



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

**DISEÑO DE UNA MATRIZ PROGRESIVA PARA OBTENCIÓN DE UNA PLACA DE  
ENCENDIDO UTILIZADA EN UN HORNO DE COCINA DOMÉSTICA**

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

**AUTOR: FLAVIO MEDARDO GORDILLO CARABAJO**

**TUTOR: ING. LUIS MARCELO LÓPEZ LÓPEZ, PH.D.**

Cuenca - Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Flavio Medardo Gordillo Carabajo con documento de identificación N° 0104297304 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, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Flavio Medardo Gordillo Carabajo  
0104297304

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

Yo, Flavio Medardo Gordillo Carabajo con documento de identificación N° 0104297304, 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 del Proyecto técnico: “Diseño de una matriz progresiva para obtención de una placa de encendido utilizada en un horno de cocina doméstica”, el cual ha sido desarrollado 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, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Flavio Medardo Gordillo Carabajo

0104297304

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Marcelo López López con documento de identificación N° 0102906971, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MATRIZ PROGRESIVA PARA OBTENCIÓN DE UNA PLACA DE ENCENDIDO UTILIZADA EN UN HORNO DE COCINA DOMÉSTICA, realizado por Flavio Medardo Gordillo Carabajo con documento de identificación N° 0104297304, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2025

Atentamente,



---

Ing. Luis Marcelo López López, Ph.D.

0102906971

## Dedicatoria

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y fe en mis capacidades durante el desarrollo de esta investigación.

Al área de matricería cuya colaboración, recursos y profesionalismo fueron esenciales para llevar a cabo este proyecto.

*Este esfuerzo conjunto representa el compromiso y la pasión por la excelencia en el ámbito de la Matricería*

## Agradecimiento

Al Ing. Marcelo López por su dedicación y aportes técnicos, que enriquecieron significativamente el enfoque y los resultados de este estudio.

A la empresa Indurama por el apoyo recibido en todos los ámbitos, especialmente en el tiempo de estudios que duró la carrera que hoy finalizó.

## Resumen

El trabajo de titulación presenta el diseño de una matriz progresiva de corte y doblado de lámina metálica para obtener una placa de encendido utilizada en un horno de cocina doméstica, partiendo de la proyección de producción requerida para el año 2025 y de la seguridad de los operarios durante la manipulación del troquel en la producción.

Palabras claves: Matriz, troquel, progresiva, corte, lámina.

## Abstract

The degree work presents the design of a progressive cutting and bending matrix of metal sheet to obtain a lighting plate used in a domestic kitchen oven domestic, based on the production projection required for the year 2025 and the safety of operators during the manipulation of the die in production.

Keywords: Matrix, die, progressive, cut, sheet.

# Índice de contenidos

1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes y justificación	1
2.1.1. Antecedentes	1
2.1.2. Justificación	1
2.2. Situación problemática	2
2.3. Grupo objetivo	2
2.4. Delimitación	2
2.4.1. Delimitación geográfica	2
2.4.2. Delimitación temporal	3
2.4.3. Delimitación sectorial	3
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	3
4. Fundamentos teóricos	3
4.1. Matriz Progresiva	3
4.2. Troquelado	4
4.2.1. Geometría de la Pieza	5
4.2.2. Material de la lámina metálica	5
4.3. Estampado	5
4.4. Doblado en C	6
4.5. Prensa excéntrica HEIM	7
4.5.1. Capacidad	7
4.5.2. Características	7
5. Metodología	8
5.1. Parámetros iniciales en el diseño de una matriz de corte progresiva	10
5.1.1. Geometría y espesor de la Pieza	10
5.1.2. Material de la Pieza	14
5.1.3. Cantidad de Piezas a Producir	15

5.1.3.1.	Volumen de producción actual .....	15
5.1.3.2.	Volumen de producción propuesto .....	15
5.2.	Diseño de la matriz de corte progresiva .....	15
5.2.1.	Diseño de los componentes de la parte fija del troquel .....	16
5.2.1.1.	Placas matrices .....	16
5.2.1.1.1.	Placa matriz: cuchilla lateral.....	17
5.2.1.1.2.	Placa matriz: corte lateral.....	17
5.2.1.1.3.	Placa matriz: doblado 90° .....	18
5.2.1.1.4.	Placa matriz: doblado 1 menor a 90° .....	18
5.2.1.1.5.	Placa matriz: doblado 2 menor a 90° .....	19
5.2.1.1.6.	Placa matriz para liberado material.....	19
5.2.1.2.	Placa base inferior.....	20
5.2.1.3.	Placa porta matrices .....	21
5.2.1.4.	Regletas .....	21
5.2.1.5.	Columnas.....	22
5.2.2.	Diseño de los componentes de la parte móvil de la matriz.....	23
5.2.2.1.	Placa base superior.....	23
5.2.2.2.	Placa porta punzones.....	24
5.2.2.3.	Placa guía de punzones.....	24
5.2.2.4.	Punzón cuchilla lateral.....	25
5.2.2.5.	Punzón cilíndrico .....	25
5.2.2.6.	Punzón en U (paso 3).....	26
5.2.2.7.	Punzón de corte (paso 3).....	26
5.2.2.8.	Punzón de doblado (paso 4).....	27
5.2.2.9.	Punzón de doblado (paso 5).....	27
5.2.2.10.	Punzón de doblado (paso 6).....	28
5.2.2.11.	Punzón de corte (liberado de pieza) .....	28
5.2.3.	Cálculos para dimensionar la cinta.....	29
5.2.4.	Cálculo de la pieza en la plancha.....	30
5.2.5.	Cálculo de fuerza de corte .....	32
5.2.6.	Cálculo de fuerza de doblado .....	32
5.2.7.	Cálculo de fuerza total de operación.....	33
5.2.8.	Cálculo de Juego de Corte.....	33
5.2.9.	Cálculo de fuerza de extracción.....	34
5.2.10.	Cálculo de fuerza de expulsión.....	34

5.2.11. Cálculo centró de gravedad .....	35
5.3. Evaluación del diseño de la matriz de corte progresiva.....	37
5.3.1. Evaluación de Costos.....	37
5.3.1.1. Costos de Producción:.....	37
5.3.2. Evaluación de Seguridad.....	40
5.3.2.1. Riesgo en la matriz actual .....	40
5.3.2.2. Riesgo en la matriz propuesta .....	40
6. Conclusión	41
7. Recomendación	41
Referencias	44
ANEXOS	45
Anexo A: Conjunto y particulares	45

## Lista de Tablas

1.	Prensa excéntrica Heim . . . . .	8
2.	Consideraciones en la geometría de la pieza.....	11
3.	Propiedades Mecánicas Lámina Galvanizada.....	14
4.	Composición Química.....	14
5.	Especificación del material de las placas matrices .....	16
6.	Composición química del acero K 100.....	16
7.	Placa matriz cuchilla lateral.....	17
8.	Especificación del material de la placa base inferior .....	20
9.	Composición química del acero St 37 .....	20
10.	Perimetro de corte total .....	31
11.	Perimetro de doblado total.....	31
12.	Áreas y centros .....	36

## Lista de Figuras

1.	Ubicación de la empresa de línea blanca . . . . .	2
2.	Proceso de troquelado . . . . .	4
3.	Proceso de Estampado . . . . .	6
4.	Proceso de doblado . . . . .	7
5.	Placa de Encendido.....	10
6.	Calculadora interactiva de radios de doblado en chapa.....	12
7.	Calculadora interactiva de radios de doblado en chapa.....	13
8.	Distribución en la cinta.....	16
9.	Placa matriz corte lateral paso 2.....	17
10.	Placa matriz de doblado paso 3.....	18
11.	Placa matriz de doblado paso 4.....	18
12.	Placa matriz de doblado paso 5.....	19
13.	Placa matriz troquelado liberado material.....	19
14.	Placa base inferior.....	20
15.	Placa porta insertos.....	21
16.	Regleta guía de la cinta.....	21
17.	Columnas normalizadas.....	22
18.	Placa base superior.....	23
19.	Placa porta punzones.....	24
20.	Placa guía de punzones.....	24
21.	Punzón cuchilla.....	25
22.	Punzón cilindrico.....	25
23.	Punzón en U (paso 3).....	26
24.	Punzón de forma (paso 3).....	26
25.	Punzón de doblado (paso 4).....	27
26.	Punzones de doblado (paso 5).....	27
27.	Punzones de doblado (paso 6).....	28
28.	Punzones de doblado (paso 6).....	28
29.	Distribución de la pieza en la cinta.....	30
30.	Punzones de corte y doblado.....	30
31.	Centro de gravedad.....	36
32.	Riesgo de aplastamiento.....	41

# 1. Introducción

La industria manufacturera enfrenta desafíos crecientes para satisfacer la demanda de piezas metálicas con alta precisión, bajo costo y tiempos de producción reducidos [1] [2]. En este contexto, las matrices progresivas han emergido como una solución tecnológica clave en el conformado de chapa metálica, permitiendo la ejecución de múltiples operaciones, como troquelado, estampado y formado, en una sola etapa de proceso [3] [4]. Esta tecnología no solo optimiza la eficiencia productiva, sino que también reduce significativamente el desperdicio de material, contribuyendo a la sostenibilidad en la fabricación industrial. [5] [6]

El diseño de matrices progresivas representa un desafío técnico que combina principios de ingeniería mecánica, matricería, metalurgia y simulación computacional; factores como las propiedades del material de la chapa, la resistencia al desgaste de los componentes de la matriz y la distribución adecuada de los esfuerzos son determinantes para garantizar la funcionalidad, durabilidad y precisión de la matriz; además, la creciente complejidad geométrica de las piezas fabricadas exige innovaciones en el diseño y la validación de estas herramientas. [7, 8]

## 2. Problema

### 2.1. Antecedentes y justificación

#### 2.1.1. Antecedentes

En la industria de la producción de cocinas, existen procesos para el corte de láminas metálicas de diferentes formas, el elemento citado es una placa de encendido, que tiene la finalidad de hacer una correcta combustión para el encendido del horno. El proceso actual para la elaboración de la placa de encendido es mediante un dispositivo (matriz) poniendo en riesgo las extremidades del operador, ya que él introduce sus manos para poder continuar con el proceso y obtener dicho elemento.

#### 2.1.2. Justificación

Diseñando y con su posterior construcción de la matriz de corte progresiva se pretende facilitar el proceso de troquelado, estampado y doblado de la placa de encendido, que hace la combustión conjuntamente con un deflector y enciende el horno de la cocina, optimizando los tiempos de producción, mitigando los riesgos laborales y reduciendo los costos de producción

con la finalidad de ser más eficientes al aumentar la producción y competitivos en costos dentro del mercado nacional.

## 2.2. Situación problemática

Esta se presenta por temas de tiempos de proceso muy demorados con la matriz existente en la empresa; además de presentar un riesgo mecánico considerable que ha causado diferentes incidentes que pueden derivar en un accidente grave.

## 2.3. Grupo objetivo

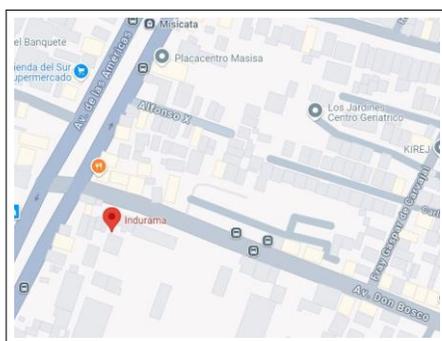
La propuesta de diseño de una matriz progresiva para la obtención de una placa de encendido utilizada en un horno de cocina doméstica beneficiará a la empresa de línea blanca, al ofrecer soluciones innovadoras para mejorar la fabricación de piezas en chapa metálica y mitigar los riesgos laborales.

