstancias de corte.

Valor (x) %	Circunstancias de corte
2%	Cuando el material circundante a la figura es mínimo, pudiendo este abrirse o expandirse, separándose por sí solo del punzón. También en operaciones de muescado o en cortes abiertos en el extremo de una chapa.
4%	la pieza presenta formas irregulares o tiene algún entrante en su perímetro de corte, en el caso que exista poco material alrededor de la figura a cortar.
7%	Cuando el corte se efectúa en plena chapa, a modo de punzonado, donde existe bastante material alrededor del corte, el cual tiene tendencia a quedarse fuertemente sujeto al punzón. También en el caso de corte interior o punzonado de figuras irregulares, con formas entrantes y salientes.

Tabla 6. Cálculo de la fuerza de extracción

8.3.7 Fuerza de expulsión

La adherencia por expansión o por rozamiento de la ficha al interior de la matriz representa un esfuerzo que se denomina fuerza de expulsión y que la forma de calcularlo es el 1.5% de la fuerza de corte en la ecuación (6).

$$F_{ext} = F_c \cdot 1.5\% \quad (6)$$

Donde:

F_{ext} es la fuerza de extracción en (N)

F_c es la Fuerza de corte en (N)

8.3.8 Tolerancia de corte o juego entre punzón y matriz.

La tolerancia de corte es la helgadura que se deja entre el punzón y la matriz de un mismo perfil, para conseguir un perfil que no contenga rebabas se deben tomar en cuenta los valores de la tolerancia, para el acero inoxidable ($k = 510 \frac{N}{mm^2}$) los valores de las tolerancias se estiman entre un 8% a 12% de su espesor en la siguiente ecuación (7).

$$\text{Tolerancia} = e \cdot 12\% \quad (7)$$

Una vez calculada la tolerancia se la utiliza dependiendo si el corte es exterior o interior. Para cortes exteriores se toma a la matriz con la medida nominal y el punzón es quien deberá tener la reducción de tolerancia en las siguientes ecuaciones (8) y (9).

$$M_{matriz} = M_{nominal} \quad (8)$$

$$M_{punzòn} = M_{nominal} - Tolerancia \quad (9)$$

Para cortes interiores el punzón será quien tenga la medida nominal y se sumará a la matriz el valor de tolerancia en las siguientes ecuaciones (10) y (11).

$$M_{punzòn} = M_{nominal} \quad (10)$$

$$M_{matriz} = M_{nominal} - Tolerancia \quad (11)$$

8.3.9 Distancia entre separación de piezas

Esta separación debe asegurar la rigidez del rollo de material, además debe proporcionar suficiente material para que el corte sea adecuado, sin que la forma de la primera coincida con la de la siguiente. De lo contrario, el resultado sería unas piezas defectuosas. Si se tiene una separación excesiva, se desperdicia material y esto repercute en costos. La separación entre las piezas debe determinarse mediante la siguiente ecuación (12).

$$a = 1.5 \cdot e \quad (12)$$

Donde:

a es la distancia entre piezas. (mm)

e es el espesor del material. (mm)

Tener en cuenta que **a** debe ser mayor o igual que 1(mm).

8.3.10 Distancia de separación entre pieza y borde.

De igual manera para garantizar rigidez en el material, y poder hallar el ancho del eje adecuado para cortar una serie de piezas se utiliza la ecuación (13).

$$b = 1.5 \cdot e \quad (13)$$

Donde:

b es la distancia de separación entre pieza y borde. (mm)

e es el espesor del material. (mm)

Y para la anchura del fleje se tiene la siguiente ecuación (14)

$$B = 2 \cdot b + h_{pieza} \quad (14)$$

Donde:

B es la anchura del fleje. (mm)

b separación entre pieza y borde. (mm)

h_{pieza} altura de la pieza. (mm)

8.3.11 Esfuerzo.

El esfuerzo consiste en la dispersión de fuerzas a lo largo de toda la zona. La única distribución de fuerza que ejerce efecto sobre un punto en su superficie. Para determinar el esfuerzo se aplica la siguiente ecuación (15) [9].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (15)$$

Donde:

σ esfuerzo. $\left(\frac{kgf}{mm^2}\right)$

F la fuerza ejercida perpendicular al área. (N)

A área a cortar. (mm^2)

El área por cortar se calcula de la siguiente con la ecuación (16).

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 \dots A_n \quad (16)$$

El área del rectángulo se obtiene con la siguiente ecuación (17)

$$A_1 = b \cdot h \quad (17)$$

Donde:

A_1 área del rectángulo. (mm^2)

b es la base. (mm)

h es la altura del rectángulo. (mm)

Factor de seguridad.

El factor de seguridad es crucial en el cálculo, pues permite comprobar el material que se va a emplear en la matriz con la ecuación (18) [9].

$$\sigma_{admisible} = \frac{\sigma_{calculable}}{fs} \quad (18)$$

Donde:

$\sigma_{admisible}$ El esfuerzo admisible, esfuerzo tabulado del material. $\left(\frac{kgf}{mm^2}\right)$

$\sigma_{calculable}$ El esfuerzo calculado, esfuerzo encontrado con la fuerza máxima de corte admisible del material. $\left(\frac{kgf}{mm^2}\right)$

fs Factor de seguridad, este debe ser menor o igual a 2.5 para que el material no tenga riesgo de falla.

8.3.12 Cálculos para los componentes del troquel.

Todos los componentes de una matriz de corte desempeñan una función determinada, por lo que, al asegurar un rendimiento individual correcto, se podrá conseguir que el conjunto realice una labor eficaz.

Este capítulo conlleva los cálculos pertinentes y la elaboración del diseño de los componentes clave de la matriz, el punzón y la troqueladora.[9]

Para iniciar el diseño, primero se encuentra la tolerancia de corte, que se refiere a la holgura que existe entre el punzón y la matriz en un mismo perfil. En esta situación, el espesor es de 0.6mm y a través de la ecuación 6 se puede establecer lo siguiente:

$$Tolerancia = e \cdot 12\%$$

$$Tolerancia = 0.6 \cdot 12\%$$

$$Tolerancia = 0.07 \text{ (mm)}$$

Una vez encontrada la tolerancia, se procede a calcular la distancia de separación entre las piezas, para lo cual se puede utilizar a la ecuación 11:

$$a = 1.5 \cdot e$$

$$a = 1.5 \cdot 0.6$$

$$a = 0.9 \text{ (mm)}$$

Mediante la ecuación 12 se procede a calcular la distancia de separación entre la pieza y el borde:

$$b = 1.5 \cdot e$$

$$b = 1.5 \cdot 0.6$$

$$b = 0.9 \text{ (mm)}$$

Con la ecuación 13 y con los datos anteriores, es posible calcular la anchura del fleje:

$$B = 2 \cdot b + h_{pieza}$$

Para proseguir con el diseño se calcula las fuerzas que soporta el troquel, con estas fuerzas se podrá tener la fuerza necesaria de la máquina, y se verificará si el material no tendrá fallas al momento de trabajar.

El troquel tendrá una figura geométrica elemental, por lo cual se debe calcular la fuerza de corte de esta figura, se denominará de la siguiente forma:

Fuerza de corte de la exterior, comprende todo el exterior de la probeta.

Fuerza de corte externa.

Utilizando la ecuación 3, se encuentra la fuerza de corte externa:

$$F_c = k_c \cdot p \cdot e \cdot 1,2$$

$$F_c = 70 \cdot 203.97 \cdot 0.6 \cdot 1,2$$

$$F_c = 10280.2 \text{ (kgf)}$$

Para calcular el perímetro de la ficha hay que tomar en cuenta que se tiene 3 formas geométricas diferentes, por lo tanto, se calcula los perímetros de manera individual y se suma o resta dependiendo de la forma de la ficha.

Para calcular la longitud del arco utilizamos la siguiente ecuación

$$L = \frac{2\pi r\theta}{360} \quad (19)$$

Donde:

L longitud del arco

π 3.14

r radio

θ Angulo central

$$P_T = P_1 + P_2 - P_3$$

$$P_T = 203.97 \text{ (mm)}$$

La probeta tiene un espesor de $e=0.6$ (mm) y la constante de corte de acero inoxidable es $k_c = 510 \left(\frac{N}{mm^2}\right)$

$$k_c = k_c \cdot e \cdot p$$

$$F_{c2} = 510 \cdot 0.6 \cdot 203.97$$

$$F_{c2} = 62414.82 \text{ (kgf)}$$

Fuerza de corte total.

