



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA**

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

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA  
PRODUCIR ÁNGULO RANURADO EN LA EMPRESA MEGA STAND”**

---

**AUTOR:** Erick Steve Gavilanes Bayas

**TUTOR:** Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg.

**AMBATO - ECUADOR**

**Febrero - 2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA PRODUCIR ÁNGULO RANURADO EN LA EMPRESA MEGA STAND**”, elaborado por el Sr. Erick Steve Gavilanes Bayas, portador de la cédula de ciudadanía C.I 172299553-5 estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, febrero 2024

  
.....  
**Ing. Carlos Mauricio Carrillo Rosero, Mg.**

**TUTOR**

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Erick Steve Gavilanes Bayas**, con C.I. 172299553-5, declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Proyecto Técnico bajo el tema: “**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA PRODUCIR ÁNGULO RANURADO EN LA EMPRESA MEGA STAND**”, así como también los contenidos, análisis, cálculos y resultados son de exclusiva responsabilidad de mí persona, como autor del Proyecto Técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



.....  
**Erick Steve Gavilanes Bayas**

**C.I. 172299553-5**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, febrero 2024



.....  
**Erick Steve Gavilanes Bayas**

**C.I. 172299553-5**

**AUTOR**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante **Erick Steve Gavilanes Bayas** de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA PRODUCIR ÁNGULO RANURADO EN LA EMPRESA MEGA STAND”**.

Ambato, febrero 2024

Para constancia firman:

.....  
Ing. Francisco Agustín Peña Jordán, MSc.

MIEMBRO CALIFICADOR

.....  
Ing. Oscar Iván Analuiza Maiza, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar por ayudarme en todo momento de adversidad dándome la fuerza y sabiduría necesaria para culminar con éxito la etapa más importante de mi vida hasta ahora.

A mi padre, Edison Gavilanes por inculcarme cada día los valores necesarios para ser un hombre perseverante que luche y alcance sus objetivos.

A mi madre, Mery Bayas por su amor y apoyo incondicional cuando los problemas resultan ser demasiado difíciles de sobrellevar.

A mis hermanos, Marlon Gavilanes y Maite Gavilanes que son el motivo para no rendirme y que ellos también en el futuro puedan conseguir lo que sueñan teniéndome a mí como su apoyo y guía.

A mi familia, amigos y a todos aquellos que creyeron en mí y me impulsaron a alcanzar este logro.

**Gavilanes Bayas Erick Steve**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios sobre todas las cosas que sin su misericordia ningún logro material tendría sentido.

A la Universidad Técnica de Ambato y a todos los docentes con los que tuve el placer de convivir durante esta etapa, gracias por formarme académicamente con sus consejos y comentarios enriquecedores.

A todas las personas que han formado parte de mi vida hasta ahora, ya que estoy seguro de que en algún momento puede aprender algo de ustedes, gracias por formar lo que soy ahora, gracias a mis amigos y familia que se encuentran aún conmigo, este logro es mío y de ustedes que sin su apoyo incondicional no hubiera sido posible.

**Gavilanes Bayas Erick Steve**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
CAPÍTULO II.....	4
METODOLOGÍA.....	4
2.1. Materiales .....	4
2.2. Métodos .....	7
2.2.1. Recursos para el diseño del producto. ....	8
2.2.2. Descripción del producto a realizar.....	9
2.2.3. Matriz de corte .....	13
2.2.4. Cálculo de fuerzas necesarias en el corte .....	16

2.2.5. Diseño de los componentes.....	21
2.2.6. Mecanizado de componentes .....	73
CAPÍTULO III .....	127
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	127
3.1. Pruebas de funcionamiento.....	127
3.2. Presupuesto .....	133
CAPÍTULO IV .....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
4.1. Conclusiones.....	136
4.2. Recomendaciones.....	137
MATERIALES DE REFERENCIA.....	138
BIBLIOGRAFÍA .....	138
ANEXOS Y PLANOS.....	142

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la fabricación de la matriz de corte.....	7
Figura 2. Dimensiones de la bandeja metálica. ....	8
Figura 3. Dimensiones de la escuadra de refuerzo. ....	9
Figura 4. Dimensiones del ángulo metálico. ....	10
Figura 5. Separaciones para diferentes tipos de geometrías.....	11
Figura 6. Separaciones en el ángulo metálico. ....	11
Figura 7. Separación entre el borde lateral del ángulo metálico al borde de los agujeros y ranuras. ....	12
Figura 8. Disposición de las geometrías ....	13
Figura 9. Componentes de la matriz de corte.....	13
Figura 10. Matriz de corte sin guía de punzón.....	14
Figura 11. Matriz de corte con punzón auxiliar paso-banda.....	15
Figura 12. Matriz de corte con guía de punzones.....	15
Figura 13. Fuerza de corte.....	16
Figura 14. Dimensionamiento de las perforaciones.....	17
Figura 15. Fuerza de extracción .....	19
Figura 16. Fuerza de expulsión .....	20
Figura 17. Representación del pandeo en un punzón .....	21
Figura 18. Nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta circular. ....	23
Figura 19. Dimensiones principales del punzón circular. ....	24
Figura 20. Área de la sección que produce el corte. ....	25
Figura 21. Sensibilidad a la muesca para carga axial en aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T .....	30
Figura 22. Factor de concentración de esfuerzos $k_t$ para un eje con filete de hombro en tensión axial .....	31
Figura 23. Introducción de propiedades Acero DF2.....	33
Figura 24. Modelado punzón circular. ....	33
Figura 25. Parámetros de mallado del punzón circular.....	34
Figura 26. Condiciones de contorno y cargas de en el punzón circular. ....	34
Figura 27. Tensiones Von-Mises punzón circular. ....	35
Figura 28. Factor de seguridad del punzón circular mediante FEA. ....	35

Figura 29. Nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta ranurada. ....	36
Figura 30. Dimensiones principales del punzón tipo ranura.....	36
Figura 31. Área de la sección que produce el corte.....	37
Figura 32. Modelado punzón tipo ranura.....	39
Figura 33. Parámetros de mallado del punzón tipo ranura.....	40
Figura 34. Condiciones de contorno y cargas en el punzón tipo ranura.....	40
Figura 35. Tensiones Von-Mises punzón tipo ranura.....	41
Figura 36. Factor de seguridad del punzón tipo ranura mediante FEA.....	41
Figura 37. Espacio entre punzón y matriz.....	42
Figura 38. Efectos del espacio entre punzón y matriz.....	43
Figura 39. Dimensiones del punzón y matriz para el agujero redondo.....	44
Figura 40. Dimensionamiento del punzón y matriz para la ranura.....	44
Figura 41. Salida del material desecho.....	45
Figura 42. Ángulo metálico guiado en la placa matriz.....	46
Figura 43. Dimensiones de la placa matriz.....	47
Figura 44. Distancias para tornillos, guías y marcador de paso en la placa matriz.....	48
Figura 45. Análisis de cortante en los pernos que unen a placa matriz.....	49
Figura 46. Fuerza cortante en los pernos M8.....	49
Figura 47. Fuerza cortante en los pasadores.....	51
Figura 48. Placas que conforman la ranura por donde se guía el ángulo metálico.....	52
Figura 49. Dimensionamiento de las placas paralelas.....	52
Figura 50. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en las placas paralelas.....	53
Figura 51. Dimensionamiento de la placa extractor-guía.....	54
Figura 52. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en la placa extractor-guía.....	56
Figura 53. Dimensiones de la placa porta matriz.....	56
Figura 54. Distancias para la sujeción entre placa porta matriz y otros componentes.....	57
Figura 55. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en la placa porta matriz.....	58
Figura 56. Dimensiones de la placa porta matriz.....	59
Figura 57. Columna serie ST9825.....	60

Figura 58. Dimensiones de las columnas.....	61
Figura 59. Casquillo serie ST7416 .....	62
Figura 60. Dimensiones de los casquillos. ....	62
Figura 61. Dimensiones de la placa porta punzones.....	63
Figura 62. Distancias para tornillos y pasadores de la placa porta punzones. ....	65
Figura 63. Dimensiones de la placa sufridera. ....	65
Figura 64. Distancias para tornillos y pasadore en la placa sufridera.....	66
Figura 65. Dimensiones del vástago de sujeción.....	68
Figura 66. Dimensiones de la base superior.....	68
Figura 67. Distancias para perforaciones de casquillos, tornillos y pasadores en la placa superior.....	69
Figura 68. Ángulo metálico con un sistema de referencia x-y.....	70
Figura 69. Descomposición del área total en figuras básicas. ....	71
Figura 70. Centro de gravedad en la cara del ángulo metálico. ....	72
Figura 71. Distancias para la colocación del vástago en la base superior.....	72
Figura 72. Esquema de la distancia de desplazamiento de la fresa .....	76
Figura 73. Factores que intervienen en el recorrido de la broca .....	82
Figura 74. Ensamble parte fija y móvil de la matriz de corte para ángulo ranurado. ....	127
Figura 75. Ensamble conjunto armado de la matriz de corte para ángulo ranurado.	127
Figura 76. Rectificado de punzones post tratamiento térmico. ....	128
Figura 77. Rectificado de placa matriz post tratamiento térmico.....	128



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de equipos y materiales. ....	4
Tabla 2. Valor de la fuerza de extracción .....	19
Tabla 3. Factores de seguridad recomendados en diseño mecánico.....	26
Tabla 4. Parámetros para el factor de condición superficial .....	28
Tabla 5. Efecto de la temperatura en la resistencia a la tensión de acero.....	29
Tabla 6. Factores de confiabilidad correspondientes a desviaciones porcentuales. ...	29
Tabla 7. Factores modificadores del límite de resistencia a fatiga. ....	31
Tabla 8. tolerancias recomendadas según el tipo de material .....	43
Tabla 9. Dimensiones de vástagos según DIN 9859 .....	67
Tabla 10. Áreas y centro de gravedad de algunas figuras básicas .....	71
Tabla 11. Cálculo de áreas, centro de gravedad y productos de las figuras.....	71
Tabla 12. Procesos de mecanizado para la fabricación de los componentes .....	73
Tabla 13. Velocidad de corte recomendada para operaciones de fresado .....	74
Tabla 14. Avance por diente para fresas de alta velocidad .....	75
Tabla 15. Profundidad de corte radial y axial en diferentes procesos de fresado. ....	78
Tabla 16. Parámetros de rectificado .....	79
Tabla 17. Velocidades de corte para brocas de alta velocidad .....	81
Tabla 18. Parámetros en el proceso de cepillado.....	86
Tabla 19. Velocidades de corte para torneado con herramientas de carburo.....	91
Tabla 20. Ajustes Recomendados.....	94
Tabla 21. Tolerancias fundamentales .....	95
Tabla 22. Desviación superior e inferior para ejes .....	95
Tabla 23. Desviación superior e inferior para agujeros .....	96
Tabla 24. Resumen de parámetros de mecanizado.....	123
Tabla 25. Tolerancias de medida para la fabricación. ....	125
Tabla 26. Tolerancias de forma y posición. ....	126
Tabla 27. Parámetros y resultados obtenidos de la primera prueba. ....	129
Tabla 28. Parámetros y resultados obtenidos de la segunda prueba.....	130
Tabla 29. Parámetros y resultados obtenidos de la tercera prueba. ....	131
Tabla 30. Comparativa de las pruebas realizadas.....	132
Tabla 31. Presupuesto para el desarrollo del proyecto. ....	133

## RESUMEN EJECUTIVO

El diseño y construcción de una matriz de corte para ángulo ranurado se llevó a cabo para solventar la problemática que tiene la empresa Mega Stand al momento de producir estanterías metálicas, la empresa adquiere este tipo de ángulos mediante la compra a un precio elevado, por lo cual no puede hacer frente a la competencia de este mercado que cada vez va en aumento, la empresa cuenta con la maquinaria, pero no con una matriz para su producción.

El proyecto partió de investigaciones y visitas técnicas a empresas que cuentan con este tipo de matriz, tras haber obtenido la información necesaria se procedió al diseño de cada uno de los componentes utilizando los parámetros establecidos por diversos autores y adecuándolos a las dimensiones que requiere la empresa, posteriormente se adquirió los diferentes tipos de aceros: ASTM A36, DF2 y AISI 1018 para llevar a cabo los procesos de mecanizado necesarios como: fresado, torneado, taladrado, cepillado, mandrinado, etc. Para los componentes que se someten a fricción se realizaron tratamientos térmicos de templado y revenido.

Finalmente se realizaron pruebas en distintos ángulos metálicos de diferentes dimensiones con espesores desde 1 a 2 mm siendo este último para el cual fue diseñada la matriz de corte, determinando su funcionamiento y además comprobando que es posible realizar las perforaciones en ángulos con espesores menores al diseñado, lo que implica en un beneficio económico adicional para la empresa.

**Palabras claves:** Ranurado, Ángulo metálico, Matriz de corte, Punzonado, Mecanizado.

## ABSTRACT

The design and construction of a cutting matrix for a slotted angle was carried out to solve the problem that the Mega Stand company has when producing metal shelves. The company acquires this type of angles by purchasing at a high price, therefore which cannot face the competition of this increasingly increasing market, the company has the machinery, but not a matrix for its production.

The project was based on research and technical visits to companies that have this type of matrix. After having obtained the necessary information, we proceeded to design each of the components using the parameters established by various authors and adapting them to the dimensions required by the company, subsequently the different types of steel were acquired: ASTM A36, DF2 and AISI 1018 to carry out the necessary machining processes such as: milling, turning, drilling, brushing, boring, etc. For the components that are subjected to friction, quenching and tempering heat treatments were carried out.

Finally, tests were carried out on different metal angles of different dimensions with thicknesses from 1 to 2 mm, the latter being the one for which the cutting matrix was designed, determining its operation, and also verifying that it is possible to make the perforations at angles with thicknesses smaller than the designed one, which implies an additional economic benefit for the company.

**Keywords:** Grooving, Metal angle, Cutting die, Punching, Machining.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MATRIZ DE CORTE PARA PRODUCIR ÁNGULO RANURADO EN LA EMPRESA MEGA STAND”

#### 1.1. Antecedentes

Los ángulos ranurados históricamente han sido utilizados en diferentes aplicaciones como: estanterías, bastidores o soportes mecánicos. Este tipo de perfiles se fabrican en acero al frío con la singularidad que poseen perforaciones redondas y multidireccionales que se realizan mediante un proceso de troquelado, este tipo de material se utiliza generalmente para obtener un resultado más limpio y preciso al realizar el proceso de corte o punzonado [1].

El troquelado en la industria se aplica como un proceso en frío haciendo uso de máquinas prensadoras para la obtención de piezas y formas metálicas. En la actualidad para la construcción de matrices se parte de investigaciones sobre tipos de matrices de corte previamente construidas para la selección de materiales adecuados y cálculos como el de esfuerzo de corte, garantizando así el tiempo de vida útil [2].

La metodología aplicada para el diseño de matrices debe considerarse en referencia al proceso de diseño en ingeniería, con el objetivo de generar resultados que sean útiles mediante la secuencia de etapas estructuradas como: reconocimiento de la necesidad, definición del problema, etapa preliminar o síntesis, cálculos detallados, evaluación y registro de documentación [3].

Según [4], mediante la formación del conocimiento para el diseño de troqueles de corte determino que con el uso de la ingeniería en diseño y manufactura de troqueles de corte se logra una reducción del tiempo en la ejecución de diversos proyectos y a su vez garantiza un producto de calidad.

Según [5], en su trabajo de titulación “Diseño y construcción de un troquel de corte y perforado de platina metálica de espesor 1/8 de pulg. para la empresa ingeniería del

acero y matricería en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua”, destaca el uso del acero AISI SAE D3 como material idóneo en la construcción de matriz y punzones.

Según [6], en su estudio de la industria de fabricación de troqueles y moldes - prácticas en Alemania, Japón y Estados Unidos determinaron que las empresas japonesas son las que producen más troqueles en un periodo de tiempo más corto a comparación de las empresas alemanas y estadounidenses. Los fabricantes alemanes de matrices tienen la vanguardia en el mecanizado multieje ya que utilizan el EDM como método para realizar el acabado y pulido, mientras que en EE. UU. y Japón el método más utilizado es el pulido manual.

Según [7], en su artículo científico “Análisis sobre la influencia del perfil del punzón perforante en la distribución de tensiones en su filo” concluyeron que la distribución de tensiones en los punzones de caja esférica pueden caracterizarse por una vida útil más prolongada, ya que tienen una distribución de tensiones más ventajosa, obteniendo una reducción de hasta un 60-70% de la fuerza de perforación.

Según [8], en su artículo científico “Aplicación del análisis del método de Elementos Finitos en el proceso de diseño del troquel de punzonado para la perforación de bandas” demostraron que la aplicación del método de elementos finitos en el proceso de diseño del troquel de punzonado puede ser de gran ayuda y conduce a soluciones constructivas más efectivas, además también muestra que diseñar los troqueles de punzonado para correas, que son materiales más blandos que los metales y parecen más fáciles de perforar, causa muchos más problemas y es muy interesante desde el punto de vista científico.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar y fabricar una matriz de corte para producir ángulo ranurado en la empresa Mega Stand.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar alternativas de diseño de las partes que conforman la matriz y establecer especificaciones.
- Fabricar la matriz de corte aplicando procesos de mecanizado.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la matriz de corte.

## CAPÍTULO II.

### METODOLOGÍA

El presente proyecto se lo realizó en la empresa Mega Stand, ubicada en la ciudad de Ambato, Huachi Chico, esta empresa se dedica al diseño y construcción de estanterías y muebles metálicos, actualmente el objetivo de esta es incrementar su alcance a nuevos compradores, por lo que es necesario que se reduzca los costos por fabricación en su mayoría mediante un proceso directo, iniciando la producción de ángulo ranurado mediante una matriz de corte.

El desarrollo investigativo de este proyecto se basa en la recolección de información bibliográfica acerca de este tipo de matrices por medio de artículos científicos, libros, investigaciones previas o visitando diferentes empresas que cuenten con dicha matriz las cuales sirvan de aporte y sustento para esta investigación.

Se utilizo el método cuantitativo en relación con el estudio y análisis de procesos que conlleva el uso de métodos matemáticos para la obtención de cálculos de esfuerzos y parámetros de diseño. Mediante la recolección de datos se procedió al diseño y fabricación de la matriz de corte, para ello se emplearon procesos de mecanizado como: taladrado, fresado, torneado y rectificando. Finalmente, se realizaron pruebas en la máquina troqueladora de la empresa verificando la funcionalidad de la matriz de corte para ángulo ranurado.

#### 2.1. Materiales

En la tabla 1 se puede apreciar en detalle los equipos y materiales empleados para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 1. Descripción de equipos y materiales.


N.º	EQUIPO/MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
1	Torno	<b>Marca:</b> Pinacho <b>Modelo:</b> S-90 180 <b>Anchura bancada mm:</b> 250 <b>Potencia de la motobomba</b> <b>kW:</b> 0,06 <b>Velocidades:</b> 18 (30-2000 rpm)	

Tabla 1. Descripción de equipos y materiales.

N.º	EQUIPO/MATERIAL	DESCRIPCIÓN	ILUSTRACIÓN
2	Fresadora	<p><b>Marca:</b> Fexac</p> <p><b>Modelo:</b> UM</p> <p><b>Recorridos x, y, z mm:</b> 950, 275, 590</p> <p><b>Dimensión de la mesa mm:</b> 1300 x 300</p> <p><b>Velocidades del cabezal:</b> 12 (28-782 rpm).</p>	
3	Cepilladora	<p><b>Marca:</b> Sacia</p> <p><b>Modelo:</b> L-350/E</p> <p><b>Potencia del motor hp:</b> 1.5</p> <p><b>Dimensión de la mesa mm:</b> 350 x 260 x 260</p> <p><b>Velocidades:</b> 3 (35-140 rpm).</p>	
4	Troqueladora	<p><b>Marca:</b> Niagara</p> <p><b>Modelo:</b> A45</p> <p><b>Capacidad Ton:</b> 45</p> <p><b>Carrera pulg:</b> 5 1/2</p> <p><b>Velocidades del cabezal:</b> 12 (30-1200 rpm).</p>	
5	Rectificadora	<p><b>Marca:</b> Reid</p> <p><b>Modelo:</b> rcp-248</p> <p><b>Potencia del motor hp:</b> 1</p> <p><b>Capacidad pulg:</b> 6 x 18.</p> <p><b>Muela pulg:</b> 7</p> <p><b>rpm:</b> 3800</p>	



Tabla 1. Descripción de equipos y materiales.

6	Taladro de pedestal	<p><b>Marca:</b> ERLO</p> <p><b>Modelo:</b> TCA 25</p> <p><b>Dimensión de la mesa mm:</b> 420 x 400.</p> <p><b>Diámetro de broca en mm:</b> 25.</p> <p><b>Profundidad máxima en mm:</b> 180.</p> <p><b>rpm:</b> 96-1510</p>	
7	Buriles	Cuchillas utilizadas para el desbaste, tronzado, ranurado y corte de piezas en un torno.	
8	Fresas	Herramienta de corte que contiene uno o varios filos cortantes que mediante el giro desprenden virutas de metal.	
9	ASTM A36	Se utiliza en la fabricación de artículos y piezas para usos generales del sector de la construcción y la ingeniería.	
10	Acero DF-2	Acero al manganeso-cromo-tungsteno utilizado en una amplia variedad de aplicaciones para trabajo frio.	
11	AISI 1018	Acero de bajo carbono y alto porcentaje de manganeso con buena ductilidad.	

## 2.2. Métodos

En el desarrollo de este proyecto se hizo uso de métodos que permitieron la consolidación de cada uno de los objetivos, estos son:

Método bibliográfico por medio del cual se obtiene las características y propiedades principales para el diseño.

Método de campo, recopila los datos necesarios que requiere la empresa para la funcionalidad de la matriz.

Método experimental en base a las pruebas que se realizaron para determinar la calidad del punzonado y su funcionalidad para ser implementada en la empresa.

Los procesos por seguir se detallan en la figura 1.

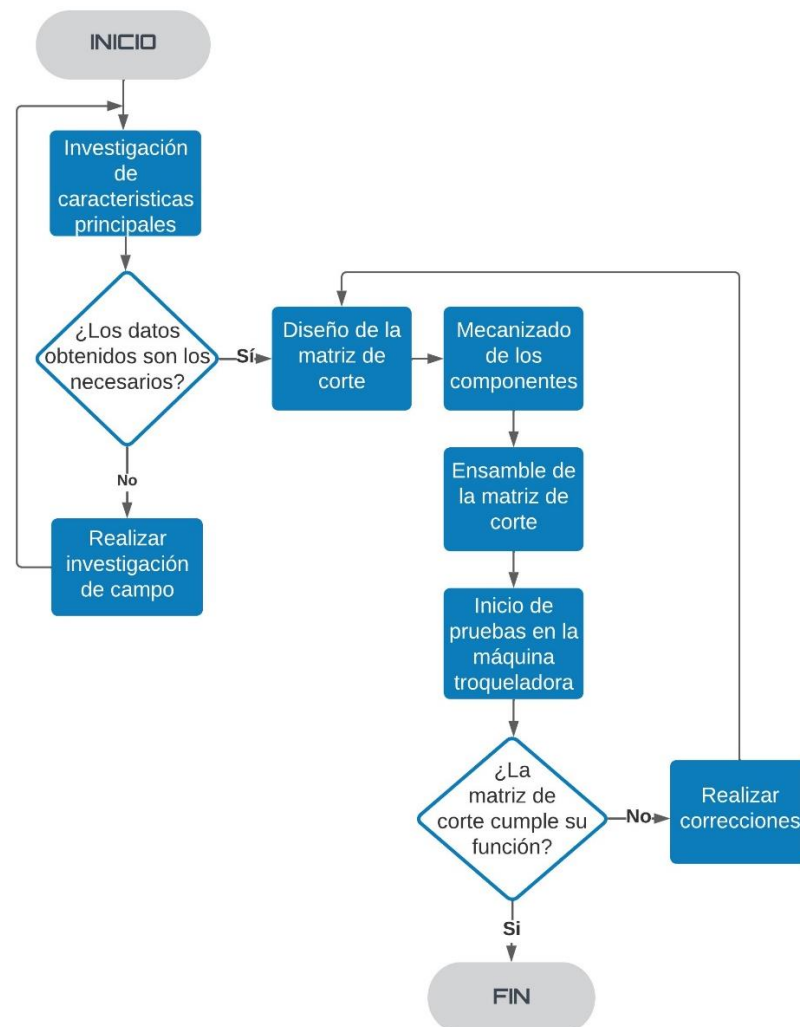


Figura 1. Diagrama de flujo para la fabricación de la matriz de corte.

### 2.2.1. Recursos para el diseño del producto.

Para establecer un diseño adecuado de las perforaciones a realizar en el ángulo metálico, se consideró los recursos con los que cuenta la empresa para el ensamble de las estanterías metálicas.

- **Bandejas metálicas**

La empresa cuenta con una matriz para producir el corte y perforaciones en las esquinas de las láminas metálicas, dichos cortes permiten el doblado de la lámina obteniendo una bandeja mientras que las perforaciones permiten el ensamble con los ángulos metálicos ranurados y las escuadras de refuerzo.

El dimensionamiento de la bandeja metálica que produce la empresa se indica en la figura 2.

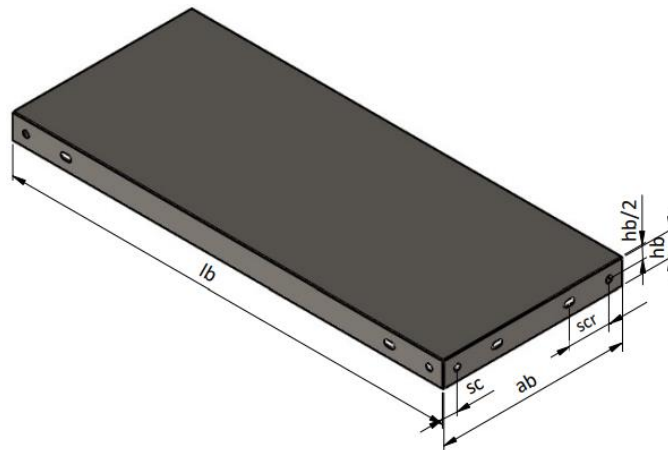


Figura 2. Dimensiones de la bandeja metálica.

Donde:

$a_b$  = ancho de la bandeja (medida requerida por el comprador).

$l_b$  = largo de la bandeja (medida requerida por el comprador).

$h_b$  = altura de la bandeja de 35.3 mm.

$s_c$  = separación entre el borde de la bandeja al centro del agujero de 19.3 mm.

$s_{cr}$  = separación entre el centro del agujero al centro de la ranura de 55.7 mm.

- **Escuadra de refuerzo**

Este componente se utiliza para brindar mayor estabilidad en las estanterías evitando sus desplazamientos laterales, la empresa cuenta con una matriz para su producción.

Las dimensiones principales y perforaciones para la unión entre el ángulo y bandejas metálicas se indican en la figura 3.

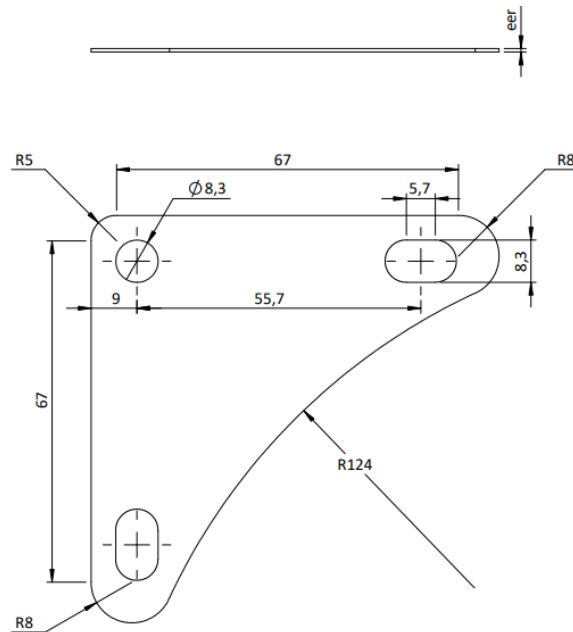


Figura 3. Dimensiones de la escuadra de refuerzo.

Donde:

$e_{er}$  = espesor de la escuadra de refuerzo [0.5 – 0.7 mm].

### 2.2.2. Descripción del producto a realizar.

Para la construcción de la matriz de corte, es indispensable conocer las características del producto que se va a realizar, a continuación, se detalla:

- **Tipo de material**

El ángulo que la empresa adquiere para la producción de estanterías metálicas es de acero A36. Según [9], este tipo de acero posee una buena resistencia y conformabilidad. Es fácil de mecanizar, taladrar, formar, perforar y cortar.

Las propiedades del acero A36 para ser troquelado son adecuadas debido a su maleabilidad y suavidad al trabajar, es un material relativamente blando, lo que lo hace fácil de trabajar y dar forma sin sufrir grandes deformaciones.

- **Geometría**

La geometría del producto a realizar es el punto de partida para el diseño de la placa matriz y punzones, en la figura 4 se indica el dimensionamiento del ángulo adquirido por la empresa para la fabricación de estanterías.

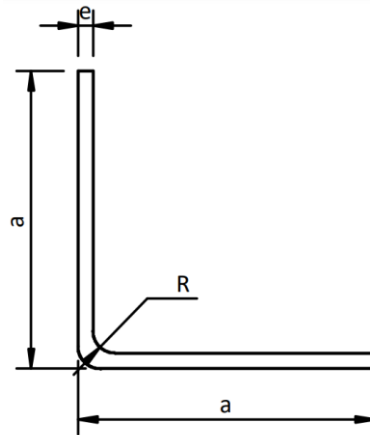


Figura 4. Dimensiones del ángulo metálico.

Donde:

a = ancho del ángulo metálico de 40 mm.

e = espesor del ángulo metálico de 2 mm.

R = radio de curvatura interna de 3 mm.

La disposición de los agujeros a perforar se estableció de manera que permitan la sujeción eficiente entre el ángulo, escuadra de refuerzo y las bandejas metálicas, además de evitar deformaciones en el material durante el proceso.

Se debe establecer las distancias adecuadas con los bordes del material y el paso (p) o distancia entre cada posición. En la figura 5 se indica las separaciones recomendadas para diferentes tipos de geometrías en función al espesor del material (s).

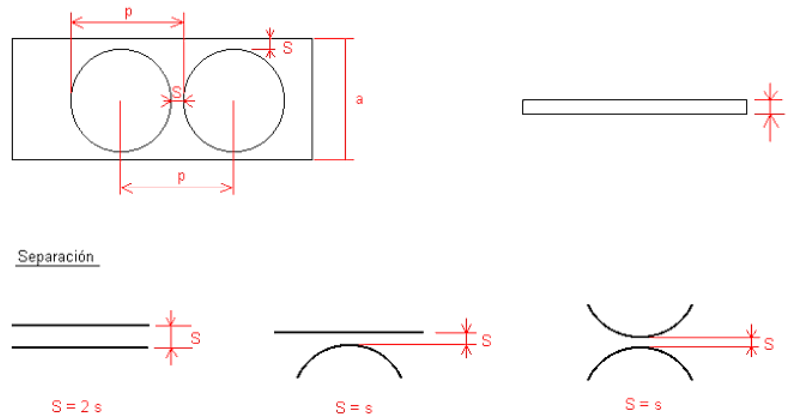


Figura 5. Separaciones para diferentes tipos de geometrías [10].

Las separaciones establecidas en la figura 5 se pueden considerar como recomendaciones mínimas, sin embargo, para realizar las perforaciones en el ángulo metálico, se consideró otros aspectos, en la figura 6 se indica el ensamble de los componentes los cuales sirven para establecer las separaciones necesarias en el ángulo metálico.

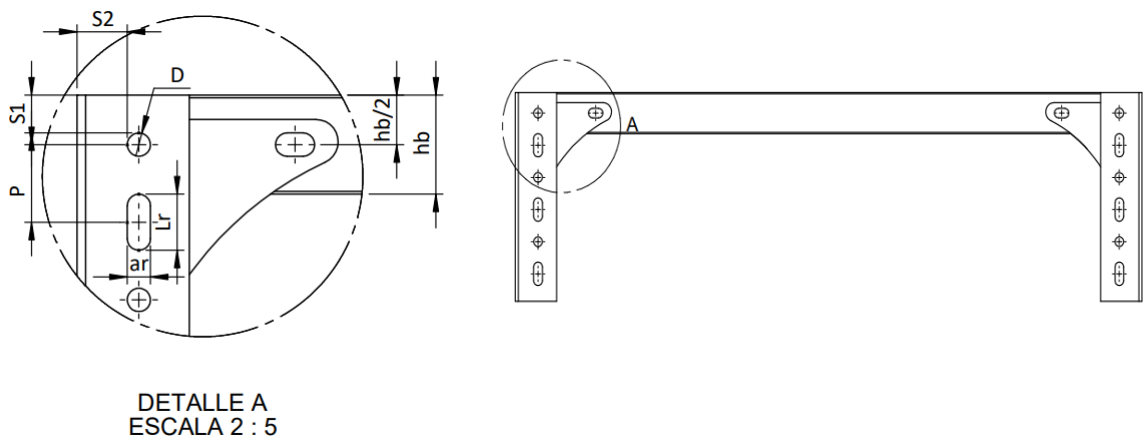


Figura 6. Separaciones en el ángulo metálico.

Donde:

$D$  = diámetro del agujero de 8.3 mm.

$L_r$  = largo de la ranura de 20 mm.

$a_r$  = ancho de la ranura de 8.3 mm.

$S_1$  = separación entre el borde superior del ángulo metálico y el agujero.

$P$  = paso o separación entre el centro del agujero y el centro de la ranura.

$S_2$  = separación entre el borde lateral del ángulo metálico al borde de los agujeros y ranuras.

$S_1$ , se estableció en función a la altura de la bandeja metálica  $h_b$ , de manera que su borde superior quede perfectamente alineado con el del ángulo metálico, tal como se indica en la figura 6. El espacio se calcula con la ecuación (1).

$$S_1 = \frac{h_b}{2} - r \quad (1)$$

$$S_1 = 13.5 \text{ mm}$$

$S_1$  también es la separación entre el borde del agujero y el borde de la ranura por lo tanto  $P$  se calcula con la ecuación (2).

$$P = S_1 + r + L_r/2 \quad (2)$$

$$P = 27.65 \text{ mm}$$

$S_2$ , se calcula con la ecuación (3) considerando el espesor del ángulo metálico ( $e$ ), espesor de la escuadra de refuerzo ( $e_{er}$ ) y la distancia entre el borde de la bandeja al centro del agujero de 8.3 mm ( $s_c$ ), ver figura 7.

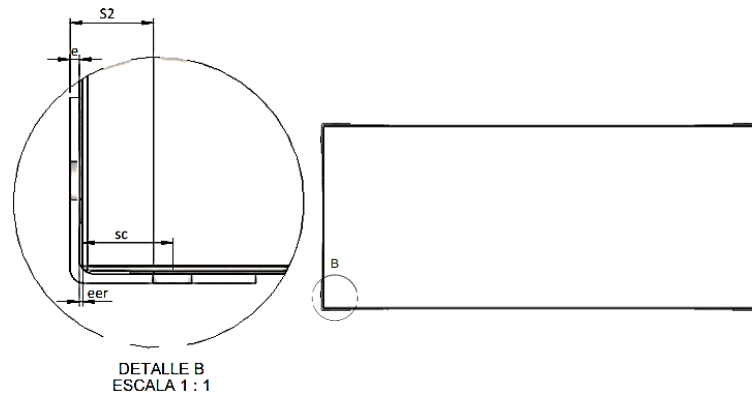


Figura 7. separación entre el borde lateral del ángulo metálico al borde de los agujeros y ranuras.

$$S_2 = e + e_{er} + s_c - r \quad (3)$$

$$S_2 = 17.85 \text{ mm}$$

Finalmente en la figura 8 se indica la disposición de los agujeros producidos en un solo golpe de la máquina troqueladora, tres agujeros de  $\varnothing 8.3$  mm y tres ranuras de (8.3 x 20) mm.

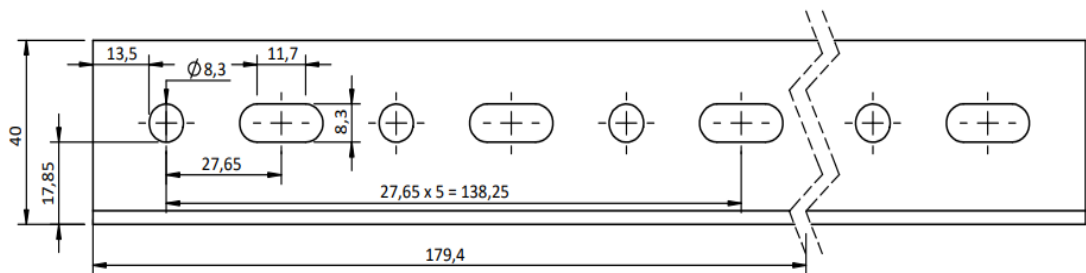


Figura 8. Disposición de las geometrías.

### 2.2.3. Matriz de corte

El troquel o matriz de corte es un herramental que al ser instalado en una prensa permite realizar cortes o perforaciones en láminas metálicas.

La matriz de corte se compone principalmente por uno o varios punzones dependiendo del corte requerido y de una placa matriz con perforaciones correspondientes a los punzones. Los componentes se detallan en la figura 9.

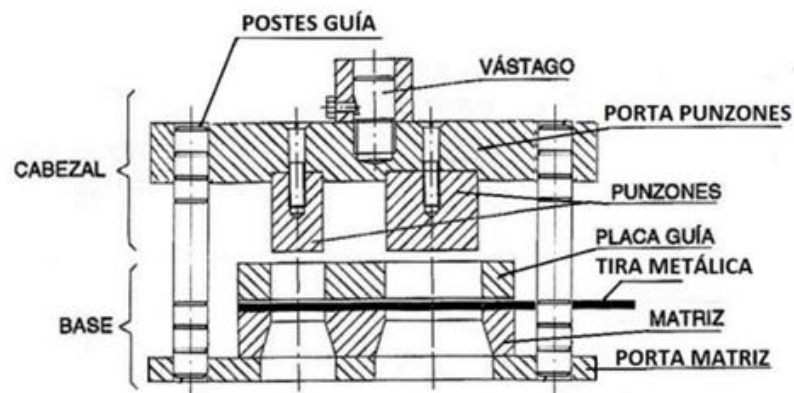


Figura 9. Componentes de la matriz de corte [11].



El material para trabajar se apoya en la matriz, mientras los punzones descienden sobre el material, la perforan e introducen el material cortado en las perforaciones de la matriz, además posee un ángulo de desfase que permite la salida del material [12].

Se debe garantizar que los punzones y las perforaciones de la matriz se encuentren perfectamente centrados a lo largo de toda la carrera, esta condición permite el corte adecuado del material, es decir sin que presente defectos como la rebaba y en casos más extremos, el choque de los punzones con la matriz haciendo que estos se fracturen [12].

### **Clasificación estructural de las matrices de corte.**

- **Sin guía de punzón.**

La parte móvil se constituye al fijar el punzón en la prensa. La pestaña presente en la guía hace la función de tope en la extracción del retal del punzón [13].

La configuración de este tipo de troquel se puede observar en la figura 10.

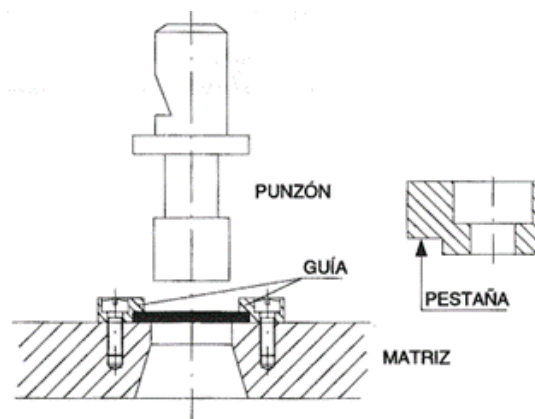


Figura 10. Matriz de corte sin guía de punzón [13].

- **Con punzón auxiliar paso-banda**

Cuenta con un punzón auxiliar cuya longitud mayor de la sección transversal es igual al paso. Este punzón corta parte de la bandeja en alguno de sus laterales dejando un saliente el cual sirve de tope en el avance por cada prensado [13].

El punzón auxiliar realiza un corte igual al paso y otro menor a la longitud de la sección transversal, tal como se indica en la figura 11.

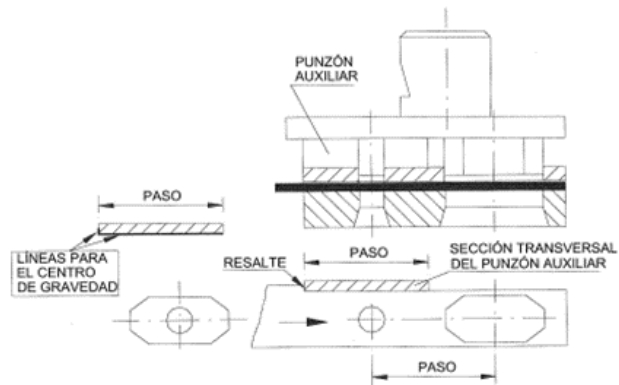


Figura 11. Matriz de corte con punzón auxiliar paso-banda [13].

- **Con guía de punzones**

La placa guía se fija a la placa matriz y a su vez cumple la función de extractor. Este tipo de matriz de corte se indica en la figura 12 la cual puede tener uno o varios punzones [13].

La disposición de varios punzones permite el troquelado de piezas con agujeros equidistantes de paso doble evitando los esfuerzos concentrados, siendo este tipo el ideal para la fabricación de la matriz de corte para ángulo ranurado.

También suelen ser utilizados para troquelado progresivo en la obtención de piezas punzonadas y con posterior corte en el contorno exterior.

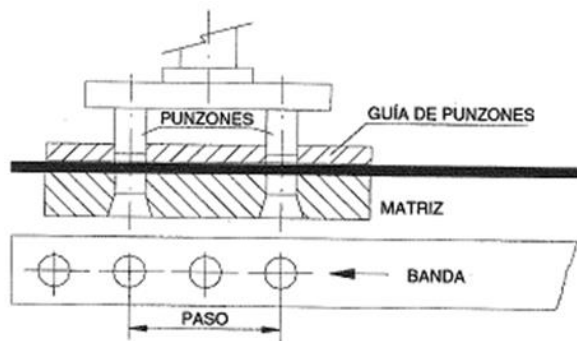


Figura 12. Matriz de corte con guía de punzones [13].

#### 2.2.4. Cálculo de fuerzas necesarias en el corte

##### Fuerza de corte.

En el proceso de corte del material, se requiere superar la resistencia que este opone a ser cortado, esta fuerza es necesaria para determinar si el tamaño de la prensa es el adecuado para realizar el proceso, ver figura 13.

Según [14], la fuerza de corte viene dada por la ecuación (4).

$$F_c = 0,7S_u tL \quad (4)$$

Donde:

$F_c$  = Fuerza de corte.

$S_u$  = Resistencia ultima a la tensión.

$t$  = espesor del material.

$L$  = longitud.

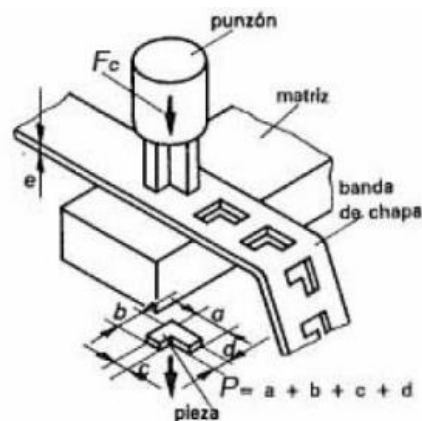


Figura 13. Fuerza de corte [15].

Para el cálculo de la fuerza de corte se tendrá que analizar las fuerzas necesarias para producir las tres perforaciones circulares y tres tipos ranura con las dimensiones que se indican en la figura 14.

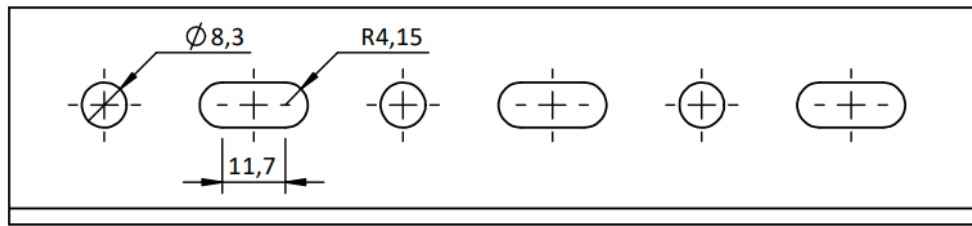


Figura 14. Dimensionamiento de las perforaciones.

Se procede con los siguientes datos:

$$S_u = 550 \text{ MPa (Ver Anexo A1).}$$

$$t = 2 \text{ mm.}$$

La longitud  $L_1$  para realizar la perforación circular se calcula con la ecuación (5).

$$L_1 = \emptyset * \pi \quad (5)$$

$$L_1 = 8.3 \text{ mm} * \pi$$

$$L_1 = 26.08 \text{ mm}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (4) la fuerza de corte para producir la perforación circular es:

$$F_{c1} = 0,7S_u t L_1$$

$$F_{c1} = 20081.6 \text{ N}$$

$$F_{c1} = \mathbf{2.048 \text{ Ton}}$$

La longitud  $L_2$  para la ranura, se calcula con la ecuación (6) donde se suma los dos perímetros de las semicircunferencias y dos veces la longitud de la ranura.

$$L_2 = 2 * \frac{2\pi r}{2} + 2l \quad (6)$$

$$L_2 = 49.48 \text{ mm}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (4) la fuerza de corte para producir la perforación tipo ranura es:

$$F_{c2} = 0,7S_u tL_2$$

$$F_{c2} = 38099.6 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{c2} = 3.89 \text{ Ton}}$$

La fuerza de corte necesaria para producir todas las perforaciones se calcula con la ecuación (7).

$$F_C = 3F_{c1} + 3F_{c2} \quad (7)$$

$$F_C = 174543.6 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_c = 17.8 \text{ Ton}}$$

Durante el proceso de corte entre el material y matriz se genera un fuerte rozamiento, debido a esto se debe incrementar la fuerza de corte un valor para que supere esta fuerza, este incremento influye al momento de selección de la fuerza que se aplica en la máquina troqueladora.

Según [13], se determina con la ecuación (8).

$$F_{c'} = K * F_C \quad (8)$$

Donde:

$F_{c'}$  = Fuerza de corte total.

K = Factor de seguridad (1.1 - 1.2).

$F_C$  = Fuerza de corte.

$$F_{c'} = 1.1 * F_C$$

$$F_{c'} = 191997.96 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{c'} = 19.58 \text{ Ton}}$$

La fuerza calculada de  $F_{c'} = 19.58 \text{ Ton}$  resulta menor a la capacidad de tonelaje de la máquina troqueladora de 40 Ton que posee la empresa, esto quiere decir que es adecuada para realizar el proceso de corte o punzonado.

