

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 1- ÍNDICE GENERAL***

***DOCUMENTO 2- MEMORIA***

***DOCUMENTO 3- ANEXOS***

***DOCUMENTO 4- PLANOS***

***DOCUMENTO 5- PLIEGO DE CONDICIONES***

***DOCUMENTO 6- PRESUPUESTO***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** <2019-2020>

**Fecha:** Bilbao, 14, julio, 2020

## RESUMEN

En el presente proyecto se describe el proceso de diseño y fabricación de una matriz progresiva para la obtención en serie de un soporte de montaje de motor.

Para ello se procede a realizar un estudio de la pieza y del proceso óptimo para su fabricación. Se estudia también la disposición de la banda de chapa previamente al diseño del utillaje, con el fin de optimizar al máximo el proceso y obtener un buen rendimiento y viabilidad económica.

Se justifican mediante cálculos y fundamentación teórica todas y cada una de las decisiones tomadas en el proceso de diseño.

Una vez finalizado el diseño se realiza un presupuesto para estimar el coste de diseño y fabricación del utillaje.

## ABSTRACT

This project describes the process of designing and manufacturing a progressive die for the serial production of an engine mounting bracket. To do this, it proceeds to study the piece and the optimal process for its manufacture. The arrangement of the sheet metal strip is also studied prior to the design of the tooling, in order to optimize the process to the maximum and obtain good performance and economic viability. It is justified by analysis and theoretical foundation each and every one of the decisions made in the design process. Once the design is completed, a budget is made to estimate the cost of design and manufacture of the tooling.

## LABURPENA

Proiektu honetan, motorra muntatzeko euskarri baten serieko produkzioarako trokel progresiboa diseinatzeko eta fabrikatzeko prozesua deskribatzen da.

Horretarako, pieza diseinatzeko eta fabrikatzeko prozesu egokiena jarraitzen da. Erreminten diseinua egin baino lehenago xaflaren moldaketa ere aztertzen da, prozesua ahalik eta gehien optimizatzeko eta errendimendu ona eta bideragarritasun ekonomikoa lortzeko.

Diseinu prozesuan hartutako erabaki guztiak aztertuta eta oinarri teorikoz justifikatuta daude.

Diseinua bukatzean, erremintaren diseinuaren eta fabrikazioaren kostua balioesteko aurrekontua egiten da.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 1- ÍNDICE GENERAL***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE DOCUMENTO 2. MEMORIA

1. OBJETO .....	6
2. ALCANCE.....	6
3. ANTECEDENTES .....	7
4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	10
4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	10
4.2. NORMATIVA PIEZAS NORMALIZADAS .....	11
4.3. BIBLIOGRAFÍA.....	11
4.4. PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	15
5. REQUISITOS DE DISEÑO .....	15
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA .....	15
6. GEOMETRÍA Y REQUISITOS DE DISEÑO.....	16
6. MATERIAL DE LA PIEZA .....	16
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	19
7.1. ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN.....	19
8. TIPOS DE TROQUELES.....	20
9. ELECCIÓN DEL TROQUEL .....	22
10. COMPONENTES DEL TROQUEL PROGRESIVO.....	22
10.1. COMPONENTES DE DISEÑO .....	23
10.1.1. PLACA BASE INFERIOR (PARTE FIJA) .....	23
10.1.2. PLACA BASE SUPERIOR (PARTE MÓVIL) .....	25
10.1.3. PLACA INTERMEDIA O GUÍA .....	25
10.1.4. VÁSTAGO .....	26
10.1.5. PLACA MATRIZ .....	27
10.1.6. PLACA PISADORA.....	31
10.1.7. PLACA SUFRIDERA .....	33
10.1.8. PUNZONES.....	34
10.1.9. PLACA PORTA PUNZONES.....	35
10.1.10. GUÍAS DE BANDA .....	36
10.2. ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	38
10.2.1. COLUMNAS GUÍA.....	38

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

10.2.2.	CASQUILLOS GUÍA .....	38
10.2.3.	RESORTES.....	38
10.2.4.	TOPES GUÍA .....	38
10.2.5.	PASADORES.....	38
10.2.6.	TORNILLOS .....	39
11.	FUNCIONAMIENTO .....	39
12.	PRESA .....	40
13.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	41
14.	RESULTADOS FINALES.....	42
15.	PLANIFICACIÓN .....	68
16.	CONCLUSIONES.....	69

## ÍNDICE DOCUMENTO 3. ANEXOS

### ANEXO I. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

1.	DISEÑO DE LA BANDA .....	3
1.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	3
1.2.1.	DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA .....	3
1.2.2.	DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN.....	5
1.2.3.	DETERMINACIÓN DEL PASO .....	5
1.2.4.	APROVECHAMIENTO O RENDIMIENTO DE LA CHAPA .....	6
2.	OPERACIONES DE TROQUELADO .....	7
2.1.	CORTE DE CHAPA .....	7
2.1.1.	FUNDAMENTOS DE CORTE.....	7
2.1.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES.....	9
2.1.2.1.	TOLERANCIA DE CORTE.....	9
2.1.2.2.	DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE .....	10
2.1.2.3.	ÁNGULO DE ESCAPE.....	11
2.1.3.	FUERZAS DEL PROCESO .....	11
2.1.3.1.	FUERZA DE CORTE.....	11
2.1.3.2.	FUERZA DE EXTRACCIÓN.....	12
2.1.3.3.	FUERZA DE EXPULSIÓN .....	12
2.2.	DOBLADO DE CHAPA.....	12

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

2.2.1. FUNDAMENTOS DE DOBLADO .....	12
2.2.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES.....	13
2.2.2.1. RADIO MÍNIMO DE DOBLADO .....	13
2.2.2.2. DESARROLLO DE LA CHAPA .....	14
2.2.2.3. DISTANCIA MÍNIMA PUNZONADO.....	16
2.2.2.4. RECUPERACIÓN ELÁSTICA.....	17
2.2.2.5. HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.....	17
2.2.3. FUERZAS DEL PROCESO .....	17
2.2.3.1. FUERZA DE DOBLADO .....	17
2.2.3.2. FUERZA DEL PISADOR .....	18
3. FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO .....	18
4. DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL.....	19

## ANEXO II. CÁLCULOS

1. DISEÑO DE LA BANDA .....	3
1.1. DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA.....	3
1.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	4
1.2.1. DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN .....	4
1.2.2. DETERMINACIÓN DEL PASO .....	4
1.2.3. RENDIMIENTO DE LA BANDA .....	5
1.3. SECUENCIA OPERACIONAL.....	6
2. CORTE .....	8
2.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	8
2.1.1. TOLERANCIA DE CORTE .....	8
2.1.2. DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE .....	9
2.2. FUERZAS.....	10
2.2.1. FUERZA DE CORTE .....	10
2.2.2. FUERZA DE EXTRACCIÓN .....	13
2.2.3. FUERZA DE EXPULSIÓN.....	13
3. DOBLADO .....	14
3.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	14
3.1.1. RADIO MÍNIMO DE DOBLADO.....	14

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

3.1.2.	DESARROLLO DE LA CHAPA .....	14
3.1.3.	DISTANCIA MÍNIMA DE PUNZONADO .....	15
3.1.4.	HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.....	17
3.2.	FUERZAS DEL PROCESO.....	17
3.2.1.	FUERZA DE DOBLADO.....	17
3.2.2.	FUERZA DEL PISADOR .....	18
4.	FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO.....	18
5.	DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL .....	21

## ANEXO III. CATÁLOGOS COMERCIALES

### ÍNDICE DOCUMENTO 4. PLANOS

- PLANO 1. SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR (PIEZA)
- PLANO 2. CONJUNTO
- PLANO 3. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO INFERIOR
- PLANO 4. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO CENTRAL
- PLANO 5. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO SUPERIOR
- PLANO 6. CONTENEDOR
- PLANO 7. PLACA BASE INFERIOR
- PLANO 8. MATRIZ ESTACIONES 1-2
- PLANO 9. MATRIZ ESTACIONES 3-4
- PLANO 10. MATRIZ ESTACIONES 5-6 IZQUIERDA
- PLANO 11. MATRIZ ESTACIONES 5-6 CENTRO
- PLANO 12. MATRIZ ESTACIONES 5-6 DERECHA
- PLANO 13. MATRIZ ESTACIONES 7-8 IZQUIERDA
- PLANO 14. MATRIZ ESTACIONES 7-8 CENTRO
- PLANO 15. MATRIZ ESTACIONES 7-8 DERECHA
- PLANO 16. REGLÉ GUÍA LATERAL 1
- PLANO 17. REGLÉ GUÍA LATERAL 2
- PLANO 18. REGLÉ GUÍA CENTRAL
- PLANO 19. PISADOR
- PLANO 20. PLACA GUÍA PUNZONES
- PLANO 21. PUNZÓN LATERAL ESTACIONES 1-2
- PLANO 22. PUNZÓN CENTRAL ESTACIONES 1-2
- PLANO 23. PUNZÓN ESTACIÓN 3
- PLANO 24. PUNZÓN ESTACIÓN 4
- PLANO 25. PUNZÓN DOBLADO LATERAL

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- PLANO 26. PUNZÓN DOBLADO CENTRAL
- PLANO 27. PUNZÓN ESTACIÓN 6
- PLANO 28. PUNZÓN ESTACIONES 7-8
- PLANO 29. PLACA PORTA PUNZONES
- PLANO 30. SUFRIDERA
- PLANO 31. PLACA BASE SUPERIOR