Como anteriormente se mencionó la fuerza de corte total será la suma de las fuerzas de corte internas y externas:

$$F_{CT} = F_{c1} + F_{c2}$$

$$F_{CT} = 10280.2 + 62414.82$$

$$F_{CT} = 72695.02 \text{ (kgf)}$$

Fuerza de extracción.

Se calcula el esfuerzo que se requiere para separar al punzón de la chapa adherida, para este caso según la tabla 3 “Coeficiente a aplicar para el cálculo de la fuerza de extracción de la chapa” se escoge el valor porcentual de 4%

$$F_{ext} = F_c \cdot x\%$$

$$F_{ext} = 10280.2 \cdot 4\%$$

$$F_{ext} = 411.20 \text{ (kgf)}$$

Fuerza de expulsión.

Para calcular la fuerza de expulsión se toma la ecuación 5 que nos dice:

$$F_{exp} = F_c \cdot 1.5\%$$

$$F_{exp} = 10280.2 \cdot 1.5\%$$

$$F_{exp} = 154.20 \text{ (kgf)}$$

Fuerza requerida para el trabajo de la prensa.

Para saber si la prensa es la correcta se necesita la potencia mínima que necesita el troquel para que se ejecute el corte.

Mediante la ecuación 1 de la potencia efectiva necesaria para el trabajo de la prensa se tiene que:

$$F_{ef} = F_c + F_{ext} + F_{exp}$$

$$F_{ef} = 10280.2 + 411.20 + 154.20$$

$$F_{ef} = 10845.6 \text{ (kgf)}$$

$$F_{ef} = \frac{10845.6}{1000}$$

$$F_{ef} = 11 \text{ (Ton)}$$

Con un rendimiento del 80% de la prensa se observa que la Fuerza real de la troqueladora con la ecuación 2 es:

$$F_{real} = \frac{11 \text{ (Ton)}}{80\%}$$

$$F_{real} = 14 \text{ (Ton)}$$

Con esto se puede concluir que la troqueladora realiza una fuerza mínima de 14 Toneladas.

Esfuerzo máximo para la selección del material del punzón y la matriz.

Para seleccionar el material del punzón y la matriz se utiliza el esfuerzo máximo admisible de un acero de mediana aleación, conocido en la industria como acero AISI:01 este acero tiene como dureza Rockwell C de 63 a 65, tiene una resistencia a la tracción $260 \frac{kg}{mm^2}$ - $280 \frac{kg}{mm^2}$ y para el esfuerzo calculado se toma la fuerza de 20(kgf) y se encuentra el esfuerzo según la Ec. (14).

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Para calcular el área total utilizamos la ecuación 14.

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3$$

Siendo el área total igual a:

$$A_T = b \cdot h + \pi \cdot r^2 + \frac{\pi \cdot r^2}{2}$$

$$A_T = 654(mm^2)$$

Con lo cual el esfuerzo calculado será igual a:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{20}{654}$$

$$\sigma = 0.03 \left(\frac{kgf}{mm^2} \right)$$

Factor de seguridad para comprobación de material.

Se calcula el factor de seguridad para verificar que el material de la matriz y del punzón se encuentran en el rango admisible, utilizando la Ec. (18) se tiene que:

$$\sigma_{admissible} = \frac{\sigma_{calculable}}{f_s}$$

$$f_s = \frac{\sigma_{calculado}}{\sigma_{admissible}}$$

$$f_s = \frac{0.03}{260}$$

$$f_s = 0.00011 \leq 2.5$$

Como se puede observar el factor de seguridad es menor a 2,5 con lo que se concluye que al utilizar el material ASI: 0.1 no se tendrá riesgo de falla.

Dimensiones de punzón y matriz.

Una vez detectada la holgura entre el punzón y la matriz, se lleva a cabo la medición de estos componentes. Se considera que en este escenario es necesario mantener la dimensión exterior de la pieza; por lo tanto, se procede a restar el juego al punzón, manteniendo la dimensión de la matriz de corte inalterable.

Caso corte.

Dimensiones de la matriz representada en la Figura 8-8.

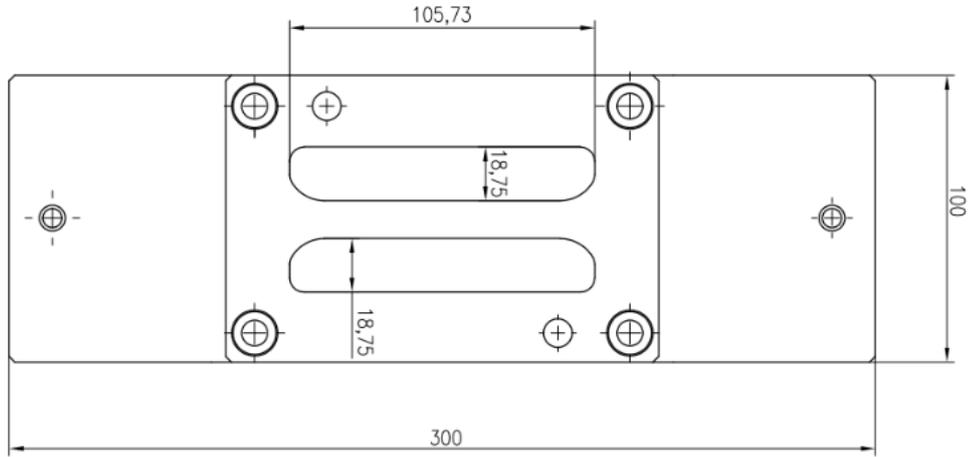


Figura 8-8 Dimensión matriz de corte.

Dimensión del punzón representada en la Figura 8-9.

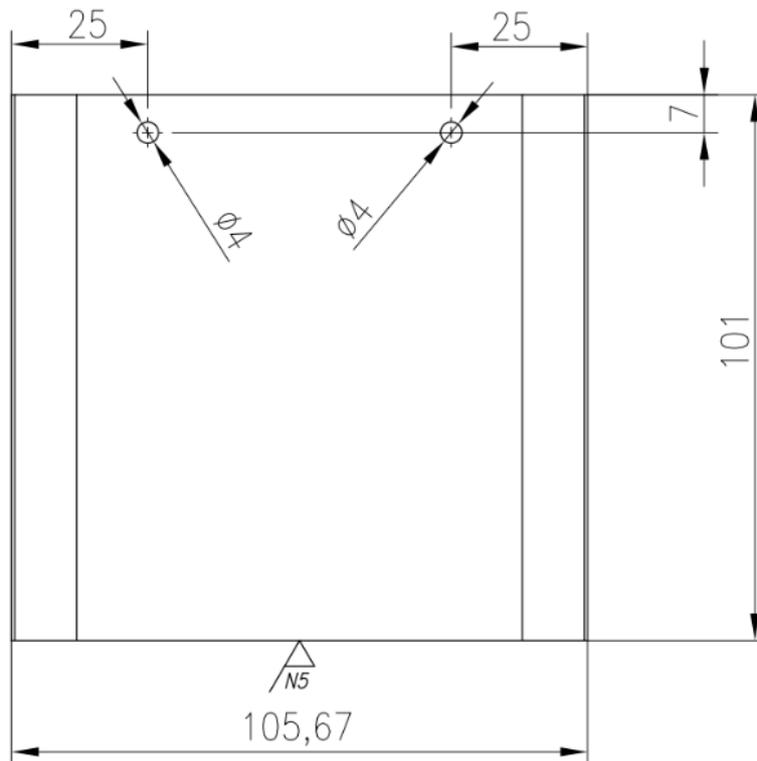


Figura 8-9 Dimensión del punzón de corte.

8.3.13 Diseño de las placas de la matriz de corte.

Para el diseño de las placas que constituyen el troquel de corte, se pone énfasis en el diseño que se obtuvo en el análisis funcional, con la forma nítida que tendrán las piezas.

Se incluyen las tolerancias y el material empleado para cada componente; además del tratamiento térmico que han sido sometidos los punzones.