## Fuerza de extracción

Esta fuerza es la requerida para que el recorte de material sea separado del punzón, así como se indica en la figura 15.

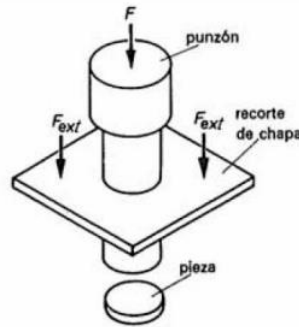


Figura 15. Fuerza de extracción [15].

En la tabla 2 se indica distintos valores para la fuerza de extracción en función del perímetro y la zona que hay que seccionar.

Tabla 2. Valor de la fuerza de extracción [13].

Valor de la $F_{ext}$	Perímetro y zona por seccionar	Ilustración
$7\%F_c$	Amplias zonas sobrantes.	
$4\%F_c$	Con entrantes y alguna zona amplia del material sobrante.	
$2\%F_c$	Material sobrante mínimo normalizado.	

Se seleccionó un valor de  $7\%F_c$  debido a que, en el proceso de corte el material que es extraído del ángulo metálico es mínimo.

$$F_{ext} = 7\%F_c \quad (9)$$

$$F_{ext} = 12218.05 \text{ N} = \mathbf{1.25 \text{ Ton.}}$$

## Fuerza de expulsión

La fuerza de expulsión es necesaria para extraer el material desecho de la matriz. Ver figura 16.

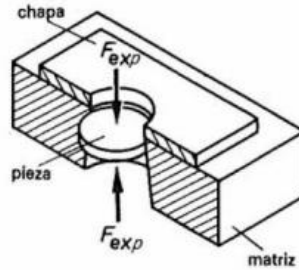


Figura 16. Fuerza de expulsión [15].

Según [13], la fuerza de expulsión se determina con la ecuación (10) y se calcula independientemente para cada punzón.

$$F_{exp} = 1.5\%F_c \quad (10)$$

Para calcular la fuerza de expulsión del punzón circular,  $F_{c1} = 20081.6 \text{ N}$ .

$$F_{exp1} = 1.5\%F_{c1}$$

$$F_{exp1} = 301.22 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{exp1} = 0.031 \text{ Ton}}$$

Para la fuerza de expulsión del punzón de tipo ranura,  $F_{c2} = 38099.6 \text{ N}$ .

$$F_{exp2} = 1.5\%F_{c2}$$

$$F_{exp2} = 571.49 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{exp2} = 0.058 \text{ Ton}}$$

## 2.2.5. Diseño de los componentes

### Punzones

Los punzones son los encargados de producir el corte en el ángulo acorde a las medidas y tolerancias establecidas en los planos. Poseen la forma de las perforaciones a producir y realizan el corte al ser introducidos en los agujeros de la matriz [13].

- **Material**

El material empleado para la fabricación de los punzones es AISI DF-2, en el (Anexo A2) se menciona que este tipo de acero es ideal para realizar trabajos en frío.

Se aplicaron tratamientos térmicos de temple y revenido a 62 HRC. El templado proporciona a los punzones una alta dureza y resistencia al desgaste, manteniendo una buena tenacidad. Después del templado, los punzones se someten a un proceso de revenido con la finalidad de reducir la fragilidad y mejorar la tenacidad.

- **Dimensiones**

Al tratarse de pequeñas secciones, el perfil constante del punzón reducirá su longitud. Los punzones se someten a un esfuerzo de flexión lateral, así que se puede hacer la consideración de que se comportan como una viga sometida a pandeo tal como se indica en la figura 17.

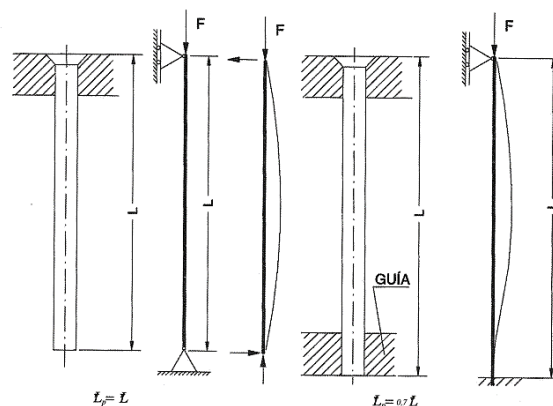


Figura 17. Representación del pandeo en un punzón [13].

Para determinar la longitud máxima del punzón, se parte de la fórmula de Euler.



$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I_g}{L_p^2} \quad (11)$$

Donde:

$P_{cr}$  = Fuerza crítica o de pandeo.

$E$  = módulo de elasticidad.

$I_g$  = momento de inercia.

$L$  = longitud máxima del punzón.

Con la consideración de que para que se produzca la rotura por cizallado, la fuerza crítica o de pandeo  $P_{cr}$  es igual a la fuerza de corte  $F_c$ . Despejando de la ecuación (11) la longitud máxima es:

$$L_p = \sqrt{\frac{\pi^2 \times E \times I_g}{F_c}}$$

A continuación, se procede a calcular el pandeo para el punzón circular, debido a que es el de menor tamaño y es más susceptible al pandeo,  $F_c = F_{c1} = 20081.6$  N, mientras que la inercia se determina por:

$$I_g = \frac{\pi}{4} \times r^4$$

$$I_g = 232.96 \text{ mm}^4$$

$E = 190000$  MPa (ver Anexo A2).

Por lo tanto, la longitud máxima es:

$$L_p = 147.5 \text{ mm}$$

La longitud escogida para los punzones es de 65 mm, debido a que es una medida estandarizada para este tipo de punzones.

El diámetro mínimo admisible del punzón para agujeros circulares debe ser igual al espesor del material, según [13] se determina con la ecuación (12).

$$D_{\min} = t \sqrt[3]{\frac{S}{35}} \quad (12)$$

Donde:

S = Resistencia a la cizalladura

t = espesor del material

Según [16], la resistencia a la cizalladura del acero A36 es S = 44 ksi o 30.94 kp/mm<sup>2</sup>.

Reemplazando en (12) se obtiene:

$$D_{\min} = 2 \sqrt[3]{\frac{30.94}{35}}$$

$$D_{\min} = 1.92 \text{ mm}$$

### Punzón circular

Para el diseño de los punzones circulares se basó en el catálogo del fabricante Moeller, en la figura 18 se indica la nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta circular y en el Anexo B1 las distancias y diámetros recomendados

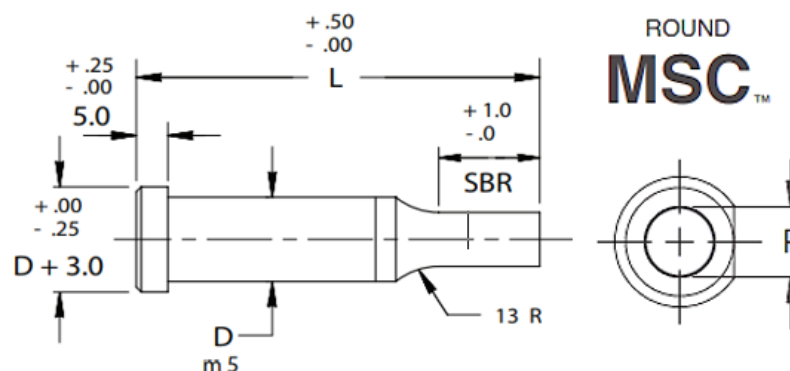


Figura 18. Nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta circular [17].

Las características principales del punzón son: la forma de la cabeza, se seleccionó un tipo de cabeza cilíndrica ya que facilita la sujeción y centrado; los punzones se sujetan

en la placa porta punzones mediante un escalonado a presión; la parte activa o zona cortante del punzón es plana y perpendicular al avance de corte.

En la figura 19 se presenta el punzón de longitud total (L) de 65 mm para realizar los agujeros de Ø 8.3 mm, la cabeza posee un Ø de 18 mm con un espesor de 5 mm, esto ayuda a la sujeción con la placa porta punzones; el cuerpo (D) posee un Ø de 13 mm, lo cual proporciona resistencia y estabilidad estructural; la punta (P) tiene la forma específica de la forma a cortar, es decir es circular y posee un Ø de 8.3 mm con una longitud (SBR) de 30 mm.

La conicidad en este tipo de elementos ayuda a la distribución uniforme de las fuerzas que se aplican al punzón, lo cual reduce las tensiones y concentraciones en un área específica, reduce el desgaste y riesgo de fracturas prematuras.

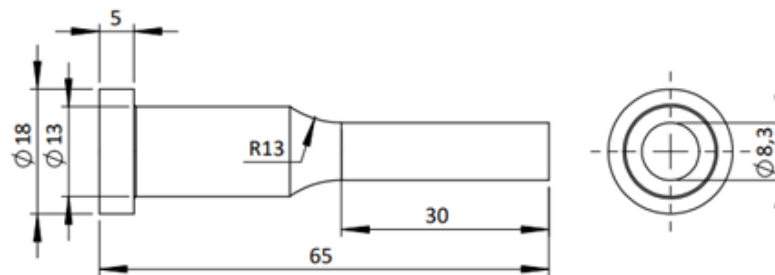


Figura 19. Dimensiones principales del punzón circular.

- **Factor de seguridad**

Para la validación del diseño se determinó el factor de seguridad del punzón circular partiendo de la siguiente ecuación planteada por [18].

$$n = \frac{\text{resistencia de pérdida de la función}}{\text{esfuerzo permisible}} = \frac{S}{\sigma} \quad (13)$$

Los términos esfuerzo y resistencia de la ecuación (13) deben ser del mismo tipo y tener las mismas unidades. También, el esfuerzo y la resistencia deben aplicarse a la misma ubicación crítica en la parte [18].

De este modo la ecuación (13) se puede traducir de la siguiente manera:

$$n_1 = \frac{\text{limite de fluencia}}{\sigma_1} \quad (14)$$

Mientras que el esfuerzo según [18] se determina con la ecuación (15).

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{A_1} \quad (15)$$

Donde:

$\sigma_1$  = Esfuerzo del punzón circular.

$P_1$  = Carga axial a la que está sometida el punzón circular.

$A_1$  = Área de la sección de interés.

Debido a que el punzón genera una fuerza en el material para producir el corte, esta hará que se produzca una fuerza en sentido contrario de igual magnitud, por lo que la zona cortante del punzón se somete a una fuerza de compresión con un valor igual al de  $F_{c1} = P_1 = 20081.6 \text{ N}$ .

El área que se necesita analizar es el de la sección que produce el corte en el material, así como se indica en la figura 20.

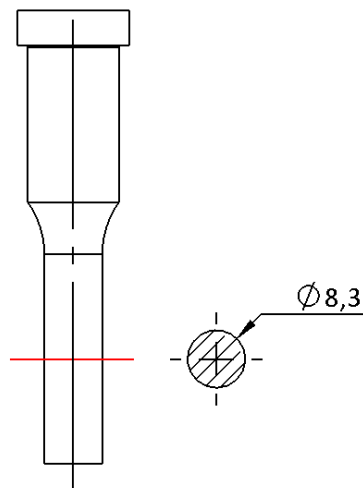


Figura 20. Área de la sección que produce el corte.

$$A = \frac{\pi \times \varnothing^2}{4} \quad (16)$$

$$A = 54.11 \text{ mm}^2$$

Reemplazando el área y la carga aplicada en (15), el esfuerzo es:

$$\sigma_1 = 371.13 \text{ MPa}$$

El límite elástico del material con el cual está construido el punzón (Acero DF-2), tiene un valor de 2200 Mpa (Ver Anexo A2).

Reemplazando los valores en la ecuación (14) el factor de seguridad del punzón circular es:

$$n_1 = 5.92$$

En la tabla 3 se presentan recomendaciones generales que tan sólo pretenden ayudar a situarse un poco en los valores de los factores de seguridad a esfuerzos más habitualmente utilizados en diseño por resistencia y análisis mecánico.

Tabla 3. Factores de seguridad recomendados en diseño mecánico [19].

Caso	Factor de Seguridad FS	Observaciones
1	1,25 ... 1,5	Para materiales excepcionalmente confiables usados bajo condiciones controladas y sujetos a carga y esfuerzos que pueden determinarse con exactitud. Una consideración muy importante es que casi siempre se usan para pesos pequeños.
2	1,5 ... 2	Para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constantes y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse con facilidad.
3	2 ... 2,5	Para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y sujetos a cargas y esfuerzos que puedan calcularse.
4	2,5 ... 3	Para materiales poco experimentados o para materiales frágiles en condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
5	3 ... 4	Para materiales no experimentados usados para condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo.
6	3 ... 4	Deberá también usarse con materiales mejor conocidos que vayan a usarse en condiciones ambientales inciertas o sujetos a cargas y esfuerzo inciertos.
7		Cargas repetidas: son aceptables los factores indicados en los puntos 1 al 6 pero debe aplicarse el límite de rotura por carga cíclica o esfuerzo de fatiga en lugar del esfuerzo de fluencia del material
8		Fuerza de impacto: son aceptables los factores dados en los puntos 3 al 6, pero deberá incluirse un factor de impacto.
9		Materiales frágiles: si se considera a la resistencia máxima ( $\sigma_R$ ) como la máxima teórica, los factores indicados en los puntos 1 al 6 deberán multiplicarse por 2.
10		Para el caso deseable de tener factores elevados, deberá efectuarse un análisis muy completo del problema antes de decidir sobre su uso.

El factor de seguridad obtenido indica que el punzón va a soportar los esfuerzos a estática. Sin embargo, la matriz de corte esta diseñada para soportar cargas repetitivas por lo que según el caso 7 de la tabla 3 para obtener el factor de seguridad para este tipo de cargas se deberá remplazar el límite de fluencia del material por el límite o resistencia a fatiga. Así como se indica en la ecuación (17).

$$n_f = \frac{S_e}{\sigma_{\text{máx}}} \quad (17)$$

Donde:

$n_f$  = factor de seguridad a fatiga.

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

$\sigma_{\text{máx}}$  = esfuerzo máximo.

La resistencia a la fatiga para aceros según [19] se puede estimar con la ecuación (18).

$$S'_e \cong 100 \text{ kpsi (700 MPa) para } S_{ut} \geq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \quad (18)$$

$S_{ut} = 2700 \text{ MPa (Ver Anexo A2)}$ .

Además, según [18] se consideran ciertos factores que modifican el valor del límite de resistencia a la fatiga los cuales se describen en la ecuación (19).

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (19)$$

Donde:

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

$k_a$  = factor de modificación por la condición superficial.

$k_b$  = factor de modificación por el tamaño.

$k_c$  = factor de modificación por la carga.

$k_d$  = factor de modificación por la temperatura.

$k_e$  = factor de confiabilidad.

$k_f$  = factor de modificación por efectos varios.

$S'_e$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Las irregularidades superficiales disminuyen de forma considerable el límite de resistencia a fatiga debido a que originan concentradores de tensiones.

La ecuación (20) sirve para determinar  $k_a$  mientras que en la tabla 4 se indica los valores de a y b según la condición superficial.

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (20)$$

Tabla 4. Parámetros para el factor de condición superficial [18].

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

El acabado superficial del punzón es esmerilado o rectificado por lo tanto reemplazando los valores de a y b en la ecuación (20) se obtiene:

$$k_a = 1.58 \cdot 2700^{-0.085} = 0.81$$

A medida que el tamaño de la pieza incrementa, también lo hace la posibilidad de encontrar un defecto en ella que origine el inicio de una grieta.

Según [18], el factor de tamaño  $k_b$  para carga axial no tiene efecto, por lo tanto:

$$k_b = 1 \quad (21)$$

Según [18], el factor de modificación de carga  $k_c$  para carga axial viene dado por:

$$k_c = 0.85 \quad (22)$$

El factor de temperatura  $k_d$  se determina con la ecuación (23), mientras en la tabla 5 se indica la resistencia a la tensión a la temperatura de operación  $S_T$  con respecto a la resistencia a la tensión a la temperatura ambiente  $S_{RT}$ .

$$k_d = S_T/S_{RT} \quad (23)$$

Tabla 5. Efecto de la temperatura en la resistencia a la tensión de acero [18].

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Dado que la matriz de corte trabaja en temperatura ambiente 20° C,  $k_d = 1$ .

El factor de confiabilidad  $k_e$  consigue aumentar la probabilidad de que la resistencia real de la pieza sea igual o mayor que el valor corregido. En la tabla 6 se indica el factor de confiabilidad seleccionado para una confiabilidad del 90% el cual es usado generalmente en el diseño.

Tabla 6. Factores de confiabilidad correspondientes a desviaciones porcentuales [18].

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

$$k_e = 0.897 \quad (24)$$



La presencia de irregularidades o discontinuidades en la superficie incrementa de manera significativa los esfuerzos en la vecindad de la discontinuidad por lo que habrá que determinar  $k_f$  factor de concentración del esfuerzo por fatiga el cual según [18] se determina con la ecuación (25).

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (25)$$

Donde:

$q$  = sensibilidad a la muesca.

$k_t$  = factor de concentración de esfuerzo.

$q$  y  $k_t$  se obtienen de las figuras 21 y 22 y respectivamente.

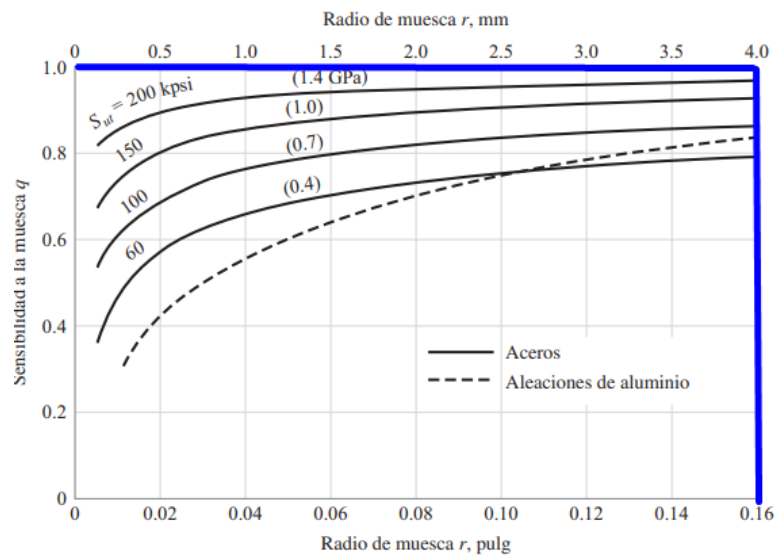


Figura 21. Sensibilidad a la muesca para carga axial en aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T [18].

El radio de la muesca es el filete de 13 mm que indica el cambio de sección entre el cuerpo  $D = 13$  mm y la zona cortante del punzón  $d = 8.3$  mm, ver figura 19.

De la figura 21 como recomendación según [18] para radios de muesca más grandes se deberá seleccionar los valores de  $q$  respecto a la ordenada  $r = 4$  mm, mientras que el  $S_{ut} = 2700$  Mpa por lo tanto se obtiene un valor de  $q = 1$ .

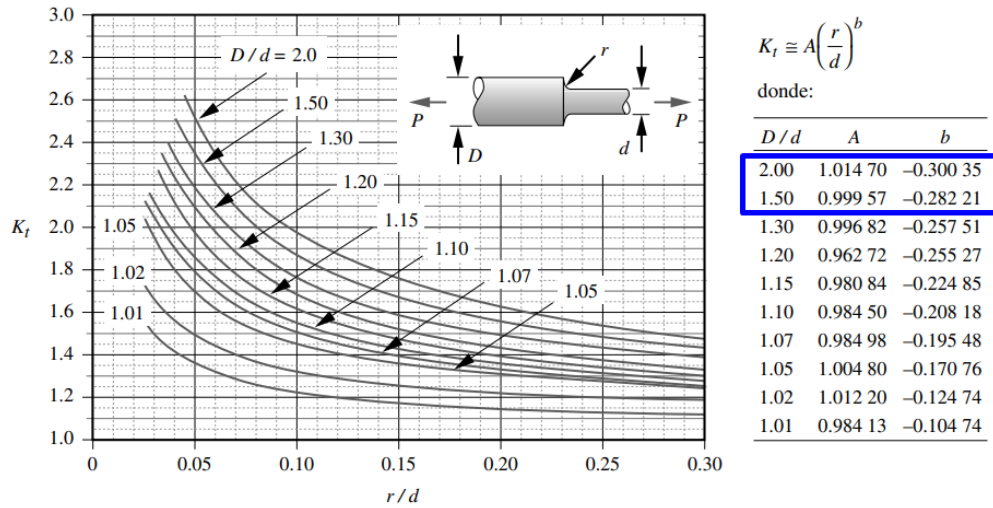


Figura 22. Factor de concentración de esfuerzos  $k_t$  para un eje con filete de hombro en tensión axial [19].

Para determinar  $k_t$  se utiliza la ecuación (26) que se indica en la figura 22.

$$k_t = A \left( \frac{r}{d} \right)^b \quad (26)$$

Los valores de A y b de la ecuación se obtienen interpolando los valores para un  $D/d = 1.57$ , ver figura 22.

$$k_t = 1.00138 \left( \frac{13}{8.3} \right)^{-0.28438}$$

$$k_t = 0.881$$

Reemplazando en la ecuación (25) el factor de concentración del esfuerzo por fatiga es:

$$k_f = 1 + 1(0.881 - 1)$$

$$k_f = 0.881$$

En la tabla 7 se indica un resumen de los factores calculados.

Tabla 7. Factores modificadores del límite de resistencia a fatiga.

$k_a$	0.81
$k_b$	1
$k_c$	0.85
$k_d$	1
$k_e$	0.897
$k_f$	0.881
$S'_e$	700

Reemplazando en la ecuación (19) el límite de resistencia a fatiga es:

$$S_e = 380.86 \text{ MPa}$$

Finalmente, el esfuerzo máximo según [18] determina con la ecuación (27).

$$\sigma_{\text{máx}} = k_f \sigma_o \quad (27)$$

Donde:

$\sigma_o$  = esfuerzo nominal.

El esfuerzo nominal para el punzón circular se calculó con anterioridad  $\sigma_o = \sigma_1 = 371.13 \text{ MPa}$ .

Reemplazando en la ecuación (27) el esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{\text{máx}} = 326.9 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación (17) se obtiene un factor de seguridad a fatiga de:

$$n_f = 1.2$$

Según el caso 7 expuesto en la tabla 3 son aceptables todos los factores de seguridad indicados para todos los casos de 1 a 6, por lo tanto, el punzón también soporta esfuerzos o cargas repetitivas.

Para comprobación del cálculo de factor de seguridad y un análisis en toda la geometría del punzón se procedió a realizar un análisis de elementos finitos (FEA). En primera instancia se ejecutó un análisis estático estructural, en la figura 23 se indica las propiedades del material utilizado (Acero DF2).

Properties of Outline Row 4: ACERO DF2				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7800	kg m <sup>-3</sup>	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's Mo...		
6	Young's Modulus	1,9E+05	MPa	
7	Poisson's Ratio	0,27		
8	Bulk Modulus	1,3768E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,4803E+10	Pa	
10	Compressive Yield Strength	2200	MPa	

Figura 23. Introducción de propiedades Acero DF2.

Cabe destacar que los únicos parámetros utilizados para el análisis estático son el módulo de elasticidad y el coeficiente de poisson, ya que en estos casos el término de la densidad desaparece de la ecuación de comportamiento.

El siguiente paso será modelar el punzón para el análisis con las medidas establecidas anteriormente. En la figura 24 se indica el punzón diseñado.

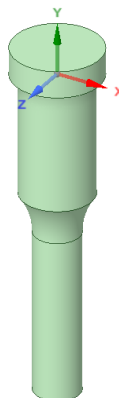


Figura 24. Modelado punzón circular.

El mallado del punzón se hizo con un tamaño de elemento de 1 mm, tal como se indica en la figura 25.

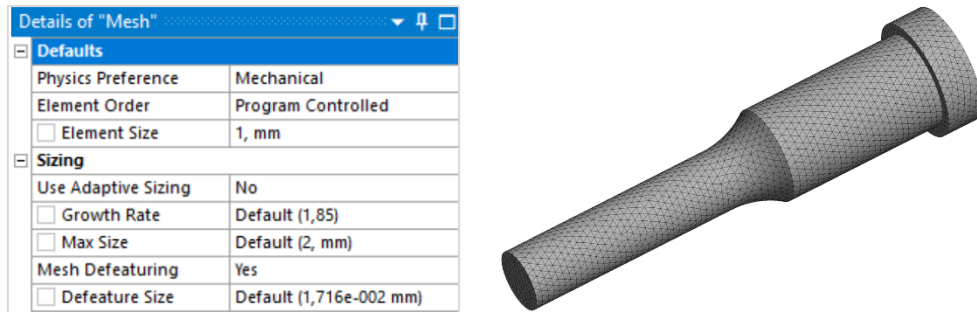


Figura 25. Parámetros de mallado del punzón circular.

A continuación, se procede a añadir las condiciones de contorno y las fuerzas que intervienen durante el proceso, ver figura 26. En este caso la sujeción va a situarse en la cabeza del punzón ya que estará dentro de la placa porta punzones y para el cuerpo del punzón se han restringido los desplazamientos en los ejes.

El punzón produce una fuerza para realizar el corte en el ángulo metálico por lo que habrá una fuerza igual con sentido contrario al punzón, de esta manera la base del punzón se somete a una fuerza de compresión igual al valor de la fuerza de corte  $F_{c1} = 20081.6 \text{ N}$ .

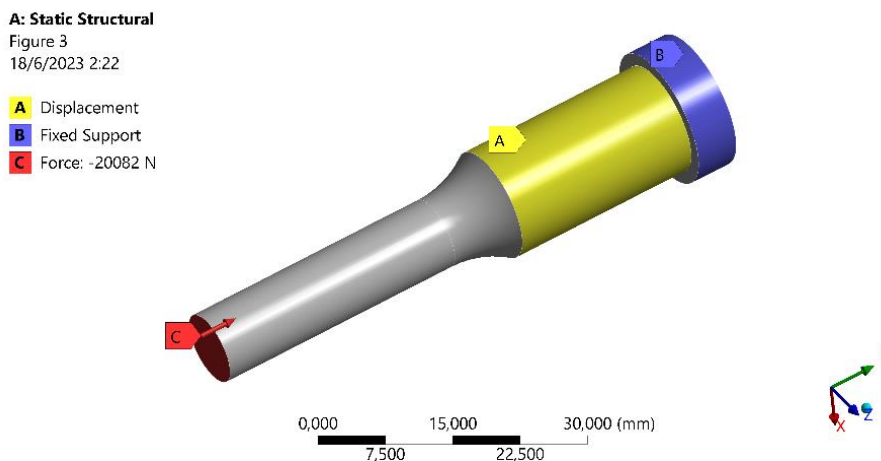


Figura 26. Condiciones de contorno y cargas de en el punzón circular.

En la figura 27 se indica las tensiones a la que está sometida el punzón circular.

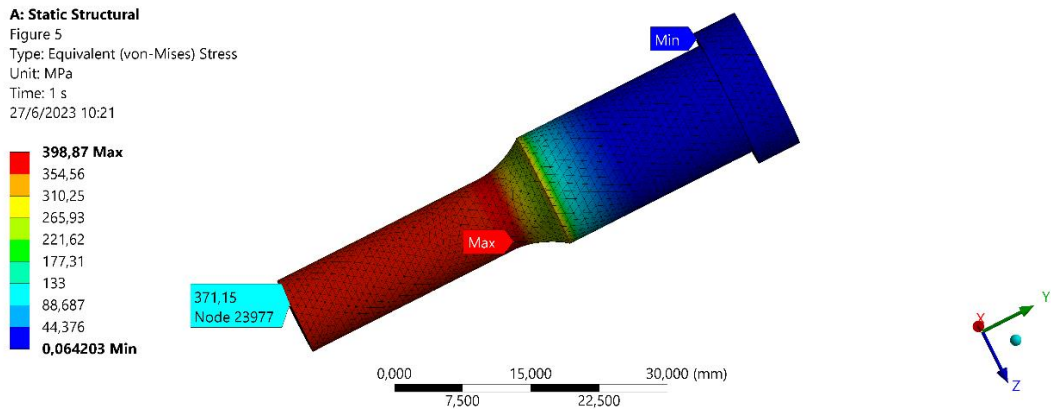


Figura 27. Tensiones Von-Mises punzón circular.

Como se puede observar la tensión en la zona de corte es similar a la calculada 371.15 Mpa, se distribuye de igual manera en toda la superficie de la zona cortante y alcanza su valor máximo en el inicio del cambio de sección entre la zona cortante y el cuerpo del punzón con un valor de 398,87 Mpa, por lo que se procede a calcular el factor de seguridad con la tensión máxima con el fin de obtener un factor más acertado:

$$n_1 = \frac{2200 \text{ MPa}}{398.87 \text{ MPa}}$$

$$n_1 = 5.52$$

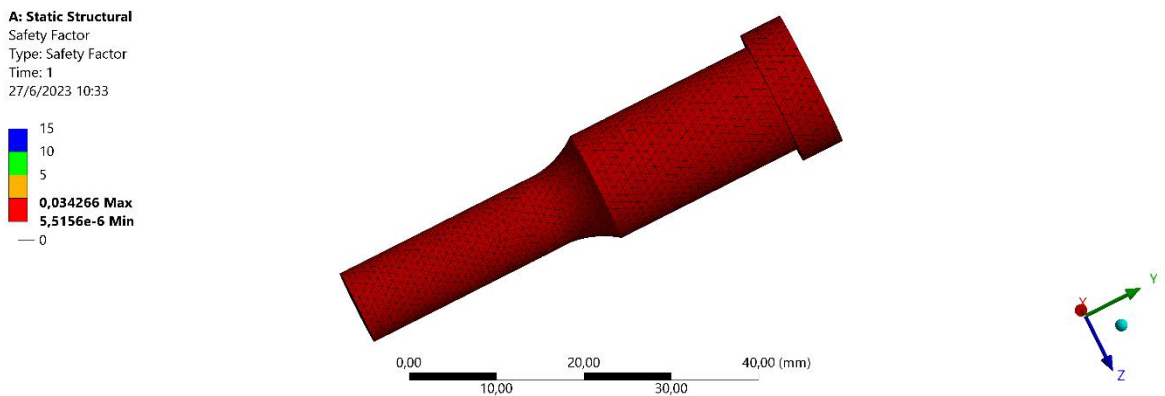


Figura 28. Factor de seguridad del punzón circular mediante FEA.

## Punzón tipo ranura

En la figura 29 se indica la nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta ranurada y en el (Anexo B1) las distancias y diámetros recomendados.

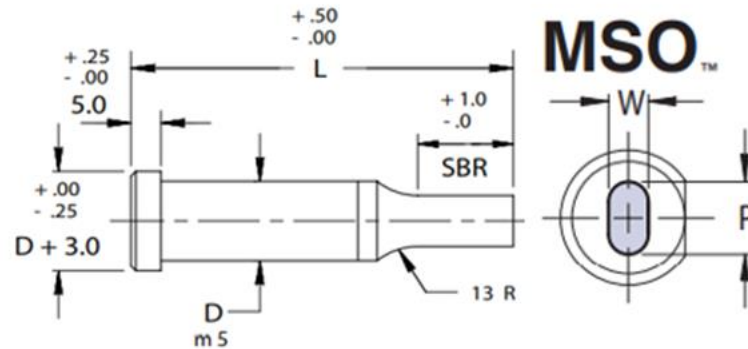


Figura 29. Nomenclatura para punzones de hombro sólido con punta ranurada [17].

Las características principales del punzón son las mismas que se establecen para el punzón circular:

En la figura 30 se presenta el punzón de longitud total (L) de 65 mm para realizar las ranuras de (8.3 x 20) mm, la cabeza posee un  $\varnothing$  de 28 mm con un espesor de 5 mm, esto ayuda a la sujeción con la placa porta punzones; el cuerpo (D) posee un  $\varnothing$  de 13 mm, lo cual proporciona resistencia y estabilidad estructural; la punta (WP) tiene la forma específica de la forma de la ranura a perforar (8.3 x 20) mm con una longitud (SBR) de 30 mm.

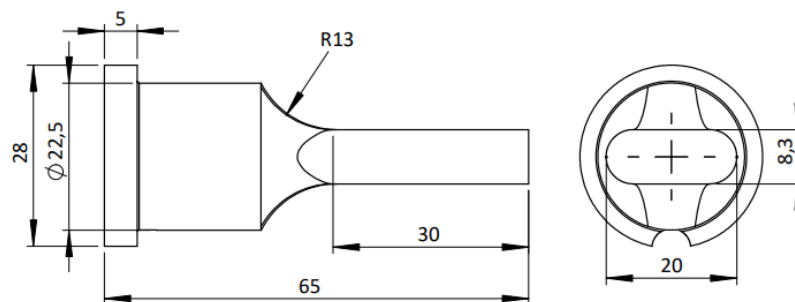


Figura 30. Dimensiones principales del punzón tipo ranura.

- **Factor de seguridad**

Para la validación del diseño el factor de seguridad del punzón tipo ranura  $n_2$  sigue el mismo procedimiento que el punzón circular y se determina con la ecuación (28).

$$n_2 = \frac{\text{limite elástico}}{\sigma_2} \quad (28)$$

Mientras que el esfuerzo se calcula con la ecuación (29)

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{A_2} \quad (29)$$

Donde:

$\sigma_2$  = Esfuerzo del punzón tipo ranura.

$P_2$  = Carga axial a la que está sometida el punzón tipo ranura.

$A_2$  = Área de la sección de interés.

La carga axial  $P_2$  es una carga de compresión aplicada en la zona de corte del punzón con magnitud igual a la fuerza de corte  $F_{c2} = 38099.6$ .

El área que se necesita analizar es el de la sección que produce el corte en el material, así como se indica en la figura 31.

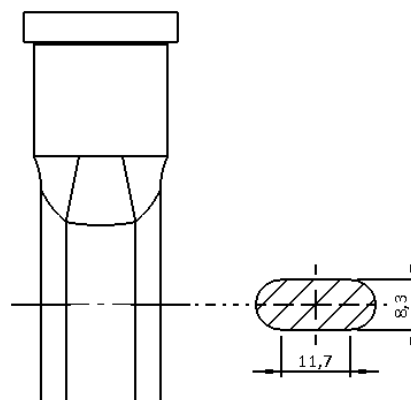


Figura 31. Área de la sección que produce el corte.



$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} + b \times a \quad (30)$$

$$A = 151.22 \text{ mm}^2$$

Reemplazando el área y la carga aplicada en (18), el esfuerzo es:

$$\sigma_2 = 251.95 \text{ MPa}$$

Reemplazando el límite elástico del material y el esfuerzo en (17) se obtiene un factor de seguridad de:

$$n_2 = 8.73$$

El factor de seguridad obtenido indica que el punzón tipo ranura soporta los esfuerzos a estática. Sin embargo, al igual que el punzón circular se determinó que el componente soporta esfuerzos o cargas repetitivas.

Los factores que modifican el límite o resistencia a fatiga son los mismos que el punzón circular a excepción de  $k_f$ .

El radio de la muesca es el filete de 13 mm que indica el cambio de sección entre el cuerpo  $D = 22.5 \text{ mm}$  y la zona cortante del punzón  $d = 20 \text{ mm}$ , ver figura 30.

De la figura 21  $q = 1$ .

Los valores de A y b de la ecuación (26) se obtienen interpolando los valores para un  $D/d = 1.125$ , ver figura 22.

$$k_t = 0.98267 \left( \frac{13}{20} \right)^{-0.216515}$$

$$k_t = 1.1$$

Reemplazando en la ecuación (25) el factor de concentración del esfuerzo por fatiga es:

$$k_f = 1.1$$

Reemplazando en la ecuación (19) el límite de resistencia a fatiga es:

$$S_e = 475.54 \text{ MPa}$$

Finalmente, el esfuerzo máximo se determina con la ecuación (27).

El esfuerzo nominal para el punzón tipo ranura se calculó con anterioridad  $\sigma_o = \sigma_2 = 251.95 \text{ MPa}$

Reemplazando en la ecuación (27) el esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{\text{máx}} = 277.15 \text{ MPa}$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación (17) se obtiene un factor de seguridad a fatiga de:

$$n_f = 1.7$$

Para el análisis del factor de seguridad del punzón tipo ranura mediante (FEA) se considera el mismo material que el punzón circular, ver figura 17.

En la figura 32 se indica el punzón tipo ranura diseñado con las medidas establecidas en la figura 30.

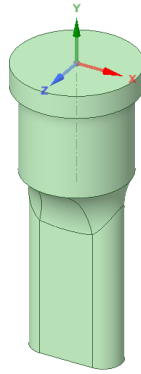


Figura 32. Modelado punzón tipo ranura.

El mallado del punzón se hizo con un tamaño de elemento de 1mm, tal como se indica en la figura 33.

Details of "Mesh"	
Display Style	Use Geometry Setting
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	1, mm
<b>Sizing</b>	
Use Adaptive Sizing	No
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1,85)
<input type="checkbox"/> Max Size	Default (2, mm)

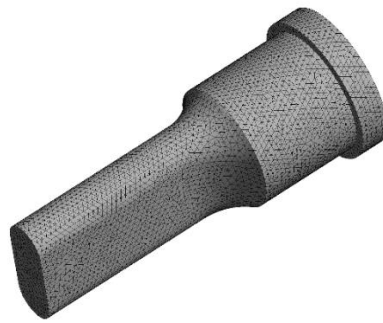


Figura 33. Parámetros de mallado del punzón tipo ranura.

Las condiciones de contorno y las fuerzas que intervienen durante el proceso se indican en la figura 34. Se fija la cabeza del punzón ya que estará dentro de la placa porta punzones y para el cuerpo del punzón se han restringido los desplazamientos en los ejes.

El punzón produce una fuerza para realizar el corte en el ángulo metálico por lo que habrá una fuerza igual con sentido contrario al punzón, de esta manera la base del punzón se somete a una fuerza de compresión igual al valor de la fuerza de corte  $F_{c2} = 38099.6 \text{ N}$ .

**A: Static Structural**  
 Figure  
 18/6/2023 19:25  
**A** Fixed Support  
**B** Displacement  
**C** Force: -38100 N

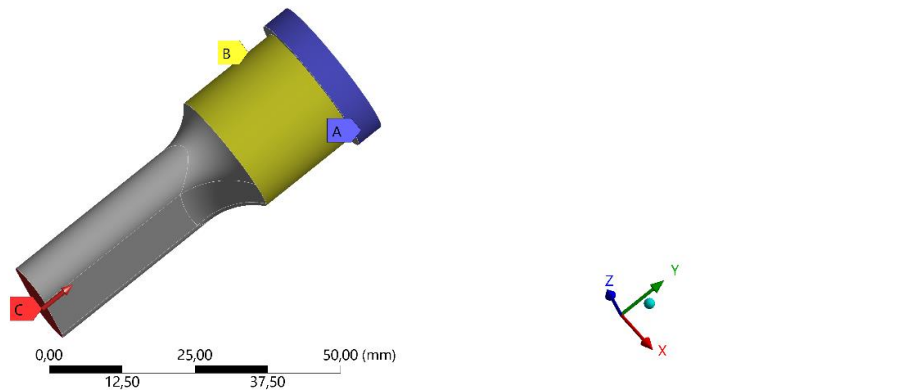


Figura 34. Condiciones de contorno y cargas en el punzón tipo ranura.

En la figura 35 se indica las tensiones a la que está sometida el punzón tipo ranura.

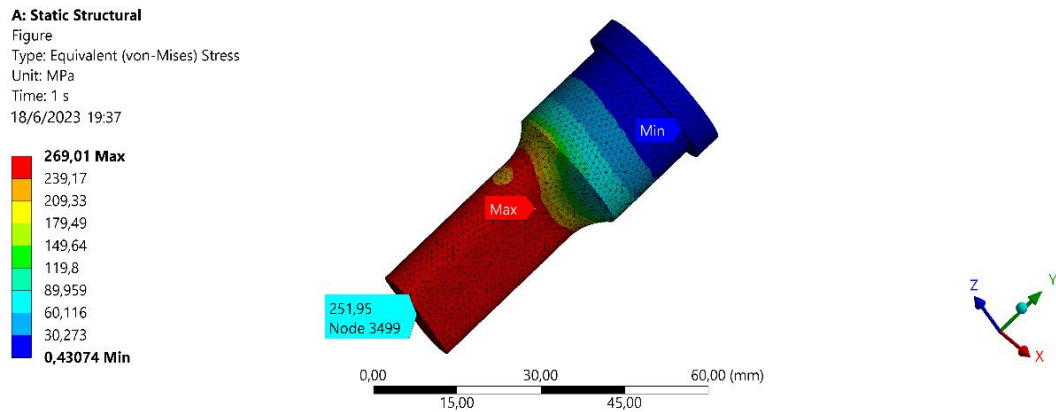


Figura 35. Tensiones Von-Mises punzón tipo ranura.

Como se puede apreciar la tensión en la zona que produce el corte es igual a la calculada 251,95 MPa y se distribuye de manera similar en toda su área, sin embargo al igual que el punzón circular presenta su tensión máxima en el cambio de sección entre la zona que produce el corte y el cuerpo del punzón con un valor de 269,01 MPa.

Una vez obtenido el valor de la tensión máxima, el factor de seguridad es:

$$n_2 = 8.18$$

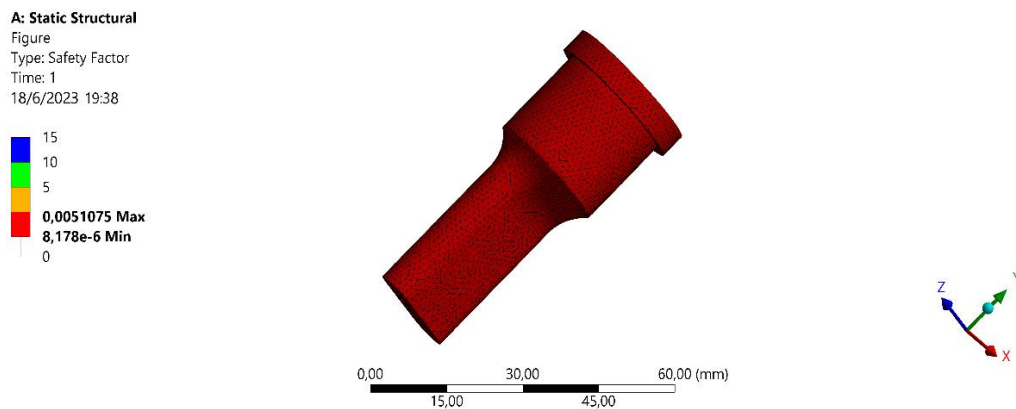


Figura 36. Factor de seguridad del punzón tipo ranura mediante FEA.

## Placa Matriz

La placa matriz tiene la finalidad de garantizar la calidad de las perforaciones producidas en el material. Es el componente que más esfuerzo soporta en el útil [20].

- **Material**

Para la fabricación de la placa matriz se emplea acero AISI DF-2 en el (Anexo A2) se indica que este acero es adecuado para la fabricación de herramientas sometidas a condiciones de trabajo exigentes y prolongadas.

Con la finalidad de mejorar la dureza y resistencia al desgaste se somete a tratamientos de templado y revenido para conseguir una dureza de 62 HRC, prolongando así la vida útil de la matriz y disminuyendo la necesidad de reemplazo con el tiempo.

- **Dimensiones**

El espacio  $c$  entre punzón y matriz, ver figura 37. Es uno de los parámetros más importantes en el proceso de corte o perforado del material.

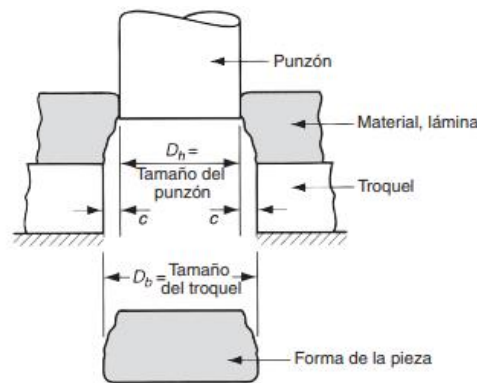


Figura 37. Espacio entre punzón y matriz [14].

El efecto de tener un espacio muy pequeño repercute en que las líneas de fractura tienden a sobremontarse generando un doble bruñido y por lo cual necesita mayor fuerza de corte, tal como se indica en la figura 38 (a), mientras que al tener un espacio demasiado grande se produce rebaba excesiva, ver figura 36 (b) [14].

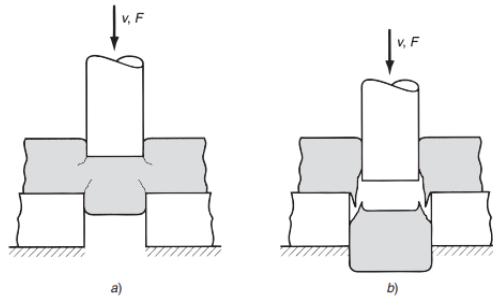


Figura 38. Efectos del espacio entre punzón y matriz [14].

El espacio según [14] se determina por la ecuación (31).

$$c = A_c t \quad (31)$$

Donde:

$c$  = espacio entre punzón y matriz.

$A_c$  = tolerancia del espacio.

$t$  = espesor del material.

Los valores de la tolerancia se clasifican en tres grupos de materiales y se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. tolerancias recomendadas según el tipo de material [14].

Grupo metálico	$A_c$
Aleaciones de aluminio 1100S y 5052S, todos los temple	0.045
Aleaciones de aluminio 2024ST y 6061ST; latón, todos los temple; acero suave laminado en frío; acero inoxidable frío	0.060
Acero laminado en frío, dureza media; acero inoxidable, dureza media y alta	0.075

Se trabajó con  $A_c = 0.075$ , debido a que el acero A36 es un acero de dureza media.

Reemplazando valores en (31) se tiene:

$$c = 0.075 \times 2$$

$$c = 0.15 \text{ mm}$$

El diámetro de la matriz que produce el agujero redondo  $\varnothing 8.3$  mm se determina con la ecuación (32):

$$D_b = D_h + 2c \quad (32)$$

Donde:

$D_b$  = Diámetro de la matriz

$D_h$  = Diámetro del punzón

$c$  = espacio entre punzón y matriz

sabiendo que  $D_h = 8.3$  mm y  $c = 0.15$  mm.

$$D_b = 8.6 \text{ mm}$$

En la figura 39 se indica la representación gráfica de los valores anteriormente calculados.

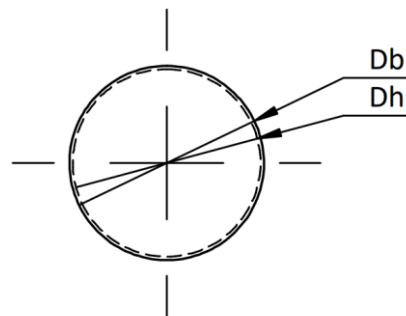


Figura 39. Dimensiones del punzón y matriz para el agujero redondo.

En la figura 40 se indica las dimensiones del punzón y la matriz para producir las ranuras.