## ÍNDICE DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES

1.	OBJETO DEL PLIEGO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	5
1.1.	OBJETO DEL PLIEGO .....	5
1.2.	REALIZACIÓN DEL DOSSIER TÉCNICO.....	5
1.2.1.	ANTEPROYECTO DEL TROQUEL.....	5
1.2.2.	PROYECTO DEL TROQUEL.....	5
1.2.3.	LISTADO DE COMPONENTES Y MATERIALES.....	5
1.2.4.	ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	6
1.3.	DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA FABRICACIÓN.....	6
1.4.	INICIO DE LA FABRICACIÓN.....	6
1.5.	EJECUCIÓN, TRANSPORTE Y PUESTA A PUNTO .....	7
1.5.1.	TRANSPORTE .....	7
1.5.2.	DESPERFECTOS.....	7
1.5.3.	MONTAJE.....	7
2.	CONDICIONES TÉCNICAS.....	8
2.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO .....	8
2.1.1.	FABRICACIÓN .....	8
2.1.2.	LIMITACIONES DE SUMINISTRO .....	8
2.1.3.	TRANSPORTE Y ENTREGA .....	8
2.1.4.	EMBALAJE.....	8
2.1.5.	RECEPCIÓN DEL PEDIDO.....	9
2.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO A CONFORMAR.....	9
2.2.1.	FORMAS DE SUMINISTRO .....	9
2.2.2.	ARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL.....	9
2.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO ESTRUCTURAL.....	9
2.4.	FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL .....	10

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

2.4.1. IDENTIFICACIÓN DEL TROQUEL.....	10
2.4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA PIEZA.....	10
3. CONDICIONES ECONÓMICAS .....	11
3.1. FORMA DE PAGO .....	11
3.2. OFERTA Y CONTRATO .....	11
3.3. PLAZO DE ENTREGA .....	12
3.4. PENALIZACIONES Y PRIMAS .....	12
3.5. LIQUIDACIÓN DE IMPUESTOS.....	13
3.6. RECLAMACIONES .....	13
3.7. CONDICIONES DEL PRECIO FINAL .....	13
3.8. GARANTÍA .....	13
3.8.1. GARANTÍA GENERAL.....	13
3.8.2. GARANTÍA DE PROYECTO .....	14
3.8.3. REPARACIÓN DE DESPERFECTOS .....	14
3.8.4. ASISTENCIA TÉCNICA .....	14
3.9. SEGUROS.....	15
3.10. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CLIENTE.....	15
3.10.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN .....	15
3.10.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN .....	16
3.11. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CONSTRUCTOR .....	17
3.11.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN .....	17
3.11.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN .....	17
4. CONDICIONES LEGALES.....	18
4.1. CONDICIONES GENERALES DE CARÁCTER LEGAL .....	18
4.2. NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL .....	18
4.3. ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN .....	18
4.3.1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA .....	18
4.3.2. INGENIERÍA.....	19
4.3.3. PROPIEDAD INDUSTRIAL .....	19
4.3.4. RESPONSABILIDAD .....	20
4.3.5. RESPONSABILIDAD TÉCNICA DEL CONSTRUCTOR.....	20
4.3.6. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA SOCIAL Y LABORAL....	20
4.3.7. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE ACCIDENTES.....	21

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

4.3.8. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE .....	21
4.4. LICENCIAS Y PATENTES .....	22
4.5. PERMISOS Y AUTORIZACIONES.....	22
4.6. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN.....	22
4.7. CONFIDENCIALIDAD.....	22
4.8. RENUNCIA .....	23
5. CONTROL DE CALIDAD .....	23
5.1. MATERIALES.....	23
5.2. PRUEBAS Y MEDICIONES.....	23
5.2.1. TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	23
5.2.2. CONTROL DE DUREZA .....	23
5.2.3. DIMENSIONES FINALES .....	24
5.2.4. ACABADOS SUPERFICIALES .....	24
6. SEGURIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	24
6.1. CRITERIOS DE DISEÑO .....	25
6.2. CONDICIONES DE SEGURIDAD .....	26
6.3. REQUISITOS MÍNIMOS Y RESPONSABILIDADES .....	26
6.3.1. PROYECTISTA.....	27
6.3.2. EFE DE CALIDAD .....	27
6.3.3. TÉCNICO DE CALIDAD.....	28
6.3.4. OPERARIOS DE MANEJO Y PUESTA A PUNTO .....	28
6.3.5. SOLDADORES.....	28

## ÍNDICE DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

- CAPÍTULO 1. INGENIERÍA DE DISEÑO.....	2
- CAPÍTULO 2. PIEZAS NORMALIZADAS.....	3
- CAPÍTULO 3. PIEZAS DE DISEÑO PROPIO.....	5
- CAPÍTULO 3.1. MATERIA PRIMA.....	5
- CAPÍTULO 3.2. MANO DE OBRA.....	6
- CAPÍTULO 4. MONTAJE Y PRUEBAS.....	8

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 2- MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE MEMORIA

1. OBJETO .....	6
2. ALCANCE.....	6
3. ANTECEDENTES .....	7
4. NORMAS Y REFERENCIAS .....	10
4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	10
4.2. NORMATIVA PIEZAS NORMALIZADAS .....	11
4.3. BIBLIOGRAFÍA.....	11
4.4. PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	15
5. REQUISITOS DE DISEÑO .....	15
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA .....	15
6. GEOMETRÍA Y REQUISITOS DE DISEÑO.....	16
6. MATERIAL DE LA PIEZA .....	16
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	19
7.1. ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN.....	19
8. TIPOS DE TROQUELES.....	20
9. ELECCIÓN DEL TROQUEL .....	22
10. COMPONENTES DEL TROQUEL PROGRESIVO.....	22
10.1. COMPONENTES DE DISEÑO .....	23
10.1.1. PLACA BASE INFERIOR (PARTE FIJA) .....	23
10.1.2. PLACA BASE SUPERIOR (PARTE MÓVIL) .....	25
10.1.3. PLACA INTERMEDIA O GUÍA .....	25
10.1.4. VÁSTAGO .....	26
10.1.5. PLACA MATRIZ .....	27
10.1.6. PLACA PISADORA .....	31
10.1.7. PLACA SUFRIDERA .....	33
10.1.8. PUNZONES.....	34
10.1.9. PLACA PORTA PUNZONES.....	35
10.1.10. GUÍAS DE BANDA .....	36
10.2. ELEMENTOS NORMALIZADOS .....	38
10.2.1. COLUMNAS GUÍA.....	38
10.2.2. CASQUILLOS GUÍA .....	38

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

10.2.3.	RESORTES.....	38
10.2.4.	TOPES GUÍA .....	38
10.2.5.	PASADORES.....	38
10.2.6.	TORNILLOS .....	39
11.	FUNCIONAMIENTO .....	39
12.	PRENSA .....	40
13.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	41
14.	RESULTADOS FINALES.....	42
15.	PLANIFICACIÓN .....	68
16.	CONCLUSIONES.....	69

## ÍNDICE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b>	SopORTE de montaje de motor de engranaje helicoidal .....	6
<b>Imagen 2.</b>	Diagrama tensión deformación acero .....	7
<b>Imagen 3.</b>	SopORTE de montaje de motor de engranaje helicoidal .....	16
<b>Imagen 4.</b>	Composición química .....	17
<b>Imagen 5.</b>	Catálogo aceros ACERINOX .....	19
<b>Imagen 6.</b>	Componentes principales troquel progresivo.....	23
<b>Imagen 7.</b>	Vástago de sujeción.....	27
<b>Imagen 8.</b>	Matriz con casquillos de corte .....	28
<b>Imagen 9.</b>	Matriz enteriza .....	28
<b>Imagen 10.</b>	Matriz dividida.....	29
<b>Imagen 11.</b>	Matriz con aristas de corte.....	29
<b>Imagen 12.</b>	Punzón de corte .....	34
<b>Imagen 13.</b>	Esquema troquel progresivo .....	39
<b>Imagen 14.</b>	Subconjunto inferior .....	43
<b>Imagen 15.</b>	Contenedor.....	43
<b>Imagen 16.</b>	Placa base inferior .....	44
<b>Imagen 17.</b>	Matrices.....	45
<b>Imagen 18.</b>	Reglé lateral.....	46
<b>Imagen 19.</b>	Reglé guía central .....	47
<b>Imagen 20.</b>	Columnas guía .....	48
<b>Imagen 21.</b>	Bridas de amarre .....	48
<b>Imagen 22.</b>	Discos de amarre .....	49
<b>Imagen 23.</b>	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.....	49
<b>Imagen 24.</b>	Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal.....	50
<b>Imagen 25.</b>	Subconjunto central .....	50
<b>Imagen 26.</b>	Subconjunto central vista inferior.....	51
<b>Imagen 27.</b>	Placa pisadora.....	51
<b>Imagen 28.</b>	Placa guía punzones .....	52
<b>Imagen 29.</b>	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona .....	53
<b>Imagen 30.</b>	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.....	53
<b>Imagen 31.</b>	Subconjunto superior .....	54
<b>Imagen 32.</b>	Subconjunto superior vista inferior.....	54
<b>Imagen 33.</b>	Punzón lateral estaciones 1-2 .....	55
<b>Imagen 34.</b>	Punzón central estaciones 1-2 .....	56
<b>Imagen 35.</b>	Punzón estación 3 .....	57
<b>Imagen 36.</b>	Punzón estación 4 .....	58
<b>Imagen 37.</b>	Punzón lateral doblado .....	59
<b>Imagen 38.</b>	Punzón central doblado .....	60
<b>Imagen 39.</b>	<b>Punzón estación 6</b> .....	61
<b>Imagen 40.</b>	Punzón estaciones 7-8.....	62

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

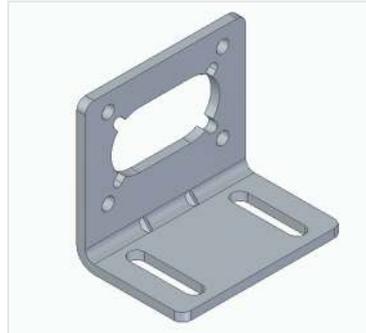
<b>Imagen 41.</b> Placa porta punzones .....	63
<b>Imagen 42.</b> Sufridera .....	64
<b>Imagen 43.</b> Placa base superior.....	65
<b>Imagen 44.</b> Placa base superior vista inferior .....	65
<b>Imagen 45.</b> Tornillos tope.....	66
<b>Imagen 46.</b> Muelles .....	67
<b>Imagen 47.</b> Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.....	67

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requisitos de diseño.....	16
<b>Tabla 2.</b> Designación material pieza.....	17

## 1. OBJETO

En el presente proyecto, se **analiza** y **define** el proceso de **fabricación** óptimo para la obtención de un **sopORTE de montaje** de motor de engranaje helicoidal; concretamente para motor GW31ZY o GW370.