8.3.14 Diseño de los componentes del troquel.

El acero K100 es ideal para la construcción de matrices debido a varias características que lo hacen particularmente adecuado para este tipo de aplicaciones:

- Alta dureza:
El K100 puede alcanzar altos niveles de dureza, lo que le confiere una excelente resistencia al desgaste. Esto es fundamental en matrices que se utilizan en procesos de conformado y corte.
 - Buena tenacidad:
A pesar de su dureza, el K100 también presenta una buena tenacidad, lo que significa que puede resistir impactos y cargas repentinas sin romperse.
 - Resistencia a la deformación:
Este acero es menos propenso a deformarse bajo presión, lo que es esencial para mantener la precisión en las dimensiones de las matrices.
 - Facilidad de mecanizado:
A pesar de su dureza, el K100 puede ser mecanizado adecuadamente, lo que permite la fabricación de formas complejas y detalles finos en las matrices.
- Tratamientos térmicos:
Este acero se puede tratar térmicamente para mejorar aún más sus propiedades mecánicas, permitiendo personalizar su dureza y resistencia según las necesidades específicas del proyecto.
- Resistencia a la corrosión:
Dependiendo de la composición y tratamientos, el K100 puede ofrecer una buena resistencia a la corrosión, lo que prolonga la vida útil de la matriz en ambientes difíciles. Estas características hacen del acero K100 una opción popular en la industria para la fabricación de matrices que requieren precisión y durabilidad, en la Tabla 7, presenta las propiedades principales de acero K100 y la Tabla 8 presenta la composición química. Es utilizado para la construcción de los insertos de corte y conformado (troqueles). Es un acero estándar de los aceros con 12 % de cromo para aplicaciones donde se requiera alta resistencia al desgaste, aplicado a trabajos en frío.

Denominación	Material	Dureza	Densidad	Módulo de elasticidad	Temperatura de temple
Placa matriz	Acero K100	120-180 HB	$7,7 \frac{kg}{dm^3}$	$210 \cdot 10^3 \frac{N}{mm^2}$	940-970°C

Tabla 7. Propiedades principales de acero K100.

C	Si	Mn	Cr
2.00	0.25	0.35	11.50

Tabla 8.. Composición química del acero K 100.

8.3.14.1 Probeta.

El diseño de la probeta será el punto de partida para el diseño del troquel de corte, ya que podemos apreciar sus características de acabado como se aprecia en la Figura 8-10.



Figura 8-10 diseño3D probeta.

8.3.14.2 Matriz.

La placa matriz donde se realiza el corte de la chapa metálica debe cumplir las características ya sea su resistencia estará, fabricada con acero K 100 y se observa en la Figura 8-11.

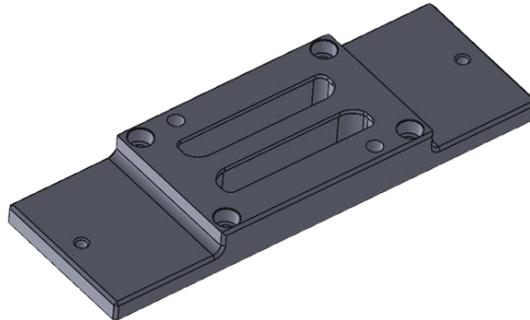


Figura 8-11 Diseño 3D matriz.

8.3.14.3 Placa guía y extractora.

La precisión en la ubicación de los punzones es crucial para obtener piezas con las dimensión y tolerancias correctas, una placa guía desgastada o mal alineada puede generar defectos en las piezas, lo que conlleva pérdidas económicas y de tiempo como se observa en la Figura 8-12.

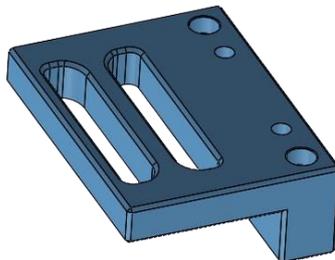


Figura 8-12 Diseño placa guía y extractora.

8.3.14.4 Topes.

Estos nos ayudaran a posicionar la cinta en la matriz y garantizaran la medida del corte de la probeta, está construido de material St37, serán regulables como se puede apreciar en la Figura 8-13.

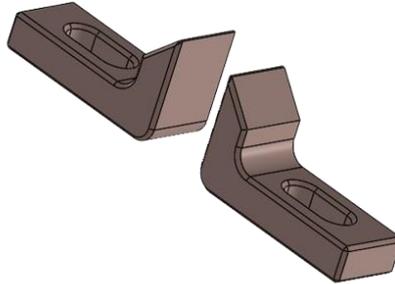


Figura 8-13 Diseño de topes.

8.3.14.5 Bastidor inferior.

La Tabla 9, presenta las propiedades principales de acero St37, utilizado para la construcción de la placa base inferior. DIN St37-2 St37 es un tipo de acero estructural al carbono con estándar alemán (DIN). Tales como: St37-2, St37-3U, St37-3n, USt37-2, etc. Este material equivale al acero estructural al carbono Q235B en China.

Denominación	Material	Dureza	Elongación	Límite elástico	Resistencia a la tracción
Placa base inferior	Acero St37	120 HB	≥ 25%	≥ 235 MPa	340 - 510 MPa

Tabla 9. propiedades principales del acero St37

La ductilidad del acero St37 le permite absorber energía bajo tensión sin fracturarse fácilmente. Esta propiedad es importante en aplicaciones en las que el material puede estar sujeto a impactos o cargas dinámicas. La Figura 8-14. presenta el sólido de la placa base inferior, los detalles de las medidas se presentan en los particulares ubicados en los Anexos. La Tabla 9 presenta la composición química del acero St 37.

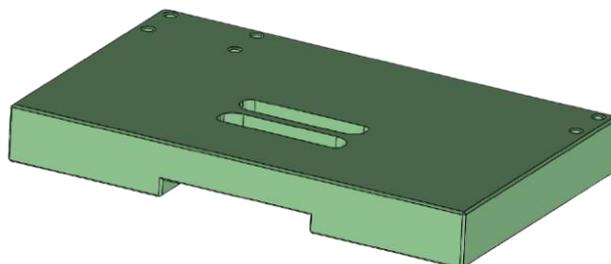


Figura 8-14 Diseño 3D bastidor inferior.

8.3.14.6 Columnas guía.

Las columnas desempeñan la función de guías del bastidor entre la parte fija y la parte móvil del troquel. Las columnas utilizadas en el diseño son normalizadas Modelo 25SYZP como se observa en la Figura 8-15.

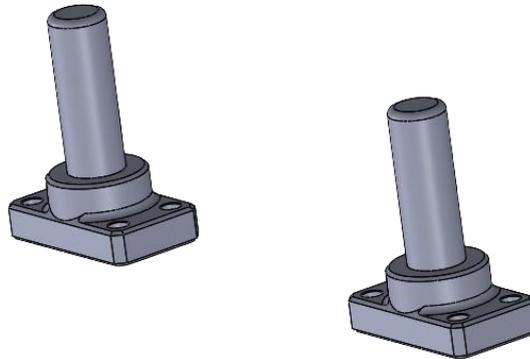


Figura 8-15 Diseño 3D columnas guía.

8.3.14.7 Punzones.

Estos punzones son los que realizarán el corte en la cinta, liberando a la probeta de una manera precisa, construido en un acero K 100 como se puede observar en la Figura 8-16.



Figura 8-16 Diseño 3D punzones de corte.

8.3.14.8 Placa porta punzones.

Su función principal es alojar y fijar de manera precisa los punzones, asegurando así la calidad y repetibilidad de las piezas producidas y está fabricada comúnmente con acero St37, como se puede observar en la Figura 8-17.

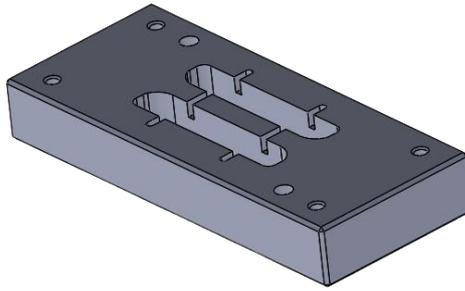


Figura 8-17 Diseño 3D placa porta punzones.

8.3.14.9 Bastidor superior.

La placa base superior de un troquel de corte es un componente esencial en el proceso de troquelado Figura 8-18, su función principal es sostener y guiar el punzón, la herramienta que realiza el corte o la deformación del material, durante la operación; esta placa, generalmente fabricada en acero de alta resistencia como el St 37 y forma parte del conjunto móvil del troquel que se acopla al ariete o martillo de la prensa. Como funciones de la placa base se tiene:

Soporte del punzón: La placa base superior proporciona una base sólida y precisa para el montaje del punzón, asegurando que este se mantenga en la posición correcta durante el proceso de corte.