## 2.4. Delimitación

### 2.4.1. Delimitación geográfica

El trabajo de titulación se desarrolló en dos locaciones diferentes, en la empresa donde inicialmente se levantó los datos para el diseño de la matriz y está ubicada en la avenida Américas y la avenida Don Bosco, como se observa en la Figura 1 y el diseño se lo realizó en la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en la Calle Vieja 12-30 y Elia Liut.

Figura 1. *Ubicación de la empresa de línea blanca.*



(a) Ubicación de la empresa



(b) Ubicación de la Universidad

## 2.4.2. Delimitación temporal

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

## 2.4.3. Delimitación sectorial

El presente trabajo de titulación se desarrolló en el contexto de la industria de fabricación de electrodomésticos, con un enfoque específico en la producción de cocinas. Se analizaron los procesos de estampado, doblado y troquelado, reduciendo los tiempos de ciclo y mejorando la calidad del producto.

# 3. Objetivos

## 3.1. Objetivo General

Diseñar una matriz de corte progresiva para la obtención de una placa de encendido en un horno de una cocina doméstica.

## 3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros iniciales para el diseño de una matriz de corte progresiva
- Proponer el diseño de una matriz de corte progresiva de acuerdo a los parámetros iniciales establecidos
- Evaluar el diseño de una matriz de corte progresiva de acuerdo a los parámetros iniciales establecidos

# 4. Fundamentos teóricos

## 4.1. Matriz Progresiva

La matriz progresiva es una herramienta de conformado esencial en la fabricación de piezas metálicas de alta precisión y en grandes volúmenes; su funcionamiento se basa en la realización de múltiples operaciones de corte, doblado, estampado, etc., en un solo golpe de prensa, lo que optimiza el proceso de producción. [9]

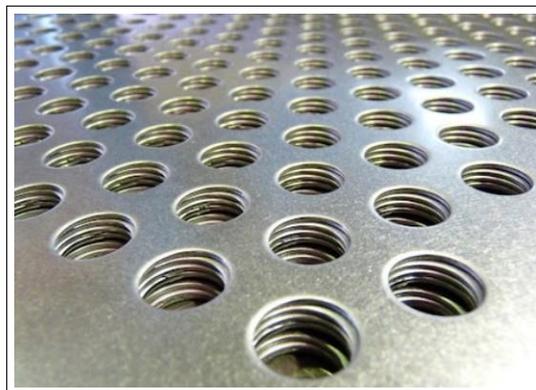
## 4.2. Troquelado

Un troquel es una herramienta que se utiliza para cortar o perforar materiales en una operación de producción. El troquelado de metales, como su nombre lo indica, se refiere al proceso de utilizar un troquel para dar forma a láminas o placas metálicas; se utiliza en una amplia variedad de industrias y su propósito es proporcionar una alternativa eficiente y precisa de producir componentes metálicos en grandes volúmenes. [10]

Según Avarez [11] se deben considerar en el troquelado los siguientes aspectos:

- Diseño del componente a producir, con la forma y dimensiones definidas previamente.
- Diseño del troquel correspondiente para conformar el material metálico según las especificaciones.
- Selección del material que se utilizará para el componente, para su posterior corte en láminas o placas del tamaño adecuado.
- Configuración del troquel y la prensa para el proceso específico (presión, velocidad, temperatura, etc.).
- Troquelado de la pieza en la prensa.
- Acabado y verificación de la calidad, como pulido o pintado.

Figura 2. *Proceso de troquelado.* [12]



### 4.2.1. Geometría de la Pieza

De acuerdo con Cerón José [13] la geometría de un elemento mecánico está definida por diferentes aspectos dentro del diseño de matrices; a continuación, se presentan algunos de los mismos:

- Forma: La complejidad de la forma de la pieza influye directamente en el número de estaciones y la secuencia de las operaciones en la matriz.
- Dimensiones: Las dimensiones precisas de la pieza determinan el tamaño de las herramientas y las tolerancias dimensionales.
- Radios de curvatura: Los radios internos deben ser suficientemente grandes para evitar fracturas en la chapa.
- Tolerancias: Las tolerancias dimensionales y geométricas deben ser definidas con precisión para garantizar la calidad de la pieza.

### 4.2.2. Material de la lámina metálica

Cerón José [13] manifiesta que el material de la lámina metálica con el que está conformado el elemento es fundamental para el diseño de la matriz, y se debe considerar:

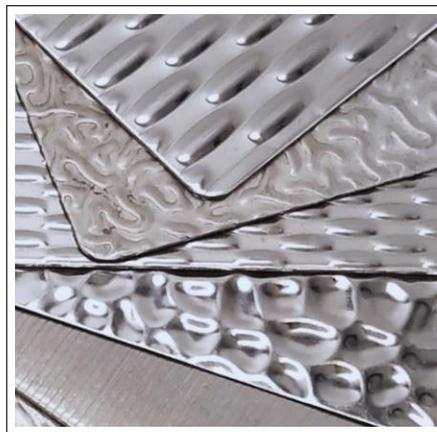
- Material de la lámina: Acero, aluminio, latón, cobre, etc., cada uno con propiedades mecánicas y de conformado diferentes.
- Espesor: El espesor de la chapa influye en la fuerza necesaria para la deformación y la complejidad de las operaciones.
- Dureza: Materiales más duros exigen herramientas más resistentes y pueden limitar la complejidad de las formas.
- Tratamientos superficiales: Revestimientos o tratamientos térmicos pueden afectar la conformabilidad de la chapa.

## 4.3. Estampado

Como afirma Lead [14] el estampado en lámina metálica es un proceso de fabricación que consiste en transformar una lámina plana de metal en una pieza tridimensional de forma específica, aplicando presión sobre ella; el proceso es fundamental en la producción en serie de elementos para línea blanca; estos son los factores a considerar en el estampado.

- Forma: La complejidad de la forma influye en el diseño de la herramienta y el número de operaciones requeridas.
- Dimensiones: Las dimensiones precisas de la pieza determinarán el tamaño de la herramienta y las tolerancias.
- Radios de curvatura: Los radios internos deben ser suficientemente grandes para evitar grietas.
- Relaciones de estiramiento: La relación entre la longitud y el ancho de las áreas estiradas debe ser controlada para evitar defectos.

Figura 3. *Proceso de estampado.* [15]



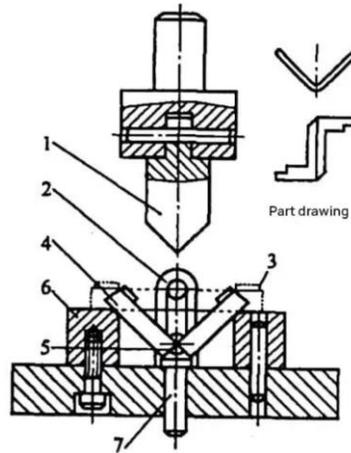
#### 4.4. Doblado en C

El doblado en C es un proceso de conformación en frío que consiste en deformar una lámina metálica plana para obtener un perfil en forma de la letra “C”. Este tipo de perfil es muy utilizado en diversas industrias, como la construcción, la automoción y la fabricación de electrodomésticos; debido a su versatilidad y resistencia, estos son los factores a considerar en el doblado en C. [16, 17]

- Material de la Chapa: Acero, aluminio, acero inoxidable, etc., cada uno con propiedades mecánicas diferentes.
- Espesor de la Chapa: Influye en la fuerza necesaria para el doblado y en la posibilidad de formación de arrugas.

- Radio de Curvatura: Determina la forma final del perfil en C.
- Ángulo de Doblado: El ángulo al que se dobla la chapa.

Figura 4. *Proceso de doblado en C.* [17]



## 4.5. Prensa excéntrica HEIM

Una prensa excéntrica es una máquina herramienta que utiliza un mecanismo de excéntrica para generar un movimiento de vaivén en el punzón; este movimiento, combinado con la fuerza aplicada, permite realizar operaciones de corte, doblado, embutido y otras conformaciones sobre la chapa metálica. [18]

### 4.5.1. Capacidad

Prensa excéntrica HEIM a utilizar para el montaje de la matriz propuesta tiene una capacidad de 35 toneladas, son reconocidas en la industria metalúrgica por su robustez, precisión y capacidad para realizar una amplia variedad de operaciones de estampado; son equipos diseñados para aplicar una fuerza considerable y controlada sobre una lámina metálica, deformándola para obtener la forma deseada.

### 4.5.2. Características

La prensa excéntrica HEIM presenta las siguientes características:

- **Robustez:** Construidas con materiales de alta calidad, las prensas Heim están diseñadas para soportar cargas pesadas y trabajar de forma continua.
- **Precisión:** Los sistemas de control numérico (CNC) permiten una alta precisión en las operaciones de estampado, asegurando la repetibilidad de las piezas.
- **Versatilidad:** Se adaptan a una amplia gama de materiales y espesores de chapa, así como a diferentes tipos de operaciones de conformado.
- **Seguridad:** Incorporan sistemas de seguridad avanzados para proteger al operador y evitar accidentes.
- **Mantenimiento:** Su diseño modular facilita el mantenimiento y la reparación.

Tabla 1. *Especificaciones técnicas de la prensa excéntrica Heim.*



Procedencia	Alemania
Número de fabricación	P49525168
Número	20821
Prensa excéntrica	SK 35
Ajuste de la carrera	8 - 100 mm
Ajuste del vástago	70 mm
Número de carreras	130
Fuerza del motor	3 HP-CV
Alimentación	300 voltios
Dimensión de la mesa	90 x 60 cm
Distancia mínima al punto muerto del martillo	50 cm

## 5. Metodología

El cuadro sinóptico, que se presenta a continuación, indica la metodología de investigación que se aplicó en el desarrollo de la investigación.

## CON ALCANCE

### ENFOQUE

#### CUANTITATIVO:

Se manejaron valores numéricos como el espesor del material, resistencias mecánicas, fuerzas y juegos de corte.

### DE TIPO

#### APLICADA:

Al desarrollo de procesos de transformación de la lámina metálica en la producción de elementos de línea blanca.

- ① EXPLORATORIO:
  - Se exploró el posicionamiento del elemento en la cinta para una mayor rentabilidad.
- ② DESCRIPTIVO:
  - Aplicó conceptos teóricos de diseño de matrices aplicando ecuaciones ya definidas de juego de corte, fuerza de corte y de extracción.
- ③ CORRELACIONAL:
  - Relacionó los parámetros iniciales como el material así como dimensiones, recorrido y capacidad de la prensa para dimensionar la matriz de corte.
- ④ EXPLICATIVO:
  - Explicó el nivel de influencia que tiene el espesor del material para determinar el juego de corte y la cantidad a producir con respecto al número de piezas por golpe.

A continuación se presenta el procedimiento planteado para el diseño:

- Fase ①
  - Levantamiento de la información de la producción mensual de placas de encendido y las características mecánicas requeridas en el elemento mecánico a producir.
- Fase ②
  - Toma de datos de la prensa excéntrica donde se implementará la matriz de corte progresiva para la producción.
- Fase ③
  - Propuestas de diseño de la matriz progresiva, evaluación de funcionalidad, dimensionamiento y selección de materiales.
- Fase ④
  - Evaluación del diseño propuesto bajo los criterios de: costos de producción, tiempo de producción y seguridad de los operarios.

## 5.1. Parámetros iniciales en el diseño de una matriz de corte progresiva

El diseño de una matriz de corte progresiva para obtener una placa de encendido es un proceso que requiere la consideración de múltiples factores para garantizar su correcto funcionamiento. A continuación, se detallan los parámetros considerados en el diseño de una matriz progresiva.

### 5.1.1. Geometría y espesor de la Pieza

La Figura 5 presenta la geometría del elemento a fabricar y la Tabla 2 presenta los aspectos considerados.