*Imagen 1. Soporte de montaje de motor de engranaje helicoidal*

El proyecto se debe **dimensionar** para una tirada de rango medio de **25.000 unidades anuales**.

Una vez escogido el **método**, el **objetivo** es **diseñar** el utillaje necesario para la obtención de la pieza de estudio y dibujar los planos correspondientes para **definirlo** al completo.

Por último, se analiza el **coste económico** del proceso, realizando un **presupuesto** de diseño y fabricación.

## 2. ALCANCE

Para la selección del método de fabricación del soporte, es necesario **comparar** los distintos **métodos** y establecer cuál de ellos es óptimo para la fabricación de la pieza. Todo ello en función de la **rentabilidad** del proceso, de los pasos necesarios para llevarlo a cabo, de la cantidad de piezas a producir y de la calidad del producto final.

En el **diseño** del utillaje, se definen y justifican los **materiales empleados** en cada uno de los elementos que lo componen, así como los **acabados superficiales**, **tolerancias** y **tratamientos térmicos** que requieren.

Además, se realizan los **cálculos** de los **esfuerzos** a los que se ven sometidos cada uno de los componentes a lo largo del proceso; definiendo también los **parámetros** de **diseño** pertinentes.

El **coste económico** del proceso se analiza por medio de un **presupuesto**; teniendo en cuenta el coste de fabricación y de montaje del útil diseñado.

El proyecto consiste exclusivamente en el **diseño** y **fabricación** del utillaje; quedando fuera de éste la fabricación de las piezas. La empresa de matricería que encarga el útil será la responsable de la compra de la materia prima, la prensa y el sistema de avance necesarios para la obtención de la pieza final.

No obstante, se **definen** los distintos tipos y se escogen los que más se adecúan al proceso.

### 3. ANTECEDENTES

#### CONFORMADO DE CHAPA

Los **procesos** de **conformado** de chapa son aquellos en los que se modifica la geometría de una pieza por medio de la aplicación de una determinada fuerza. En este tipo de proceso no se mecaniza la pieza; es decir, **no** existe **arranque** de **viruta**.

#### COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES

Para comprender el **comportamiento** del **material** durante un proceso de **transformación** como el conformado de chapa, es necesario tener en cuenta las **propiedades mecánicas** del material; las cuales son inherentes al mismo y permiten diferenciar unos materiales de otros.

El estudio del comportamiento mecánico de un material determinado se analiza a partir del **ensayo de tracción/compresión**, cuyos resultados se expresan en el diagrama de esfuerzo-deformación que se explica a continuación.

En este **diagrama** se muestra la deformación unitaria que sufre el material en cuestión cuando se somete a unos valores determinados de fuerza.

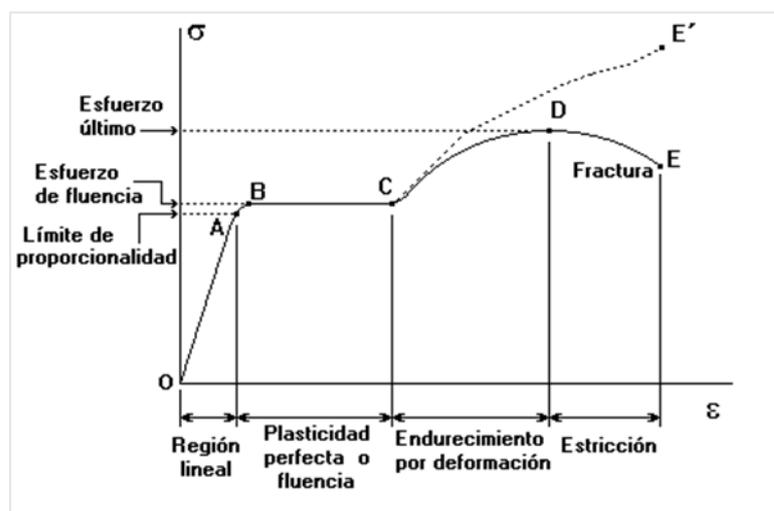


Imagen 2. Diagrama tensión deformación acero

Antes de definir las distintas zonas del diagrama de la **Imagen 2** se explica brevemente el comportamiento elástico y plástico de los materiales.

Cuando un **cuerpo** se **somete** a una **fuerza**, se produce un **alargamiento** o **compresión** (en función de si el esfuerzo es de tracción o de compresión) del material en mayor o menor medida; en función de las propiedades de dicho material. El alargamiento/compresión se debe a un desplazamiento de los átomos del material respecto de su posición inicial. Cuando la pieza recupera su tamaño inicial al cesar la fuerza se dice que la deformación es elástica. Sin embargo, cuando la posición de estos permanece tras el cese del esfuerzo, se dice que la deformación es plástica.

A continuación, se detallan los puntos y zonas determinantes del diagrama.

- **Región lineal.** Se trata de la zona de la gráfica en la que la relación entre la tensión aplicada y la deformación alcanzada por el material es lineal; es decir, son proporcionales. En esta zona se cumple la Ley de Hooke que dice que el alargamiento que experimenta un cuerpo elástico es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre el mismo.
- **Límite de proporcionalidad.** También llamado límite de elasticidad o límite elástico. Valor de tensión a partir del cual el material no recupera totalmente su forma original en el momento de cese de la fuerza. Valor a partir del cual la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación obtenida deja de ser proporcional.
- **Esfuerzo de fluencia.** Valor de tensión a partir del cual el material comienza a fluir sin el correspondiente aumento de carga. La fluencia tiene lugar en la zona de transición entre la zona de deformación elástica y la plástica; y se caracteriza por un incremento rápido de la deformación sin un aumento apreciable de la carga aplicada.
- **Endurecimiento por deformación.** Zona en la cual la parte del material deformada plásticamente se vuelve más dura y resistente, hasta alcanzar el esfuerzo último.
- **Esfuerzo último.** Esfuerzo máximo que es capaz de soportar el material.
- **Zona de estricción.** Una vez alcanzado el esfuerzo último, la deformación se localiza en una zona determinada de la probeta ensayada y ésta sufre un estrechamiento en dicha zona. En ese momento la tensión disminuye (curva hacia abajo) y se produce la fractura del material.

Una vez estudiado el comportamiento del material se desarrollan distintos métodos de transformación de este.

## **MATRICERÍA**

La **matricería** en concreto es la rama de la mecánica que estudia y desarrolla la técnica de fabricación de utillajes para la obtención de **piezas en serie**.

El estampado de metales o **estampación** es la técnica de fabricación empleada para la transformación de chapa metálica, en la cual se somete a la pieza a una **carga de compresión entre dos moldes**. Dicha carga se aplica a través de prensas hidráulicas o mecánicas que proporcionan una gran capacidad y versatilidad para aplicar los procesos más eficientes y productivos en función de los requerimientos de cada proyecto.

A diferencia de otros tipos de procesos de transformación, como el **mecanizado por arranque de viruta** o la **soldadura**, el conformado de chapa es apropiado para la fabricación de grandes series de piezas, ya que precisa de utillajes muy costosos, de elevada precisión y útiles únicamente para la fabricación de un tipo de pieza o geometría concreta.

## **TIPOS**

Esta técnica puede ser de dos tipos, denominándose **estampación en frío** o en **caliente**, en función de la **temperatura** a la que se trabaja el material.

La línea que separa ambos procesos viene determinada por la **temperatura de recristalización** del material. Si la temperatura es superior a ésta, se dice que la estampación es en caliente y si, por el contrario, es inferior, se denomina estampación en frío.

La temperatura de recristalización es aquella a la cual aparece una microestructura de granos nuevos que tienen escasas dislocaciones.

La mayor parte de la **energía** empleada en el proceso de deformación se disipa como calor, **almacenándose** una pequeña fracción como **energía de deformación**. Ésta última se acumula en forma de dislocaciones y de defectos puntuales.

Cuando se somete a un metal previamente deformado en frío a un tratamiento de **recocido** a la temperatura de recristalización, aparecen **nuevos cristales** en la microestructura, de idéntica composición y estructura reticular que los granos no deformados. Estos cristales se forman en zonas con alta densidad de dislocaciones.

La fuerza que impulsa la recristalización proviene de la energía almacenada del trabajo en frío.

El producto obtenido mediante la **estampación en caliente** tiene **menor rugosidad y precisión dimensional** que mediante la estampación en frío, pero tiene la ventaja de poder llevar a cabo **mayores deformaciones**.

Generalmente se emplea la **estampación en frío** cuando se trabajan **chapas** o láminas de **espesor uniforme y reducido**.

Las principales **operaciones** de estampación en frío son **troquelado**, **doblado** y **embutición**,

El proceso de estampación en caliente tiene otro tipo de aplicaciones como la creación de hologramas y bandas holográficas o como medidas antifalsificación.

### **CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE ESTAMPACIÓN**

Este proceso se lleva a cabo mediante un utillaje denominado **troquel**, en el que se alojan las distintas matrices que dan nombre al método.

Además de la **elevada producción** a la que se puede acceder con este método, se asegura una **buena calidad superficial** en el producto final. Otra de las ventajas de este procedimiento es la **escasa** cantidad de **chatarra** generada, considerándose unos valores medios óptimos de aprovechamiento del material aquellos que rondan en torno al 75 y 80% del volumen inicial del mismo.

Como consecuencia de la **gran variedad de piezas** que se pueden fabricar por medio del conformado de chapa, este proceso se ha desarrollado y mejorado en gran medida a lo largo del tiempo.

En conclusión, es posible afirmar que la **matricería** representa un **sistema de fabricación** de piezas de chapa **insustituible**, cuyos resultados superan con creces los obtenidos por medio de otros procedimientos.