Guía de corte: Actúa como una guía para el punzón, garantizando que el corte se realice de manera uniforme y siguiendo el contorno deseado.

Transferencia de fuerza: Transmite la fuerza ejercida por la prensa al punzón, permitiendo que este penetre en el material y realice el corte.

Protección de componentes: Ayuda a proteger otros componentes del troquel, como los resortes y los guías, de daños durante la operación.

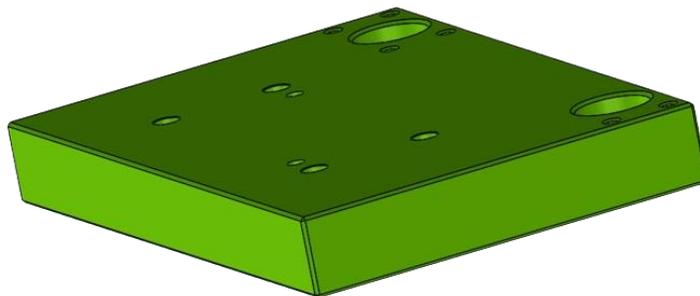


Figura 8-18 Diseño 3D bastidor superior.

8.3.14.10 Bujes.

De igual manera se encargan de realizar el guiado del troquel garantizando el correcto funcionamiento de este, estos serán normalizados Modelo 25SYZP como se puede ver en la Figura 8-19.



Figura 8-19 Diseño 3D bujes guías.

9 Conclusiones.

Se analizó los requisitos técnicos, en conclusión, el análisis de los requisitos técnicos para el diseño del troquel según la norma ASTM A370 destaca la importancia de cumplir con estándares específicos que garantizan la calidad y seguridad del producto final.

El diseño de un troquel de corte para la obtención de probetas según la norma ASTM A370 representa un paso fundamental para garantizar la calidad y la precisión en la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales. Este proceso no solo asegura que las probetas cumplan con los estándares establecidos, sino que también optimiza la reproducibilidad de los ensayos mecánicos. Al seguir las directrices de la norma, se facilita la obtención de resultados confiables que son cruciales para el análisis y la mejora de los materiales. En definitiva, este diseño contribuye significativamente a la integridad de los ensayos y al avance en la investigación y desarrollo de nuevos productos en la industria.

La elaboración de los planos técnicos de conjunto y particulares de los elementos más representativos del troquel de corte es un proceso esencial que facilita la comprensión y fabricación del dispositivo. Estos planos no solo proporcionan una representación detallada de cada componente, sino que también aseguran que todas las especificaciones y tolerancias sean cumplidas, lo que es crucial para el funcionamiento efectivo del troquel. Al documentar de manera clara y precisa los aspectos técnicos, se promueve una comunicación efectiva entre los equipos de diseño y producción, minimizando errores y optimizando el tiempo de fabricación. En resumen, la creación de estos planos es un paso clave para garantizar la calidad y eficiencia en la producción de probetas y otros componentes industriales.

10 Recomendaciones.

- Comprobar las dimensiones y condición de la prensa en la que se ubicará el troquel de corte para asegurar su operatividad y el acoplamiento preciso de todos sus componentes.
- Llevar a cabo la lubricación requerida entre las matrices y los punzones, con el objetivo de asegurar y prolongar la durabilidad de cada componente, reduciendo el desgaste entre ellos y potenciando los procesos que debe atravesar cada pieza.
- Solo emplear la troqueladora con el espesor y el material para el que fue creada, ya que, si no se toman medidas preventivas, no se podrá prevenir el deterioro anticipado de los componentes de corte.
- Cuando los punzones empleados en el proceso de producción comiencen a desgastarse, es necesario realizar un proceso de rectificado para poder afilar los elementos dentro de las tolerancias permitidas, de manera que no perjudiquen la durabilidad de estos.

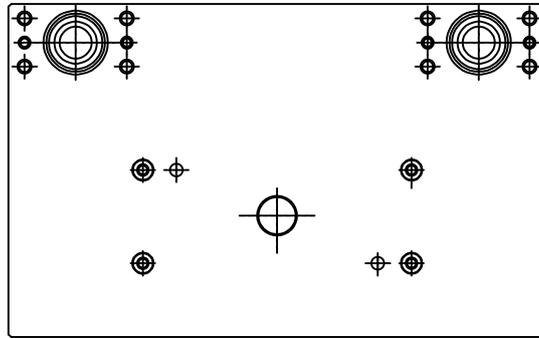
11 Referencias

- [1] Grover. M. P, «Fundamentos de manufactura moderna.,» McGraw Hill, Mèxico, 2007.
- [2] Marin. V. C, «Troqueles y troquelados para la producciòn de grandes series de piezas,» Metal actual, Mèxico, 2009.
- [3] Timoshenko.J, «Resistencia de materiales,» Thomson, Madrid, 2002.
- [4] Falk. G. L, «Mtalotecnica funadmental,» Revertè.S.A, Bogota, 1986.
- [5] Marìn. J, «Apuntes de diseño de màquinas,» Clubuniversitario, Alicante, 2008.
- [6] Kalpakjian, S. y Schmid,s, «Manufactura, ingenirìa y tecnologia,» Prentice-Hall, Mèxico DF, 2002.

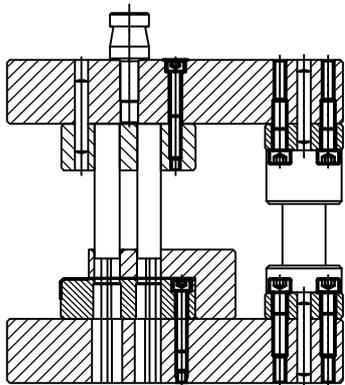
- [7] Klocke. F, «Manufacturing processes 4, forming,» Springer, Berlin, 2013.
- [8] Boljanovic, V., y Paquin, J., «Die fundamentals (3 ed),» Industrial Press Inc, New York, 2006.
- [9] Boljanovic. V, «Sheet metal forming processes and die design,» Industrial press, New York, 2014.
- [10] Contín. A, «Tecnología mecánica,» Revertè, Mèxico, 2006.
- [11] Heinrich. G, «Al rededor de las maquinas - herramietas,» Revertè.S.A., Loreto, 2006.
- [12] Johnson. O. A, «Diseño de maquinas herramientas,» Roble, Mèxico, 1973.
- [13] Shingley. J, «Diseño en ingenieria mecanica,» McGraw-Hill/Interamericana, Mèxico DF, 2002.
- [14] Beer. J, «Mecànica de materiales,» McGrawHill/Interamericana, Mèxico DF, 2007.

12 Anexos.

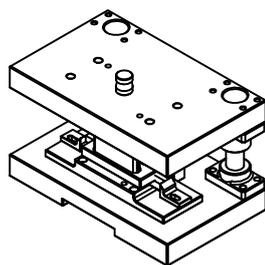
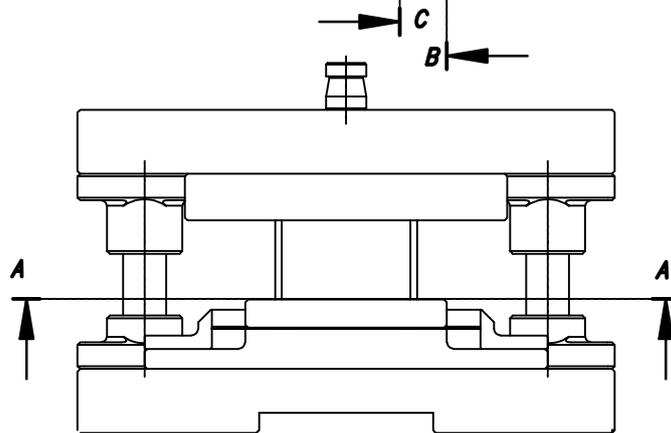
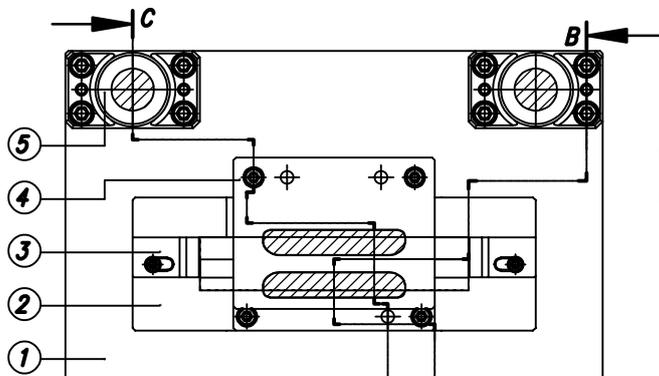
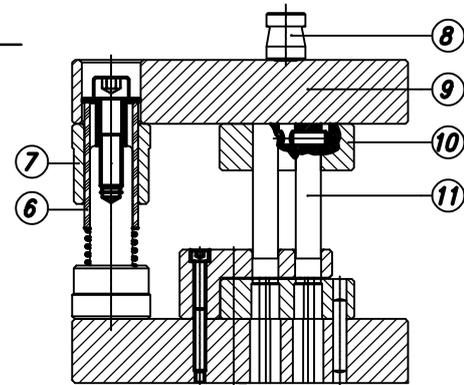
12.1 Planos del troquel de corte.