Figura 5. *Placa de Encendido.*

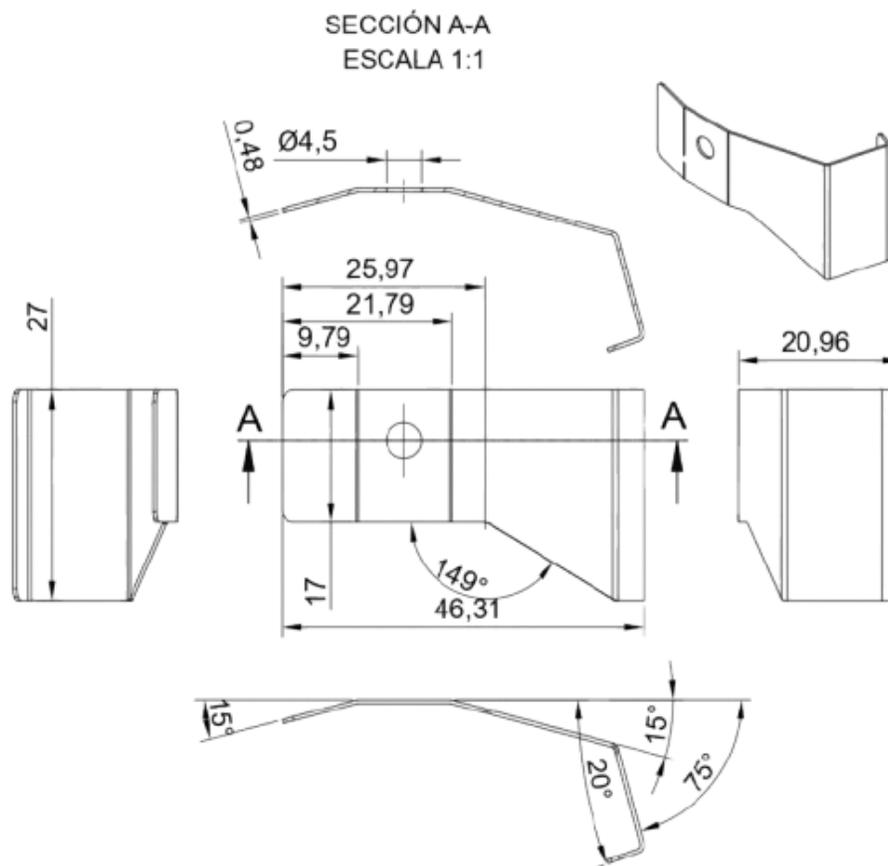


Tabla 2. Consideraciones en la geometría de la pieza.

Forma	Establecida en la Figura 5, con cuatro dobleces establecidos, un punzonado y un estampado interior como refuerzo.
Tolerancias	Dimensionales: $\pm 0.2$ mm Geométricas: De posición ( $\oplus$ ) Superficiales: N6 ( $\sphericalangle$ )
Radio de curvatura:	Determinar el radio mínimo de curvatura para evitar fracturas en la lámina metálica.

Para el radio mínimo de curvatura existen diferentes criterios, donde comúnmente se utiliza la relación donde el diámetro mínimo de doblado interior ( $i_r$ ) es igual al espesor del material ( $t$ ); sin embargo, el valor exacto depende también del material y otros factores de conformado, y a la hora de diseñar piezas de chapa metálica, conocer el radio mínimo de doblado es crucial para garantizar la integridad estructural y la funcionalidad del producto final; el radio mínimo de doblado es el radio más pequeño que se puede doblar una chapa metálica sin que se agriete o dañe [19, 20]. De acuerdo a la Figura 5 el radio más crítico es el de  $90^\circ$  por lo que los criterios de cálculo se basaron en esta condición extrema de doblado en la pieza, considerando los siguientes aspectos para utilizar una tabla de cálculo como se observa en la Figura 7.

1. Encontrar el espesor de chapa necesario: empiece por localizar el espesor de chapa necesario en la primera columna.
2. Identificar la apertura en V de la matriz necesaria: este es el principal factor que tienen en cuenta los fabricantes. Les ayuda a elegir las herramientas adecuadas para curvar una chapa.
3. Determinar la fuerza de doblado necesaria: busque en la parte central de la tabla la fuerza de doblado en toneladas por metro (t/m).
4. Identificarla longitud mínima de la faldilla y el radio interior alcanzable: encuentre la longitud mínima de la faldilla adecuada para la apertura en V seleccionada, así como el radio interior alcanzable para este espesor de chapa.

Figura 6. Calculadora interactiva de radios de doblado en chapa. [19]

**Calculadora interactiva de radios de doblado en chapa**

Material:    Unidades:   Descargar gráfico: [PDF](#)

V, mm	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	
b, mm	4	5.5	7	8.5	11	14	17.5	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175	226	280	350	
ir, mm	1	1.3	1.6	2	2.6	3.3	4	5	6.5	8	10	13	16	20	26	33	41	53	65	83	
t, mm	0.5	4	4.4																		
0.8	4	5.5	7																		
1	11	8	7	6																	
1.2	16	12	10	8	6																
1.5		17	15	13	9	8															
2			27	22	17	13	11														
2.5				35	26	21	17	13													
3					38	30	24	19	15												
4						54	42	34	27	21											
5							67	52	42	33	26										
6								75	60	48	38	30									
8									107	85	68	53	43								
10										134	105	85	67	53							
12											153	120	95	78	60						
15												188	150	120	95	75					
20														215	170	135	108	85			
25															265	210	170	130	105		
30																300	240	190	150	120	

t = Espesor de chapa V = Abertura en V del troquel b = Longitud mínima de la brida ir = Radio interior  
 F= Fuerza de flexión 68 - Los valores de color azul son óptimo

\*Esta tabla es aplicable a aceros estructurales con un límite elástico aproximado de 400 MPa, específicamente cuando se conforman en un ángulo de 90°.

Para el doblado y para el radio del estampado, considerando los siguientes aspectos:

- Largo de la sección del doblado (b) que está en función de la profundidad de estampado o del largo de la sección recta del doblado en L.
- El ancho de la apertura (V) que esta en función del tamaño del punzón, en caso del doblado en (L) corresponde a la vida de la matriz de doblado, posterior a esa medida será el desahogo.
- La Fuerza de doblado (F) está en función del material y el espesor en ton/m y es la necesaria para no aplastar al material y reducir el espesor, este criterio se puede utilizar

para el estampado. Para un doblado en (L) la fuerza no influye, solo debe ser la necesaria para doblar al material.

- El radio interior alcanzable ( $r_i$ ) es el mínimo para que no exista estiramiento en el exterior de la lámina metálica y presente fisuras, al igual que compresión y formación de pliegues en el interior.

Figura 7. Calculadora interactiva de radios de doblado en chapa. [19]



Para el caso de estudio, se aplicó un radio de curvatura de 1 mm, que de acuerdo a Florit Antonio [19, 20, 21] el radio mínimo debe ser igual al espesor para que no presente fisuras, por lo tanto:

Radio mínimo de curvatura: 1 mm

Consideración para el diseño:

El radio de curvatura mínimo determina el radio de los punzones y matriz para el doblado como el estampado, además la geometría del elemento a contruir determina la forma de los punzones en el diseño.

### 5.1.2. Material de la Pieza

La lámina galvanizada utilizada para la fabricación de la placa de encendido es una lámina de acero recubierta con una capa protectora de zinc que impide que el oxígeno y la humedad entren en contacto directo con el acero, evitando así la oxidación o corrosión.

Las Tablas 3 y 4 presentan las propiedades mecánicas de la lámina y la composición química de la misma.

Tabla 3. *Propiedades Mecánicas Lámina Galvanizada.*

Norma Técnica	TIPO	Propiedades Mecánicas (mínimo)		
		Limite de fluencia Mpa $\geq$	Carga de Rotura MPa	Elongación % $\geq$
ASTM A 1011/A 1011 M CS	B	250 – 340	-	25(2")

Tabla 4. *Composición Química.*

NORMA TECNICA		COMPOSICIÓN QUÍMICA (Max)			
De la plancha	Del acero	C %	Mn %	P %	S %
ASTM A653/653M	JIS G 3302 SPCC SD	0,12%	0,50%	0,04%	0,05%

#### Consideración para el diseño:

El material de la lámina metálica define las fuerzas necesarias para el proceso de transformación, lo que define los dimensionamientos y forma de los punzones y la vida de la matriz de corte. Además, permite la selección del material de los elementos de corte y conformado para evitar el pronto desgaste por la fricción existente.

### 5.1.3. Cantidad de Piezas a Producir

A continuación se presenta el análisis de producción actual y la propuesta con el nuevo diseño de la matriz de corte progresiva.

#### 5.1.3.1. Volumen de producción actual

En la actualidad se producen 3000 cocinas mensuales y se ensambla una placa de encendido en el horno, con proyecciones de crecimiento en la producción de un 50% para el año 2025.

Producción actual: 3000 unidades

#### 5.1.3.2. Volumen de producción propuesto

De acuerdo a la producción actual, la demanda corresponde a 3000 unidades por mes, con la estimación de crecimiento para el año 2025 se pretende producir 4500 unidades con la misma maquinaria en piso, por lo que la propuesta del nuevo diseño y su implementación en la estación de prensa estima una producción de 6000 unidades en el mismo tiempo de producción actual y mitigando el riesgo laboral presente en la actualidad por la manipulación del troquel de corte actual.

Producción propuesta: 6000 unidades

#### Consideración para el diseño:

El número de piezas requeridas define la cantidad de piezas por golpe; lo que plantea los pasos de conformado de la cinta en la placa matriz y la alimentación de la cinta metálica. Permite el dimensionamiento de la placa matriz su sujeción con los demás elementos que conforman la parte fija del troquel.

Determinado el diseño de la parte fija de la matriz que será sujeta a la mesa de la prensa, se procede al diseño de la parte móvil con el dimensionamiento respectivo de acuerdo a la parte fija y al martillo de la prensa con su carrera respectiva.

## 5.2. Diseño de la matriz de corte progresiva

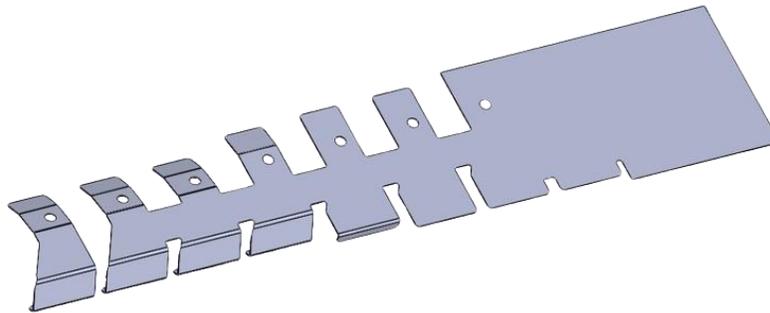
Para el diseño de la matriz de corte progresivo que será utilizada para la producción en serie de una placa de encendido para cocina doméstica, se plantearon los siguientes aspectos en la parte móvil y fija del troquel de acuerdo con los parámetros iniciales establecidos.

## 5.2.1. Diseño de los componentes de la parte fija del troquel

### 5.2.1.1. Placas matrices

De acuerdo a la cantidad de piezas a producir de 6000 unidades; se propuso un proceso de conformado de la cinta como se observa en la Figura 21, por lo que se planteó en el diseño colocar postizos para el corte y conformado de la lámina.