## **4. NORMAS Y REFERENCIAS**

### **4.1. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS**

En el presente apartado se contempla el conjunto de disposiciones legales y normas de no obligado cumplimiento que se han tenido en cuenta para la realización del proyecto.

- UNE 157001:2002. Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- El utillaje diseñado deberá cumplir la normativa CE para hacer posible la libre circulación de mercancías por la Unión Europea. Los estados miembros de la Unión Europea deben aplicar las directivas aprobadas por su Consejo en sus respectivas directivas nacionales.

Algunas de las normativas que deberá cumplir el troquel:

La directiva "máquinas" 2006/42/CE.

- El R.D. 1435/1992.
- El R.D. 56/1995.
- El R.D. 1215/1997.

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Orden del Ministerio de Trabajo de 9/03/71. B.O.E. 16 y 17/03/71. Corrección de errores 6/04/71.
- Normas Técnicas reglamentarias MT-1 a la M-27, sobre cascos de seguridad, protectores auditivos, pantallas, guantes, calzado, cinturones de seguridad, gafas, etc. "Resoluciones de la Dirección General de Trabajo". Desde B.O.E. 30/12/74 al 11/12/81.

## 4.2. NORMATIVA PIEZAS NORMALIZADAS

Se incluye el listado de la normativa por la que se rigen los elementos normalizados necesarios para la fabricación del utillaje, haciendo referencia a qué elementos corresponde.

- DIN 912 / ISO 4762
  - Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.
- DIN 7991
  - Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal.
- DIN 9825
  - Columna guía con valona.
- DIN 7984
  - Tornillo cabeza cilíndrica plana.
  - Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal.
- DIN 9834 / ISO 9448
  - Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona.
- ISO 7379
  - Tornillo tope.

## 4.3. BIBLIOGRAFÍA

A continuación, se referencia el conjunto de fuentes de información consideradas de interés en el desarrollo del proyecto, a partir de las cuales se justifican las soluciones adoptadas.

[1] Acerinox (2020). Bobina negra, disponible en: <https://www.acerinox.com/es/productos/producto/Bobina-negra/> [Consultado el 10/04/2020].

[2] Alacer Mas (2020). Propiedades mecánicas del acero inoxidable, disponible en: <https://www.alacermas.com/productos.php?categoria=1&subcategoria=152&gama=1&producto=872> [Consultado el 24/03/2020].

[3] Appold, Hans; Feiler, Kurt; Reinhard, Alfred y Schmidt, Paul (2005). *Tecnología de los metales para profesiones técnico-mecánicas*. Barcelona: Editorial Reverté.

[4] Bibliografía de Cátedra (2014). Materiales más utilizados en la fabricación de matrices, disponible en: <https://bibliografiadecatedra.wordpress.com/2014/08/31/materiales-mas-utilizados-en-la-fabricacion-de-matrices/> [Consultado el 09/04/2020].

- [5] BirtLH (2020). Procesos de corte y conformado, disponible en: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM03/es\\_PPFM\\_DPMCM03\\_Contenidos/website\\_211\\_parmetros\\_de\\_punzonado.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM03/es_PPFM_DPMCM03_Contenidos/website_211_parmetros_de_punzonado.html) [Consultado el 20/03/2020].
- [6] BirtLH (2020). Procesos de fabricación por corte y conformado, disponible en: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es\\_DFM\\_TFM08\\_Contenidos/website\\_212\\_maquinaria\\_prensas\\_con\\_troquel.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/DFM/TFM/TFM08/es_DFM_TFM08_Contenidos/website_212_maquinaria_prensas_con_troquel.html) [Consultado el 31/05/2020].
- [7] Bobst (2020). Proceso de estampación en caliente, disponible en: <https://www.bobst.com/gtes/productos/estampacion-en-caliente/proceso/> [Consultado el 28/03/2020].
- [8] Calixto Martínez (2020). Embutición, estampación y troquelado, disponible en: <http://www.calixtomartinez.com/embuticion.html> [Consultado el 22/02/2020].
- [9] Casiopea (2010). Cizallado, disponible en: <https://wiki.ead.pucv.cl/Cizallado> [Consultado el 08/03/2020].
- [10] Conformado mecánico de piezas (2020). Troqueles, disponible en: <https://conformadomecanicodepiezasdtc.weebly.com/troqueles.html> [Consultado el 08/03/2020].
- [11] Construmática (2020). Propiedades del Acero Aleado, disponible en: [https://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades\\_del\\_Acero\\_Aleado](https://www.construmatica.com/construpedia/Propiedades_del_Acero_Aleado) [Consultado el 22/03/2020].
- [12] Direct Industry (2020). Prensa motorizada, disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/stenhoj-hydraulik/product-221909-2258672.html> [Consultado el 31/05/2020].
- [13] Documentación y análisis: Conformado de productos sin arranque de viruta (2020). Doblado y curvado, disponible en: <http://de-duce-tu.blogspot.com/p/5doblado-curvado-y-plegado.html> [Consultado el 20/03/2020].
- [14] Documentación y análisis: Conformado de productos sin arranque de viruta (2020). Corte y punzado, disponible en: <http://de-duce-tu.blogspot.com/p/4corte-y-punzonado.html> [Consultado el 28/03/2020].
- [15] Gabp Ingeniería (2020). Prensas, disponible en: <https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/prensas.pdf> [Consultado el 07/04/2020].
- [16] Gasparini (2020). Calcular holgura de pliegue, factor K y factor Y, disponible en: <https://www.gasparini.com/es/calcular-holgura-de-plegue-factor-k-factor-y-chapa/> [Consultado el 21/03/2020].

- [17] Hsiang neng (2020). Motor de Engranaje Helicoidal, disponible en: <https://www.hsiangneng.com/es/category/worm-gear-motors.html> [Consultado el 22/02/2020].
- [18] Ingemecánica (2020). Clasificación de los aceros, disponible en: <https://www.ingemecanica.com/aceros/aceros01.html> [Consultado el 21/03/2020].
- [19] Ingeniería industrial (2019). Procesos de conformado, disponible en: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/procesos-industriales/procesos-de-conformado/> [Consultado el 15/02/2020].
- [20] LahisTech (16/06/2019). *Motor Reverse Forward control switch*, [Archivo de vídeo en línea], disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=il571D0XXjY> [Consultado el 10/04/2020].
- [21] Mecasinc (2019). Doblado y curvado de chapa, disponible en: <https://www.mecanizadossinc.com/doblado-y-curvado-chapa/> [Consultado el 20/03/2020].
- [22] Metalvin SL (2020). Bobinas inoxidable, disponible en: <https://www.metalvin.com/inoxidable/bobina-inoxidable/> [Consultado el 09/04/2020].
- [23] Molinero, Carlos. (2004). "Teoría del punzonado" en Canales sectoriales Interempresas [En línea], disponible en: <https://www.interempresas.net/Deformacion-y-chapa/Articulos/7447-Teoria-del-punzonado.html> [Consultado el 20/03/2020].
- [24] NKS (2020). Aceros inoxidable 304 y 304L, disponible en: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/> [Consultado el 24/05/2020].
- [25] Parámetros de trabajo Generales (Sheet Metal Parameters) (2003). Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/Tecnologia2/Curvado.pdf> [Consultado el 21/03/2020].
- [26] Prensa hidráulica (2020). La prensa mecánica: Tipos, funcionamiento y partes, disponible en: <https://www.prensahidraulica.net/prensa-mecanica/> [Consultado el 07/04/2020].
- [27] Recuperación y Recristalización (2020), disponible en: <https://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/im/m00-861/Lecturas/LectP6M1.pdf> [Consultado el 28/03/2020].
- [28] Reliance Foundry (2020). Acero Laminado en Caliente vs en Frío, disponible en: <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-laminado-frio-vs-caliente-es#gref> [Consultado el 23/05/2020].
- [29] Salazar, Fernando; Vallejo, Esther y Cerón, José Enrique (2007). "Animación del funcionamiento de un troquel". *Graphica 2007*. VII International Conference on Graphics

Engineering for Arts and Design, del 11 al 14 de noviembre del 2007, Brasil: Universidad Federal de Paraná.

[30] Significados (2019). Troquel, disponible en: <https://www.significados.com/troquel/> [Consultado el 08/03/2020].

[31] Significados (2019). Troquelado, disponible en: <https://www.significados.com/troquelado/> [Consultado el 08/03/2020].

[32] Some, stamping solutions (2019). Diferencias entre la estampación de metales en frío y la estampación de metales en caliente, disponible en: <https://www.some.es/es/estampacion-en-frio> [Consultado el 28/03/2020].

[33] Tecnología (2020) Ensayo de tracción, disponible en: <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html> [Consultado el 13/04/2020].

[34] Teodoro, Reinaldo (27/01/2019). Soporte para desmontar e montar motor de moto muito top. [Archivo de vídeo en línea], disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=tF-6QM46HRE> [Consultado el 22/02/2020].

[35] Tercesa SL (2019). Motorreductor: Información general, disponible en: <https://tercesa.com/noticias/motorreductor-informacion-general/> [Consultado el 03/05/2020].

[36] Torres, Manuel (2020). “Materiales de uso técnico” en Conselleria de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia [En línea], disponible en: [https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/4\\_materiales.html](https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/4_materiales.html) [Consultado el 24/03/2020].

[37] Troquel con extractor guía (2020). Fuerza de corte, disponible en: <https://sites.google.com/site/troquelconextractorguia/fuerza-de-corte> [Consultado el 20/03/2020].

[38] Villa Escudero, Hernando (2020). “Aceros para piezas y herramientas de Corte” en Academia.edu [En línea], disponible en: [https://www.academia.edu/32068695/ACEROS PARA PIEZAS Y HERRAMIENTAS DE CORTE GUIA PARA EL CURSO DE TROQUELADO. TOMO I HERNANDO VILLA ESCUDERO](https://www.academia.edu/32068695/ACEROS_PARA_PIEZAS_Y_HERRAMIENTAS_DE_CORTE_GUIA_PARA_EL_CURSO_DE_TROQUELADO_TOMO_I_HERNANDO_VILLA_ESCUDERO) [Consultado el 02/04/2020].