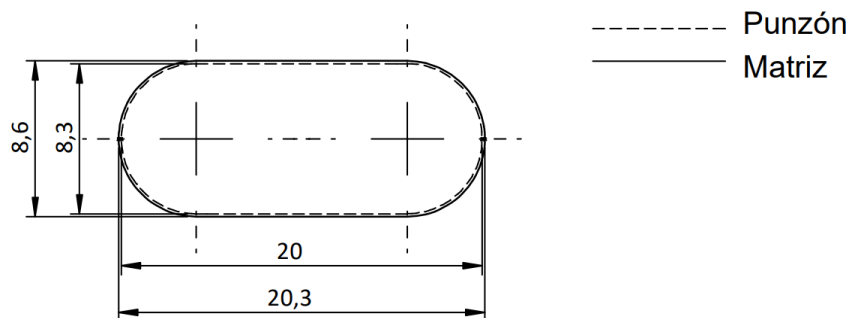


Figura 40. Dimensionamiento del punzón y matriz para la ranura.

Para la extracción del material desechado se incrementó 2 mm el diámetro de la matriz  $D_b$  debido a que sus dimensiones son pequeñas y también por facilidad al momento del mecanizado, ver figura 41.

El aumento del diámetro se inicia a una distancia de la cara superior de la matriz la cual será de 2 a 3 veces el espesor del material, sabiendo que el espesor del ángulo metálico es de 2 mm, se seleccionó una distancia de 6 mm.

Dicha distancia sirve para incrementar la duración de la matriz en cada afilado. Hay que considerar que, de no establecer esta distancia, tras cada afilado, el agujero de la matriz aumentara su diámetro [13].

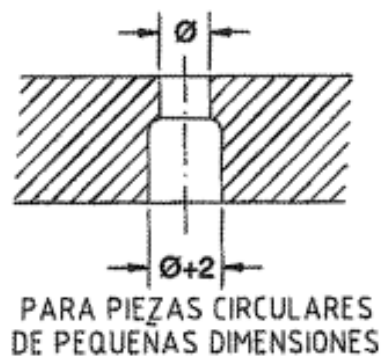


Figura 41. Salida del material desecho [13].

El espesor de la placa matriz oscila en un rango de 15 y 40 mm. Según [20], el espesor mínimo de la placa, para que no se produzca rotura, se calcula con la ecuación (33).

$$e_{\text{matriz}} = 0.6 \times \sqrt[3]{F_c} \quad (33)$$

Donde:

$e_{\text{matriz}}$  = espesor de la placa matriz.

$F_c$  = Fuerza de corte [daN].

Reemplazando el valor de  $F_c = 174528.2 \text{ N} \approx 17\,452.82 \text{ daN}$  en (33):

$$e_{\text{matriz}} = 15.56 \text{ mm}$$



Es aconsejable seleccionar valores superiores a los calculados ya que la fabricación de piezas muy ajustadas resulta frecuentemente en roturas y otras averías [20].

Se seleccionó un espesor de 22.5 mm considerando que en el mercado se encuentran placas normalizadas con espesor de 25 mm y posteriormente habrá que realizar un proceso de rectificado.

Además, el ángulo metálico se guiará sobre la placa matriz de manera que se estableció una distancia (f) de 7 mm para que no exista interferencias entre el ángulo metálico y la placa porta matriz, la placa matriz está centrada en la cavidad de la placa porta matriz con profundidad (g) de 5 mm, ver figura 42, con esta consideración  $e_{\text{matriz}}$  debe tener un espesor mayor al ancho del ángulo metálico (a).

A continuación, se procede a calcular el espesor complementario  $e'_{\text{matriz}}$  para que cumpla con todas las especificaciones mencionadas.

$$e'_{\text{matriz}} = a - t - e_{\text{matriz}} + f + g \quad (34)$$

$$e'_{\text{matriz}} = 27.5 \text{ mm}$$

La placa matriz se constituye en dos partes con el fin de reducir costos, la parte principal está fabricada en acero DF-2 con el espesor seleccionado previamente 22.5 mm y su complemento 27.5 mm en acero A36.

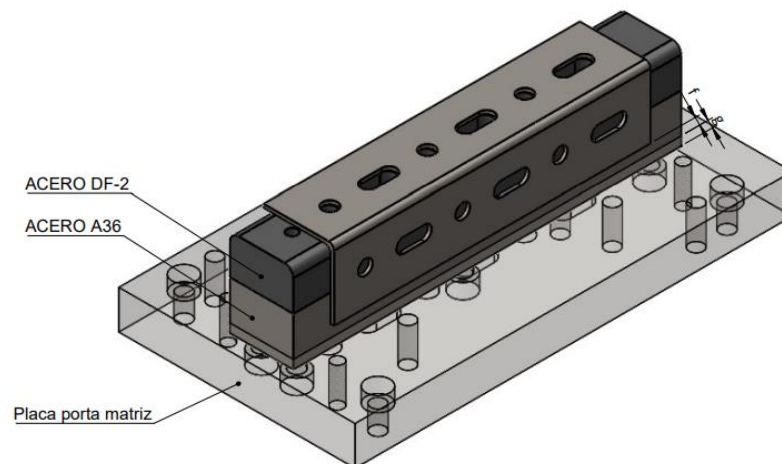


Figura 42. Ángulo metálico guiado en la placa matriz.

El largo y ancho de la placa matriz se puede establecer según el esquema presentado en la figura 43.

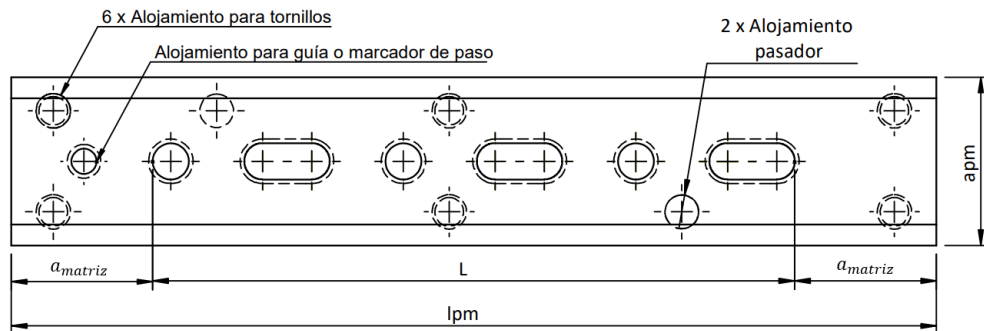


Figura 43. Dimensiones de la placa matriz.

Donde:

$a_{matrix}$  = distancia mínima desde una arista de corte hasta el borde de la placa matriz.

$a_{pm}$  = ancho de la placa matriz.

$l_{pm}$  = largo de la placa matriz.

$L$  = longitud desde la arista de corte inicial hasta la final.

Según [20],  $a_{matrix}$  se calcula con la ecuación (35).

$$a_{matrix} = 1.5 \times e_{matrix} \quad (35)$$

Para el desarrollo de los cálculos se trabajó con  $e_{matrix} = 22.5$  mm ya que el complemento añadido solo tiene la finalidad de alcanzar la altura para que el ángulo metálico no tenga interferencias al momento de ser guiado. Por lo tanto:

$$a_{matrix} = 33.75 \text{ mm}$$

Entonces,  $l_{pm}$  se calcula como la suma de la longitud desde la arista de corte inicial hasta la final  $L$  más 2 veces  $a_{matrix}$ .

$$L_{pm} = L + 2a_{matrix} \quad (36)$$

$$L_{pm} = 152.6 \text{ mm} + 2(33.75) \text{ mm}$$

$$L_{pm} = 220 \text{ mm}$$

El ancho de la placa matriz  $a_{pm}$  es igual al ancho del ángulo metálico  $a$ , lo cual permite que sea guiado durante el proceso de troquelado.

$$a_{pm} = 40 \text{ mm}$$

Debido al ancho reducido de la placa matriz, las distancias para posicionar las perforaciones de tornillos, guías y el marcador del paso se establecen de manera que no se encuentren muy cerca a los bordes de corte de las cavidades que producen las perforaciones circulares y ranuras, ver figura 44.

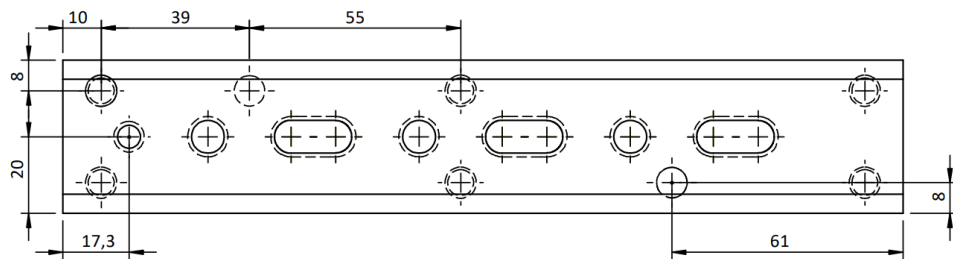


Figura 44. Distancias para tornillos, guías y marcador de paso en la placa matriz.

- **Factor de seguridad en pernos y pasadores**

Finalmente se realizó un análisis de cortante en los pernos y pasadores que unen la placa matriz y la placa complementaria con la finalidad de determinar la resistencia de estos.

Para el ensamble de matrices, se recomienda utilizar pernos de alta resistencia y calidad como los pernos de clase 8.8 o superiores. La placa matriz se fija con pernos Allen M8 clase 12.9 y pasadores  $\varnothing 8$  mm a la placa complementaria, esta última se encuentra fijada en la ranura de la placa porta matriz, mientras que la carga que afecta esta unión entre los componentes es la fuerza de corte necesaria para producir las perforaciones en el ángulo metálico  $F_C = 174543.6$  N, el esquema indicado en la figura 45 sirve para comprender como actúa dicha fuerza sobre la unión de los componentes.

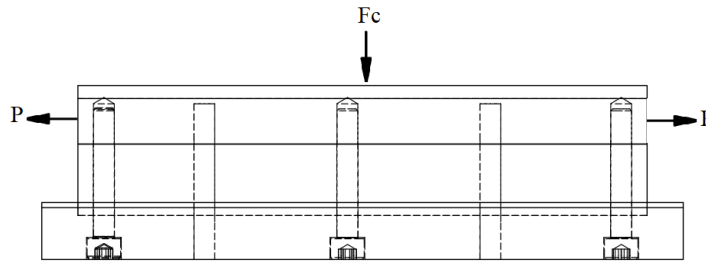


Figura 45. Análisis de cortante en los pernos que unen a placa matriz.

El esfuerzo cortante según [18] se determina con la ecuación (37).

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (37)$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante.

P = Fuerza cortante.

A = Área de la sección transversal perno o pasador.

El área de la sección transversal para un tornillo M8 y el pasador  $\varnothing$  8 mm es:

$$A = \left( \frac{\pi \times d^2}{4} \right) \quad (38)$$

$$A = 50.27 \text{ mm}^2$$

En la figura 46. se indica la fuerza cortante que afecta a uno de los pernos extremos que unen los componentes, debido a que la carga Fc genera un aplastamiento en la placa matriz y consecuentemente provocaría un levantamiento en sus extremos.

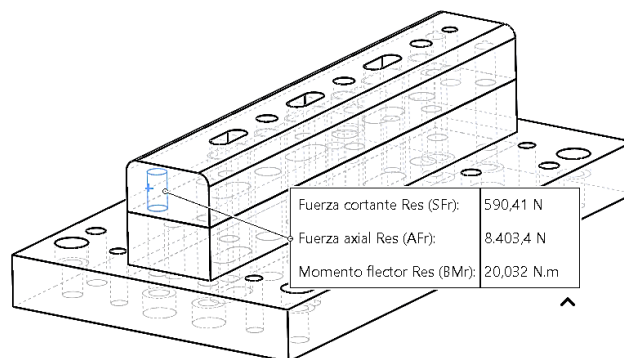


Figura 46. Fuerza cortante en los pernos M8.

El esfuerzo cortante a la que se somete el perno es.

$$\tau = \frac{590.41 \text{ N}}{50.27 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 11.75 \text{ MPa}$$

Con base a la teoría del esfuerzo cortante máximo, el factor de seguridad para los pernos y pasadores se puede determinar con la ecuación (39).

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad (39)$$

Donde:

$n$  = factor de seguridad.

$\tau$  = Esfuerzo cortante.

$S_{sy}$  = Resistencia a cortante.

La resistencia a la fluencia en cortante según [18] se calcula con la ecuación (40).

$$S_{sy} = 0.5S_y \quad (40)$$

Donde:

$S_y$  = Resistencia a la fluencia

La resistencia a la fluencia del perno es 1100 MPa. [18]

$$S_{sy} = 550 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad del perno es:

$$n = 46.81$$

A continuación, se calcula el esfuerzo cortante al que se somete los pasadores.

La fuerza cortante que afecta al pasador se indica en la figura 47.

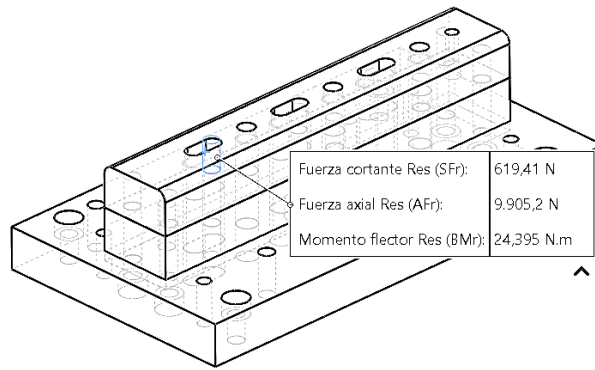


Figura 47. Fuerza cortante en los pasadores.

Reemplazando los valores en la ecuación (37) el esfuerzo a cortante en el pasador es:

$$\tau = \frac{619,41 \text{ N}}{50,27 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 12,32 \text{ MPa}$$

El material con el que se fabricó los pasadores es acero DF2 y su esfuerzo de fluencia antes de ser sometido a tratamientos térmicos a 25 HRC es  $72 \text{ kg/mm}^2 = 706 \text{ MPa}$  (ver anexo A3).

Reemplazando en la ecuación (40) la resistencia a cortante del pasador es:

$$S_{sy} = 353 \text{ MPa}$$

Reemplazando en la ecuación (39) el factor de seguridad para el pasador es el siguiente:

$$n = 28,65$$

### Placas paralelas

Estos componentes tienen la finalidad de servir como base para la placa extractor - guía, además el espacio entre la placa matriz y las placas paralelas (h) permite la formación de la ranura por donde el ángulo metálico será guiado sin interferencias (perfil rojo), ver figura 48.

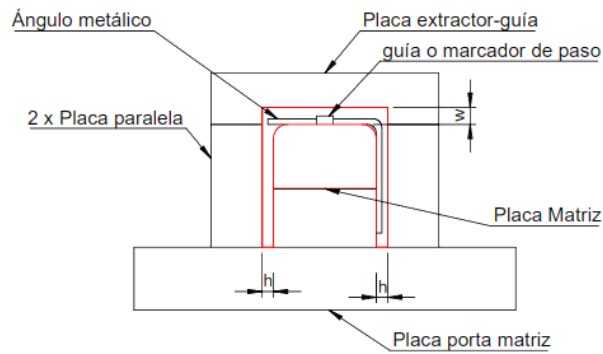


Figura 48. Placas que conforman la ranura por donde se guía el ángulo metálico.

$h$  puede ser 2 a 3 veces el espesor del material, en este caso  $h = 4$  mm.

### Material

El material con el que se fabricó estos componentes es acero A36.

### Dimensiones

El esquema indicado en la figura 49. Sirve como referencia para establecer las dimensiones principales de las placas paralelas.

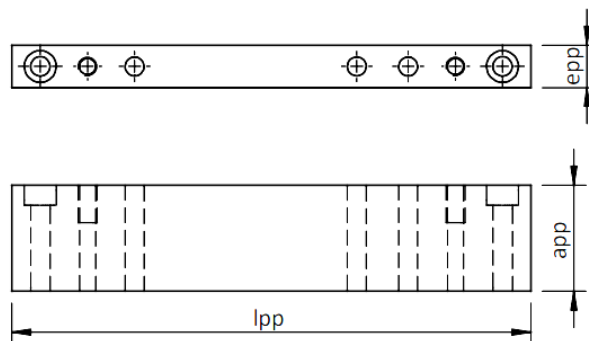


Figura 49. Dimensionamiento de las placas paralelas.

Donde:

$e_{pp}$  = espesor de la placa paralela.

$a_{pp}$  = ancho de la placa paralela.

$l_{pp}$  = largo de la placa paralela.

Se seleccionó  $e_{pp} = 18 \text{ mm}$  ya que en el mercado se pueden encontrar placas normalizadas de 20 mm y posteriormente se realiza un proceso de rectificado.

El ancho de la placa paralela  $a_{pp}$  se estableció considerando la altura final que alcanza la placa matriz desde la cara superior de la placa porta matriz.

$$a_{pp} = e_{matriz} + e'_{matriz} - g \quad (41)$$

$$a_{pp} = 43 \text{ mm}$$

Mientras que el largo de las placas paralelas debe coincidir con el de la placa matriz, entonces  $l_{pp} = 220 \text{ mm}$ .

Las placas paralelas cuentan con perforaciones para tornillos y pasadores; 2 tornillos y 2 pasadores que permiten la fijación y unión con la placa porta matriz, 2 tornillos y 1 pasador que la fijan y unen a la placa guía extractora. Las distancias para dichas perforaciones se indican en la figura 50.

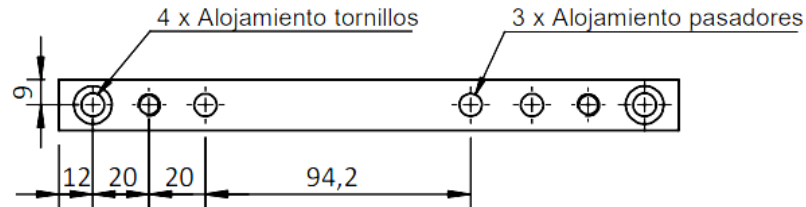


Figura 50. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en las placas paralelas.

- **Placa extractor-guía**

Se trata de un tipo de placa común a todos los utillajes de corte, sin embargo, según el tipo de matriz cumple distintas funciones:

1. Guiar a los punzones durante todo el recorrido de corte.
2. Cuando los punzones retroceden, el residuo del material que está adherido a su perímetro choca con la placa extractor-guía, lo que permite que se deslice longitudinalmente hasta que se extraiga por completo.



Posee los mismos agujeros de la placa matriz y tienen que estar alineados, el ajuste entre la placa guía y los punzones debe permitir el deslizamiento de estos últimos a través de la placa para garantizar un correcto funcionamiento de la matriz de corte.

### Material

El material utilizado para este componente es el acero A36, ya que esta placa no está sometida a grandes esfuerzos y además se trata de un acero fácil de mecanizar.

### Dimensiones

Las dimensiones principales de la placa extractor guía se puede establecer según el esquema indicado en la figura 51.

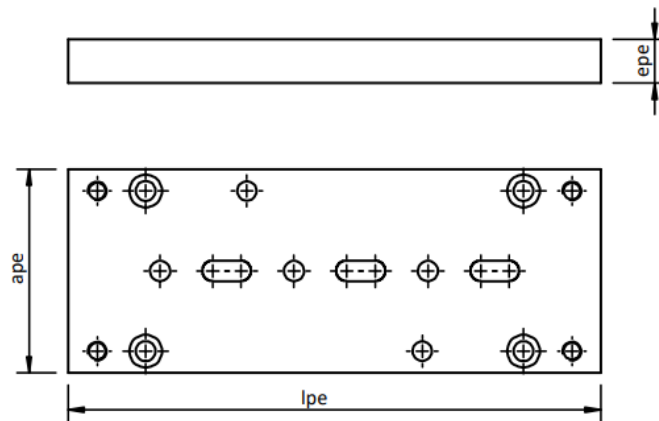


Figura 51. Dimensionamiento de la placa extractor-guía.

Donde:

$e_{pe}$  = espesor de la placa extractor-guía.

$a_{pe}$  = ancho de la placa extractor-guía.

$l_{pe}$  = largo de la placa extractor-guía.

El espesor de este componente depende principalmente de la longitud de los punzones. Según [20],  $e_{pe}$  se puede determinar con la ecuación (42).

$$e_{pe} = 0.4 \times l_{\text{punzones}} \quad (42)$$

En este caso la longitud que debe ser guiada comprende la sección con la forma específica de la perforación a producir circular y tipo ranura, ambos con una longitud (SBR) de 30 mm.

Con la consideración anterior  $l_{\text{punzones}}$  es igual a la longitud (SBR) de 30 mm, por lo tanto:

$$e_{pe} = 12 \text{ mm}$$

Al espesor calculado se debe considerar la distancia de la ranura ( $w$ ) que se indica en la figura 48.

$w$  puede ser 2 a 3 veces el espesor del material, en este caso  $w = 6 \text{ mm}$  esto con la finalidad de que el ángulo metálico sobrepase la altura del tope guía o marcador del paso y para que no exista interferencias con la superficie que lo limita.

Entonces el espesor resultante es:

$$e_{pe}' = e_{pe} + w \quad (43)$$

$$e_{pe}' = 18 \text{ mm}$$

El largo de la placa extractor-guía tiene que coincidir con el de la placa matriz, por lo tanto  $l_{pe} = 220 \text{ mm}$ , mientras que  $a_{pe}$  se establece de manera que cubra los otros componentes, ver figura 48.

$$a_{pe} = 2 \times e_{pp} + a_{pm} + 2 \times h \quad (44)$$

$$a_{pe} = 84 \text{ mm}$$

Además, posee perforaciones para tornillos y pasadores; 4 tornillos que permiten la unión con la placa portapunzones para el proceso de mecanizado, 4 tornillos y 2 pasadores que la fijan y unen a las placas paralelas, las distancias para realizar dichas perforaciones se muestran en la figura 52.

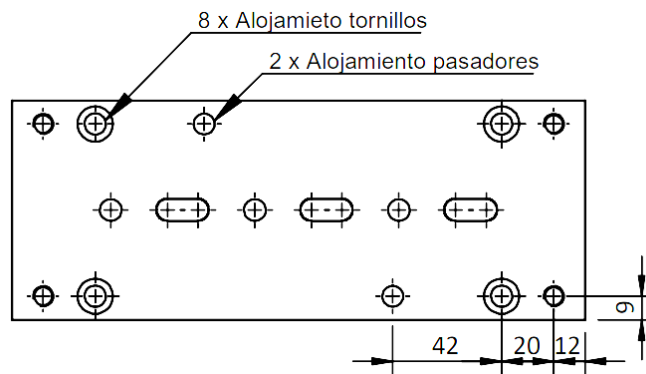


Figura 52. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en la placa extractor-guía.

- **Placa porta matriz**

La función de esta placa es la de alojar la placa matriz y mantenerla centrada durante todo el proceso de perforado del material.

**Material**

Este componente no está expuesto a grandes esfuerzos por lo que el material más idóneo es el acero A36.

**Dimensiones**

Las dimensiones principales de la placa matriz se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 53.

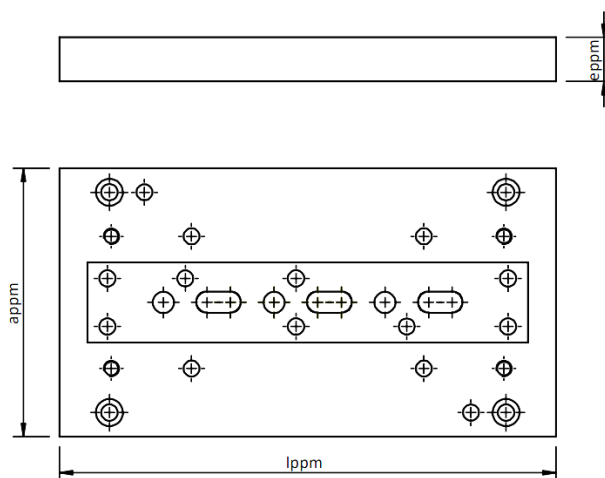


Figura 53. Dimensiones de la placa porta matriz.

Donde:

$e_{ppm}$  = espesor de la placa porta matriz.

$a_{ppm}$  = ancho de la placa porta matriz.

$l_{ppm}$  = largo de la placa porta matriz.

El espesor del componente se estableció considerando la profundidad (g) la cual aloja la placa matriz, ver figura 42. Se seleccionó un espesor  $e_{ppm} = 22$  mm partiendo de un espesor normalizado de 25 mm el cual posteriormente se somete a un proceso de cepillado por sus dos caras.

$a_{ppm}$  debe tener una dimensión mayor a la suma de todos los componentes que se montan sobre esta, ver figura 48.

La suma de todos los componentes es igual al ancho de la placa extractor guía  $a_{pe} = 80$  mm, además se debe considerar una distancia para que esta se pueda sujetar con la placa base, dicha distancia se establece desde el borde de la placa paralela al borde de la placa porta matriz ( $m \cong 27$  mm), así como se indica en la figura 54.

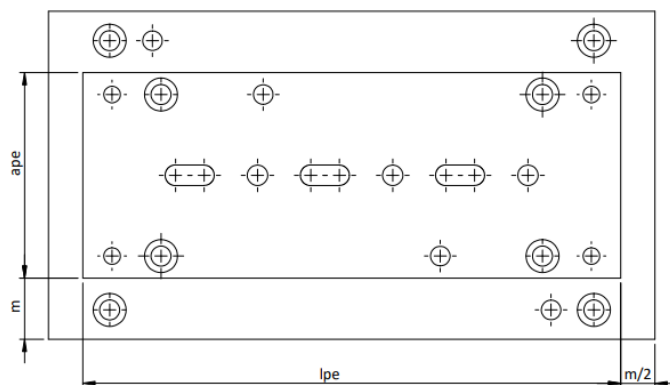


Figura 54. Distancias para la sujeción entre placa porta matriz y otros componentes.

$$a_{ppm} = a_{pe} + 2m \quad (45)$$

$$a_{ppm} = 134 \text{ mm}$$

Mientras que largo de la placa porta matriz debe ser mayor que el largo de la placa matriz  $l_{pm} = l_{pe} = 220$  mm y se calcula como:

$$l_{ppm} = l_{pe} + m \quad (46)$$

$$l_{ppm} = 247 \text{ mm}$$

En la figura 55 se indica las distancias para tornillos y pasadores; 4 tornillos y 2 pasadores que fijan y unen la placa base, 6 tornillos y 2 pasadores que fijan y unen la placa matriz, 4 tornillos y 4 pasadores que fijan y unen las placas paralelas. Estas distancias están dispuestas de manera que queden centradas a las perforaciones de los componentes anteriormente mencionados.

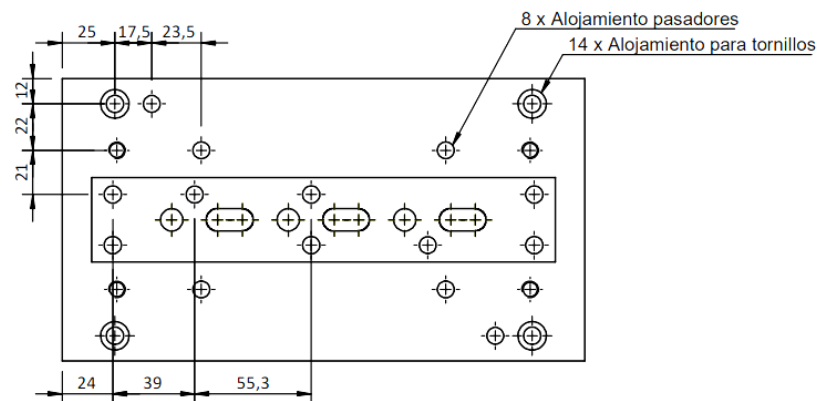


Figura 55. Distancias para perforaciones de tornillos y pasadores en la placa porta matriz.

- **Placa base**

La función principal de la placa base es sostener y soportar el utillaje, colocándolo sobre la mesa de la máquina troqueladora y absorbiendo los esfuerzos generados durante el proceso de trabajo en la matriz [20].

Los componentes de la parte fija de la matriz se unen a la placa base mediante tornillos y pasadores. Si el utillaje está guiado por columnas, se realizan los alojamientos correspondientes en la placa base.

Además, esta placa cuenta con las mismas perforaciones que la placa matriz para la extracción del material desechado ( $db + 2 \text{ mm}$ ).

### **Material**

El componente se constituye de un acero suave y no lleva tratamiento térmico. Acero A36 [20].

## Dimensiones

Las dimensiones principales de la placa base se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 56.

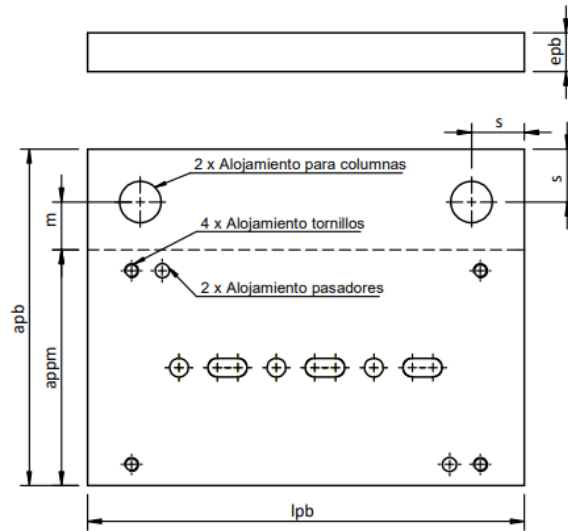


Figura 56. Dimensiones de la placa porta matriz.

Donde:

$e_{pb}$  = espesor de la placa base.

$a_{pb}$  = ancho de la placa base.

$l_{pb}$  = largo de la placa base.

El espesor de estas placas oscila entre los 20 y 50 mm por lo que se parte de una placa de espesor 25 mm que se somete a un proceso de rectificado por ambas caras obteniendo un espesor de la placa base  $e_{pb}$  de 22 mm.

$a_{pb}$  debe tener una longitud mayor al ancho de la placa porta matriz  $a_{ppm}$  ya que como se mencionó esta aloja las columnas por lo que se debe considerar la longitud para el posicionamiento de estos componentes ( $s$ ).

$$s \cong 30 \text{ mm}$$

$$a_{pb} = a_{ppm} + s + m \quad (47)$$

$$a_{pb} = 191 \text{ mm.}$$

Mientras que el largo de la placa base  $l_{pb}$  es coincidente al largo de la placa porta matriz, es decir:

$$l_{ppm} = l_{pb} = 247 \text{ mm.}$$

- **Columnas**

Las columnas cumplen una función fundamental en el proceso de corte. Son componentes estructurales que brindan soporte y estabilidad durante la operación de corte en el ángulo metálico.

### Material

Las columnas en una matriz de corte generalmente están hechas de materiales que ofrecen resistencia, estabilidad y durabilidad. El material empleado para estos componentes es acero DF-2.

### Dimensiones

Para el diseño de estos componentes se basó en una columna estandarizada, se utilizó el catálogo del fabricante Steinel, en la figura 57 se indica la nomenclatura y en el (Anexo B2) las distancias recomendadas por el fabricante.

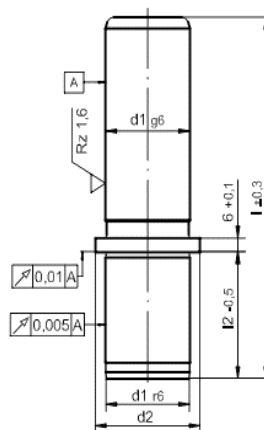


Figura 57. Columna serie ST9825 [21].

Las dimensiones principales de las columnas se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 58.

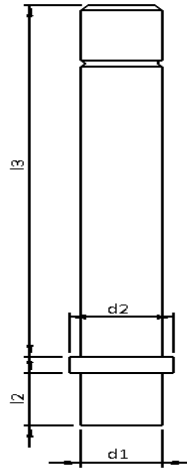


Figura 58. Dimensiones de las columnas.

Donde:

$d_1$  = diámetro principal de la columna de 25 mm.

$d_2$  = diámetro de la valona de 32 mm.

$l_2$  = largo que conecta con la placa base de 22 mm.

$l_3$  = largo efectivo de la columna de 150 mm.

- **Casquillos**

Su función principal es proporcionar una guía precisa y resistente para los punzones y otros elementos móviles. Se instalan en los agujeros correspondientes de la placa superior y permiten que los componentes móviles se muevan de manera suave y controlada durante el proceso de corte del ángulo metálico.

### **Material**

Los casquillos están fabricados en Acero DF2 templado y revenido para obtener una dureza de 62 Hrc.



## Dimensiones

Al igual que las columnas se parte de medidas estandarizadas, en la figura 59 se indica la nomenclatura empleada por el fabricante Steinel y las dimensiones recomendadas se encuentran en el Anexo B2.

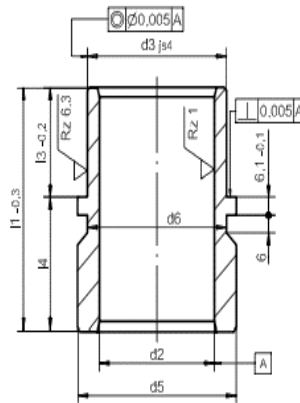


Figura 59. Casquillo serie ST7416 [21].

Las dimensiones principales para el diseño de los casquillos se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 60.

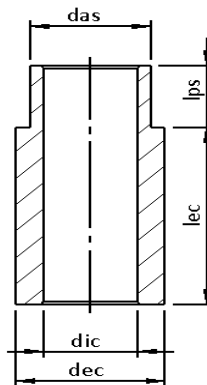


Figura 60. Dimensiones de los casquillos.

Donde:

$d_{ic}$  = diámetro interno del casquillo (ajuste deslizante) [0,1 – 0,2 mm].

$d_{ec}$  = diámetro externo del casquillo de 40 mm.

$d_{as}$  = diámetro para ajuste con la placa superior de 32.5 mm.

$l_{ps}$  = largo que conecta con la paca superior de 22 mm.

$l_{ec}$  = largo efectivo de la columna de 60 mm.

El diámetro interno con ajuste deslizante dependerá del diámetro de la columna  $d_1$ , entonces  $d_{ic}$  se calcula como:

$$d_{ic} = d_1 - 0,2 \text{ mm} \quad (48)$$

$$d_{ic} = 24.8 \text{ mm}$$

- **Placa porta punzones**

La placa porta punzones es una pieza esencial en la sección móvil de la matriz. Su función principal es albergar los punzones, permitiéndoles desplazarse junto con ella durante el movimiento alternativo rectilíneo de la máquina [20].

### Material

Esta placa está fabricada con acero A36 y no se somete a ningún proceso de tratamiento térmico.

### Dimensiones

Las dimensiones de la placa porta punzones se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 61.

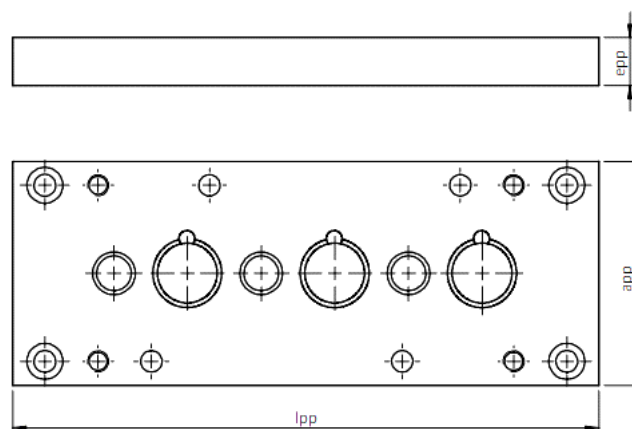


Figura 61. Dimensiones de la placa porta punzones.

Donde:

$e_{pp}$  = espesor placa porta punzones.

$l_{pp}$  = largo placa porta punzones.

$a_{pp}$  = ancho placa porta punzones.

El espesor de este componente depende de la longitud de los punzones, según [20] se puede emplear la ecuación (49).

$$e_{pp} = 0.25 * l_{punzones} \quad (49)$$

$$l_{punzones} = L = 65 \text{ mm}$$

$$e_{pp} = 16.25 \text{ mm}$$

Partiendo del criterio de que siempre es aconsejable trabajar con un espesor mayor al calculado se ha optado por seleccionar una placa normalizada de 20 mm la cual se somete a procesos de rectificado obteniendo una medida final de  $e_{pp} = 18 \text{ mm}$ .

Mientras que  $l_{pp}$  y  $a_{pp}$  son coincidentes con las dimensiones de la placa extractor guía es decir 220 y 84 mm respectivamente.

En cuanto al ajuste necesario de los punzones dentro de los alojamientos en la placa porta punzones. Algunos matriceros sugieren que es conveniente golpear los punzones para ajustarlos dentro de sus respectivos alojamientos. Sin embargo, otro criterio recomienda un ajuste deslizante o incluso una ligera holgura para prevenir y corregir posibles atascos causados por una mala alineación de los agujeros en los que se encuentran los punzones. Para el desarrollo de este componente se utilizó esta última opción.

Finalmente, la placa posee perforaciones de tornillos y pasadores; 4 tornillos y 2 pasadores los cuales sirven para sujetarse y centrarse con la placa extractor-guía durante el proceso de mecanizado, posteriormente se fija y sujeta a la placa sufridera mediante 4 tornillos y 2 pasadores. En la figura 62 se indica las distancias para realizar dichas perforaciones, las cuales son coincidentes a las de la placa extractor-guía.

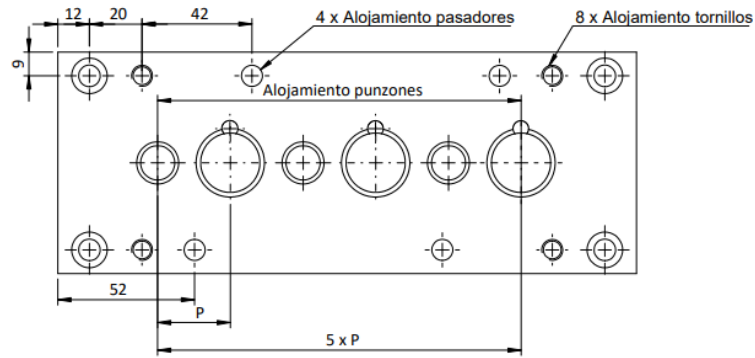


Figura 62. Distancias para tornillos y pasadores de la placa porta punzones.

- **Placa sufridera**

Esta placa se utiliza como soporte para prevenir que los punzones se recalquen o se claven en la placa superior ya que esta últimas se fabrica en acero suave y por consiguiente son elementos con una resistencia limitada para soportar el esfuerzo generado durante el proceso de corte o perforado [20].

**Material**

Se construye en acero DF2 templado y revenido para conseguir una dureza de 62 HRc.

**Dimensiones**

Las dimensiones de la placa sufridera se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 63.

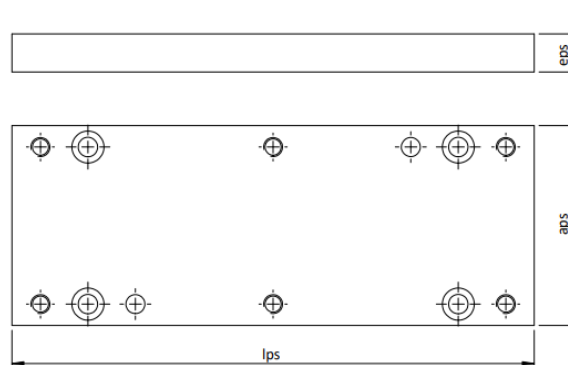


Figura 63. Dimensiones de la placa sufridera.

Donde:

$e_{ps}$  = espesor placa sufridera.

$l_{ps}$  = largo placa sufridera.

$a_{ps}$  = ancho placa sufridera.

No se dispone de una fórmula precisa para determinar el espesor adecuado de la placa sufridera. Sin embargo, normalmente se emplean placas de acero cuyos espesores oscilan entre 8 y 16 mm [20].

$$e_{ps} = 16 \text{ mm}$$

$l_{ps}$  y  $a_{ps}$  son coincidentes a las dimensiones de la placa portapunzones 220 y 84 mm respectivamente.

La placa sufridera cuenta con perforaciones para tornillos y pasadores; 4 tornillos y 2 pasadores que la fijan y unen a la placa porta punzones, 6 tornillos y 2 pasadores que fijan y unen con la placa superior. Las distancias para las perforaciones se indican en la figura 64.

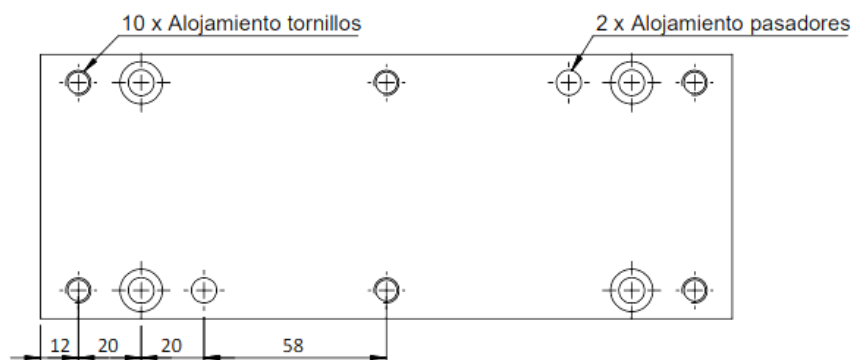


Figura 64. Distancias para tornillos y pasadores en la placa sufridera.

- **Vástago**

Componente de forma cilíndrica que sirve para fijar la parte móvil de la matriz de corte al cabezal de la máquina troqueladora, se coloca mediante roscado en la placa superior.

### **Material**

Se construye en acero AISI 1018, por su elevada resistencia al desgaste y propiedades mecánicas que presenta [22].

En el anexo A4 se menciona que este material es adecuado para la aplicación en tornillería, anclajes de sujeción, entre otras.

### Dimensiones

Hay diversas variedades y tamaños de vástagos de sujeción disponibles en los catálogos normalizados, ya que se comercializan como productos independientes. Al seleccionar el vástago adecuado, es importante tener en cuenta su capacidad para soportar el utillaje y ajustarse a las dimensiones del alojamiento del cabezal de la máquina troqueladora [20].

En la tabla 9 se indica las dimensiones normalizadas de vástagos de sujeción de acuerdo con la norma DIN 9859. La fuerza necesaria para producir las perforaciones es  $F_c = 17.8$  Ton por lo que se selecciona una potencia superior, es decir 40 ton.

Tabla 9. Dimensiones de vástagos según DIN 9859 [23].

Vástagos (sin brida)	$d_1$ 20 $d_2$ M 16 x 1,5	25 M 16 x 1,5 M 20 x 1,5	32 M 20 x 1,5 M 24 x 1,5	40 M 24 x 1,5 M 30 x 2	50 M 30 x 2 M 36 x 2	65 M 42 x 3	
	$l_1$ 40 $l_2$ 3 $l_4$ 58	45 4 68	56 4 79	70 5 93	80 6 108	100 8 128	
Entrecaras para la llave	$h$ 6 $s$ 17 <sup>-0,2</sup>	6 19 <sup>-0,25</sup>	8 27 <sup>-0,25</sup>	10 32 <sup>-0,25</sup>	12 41 <sup>-0,22</sup>	16 55 <sup>-0,4</sup>	
Muecso	$d_2$ 15 $l_3$ 12 $r_1$ 2,5	20 16 2,5	25 16 2,5	32 26 4	42 26 4	53 26 4	
Potencia de la prensa en Tm	4	8	12	40	60	100	
Vástagos con brida	$d_1$ 28 $l_1$ 5 $l_2$ 61	34 5 70	42 6 86	52 8 108	62 8 118	— — —	
Espesor mínimo de la placa	$k$ 18	23	23	23	28	28	
Agujero para el vástago	$l_4$ 45 $l_5$ 20 $d_3$ M 12 x 1	50 22 M 12 x 1	62 22 M 12 x 1	76 36 M 16 x 1,5	87 36 M 16 x 1,5	108 36 M 16 x 1,5	

En referencia a la normativa DIN 9859/ISO 10242-1 en la figura 65 se indica el vástago de sujeción diseñado.

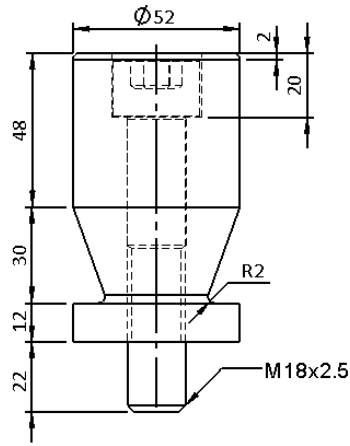


Figura 65. Dimensiones del vástago de sujeción.

- **Base superior**

Sirve como soporte para todos los elementos de la parte móvil; placa sufridera, porta punzones, casquillos y el vástago de sujeción a la máquina troqueladora.

**Material**

El componente se constituye de un acero suave y no lleva tratamiento térmico. Acero A36 [20].

**Dimensiones**

Las dimensiones de la placa superior se pueden establecer según el esquema indicado en la figura 66.

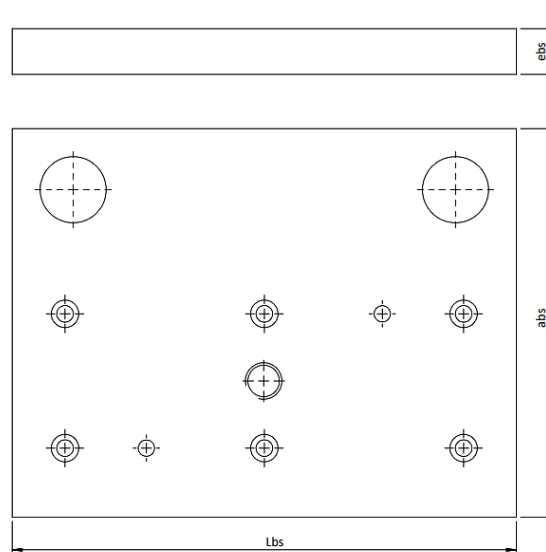


Figura 66. Dimensiones de la base superior.

Donde:

$e_{bs}$  = espesor base superior.

$l_{bs}$  = largo base superior.

$a_{bs}$  = ancho base superior.

Las dimensiones  $e_{bs}$ ,  $l_{bs}$  y  $a_{bs}$  son coincidentes a la placa inferior 22, 247 y 191 mm respectivamente.

La base superior cuenta con perforaciones donde se alojará los casquillos, vástago, tornillos y pasadores; 4 tornillos y 2 pasadores que fijan y unen la placa sufridera.

Las distancias para las perforaciones mencionadas se indican en la figura 67.

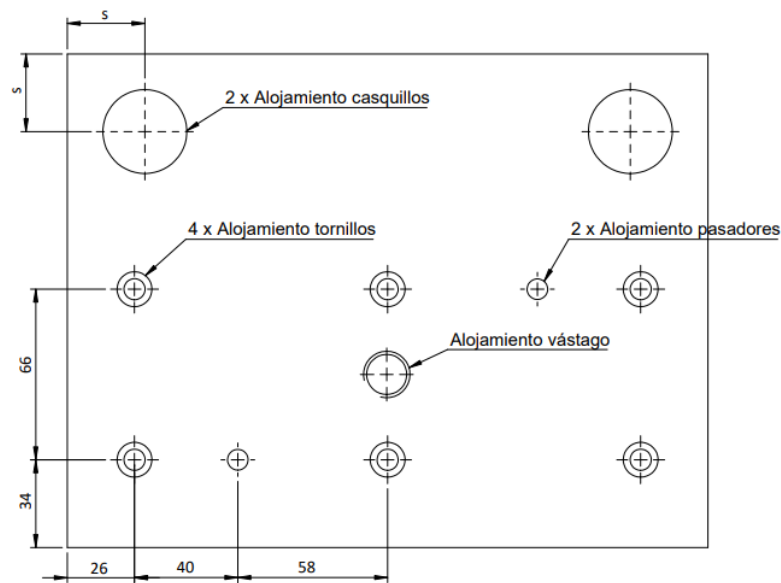


Figura 67. Distancias para perforaciones de casquillos, tornillos y pasadores en la placa superior.