Figura 8. *Distribución en la cinta*



La Tabla 5 presenta las propiedades principales de acero K100 y la Tabla 6 la composición química. Es utilizado para la construcción de los insertos de corte y conformado (matrices). Es un acero estándar de los aceros ledeburíticos con 12 % de cromo para aplicaciones donde se requiera alta resistencia al desgaste, aplicado a trabajos en frío. [22]

Tabla 5. *Especificación del material de las placas matrices.* [22]

Denominación	Material	Dureza	Densidad	Módulo de elasticidad	Temperatura de temple
Placa matriz	Acero K 100	120 - 180 HB	7,7 kg/dm <sup>3</sup>	210×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	940 - 970 °C

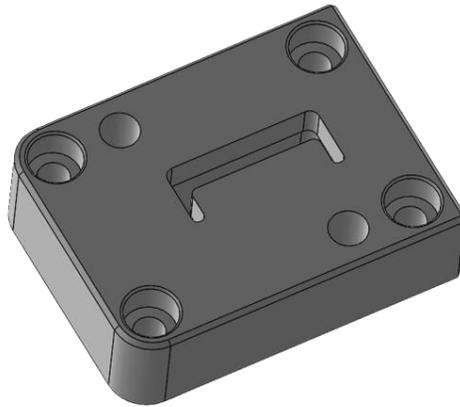
Tabla 6. *Composición química del acero K 100.* [22]

C	Si	Mn	Cr
2,00	0,25	0,35	11,50

#### 5.2.1.1.1. Placa matriz: cuchilla lateral

La placa matriz donde se realiza el corte para marcar el paso de la cinta o lámina metálica se la conoce como la placa matriz de cuchilla lateral, fabricada con acero K 100 y se observa en la Figura 7.

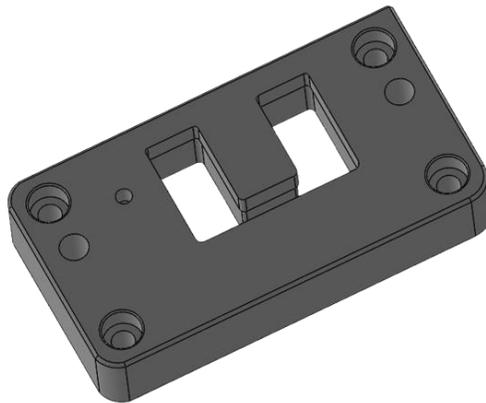
Tabla 7. *Placa matriz cuchilla lateral paso 1.*



#### 5.2.1.1.2. Placa matriz: corte lateral

La placa matriz de corte lateral construida en acero K 100 realiza la liberación de la cinta de los segmentos laterales de la pieza que posteriormente serán doblados y se observa en la Figura 9.

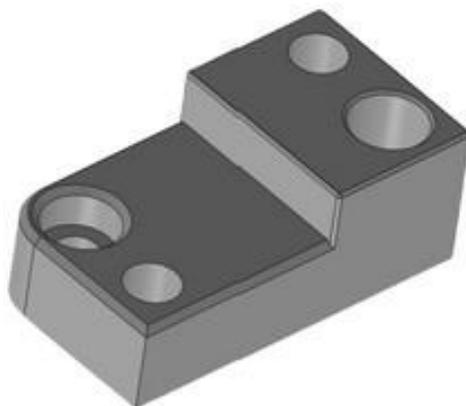
Figura 9. *Placa matriz corte lateral paso 2.*



#### 5.2.1.1.3. Placa matriz: doblado 90°

La placa matriz de doblado construida en acero K 100 realiza el doblado a 90° de la pieza, y se observa en la Figura 10.

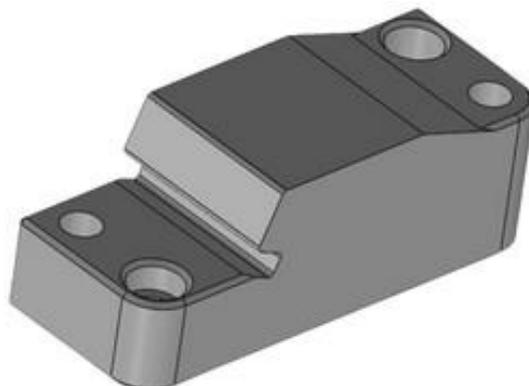
Figura 10. *Placa matriz de doblado paso 3.*



#### 5.2.1.1.4. Placa matriz: doblado 1 menor a 90°

La placa matriz de doblado construida en acero K 100 realiza el primer doblado menor a 90° de la pieza, y se observa en la Figura 11.

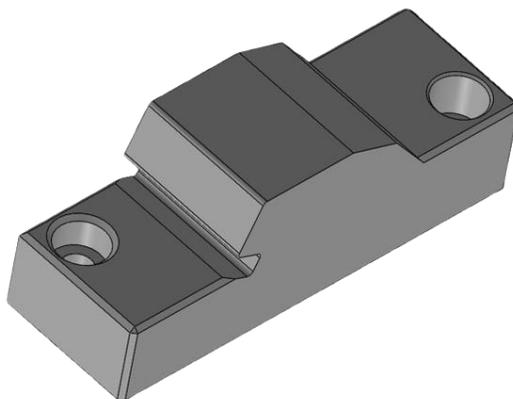
Figura 11. *Placa matriz de doblado paso 4.*



#### 5.2.1.1.5. Placa matriz: doblado 2 menor a 90°

La placa matriz de doblado construida en acero K 100 realiza el segundo doblado menor a 90° de la pieza, y se observa en la Figura 12.

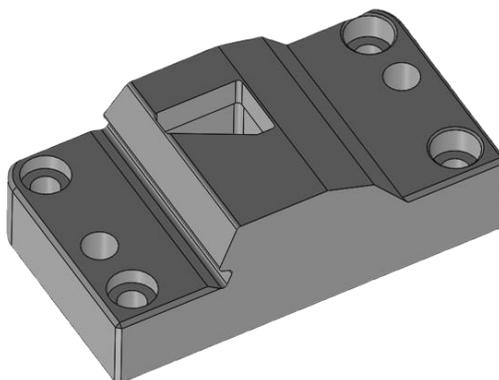
Figura 12. *Placa matriz de doblado paso 5.*



#### 5.2.1.1.6. Placa matriz para liberado material

La placa matriz para el liberado de material de acero K 100 realiza el liberado de la pieza de la cinta y se observa en la Figura 13.

Figura 13. *Placa matriz troquelado liberado material*



### 5.2.1.2. Placa base inferior

La Tabla 8 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. [23]

Tabla 8. *Especificación del material de la placa base inferior.* [24]

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

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 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 14. *Placa base inferior.*

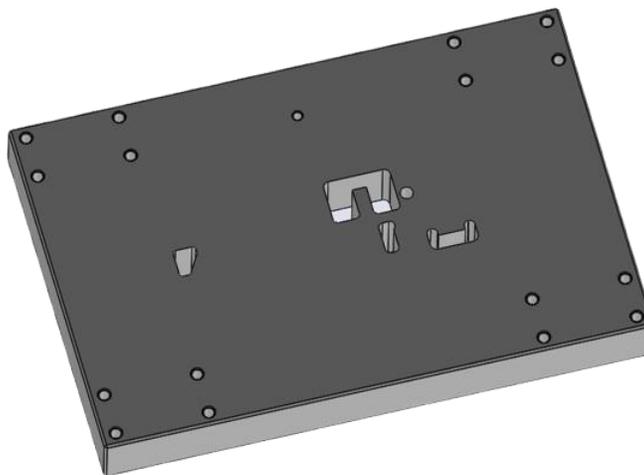


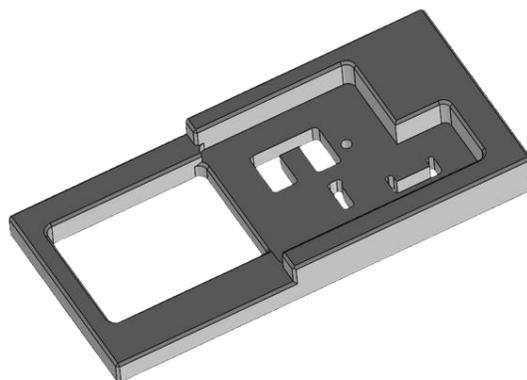
Tabla 9. *Composición química del acero St 37.* [24]

% C	% P	% S	% N
0,17	0,040	0,035	0,009

#### 5.2.1.3. Placa porta matrices

La placa porta matrices está construida de un acero St37 y se observa en la Figura 15.

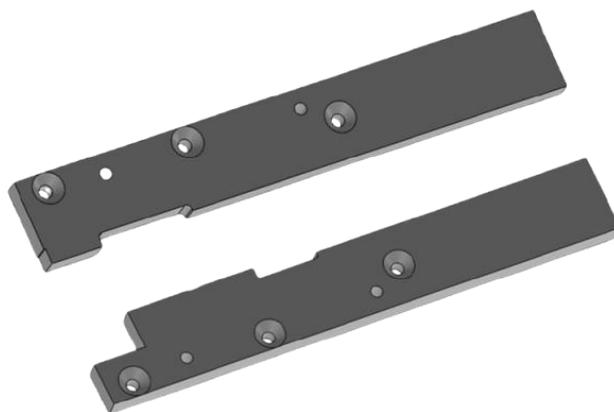
Figura 15. *Placa porta insertos*



#### 5.2.1.4. Regletas

Las regletas que sirven como guías de la cinta están hechas de acero St37 y se puede apreciar en la Figura 16.

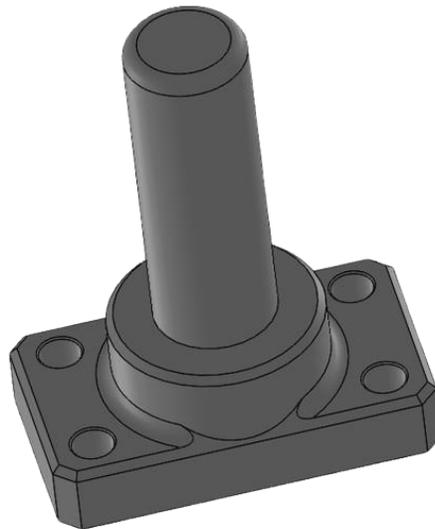
Figura 16. *Regleta guía de la cinta.*



#### 5.2.1.5. Columnas

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 17.

Figura 17. *Columnas normalizadas.*



## 5.2.2. Diseño de los componentes de la parte móvil de la matriz

De acuerdo con el dimensionamiento de la parte fija de la matriz se diseñó la parte móvil del troquel con los siguientes componentes.

### 5.2.2.1. Placa base superior

La placa base superior de un troquel de corte es un componente esencial en el proceso de troquelado (Figura 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:

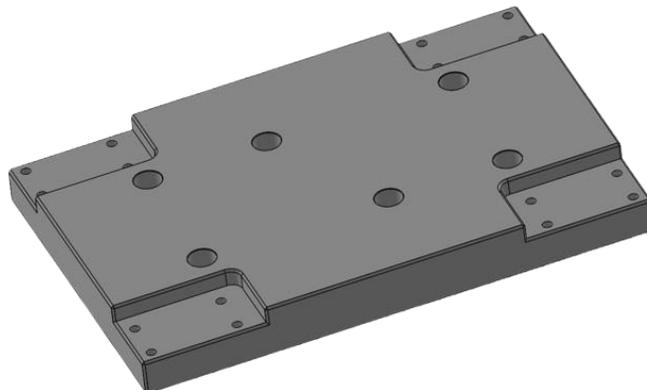
**Soporte del punzón:** La placa base superior proporciona una base sólida y precisa para el montaje del punzón, asegurando que este se mantenga en la posición correcta durante el proceso de corte.