## 4.4. PROGRAMAS DE CÁLCULO

Los programas empleados en el desarrollo de los cálculos y en el diseño del utillaje son los siguientes:

- Diseño 3D y planos: Solid Edge 2020.
- Redacción: Microsoft Office 365.

## 5. REQUISITOS DE DISEÑO

En este capítulo se definen los requisitos que requiere el diseño de la pieza de estudio. En él se incluye la información necesaria para la fabricación de ésta (dimensiones, espesor, tolerancias, etc.).

El presente proyecto se ejecuta en base a la necesidad de satisfacer las necesidades del cliente que lo solicita; tratándose de una empresa dedicada a la matricería, cuyo objetivo es incluir el soporte de montaje como nuevo producto a fabricar.

Se requiere diseñar un utillaje que garantice la producción establecida por el cliente de forma rápida, segura y fiable.

En los siguientes apartados se muestran tanto una descripción general de la pieza como detallada, donde se expone la utilidad de ésta y los requisitos geométricos que la definen al completo; así como el material con el que se va a llevar a cabo su fabricación.

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA

La pieza que se desea fabricar es un **soporte de montaje de motor de engranaje helicoidal**, concretamente, para un motor tipo **GW31ZY** o **GW370**.

Para comprender la utilidad de la pieza de estudio es necesario definir primero el concepto de motorreductor y su funcionamiento.

#### **QUÉ ES UN MOTORREDUCTOR**

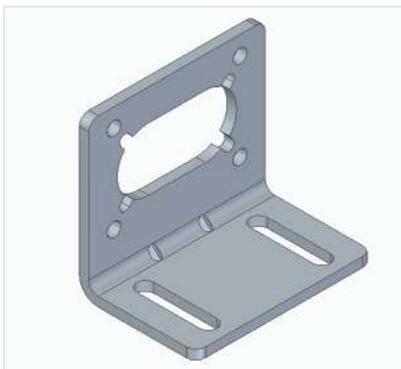
Se trata de un **mecanismo** cuya función es **regular** la **velocidad** de un motor eléctrico. Su objetivo principal es el de reducir la velocidad del motor, además de optimizar su funcionamiento agregando paralelamente potencia y fuerza.

#### **CÓMO FUNCIONA UN MOTORREDUCTOR**

Los reductores se acoplan a la unidad de motor eléctrico debidamente cerrada y refrigerada. Se ajustan de forma directa acoplándose a un guarda motor que limita la intensidad y el relé térmico de sobrecarga.

El **motorreductor**, se **acopla** al motor eléctrico por medio del **sopORTE** de montaje que se desea fabricar en el presente proyecto.

En este caso, la pieza está diseñada para motorreductores de tipo GW31ZY o GW370, los cuales son motores denominados de velocidad sin fin-corona. Este modelo es el más sencillo, lo que lo convierte en el más empleado y comercializado acorde con las tendencias de ingeniería actuales.



*Imagen 3. Soporte de montaje de motor de engranaje helicoidal*

## 6. GEOMETRÍA Y REQUISITOS DE DISEÑO

Las dimensiones y características que debe tener el soporte se indican en el *plano nº1*, perteneciente al *DOCUMENTO 4. PLANOS*.

Los requisitos establecidos por el cliente se resumen en la siguiente tabla:

DIMENSIONES	56mmx50mmx30mm (L*W*H)
ESPEJOR (e)	3 mm
MATERIAL	Aleación de acero
TOLERANCIAS	Según norma UNE 1121-1:1991 o DIN 7168
MOTOR ADAPTATIVO	GW370 / GW31ZY
PRODUCCIÓN	25.000 ud./año

*Tabla 1. Requisitos de diseño*

## 6. MATERIAL DE LA PIEZA

El material que se escoge para la fabricación del soporte es el acero inoxidable austenítico AISI 304, suministrado por la empresa ACERINOX EUROPA S.A.U., una de las empresas más competitivas del mundo en la fabricación de aceros inoxidables y aleaciones de níquel.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

La elección de este acero se debe a que posee buenas propiedades de resistencia a la corrosión y de conformabilidad; haciéndolo idóneo para procesos de troquelado.

La designación de este según las distintas normas es la siguiente:

EURONORMA	ASTM/AISI	UNS
1.4301	304	X5CrNi18-10

**Tabla 2.** Designación material pieza

En función de su composición química, existe una clasificación de distintos aceros AISI 304.

COMPOSICIÓN QUÍMICA											
Tipo	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	Otros
ACX 109	<=0.070	<=0.75	<=2.00	<=0.040	0.020-0.030	18.00-19.00	8.00-9.00	-	-	-	N(ppm)<1100
ACX 120	<=0.070	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.015	17.50-19.00	8.00-10.00	-	-	-	-
ACX 125	<=0.070	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.030	18.00-19.00	8.00-9.00	-	-	-	N(ppm)<1100
ACX 126	<=0.070	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.030	18.00-19.00	8.50-9.50	-	-	-	N(ppm)<700
ACX 140	<=0.050	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.015	17.50-19.00	8.00-10.00	-	-	-	-
ACX 150	<=0.030	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.015	17.50-19.00	8.00-10.00	-	-	-	-
ACX 160	<=0.030	<=0.75	<=2.00	<=0.040	<=0.015	18.00-19.00	8.00-10.00	-	-	-	-

**Imagen 4.** Composición química

Realizando una comparativa de las fichas técnicas que proporciona el fabricante (ACX 120, ACX 140, ACX 150, ACX 160) se llega a la conclusión de que el acero óptimo para el proceso de transformación que requiere la pieza de estudio es el ACX 120.

El ACX 140 es más adecuado para piezas cuya transformación requiere embuticiones profundas, mientras que los ACX 150 y 160 son idóneos para procesos de soldadura.

Dichas fichas técnicas se adjuntan en el ANEXO IV. CATÁLOGOS COMERCIALES, perteneciente al DOCUMENTO III. ANEXOS.

ACERINOX provee el acero en distintos formatos (bobina, discos, chapa, palanquilla...), pero también hace distinción entre el acero laminado en caliente y laminado en frío.

Se procede a continuación a la elección del tipo de laminado del material, para lo que se comparan, a grandes rasgos, el laminado en caliente y el laminado en frío.

### **ACERO LAMINADO EN CALIENTE**

Se trata del acero que ha sido tratado a **temperaturas** por **encima** de la de **recristalización** de este. Es más **fácil trabajar** y dar forma al acero de esta manera, aunque también es **menos** adecuado para aplicaciones que requieren **precisión**.

Las **características** del acero resultante trabajado en caliente suelen ser:

- Superficie rugosa, como resultado del enfriamiento a temperatura ambiente desde temperaturas extremas.
- Bordes y esquinas ligeramente redondeadas, por causa del encogimiento, y menor acabado.
- Distorsiones ligeras de forma.

### **ACERO LAMINADO EN FRÍO**

Éste es un acero laminado en caliente pero que ha pasado por más procesamiento. Una vez laminado en caliente, se enfría y **relamina** a **temperatura ambiente**, para obtener **dimensiones** más **exactas** y **mejores calidades** superficiales.

Las **características** que posee son las siguientes:

- Superficies con buenos acabados y tolerancias.
- Forma bien definida.

El **acero laminado en caliente** se emplea cuando las **tolerancias** dimensionales **no** son tan **importantes** como la fuerza del material, y cuando el acabado superficial no es un aspecto clave. Sus aplicaciones son, principalmente, en **construcción** de edificios metálicos o raíles de vías de tren.

El **acero laminado en frío** se emplea para **aplicaciones** técnicamente más **precisas**; en las cuales el material se va a someter a operaciones de conformado en frío. Debido al procesamiento adicional del mismo, posee un coste más elevado que el acero laminado en caliente.

Por tanto, tras el análisis de las aplicaciones de ambos aceros, se concluye que el **acero ideal** para el proceso de troquelado es el **laminado en frío**.

La ficha técnica completa donde se exponen las condiciones de suministro del material, descripción, composición química, aplicaciones y demás características se adjunta en el **ANEXO IV. CATÁLOGOS COMERCIALES**, perteneciente al **DOCUMENTO 4. ANEXOS**.

Los distintos aceros laminados en frío que ofrece el fabricante ACERINOX se exponen en la siguiente tabla:

TIPOS DE ACERO INOXIDABLE - EQUIVALENCIAS INTERNACIONALES																
Austeníticos																
ACX	060	100	110	120	140	150	160	180	200	240	250	260	280	315	340	350
EN 10088	1.4372	1.4310	1.4310	1.4301	1.4301	1.4307 1.4301	1.4307 1.4301	1.4301	1.4307	1.4401 1.4404	1.4401	1.4432	1.4571	1.4541 1.4878	1.4833	1.4845
AISI	201	301	301	304	304	304L 304	304L 304	304DDQ 302	304L	316L 316	316	316L	316Ti	321	309S	310S

Imagen 5. Catálogo aceros ACERINOX

## 7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

### 7.1. ALTERNATIVAS DE FABRICACIÓN

En este apartado se plantean las distintas alternativas en el proceso de fabricación de la pieza que se desea obtener. Para ello es fundamental considerar los siguientes aspectos: trabajo a realizar, características de la prensa, material a conformar y número de piezas a producir.

El primer aspecto que se va a tener en cuenta en la elección del proceso adecuado es el **trabajo** que se debe **realizar**. En este caso, el material del soporte es acero y requiere ser modificado mediante dos operaciones principales: **corte** y **doblado**.

El objetivo es escoger un método que posibilite llevar a cabo la **totalidad** de las **operaciones** empleando un **único utillaje**. El hecho de que el proceso requiera una operación de doblado conlleva a descartar procesos de conformado de chapa como el corte por plasma, el corte por chorro de agua abrasivo o el corte por láser; ya que éstos sólo son útiles en operaciones de corte.

Por tanto, teniendo en cuenta las operaciones necesarias para la obtención de la pieza final, se concluye que el método de fabricación más adecuado y rentable es la **estampación en frío**, ya que permite realizar operaciones de **corte**, **doblado** y **embutición**.