### Posicionamiento del vástago

Con el fin de prevenir deformaciones, roturas, cortes imperfectos o esfuerzos excesivos, es necesario que el eje del vástago atraviese verticalmente el centro de gravedad de la forma poligonal o poligonales que delimitan la zona de corte. Este punto corresponde a la ubicación en la cual se concentra la suma de todas las fuerzas generadas durante el proceso de corte [13].



Según [13], el centro de gravedad se determina con las ecuaciones (50) y (51).

$$\bar{X}_G = \frac{\Sigma A \bar{x}}{\Sigma A} \quad (50)$$

$$\bar{Y}_G = \frac{\Sigma A \bar{y}}{\Sigma A} \quad (51)$$

Donde:

$\bar{X}_G$  = Centro de gravedad con respecto al eje x.

$\bar{Y}_G$  = Centro de gravedad con respecto al eje y.

$\Sigma A \bar{x}$  = Sumatoria del producto entre áreas y centro de gravedad con respecto al eje x.

$\Sigma A \bar{y}$  = Sumatoria del producto entre áreas y centro de gravedad con respecto al eje y.

$\Sigma A$  = Sumatoria de áreas.

Para determinar el centro de gravedad se parte del producto a realizar, en este caso la cara del ángulo metálico con las perforaciones a producir y además se establece el origen para el análisis, así como se indica en la figura 68.

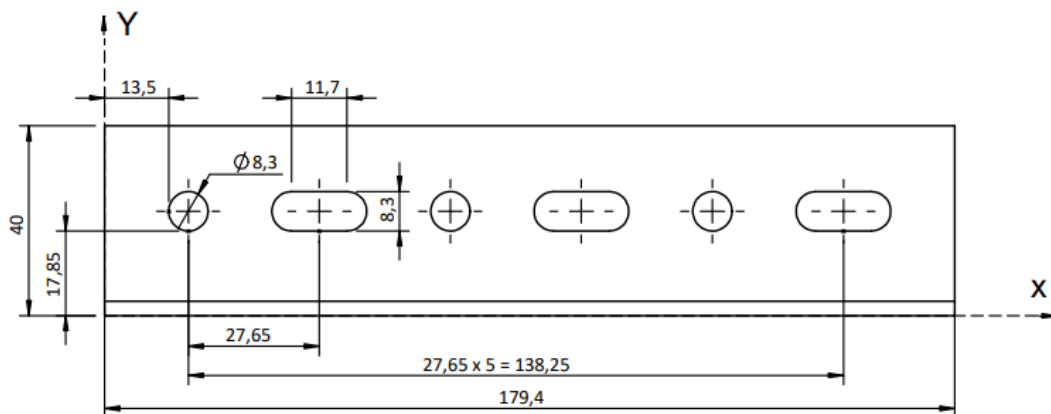


Figura 68. Ángulo metálico con un sistema de referencia x-y.

En la figura 69 se indica la numeración de las áreas que se analizan, ya que se trata de un área compuesta. Las áreas de color amarillo se restan del área total de color azul.

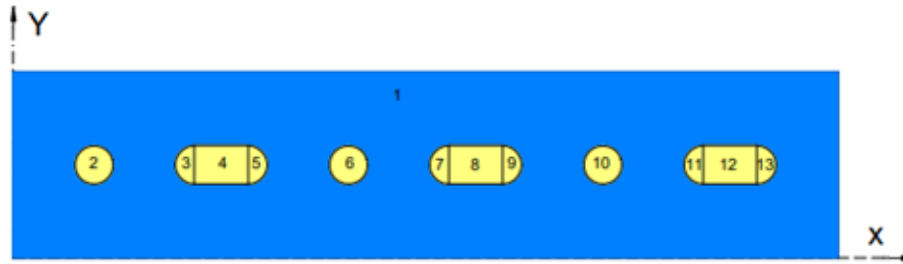
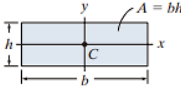
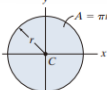
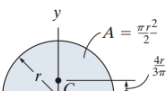


Figura 69. Descomposición del área total en figuras básicas.

En la tabla 10 se indica las fórmulas necesarias para el cálculo de áreas y centro de gravedad de las figuras a analizar.

Tabla 10. Áreas y centro de gravedad de algunas figuras básicas [24].

Figura	Áreas y centros de gravedad
Rectángulo	
Círculo	
Semicírculo	

A continuación, se presenta la tabla 11 donde se puede observar el cálculo de áreas, centro de gravedad y su respectivo producto en referencia al origen establecido previamente.

Tabla 11. Cálculo de áreas, centro de gravedad y productos de las figuras.

Figura	A (mm <sup>2</sup> )	$\bar{x}$ (mm)	$\bar{y}$ (mm)	$A\bar{x}$ (mm <sup>3</sup> )	$A\bar{y}$ (mm <sup>3</sup> )
1	7176	89,70	20	643687,20	143520
2	-54,11	17,65	22	-954,97	-1190,34
3	-27,05	37,69	22	-1019,60	-595,17
4	-97,11	45,30	22	-4399,08	-2136,42
5	-27,05	52,91	22	-1431,42	-595,17
6	-54,11	72,95	22	-3947,05	-1190,34
7	-27,05	92,99	22	-2515,63	-595,17
8	-97,11	100,60	22	-9769,27	-2136,42
9	-27,05	108,21	22	-2927,45	-595,17
10	-54,11	128,25	22	-6939,12	-1190,34
11	-27,05	148,29	22	-4011,67	-595,17
12	-97,11	155,90	22	-15139,45	-2136,42
13	-27,05	163,56	22	-4424,84	-595,17
$\Sigma$	6560,03			586207,65	129968,72

Tras haber obtenido los resultados se procede a calcular el centro de gravedad con respecto al eje x e y con las ecuaciones (50) y (51).

$$\bar{X}_G = \frac{586207.65 \text{ mm}^3}{6560.03 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{X}_G = 89.36 \text{ mm}$$

$$\bar{Y}_G = \frac{129968.72 \text{ mm}^3}{6560.03 \text{ mm}^2}$$

$$\bar{Y}_G = 19.81 \text{ mm}$$

En la figura 70 se indica el centro de gravedad de todas las perforaciones a producir en la cara del ángulo metálico, se establece en la coordenada (89.36, 19.81) mm

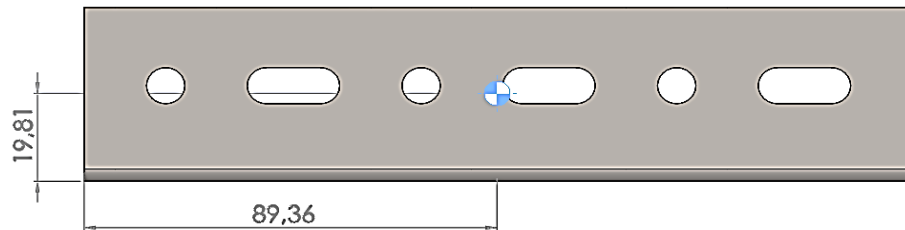


Figura 70. Centro de gravedad en la cara del ángulo metálico.

Finalmente se trasladó este punto a la placa superior donde se coloca el vástago para la sujeción entre la matriz de corte y la máquina troqueladora, en la figura 71 se puede observar la distancia para la perforación del vástago.

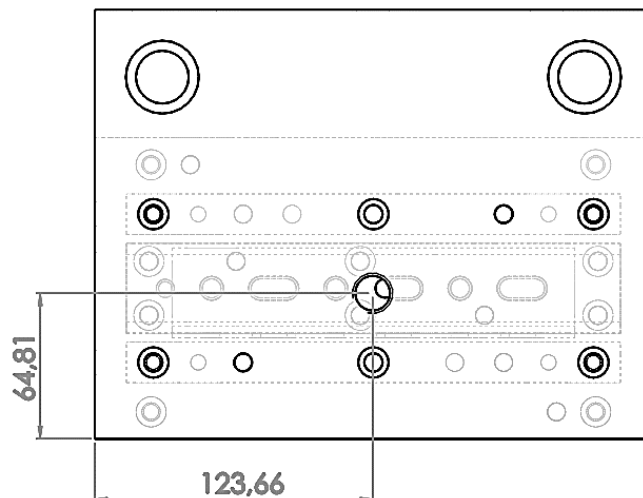


Figura 71. Distancias para la colocación del vástago en la base superior.

### 2.2.6. Mecanizado de componentes

En esta sección se menciona todos los procesos utilizados para la fabricación de los distintos componentes de la matriz de corte para ángulo ranurado.

En la tabla 12 se indica cada componente y el tipo de proceso aplicado para su fabricación.

Tabla 12. Procesos de mecanizado para la fabricación de los componentes.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Procesos de mecanizado</b>
Placa matriz	1	DF2	Rectificado, taladrado, escariado, roscado.
Placa complemento matriz	1	A36	Fresado, rectificado, taladrado, roscado.
Placa porta matriz	1	A36	Cepillado, fresado, taladrado, roscado.
Punzones	6	DF2	Torneado.
Placa porta punzones	1	A36	Cepillado, taladrado, roscado.
Columnas	2	DF2	Torneado.
Casquillos	2	DF2	Torneado.
Placa base	1	A36	Fresado, taladrado, mandrinado, roscado.
Base superior	1	A36	Fresado, taladrado, mandrinado, roscado.
Placa sufridera	1	DF2	Cepillado, rectificado, taladrado, roscado.
Placa extractor – guía	1	A36	Cepillado, taladrado, escariado, roscado.
Paralelas	2	A36	Cepillado, rectificado, taladrado, roscado.
Vástago	1	AISI 1018	Torneado, roscado.

## Placa matriz

- **Fresado**

Se realizó un proceso de planeado por ambas caras sobre la placa utilizando una fresa frontal de acero rápido de 4 dientes y 12 mm de diámetro.

Según [25], el número de revoluciones para fresado se determina con la ecuación (52).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \quad (52)$$

Donde:

N = número de revoluciones del husillo.

$V_c$  = Velocidad de corte.

D = Diámetro exterior de la fresa, broca.

La tabla 13 indica los rangos típicos de velocidad de corte para el proceso de fresado. Estos valores varían según el tipo de material a mecanizar y el tipo de fresa a utilizar.

Tabla 13. Velocidad de corte recomendada para operaciones de fresado [25].

Material	Fresa de acero de alta velocidad		Fresa de carburo	
	Pie/min	m/min	Pie/min	m/min
Acero aleado	40-70	12-20	150-250	45-75
Aluminio	500-1000	150-300	1000-2000	300-600
Bronce	65-120	20-35	200-400	60-120
Hierro fundido	50-80	15-25	125-200	40-60
Acero de maquinado libre	100-150	30-45	400-600	120-180
Acero para maquinaria	70-100	21-30	150-250	45-75
Acero inoxidable	30-80	10-25	100-300	30-90
Acero para herramienta	60-70	18-20	125-200	40-60

Al tratarse de acero DF2 se utilizó los rangos de velocidad para un tipo de material acero para herramienta,  $V_c = 18 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ . Reemplazando la velocidad de corte en la ecuación (52), el número de revoluciones para el proceso de planeado es:

$$N = 477 \text{ rpm}$$

Considerando que se utilizó una fresadora manual se seleccionó las revoluciones especificadas en esta, por lo tanto, se escogió un valor aproximado al teórico, el número de revoluciones real es  $N = 560$  rpm.

El avance se refiere a la medida de desplazamiento de la pieza en dirección a la fresa y según [25] se determina con la ecuación (53).

$$F = N \times f_z \times z \quad (53)$$

Donde:

$F$  = velocidad de avance de la mesa.

$N$  = número de revoluciones real del husillo.

$f_z$  = avance por diente para una fresa y metal en general.

$z$  = número de dientes.

La tabla 14 indica los valores recomendados de avance por diente para diferentes tipos de materiales y fresas de alta velocidad.

Tabla 14. Avance por diente para fresas de alta velocidad [25].

Material	Fresas de careado o reffrentar		Fresas helicoidales		Fresas de ranurado y de corte lateral		Fresas frontales		Cortadores de formado de relieve		Sierras circulares	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
Acero aleado	.006	0.15	.005	0.12	.004	0.1	.003	0.07	.002	0.05	.002	0.05
Aluminio	.022	0.55	.018	0.45	.013	0.33	.011	0.28	.007	0.18	.005	0.13
Latón y bronce (medio)	.014	0.35	.011	0.28	.008	0.2	.007	0.18	.004	0.1	.003	0.08
Hierro fundido (medio)	.013	0.33	.010	0.25	.007	0.18	.007	0.18	.004	0.1	.003	0.08
Acero de maquinado libre	.012	0.3	.010	0.25	.007	0.17	.006	0.15	.004	0.1	.003	0.07
Acero para maquinaria	.012	0.3	.010	0.25	.007	0.18	.006	0.15	.004	0.1	.003	0.08
Acero inoxidable	.006	0.15	.005	0.13	.004	0.1	.003	0.08	.002	0.05	.002	0.05
Acero para herramienta (medio)	.010	0.25	.008	0.2	.006	0.15	.005	0.13	.003	0.08	.003	0.08

Se seleccionó un valor de  $f_z = 0.13$  mm para un tipo de material acero para herramienta y utilizando una fresa frontal, reemplazando en la ecuación (53) el avance de la mesa es:

$$F = 291 \text{ mm/min}$$

La velocidad de avance de la mesa real es 140 mm/min.

El tiempo de mecanizado para el proceso se puede establecer según el esquema presentado en la figura 72 y según [26] se calcula con la ecuación (54).

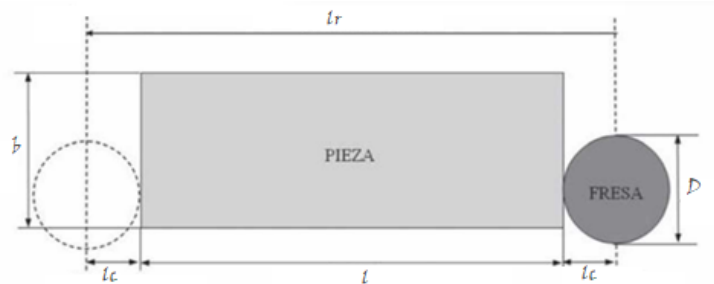


Figura 72. Esquema de la distancia de desplazamiento de la fresa [26].

$$t = \frac{l + 2l_c}{F} \quad (54)$$

Donde:

$t$  = tiempo de mecanizado para un recorrido.

$F$  = velocidad de avance real.

$l$  = longitud de la pieza a mecanizar.

$l_c$  = extensión horizontal del primer contacto de la fresa con la pieza.

$l_r$  = longitud o recorrido de corte.

La longitud de la pieza a mecanizar es  $l = l_{pm} = 220 \text{ mm}$ , mientras que  $l_c$  es aproximadamente el radio de la fresa es decir 6 mm, reemplazando en la ecuación (54) se obtiene:

$$t = 1.66 \text{ min}$$

Hay que considerar que en el primer recorrido de la fresa el desbaste sobre la pieza de trabajo contempla el diámetro total de esta, mientras que la cantidad de recorridos para

completar el proceso por todo el ancho de la placa se realizan con el radio y se determina con la ecuación (55).

$$R = \frac{b - D}{r} \quad (55)$$

Donde:

R = cantidad de recorridos para completar el proceso.

b = ancho de la placa.

D = Diámetro de la fresa.

r = radio de la fresa.

El ancho total de la placa matriz  $a_{pm} = 40$  mm

$$R = 4.67 \approx 5$$

Mientras que el número de pasadas para conseguir el espesor deseado según [25] se determina con la ecuación (56).

$$n = \frac{P}{a_p} \quad (56)$$

Donde:

n = número de pasadas.



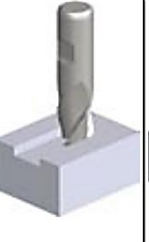
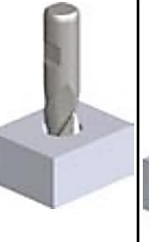

P = profundidad de corte total.

$a_p$  = profundidad de corte axial.

En la tabla 15 se muestran consideraciones para determinar la profundidad radial y axial en diferentes tipos de operaciones de fresado.



Tabla 15. Profundidad de corte radial y axial en diferentes procesos de fresado [27].

Contorneado	Fresado Frontal	Ranurado	Fresado por penetración	Fresado en rampa
				
La profundidad radial de corte debe ser inferior a 0,25 x diámetro de la fresa frontal.	La profundidad radial de corte debe ser inferior a 0,9 x diámetro, la profundidad axial de corte debe ser inferior a 0,1 x diámetro de las fresa frontal.	Para mecanizar ranuras para chavetas. La profundidad radial de corte ha de ser igual que el diámetro de la fresa frontal.	Es posible realizar un taladro en la pieza de trabajo solamente con las fresas frontales que tienen corte al centro, en estas aplicaciones el avance tiene que ser reducido	Tanto la profundidad radial como la axial se realizan simultáneamente en la pieza de trabajo.

En la tabla 15 para el proceso de fresado frontal  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D \quad (57)$$

$$a_p = 1.2 \text{ mm}$$

Partiendo del espesor nominal de la placa matriz 25 mm se requiere alcanzar un espesor de 22.6 mm, reemplazando en la ecuación (56) se obtiene el número de pasadas para una profundidad total de 2.4 mm.

$$n = 2$$

El proceso de fresado frontal se realizó con 6 recorridos y 2 pasadas con una profundidad de 1.2 mm, por lo tanto, el tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58):

$$t_T = t \times n \times R_T \quad (58)$$

Donde:

$t$  = tiempo de mecanizado para un recorrido.

$n$  = número de pasadas.

$R_T$  = cantidad de recorridos por el ancho de la placa.

$$t_T = 19.92 \text{ min}$$

- **Rectificado**

Posterior al proceso de fresado se realizó un proceso de rectificado con el fin de corregir imperfecciones y obtener un acabado superficial fino. A continuación, se determinó los parámetros necesarios para la operación de rectificado. En la tabla 16 se indican distintos valores de velocidad de muela, mesa y profundidad según el tipo de rectificado y el material a mecanizar.

La ecuación (59) sirve para determinar la velocidad de giro de la muela [28].

$$N = \frac{60000 \times V_m}{\pi \times D} \quad (59)$$

Donde:

N = velocidad de giro de la muela.

$V_m$  = velocidad de corte de la muela [m/s].

D = diámetro de la muela.

Tabla 16. Parámetros de rectificado [28].

TIPO DE RECTIFICADO	MATERIAL A MECANIZAR	V <sub>m</sub> DE LA MUELA (m/s)	V <sub>p</sub> DE LA PIEZA (m/min)	A <sub>1</sub> (mm/vuelta de la pieza) A=anchura muela		P (mm)
Cilíndrico exterior	Acero suave.	29 - 33	12 - 25	Desbaste: 0,5A - 0,8A Acabado: 0,1A - 0,2A		Desbaste: 0,04 Acabado: 0,005
	Acero templado.	20 - 28	10 - 18			
	Fundición.	20 - 30	14 - 22			
	Aleaciones ligeras.	16 - 20	16 - 30			
Cilíndrico interior	Acero suave.	10 - 29	8 - 15	Desbaste: 1,5A - 2A Acabado: 0,3A - 0,5A		Desbaste: 0,01 Acabado: 0,002
	Acero templado.	8 - 20	7 - 12			
	Fundición.	8 - 20	10 - 20			
	Aleaciones ligeras.	7 - 16	14 - 24			
Plano			V <sub>p</sub> de la mesa (m/min)	Avance intermitente (mm)	Avance continuo (m/min)	
	Acero suave.	22 - 28	Desbaste: 10 - 15 m/min.	Desbaste: 0,5A - 0,8A Acabado: 0,1A - 0,2A	Desbaste: 10 - 15 m/min. Acabado: 5 - 8 m/min.	Desbaste: 0,1 Acabado: 0,01
	Acero templado.	18 - 22	Acabado: 6 - 10 m/min.			
	Fundición.	20 - 26				
	Aleaciones ligeras.	15 - 20	Desbaste: 20 - 30 m/min. Acabado: 10 - 20 m/min.			

Se seleccionó una velocidad de corte de la muela para un tipo de rectificado plano de 20 m/s y una profundidad para acabado de 0.01 mm, además el diámetro de la muela es 125 mm.

$$N = 3055 \text{ rpm}$$

Este valor teórico es referencial, en la rectificadora se seleccionó una velocidad de giro de la muela de 3800 rpm.

Según [28], el número de pasadas por minuto viene dado por la ecuación (60).

$$n = \frac{1000 \times V_p}{2 \times (L + 40)} \quad (60)$$

Donde:

$n$  = número de pasadas por minuto.

$V_p$  = velocidad periférica de la pieza o mesa.

$L$  = longitud de la pieza.

La velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 10 m/min, reemplazando en la ecuación (60):

$$n = 19$$

- **Taladrado**

Las cavidades de la placa matriz se obtuvieron realizando un proceso de taladrado y posteriormente aplicando un proceso de escariado para obtener las dimensiones establecidas en la sección de diseño de componentes.

El número de revoluciones para la operación de taladrado se determina con la ecuación (52).

La tabla 17 se indica los rangos típicos de velocidad de corte y avance por vuelta para brocas de acero rápido de varios diámetros según el material a perforar.

Tabla 17. Velocidades de corte para brocas de alta velocidad [29].

Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro de la broca				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
Acero 45 kg/mm <sup>2</sup>	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm <sup>2</sup>	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm <sup>2</sup>	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm <sup>2</sup>	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm <sup>2</sup>	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm <sup>2</sup>	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm <sup>2</sup>	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua

De acuerdo con las propiedades del acero DF2, la resistencia a la tracción antes de someterse a tratamiento térmico oscila entre 85-115  $\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$  (ver Anexo A3), por lo tanto se selecciona una  $V_c = 16$  m/min y por el diámetro de la broca 8.6 mm un avance de 0.10 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de la broca en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 592 \text{ rpm}$$

Según [29], el número de revoluciones real de la máquina fresadora seleccionado es 560 rpm, mientras que el tiempo empleado en el proceso de taladrado se determina con la ecuación (61).

$$T_c = \frac{e + m}{s \times N} \times p \quad (61)$$

Donde:

$T_c$  = tiempo de corte.

e = espesor de la pieza.

m = punta de la broca (espacio muerto).

$s$  = avance por revolucion.

$N$  = número de revoluciones de la broca .

$p$  = número de agujeros a taladrar.

En la figura 73 se indica la terminología descrita anteriormente.

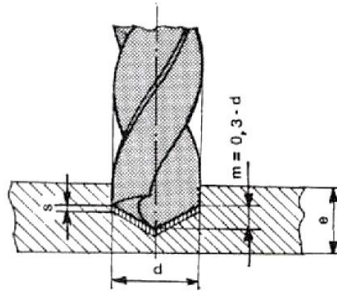


Figura 73. Factores que intervienen en el recorrido de la broca [29].

El espesor de la placa matriz  $e_{pm} = 22.5$  y el número de agujeros es 12, reemplazando en la ecuación (61) el tiempo de corte es:

$$T_c = 5.37 \text{ min}$$

Los agujeros de tornillos y pasadores se mecanizaron con brocas de  $\varnothing 6.75$  mm y  $\varnothing 8$  mm respectivamente, el avance por vuelta es 0.10 mm, reemplazando en la ecuación (52) los números de revoluciones son:

$$N = 755 \text{ rpm}$$

$$N = 637 \text{ rpm}$$

Los agujeros se mecanizaron en la máquina fresadora tipo manual por lo que el número de revoluciones real para el proceso es 782 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 6, mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 2.4 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es 2:

$$T_c = 0.64 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para la placa matriz se indica en el Anexo C1 ahí se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Placa matriz complemento**

- **Fresado**

Se realizó un proceso de planeado por ambas caras sobre la placa utilizando una fresa frontal de acero rápido de 4 dientes y  $\varnothing$  12 mm.

Al tratarse de acero A36 se utilizó los rangos de velocidad para un tipo de material acero para maquinaria de la tabla 13,  $V_c = 21 - 30$  m/min.

Reemplazando la velocidad de corte  $V_c = 25$  m/min en la ecuación (52), el número de revoluciones para el proceso de planeado es:

$$N = 663 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real con el que se trabajo es  $N = 782$  rpm

De la tabla 14 se seleccionó un valor de  $f_z = 0.15$  mm, utilizando una fresa frontal.

Reemplazando en la ecuación (53) el avance de la mesa es:

$$F = 469 \text{ mm/min}$$

El avance de mesa real es  $F = 140$  mm/min.

La longitud de la pieza a mecanizar es 220 mm, mientras que  $l_c$  es aproximadamente el radio de la fresa, es decir 6 mm, reemplazando estos valores en la ecuación (54) se obtiene el tiempo para un recorrido:

$$t = 1.66 \text{ min}$$

La cantidad de recorridos para completar el proceso por todo el ancho de la placa determina con la ecuación (55).

$$R = \frac{40 \text{ mm} - 12 \text{ mm}}{6 \text{ mm}}$$

$$R = 4.67 \approx 5$$

De la tabla 15 para el proceso de fresado frontal  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D$$

$$a_p = 0,1 \times 12 \text{ mm} = 1.2 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación (56) se obtiene el número de pasadas para una profundidad total de 2.4 mm, ya que el espesor base es de 30 mm y se requiere un espesor de 27.6 mm.

$$n = 2$$

El proceso de fresado frontal se realizó con 6 recorridos y 2 pasadas con una profundidad de 1 mm, por lo tanto, el tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58).

$$t_T = 19.92 \text{ min}$$

- **Rectificado**

Este componente se rectificó para que la superficie en contacto con la placa matriz se encuentre totalmente plana y nivelada. A continuación, se procede a calcular la velocidad de corte de la muela con la ecuación (59).

De la tabla 16 se seleccionó una velocidad de corte de la muela para un tipo de rectificado plano de 22 m/s y una profundidad para acabado de 0,01 mm, el diámetro de la muela es  $\varnothing$  125 mm.

$$N = 3361 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real es 3800 rpm.

De la tabla 16 la velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 12 m/min, reemplazando en la ecuación (60), el número de pasadas por minuto es:

$$n = 23$$

## Taladrado

Las perforaciones para salida del material residuo se realizaron mediante un proceso de taladrado con una broca de acero rápido de 10 mm.

De acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25$  m/min y por el diámetro de la broca un avance de 0,10 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de la broca en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 795 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es 782 rpm.

La cantidad de agujeros realizados es 12 y debe atravesar el espesor de la placa  $e_{ppm} = 27.5$  mm, el tiempo empleado en el proceso de taladrado se obtiene con la ecuación (61).

$$T_c = 4.68 \text{ min}$$

Los agujeros para pasadores y tornillos se mecanizaron con una broca de 6.75 y 8 mm, respectivamente a continuación, se calcula el número de revoluciones.

$$N = 1178 \text{ rpm}$$

$$N = 995 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es 782 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 6 mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 2.27 \text{ min}$$

El número de agujeros para pasadores es 2:

$$T_c = 0.76 \text{ min}$$



La hoja de procesos correspondiente para la placa porta matriz se indica en el Anexo C2 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### Placa porta matriz

- **Cepillado**

En la tabla 18 se indica los parámetros necesario para la aplicación de este proceso: velocidad de corte, avance y profundidad.

Tabla 18. Parámetros en el proceso de cepillado [29].

Material a cepillar	Dureza kg/mm <sup>2</sup> HB	Grupo de empleo	Ángulo de corte			Velocidad de corte m/min	Avance del corte mm	Profundidad del corte mm
			α	γ	λ			
Acero suave	45 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	−10°	40 - 60	3	0,2 - 5
Acero semiduro	60 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	−15°	30 - 40	2	0,2 - 5
Acero duro	85 kg/mm <sup>2</sup>	P30-M20	6°	10°-15°	−15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Acero duro	90-110	M20-K10	6°	5°-10°	−15°	15 - 20	1	0,2 - 5
Acero ligeramente aleado	150 kg/mm <sup>2</sup>	P40-M20	6°	10°-15°	−15° --20°	10 - 15	0,8	0,2 - 5
Acero fundido	50 kg/mm <sup>2</sup>	P 40	6°	20°	−15°	30 - 40	2,5	0,5 - 5
Acero fundido duro	50-80	P 50	6°	20°	−15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Fundición gris	HB-180	K 10	6°	20°	−15°	30 - 40	2	0,5 - 5
Fundición dura	HB-220	P 30	6°	15°	−15°	30 - 50	2,5	0,5 - 5
Fundición acerada	HB-250	M 20	6°	15°	−15°	25 - 40	1,5	0,5 - 5
Bronces y latones	30-40 kg	K10-M20	6°	5°-10°	−15°	40 - 60	3	0,5 - 5
Aleaciones ligeras	HB 80-120	K 10	6°	10°-15°	−15°	40 - 80	1	0,5 - 5

El acero A36 es uno de los aceros estructurales de carbono más utilizados, ya que su contenido de carbono es de un máximo de 0.29%, lo que se considera acero suave [30].

Además, la resistencia a la tracción para este acero se encuentra en un rango de 41 – 56 kg/mm<sup>2</sup>, por lo tanto, se selecciona una  $v_c = 40 \frac{m}{min}$ .

A continuación, se determina el tiempo para el cepillado, según [27] se determina con la ecuación (62).

$$T_{cp} = n \left[ \frac{b}{S} \times \left( \frac{L}{v_a} + \frac{L}{v_r} \right) \right] \quad (62)$$

Donde:

$T_{cp}$  = tiempo de corte en el cepillado.

$n$  = número de pasadas.

$b$  = ancho de la pieza.

$l$  = longitud de la pieza.

$L$  = recorrido total de la mesa o cuchilla [m].

$s$  = avance por recorrido de pieza o cuchilla.

$m$  = espacio muerto recorrido por la cuchilla (entrada y salida) [ $\approx 75$  mm].

$v_a$  = velocidad de avance.

$v_r$  = velocidad de retroceso.

Las dimensiones de la placa porta matriz son de 247 mm de longitud por 134 mm de anchura con un sobreespesor de 3 mm para el cepillado.

De la tabla 18 se selección una  $v_a = 40$  m/min, mientras la velocidad de retroceso se establece según las características de la máquina, en este caso  $v_a = v_c$ .

La carrera de cuchilla se determina con la ecuación (63):

$$L = l + 2 \times m \quad (63)$$

$$L = 397 \text{ mm} = 0.397 \text{ m}$$

La profundidad de corte para acero A36 según la tabla 18 se encuentra en un rango de 0.2 a 5 mm, con esta consideración el cepillado se realizó en 3 pasadas, siendo la última de 0.5 mm para acabado.

Reemplazando los valores en la ecuación (62) el tiempo empleado para el proceso es:

$$T_{cp} = 2.66 \text{ min}$$

Según [29], la cantidad de desplazamientos de la cuchilla por cada pasada se determina con la ecuación (64).

$$\eta = \frac{b}{s} \quad (64)$$

$$\eta = 45$$

La cantidad de desplazamientos de la cuchilla para las 3 pasadas es 135.

- **Fresado**

La ranura que aloja la placa matriz se realizó mediante un proceso de fresado, dicha ranura tiene una longitud de 220 mm y 40 mm de ancho, a continuación, se calcula los parámetros necesarios para este proceso.

Al tratarse de acero A36 se utilizó los rangos de velocidad para un tipo de material acero para maquinaria de la tabla 13,  $V_c = 21 - 30$  m/min.

Se utilizó una fresa de ranurada de 15 mm 2 dientes, reemplazando la velocidad de corte  $V_c = 25$  m/min en la ecuación (52), el número de revoluciones para el proceso es:

$$N = 530 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real con el que se trabajó es  $N = 560$  rpm.

De la tabla 13 se seleccionó un valor de  $f_z = 0.18$  mm, reemplazando en la ecuación (53) el avance de la mesa es:

$$F = 201 \text{ mm/min}$$

El avance de mesa real es  $F = 140$  mm/min.

La longitud de la ranura a mecanizar es 220 mm, mientras que  $l_c$  es el radio de la fresa es decir 7.5 mm, reemplazando estos valores en la ecuación (54) se obtiene el tiempo para un recorrido:

$$t = 1.67 \text{ min}$$

la cantidad de recorridos para completar el proceso por todo el ancho de la placa se determina con la ecuación (55).

$$R = 1.67 \approx 2$$

De la tabla 15 para el proceso de ranurado  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D$$

$$a_p = 0,1 \times 15 \text{ mm} = 1.5 \text{ mm}$$

Reemplazando en la ecuación (56) se obtiene el número de pasadas para una profundidad de la ranura de 5 mm.

$$n = 3.3 \approx 4$$

El proceso de fresado frontal se realizó con 3 recorridos y 4 pasadas con una profundidad de 1.5 mm, por lo tanto, el tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58).

$$t_T = 20.04 \text{ min}$$

- **Taladrado**

Las perforaciones para salida del material residuo se realizaron mediante un proceso de taladrado con una broca de acero rápido de 10 mm.

De acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25 \text{ m/min}$  y por el diámetro de la broca un avance de 0,10 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de la broca en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 795 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es 782 rpm.

El número de agujeros es 12 y el espesor que debe atravesar es el espesor de la placa porta matriz 22 mm, el tiempo empleado en el proceso de taladrado se obtiene con la ecuación (61).

$$T_c = 3.84 \text{ min}$$

Los agujeros para tornillos y pasadores se mecanizaron con brocas de  $\varnothing 6.75$  y 8 mm respectivamente, a continuación, se calcula el número de revoluciones:

$$N = 1178 \text{ rpm}$$

$$N = 995 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es 782 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 14:

$$T_c = 4.3 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 8:

$$T_c = 2.5 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para la placa porta matriz se indica en el Anexo C3 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Punzón circular**

- **Torneado**

Para el mecanizado de los punzones circulares se realizaron procesos de torneado tales como: cilindrado y refrentado. Para llevar a cabo cualquier proceso en el torno se calculó sus parámetros fundamentales.

Según [31], el número de revoluciones del husillo se determina con la ecuación (65).

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D} \quad (65)$$

Donde:

N = Número de revoluciones del husillo.

$V_c$  = Velocidad de corte.

D = Diámetro de la pieza.

La tabla 19 indica los rangos típicos de profundidad, avance y velocidad de corte para el proceso de torneado haciendo uso de herramientas de corte de carburo, estos valores varían según el tipo de material a mecanizar.

Tabla 19. Velocidades de corte para torneado con herramientas de carburo [25].

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

Para el desbaste y acabado del acero DF2 se utilizó una plaquita de carburo soldada, de la tabla 19 se selecciona una velocidad de corte para desbaste de 90 m/min y para acabado 150 m/min, además el material base tiene un diámetro de 20 mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (65) el número de revoluciones para el proceso de desbaste es:

$$N = 1432 \text{ rpm}$$

Al tratarse de un torno manual el número de revoluciones real seleccionada para el proceso de desbaste es 1400 rpm.

Para el proceso de acabado N es:

$$N = 1910 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real seleccionada para el proceso de acabado es 2000 rpm.

La velocidad de avance para operaciones de torneado según [31] se determina con la ecuación (66):

$$V_f = N \times f \quad (66)$$

Donde:

$V_c$  = Velocidad de avance.

$N$  = Número de revoluciones del husillo.

$f$  = Avance.

De la tabla 19 el avance seleccionado para los procesos de desbaste y acabado es 0.4 y 0.07 mm respectivamente, reemplazando en la ecuación (66) la velocidad de avance para proceso de desbaste es:

$$V_f = 560 \text{ mm/min}$$

$V_f$  para el proceso de acabado es 140 mm/min.

Según [29], el tiempo de corte para distintas operaciones de torneado se determina con la ecuación (67).

$$T_c = \frac{l}{f} \times \frac{\pi \times D_m}{1000 \times v_m} \times n \quad (67)$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de corte para torneado.

$l$  = Longitud por tornear.

$f$  = Avance de la cuchilla.

$D_m$  = Diámetro mecanizado.

$v_m$  = Velocidad media de corte.

$n$  = Número de pasadas.

Para el primer proceso se realizó el cilindrado para la parte de la zona cortante del punzón de  $\varnothing$  8.3 mm (acabado) y de longitud SBR de 30 mm, estas medidas se exponen en la sección anterior de diseño de componentes.

Según [29], la velocidad media se determina con la ecuación (68).

$$v_m = \frac{n_d \times v_d + n_a \times v_a}{n} \quad (68)$$

Donde:

$v_m$  = Velocidad media de corte.

$v_d$  = Velocidad de corte para desbaste.

$v_a$  = Velocidad de corte para acabado.

$n$  = Número de pasadas.

$n_d$  = Número de pasadas para desbaste.

$n_a$  = Número de pasadas para acabado.

De acuerdo con el sobreespesor 11.7 mm (material base Ø 20 mm) se realizó 7 pasadas longitudinales, las cinco primeras para desbaste de 11 mm y las dos últimas de 0.35 mm para acabado. Reemplazando en la ecuación (68) la velocidad media es:

$$v_m = 98 \text{ m/min}$$

El avance de la cuchilla para el cálculo de los tiempos de corte es 0.05 mm, reemplazando la velocidad media en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el proceso de cilindrado de la parte cortante del punzón es:

$$T_c = 2.69 \text{ min}$$

Para el cuerpo del punzón se realizó el cilindrado de Ø 13 mm (acabado) y de longitud 22.5 mm. De acuerdo con el sobreespesor 7 mm (material base Ø 20 mm) se realizó 5 pasadas longitudinales, las cuatro primeras para desbaste de 6.5 mm y la última de 0.5 mm para acabado.

$$v_m = 96 \text{ m/min}$$

Reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el cuerpo del punzón es 1.47 min.



## Tolerancias

Los ajustes de tolerancias se determinaron según las circunstancias de ensamble entre el eje y el agujero.

Para determinar el tipo de ajuste para el punzón se consideró los diámetros más críticos en este caso el diámetro del cuerpo y cabeza que se alojan en la placa porta punzón y el diámetro de la zona cortante que atraviesa la placa extractor-guía.

En la tabla 20 se indica diferentes tipos de ajustes recomendados según la aplicación que han de ejercer.

Tabla 20. Ajustes Recomendados [29].

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

Al considerar un sistema de agujero único, el siguiente paso es seleccionar el tipo de ajuste, a continuación, se determina el ajuste para la cabeza y el cuerpo del punzón con medida nominal de  $\varnothing 13$  y  $\varnothing 18$  mm. De la tabla 20 se seleccionó un tipo de ajuste H7 – j6 debido a que estas partes ingresan a la placa portapunzones mediante un forzado

ligero para evitar desplazamientos excesivos y a su vez que sean fáciles de reemplazar o de dar mantenimiento.

En la tabla 21 se indica las tolerancias fundamentales para el tipo de ajuste seleccionado.

Tabla 21. Tolerancias fundamentales [32].

Grupos de dim. en mm.		CALIDAD																	
		0,1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
mayor de	hasta																		
0	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

La tolerancia fundamental (IT) para la medida nominal de Ø13 y Ø18 mm corresponde a: H7:0.018 mm, j6: 0.011 mm.

A continuación, se procede a determinar las desviaciones para ejes y agujeros. En la tabla 22 y 23 se indica las desviaciones superiores e inferiores para ejes y agujeros respectivamente.

Tabla 22. Desviación superior e inferior para ejes [32].

Diámetro nominal en mm	6ª calidad					7ª calidad					8ª calidad					9ª calidad					10ª calidad													
	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	e7	f7	h7	j7	k7	m7	n7	d8	e8	f8	h8	j8	k8	m8	n8	p8	d9	e9	f9	h9	j9	k9	d10	e10	f10	h10	j10
hasta 3	-3	0	+6		+9	+13	+18	-14	-7	0	+7			+15	-20	-14	-7	0	+7	+14	-20	-14	0	+13	+25	-20	0	+20	+40					
más de 3	-10	-7	-1		+2	+6	+9	-23	-16	-9	-2			+8	-34	-28	-21	-14	-7	0	-46	-39	-25	-12	0	-60	-20	-20	0	+24	+48			
hasta 6	-12	-8	-1		+4	+8	+12	-32	-22	-12	-3			+8	-48	-38	-28	-18	-9	0	-60	-50	-30	-15	0	-78	-48	-24	0					
más de 6	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	-25	-13	0	+10	+16	+21	+25	-40	-25	-13	0	+11	+22	-40	-25	0	+18	+36	-40	0	+29	+58					
hasta 10	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	-40	-28	-15	-5	-1	+6	+10	-62	-47	-35	-22	-11	0	-76	-61	-36	-18	0	-96	-58	-29	0					
más de 10	-6	0	+8	+12	+18	+23	+29	-35	-16	0	+12	+19	+25	+30	-50	-32	-16	0	+14	+27	-50	-32	0	+22	+43	-50	0	+35	+70					
hasta 18	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	-50	-34	-18	-6	+1	+7	+12	-77	-59	-43	-27	-13	0	-93	-75	-43	-21	0	-120	-70	-35	0					
más de 18	-7	0	+9	+15	+21	+28	+35	-40	-20	0	+13	+23	+29	+36	-66	-40	-20	0	+17	+33	-66	-40	0	+26	+52	-66	0	+42	+84					
hasta 30	-20	-13	-4	+2	+8	+15	+22	-61	-41	-21	-8	+2	+8	+15	-98	-73	-53	-30	-16	0	-117	-92	-52	-26	0	-149	-94	-42	0					
más de 30	-9	0	+11	+18	+25	+33	+42	-50	-25	0	+15	+27	+34	+42	-80	-50	-25	0	+20	+39	-80	-50	0	+31	+62	-80	0	+90	+180					
hasta 50	-25	-16	-5	+2	+9	+17	+25	-75	-50	-25	-10	+2	+9	+17	-119	-89	-64	-39	-19	0	-142	-112	-62	-31	0	-180	-100	-50	0					
más de 50	-10	0	+12	+21	+30	+39	+51	-60	-30	0	+18	+32	+41	+50	-100	-60	-30	0	+23	+46	-100	-60	0	+37	+74	-100	0	+90	+180					
hasta 90	-29	-19	-7	+2	+11	+20	+32	-90	-60	-30	-12	+2	+11	+20	-146	-105	-76	-46	-23	0	-174	-134	-74	-37	0	-220	-120	-60	0					
más de 90	-12	0	+13	+25	+36	+46	+59	-72	-36	0	+20	+38	+48	+58	-120	-72	-36	0	+27	+54	-120	-72	0	+44	+87	-120	0	+70	+140					
hasta 120	-34	-22	-9	+3	+13	+23	+37	-107	-71	-36	-15	+3	+13	+23	-174	-125	-90	-54	-27	0	-207	-159	-87	-43	0	-260	-140	-70	0					
más de 120	-14	0	+14	+28	+40	+52	+68	-85	-43	0	+22	+43	+55	+67	-145	-95	-43	0	+32	+63	-145	-95	0	+50	+100	-145	0	+90	+180					
hasta 180	-39	-25	-11	+3	+15	+27	+43	-125	-83	-40	-18	+3	+15	+27	-203	-148	-106	-63	-31	0	-243	-185	-100	-50	0	-305	-160	-80	0					

Las desviaciones para los ejes son:  $13_{-0,003}^{+0,008}$  y  $18_{-0,003}^{+0,008}$

Los diámetros máximos y mínimos para los ejes son:

$$d_M = 13.008 \text{ mm} \quad d_M = 18.008 \text{ mm}$$

$$d_m = 12.997 \text{ mm} \quad d_m = 17.997 \text{ mm}$$

Tabla 23. Desviación superior e inferior para agujeros [32].

Diámetro nominal en mm	6ª calidad						7ª calidad						8ª calidad						9ª calidad			10ª calidad								
	G6	H6	J6	K6	M6	N6	E7	F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	D8	F8	H8	J8	K8	M8	N8	D9	F9	H9	J9	D10	H10	J10	
hasta 3	+3	0	-4		-7	-11	+14	+7	3	0	-6		-9	-13	-16	+20	+14	+7	0	-7			-15	+20	+14	0	-13	+20	0	-20
más de 3 hasta 6	+10	-7	-3		0	-4	+23	+16	+12	+9	+3		0	-4	-7	+34	+28	+21	+14	+7			-1	+45	+39	+25	+12	+60	+40	+20
más de 6 hasta 10	+5	0	-4	-7	-12	-16	+25	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	+40	+25	+13	0	-10	-16	-21	-25	+40	+25	0	-18	+40	0	-29
más de 10 hasta 18	+14	+9	+5	+2	-3	-7	+40	+28	+20	+15	+8	+5	0	-4	-9	+62	+47	+35	+22	+12	+6	+1	-3	+78	+61	+38	+18	+98	+63	+29
más de 18 hasta 30	+6	0	-5	-9	-15	-20	+32	+18	+6	0	-8	-12	-18	-23	-29	+50	+32	+18	0	-12	-19	-25	-30	+50	+32	0	-2	+50	0	-35
más de 30 hasta 50	+17	+11	+6	+2	-4	-9	+50	+34	+24	+18	+10	+6	0	-5	-11	+77	+59	+43	+27	+15	+8	+2	-3	+93	+75	+43	+21	+120	+79	+35
más de 50 hasta 80	+7	0	-5	-11	-17	-24	+40	+20	+7	0	-9	-15	-21	-28	-35	+65	+40	+20	0	-13	-23	-29	-36	+65	+40	0	-26	65	0	-42
más de 80 hasta 100	+20	+13	+8	+2	-4	-11	+61	+41	+28	+21	+12	+6	0	-7	-14	+96	+73	+53	+33	+20	+10	+4	-3	+117	+92	+52	+26	+149	+84	+42
más de 100 hasta 120	+9	0	-6	-13	-20	-28	+50	+25	+9	0	-11	-18	-25	-33	-42	+80	+50	+25	0	-15	-27	-34	-42	+80	+50	0	-31	+80	0	-50
más de 120 hasta 150	+25	+16	+10	+3	-4	-12	+75	+50	+34	+25	+14	+7	0	-8	-17	+119	+89	+64	+39	+24	+12	+5	-3	+142	+112	+62	+31	+180	+100	+50
más de 150 hasta 180	+10	0	-6	-15	-24	-33	+60	+30	+10	0	-12	-21	-30	-39	-51	+100	+60	+30	0	-18	-32	-41	-50	+100	+60	0	-37	+100	0	-80
más de 180 hasta 200	+29	+19	+13	+4	-5	-14	+90	+60	+40	+30	+18	+9	0	-9	-21	+146	+106	+76	+46	+28	+14	+5	-4	+174	+134	+74	+37	+220	+120	+60
más de 200 hasta 250	+12	0	-6	-18	-28	-38	+72	+36	+12	0	-13	-25	-35	-45	-59	+120	+72	+36	0	-20	-38	-48	-58	+120	+72	0	-44	+120	0	-70
más de 250 hasta 300	+34	+22	+16	+4	-6	-16	+107	+71	+47	+35	+22	+10	0	-10	-24	+174	+126	+90	+54	+34	+16	+6	-4	+207	+159	+87	+43	+280	+140	+70
más de 300 hasta 400	+14	0	-7	-21	-33	-45	+85	+43	+14	0	-14	-28	-40	-52	-68	+145	+95	+43	0	-22	-43	-55	-67	+145	+95	0	-50	+145	0	-80
más de 400 hasta 500	+39	+25	+18	+4	-8	-20	+125	+83	+51	+40	+26	+12	0	-12	-28	+208	+148	+108	+63	+41	+20	+8	+4	+246	+185	+100	+50	+305	+180	+80

Las desviaciones para los agujeros son:  $13_0^{+0.018}$  y  $18_0^{+0.018}$

Los diámetros máximos y mínimos para los agujeros son:

$$D_M = 13.018 \text{ mm} \quad D_M = 18.018 \text{ mm}$$

$$D_m = 13 \text{ mm} \quad D_m = 18 \text{ mm}$$

A continuación, se determina el juego máximo y mínimo con la ecuación (69) y (70):

$$J_M = D_M - d_m \tag{69}$$

$$J_M = 0.021 \text{ mm}$$

$$J_m = D_m - d_M \tag{70}$$

$$J_m = -0.008 \text{ mm}$$

Entre la zona cortante del punzón con medida nominal  $\varnothing 8.3 \text{ mm}$  y el agujero de la placa extractor- guía debe existir un juego que permita el deslizamiento del punzón pero que a

la vez no cause interferencias, al considerar un sistema de eje único en la tabla 20 se selecciona un tipo de ajuste h6/G7.