CORTE B-B

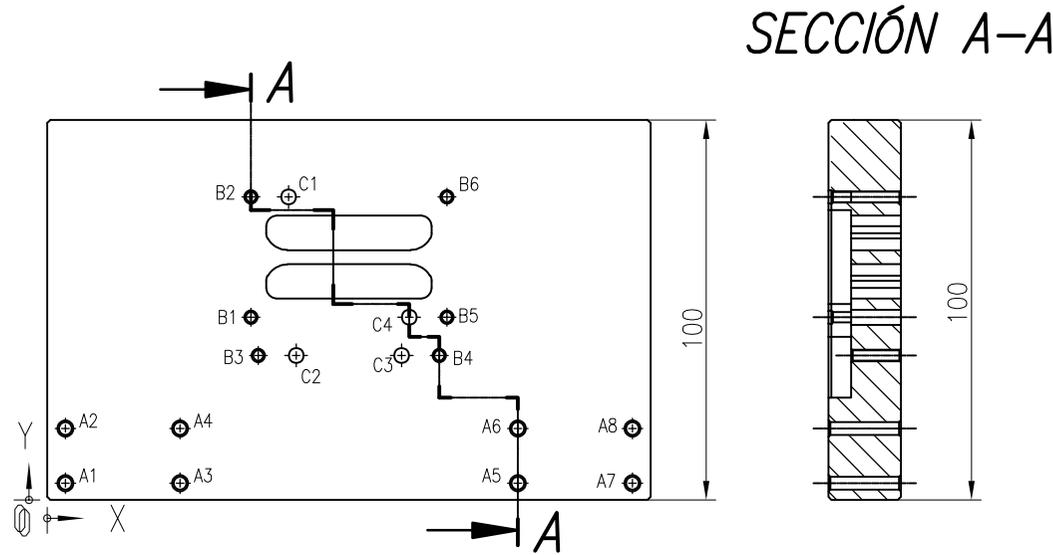


CORTE C-C

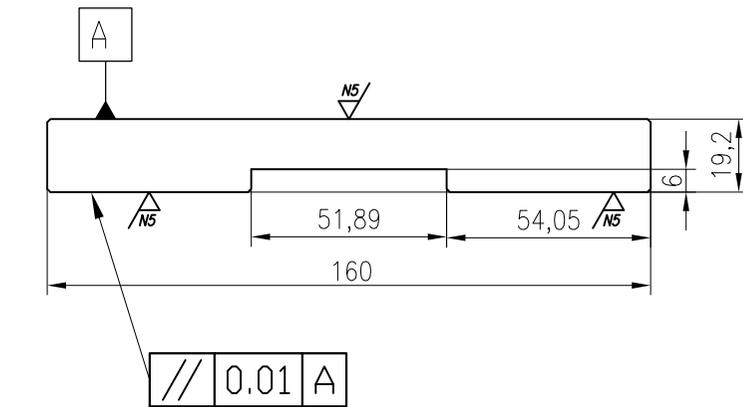


11	PUNZON DE CORTE	Acero K-100	2		60 HRC
10	PLACA PORTA PUNZONES	Acero A-36	1		
9	PLACA BASE SUPERIOR	Acero A-36	1		
8	TOMO DE SUJECCIÓN	Acero 705	1		
7	BASE DE BUJE GUÍA		2	DIN 9825	MARCA MISUMI
6	CANASTILLA DE GUIADO		2	DIN 9825	MARCA MISUMI
5	BASE DE COLUMNA GUÍA		2	DIN 9825	MARCA MISUMI
4	PLACA EXTRACTORA	Ac. A-36	1		
3	TOPE LATERAL	Acero 705	2		
2	PLACA MATRIZ DE CORTE	Acero K-100	1		60 HRC
1	PLACA BASE INFERIOR	Acero A-36	1		

POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
IV CICLO	Fecha	Nombre			
Dibujado:	06/01/2025	Jonathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial		UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA			
Escala: f:1		Tecnologías Carrera de Tecnología Mecánica			
Tol. gen.: ISO		Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
Lámina: 01		MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			



SECCIÓN A-A

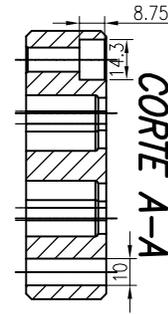
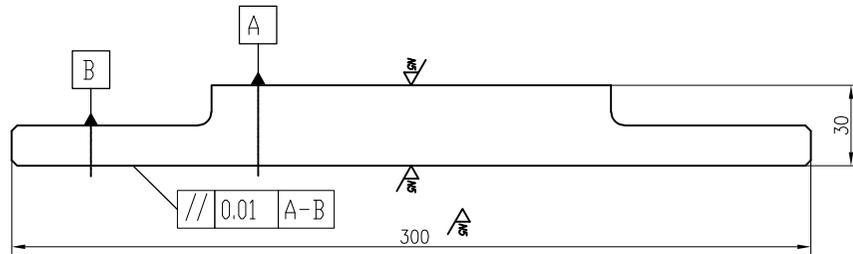
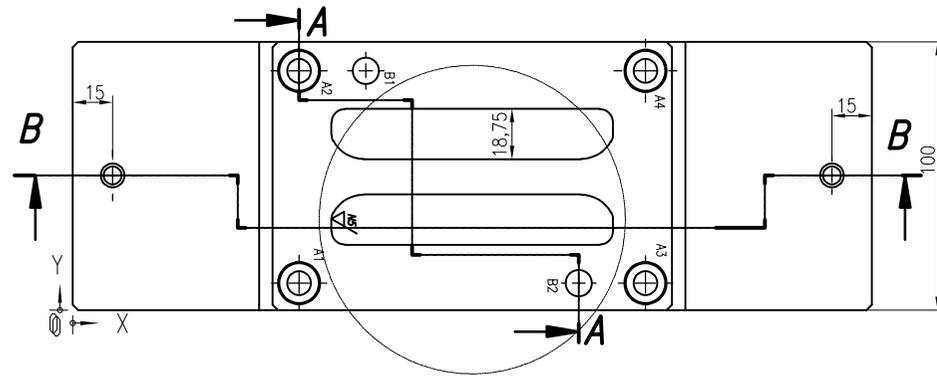
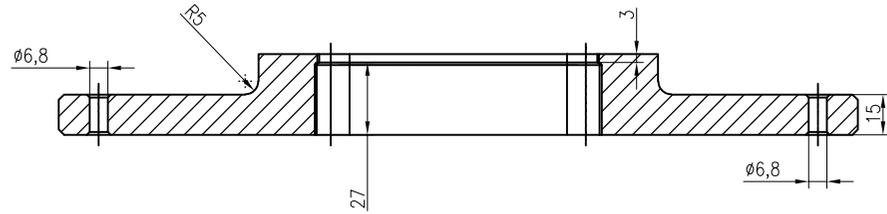


$\nabla N8 / (\nabla N5 \text{ Rectificado})$
TOLERANCIA GENERAL ± 0.1

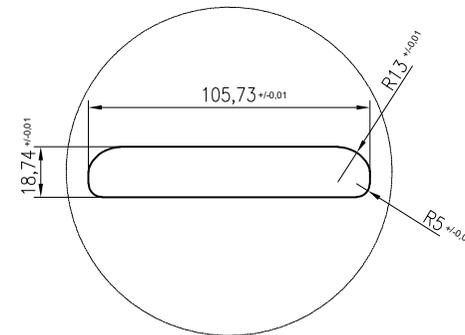
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	12	11	$\phi 8,50 \nabla 46,75$ $\surd \phi 11,00 \times 90^\circ$
A2	12	47	
A3	88	11	
A4	88	47	
A5	312	11	
A6	312	47	
A7	388	11	
A8	388	47	
B1	135	120,12	$\phi 6,80$ POR TODO M8x1.25 - 6H POR TODO $\surd \phi 9,00 \times 90^\circ$, Lado cercano $\surd \phi 9,00 \times 90^\circ$, Lado lejano
B2	135	199,25	
B3	140	95	
B4	260	95	
B5	265	120,12	
B6	265	199,25	
C1	160	199,25	$\phi 10,00$ H7 POR TODO
C2	165	95	
C3	235	95	
C4	240	120,12	