Es por esto por lo que el proceso elegido para la obtención de la pieza de estudio es la estampación en frío.

## 8. TIPOS DE TROQUELES

Una vez escogido el proceso de fabricación adecuado, el siguiente paso es elegir el **tipo** de **troquel** idóneo para la fabricación de la pieza.

Para ello, se estudian los distintos tipos de troqueles, los cuales se clasifican según distintos criterios.

### ○ CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA FINALIDAD

#### ✚ TROQUEL DE PRUEBAS

Se trata de un utillaje **sencillo** y **provisional** empleado para **simular** un proceso de trabajo real. Se utiliza para ensayar el comportamiento de la chapa y el correcto funcionamiento de los componentes del útil. Es de utilidad principalmente en procesos de doblado y embutición, en los que es necesario conocer el comportamiento del material a trabajar.

#### ✚ TROQUEL DE PROTOTIPOS

Utillaje **provisional** empleado para **lanzar** al **mercado** el producto en el menor tiempo posible, mientras se fabrica la matriz definitiva.

#### ✚ TROQUEL DE PRODUCCIÓN

Se trata del utillaje **definitivo** con el que se lleva a cabo la fabricación de la pieza final.

### ○ CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

#### ✚ TROQUEL DE GUÍA FIJA

Es el tipo de matriz empleada en la producción de **pequeñas** y **medianas** series de piezas cuya geometría es plana. La característica principal de las mismas es que la **placa** que **guía** los **punzones** es **solidaria** a la **parte fija** del utillaje, y el guiado de éste lo llevan a cabo los punzones.

Estos troqueles **no** disponen de **pisador**, por lo que, al no estar inmovilizada la chapa, no se garantiza la posición óptima necesaria para la obtención de un corte preciso. Es por esto por lo que no son útiles en el doblado de chapa.

No es un tipo muy empleado hoy en día, ya que solo se emplea para el corte y en caso de que no se requiera de gran precisión; pero requieren de **poco mantenimiento**, por lo que en función de las necesidades pueden ser **rentables**.

Por supuesto, este tipo de troquel queda descartado para la fabricación de la pieza de estudio, ya que ésta requiere también de la operación de doblado.

### **TROQUEL DE GUÍA FLOTANTE (O CON PISADOR)**

En este tipo de matrices, la **placa guía** se encuentra sujeta a la parte **móvil** del utillaje mediante un **sistema elástico** que permite el pisado de la chapa durante el proceso. La inmovilización de esta conlleva a **mejores** resultados en los **acabados** de la pieza y en su planitud; es decir, ofrece mayor calidad en la pieza final. Además, al guiar los punzones de forma precisa, disminuye el riesgo de rotura de estos.

Estas matrices se emplean tanto en procesos de corte como en procesos de doblado y de embutición.

### **TROQUEL COAXIAL O DE DOBLE EFECTO**

Se caracteriza por su capacidad de **ejecución íntegra** de la pieza en **un solo golpe** de prensa, sobre un único eje de trabajo. Los elementos principales de este tipo de matriz son el punzón y la matriz, los cuales trabajan simultáneamente y ejercen el uno del otro de forma recíproca.

Suelen emplearse en producciones de piezas que requieran de **gran exactitud** de medida entre cortes y que precisen de operaciones de **embutición**.

### **TROQUEL DE CORTE FINO O DE CORTE DE PRECISIÓN**

En este tipo de matrices, el pisador está dotado de un **dentado** anular o resalte que produce un estampado alrededor del perímetro de corte. Esto hace que el material circundante al corte se desplace por expansión contra los elementos de corte. En consecuencia, no se produce desgarr ni rotura en la superficie que determina el espesor de la pieza. De esta forma, la **geometría** de la **pared de corte** se mantiene prácticamente **inalterada** y fiel al contorno de la pieza.

Se emplean cuando se requieren **tolerancias** y **rugosidades mínimas** en la superficie de corte menores a una micra. También se utiliza cuando se desean obtener piezas con avellanados, recalcados, chaflanes, estampados, etc.

## ○ **CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS CICLOS DE PRODUCCIÓN**

### **TROQUEL SIMPLE**

Se realiza una **única operación** en cada **golpe** de prensa; por lo que no es apto para piezas que requieren más de una. Son de **baja productividad** y se emplean en la fabricación de piezas simples como arandelas.

### **TROQUEL COMPUESTO**

Utillaje compuesto por varios punzones, dispuestos unos dentro de otros, con los que se pueden llevar a cabo **varios cortes** en cada **golpe**. Se emplea en la producción de piezas que requieren agujeros interiores y éstos deben estar centrados con gran precisión.

## **TROQUEL PROGRESIVO**

Se trata de un utillaje complejo, con el que se puede transformar la pieza en **varias fases**; es decir, en cada golpe de prensa se pueden realizar varias operaciones sobre la banda, siguiendo una secuencia establecida previamente.

## 9. ELECCIÓN DEL TROQUEL

En este caso, se desea producir un **gran lote** de piezas de manera rápida y económica, por lo que la forma más eficiente de hacerlo es por medio de un **troquel progresivo**.

En este tipo de matrices se parte de un fleje de chapa que avanza por el interior de la matriz, lo que hace que la **producción** sea **progresiva** y **continua**, como su propio nombre indica.

Concretamente, el troquel progresivo más adecuado para la fabricación de la pieza de estudio es el de **guía flotante**, ya que es óptimo para procesos en los que se requieren operaciones de corte y doblado de chapa.

Su construcción es compleja, por lo que su uso se limita a la producción de series medianas y grandes, lo que lo hace idóneo para el objetivo del presente proyecto.

Para obtener una buena rentabilidad es necesario realizar un diseño meticuloso, teniendo en cuenta todos los aspectos que aportan calidad a la pieza y los que pueden dañar la misma.

También se debe tener en cuenta el acabado de los elementos que componen el troquel, con el fin de alargar al máximo su vida útil.

## 10. COMPONENTES DEL TROQUEL PROGRESIVO

Los troqueles constan de una serie de elementos que cumplen con una función específica dentro del conjunto general del trabajo para el que han sido fabricados. Estos elementos deben ser diseñados detalladamente para lograr un funcionamiento correcto del utillaje, una **durabilidad** adecuada, **calidad** en el producto final y, por supuesto, la **rentabilidad** de este.

Para conseguirlo, además de la geometría y dimensión, es fundamental la **elección** del **material** empleado en la fabricación de cada uno de los elementos, así como los **tratamientos térmicos** y **acabados superficiales** que deben tener; sin olvidar el mantenimiento del conjunto a lo largo de su vida útil. Estos factores son fundamentales en el rendimiento del útil.

Los troqueles están compuestos por una serie de elementos que deben diseñarse en función de la geometría de la pieza a obtener, pero también existen **elementos normalizados**, los cuales deben emplearse en la medida de lo posible para reducir el coste del utillaje y aumentar su rentabilidad. El uso de estos últimos simplifica la disponibilidad y almacenaje de las herramientas de trabajo, derivando en un ahorro económico notable.

En este apartado se explican los componentes fundamentales de los troqueles progresivos, presentes en la mayoría de ellos.

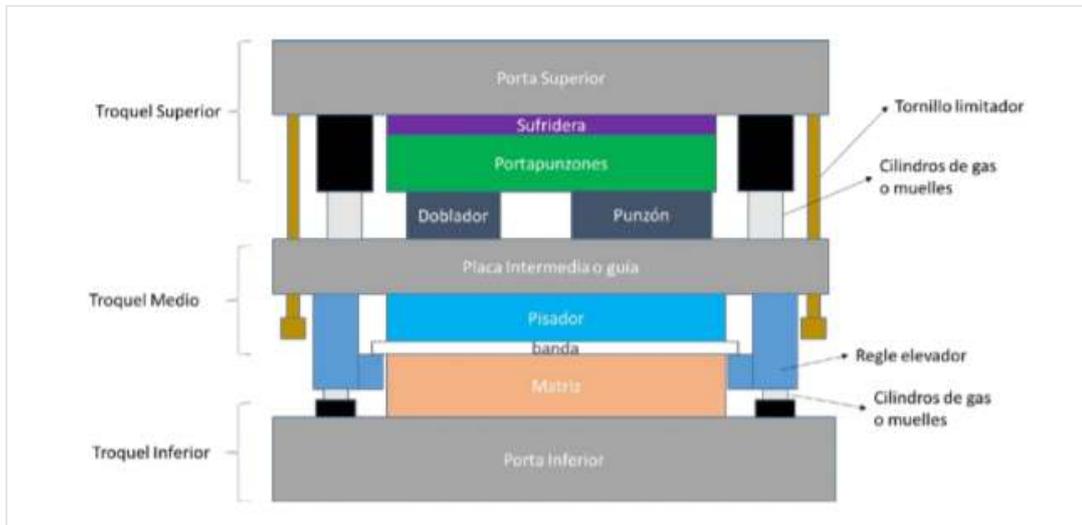


Imagen 6. Componentes principales troquel progresivo

## 10.1. COMPONENTES DE DISEÑO

### 10.1.1. PLACA BASE INFERIOR (PARTE FIJA)

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Es el elemento que **soporta** el **utillaje** y sirve de **superficie de apoyo** de este, ya que se encuentra sujeto a la bancada de la prensa durante la fase de trabajo. Además, es el componente que absorbe los esfuerzos producidos durante el proceso de transformación de la chapa. Se emplea como sujeción de los elementos fijos de la matriz (por medio de tornillos y pasadores) y es útil en la evacuación de las piezas una vez realizado el corte.

#### DIMENSIONES

Las dimensiones de la placa porta matrices deben adecuarse a las **medidas** de la **matriz**, teniendo en cuenta que debe ser más grande que ésta última para montar las columnas guía en la misma.

El **espesor** de esta pieza oscila entre 30 y 60 mm; siendo el intervalo entre 20 y 50 mm en caso de que la placa base no lleve alojadas las columnas guía.