De la tabla 21 las tolerancias fundamentales para este tipo de ajuste son: h6:0,009 mm, G7: 0,015 mm.

De la tabla 22 las desviaciones para el eje son:  $8.3_{-0,009}^0$ .

El diámetro máximo y mínimo para el eje es:

$$d_M = 8.3 \text{ mm}$$
$$d_m = 8.291 \text{ mm}$$

De la tabla 23 las desviaciones para el agujero son:  $8.3_{+0.005}^{+0.020}$

El diámetros máximo y mínimo para el agujero es:

$$D_M = 8.32 \text{ mm}$$
$$D_m = 8.305 \text{ mm}$$

A continuación, se determina el juego máximo y mínimo:

$$J_M = 0.029 \text{ mm}$$
$$J_m = 0.005 \text{ mm}$$

La tolerancia del juego se calcula con la ecuación (71):

$$T_J = J_M - J_m \tag{71}$$
$$T_J = 0.024 \text{ mm}$$

La hoja de procesos correspondiente para el punzón circular se indica en el Anexo C4 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Punzón tipo ranura**

Para el desbaste y acabado del acero DF2 se utilizó el mismo herramental, velocidades de corte y acabado que los punzones circulares, mientras que el material base tiene un diámetro de 30 mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (65) el número de revoluciones para el proceso de desbaste es:

$$N = 955 \text{ rpm}$$

Al tratarse de un torno manual el número de revoluciones real seleccionado para el proceso de desbaste es 1000 rpm.

Para el proceso de acabado N es:

$$N = 1273 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real seleccionada para el proceso de acabado es 1400 rpm.

De la tabla 19 el avance seleccionado para los procesos de desbaste y acabado es 0.4 y 0.05 mm respectivamente, reemplazando en la ecuación (66) la velocidad de avance para proceso de desbaste es:

$$V_f = 400 \text{ mm/min}$$

$V_f$  para el proceso de acabado es:

$$V_f = 98 \text{ mm/min}$$

Para el primer proceso se realizó el cilindrado del cuerpo del punzón de  $\varnothing 22.5$  mm (acabado) con una longitud de 19 mm, estas medidas se exponen en el ítem 2.2.5 (Diseño de componentes - punzón circular).

De acuerdo con el sobreespesor 7.5 mm (material base  $\varnothing 30$  mm) se realizó 6 pasadas longitudinales, las cinco primeras para desbaste de 7 mm y la última de 0.5 mm para acabado. Reemplazando en la ecuación (68) la velocidad media es:

$$v_m = 95 \text{ m/min}$$

Reemplazando la velocidad media en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el proceso de cilindrado para el cuerpo del punzón es:

$$T_c = 2.26 \text{ min}$$

Para la cabeza del punzón se realizó el cilindrado de  $\varnothing$  26 mm (acabado) y de longitud 5 mm. De acuerdo con el sobreespesor 4 mm (material base  $\varnothing$  30 mm) se realizó 4 pasadas longitudinales, las tres primeras para desbaste de 3.5 mm y la última de 0.5 mm para acabado.

$$v_m = 98 \text{ m/min}$$

El avance de la cuchilla para el cálculo de los tiempos de corte es 0.05 mm, reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para la cabeza del punzón es:

$$T_c = 0.38 \text{ min}$$

Para obtener la forma tipo ranura del punzón se realizó en primera instancia el cilindrado de  $\varnothing$  20 mm (acabado) y de longitud 19 mm. De acuerdo con el sobreespesor 10 mm (material base  $\varnothing$  30 mm) se realizó 8 pasadas longitudinales, las seis primeras para desbaste de 9 mm y las dos última de 0.5 mm para acabado.

$$v_m = 98 \text{ m/min}$$

Reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para la zona cortante del punzón es:

$$T_c = 2.92 \text{ min}$$

## **Fresado**

Tras haber obtenido el diámetro requerido se realizó un proceso de contorneado para obtener la forma tipo ranura del punzón, a continuación, se determinó los parámetros necesarios para el mecanizado.

Para este proceso se utilizó una fresa frontal de acero rápido de  $\varnothing$  10 mm con 4 dientes, de acuerdo con el material del punzón (acero DF2) en la tabla 13,  $V_c = 18 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ .

Reemplazando la velocidad de corte en la ecuación (52), el número de revoluciones es:

$$N = 573 \text{ rpm}$$

Al tratarse de una fresadora manual se debe seleccionar el número de revoluciones especificados en esta, por lo tanto, se escogió un valor aproximado al calculado, el número de revoluciones real es  $N = 560 \text{ rpm}$ .

En la tabla 14 se seleccionó un valor de  $f_z = 0.13 \text{ mm}$  para un tipo de material acero para herramienta y utilizando una fresa frontal, reemplazando en la ecuación (53) el avance de la mesa es:

$$F = 291 \text{ mm/min}$$

La velocidad de avance de la mesa real es  $140 \text{ mm/min}$ .

La longitud de la zona cortante del punzón tipo ranura es  $29 \text{ mm}$ ,  $l_c$  es aproximadamente el radio de la fresa es decir  $5 \text{ mm}$ , reemplazando estos valores en la ecuación (54) el tiempo para un recorrido es:

$$t = \frac{29 \text{ mm} + 2(5 \text{ mm})}{140 \text{ mm/min}} = 0.27 \text{ min}$$

Según la tabla 15 para el proceso de contorneado la profundidad radial debe ser menor a la medida calculada a continuación:

$$a_p = 0.25 \times D$$

$$a_p = 2.5 \text{ mm}$$

Partiendo de  $\varnothing 20 \text{ mm}$  que es el largo total de la ranura, se requiere obtener el ancho deseado  $\varnothing 8.3 \text{ mm}$  con una profundidad de  $1.5 \text{ mm}$  y reemplazando en la ecuación (56) el número de pasadas para una profundidad total de  $11.7 \text{ mm}$  es:

$$n = 7.8 \approx 8$$

La cantidad de pasadas se distribuyó de manera que el ancho de la ranura quede centrado con respecto al cuerpo y cabeza del punzón, es decir que el desbaste se realizó por los dos lados con 4 pasadas cada una.

El tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58):

$$t_T = 1.68 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para el punzón tipo ranura se indica en el Anexo C5 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

- **Tolerancias**

De la tabla 20 se seleccionó un tipo de ajuste H7 – j6 para el cuerpo y cabeza del punzón, debido a que estas partes ingresan a la placa portapunzones mediante un forzado ligero para evitar desplazamientos excesivos y a su vez que sean fáciles de reemplazar o de dar mantenimiento.

### **Placa porta punzones**

- **Cepillado**

Las dimensiones de la placa porta punzones son de 220 mm de longitud por 80 mm de anchura con un sobreespesor de 2 mm para el cepillado.

La velocidad de avance para acero A36 se selecciona de la tabla 18,  $v_a = 40 \text{ m/min}$ , mientras la velocidad de retroceso se establece según las características de la máquina, en este caso  $v_a = v_c$ .

La carrera de cuchilla se determina con la ecuación (63):

$$L = 370 \text{ mm} = 0.370 \text{ m}$$

La profundidad de corte según la tabla 18 se encuentra en un rango de 0.2 a 5 mm, con esta consideración el cepillado se realizó en 3 pasadas, siendo la primera para desbaste de 1mm y las dos últimas de 0,5 mm para acabado.

Reemplazando los valores en la ecuación (62) el tiempo empleado para el proceso es:



$$T_{cp} = 1.48 \text{ min}$$

El número de desplazamientos de la cuchilla por cada pasada se determina con la ecuación (64).

$$\eta = 27$$

El número de desplazamientos de la cuchilla para las 3 pasadas es 81.

- **Rectificado**

Posterior al proceso de cepillado se debe rectificar con el fin de corregir imperfecciones y obtener un acabado superficial fino que permita un acoplamiento óptimo con la placa sufridera.

De la tabla 16 se seleccionó una velocidad de corte de la muela para un tipo de rectificado plano de 22 m/s y una profundidad para acabado de 0,01 mm. Reemplazando en la ecuación (59) la velocidad de giro de la muela es:

$$N = 3361 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real es 3800 rpm.

De la tabla 16 la velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 12 m/min, reemplazando en la ecuación (60), el número de pasadas por minutos es:

$$n = 23$$

- **Taladrado**

Las perforaciones para el agujero que contiene el cuerpo y cabeza del punzón se realizarán mediante un proceso de taladrado con brocas de acero rápido de Ø 13 y Ø 18 mm respectivamente.

De acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25 \text{ m/min}$  y por el diámetro de las brocas un avance de 0,20 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de las brocas en la ecuación (52) los números de revoluciones son:

$$N = 612 \text{ rpm}$$

$$N = 442 \text{ rpm}$$

Las perforaciones se las realizaron en la máquina fresadora por lo tanto los números de revoluciones reales para el proceso son: 782 y 560 rpm.

Para el agujero que aloja el cuerpo del punzón la broca debe atravesar todo el ancho de la placa, es decir 18 mm, el número total de agujeros es 6, reemplazando en la ecuación (61) el tiempo es:

$$T_c = 0.9 \text{ min}$$

La longitud que atraviesa la broca de 18 mm para realizar el agujero donde se aloja la cabeza del punzón es 5 mm.

$$T_c = 0.54 \text{ min}$$

Para mecanizar los agujeros para pasadores y tornillos se utilizaron brocas de  $\varnothing 8$  y  $\varnothing 6.75$  mm el número de revoluciones real utilizado en el taladro de pedestal es 1038 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 8, mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 1.54 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 4:

$$T_c = 0.79 \text{ min}$$

- **Tolerancias**

Para el cuerpo y cabeza de punzón se utilizó un tipo de ajuste H7/j6 forzado ligero, ver tabla 20. Las tolerancias fundamentales y desviaciones para los agujeros que alojan los punzones se detallan en el ítem 2.2.6 (Mecanizado de componentes –punzón circular).

La hoja de procesos correspondiente para la placa porta punzones se indica en el Anexo C6 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

## Columnas

- **Torneado**

Para el desbaste y acabado del acero DF2 se utilizó la misma plaquita de los punzones (plaquita de carburo), de la tabla 19 se seleccionó una velocidad de corte para desbaste de 90 m/min y para acabado 150 m/min, además el material base tiene un diámetro de 35 mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (65) el número de revoluciones para el proceso de desbaste es:

$$N = 819 \text{ rpm}$$

Al tratarse de un torno manual el número de revoluciones real seleccionada para el proceso de desbaste es 1000 rpm.

Para el proceso de acabado N es:

$$N = 1364 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso de acabado es 1400 rpm.

De la tabla 19 el avance seleccionado para los procesos de desbaste y acabado es 0.4 y 0.05 mm respectivamente, reemplazando en la ecuación (66) la velocidad de avance para proceso de desbaste es:

$$V_f = 400 \text{ mm/min}$$

$V_f$  para el proceso de acabado es:

$$V_f = 70 \text{ mm/min}$$

Para el primer proceso se realizó el cilindrado para  $d_1 = 25$  mm (acabado) y de longitud 172 mm, estas medidas se exponen en el ítem 2.25 (Diseño de componentes – columnas)

De acuerdo con el sobreespesor 10 mm (material base  $\varnothing$  35 mm) se realizó 6 pasadas longitudinales, las cuatro primeras para desbaste de 9 mm y las dos últimas de 0.5 mm para acabado. Reemplazando en la ecuación (68) la velocidad media es:

$$v_m = 110 \text{ m/min}$$

Reemplazando la velocidad media en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el proceso de cilindrado es:

$$T_c = 17.68 \text{ min}$$

Para la valona de la columna se realizó el cilindrado de  $\varnothing$  32 mm (acabado) y de longitud 6 mm. De acuerdo con el sobreespesor 3 mm (material base  $\varnothing$  35 mm) se realizó 3 pasadas longitudinales, las dos primeras para desbaste de 2.5 mm y la última de 0.5 mm para acabado.

$$v_m = 110 \text{ m/min}$$

Reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el cuerpo del punzón es:

$$T_c = 0.35 \text{ min}$$

- **Tolerancias**

A continuación, se determinó los diferentes tipos de ajuste para la conexión entre columna-placa base y columna-casquillo.

Al considerar un sistema de eje único, el siguiente paso es seleccionar el tipo de ajuste, De la tabla 20 se seleccionó un tipo de ajuste h6 – K7 (forzado medio) para el ajuste entre la columna con medida nominal de  $\varnothing$  25 mm y el agujero de la placa base, ya que la columna debe mantenerse fija durante todo el proceso de corte.

La tolerancia fundamental corresponde a: h6: 0.013 mm, K7: 0.021 mm.

A continuación, se procede a determinar las desviaciones para ejes y agujeros. En la tabla 22 y 23 se indica las desviaciones superiores e inferiores para ejes y agujeros respectivamente.

La desviación para el eje es:  $25_{-0.013}^0$

El diámetro máximo y mínimo para el eje es:

$$d_M = 25 \text{ mm}$$
$$d_m = 24.987 \text{ mm}$$

La desviación para el agujero es:  $25_{-0.015}^{+0.006}$

El diámetro máximo y mínimo para el agujero es:

$$D_M = 25.006 \text{ mm}$$
$$D_m = 24.985 \text{ mm}$$

El juego máximo y mínimo se calcula con las ecuaciones (69) y (70) respectivamente:

$$J_M = 0.019 \text{ mm}$$
$$J_m = -0.015 \text{ mm}$$

La tolerancia del juego se calcula con la ecuación (71):

$$T_J = 0.034 \text{ mm}$$

El ajuste entre columna con medida nominal  $\emptyset 25$  mm y el agujero del casquillo debe permitir su deslizamiento sin interferencias, de la tabla 20 se seleccionó un tipo de ajuste h6/H7.

De la tabla 21 las tolerancias fundamentales para este tipo de ajuste son: h6:0,013 mm, H7: 0,021 mm.

De la tabla 22 las desviaciones para el eje son:  $25_{-0.013}^0$ .

El diámetro máximo y mínimo para el eje es:

$$d_M = 25 \text{ mm}$$
$$d_m = 24.987 \text{ mm}$$

De la tabla 23 las desviaciones para el agujero son:  $25_0^{+0.021}$ .

El diámetro máximo y mínimo para el agujero es:

$$D_M = 25.021 \text{ mm}$$

$$D_m = 25 \text{ mm}$$

La tolerancia del juego es:

$$T_j = 0.034 \text{ mm}$$

La hoja de procesos correspondiente para las columnas se indica en el Anexo C7 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Casquillos**

- **Torneado**

Para el mecanizado de los casquillos se realizaron procesos de torneado tales como: cilindrado, refrentado y taladrado.

Para el desbaste y acabado del acero DF2 se utilizó plaquita de carburo, de la tabla 19 se seleccionó una velocidad de corte para desbaste de 90 m/min y para acabado 150 m/min, además el material base tiene un diámetro de 50 mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (65) el número de revoluciones para el proceso de desbaste es:

$$N = 573 \text{ rpm}$$

Al tratarse de un torno manual el número de revoluciones real seleccionada para el proceso de desbaste es 700 rpm.

Para el proceso de acabado N es:

$$N = 955 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real seleccionada para el proceso de acabado es 1000 rpm.

De la tabla 19 el avance seleccionado para los procesos de desbaste y acabado es 0.4 y 0.05 mm respectivamente, reemplazando en la ecuación (66) la velocidad de avance para proceso de desbaste es:

$$V_f = 280 \text{ mm/min}$$

$V_f$  para el proceso de acabado es:

$$V_f = 50 \text{ mm/min}$$

Para el primer proceso se realizó el cilindrado para  $d_{as} = 32.5 \text{ mm}$  (acabado) y de longitud 21 mm, estas medidas se exponen en el ítem 2.2.5 (Diseño de componentes – Casquillos).

De acuerdo con el sobreespesor 17.5 mm (material base  $\varnothing 50 \text{ mm}$ ) se realizó 8 pasadas longitudinales, las siete primeras para desbaste de 17 mm y la última de 0.5 mm para acabado. Reemplazando en la ecuación (68) la velocidad media es:

$$v_m = 98 \text{ m/min}$$

Reemplazando la velocidad media en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el proceso de cilindrado es:

$$T_c = 5.39 \text{ min}$$

Para  $d_{ec}$  se realizó el cilindrado de  $\varnothing 40 \text{ mm}$  (acabado) y de longitud 60 mm. De acuerdo con el sobreespesor 10 mm (material base  $\varnothing 50 \text{ mm}$ ) se realizó 7 pasadas longitudinales, las cinco primeras para desbaste de 9 mm y las dos últimas de 0.5 mm para acabado.

$$v_m = 107 \text{ m/min}$$

Reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el cuerpo del punzón es:

$$T_c = 12.33 \text{ min}$$

A continuación, se determinó el número de revoluciones para mecanizar el agujero donde se desliza la columna, se utilizó una broca de 25 mm.

En la tabla 17 de acuerdo con las propiedades del acero DF2, se seleccionó una  $V_c = 16 \text{ m/min}$  y por el diámetro de la broca un avance de 0,20 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de las brocas en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 612 \text{ rpm}$$

- **Tolerancias**

El ajuste entre columna con medida nominal  $\varnothing 25 \text{ mm}$  y el agujero del casquillo debe permitir su deslizamiento sin interferencias, de la tabla 20 se selecciona un tipo de ajuste h6/H7. Las tolerancias fundamentales y desviaciones se indican en el ítem 2.2.6 (Mecanizado de componentes – columnas).

La hoja de procesos correspondiente para los casquillos se indica en el Anexo C8 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Placa base**

- **Fresado**

Se realizó un proceso de planeado por ambas caras sobre la placa utilizando una fresa frontal de acero rápido de 4 dientes y 22 mm de diámetro.

Al tratarse de acero A36 y el mismo herramental se utilizó los parámetros calculados para otras placas de este acero:

$$N = 320 \text{ rpm}$$

$$F = 140 \text{ mm/min.}$$

La longitud de la placa base es 247 mm, mientras que  $l_c$  es aproximadamente el radio de la fresa es decir 11 mm, reemplazando estos valores en la ecuación (54) se obtiene el tiempo para un recorrido:

$$t = 1.9 \text{ min}$$

La cantidad de recorridos para completar el proceso por todo el ancho de la placa 191 mm, se determina con la ecuación (55).

$$R = 15.36 \approx 16$$



De la tabla 15 para el proceso de fresado frontal  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D$$

$$a_p = 2.2 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se seleccionó una profundidad de 1 mm, reemplazando en la ecuación (56) se obtiene el número de pasadas para una profundidad total de 3 mm, ya que el espesor base es de 25 mm y se requiere un espesor de 22 mm.

$$n = 3$$

El proceso de fresado frontal se realizó con 17 recorridos y 3 pasadas con una profundidad de 1 mm, por lo tanto, el tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58).

$$t_T = 96.9 \text{ min}$$

- **Taladrado**

Para el mecanizado de las perforaciones que alojan las columnas se realizó el proceso de taladrado pasando una broca de  $\varnothing 12$  mm, seguida de una de  $\varnothing 25$  mm y posteriormente ejecutar un proceso de mandrinado para obtener el ajuste deseado.

De acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25$  m/min y por el diámetro de las brocas un avance de 0,20 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de las brocas en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 663 \text{ rpm}$$

$$N = 318 \text{ rpm}$$

Los agujeros se mecanizaron en el taladro de pedestal por lo que los números de revoluciones reales para los procesos son: 680 y 320 rpm.

El tiempo empleado en mecanizar los dos agujeros para columnas se obtiene con la ecuación (61). La longitud que atraviesa la broca de  $\varnothing 12$  y  $\varnothing 25$  mm es el espesor de la placa base 22 mm.

$$T_c = 0.38 \text{ min}$$

$$T_c = 0.92 \text{ min}$$

Los agujeros para tornillos y pasadores se mecanizaron con una broca de  $\varnothing 6.75$  y  $\varnothing 8$  mm respectivamente. El número de revoluciones es:

$$N = 1179 \text{ rpm}$$

$$N = 995 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es: 1038 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 4 mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 0.93 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 2:

$$T_c = 0.47 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para la placa base se indica en el Anexo C9 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

## **Placa superior**

### **Fresado**

Se realizó un proceso de planeado por ambas caras sobre la placa utilizando una fresa frontal de acero rápido de 4 dientes y 22 mm de diámetro.

Al tratarse de acero A36 y el mismo herramental se utilizó los parámetros calculados para la placa base.

$$N = 320 \text{ rpm}$$

$$F = 140 \text{ mm/min.}$$

Las dimensiones de la placa superior son coincidentes con la placa base , por lo tanto, se utiliza los parámetros ya calculados para esta última:

$$t = 1.9 \text{ min}$$

$$R = 15.36 \approx 16$$

De la tabla 15 para el proceso de fresado frontal  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D$$

$$a_p = 2.2 \text{ mm}$$

El desbaste se realizó con una profundidad de 1 mm, el número de pasadas es:

$$n = 3$$

El tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58).

$$t_T = 96.9 \text{ min}$$

- **Taladrado**

Para el mecanizado de las perforaciones que alojan los casquillos se realizó el proceso de taladrado pasando una broca de  $\varnothing 12$  mm, seguida de una de  $\varnothing 28$  mm y posteriormente ejecutar un proceso de mandrinado para obtener el ajuste deseado.

De acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25$  m/min y por el diámetro de las brocas un avance de 0,20 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de las brocas en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 663 \text{ rpm}$$

$$N = 284 \text{ rpm}$$

Los agujeros se mecanizaron en el taladro de pedestal por lo que los números de revoluciones reales para los procesos son: 680 y 320 rpm.

El tiempo empleado en mecanizar los dos agujeros para columnas se obtiene con la ecuación (61). La longitud que atraviesa la broca de  $\varnothing 12$  y  $\varnothing 28$  mm es el espesor de la placa superior 22 mm.

$$T_c = 0.38 \text{ min}$$

$$T_c = 0.95 \text{ min}$$

Los agujeros para tornillos y pasadores se mecanizaron con una broca de  $\varnothing 6.75$  y  $\varnothing 8$  mm respectivamente. El número de revoluciones es:

$$N = 1179 \text{ rpm}$$

$$N = 995 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real para el proceso es: 1038 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 6 mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 1.39 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 2:

$$T_c = 0.47 \text{ min}$$

El agujero donde se sitúa el vástago de sujeción se mecanizó con una broca de  $\varnothing 16$  mm. El número de revolución calculado es:

$$N = 497 \text{ rpm}$$

El número de revolución real es 474 rpm

La hoja de procesos correspondiente para la placa superior se indica en el Anexo C10 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

## **Placa sufridera**

- **Cepillado**

Las dimensiones de la placa sufridera son de 220 mm de longitud por 80 mm de anchura con un sobreespesor de 4 mm para el cepillado.

De acuerdo con las propiedades del acero DF2, la velocidad de corte para cepillado se encuentra en un rango de entre 20-30 m/min, con un avance de 1.5 mm, ver tabla 18.

La carrera de cuchilla se calcula con la ecuación (63):

$$L = 370 \text{ mm} = 0.370 \text{ m}$$

La profundidad de corte para acero DF2 según la tabla 18 se encuentra en un rango de 0.2 a 5 mm, con esta consideración el cepillado se realizó en 5 pasadas, siendo las tres primeras para desbaste de 3 mm y las dos últimas de 0,5 mm para acabado.

Reemplazando los valores en la ecuación (62) el tiempo empleado para el proceso es:

$$T_{cp} = 9.87 \text{ min}$$

El número de desplazamientos de la cuchilla por cada pasada se determina con la ecuación (64).

$$\eta = 16$$

El número de desplazamientos de la cuchilla para las 5 pasadas es 80.

- **Rectificado**

Posterior al proceso de cepillado se rectificó con el fin de corregir imperfecciones y obtener un acabado superficial fino que permita el acoplamiento con la placa porta punzones.

A continuación, se procede a calcular la velocidad de corte de la muela.

De la tabla 16 se seleccionó una velocidad de corte de la muela para un tipo de rectificado plano de 20 m/s y una profundidad para acabado de 0,01 mm.

$$N = 3055 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real es 3800 rpm.

De la tabla 16 la velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 10 m/min, reemplazando en la ecuación (60), el número de pasadas por minutos es 19:

- **Taladrado**

Los agujeros de tornillos y pasadores se mecanizaron con brocas de  $\varnothing 6.75$  mm y  $\varnothing 8$  mm respectivamente. De la tabla 17 se seleccionó un avance por vuelta de 0.10 mm y una velocidad de corte de 16 m/min para acero DF2. Reemplazando en la ecuación (52), el número de revoluciones es:

$$N = 755 \text{ rpm}$$

$$N = 637 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real utilizado en el taladro de pedestal es 680 rpm.

El espesor que tienen que atravesar las brocas es  $e_{ps} = 16$  mm. El número total de agujeros para tornillos es de 10, mientras el tiempo empleado para este proceso según la ecuación (61) es:

$$T_c = 2.65 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es 2:

$$T_c = 0.54 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para la placa sufridera se indica en el Anexo C11 ahí se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Placa extractor-guía**

- **Cepillado**

Las dimensiones de la placa extractor-guía son de 220 mm de longitud por 84 mm de anchura con un sobreespesor de 2 mm para el cepillado.

Para acero A36 en la tabla 18,  $v_a = v_c = 40$  m/min.

La carrera de cuchilla es:

$$L = 220 \text{ mm} + 2 \times 75 \text{ mm}$$

$$L = 370 \text{ mm} = 0.370 \text{ m}$$

La profundidad de corte para acero A36 según la tabla 18 se encuentra en un rango de 0.2 a 5 mm, con esta consideración el cepillado se realizó en 3 pasadas, siendo la primera para desbaste de 1mm y las dos últimas de 0,5 mm para acabado, el avance del corte es de 3mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (62) el tiempo empleado para el proceso es:

$$T_{cp} = 1.55 \text{ min}$$

El número de desplazamientos de la cuchilla por cada pasada se determina con la ecuación (64).

$$\eta = 28$$

El número de desplazamientos de la cuchilla para las 3 pasadas es 84.

- **Fresado**

El canal para el ingreso del ángulo metálico se mecanizo utilizando una fresa frontal de acero rápido de 4 dientes y 22 mm de diámetro.

Al tratarse de acero A36 se utilizó  $V_c = 25$  m/min en la ecuación (52), el número de revoluciones calculado para el proceso de planeado es:

$$N = 361 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real con el que se trabajo es  $N = 320$  rpm

De la tabla 13 se seleccionó un valor de  $f_z = 0.15$  mm, utilizando una fresa frontal.

Reemplazando en la ecuación (53) el avance de la mesa calculado es:

$$F = 192 \text{ mm/min}$$

El avance de mesa real es  $F = 140 \text{ mm/min}$ .

La longitud de la ranura es 220 mm, mientras que  $l_c$  es aproximadamente el radio de la fresa, es decir 11 mm, reemplazando estos valores en la ecuación (54) se obtiene el tiempo para un recorrido:

$$t = 1.7 \text{ min}$$

El ancho de la ranura es 48 mm, la cantidad de recorridos para completar el proceso se determina con la ecuación (55).

$$R = 2.36 \approx 3$$

De la tabla 15 para el proceso de fresado frontal  $a_p$  es:

$$a_p = 0,1 \times D$$

$$a_p = 2.2 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se seleccionó una profundidad de 1 mm, reemplazando en la ecuación (56) se obtiene el número de pasadas para una profundidad total de 6 mm.

$$n = 6$$

El proceso de fresado frontal se realizó con 3 recorridos y 6 pasadas con una profundidad de 1 mm, el tiempo total de mecanizado se determina con la ecuación (58).

$$t_T = 30.6 \text{ min}$$

- **Rectificado**

Posterior al proceso de cepillado se debe rectificar con el fin de corregir imperfecciones y obtener un acabado superficial fino que permita su acoplamiento con las placas paralelas

Se utilizó el número de revoluciones para otros componentes del mismo material, 3800 rpm.



De la tabla 16 la velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 12 m/min, reemplazando en la ecuación (60), el número de pasadas por minutos es:

$$n = 23$$

- **Taladrado**

Los agujeros por donde se guía los punzones sin interferencia se mecanizaron mediante un proceso de taladrado con una broca de 8.4 mm, de acuerdo con la tabla 17 y las propiedades del acero A36 se selecciona una  $V_c = 25$  m/min y por el diámetro de la broca un avance de 0,10 mm.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de las brocas en la ecuación (52) el número de revoluciones es:

$$N = 947 \text{ rpm}$$

Las perforaciones se las realizaron en la máquina fresadora por lo tanto el número de revolución real para el proceso es: 782 rpm.

El tiempo empleado en el proceso de taladrado se obtiene con la ecuación (61). La longitud que debe recorrer la broca es el espesor de la placa extractor guía  $e_{pe} = 18$  mm, el número total de agujeros es 12.

$$T_c = 3.15 \text{ min}$$

Para mecanizar los agujeros para pasadores y tornillos se utilizaron brocas de  $\emptyset 8$  y  $\emptyset 6.75$  mm el número de revoluciones utilizado en el taladro de pedestal es 1038 rpm

El número total de agujeros para tornillos es de 8 mientras que el tiempo empleado para este proceso es:

$$T_c = 1.54 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 2:

$$T_c = 0.39 \text{ min}$$

- **Tolerancias**

Entre la zona cortante del punzón con medida nominal  $\varnothing 8.3$  mm y el agujero de la placa extractor- guía debe existir un juego que permita el deslizamiento del punzón pero que a la vez no cause interferencias, al considerar un sistema de eje único en la tabla 20 se selecciona un tipo de ajuste h6/G7. Las tolerancias fundamentales y desviaciones para los agujeros por donde se guían los punzones se detallan en el ítem 2.2.6 (Mecanizado de componentes – punzón circular).

La hoja de procesos correspondiente para la placa extractor guía se indica en el Anexo C12 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

### **Placas paralelas**

- **Cepillado**

Las dimensiones de la placa extractor-guía son de 220 mm de longitud por 45 mm de anchura con un sobreespesor de 2 mm para el cepillado.

De la tabla 18 se selección una  $v_a = 40$  m/min, mientras la velocidad de retroceso se establece según las características de la máquina, en este caso  $v_a = v_c = 40$  m/min.

La carrera de cuchilla es:

$$L = 220 \text{ mm} + 2 \times 75 \text{ mm} = 370 \text{ mm} = 0.370 \text{ m}$$

La profundidad de corte para acero A36 según la tabla 18 se encuentra en un rango de 0.2 a 5 mm, con esta consideración el cepillado se realizó en 3 pasadas, siendo la primera para desbaste de 1mm y las dos últimas de 0,5 mm para acabado, el avance del corte es de 3mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (62) el tiempo empleado para el proceso es:

$$T_{cp} = 0.83 \text{ min}$$

El número de desplazamientos de la cuchilla por cada pasada se determina con la ecuación (64).

$$\eta = 15$$

El número de desplazamientos de la cuchilla 3 pasadas es 45.

- **Rectificado**

Posterior al proceso de cepillado se debe rectificar con el fin de corregir imperfecciones y obtener un acabado superficial fino que permita su acoplamiento con la placa porta matriz y la placa extractor-guía.

Se utilizo el número de revoluciones para otros componentes del mismo material, 3800 rpm.

De la tabla 16 la velocidad de desplazamiento de la mesa para rectificado plano es de 12 m/min, reemplazando en la ecuación (60), el número de pasadas por minutos es:

$$n = 23$$

- **Taladrado**

Para mecanizar los agujeros para pasadores y tornillos se utilizaron brocas de  $\varnothing 8$  y  $\varnothing 6.75$  mm respectivamente, el número de revoluciones real utilizado en el taladro de pedestal es 1038 rpm.

El número total de agujeros para tornillos es de 4 mientras que la longitud que debe recorrer las brocas es el ancho de la placa paralela  $a_{pp} = 45$  mm, el tiempo empleado para este proceso según la ecuación (61) es:

$$T_c = 1.81 \text{ min}$$

El número total de agujeros para pasadores es de 3, el tiempo empleado es 1.37 min.

La hoja de procesos correspondiente para las placas paralelas se indica en el Anexo C14 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

## Vástago

- **Torneado**

Para el mecanizado del vástago se realizó procesos de torneado tales como: cilindrado, refrentado y taladrado.

Para el desbaste y acabado del acero AISI 1018 se utilizó una cuchilla de carburo soldada. Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica el acero AISI 1018 es adecuado para componentes de maquinaria. [22]

De la tabla 19 se seleccionó una velocidad de desbaste de 120 m/min y para acabado 215 m/min, además el material base tiene  $\varnothing$  55 mm.

Reemplazando los valores en la ecuación (65) el número de revoluciones para el proceso de desbaste es:

$$N = 694 \text{ rpm}$$

Al tratarse de un torno manual el número de revoluciones real seleccionado para el proceso de desbaste es 700 rpm.

Para el proceso de acabado N es:

$$N = 1244 \text{ rpm}$$

El número de revoluciones real seleccionada para el proceso de acabado es 1400 rpm.

De la tabla 19 el avance seleccionado para los procesos de desbaste y acabado es 0.4 y 0.05 mm respectivamente, reemplazando en la ecuación (66) la velocidad de avance para proceso de desbaste es:

$$V_f = 304 \text{ mm/min}$$

$V_f$  para el proceso de acabado es:

$$V_f = 170 \text{ mm/min}$$

Para el primer proceso se realizó el cilindrado para  $d_1 = 52$  mm (acabado) y de longitud 48 mm, estas medidas se exponen en la sección anterior de diseño de componentes.

De acuerdo con el sobreespesor 3 mm (material base  $\varnothing 55$  mm) se realizó 3 pasadas longitudinales, las dos primeras para desbaste de 2.5 mm y la última de 0.5 mm para acabado. Reemplazando en la ecuación (68) la velocidad media es:

$$v_m = 151 \text{ m/min}$$

Reemplazando la velocidad media en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para el proceso de cilindrado es:

$$T_c = 3.3 \text{ min}$$

Para el cilindrado de  $l_4$  de  $\varnothing 52$  mm (acabado) y longitud 12 mm. Se realizó el mismo número de pasadas.

Reemplazando en la ecuación (67) el tiempo de mecanizado para este proceso es:

$$T_c = 0.82 \text{ min}$$

- **Taladrado**

Para mecanizar el agujero que aloja el tornillo de sujeción se utilizaron brocas de  $\varnothing 18.5$  y  $\varnothing 28$  mm, de la tabla 17 la velocidad de corte para acero 1018 se encuentra en un rango de 25 – 32 m/min mientras que el avance de las brocas es 0.18 y 0.27 mm respectivamente.

Reemplazando los valores de  $V_c$  y el diámetro de la broca en la ecuación (52) el número de revoluciones es 430 y 284:

Los números de revoluciones reales utilizados en el torno manual son 430 y 220 rpm, mientras que la longitud que debe recorrer la broca de  $\varnothing 18.5$  mm es la longitud total del vástago 90 mm, el tiempo empleado para este proceso según la ecuación (61) es:

$$T_c = 1.23 \text{ min}$$

La longitud que atraviesa la broca de Ø 28 mm es 20 mm y el tiempo empleado es:

$$T_c = 0.37 \text{ min}$$

La hoja de procesos correspondiente para el vástago se indica en el Anexo C13 donde se detalla los parámetros y tiempos para cada proceso.

A continuación, se presenta un resumen de los parámetros de mecanizado utilizados para la fabricación de los componentes.

Tabla 24. Resumen de parámetros de mecanizado.

<b>Fresado</b>				
<b>Componente</b>	<b>Herramental</b>	<b>N rpm</b>	<b>F mm/min</b>	<b>a<sub>p</sub> mm</b>
Placa matriz	Fresa HSS Ø 12 mm 4 dientes	560	140	1.2
Placa matriz complemento		782		1.2
Placa porta matriz	Fresa HSS Ø 15 mm 2 dientes	560		1.5
Punzón tipo ranura	Fresa HSS Ø 10 mm 4 dientes	560		2.5
Placa base	Fresa HSS Ø 12 mm 4 dientes	320		2.2
Placa superior	Fresa HSS Ø 22 mm 4 dientes			1
Placa extractor- guía				
<b>Rectificado</b>				
		<b>N rpm</b>	<b>n</b>	<b>a<sub>p</sub> mm</b>
Placa matriz	Muela abrasiva 25 mm	3800	19	0.01
Placa matriz complemento			23	
Placa porta punzones			23	
Placa sufridera			19	
Placas paralelas			23	
<b>Torneado</b>				
		<b>N rpm</b>	<b>v<sub>f</sub> mm/min</b>	<b>a<sub>p</sub> mm</b>
Punzón circular	Plaquita de carburo soldada	Desbaste		
		1400	560	2.2
		Acabado		
		2000	140	0.35

Punzón tipo ranura	Plaquita de carburo soldada	1000 1273	400 98	1.4 0.5
Columnas		1000 1400	400 70	2.25 0.5
Casquillos		700 1000	280 50	2.4 0.5
Vástago		700 1400	304 170	1.25 0.5
<b>Cepillado</b>				
		<b>V<sub>c</sub></b> <b>m/min</b>	<b>a<sub>p</sub></b> <b>mm</b>	<b>η</b>
Placa porta matriz	Cuchilla HSS	40	0.5	45
Placa porta punzones			1	27
Placa sufridera		25	0.5	16
Placa extractor- guía		40		28
Placas Paralelas				15
<b>Taladrado</b>				
		<b>N</b> <b>rpm</b>	<b>s</b> <b>mm</b>	<b>p</b>
Placa matriz	Broca HSS Ø 8.3 mm	560	0.10	12
	Broca HSS Ø 6.75 mm	782		6
	Broca HSS Ø 8 mm			2
Placa matriz complemento	Broca HSS Ø 10 mm			782
	Broca HSS Ø 6.75 mm	6		
	Broca HSS Ø 8 mm	2		
Placa porta matriz	Broca HSS Ø 10 mm	782	0.10	12
	Broca HSS Ø 6.75 mm			14
	Broca HSS Ø 8 mm			8
Placa porta punzones	Broca HSS Ø 13 mm	560	0.20	6
	Broca HSS Ø 18 mm			
	Broca HSS Ø 6.75 mm	1038	0.10	8
	Broca HSS Ø 8 mm			4
Placa base	Broca HSS Ø 12 mm	680	0.20	2
	Broca HSS Ø 25 mm	320		
		Broca HSS Ø 6.75 mm	1038	0.10

	Broca HSS Ø 8 mm			
Placa superior	Broca HSS Ø 12 mm	680	0.20	2
	Broca HSS Ø 28 mm	320		
	Broca HSS Ø 6.75 mm	1038	0.10	6
	Broca HSS Ø 8 mm			2
Placa sufridera	Broca HSS Ø 6.75 mm	680		10
	Broca HSS Ø 8 mm			2
Placa extractor- guía	Broca HSS Ø 8.4 mm	782	0.10	12
	Broca HSS Ø 6.75 mm	1038		8
	Broca HSS Ø 8 mm			2
Vástago	Broca HSS Ø 18.5 mm	430	0.20	1
	Broca HSS Ø 28 mm	220		1

- **Tolerancias de medida, forma y posición.**

Para la fabricación de la matriz de corte, se debe aplicar medidas constructivas, las cuales se expresan con tolerancias, siendo estas las que indican valores máximos y mínimos que la dimensión puede alcanzar.

En la tabla 25 se presenta diferentes tipo de calidades utilizados para la fabricación según la precisión requerida, siendo IT1 para fabricación de calibres y la IT18 para la fabricación de mecánica poco esmerada.

Tabla 25. Tolerancias de medida para la fabricación.

Tolerancias de medida			ZONAS DE TOLERANCIA. – Valores en micras ( $1 \mu = 0,001 \text{ mm}$ )									
N.º de calidad	Serie de tolerancias fundamentales	Unidades de tolerancia <i>i</i>	De 1,6 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
1	IT – 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	3	4	5
2	IT – 2	1,6	2	2	2	2	2	3	3	4	5	7
3	IT – 3	2,5	3	3	3	3	4	4	5	6	8	10
4	IT – 4	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	14
5	IT – 5	6,4	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	IT – 6	10	7	8	9	11	13	16	19	22	25	29
7	IT – 7	16	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46
8	IT – 8	25	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72
9	IT – 9	40	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115
10	IT – 10	64	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185
11	IT – 11	100	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290
12	IT – 12	160	90	120	150	180	210	250	300	350	400	460
13	IT – 13	250	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720
14	IT – 14	400	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150
15	IT – 15	640	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850
16	IT – 16	1000	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900
17	IT – 17	1600	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600
18	IT – 18	2500	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200



Se ha seleccionado las calidades IT6 e IT7 ya que los componentes fabricados deben tener precisión en sus medidas a fin de que cumplan correctamente con su función.

Las tolerancias de forma y posición se detallan solamente cuando es necesario asegurar la aptitud de la pieza para su finalidad, garantizando el funcionamiento e intercambiabilidad [30].

En la tabla 26 se indican algunas de las tolerancias de forma y posición utilizadas para la fabricación de la matriz de corte.

Tabla 26. Tolerancias de forma y posición.

<i>Características objeto de tolerancia</i>		<i>Símbolo</i>	<i>Características objeto de tolerancia</i>		<i>Símbolo</i>
Forma de elementos aislados	Rectitud	—	Orientación de elementos asociados	Paralelismo	//
	Planicidad			Perpendicularidad ortogonal	
	Redondez	○		Inclinación	
	Cilindricidad		Posición de elementos asociados	Posición	○
	Forma de una línea cualquiera			Concentricidad o coaxialidad	
	Forma de una superficie cualquiera			Simetría	
				Oscilación radial o axial	

Finalmente, dichas tolerancias de medidas, forma y posición se aplican en los planos de construcción.

## CAPÍTULO III.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Pruebas de funcionamiento

En esta sección se detalla las distintas pruebas realizadas de la matriz de corte para ángulo ranurado, una vez que ha sido ensamblada y montada en la máquina troqueladora de la empresa.

En la figura 74 se muestra la parte fija y móvil ensamblada con todos sus respectivos componentes.

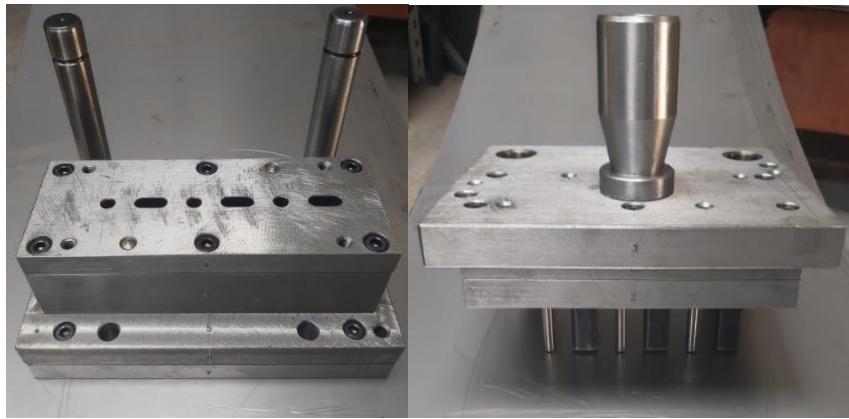


Figura 74. Ensamble parte fija y móvil de la matriz de corte para ángulo ranurado.

En la figura 75 se muestra el conjunto armado de la matriz de corte para ángulo ranurado montado en la máquina troqueladora de la empresa.



Figura 75. Ensamble conjunto armado de la matriz de corte para ángulo ranurado.

Para la ejecución de las pruebas que se detallan a continuación, se realizó con antelación las correcciones necesarias en los punzones y la matriz para obtener la medida deseada de los agujeros y ranuras.

Una vez verificadas las medidas, se procedió con los tratamientos térmicos de temple y revenido, posteriormente se rectificó la superficie de todos los punzones y la cara principal de la placa matriz para corregir los defectos producidos por los tratamientos térmicos. (ver figura 76 y 77).



Figura 76. Rectificado de punzones post tratamiento térmico.

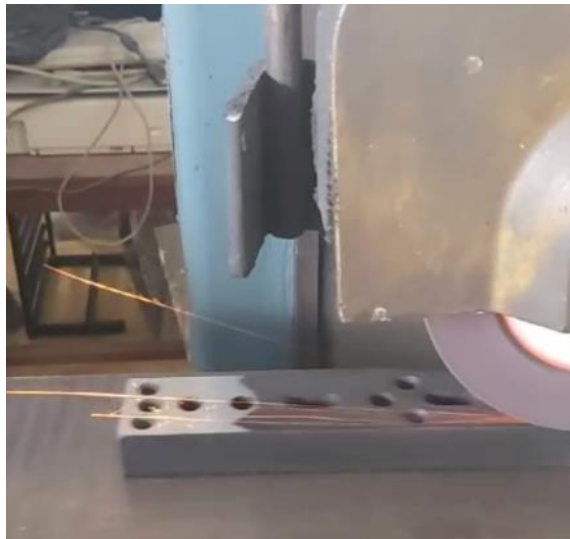


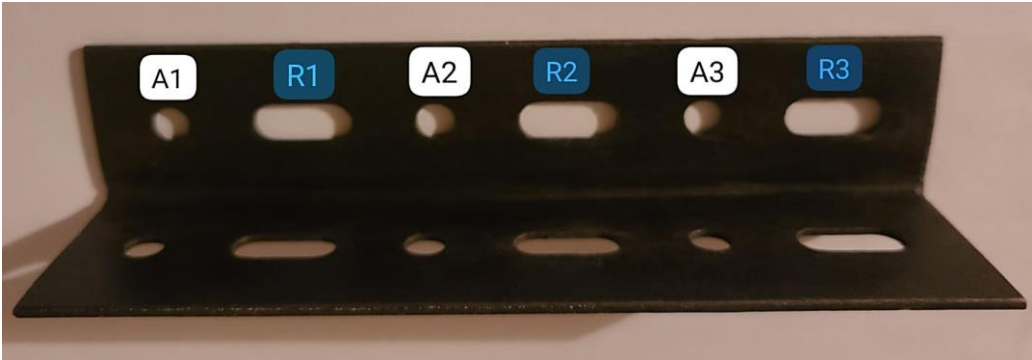
Figura 77. Rectificado de placa matriz post tratamiento térmico.