**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.

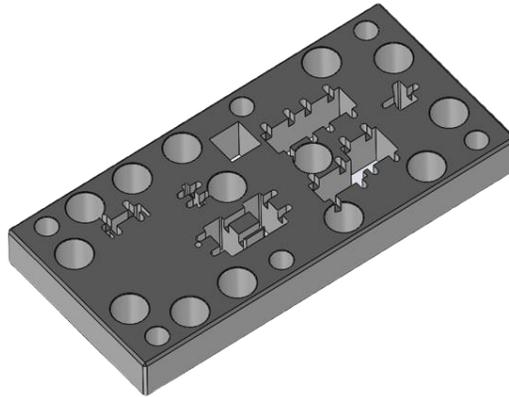
Figura 18. *Placa base superior.*



#### 5.2.2.2. 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 esta fabricada comunmente con acero St37.

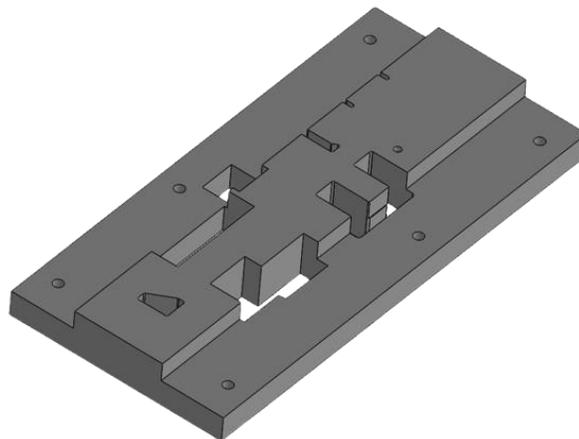
Figura 19. *Placa porta punzones.*



#### 5.2.2.3. Placa guía de punzones

La precisión en la ubicación de los punzones es crucial para obtener piezas con las dimensiones y tolerancias correctas, una placa guía desgastada o mal alineada puede generar defectos en las piezas, lo que conlleva pérdidas económicas y de tiempo

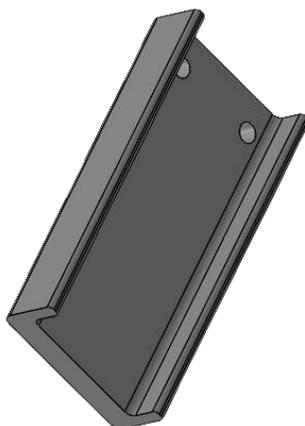
Figura 20. *Placa guía de punzones*



#### 5.2.2.4. Punzón cuchilla lateral

Este punzón es el que realiza el corte inicial en la cinta, marcando los siguientes pasos de una manera precisa, construido en un acero K 100.

Figura 21. *Punzón cuchilla (paso 1).*



#### 5.2.2.5. Punzón cilíndrico

En la Figura 22 se observa un punzón cilíndrico normalizado de acero rápido utilizado para el perforado de los agujeros de la pieza.

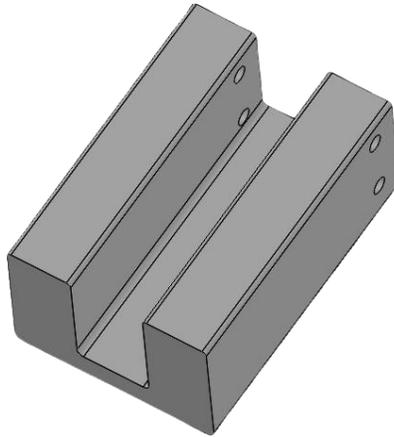
Figura 22. *Punzón cilíndrico  $\varnothing 4,5$  (paso 2).*



#### 5.2.2.6. Punzón en U (paso 3)

En la Figura 23 se observa el punzón en forma de U que libera la mitad de la pieza a producir.

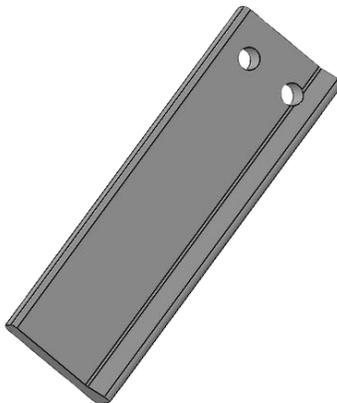
Figura 23. *Punzón en U (paso 3).*



#### 5.2.2.7. Punzón de corte (paso 3)

En la Figura 24 se uede observa el punzón de forma que libera parcialmente el material de la pieza a producir.

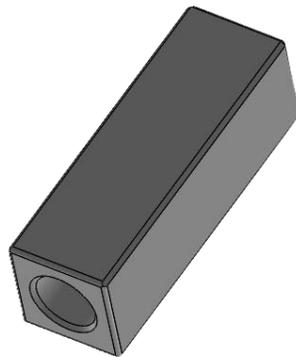
Figura 24. *Punzón de forma (paso 3).*



#### 5.2.2.8. Punzón de doblado (paso 4)

El punzón de la Figura 25 realiza el primer doblado de la pieza dando forma a la placa de encendido.

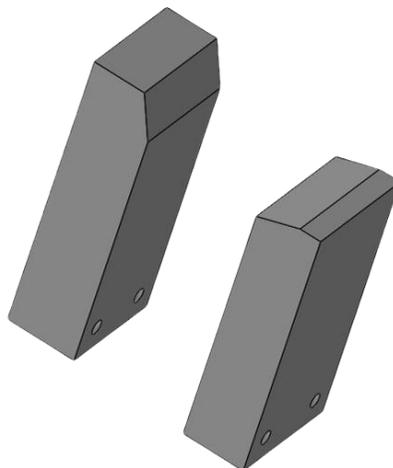
Figura 25. *Punzón de doblado (paso 4).*



#### 5.2.2.9. Punzón de doblado (paso 5)

Los punzones de la Figura 26 realizan el segundo doblado de la pieza dando forma a la placa de encendido.

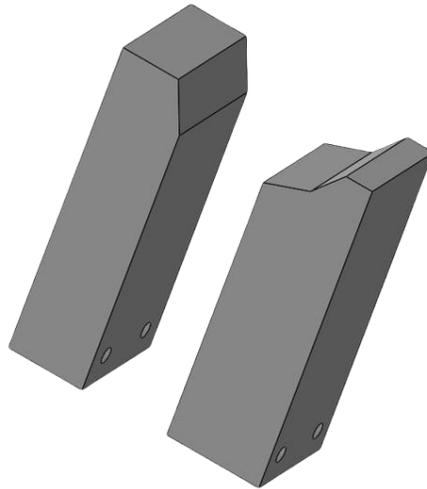
Figura 26. *Punzón de doblado (paso 5).*



#### 5.2.2.10. Punzón de doblado (paso 6)

Los punzones de la Figura 27 realizan el tercer doblado de la pieza dando el conformado final a la placa de encendido.

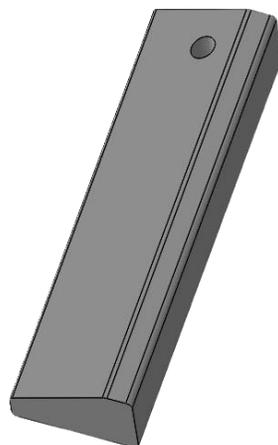
Figura 27. *Punzón de doblado (paso 6).*



#### 5.2.2.11. Punzón de corte (liberado de pieza)

El punzón de la Figura 28 libera la pieza conformada de la cinta.

Figura 28. *Punzón de doblado (paso 6).*



### 5.2.3. Cálculos para dimensionar la cinta

El dimensionamiento de la cinta de chapa metálica en una matriz progresiva es un proceso que requiere una combinación de conocimientos teóricos y prácticos; los cálculos básicos proporcionan una base sólida, pero el uso de software especializado y la experiencia del diseñador son fundamentales para obtener resultados óptimos:

$$\text{Intervalo} = 1,5 \times e$$

$$\text{Intervalo} = 1,5 \times 0,5\text{mm}$$

$$\boxed{\text{Intervalo} = 0,75 \text{ mm}}$$

Donde:

*e* Espesor de la pieza

$$\text{Margen} = 1,5 \times e$$

$$\text{Margen} = 1,5 \times 0,5\text{mm}$$

$$\boxed{\text{Margen} = 0,75 \text{ mm}}$$

Donde:

*e* Espesor de la pieza

$$\text{Paso} = ac + in$$

$$\text{Paso} = 27 + 0,75\text{mm}$$

$$\boxed{\text{Paso} = 27,75 \text{ mm}}$$

Donde:

*ac* Ancho de la cinta

*in* Intervalo

#### 5.2.4. Cálculo de la pieza en la plancha

Calcular la pieza en la plancha es un proceso fundamental en la fabricación de piezas metálicas. Al optimizar la disposición de las piezas, se pueden reducir costos, mejorar la eficiencia y garantizar la calidad de los productos finales:

Figura 29. *Distribución de la pieza en la cinta*

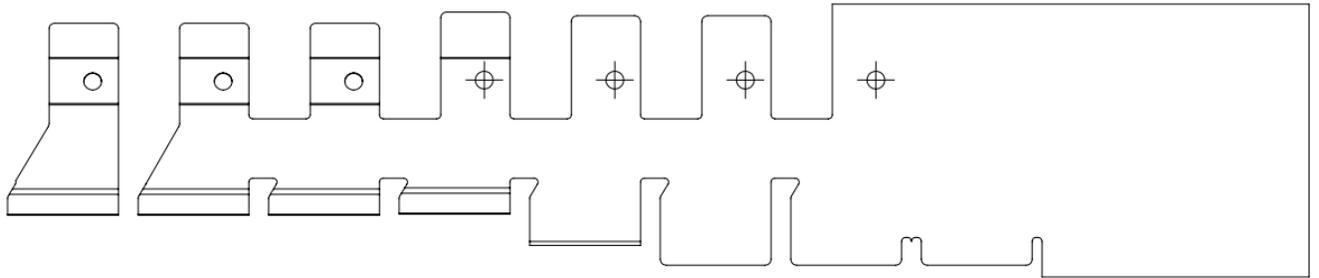
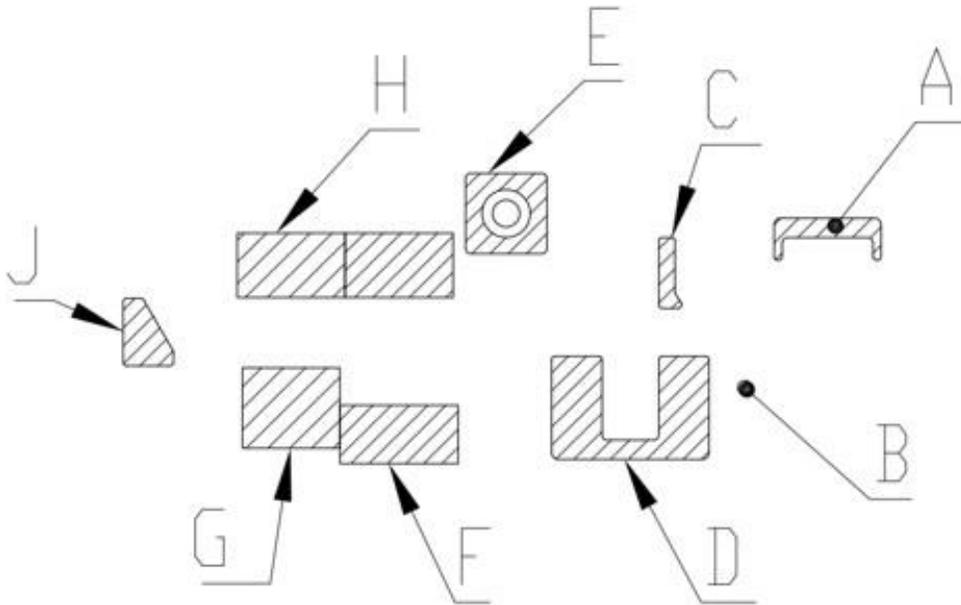


Figura 30. *Punzones de corte y doblado*



Las Tablas 10 y 11 presentan los perímetros totales de los punzones de corte y punzones de doblado.