La base inferior de los troqueles que no requieren grandes esfuerzos ni elevada precisión suele ser de dos columnas; mientras que en los troqueles de producción de grandes series o que trabajan en una franja de tolerancias muy estrecha, suele ser de cuatro columnas.

Para la elección óptima del espesor se recomienda el uso de las tablas de medidas que comercializan los fabricantes de elementos normalizados, cuyos valores tienen en cuenta los esfuerzos de corte y, además, la rigidez de la placa según sus propias dimensiones.

### **MATERIAL**

El material empleado en estos componentes suele ser **acero suave** o **semiduro** de construcción, aunque para troqueles de gran tamaño se suelen emplear **fundiciones**, ya que son más baratas y prácticas.

Generalmente, se emplean los siguientes materiales en función del tamaño:

- Tamaño pequeño: 1.1141 (F11) o 1.1730 (F114)
- Tamaño medio: 1.1158 (F112) o 1.1730 (F114)
- Tamaño grande: fundición.

### **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Suele aplicarse el tratamiento térmico de **temple convencional** hasta alcanza una dureza de 55-58 RockwellC (HRc).

### **MECANIZADO**

Para la fabricación de este elemento generalmente se parte de una **placa normalizada**, la cual suele ser de dimensiones algo superiores a las reales. Primero, se mecaniza hasta dejarlo a las medidas indicadas en el plano y, posteriormente se **mecanizan** la **cajera** donde se aloja la matriz, los **orificios** de salida de los retales y los **agujeros** roscados y mandrinados necesarios para los elementos de fijación.

### **ACABADO Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Generalmente en este elemento no se requieren grandes acabados superficiales, ya que su misión es resistir los impactos a lo largo del proceso. Para garantizar cierta planitud y un contacto correcto con el resto de las superficies se suelen rectificar las caras de trabajo.

Los valores de tolerancia superficial que se establecen normalmente son:

- **Planitud** de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.
- **Perpendicularidad** de 0,015 mm entre las columnas y la base.

## 10.1.2. PLACA BASE SUPERIOR (PARTE MÓVIL)

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Este elemento **transfiere** el **movimiento** de la prensa a los punzones. Se encarga de la **sujeción** (por medio de tornillos y pasadores) de los elementos de la **parte móvil** del utillaje, como pueden ser la placa sufridera, placa porta punzones, punzones y casquillos guía.

Este componente lleva un agujero roscado en la parte superior, donde se aloja el vástago que sirve de unión con la prensa. Dicho agujero, se sitúa en el centro de gravedad de todas las fuerzas que se producen sobre el útil a lo largo del proceso.

### DIMENSIONES

Las dimensiones del porta punzones suelen ser **idénticas** a las del **porta matrices** y, de igual manera, se recomienda el uso de las tablas de medidas normalizadas del fabricante.

### MATERIAL

El material empleado generalmente, es el mismo que se emplea para la base inferior.

### TRATAMIENTOS TÉRMICOS

También se aplica, al igual que a la placa base inferior, el tratamiento térmico de **temple convencional** hasta alcanza una dureza de 55-58 RockwellC (HRc).

### MECANIZADO

El mecanizado de la base superior se suele realizar partiendo de material en bruto (fundición o acero) con un excedente de 5 mm aproximadamente en todas sus caras. Primero se **mecaniza** hasta obtener las **dimensiones establecidas** y posteriormente, al igual que en la placa base inferior, se mecanizan los **orificios** necesarios para la fijación de los elementos que se unen a ésta.

### ACABADO Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES

Éstos suelen ser los mismos que los que se establecen para la base inferior.

## 10.1.3. PLACA INTERMEDIA O GUÍA

En ocasiones, los bloques porta matrices (base inferior + base superior) constan de una tercera placa denominada placa guía que se encarga de **alojar** el **pisador**. Se encuentra separada de la placa base superior por medio de tornillos tope donde se alojan muelles, formando así el **sistema elástico** del utillaje. Los tornillos no están fijos, pudiendo desplazarse una distancia igual a la diferencia de longitudes entre el punzón más largo y el más corto. De esta forma permite que la base superior siga su recorrido una vez que la placa pisadora hace contacto con el fleje.

### **DIMENSIONES**

Suele diseñarse con las **mismas dimensiones** que las **placas base** superior e inferior.

### **MATERIAL**

Al igual que las dimensiones, el material que se emplea en su fabricación es el **mismo** que el de las **placas base**.

### **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Una vez más, al igual que en las placas base, se aplica un tratamiento de **temple** hasta la obtención de una dureza 55-58 HRC.

### **MECANIZADO**

Partiendo del material en bruto se **mecanizan** sus **dimensiones** exteriores y posteriormente los **orificios** pertinentes.

### **ACABADO Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Se establecen los **mismos** acabados superficiales y tolerancias que en las **bases** superior e inferior.

## **10.1.4. VÁSTAGO**

### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Se trata del **elemento** de **unión** entre el **troquel** y la **prensa**. Éste fija la parte móvil del utillaje al cabezal de la prensa.

En troqueles de tamaño reducido es posible que el vástago no sea un componente individual como tal, sino que sea parte integral de la placa porta punzones; cuyo objetivo sea impulsar y centrar la matriz.

Sin embargo, en los utillajes de gran tamaño, este elemento es desmontable; y, además de ajustarse a la base superior mediante un sistema roscado, se asegura con el uso de una chaveta o con soldadura, evitando el giro de este. En este caso, su función es de centrador, ya que la matriz se fija por medio de bridas a la parte inferior del troquel, debido al considerable peso de la parte móvil del utillaje.

### **DIMENSIONES**

Generalmente tiene forma cilíndrica lisa, cónica o con muescas, tal y como se aprecia en la siguiente figura:

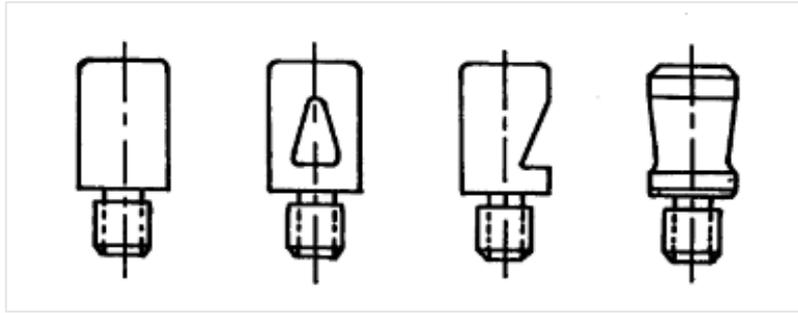


Imagen 7. Vástago de sujeción

### POSICIONAMIENTO

La posición de este elemento debe **equidistar** a las **columnas guía** y coincidir con el **centro** de **gravidad** del utillaje; garantizando así la correcta alineación con el eje geométrico de la prensa.

### MATERIAL

Suelen emplearse **aceros al carbono** 1020 o 1045, ya que al ser un elemento que trabaja a tracción durante la carrera ascendente, es necesario que posea buenas propiedades de **tenacidad** y **resistencia**.

### TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Además de la tenacidad y resistencia del propio material empleado, se recomienda realizarle un tratamiento de **bonificado** con el fin de aumentar su duración.

## 10.1.5. PLACA MATRIZ

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Es uno de los elementos que **participan directamente** en la **operación principal**, ya sea de corte, de doblado o de embutición. Esta pieza presenta **cavidades** con la **geometría** de la **pieza** a obtener, a través de las cuales penetra el punzón. El **contorno** de la zona donde se lleva a cabo la operación debe estar **tallado** con gran **exactitud**, en caso de que la matriz sea de corte, para que la pieza obtenida tenga una calidad óptima.

El montaje de esta se lleva a cabo sobre una cajera mecanizada en la placa base inferior, cuyas dimensiones encajan con las de la placa matriz. Con el fin de evitar los posibles desplazamientos, se suelen fijar ambos elementos mediante pasadores y tornillos.

### TIPOS

La matriz puede ser de diversos tipos en función de las necesidades que se requieran.

- **Matriz con casquillos de corte**

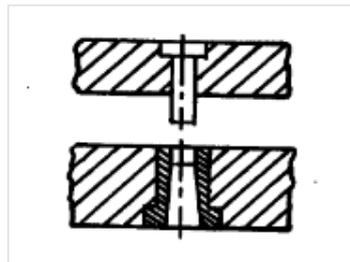
Se trata de una matriz en la cual no se mecanizan directamente los agujeros de corte; sino que se realizan **orificios mayores** donde se **introducen** los llamados **casquillos de corte**.

Se suele emplear cuando las dimensiones del utillaje son considerables y la construcción de la matriz como pieza única supone un coste elevado.

Estos casquillos se fabrican de **metales duros** o **aceros especiales** para garantizar la calidad de la pieza final; lo que supone que la matriz puede fabricarse de aceros al carbono de menor dureza.

Esto disminuye los costes de material además de facilitar el mecanizado y montaje de los elementos.

Por si fuera poco, **disminuye** notablemente los **costes** en cuanto a recambio de piezas; ya que sólo es necesario llevar a cabo el recambio de los casquillos una vez se desgastan, frente al recambio de la pieza completa.

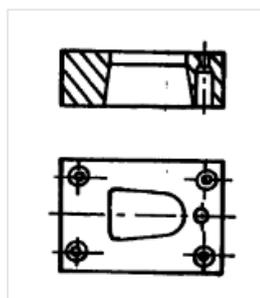


*Imagen 8. Matriz con casquillos de corte*

La región de corte se diseña con un ensanchamiento que permite la caída del retal.

- **Matriz enteriza**

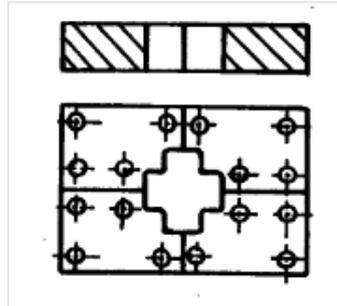
Como su propio nombre indica se construye de una sola placa. Se emplea cuando la **geometría** de la pieza es **sencilla** y de dimensiones reducidas; ya que no presenta dificultad en el proceso de mecanizado y tratamiento térmico.