## Primera prueba

En las tablas 27, 28, 29 se indican los parámetros utilizados para llevar a cabo las distintas pruebas de la matriz de corte, además se indica el producto final con las perforaciones realizadas en el material.

Para la primera prueba se utilizó ángulo A36 de dimensiones 40 x 175 x 2 mm siendo este el ángulo principal para el cual fue diseñado la matriz de corte.

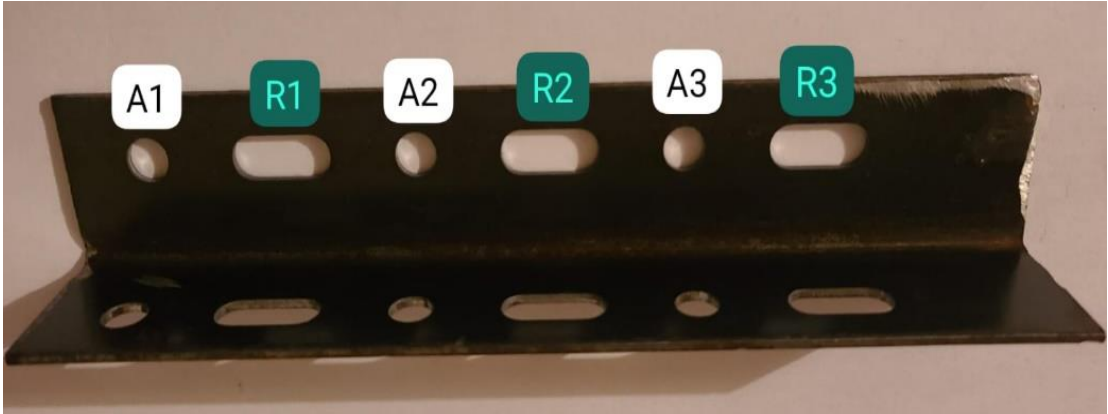
Tabla 27. Parámetros y resultados obtenidos de la primera prueba.

Material para ensayar (mm)	Tonelaje de la máquina	Lubricante	Dimensión Requerida (mm)	Dimensión obtenida (mm)	
Ángulo A36 40 * 175 * 2	40	Aceite HD68	3 agujeros: Ø 8.3 3 ranuras: (8.3 x 20)	A1: 8.3	R1: 8.3 * 20
				A2: 8.3	R2: 8.3 * 20
				A3: 8.3	R3: 8.3 * 20
<b>Detalle</b>					
					
<b>Observaciones:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las dimensiones de los agujeros y ranuras no presentan variación.</li> <li>• No existe presencia de rebaba ni arrugas en la sección del ángulo metálico.</li> <li>• Los agujeros y ranuras se encuentran centrados con respecto al centro de las caras.</li> </ul>					

## Segunda prueba.

Para la segunda prueba se utilizó ángulo A36 de dimensiones 35 x 172 x 1.5mm con la finalidad de determinar si es viable realizar el proceso de troquelado en espesores menores al diseñado.

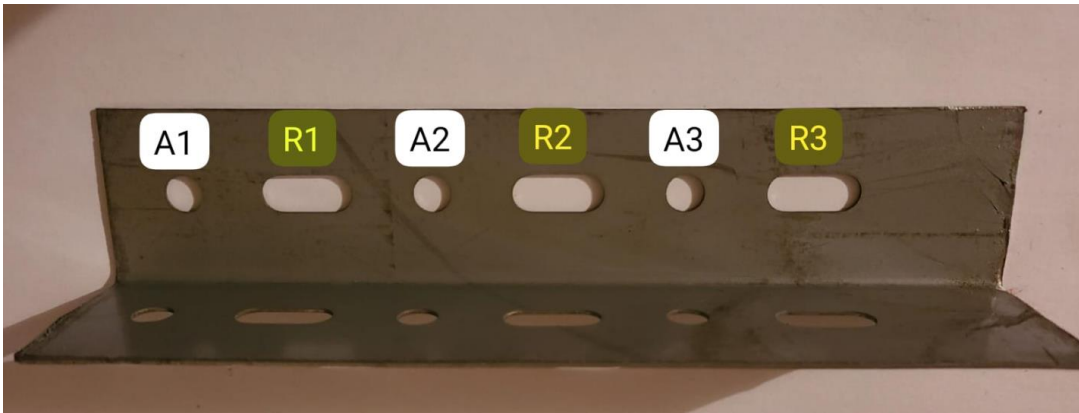
Tabla 28. Parámetros y resultados obtenidos de la segunda prueba.

Material para ensayar (mm)	Tonelaje de la máquina	Lubricante	Dimensión Requerida (mm)	Dimensión obtenida (mm)	
Ángulo A36 35 * 180 *1.5	40	Aceite HD68	3 agujeros: Ø 8.3 3 ranuras: (8.3 x 20)	A1: 8.3	R1: 8.3 * 20
				A2: 8.3	R2: 8.3 * 20
				A3: 8.3	R3: 8.3 * 20
<b>Detalle</b>					
					
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Las dimensiones de agujeros y ranuras no presenta variación.</li><li>• Los agujeros y ranuras se encuentran desfasados del centro de sus caras.</li><li>• No existe presencia de rebaba ni arrugamiento en la sección del ángulo metálico.</li></ul>					

### Tercera prueba

Para la tercera prueba se utilizó un ángulo fabricado de lámina A36 prepintada de dimensiones 40 x 180 x 1 mm para determinar si es viable realizar el proceso de troquelado en ángulos que se puedan fabricar por la empresa, lo que representaría un beneficio económico adicional para esta al poder fabricar su propio ángulo y posteriormente los agujeros y ranuras mediante la matriz de corte.

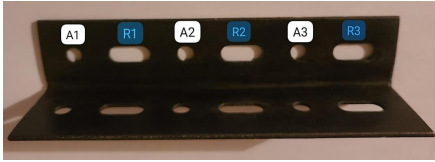
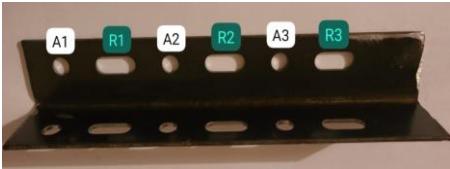
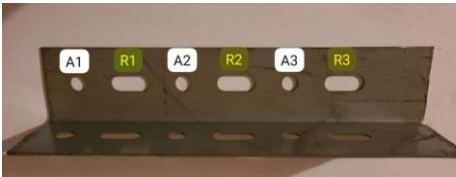
Tabla 29. Parámetros y resultados obtenidos de la tercera prueba.

Material para ensayar (mm)	Tonelaje de la máquina	Lubricante	Dimensión Requerida (mm)	Dimensión obtenida (mm)	
Ángulo A36 40 * 180 * 1	40	Aceite HD68	3 agujeros: Ø 8.3 3 ranuras: (8.3 x 20)	A1: 8.3	R1: 8.3 * 20
				A2: 8.3	R2: 8.3 * 20
				A3: 8.3	R3: 8.3 * 20
<b>Detalle</b>					
					
<b>Observaciones:</b>					
<ul style="list-style-type: none"><li>• Las dimensiones de agujeros y ranuras no presenta variación.</li><li>• No existe presencia de rebaba ni arrugamiento en la sección del ángulo metálico.</li><li>• Al tratarse de un ángulo fabricado mediante corte y doblado se debe realizar los procesos anteriores de la manera más exacta posible, de este modo se garantiza un guiado correcto de las caras por la placa matriz.</li></ul>					

- **Análisis comparativo de las pruebas realizadas**

En la tabla 30 se indica una comparación de los resultados obtenidos en los tres tipos de ángulos ensayados.

Tabla 30. Comparativa de las pruebas realizadas.

Material para ensayar Ángulo ASTM A36 (mm)	Tonelaje de la maquina	Comparativa
Caso 1 40 * 175 * 2	40	Los ángulos ensayados comparten la característica de ser del mismo tipo ASTM A36 con la diferencia de que varía su espesor, los cuales van desde 1 a 2 mm. En ninguno de los casos hubo presencia de arrugamientos en la sección del ángulo ni rebaba al momento de producir las perforaciones.  Cabe destacar que en el segundo caso, ángulo 35 x 1.5 mm las perforaciones quedan desfasas del centro de sus caras, debido a que la matriz de corte fue diseñada para ángulo 40 x 2 mm, sin embargo, no representa ningún inconveniente para realizar las perforaciones, mientras que para el caso 3 del ángulo 40 x 1 mm se deberá regular la medida con la cual ingresan los punzones a la placa matriz para que puedan producirse las perforaciones.
		
Caso 2 40 * 180 * 1.5		
		
Caso 3 40 * 180 * 1		
		

### 3.2. Presupuesto

En esta sección se detalla el presupuesto total para la ejecución de este proyecto, la cual fue financiada al 100% por la empresa MEGA STAND, siendo esta la beneficiaria de la matriz de corte para ángulo ranurado. En la tabla 31 se indica todos los recursos y el valor respectivo.

Tabla 31. Presupuesto para el desarrollo del proyecto.

<b>Materia Prima</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Placa acero DF2 222*42*25 mm	1	30
Placa acero ASTM A36 222*42*30 mm	1	12
Placa acero ASTM A36 250*135*25 mm	1	20
Placa acero ASTM A36 222*86*20 mm	3	32
Placa acero ASTM A36 222*46*20 mm	2	25
Placa acero ASTM A36 248*192*25 mm	2	50
Eje acero DF2 Ø 30*500 mm	1	35
Eje acero DF2 Ø 20*500 mm	1	25
Eje acero DF2 Ø 50*90 mm	2	20
Eje acero DF2 Ø 30*200 mm	2	15
Eje acero AISI 1018 Ø 55*90 mm	1	8
<b>Sub total</b>		<b>272</b>
<b>Mano de obra directa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
	Cepillado	120



<b>Mano de obra directa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
	Fresado	100
	Torneado	100
	Rectificado	50
	Taladrado	50
	Ensamblaje	40
	Otros	30
	<b>Sub total</b>	<b>490</b>
<b>Mano de obra indirecta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
	Diseño e ingeniería	<b>220</b>
	<b>Sub total</b>	<b>220</b>
<b>Gastos indirectos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
	Transporte	50
	Comunicación	25
	Alimentación	50
	Electricidad	100
	Internet	25
	<b>Sub total</b>	<b>250</b>

	<b>Descripción</b>	<b>Costo (\$)</b>
<b>Rubro</b>	Costo materia prima	272
	Costo mano de obra directa	490
	Costo mano de obra indirecta	220
	Costo gastos indirectos	250
	<b>Total</b>	<b>1232</b>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Mediante el método investigativo y de campo se seleccionó un tipo de matriz con guía de punzones y además se pudo establecer las dimensiones y el tipo de material adecuado para cada componente de la matriz de corte, específicamente acero A36, DF2 y AISI 1018, al momento de realizar las pruebas se determinó que todos los componentes diseñados cumplen correctamente su función y además de que los punzones se encuentran guiados durante todo el proceso de corte, la guía no permite que el material desecho quede adherido a la superficie de estos.
- Para la fabricación de cada componente de la matriz de corte se determinó los parámetros necesarios para posteriormente llevar a cabo diversos tipos de mecanizado como: fresado, torneado, taladrado y cepillado, se debe destacar que todas las máquinas utilizadas son manuales por lo tanto parámetros como: número de revoluciones y avances calculados son referenciales y se debió ajustar a los parámetros establecidos en cada máquina.
- Las pruebas se realizaron en distintos ángulos con espesores desde 1 a 2 mm. En todos los casos se obtuvo un corte limpio, sin rebaba ni arrugamientos, determinando la funcionalidad de la matriz de corte para ángulo ranurado, además al verificar el funcionamiento en espesores menores al diseñado representa un beneficio económico adicional para la empresa porque le da la posibilidad de fabricar su propio ángulo en espesores de 1 mm mediante el corte y doblado de una lámina metálica A36.

## 4.2. Recomendaciones

- Para obtener un ensamble sin desviación de agujeros como: cavidades de salida de material residuo, tornillos y pasadores, se recomienda mecanizar los componentes necesarios fijados mediante al menos dos tornillos y pasadores guía.
- Para evitar posibles inconvenientes en el producto final, se recomienda realizar las pruebas y correcciones necesarias en punzones y matriz antes de llevar a cabo los tratamientos térmicos.
- Se recomienda el uso de lubricantes en elementos deslizantes como: columnas y casquillos para reducir la fricción generada por el movimiento y en los punzones para prolongar su vida útil y obtener perforaciones sin presencia de rebaba.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] Construex, "Ángulo Ranurado", 13 de Abril de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://construex.com.ec/exhibidores/metalhierro/producto/angulo\\_ranurado\\_mabi](https://construex.com.ec/exhibidores/metalhierro/producto/angulo_ranurado_mabi)
- [2] L. Fabricio y M. Jazmani, "Modelación de una matriz de corte en la producción de llaveros con el logotipo de la escuela de ingeniería industrial utilizando la tecnología CAD CAM», Ingeniero Industrial, Escuela Superior Politécnica Del Chimborazo, Riobamba, 2016.
- [3] L. S. A. Bermudez, "Metodología para el diseño de troqueles de corte de chapa metálica", 2009.
- [4] R. M. Madrigal Marrero, "Formación del conocimiento para el diseño de troqueles de corte progresivos", Ingeniero Mecánico, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2018.
- [5] E. D. Pérez Pallo, "Diseño y construcción de un troquel de corte y perforado de platina metálica de espesor 1/8 de pulg. para la empresa ingeniería del acero y matricería en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua", Ingeniero Mecánico, Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [6] P. Fallböhmer, T. Altan, H.-K. Tönshoff, y T. Nakagawa, "Survey of the die and mold manufacturing industry - practices in Germany, Japan, and the United States", Sel. Pap. Met. Form. Mach., vol. 59, n.º 1, pp. 158-168, 1996, doi: 10.1016/0924-0136(96)02297-2.
- [7] D. Wojtkowiak y K. Talaśka, "The influence of the piercing punch profile on the stress distribution on its cutting edge", MATEC Web Conf., vol. 254, p. 02001, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201925402001.
- [8] D. Wojtkowiak, K. Talaśka, y A. Fierek, "The application of the Finite Element Method analysis in the process of designing the punching die for belt perforation",

IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 776, n.º 1, p. 012057, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/776/1/012057.

- [9] Trade Co. Ltd, " China ASTM A36 Placas de acero Fabricantes", 22 de Mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://m.es.cortensteels.com/carbon-steel-plates/astm-a36-steel-plates.html>.
- [10] X. Salueña Berna y A. Nápoles Alberro, Tecnología mecánica, 2a ed. Barcelona: Centre de Recursos de Suport a la Docència, Universitat Politècnica de Catalunya: Edicions UPC, 2001.
- [11] M. A. Archundia López, "Diseño y manufactura de un troquel de corte con fines didácticos".
- [12] C. Baldi De Costa, "Determinación del centro de esfuerzo en un troquel de corte utilizando un programa CAD", Rev. Fac. Ing. Univ. Cent. Venezuela, vol. 21, n.º 3, pp. 141-144, 2006.
- [13] J. C. de la Torre y A. M. Peña, "Matrices, Moldes y Utilajes". Dossat, Editorial S.A., 2003.
- [14] M. P. Groover, "Fundamentos de manufactura moderna". McGraw-Hill, México 2007
- [15] M. A. Martínez y D. S. Pérez, "Diseño y cálculo de un troquel para la fabricación de un abrebotellas."
- [16] Onlinemetals.com, "Carbon-steel A36 Product Guide from Online Metals", 16 de Mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.onlinemetals.com/en/product-guide/alloy/A36>
- [17] Moeller, "Metric catalog Moeller -Punches,die buttons and retainers". 12 de abril de 2020.
- [18] J. E. Shigley y Charles R. Mischke, Diseño en ingeniería mecánica, Quinta Edición. Madrid: Editorial McGraw-Hill, 1990.
- [19] J. P. Vidosic, Machine Design Projects. Ronald Press Company, 1957.

- [20] R. L. Norton, Diseño de máquinas, Cuarta Edición. México: Editorial Pearson Educación, 2011.
- [21] A. Florit, "Tratado de matricería", Tecnofisis globaL, S.L. España, 2008.
- [22] Steinel, "Metric catalog Steinel -Die sets". 23 de febrero de 2020.
- [23] Vazbros "Acero AISI-SAE 1018 Cold Rolled", 21 de Noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.vazbros.com/materiales/acero-aisi-sae-1018-cold-rolled/>
- [24] O. Gerhard y O. Kaiser, "Herramientas de troquelar, estampar y embutir", Gustavo Gili, 1981.
- [25] R. C. Hibbeler, "Ingeniería Mecánica Estática, 14.<sup>a</sup> ed. Pearson educación, 2016.
- [26] S. Krar y A. Check, "Tecnología de las máquinas herramientas", 5.<sup>a</sup> ed. México: Alfaomega, 2002.
- [27] E. M. R. Alvir y M. A. S. Pérez, "Ejercicios y problemas de mecanizado". Uned, 2011.
- [28] Dormer, "Herramientas de fresado", 17 de Septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-de-castilla-la-mancha/tecnologia-energetica/herramientas-de-fresado/1869184>
- [29] BirtLH, "Procesos de mecanizado por abrasión, electroerosión y especiales.", 29 de Septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM02/es\\_PPFM\\_DPMC M02\\_Contenidos/website\\_181\\_velocidad\\_de\\_corte.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM02/es_PPFM_DPMC M02_Contenidos/website_181_velocidad_de_corte.html)
- [30] L. A. NICOLAS, "Máquinas prontuario". Ediciones Paraninfo, S.A, 1989.
- [31] R. Aceromafe, "Placa A36: propiedades y especificaciones", Aceromafe. Accedido: 8 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.aceromafe.com/placa-a36-especificaciones/>

- [32] Sandvik Coromant "Torneado general", 23 de Octubre de 2023. [En línea].  
Disponible en: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/machining-formulas-definitions/general-turning-formulas-definitions>
- [33] IMH," Tolerancias Dimensionales", 16 de Noviembre de 2023. [En línea].  
Disponible en: <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/medicion-tridimensional/resultados/tolerancias/dimensionales>



**ANEXOS Y PLANOS**  
**ANEXO A - MATERIALES**

**A1**

**ACEROS ESPECIALES**  
Para aplicaciones Industriales

 **Cía. General de Aceros**

## Acero Grado Estructural

Referencia:  
**Lámina A36**



### ASTM A36

#### Composición química (%)

C	0.29 Máx	P	0.04 Max.
Mn	0.8 - 1.2	S	0.05 Max.
Si	0.15 - 0.40		

#### Características

El acero estructural A36 se produce bajo la especificación ASTM A36.

ASTM A36 es una aleación de hierro (mínimo 98 %), con contenidos de carbono de máximo 0.29 % y otras pequeñas cantidades de minerales como manganeso y silicio, para mejorar su resistencia a la tracción y buena influencia en la soldadura. Entre sus ventajas está la buena resistencia a la tracción y compresión además de su bajo costo.

#### Usos:

El acero A36 es el material estructural más usado para construcción de estructuras en el mundo. Es conocido como un acero de fácil soldabilidad, por lo que se utiliza en la construcción de estructuras como construcciones de puentes, edificios y estructuras atornilladas y/o soldadas.



#### Ventajas:

- \* Ductilidad y Homogeneidad
- \* Soldabilidad
- \* Relación resistencia / precio
- \* Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento



#### Propiedades Mecánicas

Resistencia a la tracción	Limite Elástico, min	Alargamiento %, min	
		200 mm	50 mm
41 - 56 Kg /mm <sup>2</sup>	23 - 25 Kg / mm <sup>2</sup>	20	23
400 - 550 Mpa	250 Mpa.		
58 - 80 ksi.	36 ksi		

**Observaciones:** Toda la información técnica es solo de referencia.

Los datos suministrados están dentro de los rangos promedio de lo exigido por norma o la calidad asociada y no corresponden a los valores exactos para cada material.

# ARNE® DF-2

Acero para trabajo en frío

COLD WORK
PLASTIC MOULDING
HOT WORK
HIGH PERFORMANCE STEEL

Typical analysis %	C 1.05	Mn 0.8	Cr 4.3	W 0.2
Standard specification	AISI D6, (SAE 52100)	ASTM A680 (SAE J403) (W/Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed	Approximate yield strength: 200 HB		
Colour code	Red			

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lb/in <sup>3</sup>	7 770 0.281	7 650 0.276	7 650 0.275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28.1 × 10 <sup>6</sup>	185 000 27.4 × 10 <sup>6</sup>	171 000 25.1 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11.7 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6.5 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6.7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13.0 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7.3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft h) °F	- -	27 167	31 221
Specific heat K/kg °C Btu/lb °F	455 0.109	525 0.126	608 0.145

## Información general

Arne es un acero al manganeso-cromo-tungsteno templeable en aceite y muy versátil, para uso general. Es apto para una gran variedad de aplicaciones de trabajo en frío. Entre sus principales características se cuentan:

- Buena mecanibilidad
- Buena estabilidad dimensional en el temple
- Una buena combinación de gran dureza superficial y tenacidad tras el temple y revenido.

Unidas, estas características reportan un acero apropiado para la fabricación de herramientas de gran longevidad y alta rentabilidad en la producción.

Arne puede suministrarse en varios acabados, incluyendo el laminado en caliente, pre-mecanizado, mecanizado fino y rectificado de precisión. También puede obtenerse en forma de barras huecas y anillos.

Análisis típico %	C 0,95	Mn 1,1	Cr 0,6	W 0,6	V 0,1
Normas equivalentes	UNE F-5220, W.-Nr.1.2510, AISI O1 (SS 2140)				
Estado de suministro	Recocido blando aprox. 190 HB				
Código de color	Amarillo				

## Aplicaciones

Herramientas para	Espesor del material	HRC
<b>Corte</b> Cizallado, punzonado, troquelado, desbarbado, tronzado	hasta 3 mm 3- 6 mm 6-10 mm	60-62 56-60 54-56
Cizallas cortas para trabajar en frío		54-60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja	caliente frío	58-60 56-58
<b>Conformado</b> Doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado		56-62
Troqueles de acuñar en frío pequeños		56-60
Puntos de torno Manguitos guía, expulsores, brocas y machos de roscar de tamaño pequeño y mediano Levas, boquillas, pistones y ruedas dentadas pequeñas		58-62

## Propiedades

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Templado y revenido a 62 HRC.

Características a la temperatura ambiental y temperaturas elevadas.

Temperatura	20°C	200°C	400°C
Densidad kg/m <sup>3</sup>	7 800	7 750	7 700
Módulo de elasticidad N/mm <sup>2</sup> kp/mm <sup>2</sup>	190 000 19 500	185 000 19 000	170 000 17 500
Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20°C	-	11,7 x 10 <sup>-6</sup>	11,4 x 10 <sup>-6</sup>
Conductibilidad térmica W/m °C	32	33	34
Calor específico J/kg °C	460	-	-

### RESISTENCIA A LA COMPRESION

Valores aproximados.

Dureza HRC	Resistencia a la compresión	
	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	R <sub>c0,2</sub> N/mm <sup>2</sup>
62	3000	2200
60	2700	2150
55	2200	1800
50	1700	1350



Herramienta de desbarbado y corte de cantos fabricada con Arne para recipientes de chapa de acero inoxidable de 0,914 mm de espesor y unas dimensiones de 254 x 152 x 203 mm.

## Tratamiento térmico

### RECOCIDO BLANDO

Proteger el acero y calentarlo en toda su masa a 780°C. Luego enfriarlo en el horno 15°C por hora hasta 650°C y por último libremente en el aire.

### ELIMINACION DE TENSIONES — ESTABILIZADO

Después del desbastado en máquina, debe calentarse la herramienta en toda su masa a 650°C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500°C y después libremente al aire.

### TEMPLE

Temperatura de precalentamiento: 600–700°C

Temperatura de austenización: 790–850°C

Temperatura °C	Tiempo de mantenimiento* minutos	Dureza antes del revenido HRC
800	30	aprox. 65
825	20	aprox. 65
850	15	aprox. 63

\* Tiempo de mantenimiento = tiempo a la temperatura de temple después de que la herramienta está plenamente calentada en toda su masa.

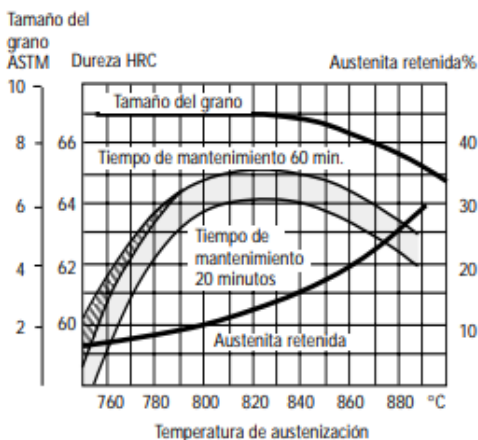
Proteger la herramienta contra decarburación y oxidación durante el proceso de temple.

### AGENTES DE ENFRIAMIENTO

- Aceite
- Temple escalonado martensítico a 180–225°C, después, enfriar al aire.

Nota: Revenir inmediatamente que la herramienta alcance 50–70°C.

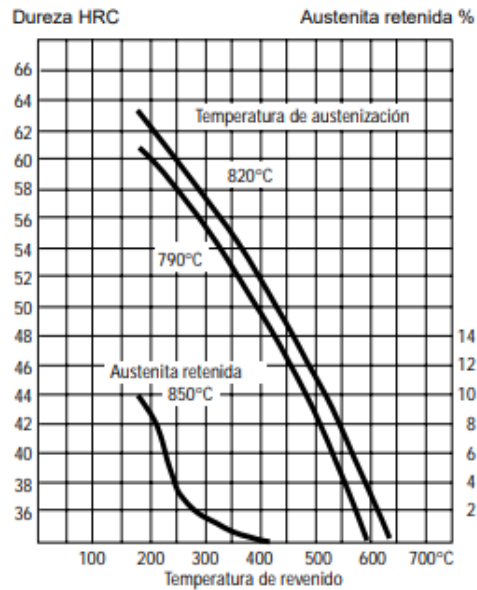
Dureza, tamaño del grano y austenita retenida, en función de la temperatura de austenización.



### REVENIDO

Elegir la temperatura de acuerdo con la dureza requerida según el gráfico de revenido. Revenir dos veces con enfriamiento intermedio a la temperatura ambiental. Mínima temperatura de revenido 180°C. Tiempo mínimo de mantenimiento de temperatura, 2 horas.

Gráfico de revenido



### TEMPLE ESCALONADO MARTENSITICO

Las herramientas se sumergen en el baño de temple a la temperatura de austenización durante el tiempo indicado, enfriándose luego en aire hasta una temperatura no inferior a 100°C. Revenir inmediatamente al igual que al templar en aceite.

Temperatura de austenización °C	Temperatura del baño de temple °C	Tiempo en el baño de temple minutos	Dureza superficial antes del revenido*
825	225	máx. 5	64±2 HRC
825	200	máx. 10	63±2 HRC
825	180	máx. 20	62±2 HRC
850	225	máx. 10	62±2 HRC

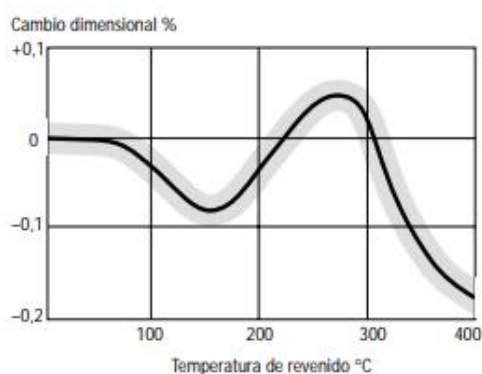
\* Obtenida mediante temple escalonado martensítico.



### CAMBIOS DIMENSIONALES DURANTE EL TEMPLE

Plancha de muestra, 100 x 100 x 25 mm

		Ancho %	Longitud %	Espesor %
Temple en aceite desde 830°C	min.	+0,03	+0,04	-
	máx.	+0,10	+0,10	+0,02
Temple escalonado martensítico desde 830°C	min.	+0,04	+0,06	-
	máx.	+0,12	+0,12	+0,02



*Nota:* Hay que sumar los cambios dimensionales experimentados en el temple y revenido. Tolerancia recomendada 0,25%.



*Herramienta de troquelar fabricada en acero Arne mecanizado de precisión.*

### TRATAMIENTO SUB-CERO Y ENVEJECIMIENTO

Las piezas que requieran una estabilidad dimensional máxima deberán someterse a tratamiento sub-cero y/o envejecimiento artificial, para que con el tiempo no experimenten cambios en el volumen. Esto se aplica, por ejemplo, a las herramientas de medición y ciertas piezas de construcción.

#### Tratamiento sub-cero

Inmediatamente después del temple la pieza se enfriará entre  $-70$  y  $-80^{\circ}\text{C}$  durante un tiempo de 3–4 horas, seguido de revenido o envejecimiento. El tratamiento sub-cero confiere un aumento de dureza de 1–3 HRC. Evitar las formas complicadas debido al riesgo de formación de grietas.

#### Envejecimiento

El revenido después del temple se sustituirá por envejecimiento a  $110$ – $140^{\circ}\text{C}$  durante 25–100 horas.

## Recomendaciones de mecanizado

Los datos de corte mostrados a continuación deben ser considerados como guía debiendo ser adaptados a las condiciones específicas existentes.

### TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	160–210	210–260	20–25
Avance ( $f$ ) mm/r	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Mecanizado grupo ISO	P20–P30 Metal duro revestido	P10 Metal duro revestido o cermet	—

### FRESADO

#### Fresado frontal y axial

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado fino
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	170–250	250–290
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,2–0,4	0,10–0,20
Profundidad de corte ( $a_p$ ) mm	2–5	–2
Mecanizado grupo ISO	P20–P40 Metal duro revestido	P10–P20 Metal duro revestido o cermet

#### Fresado de acabado

Parámetros de corte	Tipo de fresa		
	Metal duro integral	Insertado metal duro	Acero rápido
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	150–190	160–220	25–30 <sup>1)</sup>
Avance ( $f_z$ ) mm/diente	0,03–0,2 <sup>2)</sup>	0,08–0,2 <sup>2)</sup>	0,05–0,35 <sup>2)</sup>
Mecanizado grupo ISO	K20, P40	P20–P30	—

<sup>1)</sup> Para fresas de acabado revestidos  $v_c = 45–50$  m/min.

<sup>2)</sup> Dependiendo de la profundidad de corte radial y del diámetro

### TALADRADO

#### Taladrado con brocas de acero rápido

Diámetro de la broca mm	Velocidad de corte ( $v_c$ ), m/min	Avance ( $f$ ) mm/r
–5	15–17*	0,08–0,20
5–10	15–17*	0,20–0,30
10–15	15–17*	0,30–0,35
15–20	15–17*	0,35–0,40

\* Para brocas de acero rápido recubiertas  $v_c = 26–28$  m/min.

#### Taladro con brocas de metal duro

Parámetros de corte	Tipo de broca		
	Metal duro insertado	Metal duro solidado	Taladro con canales de refrigeración <sup>1)</sup>
Velocidad de corte ( $v_c$ ) m/min	200–220	110–140	70–90
Avance ( $f$ ) mm/r	0,05–0,25 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Brocas con canales de refrigeración interna y plaqueta de metal duro.

<sup>2)</sup> Dependiendo del diámetro de la broca.

### RECTIFICADO

A continuación damos unas recomendaciones generales sobre muelas de rectificado, pueden obtener más información en el catálogo de Uddeholm «Rectificado de Acero para Herramientas».

Tipo de rectificado	Muelas recomendadas	
	Estado recocido blando	Estado templado
Rectificado frontal	A 46 HV	A 46 HV
Rectificado frontal por segmentos	A 24 GV	A 36 GV
Rectificado cilíndrico	A 46 LV	A 60 KV
Rectificado interno	A 46 JV	A 60 IV
Rectificado de perfil	A 100 LV	A 120 JV



**aceroscol**  
la compañía de sus aceros

### IMPORTADORES - COMERCIALIZADORES

**Aceros:** Especiales - Al carbono - Inoxidables - Barra perforada

**Bronces:** Fosforados - Especiales - Latones

**Estructurales:** Vigas - Láminas - Canales - Ángulos - Platinas

**Hierro gris y nodular (colada continua)**

**Corte de barras en sierra sinfin**

**Transformación de lámina:** Corte CNC (Plasma y Oxicorte)  
Cizallado - Doble - Rolado - Soldadura - Fabricaciones especiales

SAE AISI 01	COMPOSICIÓN QUÍMICA								PROPIEDADES MECÁNICAS		
	C	Mn	P	S	Si	Cr	V	W	Dureza Rc	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	Límite elástico kg/mm <sup>2</sup>
	0,85/1,00%	1,00/1,40%	0,03% máx.	0,03% máx.		0,40/0,60%	0,03% máx.	0,40/0,60%	25 35 45 55	85 115 150 190	72 100 133 176
TRATAMIENTO TÉRMICO											
TRATAMIENTO		TEMPERATURA °C		ENFRIAMIENTO		DUREZA	HRC	HBN			
Recocido		760 – 790 °C		Horno				210 máx.			
Temple		790 – 810 °C		Sales/Aceite			65 máx.				
Revenido		175 – 260 °C		—			56 - 62				
CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES											
CARACTERÍSTICAS:		Para trabajos en frío, de gran dureza superficial después del temple. Buena estabilidad dimensional, buena tenacidad y excelente maquinabilidad en estado recocido. Puede soportar cambios bruscos de temperatura, así como el impacto.									
APLICACIONES:		Hojas pesadas para cizallas, moldes pequeños para plásticos; herramientas para fundición a presión de aleaciones no ferrosas base en plomo, zinc, estaño; rodillos estampadores, punzones neumáticos, cuñas para troqueladora, herramientas para forjar en caliente. Dureza que se puede obtener después del tratamiento térmico: 50- 60 HRC.									
NORMAS EQUIVALENTES											
AFNOR 90MnWCV5 - BS B01 - DIN 12510 - UNI 95MnWCR 5 KU - AISI / SAE AISI 01											
PERFILES USUALES	●		Desde 12 mm hasta 560 mm								
	—		De 38 mm x 10 mm hasta 180 x 80 mm								
	■		De 12 mm hasta 100 mm (premaquinado, laminado o forjado)								



Activar Window  
Ve a Configuración



## HOJA TÉCNICA



**AISI 1018**

Equivalencia:	ASTM A 29/A29M - 16: 1018		DIN 1.1141		JIS S18C	
Composición Química:	%C	%Mn	%P	%S	----	----
	0.15 - 0.20	0.60 - 0.90	0.040 máx.	0.050 máx.	----	----
Condición de Suministro:	Recocido con una dureza estimada 126 HBN (~ 70 HRB) como estirado en frío (SAE J414a).					
Propiedades mecánicas (aprox. a temperatura ambiente):	Resistencia a la tensión MPa (Lb/in <sup>2</sup> )		Límite elástico MPa (Lb/in <sup>2</sup> )		% Elongación en 2.0"	
	440 (64,000)		370 (54,000)		15	
					Reducción de área %	
					40	

• Los valores señalados son estimados mínimos y en acabado de estirado en frío, no son mandatorios, y deben tomarse solo como referencia en las características generales de estos aceros (SAE J414a).

• Valores especiales deben ser consultados y acordados con el fabricante.

**CARACTERÍSTICAS**

- Acero de bajo carbono de excelente forjabilidad en caliente, buena formabilidad en frío y excelente soldabilidad.
- Su maquinabilidad es menor en comparación con los aceros de la serie 11 y 12; de acuerdo a SAE J414a, presenta una capacidad de maquinado del 70 % con respecto al acero 1212 AISI (referido como 100 %).
- Como acabado de laminado en caliente, sus propiedades mecánicas y dureza, están por debajo de las anteriormente señaladas.
- Como acabado de laminado en caliente, puede presentar defectos inherentes de laminación (proceso de conformado en caliente), tales como, grietas, traslapes, ovalamiento, picaduras, oxidación, etc.; mismas que de no eliminarse, pueden afectar el uso final del producto.
- Como acabado de estirado en frío (directo de la laminación en caliente), puede presentar los mismos defectos que como laminado en caliente, salvo en una menor profundidad; referirse la norma ASTM A108-13.
- Como pelado y enderezado, los defectos inherentes al proceso de laminación en caliente, pueden haberse eliminado, sin que esto sea una garantía, salvo que, de esta manera haya sido expresado y acordado.
- El proceso de estirado en frío, confiere un nivel de endurecimiento superficial, además de mejorar ligeramente su maquinabilidad.
- Acero no sujeto a endurecimiento por temple convencional por su bajo contenido de carbono (ver tratamiento térmico).

**APLICACIONES**

- Es empleado en la fabricación de partes mecánicas para las industrias metalmeccánica, automotriz, construcción, entre otras, como tomillería, bujes, coples, elementos de sujeción (tensores para estructuras), flechas y partes donde se requiera desarrollar una dureza superficial vía tratamiento termoquímico de cementación o carbonitruración, contando con un núcleo suave y tenaz.
- Al ser empleado como anclaje de sujeción en la industria de la construcción u horquilla de sujeción en la industria de autotransportes, debe tomarse en consideración que el proceso de doblado en frío se haga de forma lenta, uniforme y en un solo evento, colocando como mandril guía de doblaje una barra que tenga al menos dos veces el diámetro de la barra a ser doblada, de lo contrario, se corre el riesgo de generar fisuras o fracturas en la parte exterior del doblaje.
- Puede sustituir al acero 12L14 AISI, siempre y cuando no se requiera la producción de altos volúmenes de fabricación, debido a su menor maquinabilidad.
- Puede sustituir al acero 1045 AISI en aplicaciones de menor esfuerzo mecánico, y donde no sea requerido endurecimiento total.

especiales@serviacero.com  
[www.serviacero.com/especiales](http://www.serviacero.com/especiales)

León: Tel. (477) 800 27 00  
 Guadalajara: Tel. (33) 3811 42 48  
 San Luis Potosí: Tel. (444) 821 17 00

Querétaro: Tel. (442) 210 22 90  
 Monterrey: Tel. (81) 4738 54 00  
 México: Tel. (55) 6379 05 11

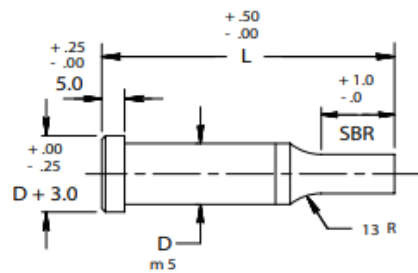
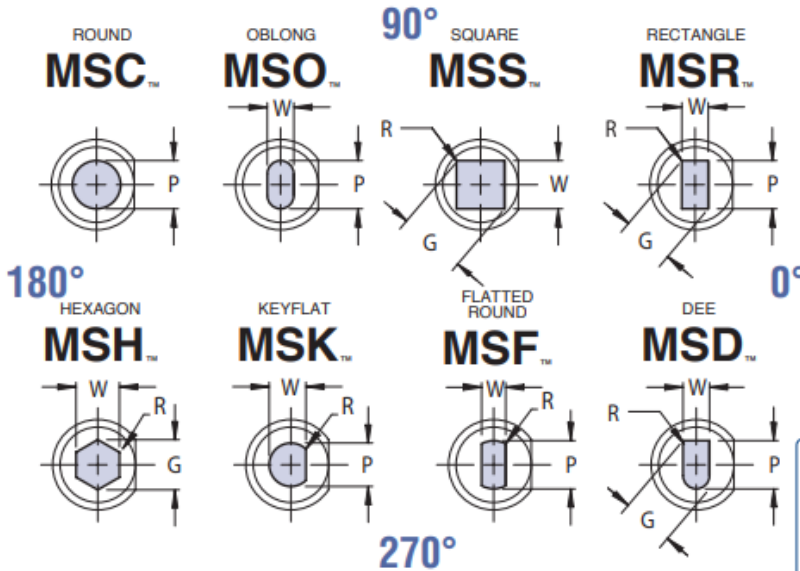
1 de 2



# SHOULDER PUNCHES



## SOLID



**ORDER EXAMPLE:**  
 (Reference page 4)  
 SPECIFY: QTY: TYPE "D" "L" LENGTH DIMENSIONS CODE ALTERNATE POINT TOLERANCE  
 EXAMPLE: 6 MSC 13 90 13 10.0 F1 T2  
 EXAMPLE: 6 MSO 16 80 STD 14.0 x 8.0 F1 STD  
 Note: When ordering, standard quantity breaks are: 1, 2-3, 4-11, 12-23, 24-49, 50-99

VIEWS ARE SHOWN LOOKING THROUGH THE SHANK BUT DRAWN WITH SOLID LINES FOR CLARITY.

Complete design & CAD files visit [WWW.MOELLERMCAD.COM](http://WWW.MOELLERMCAD.COM)

FOR STANDARD ALTERATIONS SEE PAGES 68-73.

CATALOG TYPE	SHANK DIA D	ROUND RANGE P	SHAPE		OVERALL LENGTH "L"														
			MIN W	MAX G/P	40	50	56	60	63	70	71	80	90	100	110	120	125	150	
MS_04	4	1.60 - 3.99	1.60	4.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_05	5	1.60 - 4.99	1.60	5.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_06	6	1.60 - 5.99	1.60	6.00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_08	8	2.50 - 7.99	2.50	8.00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_10	10	3.20 - 9.99	3.20	10.00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_13	13	5.00 - 12.99	4.50	13.00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_16	16	8.00 - 15.99	6.00	16.00		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_20	20	10.00 - 19.99	8.00	20.00			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_25	25	12.00 - 24.99	9.00	25.00			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_32	32	16.00 - 31.99	10.00	32.00				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MS_40	40	30.00 - 39.99	14.00	40.00					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

NOTE: FOR EXTENDED RANGE SHANK DIAMETERS OF 45, 50, 56 & 63, SEE PAGE NO. 20, 21

\*FOR PM4 MATERIAL PRODUCTS, SEE ADVANCED STAMPING APPLICATION TOOLING CATALOG

**Material\***  
 Steel: M2, HRC 60-63  
 Heads HRC 45-55

**Standard Point Tolerance**

Round P  $\begin{matrix} +.01 \\ -.00 \end{matrix}$   .01 P to D  
 Shape P, W  $\pm .01$   .02 P to D

Alternate Point Tolerance **T2**

P, W TOLERANCE  $\begin{matrix} +.005 \\ -.000 \end{matrix}$   
 P to D  .008

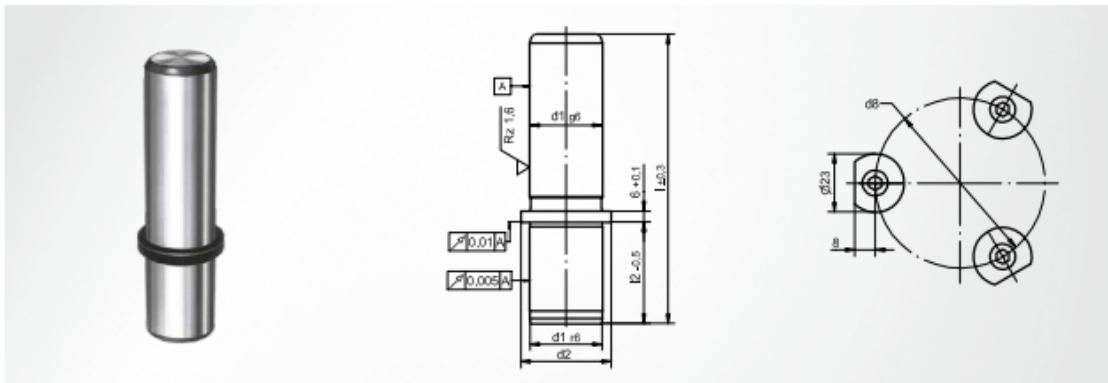
CATALOG TYPE	SHANK D	SBR		
		NAPMA STD	ALTERNATES	
			B	C
MS_04	4	8	10	—
MS_05	5	13	10	—
MS_06	6	13	10	—
MS_08	8	19	13	—
MS_10	10	19	13	25
MS_13	13	19	13	25
MS_16	16	19	13	25
MS_20	20	19	13	25
MS_25	25	19	13	25
MS_32	32	25	19	30
MS_40	40	25	19	30

STANDARD FLAT LOCATION IS AT 0° AS SHOWN.  
 AVAILABLE AT 90°, 180°, 270°, FOR SAME ALTERATION PRICE.