1	PLACA BASE INFERIOR	Acero A-36	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/> V CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonnathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
1:1	ISO				
Lámina:	02	PLACA BASE INFERIOR			

CORTE B-B



DETALLE M



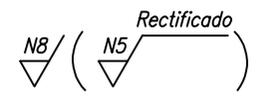
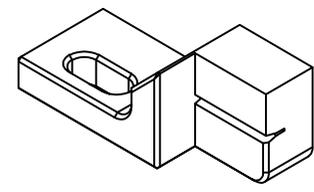
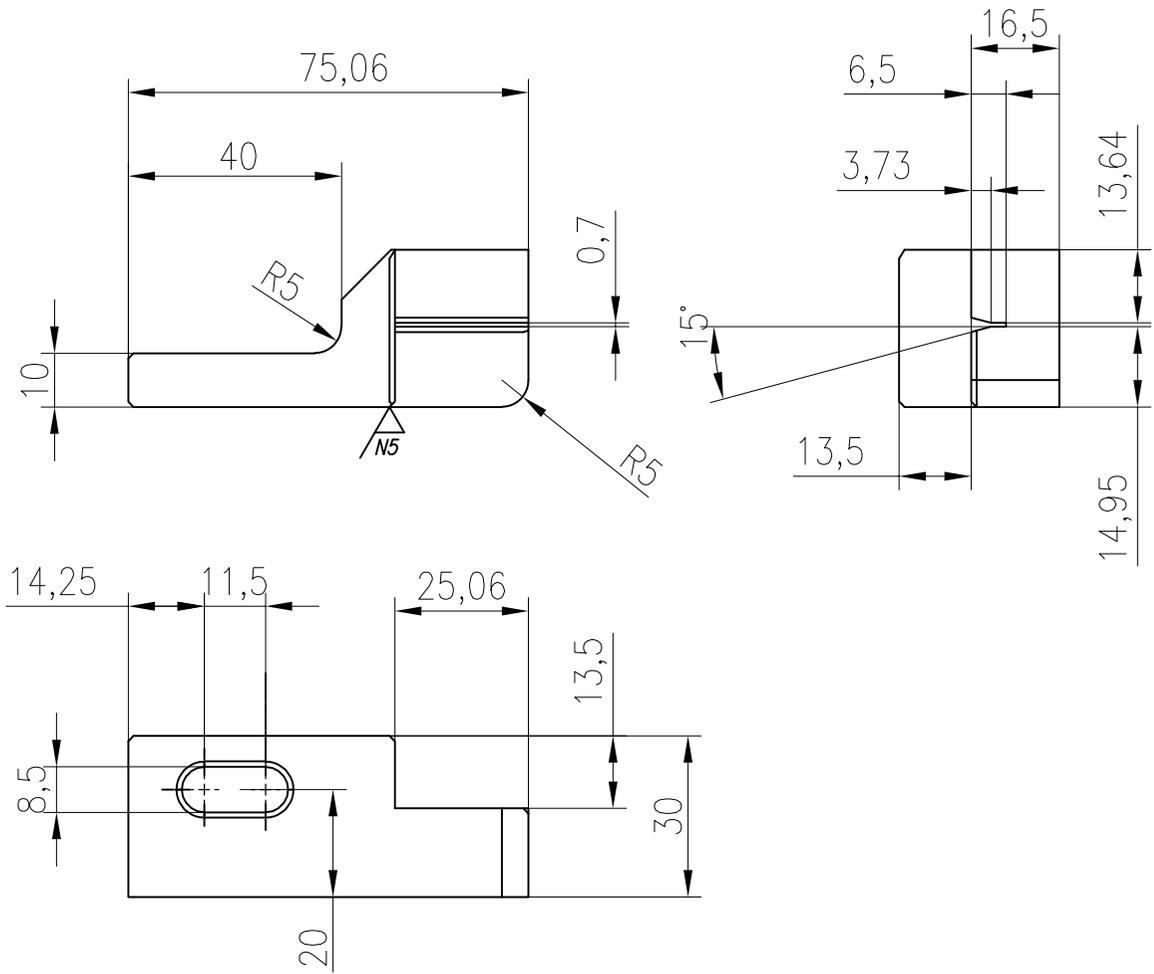
RATULO	UBIC X	UBIC Y	TAMARCO
A1	12	11	$\varnothing 8,50 \nabla 46,75$ $\checkmark \varnothing 11,00 \times 90^\circ$
A2	12	47	
A3	88	11	
A4	88	47	
A5	312	11	
A6	312	47	
A7	388	11	
A8	388	47	
B1	135	120,12	$\varnothing 6,80$ POR TODO $M8 \times 1,25 - 6H$ POR TODO $\checkmark \varnothing 9,00 \times 90^\circ$, Lado cercano $\checkmark \varnothing 9,00 \times 90^\circ$, Lado lejano
B2	135	199,25	
B3	140	95	
B4	260	95	
B5	265	120,12	
B6	265	199,25	
C1	160	199,25	$\varnothing 10,00 H7$ POR TODO
C2	165	95	
C3	235	95	
C4	240	120,12	

NOTA:
Templado y Revenido

∇_{NS} / ∇_{NS} **Rectificado**
 TOLERANCIA GENERAL ± 0.1

2	PLACA MATRIZ DE CORTE	Acero K-100	1		60 HRC
POSICION	DENOMINACION	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre			
Dibujado:	08/01/2025	Jonathán Cusco			
Comprobado:	08/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial		Carrera de Tecnología Mecánica			
Escala:	1:1	Tol. gen.:	ISO		
Lámina:	08	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			

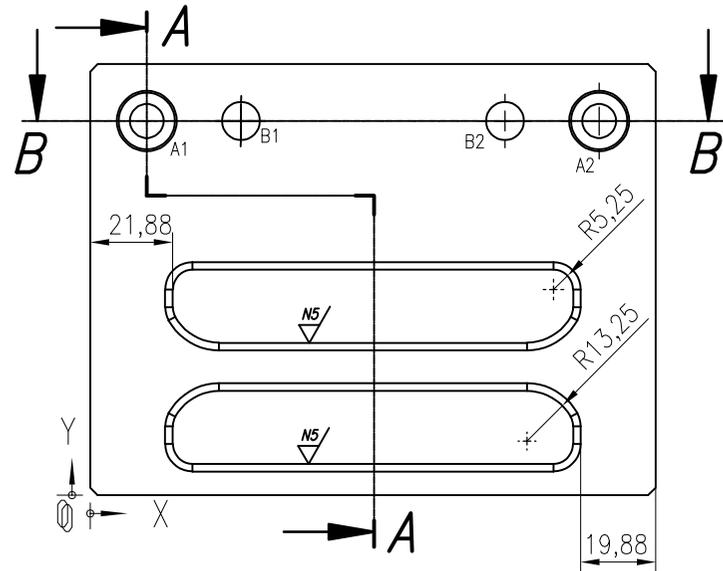
PLACA MATRIZ DE CORTE



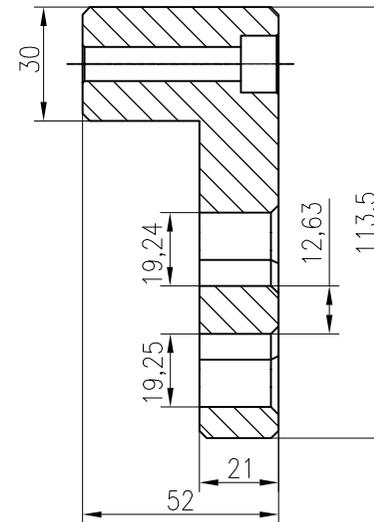
TOLERANCIA GENERAL ±0.1

3	TOPE LATERAL	Acero 705	2		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGIAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonnathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial			Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS		
Escala:	Tol. gen.:	TOPE LATERAL			
1:1	ISO				
Lámina:	6 de 1				