Tabla 10. *Perímetro de corte total*

<b>PERIMETRO DE CORTE</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Perímetro mm</b>
A	106
B	14,14
C	55
D	148,5
J	64,8
	<b>388,44mm</b>

Perímetro total de corte = 388,44mm

Tabla 11. *Perímetro de doblado total*

<b>PERIMETRO DE DOBLADO</b>	
<b>Denominación</b>	<b>Perímetro mm</b>
E	24,5
F	36,5
G	30
H	66,5
	<b>157,5mm</b>

Perímetro total de doblado = 157,5mm

### 5.2.5. Cálculo de fuerza de corte

El cálculo de la fuerza de corte es un aspecto fundamental en diversos procesos de fabricación, especialmente aquellos que involucran la separación de material, como el corte, el punzonado y el cizallamiento. Aunque los cálculos exactos pueden variar dependiendo del material, la geometría de la pieza y las condiciones de corte, existen algunos principios generales y consideraciones importantes a tener en cuenta:

$$F_c = P_c \times e \times \sigma_t \times 1,2$$

$$F_c = 388,44 \times 0,5 \times 40 \times 1,2$$

$$F_c = 9322,6 \text{ Kgf}$$

$$F_c = 9,3 \text{ Ton}$$

Donde:

$P_c$  Perimetro total de corte

$e$  Espesor de la pieza

$\sigma_t$  Sigma (dado por tablas)

1,2 Factor de seguridad

### 5.2.6. Cálculo de fuerza de doblado

El cálculo de la fuerza de doblado es un aspecto crítico en la fabricación de piezas metálicas. Un análisis adecuado de los factores que influyen en la fuerza, combinado con la selección del método de cálculo apropiado, permite optimizar el proceso de doblado y garantizar la calidad de las piezas.:

$$F_d = P_d \times e \times \sigma_t \times 1,2$$

$$F_d = 157,5 \times 0,5 \times 15 \times 1,2$$

$$F_d = 1417,5 \text{ Kgf}$$

$$F_d = 1,4 \text{ Ton}$$

Donde:

- $P_c$  Perimetro total de doblado
- $e$  Espesor de la pieza
- $\sigma_t$  Sigma (dado por tablas)
- 1,2 Factor de seguridad

### 5.2.7. Cálculo de fuerza total de operación

La fuerza total de operaciones representa la suma de las fuerzas que actúan sobre un sistema o un cuerpo en un momento dado, en este caso en el golpe de prensa:

$$F_{to} = F_c + F_d$$

$$F_{to} = 9322,6 + 1417,5$$

$$F_c = 10740,1 \text{ Kg}$$

Donde:

- $F_{to}$  Fuerza total de operaciones
- $F_c$  Fuerza total de corte
- $F_d$  Fuerza total de doblado

### 5.2.8. Cálculo de Juego de Corte

El cálculo de juego de corte es un parámetro crítico en el diseño y fabricación de matrices progresivas; un juego de corte adecuado es esencial para garantizar la calidad de las piezas producidas, la vida útil de la matriz, el punzón y la eficiencia del proceso de producción. Para los cálculos se utiliza el dato del espesor ( $e$ ) de la lámina metálica de 0.5 mm y se aplica la siguiente ecuación:

$$J_c = 0,1 \times e$$

$$J_c = 0,1 \times 0,5 \text{ mm}$$

$$J_c = 0,05mm$$

Donde:

$J_c$  Juego de corte

$e$  Espesor de la pieza

### 5.2.9. Cálculo de fuerza de extracción

El cálculo de la fuerza de extracción se representa de la siguiente manera, ya que viene a ser el 10 % de la fuerza total de operaciones:

$$F_{ext} = 10 \% Ft$$

$$F_{ext} = 10 \%(11320,6)$$

$$F_{ext} = 1132,06 \text{ Kgf}$$

Donde:

$F_{ext}$  Fuerza de extracción

$Ft$  Fuerza total de operaciones

### 5.2.10. Cálculo de fuerza de expulsión

El cálculo de la fuerza de expulsión se representa de la siguiente manera, ya que viene a ser el 1,5 % de la fuerza total de corte:

$$F_{exp} = 1,5 \% F_{tc}$$

$$F_{exp} = 1,5 \%(9322,6)$$

$$F_{exp} = 139,84 \text{ Kgf}$$

Donde:

$F_{exp}$  Fuerza de expulsión

$F_{tc}$  Fuerza total de corte

### 5.2.11. Cálculo centró de gravedad

El centro de gravedad de una matriz de corte es un punto fundamental en su diseño y fabricación; este punto representa el equilibrio perfecto de la matriz, es decir, el punto donde se concentran todas las fuerzas gravitatorias que actúan sobre ella en la tabla 12 podemos observar los valores de los centros tanto en el eje X como en el eje Y de los punzones y sus respectivas áreas:

La fórmula para calcular el centro de gravedad es la siguiente y los datos obtenidos en la tabla 12 reemplazamos en la fórmula para obtener el centro de gravedad en X:

$$X_{centro} = \frac{A_1 \times X_1 + A_2 \times X_2 + A_3 \times X_3 + \dots + A_n \times X_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$X_{centro} = \frac{107,07 \times 1095,46 + 46,3 \times 231,52 + 71,81 \times 15,91 + \dots + A_n \times X_n}{1095,46 + 231,52 + 15,91 + \dots + A_n}$$

$$X_{centro} = \frac{288522,77}{2138,1}$$

$$X_{centro} = 134,94mm$$

La fórmula para calcular el centro de gravedad es la siguiente y los datos obtenidos en la tabla 12 reemplazamos en la fórmula para obtener el centro de gravedad en Y:

$$Y_{centro} = \frac{A_1 \times Y_1 + A_2 \times Y_2 + A_3 \times Y_3 + \dots + A_n \times Y_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$Y_{centro} = \frac{22,73 \times 1095,46 + (-33,52) \times 231,52 + 15,26 \times 15,91 + \dots + A_n \times Y_n}{1095,46 + 231,52 + 15,91 + \dots + A_n}$$

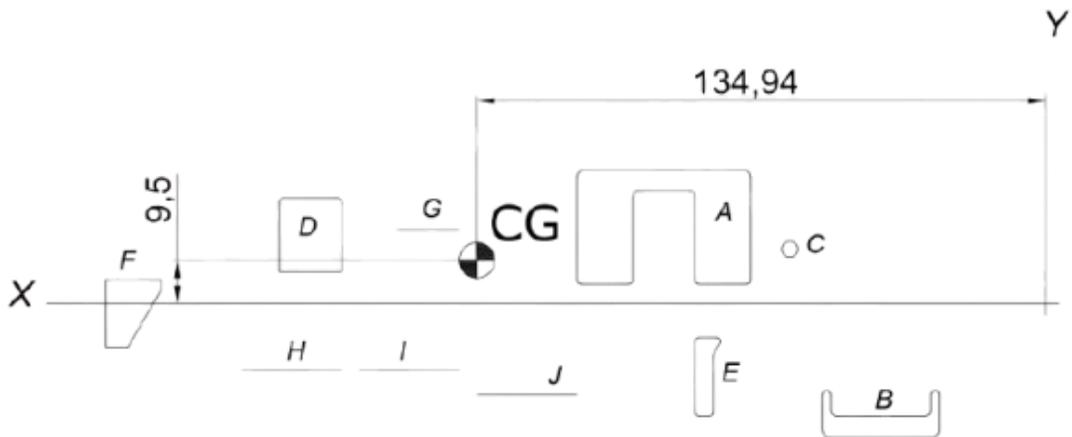
$$Y_{centro} = \frac{20314,81}{2138,1}$$

$$Y_{centro} = 9,50mm$$

Tabla 12. Áreas y centros

Áreas y centros					
Figura	Centro en Xmm	Centro en Ymm	Área	X x Área	Y x Área
A	107,07	22,73	1095,46	117290,9022	24899,8058
B	46,3	-33,52	231,52	10719,376	-7760,5504
C	71,81	15,26	15,91	1142,4971	242,7866
D	206,09	19,29	360,29	74252,1661	6949,9941
E	95,63	-19,99	115,41	11036,6583	-2307,0459
F	257,21	-1,4	217,98	56066,6358	-305,172
G	173,08	20,71	17,5	3028,9	362,425
H	211,34	-18,8	28,01	5919,6334	-526,588
I	178,34	-18,8	28,01	4995,3034	-526,588
J	145,33	-25,5	28,01	4070,6933	-714,255
TOTAL			2138,1	288522,77	20314,81

Figura 31. Centro de gravedad



### 5.3. Evaluación del diseño de la matriz de corte progresiva

La evaluación de una matriz de corte progresiva implica un análisis profundo de diversos factores que influyen directamente en su rendimiento, eficiencia y viabilidad económica; en esta respuesta, nos centraremos en tres aspectos clave: costos, seguridad y tiempos de ciclo.

#### 5.3.1. Evaluación de Costos

##### 5.3.1.1. Costos de Producción:

- Tiempo de ciclo: Un tiempo de ciclo corto se traduce en una mayor producción y menores costos por pieza.

##### Calculo tiempo operación actual

$$T_o = 1s + 1s + 10 + 1s$$

$$T_o = 13 \text{ seg}$$

Donde:

$T_o$  Tiempo operación

$s$  segundos

##### Calculo costo de operación

$$C_o = C_{mo} + C_m$$

$$C_o = 3,75\$ + 5\$$$

$$C_o = 8,75 \$$$

Donde:

*Co* Costo operación  
*Cmo* Costo mano de obra  
*Cm* Costo máquina

Calculo costo producción actual

$$Cpa = (Cp \times UPH) + Co$$

$$Cpa = (0,01\$ \times 350) + 8,75\$$$

$$Cpa = 12,25 \$$$

Donde:

*Cpa* Costo producción actual  
*Cp* Costo pieza  
*UPH* Unidades producidas hora  
*Co* Costo operación

Esto quiere decir que al dividir el costo de producción actual (12,25\$) para las unidades producidas actualmente (350u)por hora nos da un costo de:

$$Cpa = 12,25\$ \div 350u$$

$$Cpa = 0,035 \$$$

Calculo tiempo operación propuesto

$$T_o = 1s$$

$$T_o = 1 \text{ seg}$$

Donde:

$T_o$  Tiempo operación  
s segundos

Calculo costo de operación

$$C_o = C_{mo} + C_m$$

$$C_o = 3,75\$ + 5\$$$

$$C_o = 8,75 \$$$

Donde:

$C_o$  Costo operación  
 $C_{mo}$  Costo mano de obra  
 $C_m$  Costo máquina

Calculo costo producción propuesto

$$C_{pa} = (C_p \times UPH) + C_o$$

$$C_{pa} = (0,01\$ \times 1800) + 8,75\$$$

$$C_{pa} = 26,75 \$$$

Donde:

<i>Cpa</i>	Costo producción actual
<i>Cp</i>	Costo pieza
<i>UPH</i>	Unidades producidas hora (matriz progresiva)
<i>Co</i>	Costo operación

Esto quiere decir que al dividir el costo de producción actual (16,75\$) para las unidades producidas actualmente (1800u) por hora en una matriz progresiva nos da un costo de:

$$Cpa = 26,75\$ \square 350u$$

$Cpa = 0,014 \$$
------------------

Al realizar estos cálculos nos damos cuenta de que el costo de producción al diseñar una matriz progresiva es muy favorable para la empresa en todos los ambitos seguridad, tiempos y costos

### 5.3.2. Evaluación de Seguridad

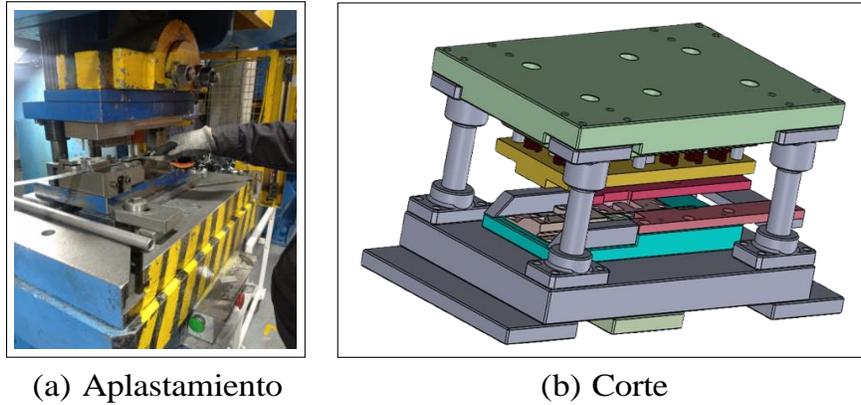
#### 5.3.2.1. Riesgo en la matriz actual

Con la matriz actual, el operado introduce la mano para realizar el proceso correspondiente para producir la placa de encendido, como podemos observar en la Figura 32. Además, por la dinámica propia del trabajo, el operador siempre estará expuesto al riesgo de corte por la manipulación de la lámina metálica.