L=50 SBR MAX=13 L=60 SBR MAX=19  
 L=56 SBR MAX=19 L=63 SBR MAX=25

# ST9825 Guide pillar

for industrial tool making, with shoulder



**Material**

Steel 1.1221 (C60E); inductively hardened

**Hardness**

63 ±1 HRC

**Installation instruction**

Fixing with 3 holding clamps; one-sided entry chamfer or centring attachment

**Note**

Pillars from diameter 80 with thread M12 x 18

**Installation in mounting bore**

ISO H7

**Scope of supply**

ST7367

**Attention**

Use for sliding guide only

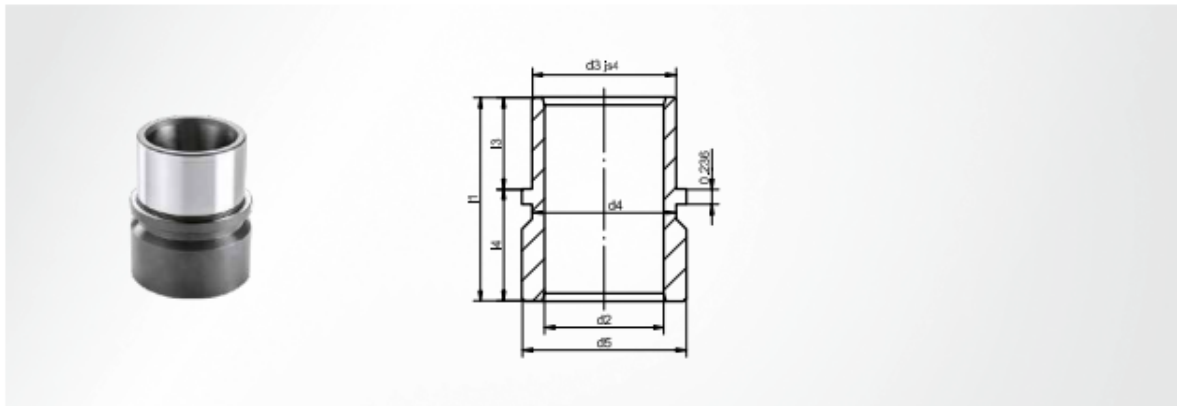
d <sub>1</sub> <sup>±0.01</sup>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>2</sub> <sup>±0.5</sup>	l <sup>±0.3</sup>	Item number
25	32	49	40	125	ST9825 <b>025 x 125</b>
				140	ST9825 <b>025 x 140</b>
				160	ST9825 <b>025 x 160</b>
				180	ST9825 <b>025 x 180</b>
				200	ST9825 <b>025 x 200</b>
32	40	57	45	224	ST9825 <b>025 x 224</b>
				140	ST9825 <b>032 x 140</b>
				160	ST9825 <b>032 x 160</b>
				180	ST9825 <b>032 x 180</b>
				200	ST9825 <b>032 x 200</b>
40	50	67	56	224	ST9825 <b>032 x 224</b>
				250	ST9825 <b>032 x 250</b>
				160	ST9825 <b>040 x 160</b>
				180	ST9825 <b>040 x 180</b>
				200	ST9825 <b>040 x 200</b>
50	63	80	70	224	ST9825 <b>040 x 224</b>
				250	ST9825 <b>040 x 250</b>
				280	ST9825 <b>040 x 280</b>
				200	ST9825 <b>050 x 200</b>

d <sub>1</sub> <sup>±0.01</sup>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>2</sub> <sup>±0.5</sup>	l <sup>±0.3</sup>	Item number
50	63	80	70	224	ST9825 <b>050 x 224</b>
				250	ST9825 <b>050 x 250</b>
				280	ST9825 <b>050 x 280</b>
				315	ST9825 <b>050 x 315</b>
				200	ST9825 <b>063 x 200</b>
63	80	97	80	224	ST9825 <b>063 x 224</b>
				250	ST9825 <b>063 x 250</b>
				280	ST9825 <b>063 x 280</b>
				315	ST9825 <b>063 x 315</b>
				355	ST9825 <b>063 x 355</b>
80	100	117	100	224	ST9825 <b>080 x 224</b>
				250	ST9825 <b>080 x 250</b>
				280	ST9825 <b>080 x 280</b>
				315	ST9825 <b>080 x 315</b>
				355	ST9825 <b>080 x 355</b>
100	125	142	125	400	ST9825 <b>080 x 400</b>
				280	ST9825 <b>100 x 280</b>
				315	ST9825 <b>100 x 315</b>
				355	ST9825 <b>100 x 355</b>
400	100	142	125	400	ST9825 <b>100 x 400</b>

- Active elements
- Spring elements
- Nitrogen systems
- Tapping units
- Module system
- Machine elements
- Accessories

# ST7416 (inch) Guide bush with shoulder

**STEINEL®**



**Material**  
Steel 1.7139 (16MnCrS5); case-hardened

**Installation in mounting bore**  
ISO H6

**Hardness**  
62 ±1 HRC

**Scope of supply**  
ST7367




**Installation instruction**  
Fixing with 3 holding clamps


d "	d <sub>2</sub> "	d <sub>3</sub> H4 "	d <sub>4</sub> "	l <sub>3</sub> "	d <sub>5</sub> "	l <sub>1</sub> "	l <sub>4</sub> "	Item number
1	1.2362	1.7170	2.0320	0.9375	1.7170	2 7/16	1.5000	ST7416 -1.00X02.437
					2.0320	2 15/16	2.0000	ST7416 -1.00X02.937
					2.0320	3 7/16	2.5000	ST7416 -1.00X03.437
1 1/4	1.5650	2.1070	2.4220	1.1250	2.1070	2 15/16	1.8125	ST7416 -1.25X02.937
					2.4220	3 7/16	2.3125	ST7416 -1.25X03.437
					2.4220	3 15/16	2.8125	ST7416 -1.25X03.937
1 1/2	1.8150	2.4370	2.7520	1.1875	2.4370	2 15/16	1.7500	ST7416 -1.50X02.937
					2.7520	3 11/16	2.5000	ST7416 -1.50X03.687
					2.7520	4 7/16	3.2500	ST7416 -1.50X04.437
1 3/4	2.0650	2.7470	3.0620	1.3750	2.7470	3 7/16	2.0625	ST7416 -1.75X03.437
					3.0620	4 3/16	2.8125	ST7416 -1.75X04.187
					3.0620	4 15/16	3.5625	ST7416 -1.75X04.937
2	2.3150	3.1620	3.4770	1.6250	3.1620	4 7/16	1.8125	ST7416 -2.00X03.437
					3.4770	4 11/16	3.0625	ST7416 -2.00X04.687
					3.4770	5 7/16	3.8125	ST7416 -2.00X05.437

## ANEXO C - MECANIZADO


C1

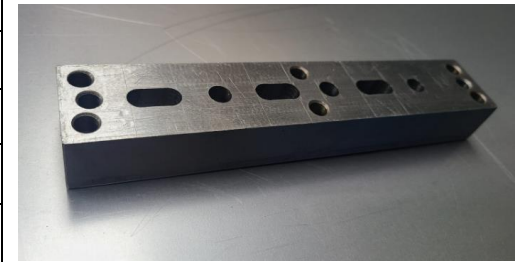
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA													
HOJA DE PROCESO													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 12/08/2023								
Material: Acero DF2		Dimensiones en bruto: L 220 mm, a 40 mm, e 30 mm		Conjunto: Placa matriz		No. De pieza: 1 de 14		No. De Hoja: 1					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud	Tiempo	
							Vc m/min	N rpm	F mm/min	aP mm	mm	Preparación min	Trabajo min
1	Fresado frontal		Fresado de las caras.	Fresadora FEXAC	Fresa HSS 12 mm	manual	18	560	140	1.2	220	5	19.92




4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para cavidades	Fresadora FEXAC	broca HSS 10 mm	manual	16	509	-	-	22.5	5	5.37
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Fresadora FEXAC	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	16	782	-	-	22.5	3	3.04
2	Rectificado		Rectificado de las caras	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	20 m/s	3800	-	0.01	220	5	7

5	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	22	2	3
											<b>Total 58.33</b>		


C2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO															
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA															
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA															
HOJA DE PROCESO															
Realizado por: Erick Gavilanes							Fecha de elaboración: 14/08/2023								
Material: Acero A36			Dimensiones en bruto: L 220 mm, a 40 mm, e 25 mm			Conjunto: Placa matriz complemento			No. De pieza: 2 de 14			No. De Hoja:2			
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		F mm/min	aP mm	Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min	N rpm				Preparación min	Trabajo min		
1	Fresado		Fresado de las superficies	Fresadora FEXAC	Fresa HSS 12 mm	manual	25	320	140	2	220	5	19.92		




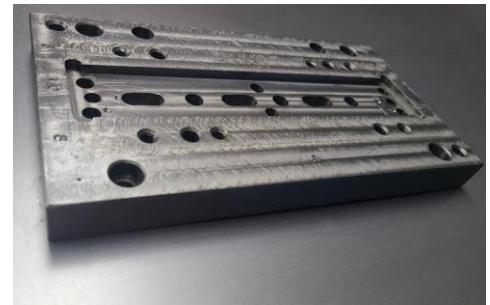
2	Rectificado		Rectificado de superficies	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	22 m/s	3800	-	0.01	220	5	5.25
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para salida de material	Fresadora FEXAC	broca HSS 10 mm	manual	25	782	-	-	27.5	5	4.68
4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores'	Fresadora FEXAC	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	16	782	-	-	22.5	3	3.03







5	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	22	2	3
												<b>Total 55.88</b>	

C3


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA													
HOJA DE PROCESO													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 20/08/2023								
Material: Acero A36		Dimensiones en bruto: L 247 mm, a 134 mm, e 25 mm		Conjunto: Placa porta matriz		No. De pieza: 3 de 14		No. De Hoja:3					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min	N rpm		F mm/min	aP mm	Preparación min	Trabajo min
1	Cepillado		Cepillado de las caras y filos.	Cepilladora Sacia L-350/E	Cuchilla HSS	manual	40	-	-	1	247	5	16






4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Fresadora EXAC	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	782	-	-	22	4	6.8
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para salida de material	Fresadora EXAC	broca HSS 10 mm	manual	25	782	-	-	22	3	3.84
2	Fresado		Fresado de la ranura para placa matriz	Fresadora FEXAC	Fresa HSS 15 mm	manual	25 m/s	560	140	1.5	220	5	20.04



5	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	22	2	4
												<b>Total 69.68</b>	

C4

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
HOJA DE PROCESO																
Realizado por: Erick Gavilanes						Fecha de elaboración: 25/08/2023										
Material: Acero DF2			Dimensiones en bruto: Ø 20 mm L 200 mm			Conjunto: Punzón circular.		No. De pieza: 4 de 14			Cantidad: 3		No. De Hoja: 4			
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				aP mm	Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min		N rpm				F mm/min		Preparación min	Trabajo min
							D	A	D	A		D	A			
1	Torneado		Cilindrado zona cortante	Torno PINACHO	Cuchilla de carburo	manual	90	120	1400	2000	560	140	2.2	30	5	2.69


2	Torneado		Cilindrado del cuerpo.	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	90	120	1400	2000	560	140	1.7	22.5	1	1.47
2	Torneado		Cilindrado de la cabeza.	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	90	120	1400	2000	560	140	1.2	5	1	0.26
2	Torneado		Curvatura del punzón.	Torno PINACHO	cuchilla punta redonda	manual	90	120	1400	2000	560	140	1.2	6	2	1.5
															<b>Total 14.92</b>	

C5

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
HOJA DE PROCESO																
Realizado por: Erick Gavilanes						Fecha de elaboración: 08/09/2023										
Material: Acero DF2		Dimensiones en bruto: Ø 30 mm L 200 mm		Conjunto: Punzón tipo ranura.		No. De pieza: 5 de 14				No. De Hoja: 5						
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				F mm/min	aP mm	Longitud mm	Tiempo		
							Vc m/min		N rpm					Preparación min	Trabajo min	
							D	A	D	A						
1	Torneado		Cilindrado de la zona cortante.	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	90	120	1000	1400	560	140	1.5	19	3	2.92




5	Torneado 	3	Torneado 	2	Torneado 
Curvatura del punzón.		Cilindrado de la cabeza.		Cilindrado del cuerpo.	
Torno PINACHO cuchilla punta redonda		Torno PINACHO Plaquita de carburo		Torno PINACHO Cuchilla de carburo	
manual		manual		manual	
90		90		90	
120		120		120	
1000		1000		1000	
1400		1400		1400	
560		560		400	
140		140		98	
1		1.2		1.4	
6		5		19	
2		1		1	
1.5		0.38		2.26	






4	Fresado		Planeado de la zona cortante.	Fresadora FEXAC	Fresa HSS 22mm	manual	18	560	140	1.5	19	5	1.68
												<b>Total 20.74</b>	



C6

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA													
HOJA DE PROCESO													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 18/09/2023								
Material: Acero DF2		Dimensiones en bruto: L 222 mm, a 82 mm, e 20 mm			Conjunto: Placa porta punzones		No. De pieza: 6 de 14		No. De Hoja: 6				
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/m in	N rpm		F mm/min	aP mm	Preparación min	Trabajo min
1	Cepillado		Cepillado de caras y filos	Cepilladora Sacia L-350/E	Cuchilla HSS	manual	40	-	-	1	222	3	7

3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para alojamiento de los cuerpos.	Fresadora FEXAC	broca HSS 13 mm	manual	25	782	-	-	18	2	0.9
5	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	1038	-	-	18	4	2.33
2	Rectificado		Rectificado de las caras	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	22 m/s	3800	-	0.01	220	5	5



4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para las cabezas	Fresadora FEXAC	broca HSS 16 mm Fresa HSS 25 mm	manual	25	560	-	-	5	2	0.54
5	Mandrinado		Mandrinado de agujeros para punzones	Fresadora EXAC	Plaquita HSS	manual	25	560	-	-	5	2	2
5	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	22	2	3
												<b>Total</b>	<b>40.77</b>




C7

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
HOJA DE PROCESO																
Realizado por: Erick Gavilanes						Fecha de elaboración: 27/09/2023										
Material: Acero DF2			Dimensiones en bruto: Ø 30 mm L 200 mm			Conjunto: Columnas			No. De pieza: 7 de 14			No. De Hoja: 7				
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud		Tiempo			
							Vc m/min		N rpm		F mm/min		aP mm	mm	Preparación min	Trabajo min
							D	A	D	A	D	A				
1	Torneado		Cilindrado diámetro principal de la columna	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	90	150	1000	1400	400	70	2.2	172	2	17.68


3	Torneado		Refrentado	Torno PINACHO	Plaquita de carburo manual	90	120	1000	1400	560	140	0.2	-	1	0.25
2	Torneado		Cilindrado de la valona	Torno PINACHO	Cuchilla de carburo manual	90	120	1000	1400	400	98	1.2	6	1	0.35
<b>Total 22.28</b>															

C8

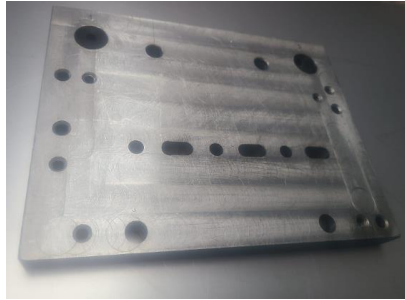

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO																
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA																
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA																
HOJA DE PROCESO																
Realizado por: Erick Gavilanes						Fecha de elaboración: 05/10/2023										
Material: Acero DF2		Dimensiones en bruto: Ø 50 mm L 90 mm			Conjunto: Casquillo		No. De pieza: 8 de 14			No. De Hoja: 8						
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud mm	Tiempo				
							Vc m/min		N rpm			F mm/min		aP mm	Preparación min	Trabajo min
							D	A	D	A		D	A			
1	Torneado		Cilindrado para ajuste con la placa superior	Torno PINACHO	Cuchilla de carburo	manual	90	150	700	1000	280	50	2.4	21	5	5.39




3	Escariado		Escariado del agujero para deslizamiento de la columna.	Torno PINACHO	Escariador Ø25mm	manual	25	612	-	-	80	2	1			
3	Taladrado		Mecanizado del agujero para deslizamiento de la columna.	Torno PINACHO	Broca HSS Ø 25 mm	manual	25	612	-	-	80	1	2			
2	Torneado		Cilindrado para diámetro exterior.	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	90	120	1400	2000	560	140	1.8	60	1	12.33




4	Torneado		Refrentado.	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	120	1400	140	0.25	1	1	0.52
<b>Total 31.24</b>													


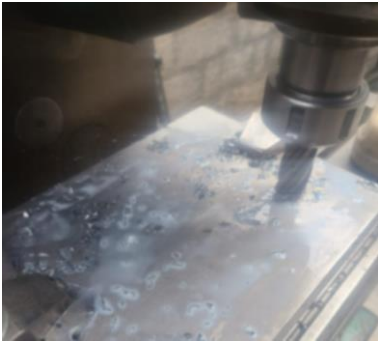
C9




<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>													
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>													
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>													
<b>HOJA DE PROCESO</b>													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 11/10/2023								
Material: Acero A36		Dimensiones en bruto: L 248 mm, a 192 mm, e 25 mm		Conjunto: Placa base		No. De pieza: 9 de 14		No. De Hoja:9					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		F	aP	Longitud mm	Tiempo	
							Vc m/min	N rpm				mm/min	mm
1	Fresado		Fresado de las caras y filos	Fresadora EXAC	Fresa HSS 22 mm	manual	25	320	140	1.2	248	5	96.9



2	Taladrado		Mecanizado de agujeros para columnas	Fresadora EXAC		manual	25	320	-	-	22	3	0.92
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para salida de material	Fresadora EXAC	broca HSS 10 mm	manual	25	782	-	-	22	3	4.24
4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	1038	-	-	22	4	1.4

5	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	22	2	3
												<b>Total 123.46</b>	

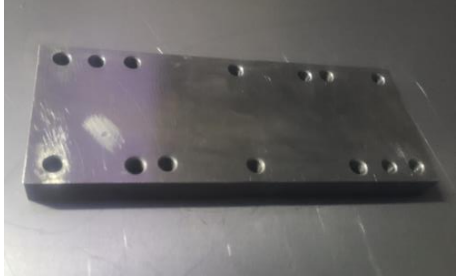

**C10**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>													
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>													
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>													
<b>HOJA DE PROCESO</b>													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 17/10/2023								
Material: Acero A36		Dimensiones en bruto: L 248 mm, a 192 mm, e 25 mm		Conjunto: Base superior		No. De pieza: 10 de 14		No. De Hoja:10					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min	N rpm		F mm/min	aP mm	Preparación min	Trabajo min
1	Fresado		Fresado de las caras y filos	Fresadora EXAC	Fresa HSS 22 mm	manual	25	320	140	1.2	248	5	96.9



2	Taladrado		Mecanizado de agujeros para casquillos	Fresadora EXAC	broca HSS 28 mm	manual	25	320	-	-	22	3	1.33
2	Mandrinado		Mandrinado de agujeros para casquillos	Fresadora EXAC	Plaquita HSS	manual	25	782	-	-	22	3	1.5
4	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro de pedestal	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	1038	-	-	22	4	1.4

5	Taladrado		Mecanizado de agujeros para vástago de sujeción	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 16 mm	manual	25	474	-	-	22	1	0.6
5	Roscado		Roscado de agujero para el vástago de sujeción	Giramachos	Machuelos 18 x 2.5 mm	manual	-	-	-	-	22	1	3
												<b>Total 121.73</b>	

**C11**




<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>													
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>													
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>													
<b>HOJA DE PROCESO</b>													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 26/10/2023								
Material: Acero DF2		Dimensiones en bruto: L 222 mm, a 82 mm, e 20 mm		Conjunto: Placa sufridera		No. De pieza: 11 de 14		No. De Hoja: 11					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min	N rpm		F mm/min	aP mm	Preparación min	Trabajo min
1	Cepillado		Cepillado de caras y filos	Cepilladora Sacia L-350/E	Cuchilla HSS	manual	20	-	-	1	222	5	9.87





3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	16	680	-	-	18	4	3.19
2	Rectificado		Rectificado de las caras	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	20 m/s	3800	-	0.01	220	5	7
<b>Total</b>												<b>34.06</b>	



C12




UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA													
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA													
HOJA DE PROCESO													
Realizado por: Erick Gavilanes			Fecha de elaboración: 01/11/2023										
Material: Acero A36		Dimensiones en bruto: L 222 mm, a 86 mm, e 20 mm		Conjunto: Placa extractor guía.		No. De pieza: 12 de 14		No. De Hoja: 12					
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min	N rpm		F mm/min	aP mm	Preparación min	Trabajo min
1	Cepillado		Cepillado de caras y filos	Cepilladora Sacia L-350/E	Cuchilla HSS	manual	40	-	-	1	222	5	6.25

2	Rectificado		Rectificado de las caras	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	20 m/s	3800	-	0.01	220	5	5
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	1038	-	-	18	4	1.93
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros guía de punzones	Fresadora EXAC	broca HSS 8.4 mm	manual	25	782	-	-	18	4	3.15



7	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	18	2	4
6	Fresado		Mecanizado ranura para ingreso del ángulo metálico	Fresadora EXAC	Fresa HSS 22 mm	manual	25	320	140	1	220	3	30.6
												<b>Total</b>	<b>73.93</b>


**C13**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>													
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>													
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>													
<b>HOJA DE PROCESO</b>													
Realizado por: Erick Gavilanes					Fecha de elaboración: 14/11/2023								
Material: Acero A36		Dimensiones en bruto: L 222 mm, a 46 mm, e 20 mm		Conjunto: Placa paralela		No. De pieza: 13 de 14		Cantidad: 2		No. De Hoja: 13			
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte		F	aP	Longitud	Tiempo	
							Vc m/min	N rpm				mm/min	mm
1	Cepillado		Cepillado de caras y filos	Cepilladora Sacia L-350/E	Cuchilla HSS	manual	40	-	-	1	222	3	5



2	Rectificado		Rectificado de superficies	Rectificadora REID	Muela abrasiva 125 x 20 x 16 mm	manual	20 m/s	3800	-	0.01	220	5	5
3	Taladrado		Mecanizado de agujeros para tornillos y pasadores	Taladro ERLO TCA-25	broca HSS 6.75 y 8 mm	manual	25	1038	-	-	45	4	3.18
4	Roscado		Roscado de agujeros para tornillos	Giramachos	Machuelos 8 x 1.2 mm	manual	-	-	-	-	18	2	4
												<b>Total</b>	<b>31.18</b>

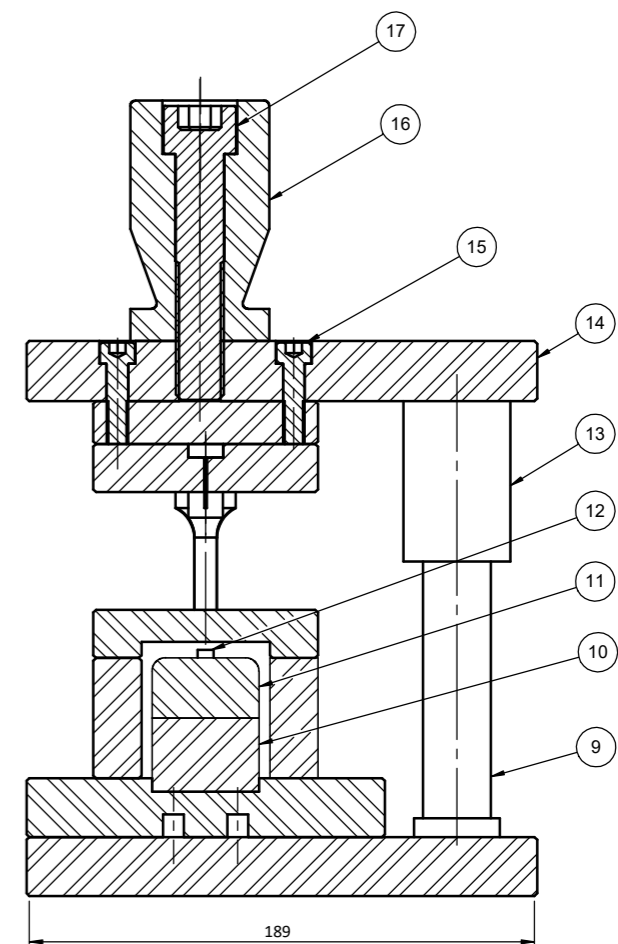
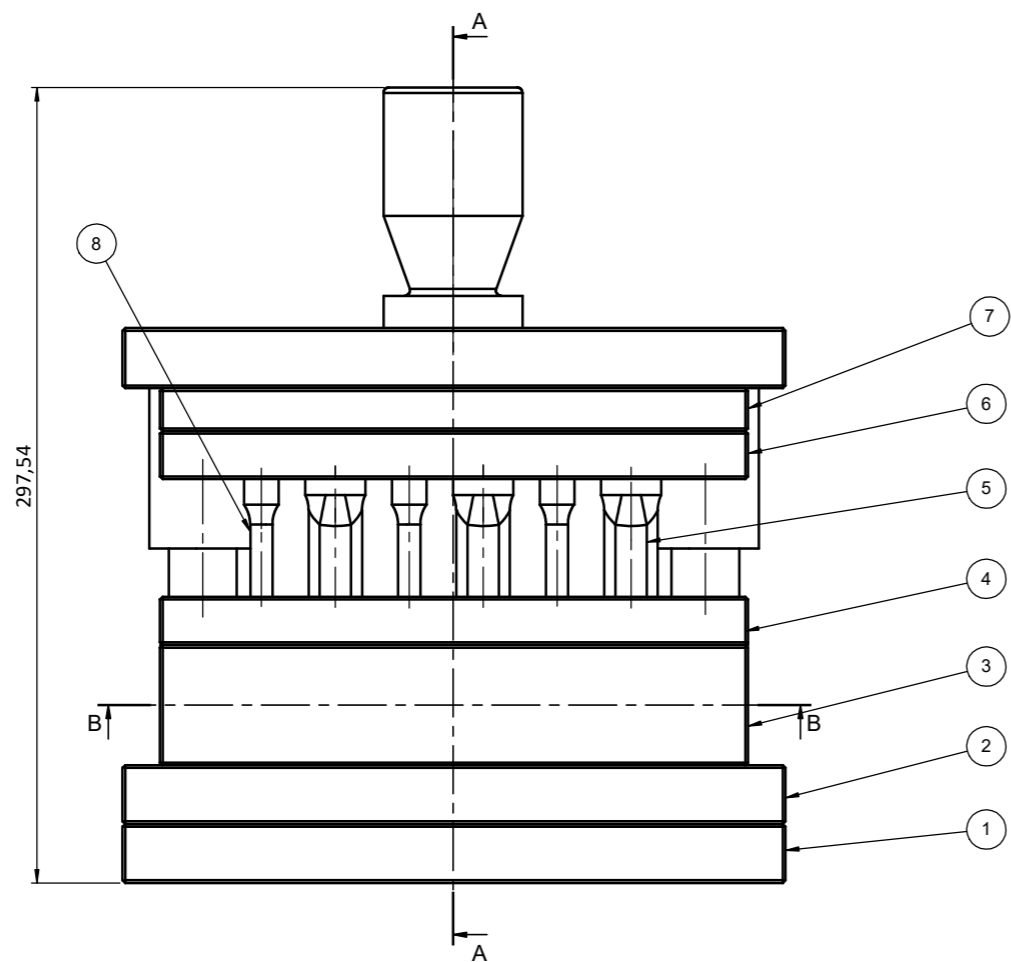
### ANEXO C14

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>																
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>																
<b>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</b>																
<b>HOJA DE PROCESO</b>																
Realizado por: Erick Gavilanes						Fecha de elaboración: 07/12/2023										
Material: AISI 1018			Dimensiones en bruto: Ø 55 mm L 90 mm		Conjunto: Vástago		No. De pieza: 14 de 14			No. De Hoja: 14						
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				aP mm	Longitud mm	Tiempo			
							Vc m/min		N rpm				F mm/min		Preparación min	Trabajo min
							D	A	D	A			D	A		
1	Torneado		Cilindrado del diámetro principal del vástago	Torno PINACHO	Cuchilla de carburo	manual	120	215	700	1400	304	70	1.25	48	3	4.1

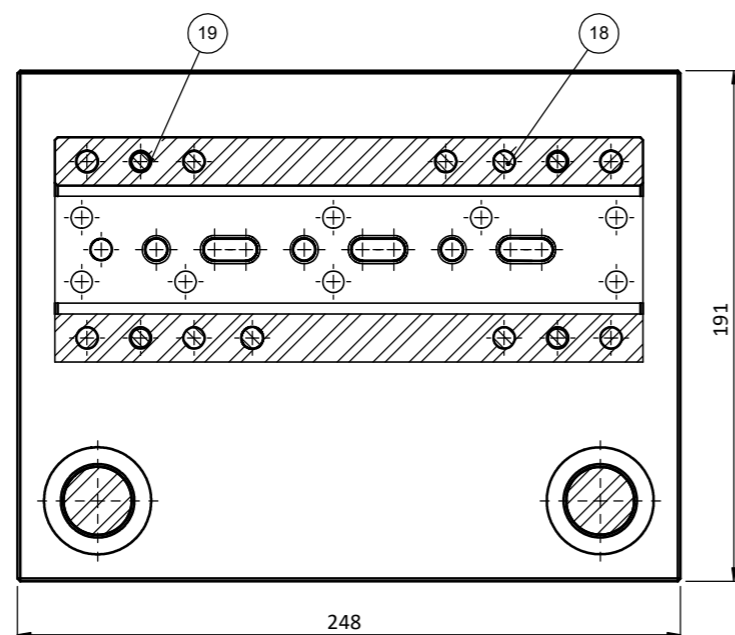
4	Taladrado		Mecanizado del agujero para tornillo	Torno PINACHO	Broca HSS Ø 18.5 mm	manual	25	430	-	-	-	-	-	90	2	1.23
3	Torneado		Refrentado	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	-	215	-	1400	-	70	0.2	-	0.35	0.62
3	Torneado		Mecanizado de la conicidad del vástago	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	120	215	700	1400	304	70	0.35	30	1	2



6	Roscado		Roscado de agujero para tornillo	Giramachos	Machuelos 18 x 2.5	manual	-	-	-	-	30	2	3
5	Torneado		Mandrinado del agujero para alojamiento de tornillo	Torno PINACHO	Plaquita de carburo	manual	25	284	-	-	20	2	0.37
<b>Total</b>												<b>21.67</b>	<b>21.67</b>



CORTE A-A

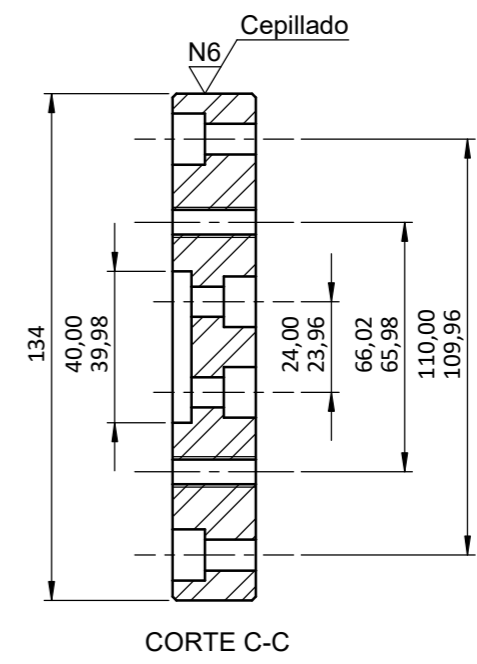
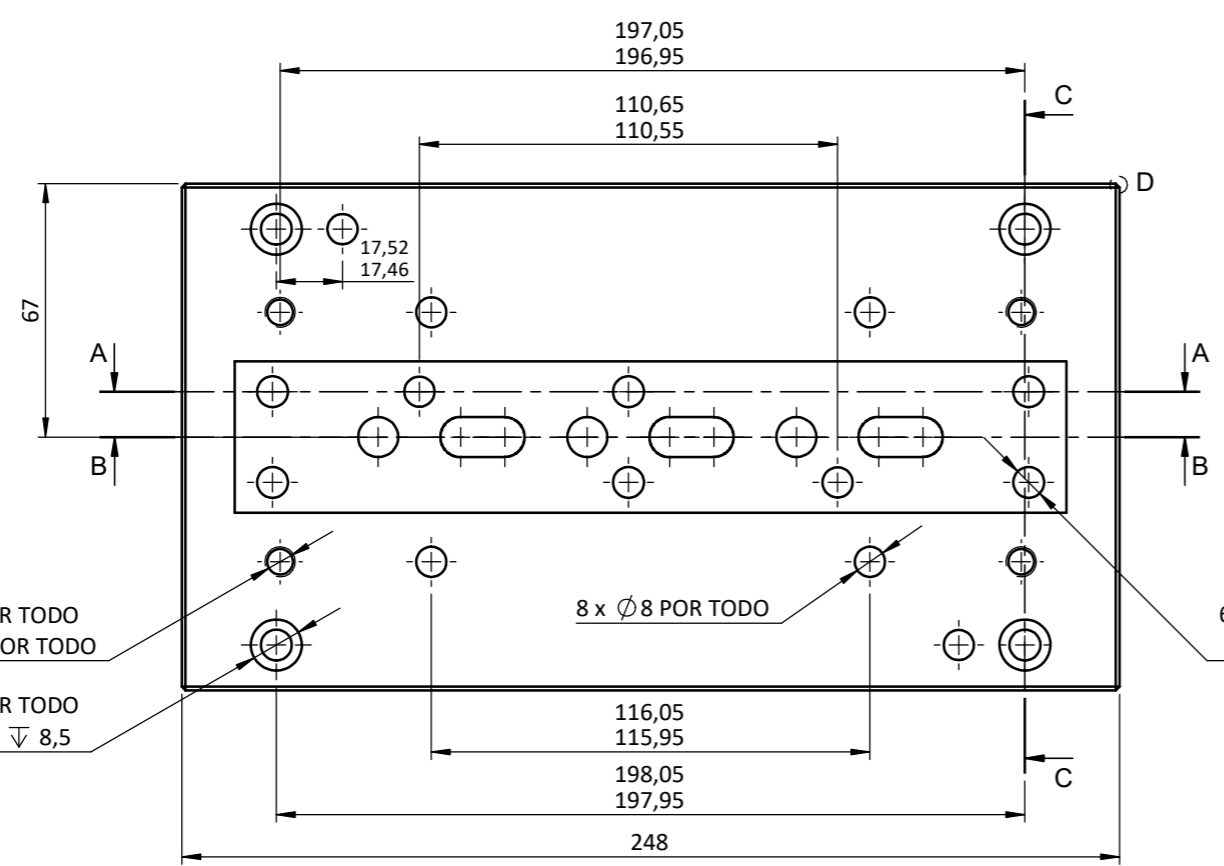
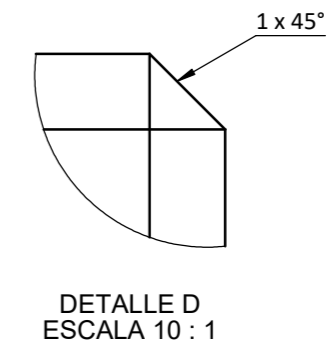
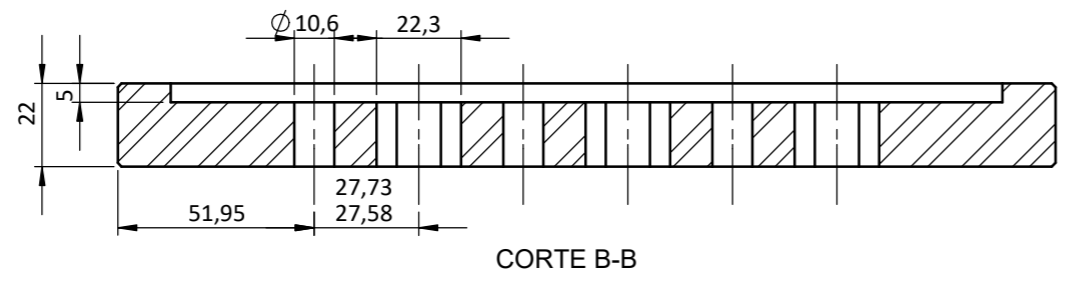
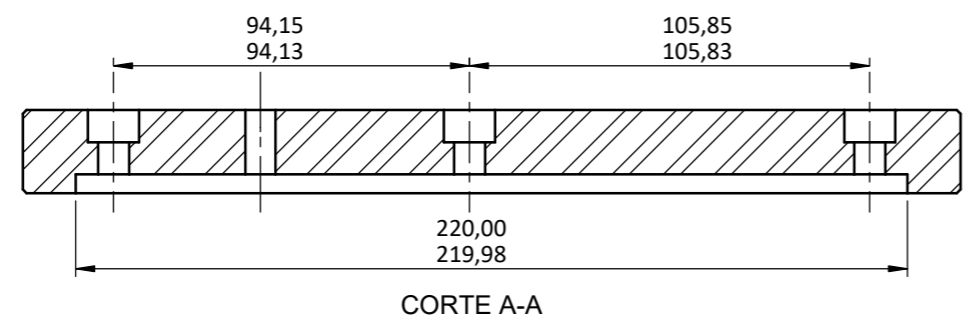


CORTE B-B

12	Perno Allen	ANSI metric	Acero aleado	19	B18.3.1M - 8 x 1,25 x 35 Hex SHCS -- 35NHX		
11	Pasador		DF2	18			
1	Vástago		AISI 4340	17			
1	Perno Allen	DIN 912	Acero aleado	16	M18 x 2.5 mm		
10	Perno Allen	ANSI metric	Acero aleado	15	B18.3.1M - 8 x 1,25 x 35 Hex SHCS -- 35NHX		
1	Base superior		ASTM A36	14			
2	Casquillo		DF2	13			Templado y revenido a 62 HRC
1	Marcador de paso		DF2	12			
1	Placa matriz		DF2	11			Templado y revenido a 62 HRC
1	Placa matriz complemento		ASTM A36	10			
2	Columnas		DF2	9			Templado y revenido a 62 HRC
3	Punzón circular		DF2	8			Templado y revenido a 62 HRC
1	Placa sufridera		DF2	7			
1	Placa porta punzones		ASTM A36	6			
3	Punzón tipo ranura		DF2	5			Templado y revenido a 62 HRC
1	Placa extractor-guía		ASTM A36	4			
2	Placa paralela		ASTM A36	3			
1	Placa porta matriz		ASTM A36	2			
1	Placa Base		ASTM A36	1			
No de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso Kg/pz	Observaciones

TOLERANCIA:	±0,5 mm	PESO:	36,86 kg	MATERIAL:	Acero
FECHA:	10/10/2023	NOMBRE:	Erick Gavilanes	TÍTULO:	Matriz de corte para ángulo ranurado
DIBUJO:	10/10/2023	REVISÓ:	4/1/2024	ING. MAURICIO C.	ESCALA:
REVISÓ:	4/1/2024	APROBÓ:	4/1/2024	ING. MAURICIO C.	1 : 2
APROBÓ:	4/1/2024	ING. MAURICIO C.			
U.T.A. INGENIERIA MECANICA			N.º DE LAMINA: HOJA 1 DE 17		
MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:	REGISTRO:	

N7 Fresado



4 x Ø 6,8 POR TODO  
M8x1.25 - 6H POR TODO

4 x Ø 8,2 POR TODO  
13,5 x 8,5

8 x Ø 8 POR TODO

6 x Ø 8,2 POR TODO  
13,5 x 8,5

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,5	5,4 kg	ASTM A36		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 17/10/2023	Erick Gavilanes	Placa porta matriz		1:2
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 2 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				

1

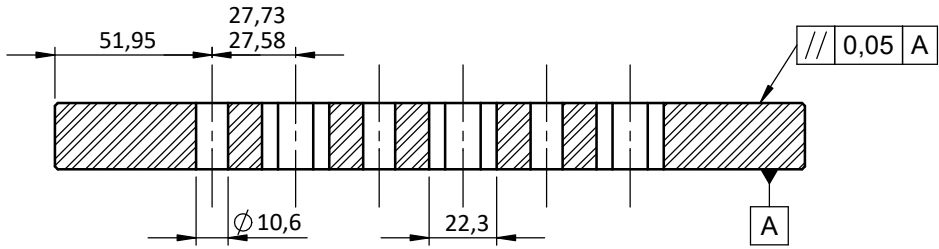
2

3

4

N7 Fresado

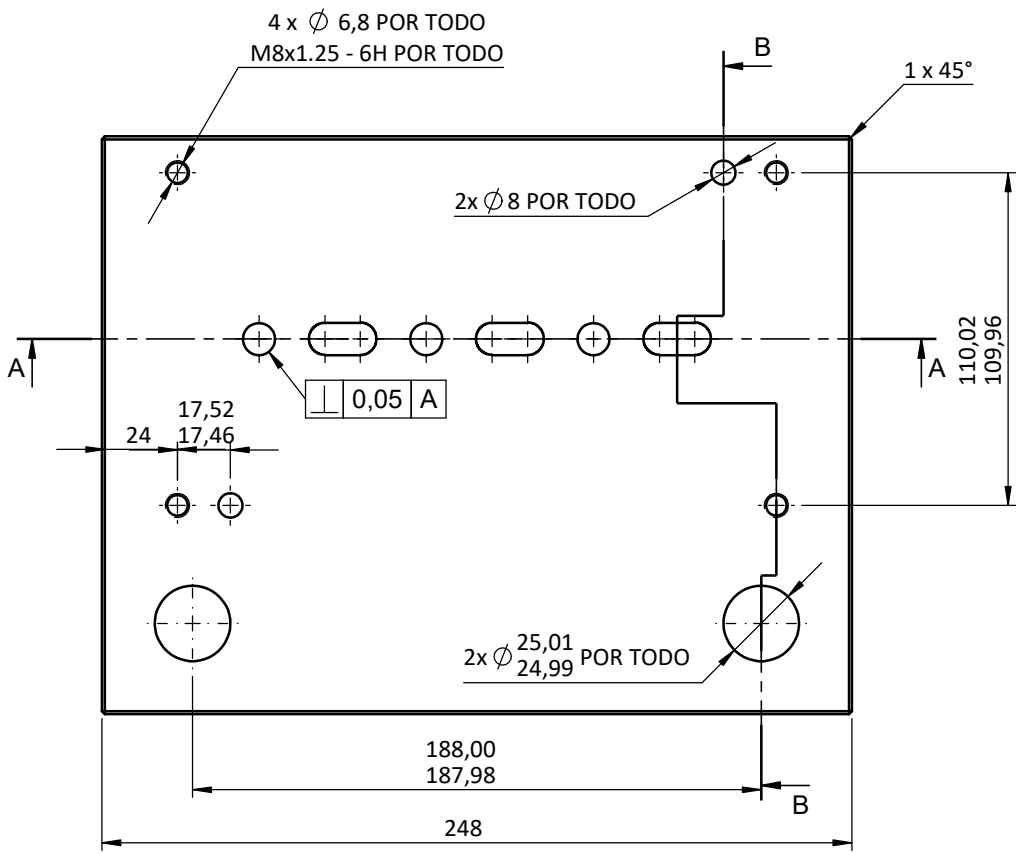
A



CORTE A-A

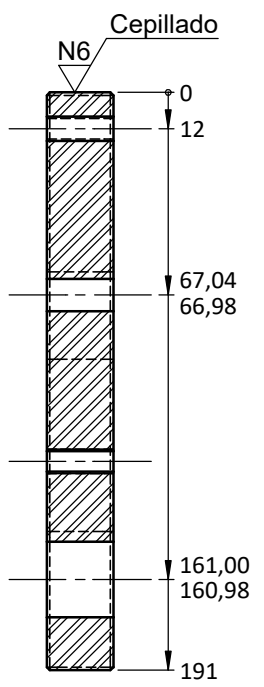
B

C



D

E



CORTE B-B

				TOLERANCIA: ±0,5	PESO: 7,81 kg	MATERIAL: ASTM A36		
						TÍTULO: Placa Base	ESCALA: 1:2,5	
				FECHA	NOMBRE			
				DIBUJÓ: 14/10/2023	Erick Gavilanes			
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
						HOJA 3 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				