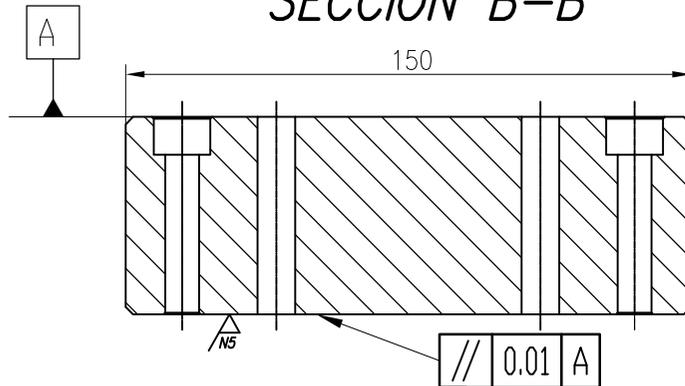
A2



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	12	11	$\varnothing 8,50 \nabla 46,75$ $\surd \varnothing 11,00 \times 90^\circ$
A2	12	47	
A3	88	11	
A4	88	47	
A5	312	11	
A6	312	47	
A7	388	11	
A8	388	47	
B1	135	120,12	$\varnothing 6,80$ POR TODO $M8 \times 1,25 - 6H$ POR TODO $\surd \varnothing 9,00 \times 90^\circ$, Lado cercano $\surd \varnothing 9,00 \times 90^\circ$, Lado lejano
B2	135	199,25	
B3	140	95	
B4	260	95	
B5	265	120,12	$\varnothing 10,00 H7$ POR TODO
B6	265	199,25	
C1	160	199,25	
C2	165	95	
C3	235	95	
C4	240	120,12	

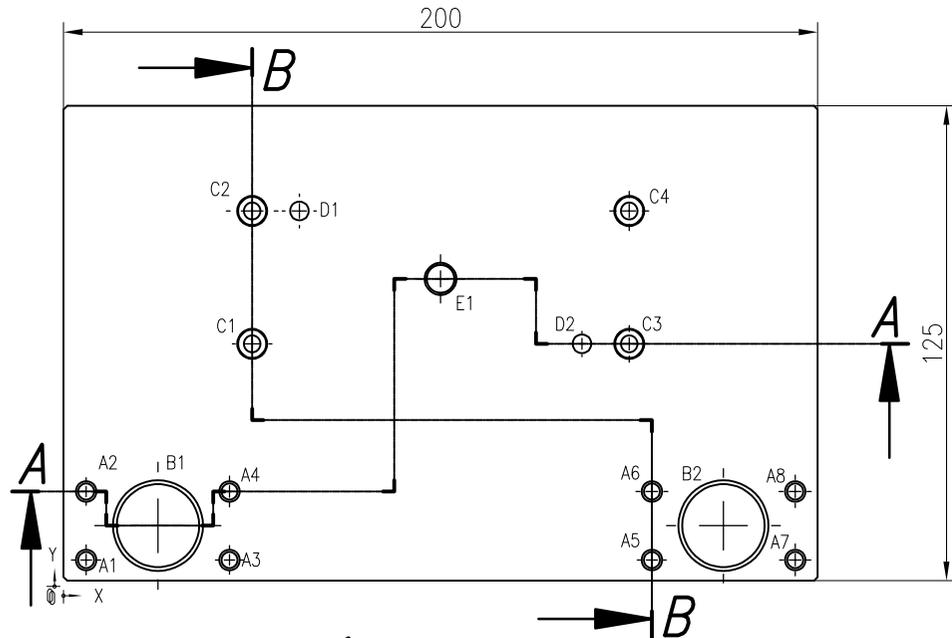
$\nabla N8$ / ($\nabla N5$ Rectificado)

TOLERANCIA GENERAL ± 0.1

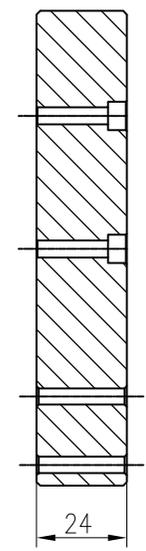
4	PLACA EXTRACTORA	Acero A-36	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonnathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
Lámina: 04	PLACA EXTRACTORA				

A2

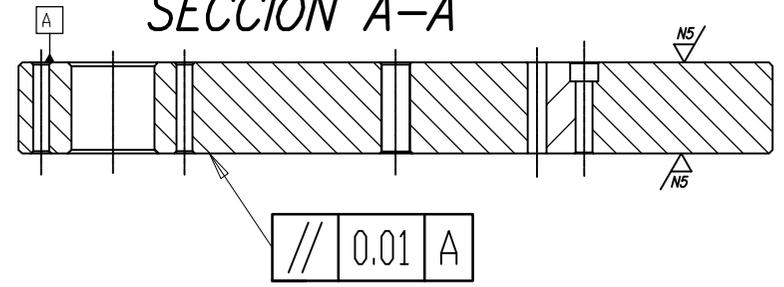
RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	12	11	ϕ 8,50 \mp 46,75 \surd ϕ 11,00 X 90°
A2	12	47	
A3	88	11	
A4	88	47	
A5	312	11	
A6	312	47	
A7	388	11	
A8	388	47	
B1	50	29	ϕ 44,00 \mp 46,00 \surd ϕ 48,00 X 90°
B2	350	29	ϕ 9,00 \mp 47,50 ϕ 15,00 \mp 10,00 \surd ϕ 16,00 X 90°
C1	100	124,69	
C2	100	194,69	
C3	300	124,69	
C4	300	194,69	ϕ 10,00H7 POR TODO
D1	125	194,69	
D2	275	124,69	ϕ 14,68 POR TODO 5/8-18 UNF POR TODO \surd ϕ 17,00 X 90°, Lado cercano \surd ϕ 17,00 X 90°, Lado lejano
E1	200	159	



SECCIÓN B-B

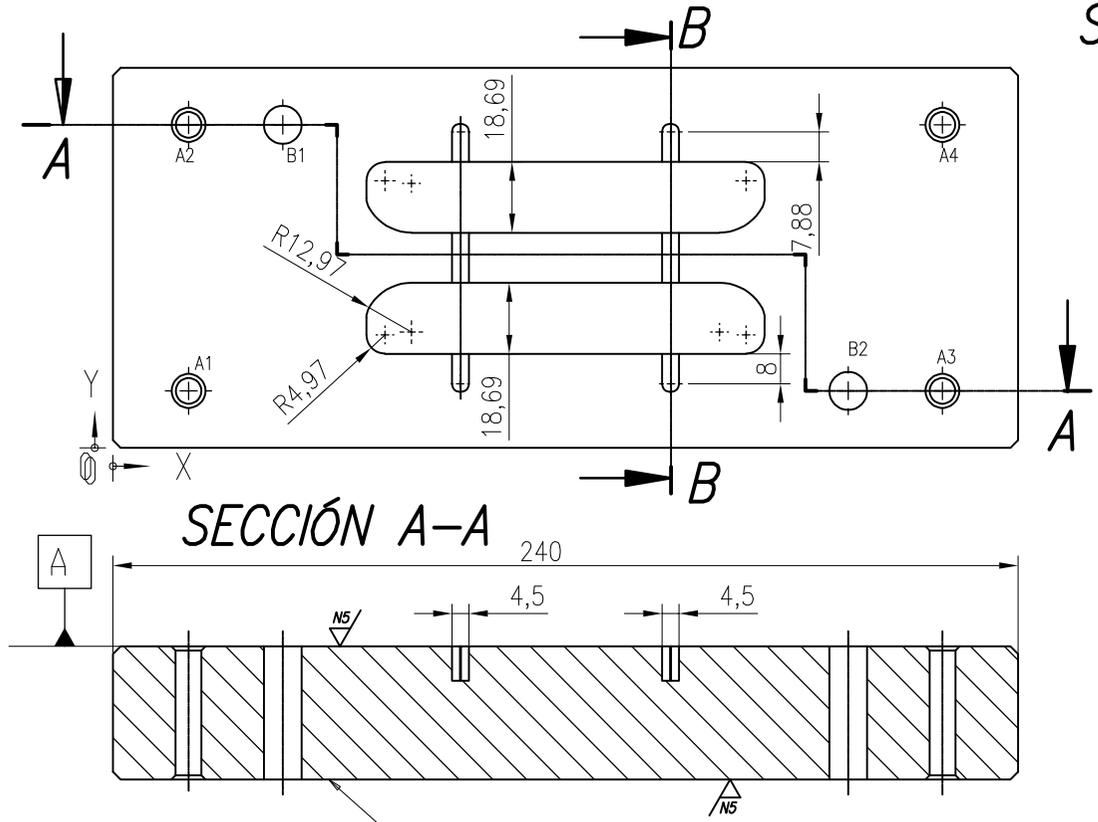


SECCIÓN A-A

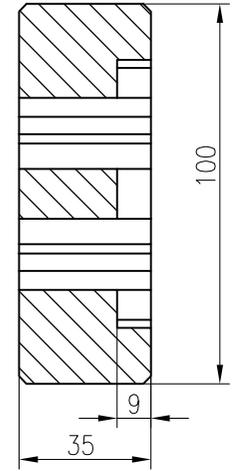


\surd N8 / (\surd N5 Rectificado)
 TOLERANCIA GENERAL ± 0.1

11	PLACA BASE SUPERIOR	Acero A-36	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/> V CICLO	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
Lámina: 05	PLACA BASE SUPERIOR				