#### 5.3.2.2. Riesgo en la matriz propuesta

El operario, de igual manera, siempre estará expuesto a un riesgo de corte con una menor probabilidad que en la operación de la matriz actual. El riesgo ha disminuido, pero no se ha eliminado. El riesgo de aplastamiento ha sido eliminado con el nuevo diseño propuesto.

Figura 32. *Riesgo de aplastamiento.*



## 6. Conclusión

Los parámetros iniciales de producción requerida de acuerdo a la proyección en ventas para el 2025 con un incremento del 25 % mensual que representan 750 cocinas, permitieron proponer un nuevo diseño con una capacidad de producción de 6000 unidades en un menor tiempo de producción, reduciendo el 60 % de costo en cada unidad y eliminando el riesgo de aplastamiento por la alimentación del material a la matriz de corte progresiva en un 100%.

## 7. Recomendación

Para diseños de matrices posteriores donde se requiera una alta producción mensual, se recomienda el uso de injertos metálicos reforzados con recubrimientos duros para reducir el desgaste, o realizar tratamientos de recubrimientos duros a los aceros comerciales con la finalidad de alargar la vida útil de los elementos metálicos de la matriz.

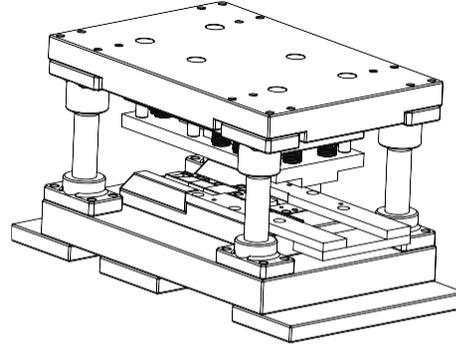
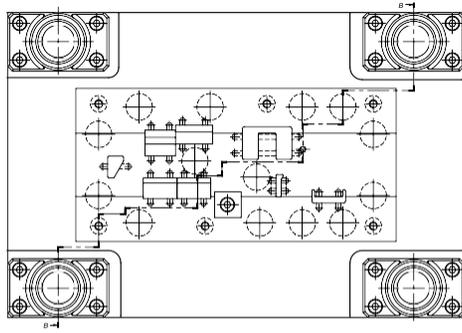
## Referencias

- [1] C. S. Pineda Arévalo, “Estudio de factibilidad para la implementación del departamento de diseño, elaboración y producción de partes y piezas tach partes,” B.S. thesis, Universidad del Azuay, 2024.
- [2] C. D. Oliva Guerrero, “Aplicación de la política industrial y tecnológica al sector de la fabricación aditiva.” 2023.
- [3] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *La máquina que cambió el mundo: La historia de la Produccion Lean, el arma secreta de Toyota que revoluciono la industria mundial del automóvil*. Profit editorial, 2017.
- [4] R. H. Garrison, E. W. Noreen, P. C. Brewer, D. N. R. Padilla, and J. D. Morales, *Contabilidad administrativa*. McGraw-Hill México, 2007, vol. 10.
- [5] E. F. Chávez Ccencho and D. M. Huayllasco Martínez, “Propuesta de mejora de la eficiencia del área de producción en una empresa pyme metalmecánica de lima metropolitana utilizando lean manufacturing y fabricación por respuesta rápida.”
- [6] A. L. M. Carrillo, “Impacto de las importaciones de calzado de china en el nivel de empleo de la industria en méxico,” *Tijuana: Colegio de la Frontera Norte*, 2014.
- [7] H. L. Quispe Condori, “Diseño de fabricación de matriz de embutido e inyección,” 2022.
- [8] P. A. Mier Mier and D. A. Valencia Hidalgo, “Diseño y construcción de una troqueladora para el corte de placas de aluminio, a ser empleadas en la bodega del laboratorio de máquinas herramientas de la universidad politécnica salesiana,” B.S. thesis, 2018.
- [9] Estampaciones Valma, *¿Qué es una matriz progresiva?* [Disponible en: <https://estampacionesvalma.es/que-es-una-matriz-progresiva/>; Accedido el: 21 de octubre del 2024], 2024.
- [10] Klumex, *¿Qué es el troquelado de metales y cómo funciona?* [Disponible en: <https://klumex.com/blog/troquelado-de-metales/>; Accedido el: 21 de octubre del 2024], 2024.
- [11] L. S. Álvarez Bermúdez *et al.*, “Metodología para el diseño de troqueles de corte de chapa metálica,” B.S. thesis, Universidad autónoma de occidente, 2009.

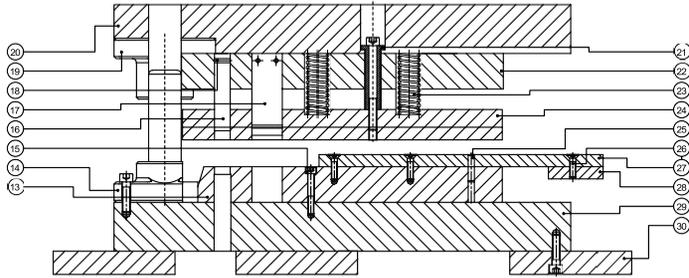
- [12] Talleres Altomar, *¿En qué consiste el punzonado de chapa?* [Disponible en: <https://talleresaltomar.es/punzonado-chapa/>; Accedido el: 21 de octubre del 2024], 2024.
- [13] J. Cerón, *Desarrollo de aspectos metodológicos en el diseño de matrices progresivas*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria, 2013.
- [14] Construex, *Tol al frío Acero Comercial*. [Disponible en: <https://leadrp.net/es/blog/overview-of-metal-stamping/>; Accedido el: 21 de octubre del 2024], 2024.
- [15] Lead, *Descripción general del estampado de chapa metálica*. [Disponible en: <https://www.construex.com.ec/>; Accedido el: 21 de octubre del 2024], 2024.
- [16] Máquinas Formadoras de Metales EMS, *Máquinas formadoras de metales*. [Disponible en: <https://ems-maquina.com/>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2025.
- [17] Machine MFG, *Diseños estructurales esenciales para matrices de plegado comunes*. [Disponible en: <https://www.machinemfg.com/es/structural-designs-for-common-bending-dies/>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.
- [18] J. Múgica Soto *et al.*, “Diseño de un troquel progresivo,” 2014.
- [19] Xometry, *Radio de doblado mínimo para chapa metálica: tabla de referencia y calculadora*. [Disponible en: <https://xometry.pro/es/articulos/chapa-metalica-radios-de-curvatura/>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.
- [20] Machine Tools, *Radio de curvatura de la prensa plegadora: Guía definitiva*. [Disponible en: <https://www.adhmt.com/es/press-brake-bend-radius/>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.
- [21] A. Florit, *Fundamentos de matricería*. Editorial CEAC. ISBN 8432911747, 2007.
- [22] BOHLER, *Aceros para trabajo en frío*. [Disponible en: <https://www.acerosbohler.com/es/products/k100/>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.
- [23] Professional Exported Steel Supplier GNEE, *Acero estructural al carbono St37 con estándar DIN*. [Disponible en: <https://www.marinesteels.com/alloy-steel-/st37-carbon-structural-steel-/din.html>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.

[24] Hascelik, *ST37-2 Acero (1.0037)*. [Disponible en: <https://hascelik.com/es/st37-2>; Accedido el: 8 de enero del 2025], 2024.

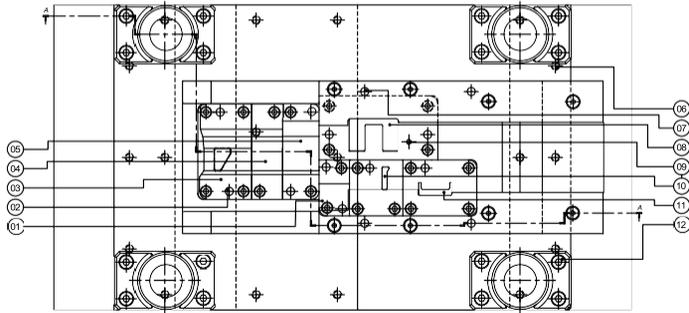
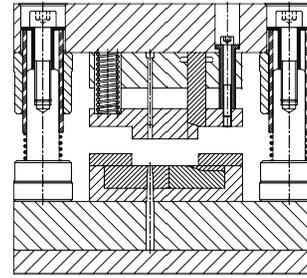
# ANEXOS



CORTE A-A



CORTE B-B



PIEZA A OBTENER



30	Altas para evacuación Mat	ST - 37	3
29	Placa Base Inferior	ST - 37	1
28	Base regletas	ST - 37	1
27	Regleta	ST - 37	2
26	Perno avellan. M16x20mm		8. DIN 912
25	Pasadores Ø5x20		4. DIN 8325
24	Placa Estadora	ST - 37	1
23	Resorte		12. DIN 908
22	Placa porta punzones	ST - 37	1
21	Distanciacores	Acero T05	6
20	Placa base Superior		1
19	Base de Bujes	ST - 37	1
18	Pasador suj. de Punzón		24. DIN 8325
17	Punzón de Doblado	Acero K-100	1
16	Punzón de Liberado	Acero K-100	1
15	Perno allen M16x30mm		14. DIN 912
14	Base de Columna		4. MSUM
13	Placa porta insertos	ST - 37	1
12	Perno allen M16x50mm		32. DIN 912
11	Inserto Cuchilla Lateral	Acero K-100	1
10	Inserto Troqueado	Acero K-100	1
09	Punzón Ø3.5x71mm		1. DN
08	Inserto Troque en U	Acero K-100	1
07	Posador Ø6x40		16. DIN 8325
06	Perno allen M16x55mm		20. DIN 912
05	Inserto Punzón doblado 2	Acero K-100	1
04	Inserto Punzón doblado 3	Acero K-100	1
03	Inserto Troquel liberado	Acero K-100	1
02	Posador Ø6x30mm		20. DIN 8325
01	Inserto Punzón doblado 1	Acero K-100	1
POS. DENOMINACIÓN		MATERIAL	CAN. NORMA
Fecha: 02/02/2025 Diseñado: Rivaldo Gordo Revisado: Ing. Luis López			
Escala: 1:2		TECNOLOGIA Carrera de Tecnología Industrial	
Conjunto:		MATRIZ PROGRESIVA PLACA DE ENCENDIDO	