1

2

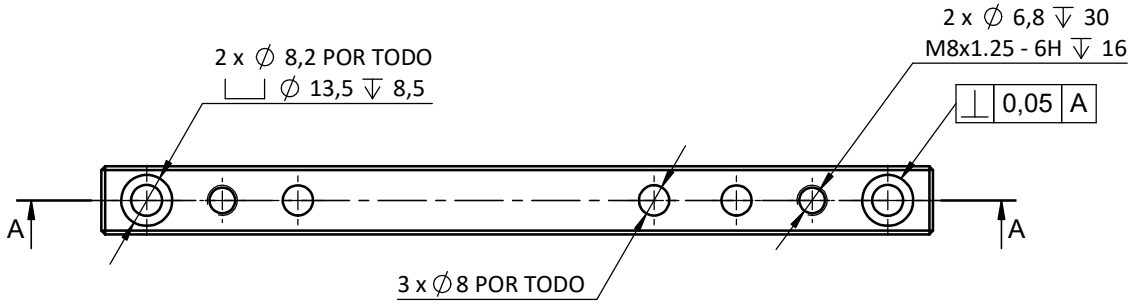
3

4

A

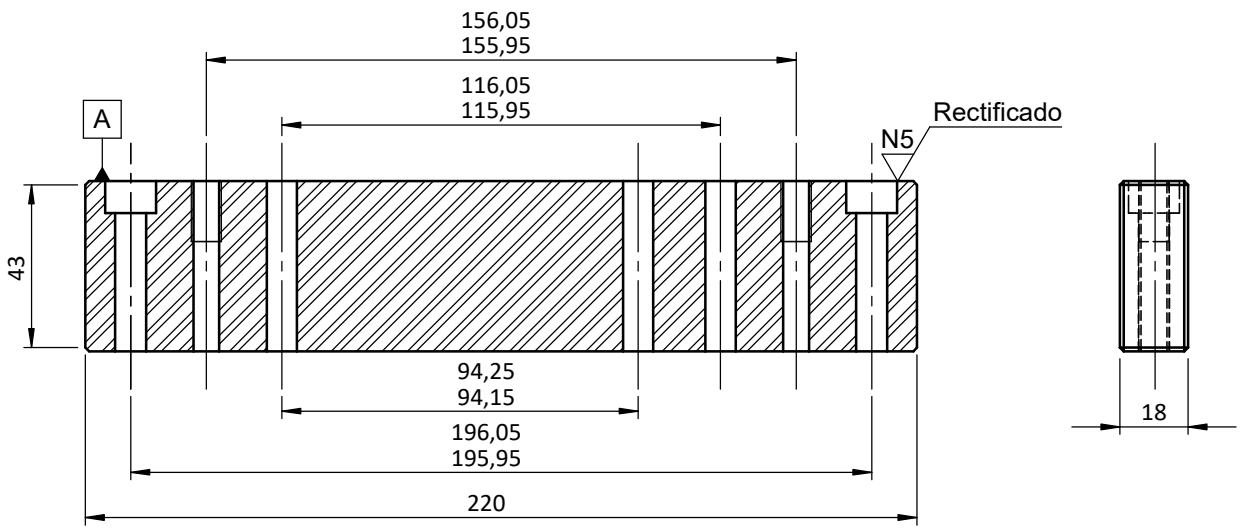
N6 Cepillado

B



C

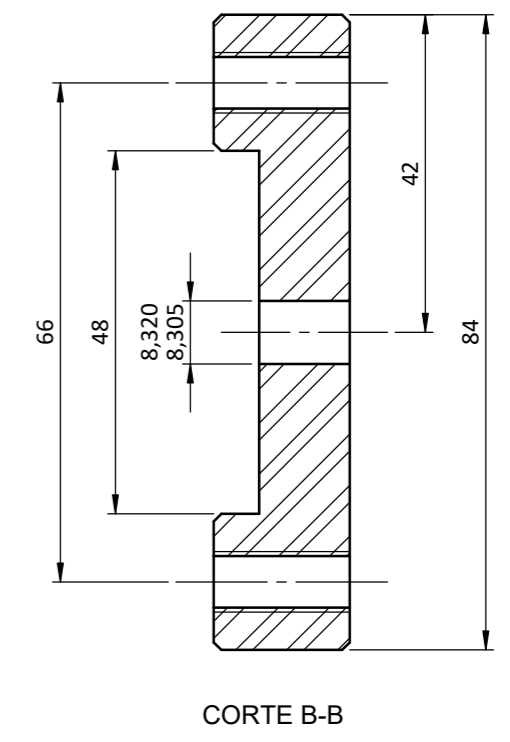
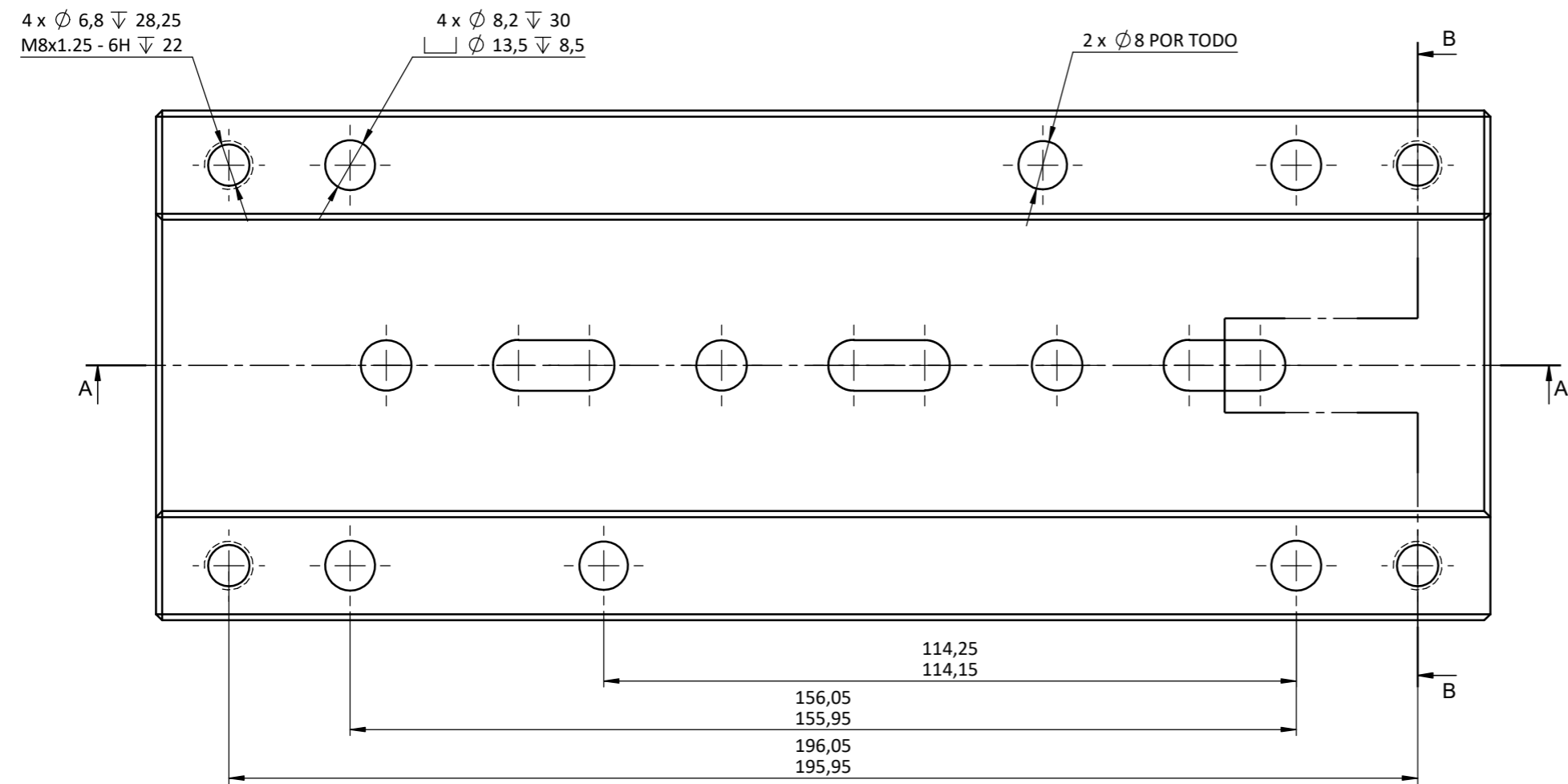
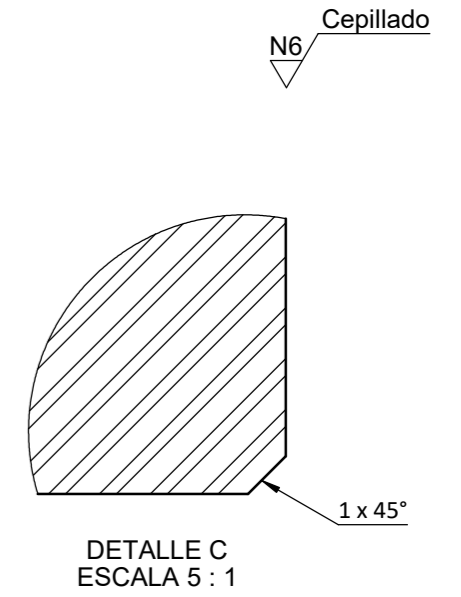
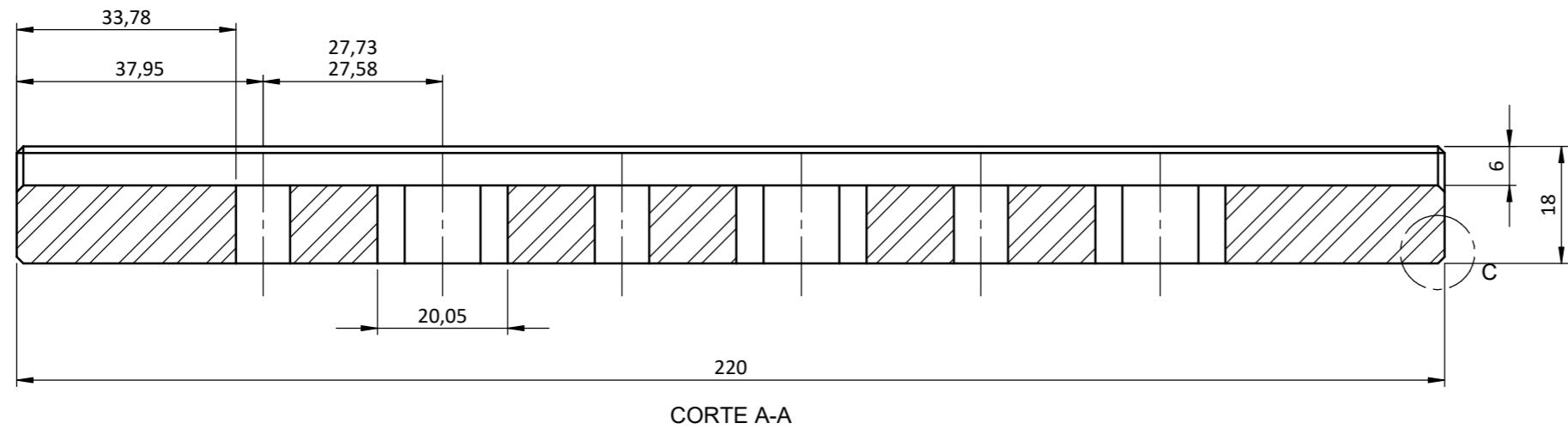
D



CORTE A-A

E

				TOLERANCIA: $\pm 0,3$	PESO: 1,27 kg	MATERIAL: <b>ASTM A36</b>	
						TÍTULO: <b>Placa Paralela</b>	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 20/10/2023	ERICK GAVILANES		
				REVISÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 4 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,2	1,96 kg	ASTM A36		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 22/10/2023	Erick Gavilanes	Placa Extractor Guía		1:1
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 5 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				

1

2

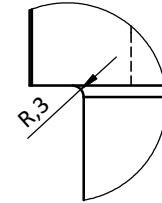
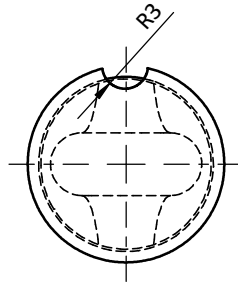
3

4

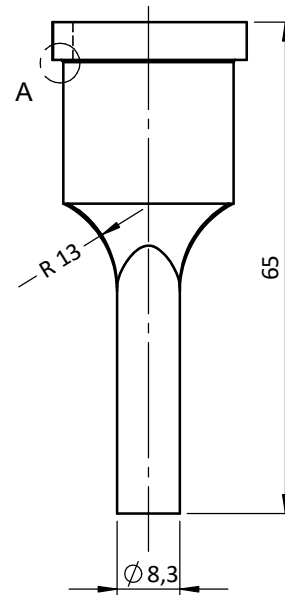
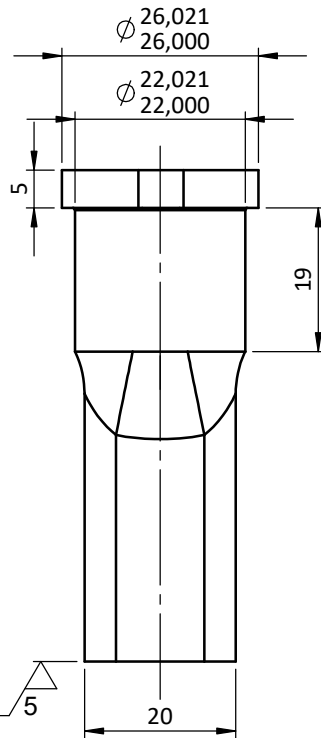
A

N7 Torneado

B

DETALLE A  
ESCALA 5 : 1

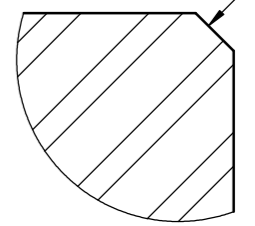
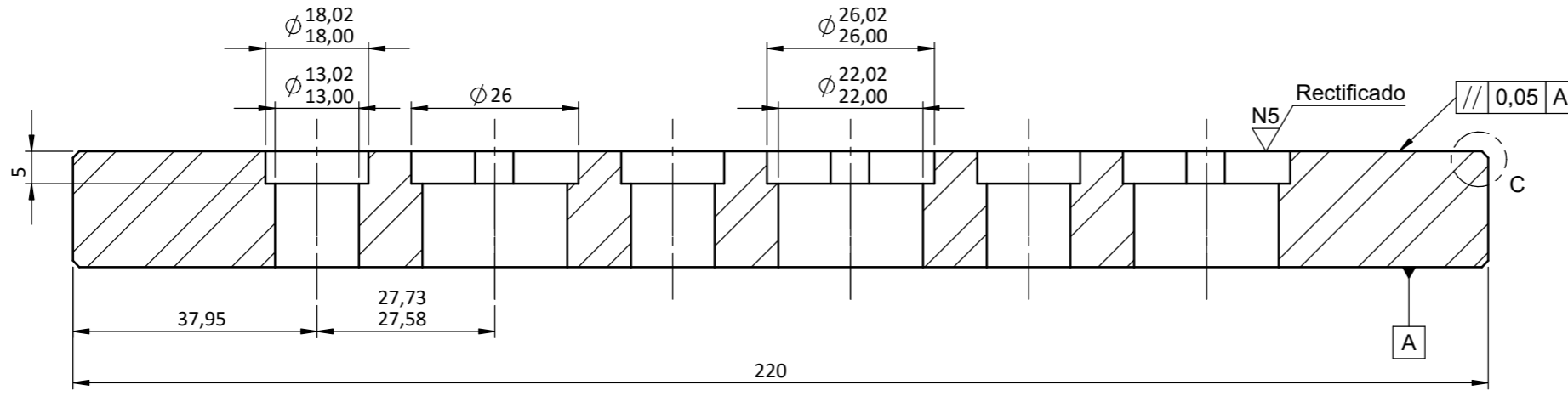
C



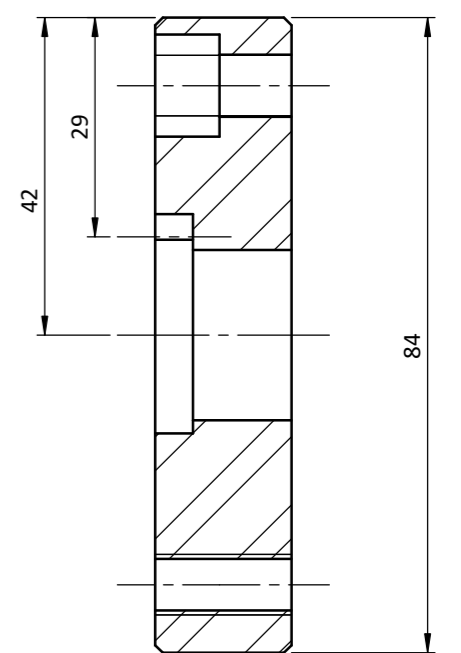
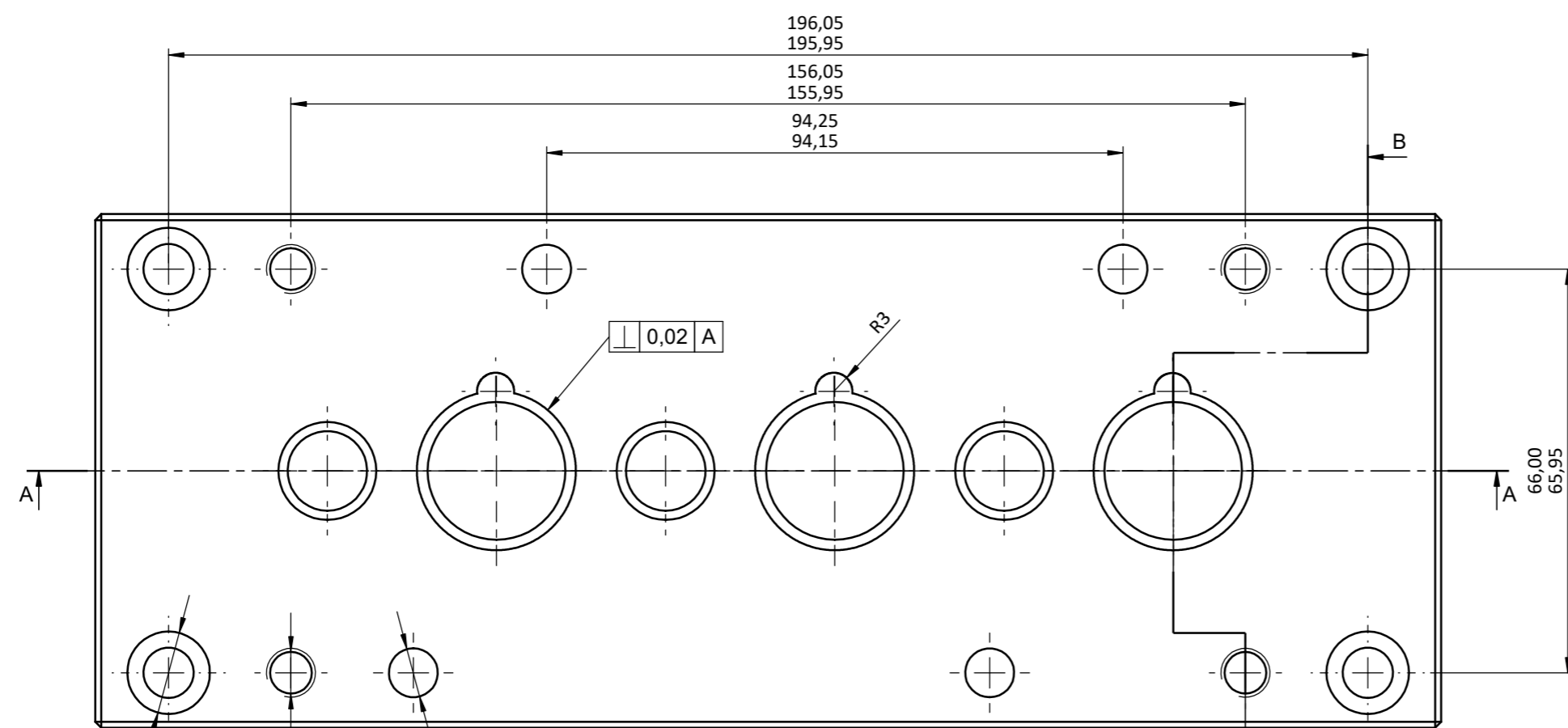
D

E

				TOLERANCIA: ±0,1	PESO: 0,13 kg	MATERIAL: Acero DF2	
						TÍTULO: Punzón Tipo Ranura	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 24/10/2023	ERICK GAVILANES		
				REVISÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA HOJA 6 DE 17	REGISTRO: 
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	



DETALLE C  
ESCALA 5 : 1



CORTE B-B

4 x  $\phi 8,2 \nabla 30$   
 $\phi 13,5 \nabla 8,5$   
 4 x  $\phi 6,8$  POR TODO  
 M8x1.25 - 6H POR TODO  
 3 x  $\phi 8$  POR TODO

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±0,2		2,25 kg		ASTM A36	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJÓ: 28/10/2023		Erick Gavilanes		Placa Porta Punzones	
REVISÓ: 4/1/2024		Ing. Mauricio. C		ESCALA:	
APROBÓ: 4/1/2024		Ing. Mauricio. C		1:1	
U.T.A.				N.º DE LÁMINA:	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 7 DE 17	
EDICIÓN:		MODIFICACION:		FECHA:	
NOMBRE:		REGISTRO:		SUSTITUCION:	

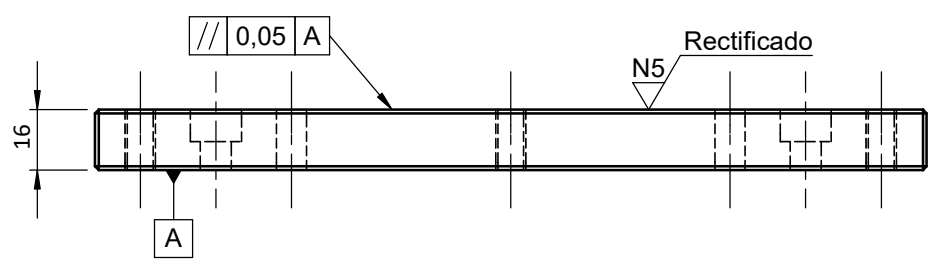


1 2 3 4

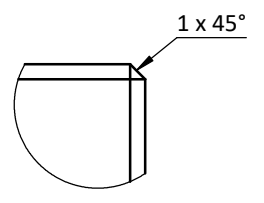
A

Cepillado  
N6

B

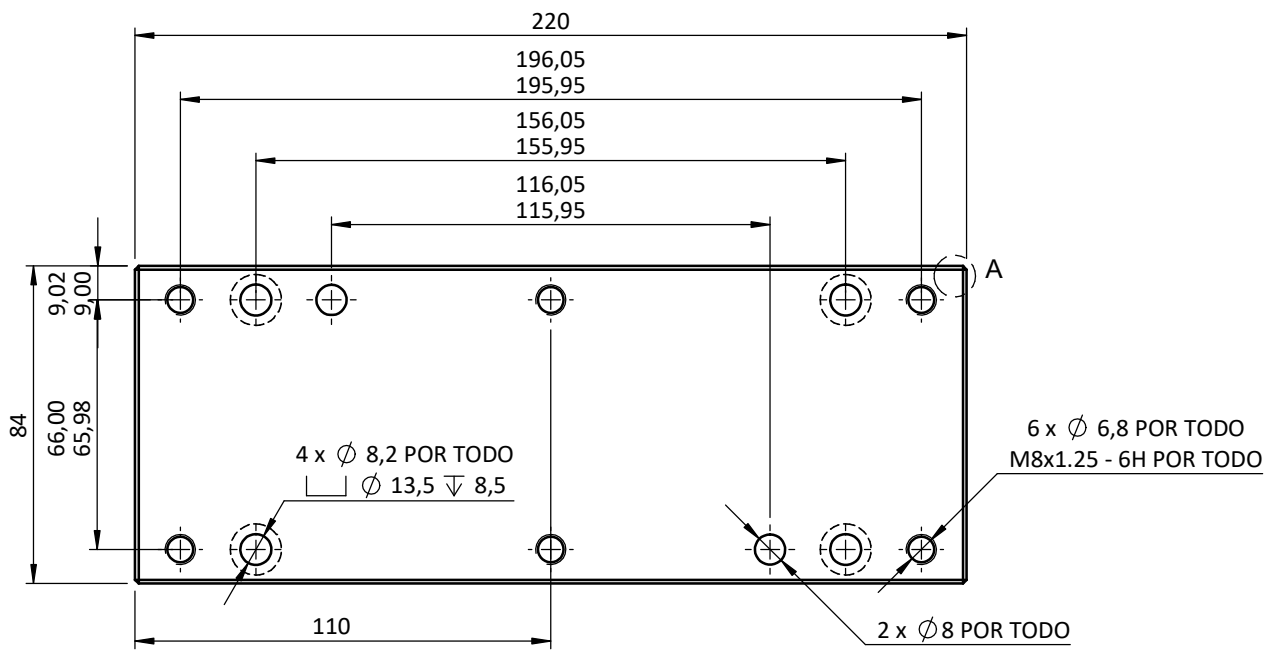


C



DETALLE A  
ESCALA 2 : 1

D



E

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,5	2,23 kg	Acero DF2		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJÓ: 01/11/2023	Erick Gavilanes		Placa Sufridera	1:1
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			REGISTRO:
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:	
						HOJA 8 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:				

1

2

3

4

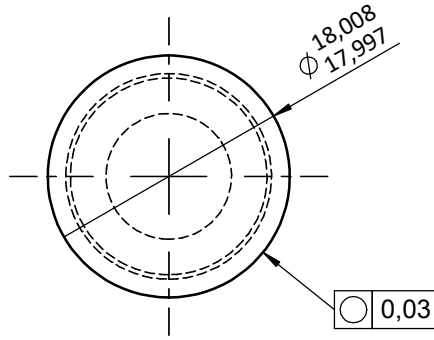
A

B

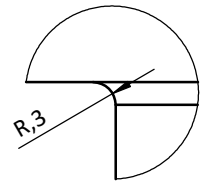
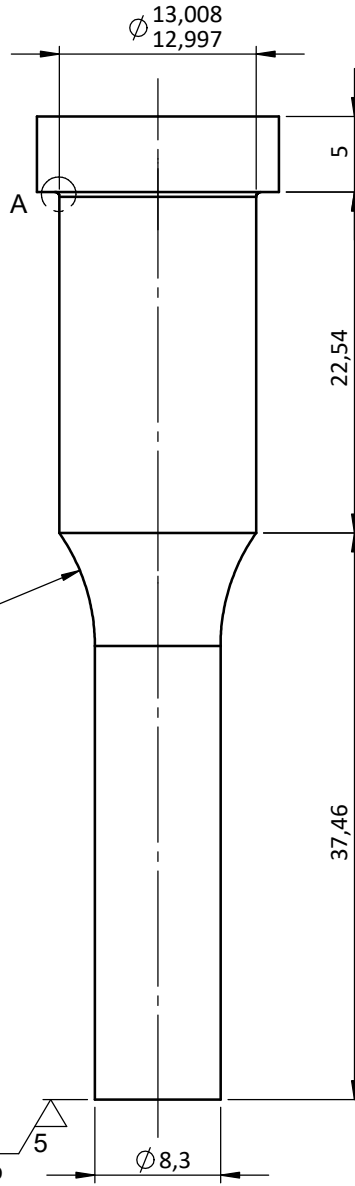
C

D

E



N7 Torneado



DETALLE A  
ESCALA 10 : 1

				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	PESO: 0,05 kg	MATERIAL: Acero DF2	
						TÍTULO: Punzón Circular	ESCALA: 2:1
				DIBUJÓ: 05/11/2023	Erick Gavilanes		
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 9 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

1

2

3

4

A

 $\phi 32$ 

A

 $\phi 25,000$   
 $\phi 24,987$ 

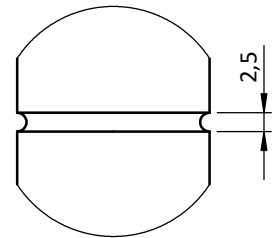
B

179

157

150

C


 DETALLE A  
 ESCALA 1 : 1

D

23,75

A

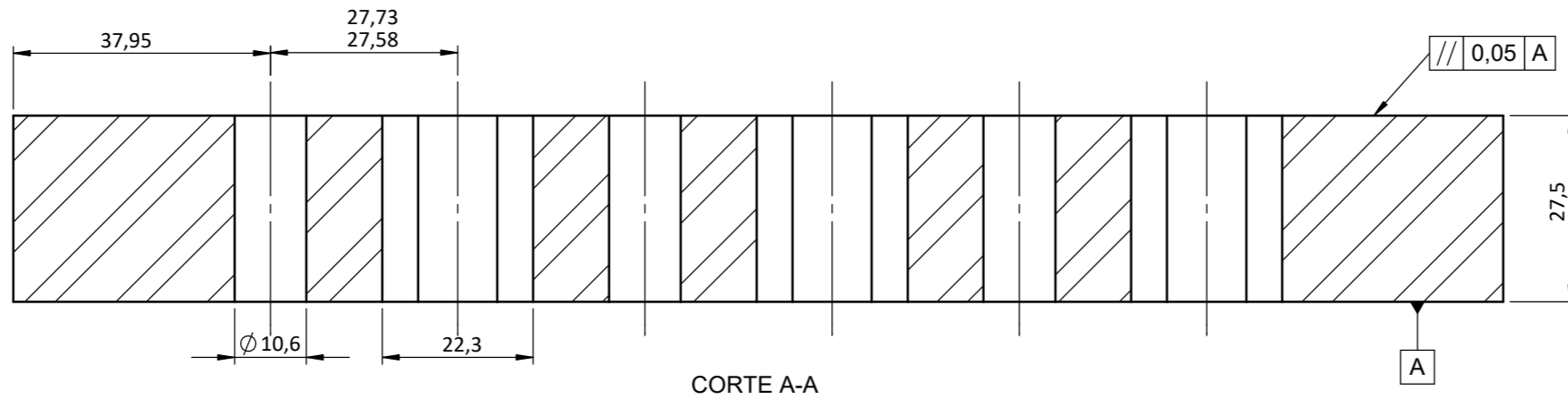
0

 $2,5 \times 45^\circ$ 

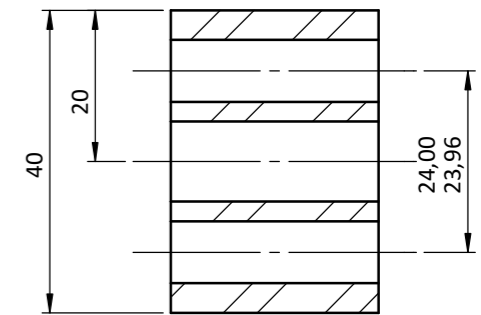
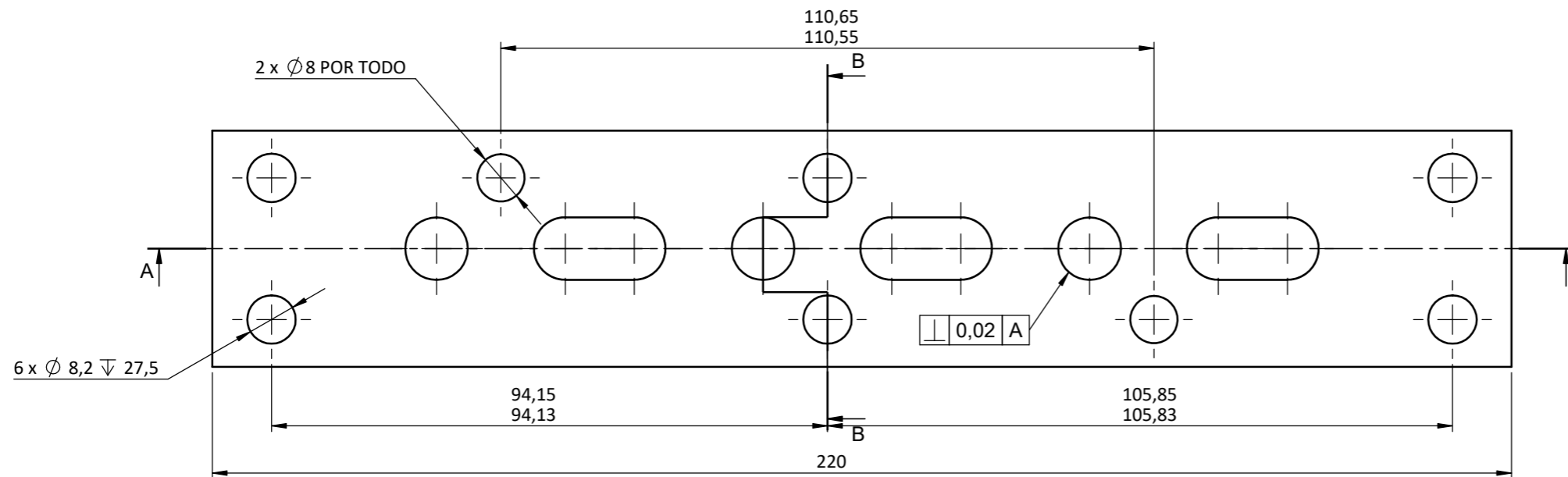
E

				TOLERANCIA: $\pm 0,02$	PESO: 0,73 kg	MATERIAL: Acero DF2	
						TÍTULO: Columna	
						ESCALA: 1:1	
						REGISTRO: 	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA HOJA 10 DE 17	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	
						FECHA: DIBUJÓ: 09/11/2023 REVISÓ: 4/1/2024 APROBÓ: 4/1/2024	
						NOMBRE: Erick Gavilanes Ing. Mauricio. C Ing. Mauricio. C	

N5 Rectificado

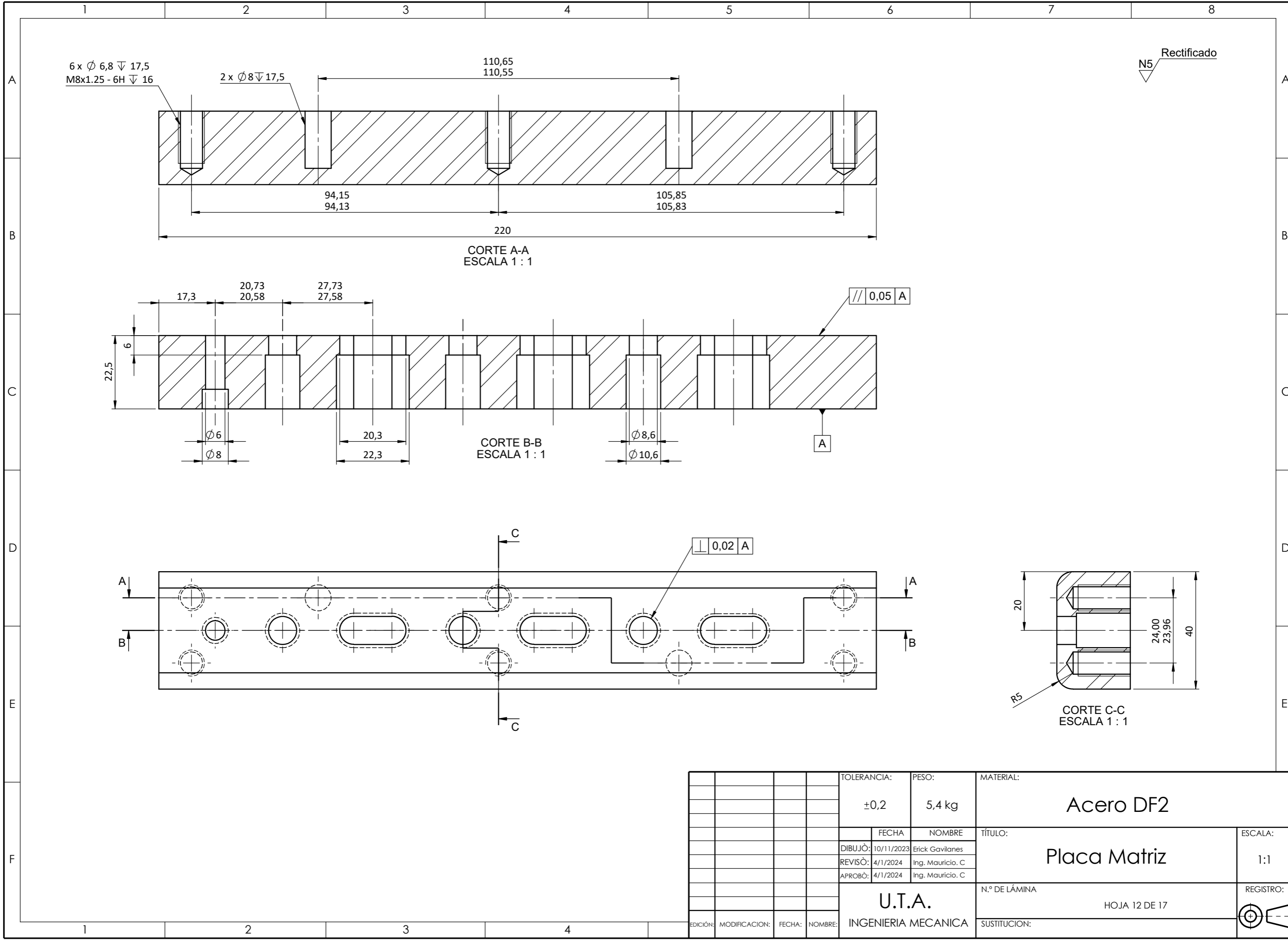


CORTE A-A



CORTE B-B

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,2	1,61 kg	ASTM A36		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 11/11/2023	Erick Gavilanes	Placa Matriz Complemento		1:1
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA:		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 11 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				



N5 Rectificado

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0,2	5,4 kg	Acero DF2		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÓ: 10/11/2023	Erick Gavilanes	Placa Matriz		1:1
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C			
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 12 DE 17		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				

1

2

3

4

A

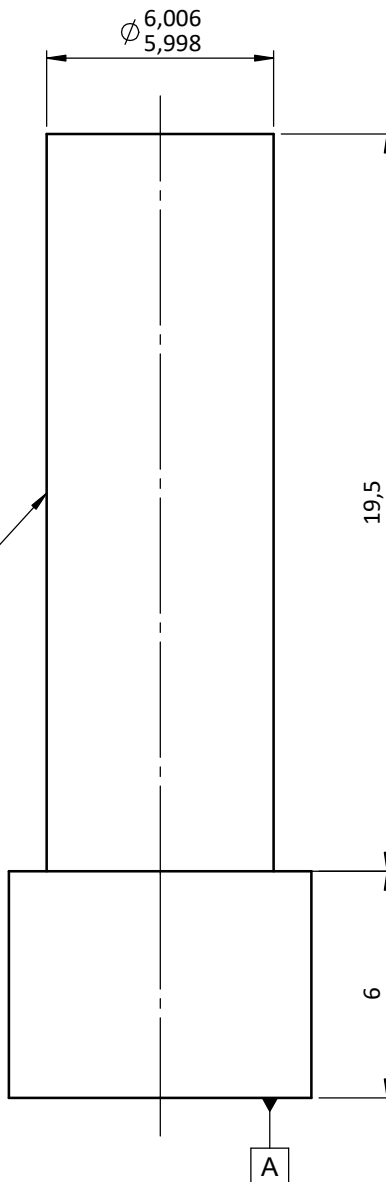
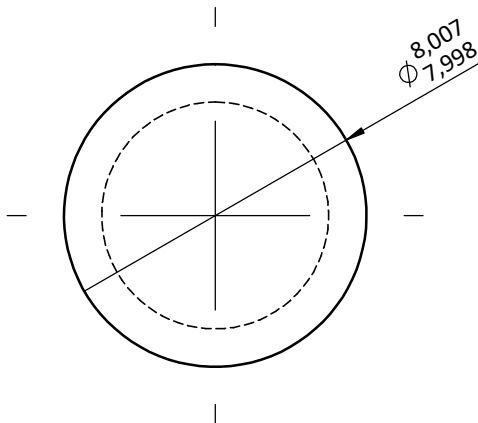
B

C

D

E

N7 Torneado



⊥ 0,02 A

				TOLERANCIA: ±0,3	PESO: 0,01 kg	MATERIAL: Acero DF2	
						TÍTULO: Marcador De Paso	ESCALA: 5:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJÓ: 14/11/2023	Erick Gavilanes		
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 13 DE 17	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	

1

2

3

4

A

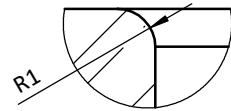
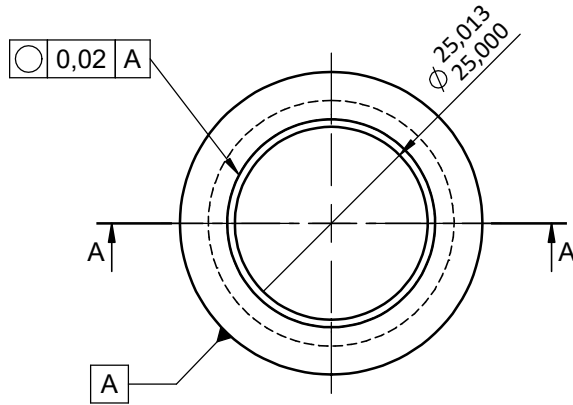
B

C

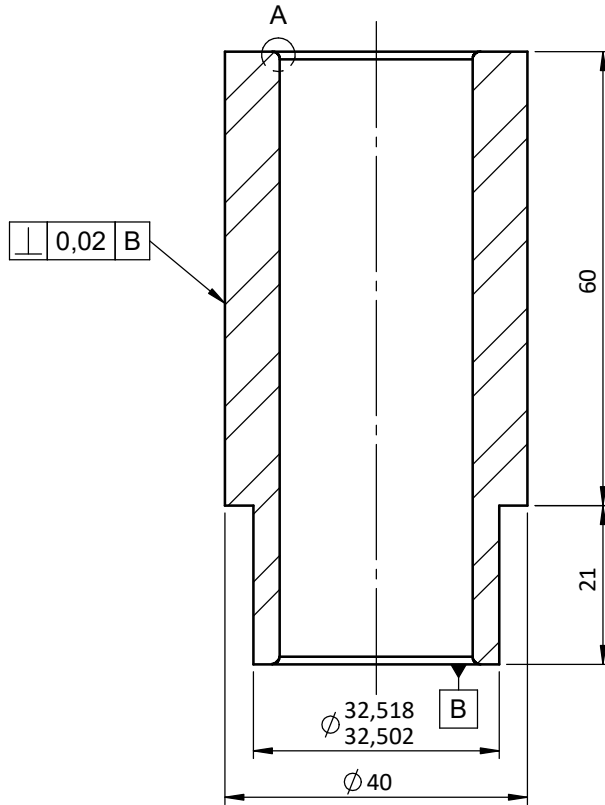
D

E

N5 Torneado

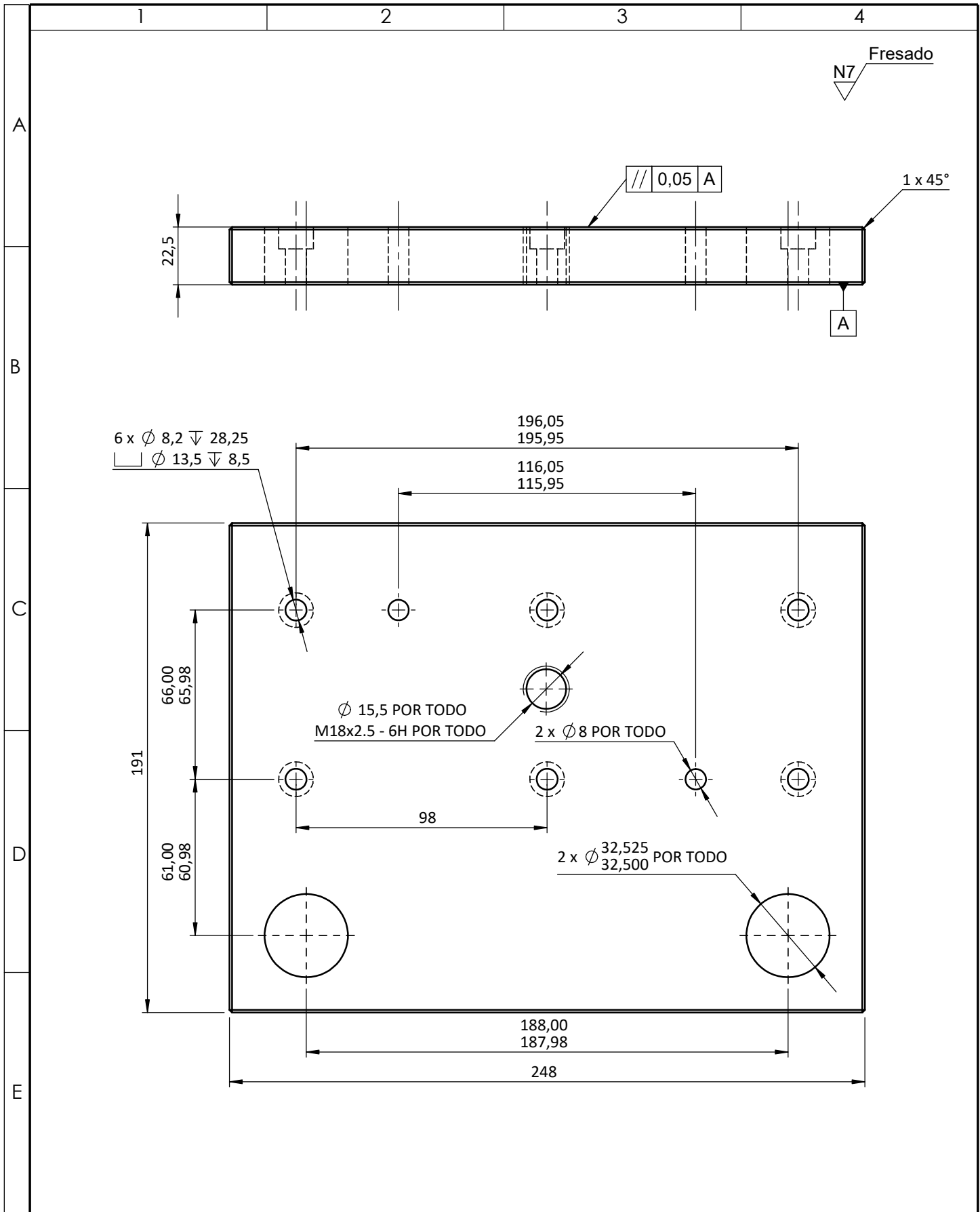


DETALLE A  
ESCALA 5 : 1



CORTE A-A

				TOLERANCIA: ±0,15	PESO: 0,4 kg	MATERIAL: Acero DF2	
				FECHA DIBUJÓ: 16/11/2023	NOMBRE Erick Gavilanes	TÍTULO: Casquillo	ESCALA: 1:1
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 14 DE 17	REGISTRO: 
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



				TOLERANCIA: $\pm 0,2$	PESO: 7,92 kg	MATERIAL: ASTM A36	
						TÍTULO: Placa Superior	ESCALA: 1:2
				DIBUJÓ: 20/11/2023	ERICK GAVILANES		
				REVISÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 15 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	



1

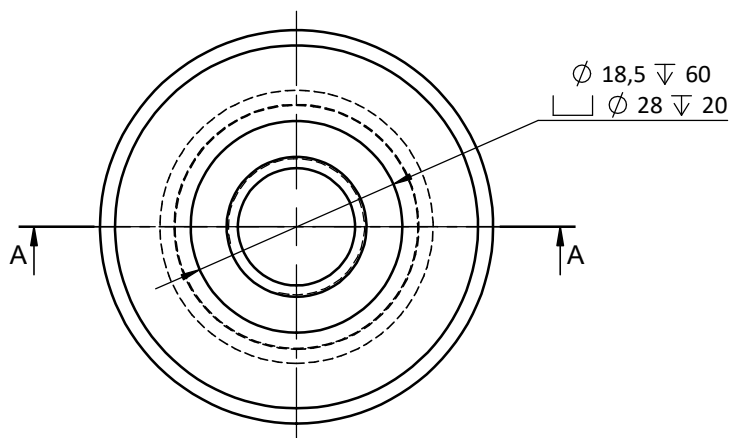
2

3

4

N7 Torneado

A

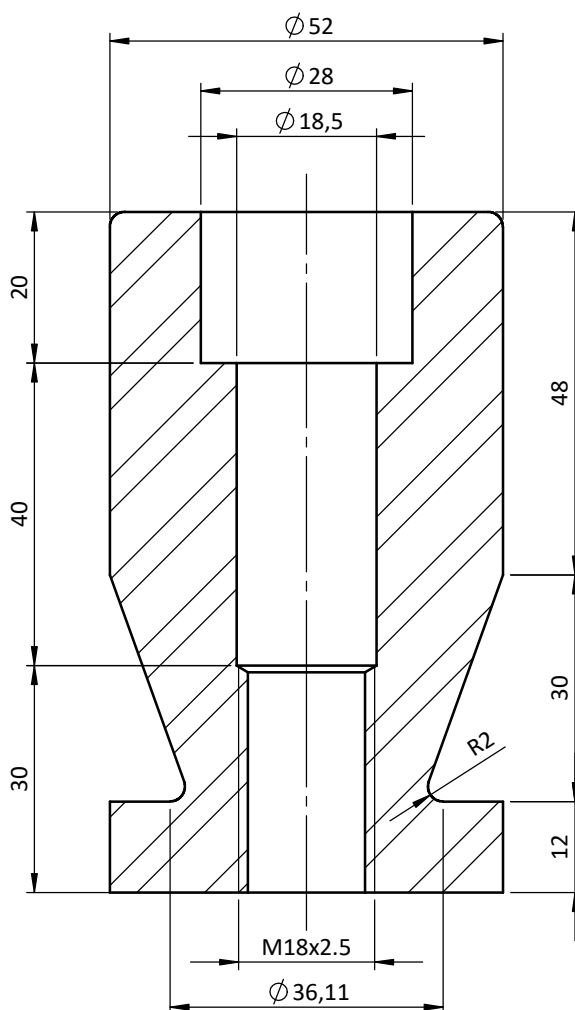


B

C

D

E



CORTE A-A

				TOLERANCIA: $\pm 0,2$	PESO: 1,1 kg	MATERIAL: AISÍ 1018	
						TÍTULO: Vástago	ESCALA: 1:1
				DIBUJÓ: 24/11/2023	Erík Gavilanes		
				REVISÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	Ing. Mauricio. C		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA HOJA 16 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECÁNICA		SUSTITUCIÓN:	

1

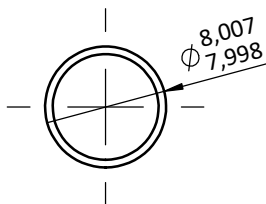
2

3

4

A

N7 Torneado

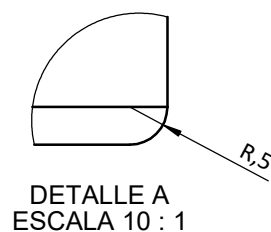
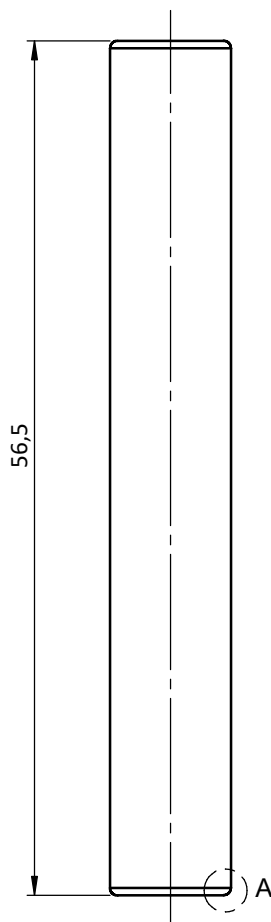


B

C

D

E



				TOLERANCIA: $\pm 0,2$	PESO: 0,02 kg	MATERIAL: <b>Acero DF2</b>	
						TÍTULO: <b>Pasador</b>	ESCALA: 2:1
				DIBUJÓ: 28/11/2023	ERICK GAVILANES		
				REVISÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				APROBÓ: 4/1/2024	ING. MAURICIO. C		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA HOJA 17 DE 17	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	