SECCIÓN B-B

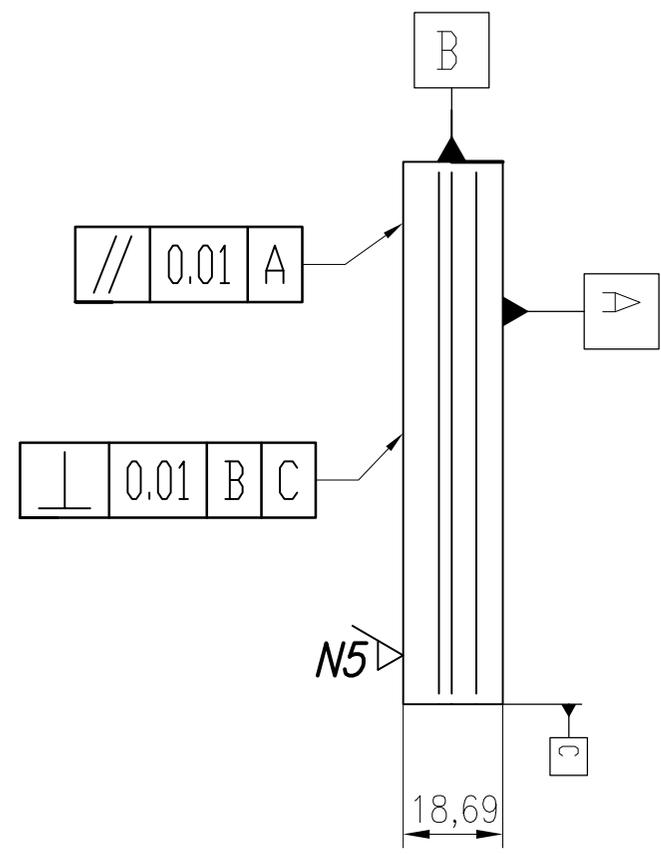
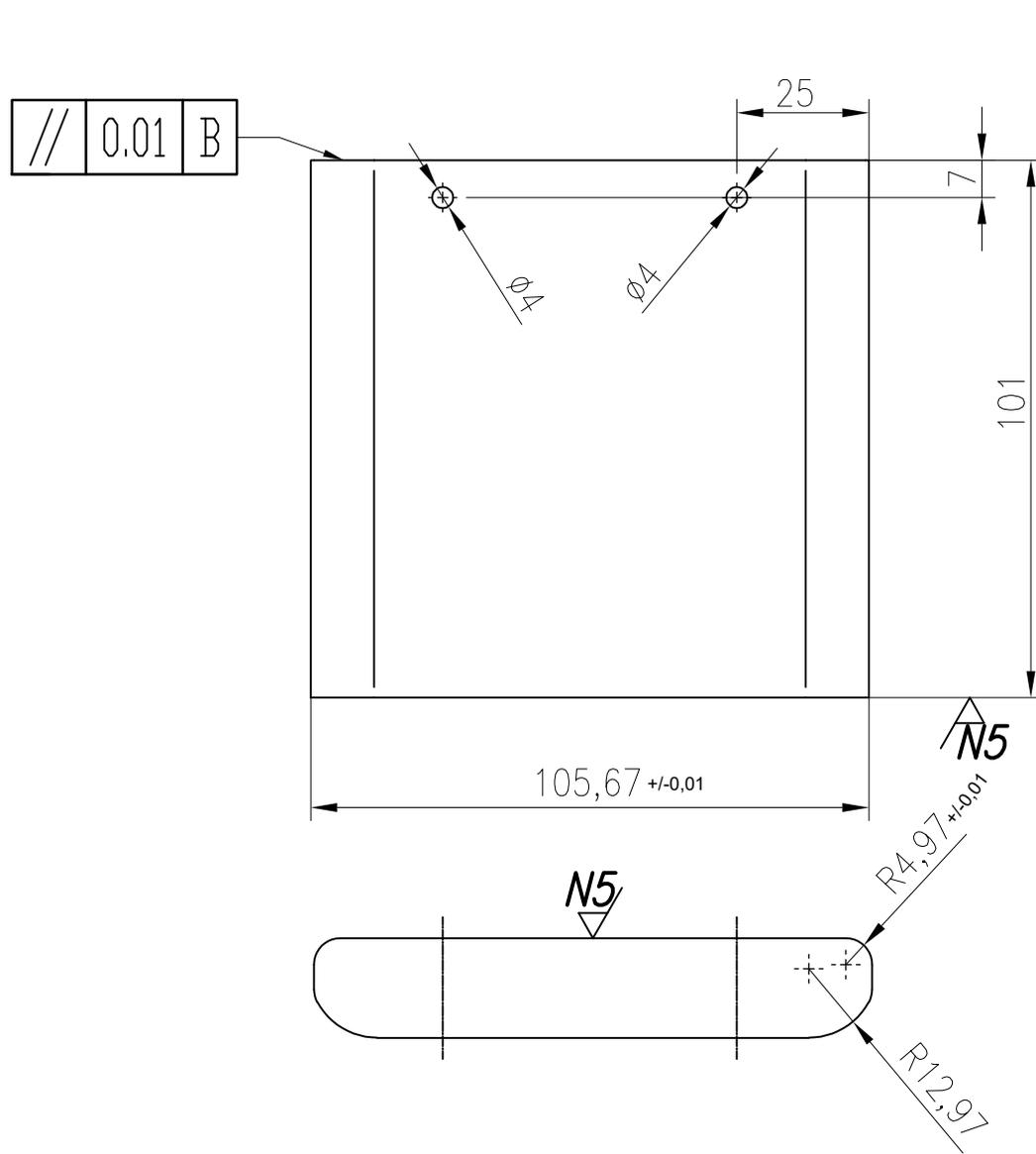


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	12	11	ϕ 8,50 ∇ 46,75 \checkmark ϕ 11,00 X 90°
A2	12	47	
A3	88	11	
A4	88	47	
A5	312	11	
A6	312	47	
A7	388	11	
A8	388	47	
B1	135	120,12	ϕ 6,80 POR TODO M8x1.25 - 6H POR TODO \checkmark ϕ 9,00 X 90°, Lado cercano \checkmark ϕ 9,00 X 90°, Lado lejano
B2	135	199,25	
B3	140	95	
B4	260	95	
B5	265	120,12	
B6	265	199,25	
C1	160	199,25	ϕ 10,00 H7 POR TODO
C2	165	95	
C3	235	95	
C4	240	120,12	

∇ N8 / (∇ N5 Rectificado)
 TOLERANCIA GENERAL ± 0.1

\parallel 0,01 A

7	PLACA PORTA PUNZONES	Acero A-36	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
<input checked="" type="checkbox"/> V CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonnathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
Lámina: 06	PLACA PORTA PUNZONES				



NOTA:
Templado y Revenido

$\sqrt{\text{N8}}$ / ($\sqrt{\text{N5}}$ Rectificado)
TOLERANCIA GENERAL ±0.1

6	PUNZON DE CORTE	Acero K-100	2		60 HRC
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
<input type="checkbox"/> V CICLO	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGIAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	06/01/2025	Jonnathan Cusco			
Comprobado:	06/02/2025	Ing. Jorge Fajardo			
Dibujo Industrial					
Escala: 1:1	Tol. gen.: ISO	Conjunto: MATRIZ TROQUELADO PROBETAS			
Lámina: 07	PUNZON DE CORTE				