A6  
105x148

A5  
148x210

A4  
210x297

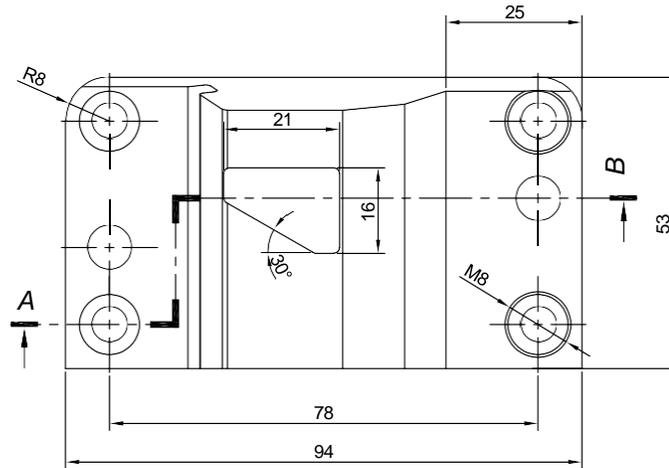
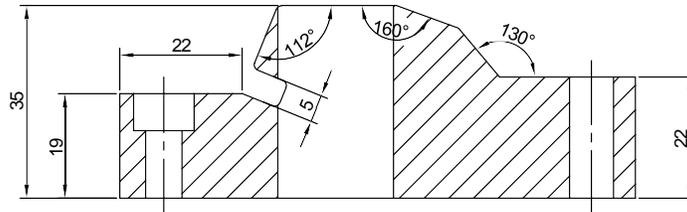
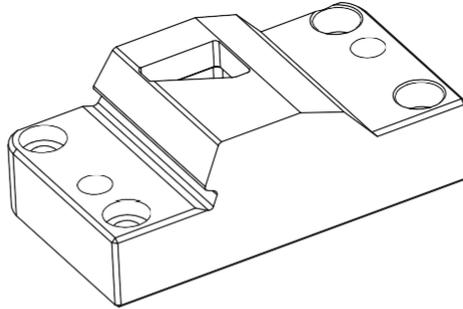
A3  
297x420

A2  
420x594

A1  
594x841

A0  
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



03	Inserto troquel Liberado pieza	Acero K-100	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	01/02/25	Flavio Gordillo			
Comprobado:	03/02/25	Ing. López			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.: 5	Conjunto: Matriz progresiva placa de encendido			
Lámina:	01	<b>INSERTO LIBERADO PIEZA</b>			



A6  
105x148

A5  
148x210

A4  
210x297

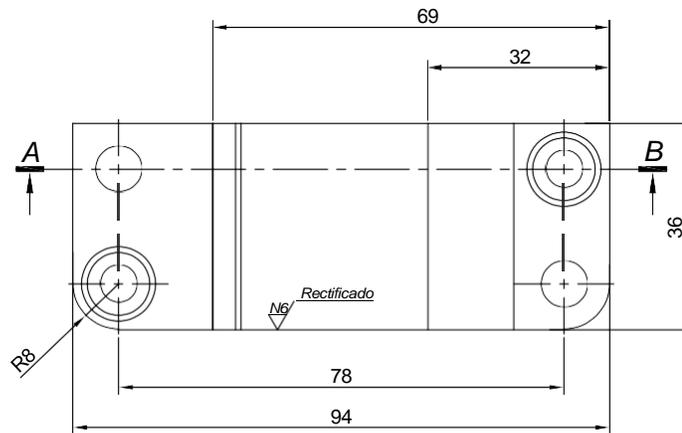
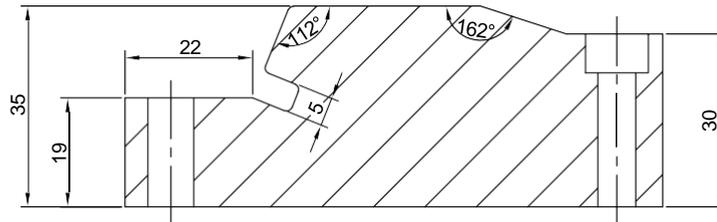
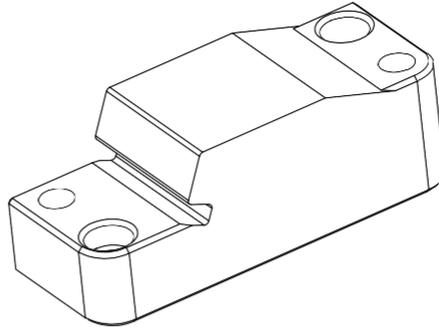
A3  
297x420

A2  
420x594

A1  
594x841

A0  
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



05	Inserto punzón doblado 2	Acero K-100	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	01/02/25	Flavio Gordillo			
Comprobado:	03/02/25	Ing. López			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.: ID	Conjunto: Matriz progresiva placa de encendido			
Lámina:	02	<b>INSERTO PUNZÓN DE DOBLADO 2</b>			

1



A6  
105x148

A5  
148x210

A4  
210x297

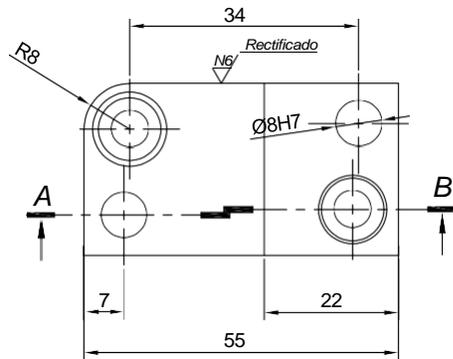
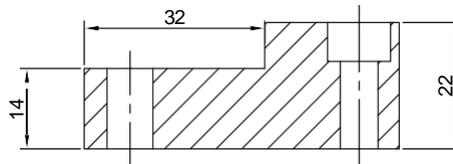
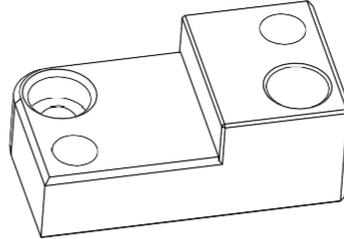
A3  
297x420

A2  
420x594

A1  
594x841

A0  
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



01	Inserto punzón doblado 1	Acero K-100	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	01/02/25	Flavio Gordillo			
Comprobado:	03/02/25	Ing. López			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.: Ⓢ	Conjunto: Matriz progresiva placa de encendido			
Lámina:	03	<b>INSERTO PUNZÓN DOBLADO 1</b>			

1



A6  
105x148

A5  
148x210

A4  
210x297

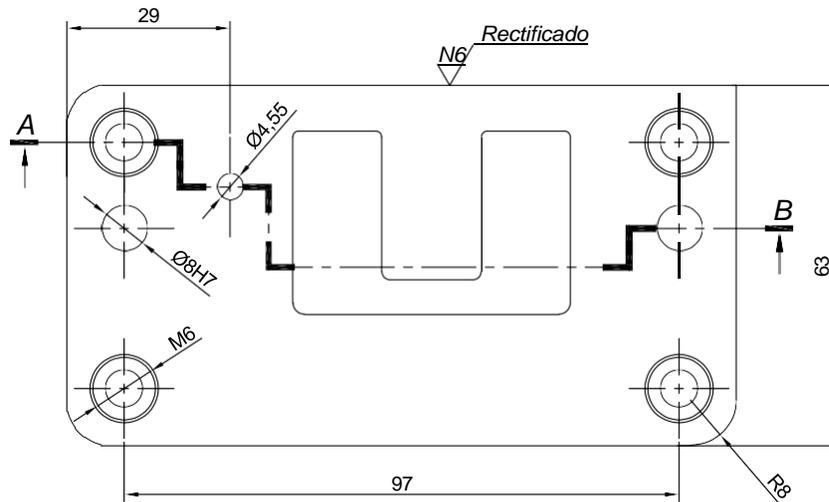
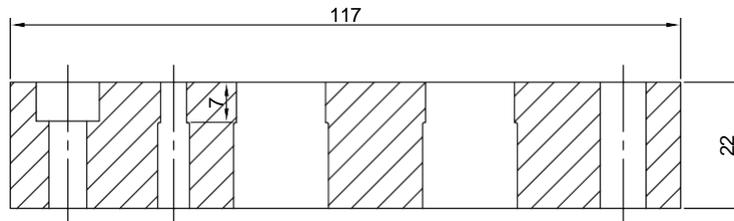
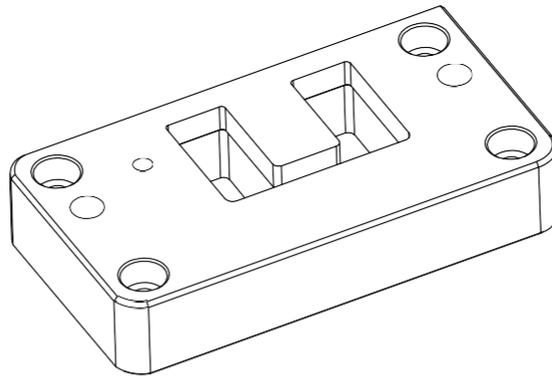
A3  
297x420

A2  
420x594

A1  
594x841

A0  
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



08	Inserto troquel en U	Acero K-100	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	<p><b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA</p> <p>TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica</p>		
Dibujado:	01/02/25	Flavio Gordillo			
Comprobado:	03/02/25	Ing. López			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.: ID	Conjunto: Matriz progresiva placa de encendido			
Lámina:	04	<b>INSERTO TROQUEL EN U</b>			

1



A6  
105x148

A5  
148x210

A4  
210x297

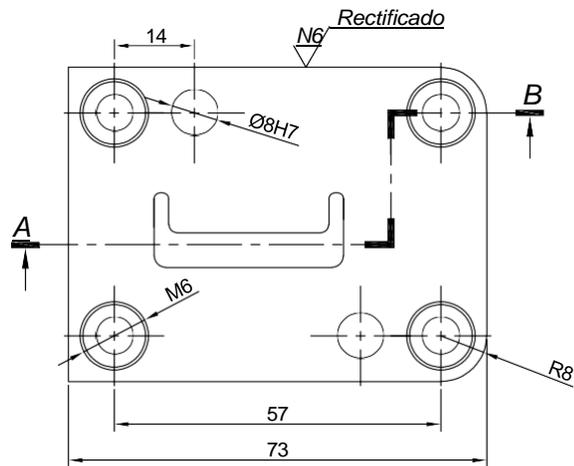
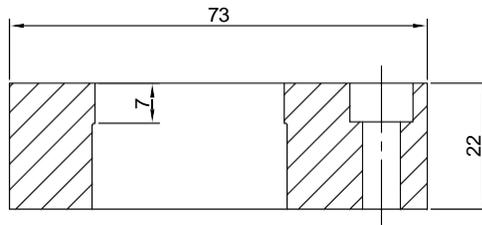
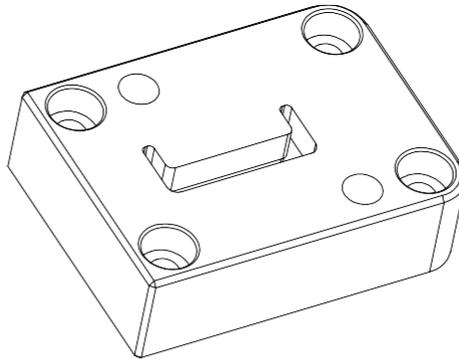
A3  
297x420

A2  
420x594

A1  
594x841

A0  
841x1189

Hoja de enseñanza Técnica



11	Inserto cuchilla lateral	Acero K-100	1		
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANTIDAD	NORMA	OBSERVACIONES
V CICLO	Fecha	Nombre	 <b>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA</b> SEDE MATRIZ CUENCA TECNOLOGÍAS Carrera de Tecnología Mecánica		
Dibujado:	01/02/25	Flavio Gordillo			
Comprobado:	03/02/25	Ing. López			
Dibujo Industrial					
Escala:	Tol. gen.:	Conjunto: Matriz progresiva placa de encendido			
	5 0				
Lámina:	05	<b>INSERTO CUCHILLA LATERAL</b>			

1