*Imagen 9. Matriz enteriza*

- **Matriz dividida**

Está compuesta por **varias piezas divididas** que, ensambladas forman el contorno de la pieza a obtener. Se utiliza cuando la **geometría** de la pieza final es **complicada** y, por tanto, realizar el mecanizado interior presenta dificultades.

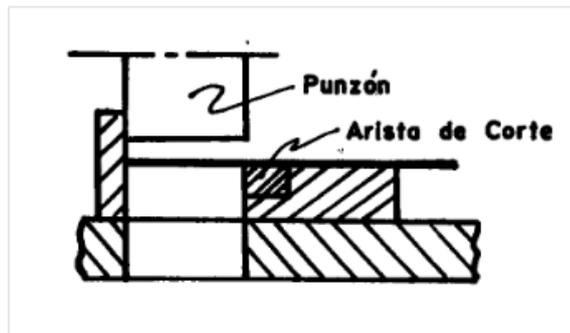


*Imagen 10. Matriz dividida*

- **Matriz con aristas de corte**

Se emplea cuando la prensa no posee la capacidad suficiente necesaria para llevar a cabo la operación de corte de forma correcta. Esta situación suele darse cuando la **chapa** a conformar es de **gran grosor** o **dureza**.

Las aristas de la matriz se mecanizan con un determinado ángulo de inclinación; el cual reduce hasta un 64 % el valor de la fuerza requerida para el corte.



*Imagen 11. Matriz con aristas de corte*

## **DIMENSIONES**

Un aspecto importante a la hora de dimensionar la placa matriz, independientemente del tipo que sea, es el espesor mínimo que debe tener para que no se produzca la rotura de esta durante el proceso de mecanizado.

Existe una serie de cálculos que estiman dicho espesor en función de la fuerza de corte; aunque, en la práctica, los espesores más empleados en matrices de tamaño medio oscilan entre 15 y 40 mm.

La geometría de la matriz depende directamente de la geometría de la pieza a obtener, ya que es el elemento que da forma a la misma, junto con el punzón. Por tanto, el diseño de esta es independiente en cada troquel.

No obstante, existen ciertos parámetros que deben tener todas las matrices, como por ejemplo el perímetro de corte (orificio donde penetra el punzón en el proceso de corte). Éste es pasante y posee cierta conicidad o ángulo de salida una vez transcurrida la llamada "**vida de la matriz**".

La vida de la matriz es la **zona útil** de **corte**, mientras que la zona cónica del agujero tiene como función facilitar la salida del retal una vez concluida la operación.

Las paredes verticales que componen el perímetro de corte de la vida de la matriz suelen tener entre 4 y 8 mm de profundidad.

Existen distintas formas de mecanizado de la vida de la matriz y del ángulo de salida; en función de las características del material de la chapa, de su espesor y de la cantidad de piezas a producir.

Para materiales de espesor y coeficiente de cizalladura medios se recomienda un ángulo de salida de 1º de inclinación.

Cuando el coeficiente de cizalladura del material es elevado, conviene mecanizar la vida de la matriz con una inclinación de 0,5º, facilitando así la expansión del material durante el proceso de corte. En estos casos, se puede adoptar un ángulo de salida de 1º de inclinación.

Por último, si el material posee un coeficiente de cizalladura bajo y, además, tiene un espesor considerable, suelen adoptarse valores de ángulo de salida de entre 2º y 3º de inclinación.

### **MATERIAL**

Por norma general, aunque depende de otros factores, suelen emplearse los siguientes materiales en función del tamaño de la matriz:

- Tamaño pequeño: 1.2379 (F521)
- Tamaño medio: 1.1730 (F114)
- Tamaño grande: 1.1158 (F112)

En caso de que la matriz sea **exclusivamente de corte** los materiales más apropiados, en función de la producción, son los siguientes:

- Producción baja: 1.2842 (F522)
- Producción media: 1.2379 (F521)
- Producción alta: 1.3344 (F5605)

### TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Normalmente, el material de las matrices se somete a un tratamiento térmico de **temple** y posterior **revenido** (**bonificado**), hasta obtener una dureza de  $60 \pm 1$  HRc. En caso de que las figuras de corte de la placa matriz se hayan obtenido por medio de **electroerosión** con el material templado y revenido, se deberá finalizar con **un electroerosionado fino**; y además, para la obtención de un rendimiento óptimo de la superficie, se debe **pulir** o **rectificar** el utillaje y **revenirlo** a una temperatura de aproximadamente 25º por debajo de la temperatura de revenido inicial.

### MECANIZADO

El mecanizado de la matriz se lleva a cabo partiendo de una placa del material en bruto con un excedente de aproximadamente 5 mm en todas sus caras. Primero se mecaniza el **material sobrante** hasta obtener las medidas nominales de la pieza; y posteriormente, se lleva a cabo el **taladrado** de agujeros y **mandrinado** de estos.

### ACABADOS SUPERFICIALES

Los valores de tolerancia superficial que se establecen normalmente son los mismos que para las placas base superior e inferior:

- **Planitud** de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.
- **Perpendicularidad** de 0,015 mm entre las columnas y la base.

#### 10.1.6. PLACA PISADORA

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Elemento que, durante el descenso de la parte móvil del troquel, **presiona** la **banda** de chapa **inmovilizándola** antes de que los punzones penetren en la matriz. Esto permite que la operación se lleve a cabo de forma correcta y se **disminuya** el **riesgo** de obtención de **piezas defectuosas**. Además, evitan que los punzones arrastren hacia arriba la chapa en el retorno a su posición inicial.

Las cabezas de los tornillos que sujetan la parte fija del utillaje se encuentran alojados en esta placa.

El sistema elástico de la parte móvil del utillaje se encarga de regular la acción de la placa pisadora. Cuando la parte móvil del utillaje desciende, el pisador contacta con la banda de chapa y la mantiene sujeta durante el proceso de corte. En el momento en el que la parte móvil inicia el ascenso, la placa pisadora deja de ejercer presión sobre la chapa.

### **DIMENSIONES**

En cuanto a la geometría exterior, ésta es la misma que la de la placa matriz; excepto en matrices compuestas de una placa intermedia. En ese último caso, el pisador tiene las mismas dimensiones que la placa base.

El **espesor** de la placa pisadora depende de la **longitud** de los **punzones**, de las dimensiones del útil y del espesor de la banda de chapa. Generalmente, se puede estimar en un 30% de la longitud de los punzones.

En caso de que la matriz tenga placa intermedia, el espesor obtenido será la suma de los espesores del pisador y la placa intermedia.

### **MATERIAL**

En matrices de guía flotante, el material empleado para la placa pisadora es, por lo general, **acero indeformable al temple**.

Los más aconsejables en función del tamaño son los siguientes:

- Tamaño pequeño: 1.1730 (F114) o 1.2842 (F522)
- Tamaño medio: 1.1730 (F114) o 1.1158 (F112)
- Tamaño grande: 1.1158 (F112) o fundición.

### **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Se aplica un tratamiento térmico de temple y posterior revenido (bonificación) hasta la obtención de una dureza de aproximadamente  $60 \pm 1$  HRc.

### **MECANIZADO**

Partiendo de la placa del material en bruto con un excedente de 5 mm en todas sus caras, primero, se **elimina** el **material sobrante** hasta obtener las medidas nominales. A continuación, se lleva a cabo la limpieza y **escuadrado** de las caras y, posteriormente, el punteado y **taladrado** de los orificios (alojamiento para punzones, columnas guía...). Por último, se lleva a cabo el **mandrinado** y **roscado** de los agujeros.

### **ACABADOS Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Las placas pisadoras deben cumplir los siguientes parámetros:

- **Paralelismo** entre caras de valor  $\leq 0,005$  mm.
- **Planitud** de 0,005 mm por cada 100 mm en la cara de pisado, como máximo.
- **Perpendicularidad** de 0,005 mm como máximo entre la cara de pisado y los punzones.

### 10.1.7. PLACA SUFRIDERA

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La función de este elemento es la **absorción** de los continuos **golpes** de los punzones, evitando el recalado o clavado de los mismos en la base superior.

#### DIMENSIONES

Por lo general, suelen emplearse sufrideras de espesores comprendidos entre 8 y 16 mm. El espesor escogido dependerá del tamaño de la placa y de su resistencia a la deformación.

#### MATERIAL

El material empleado debe ser **tenaz** y **duro**, ya que su función consiste en resistir impactos.

Generalmente se emplean los siguientes materiales en función del tamaño de la placa:

- Tamaño pequeño: 1.2842 (F522)
- Tamaño medio: 1.2550 (F524)
- Tamaño grande: 1.1730 (F114)

#### TRATAMIENTOS TÉRMICOS

En caso de escoger el acero 1.2842 (F522) o el 1.2550 (F524), el tratamiento térmico que se aplica es **templado** y **revenido** hasta la obtención de una dureza entre 56 y 58 HRc.

Si, por el contrario, se escoge el acero 1.1730 (F114) el tratamiento térmico a aplicar es el **bonificado**.

En este último caso, es aconsejable aplicar el tratamiento térmico antes del mecanizado de la placa, evitando así las posibles deformaciones posteriores del temple y, en consecuencia, un rectificado posterior.

#### MECANIZADO

Al igual que el resto de las placas que componen el troquel, el mecanizado de la placa sufridera se lleva a cabo de la siguiente forma:

Primero se realiza la limpieza y **escuadrado** de caras, hasta la obtención de las dimensiones nominales. Posteriormente, se lleva a cabo el **taladrado** de los orificios y el mecanizado de las formas necesarias para el proceso. Y, por último, se aplica el tratamiento térmico y se rectifican las caras de la placa.

### **ACABADOS Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Las características de acabado que debe cumplir la placa sufridera son las siguientes:

- **Paralelismo** entre caras de 0,005 mm como máximo.
- **Planitud** menor o igual a 0,005 mm por 100 mm en las caras de apoyo.

### **10.1.8. PUNZONES**

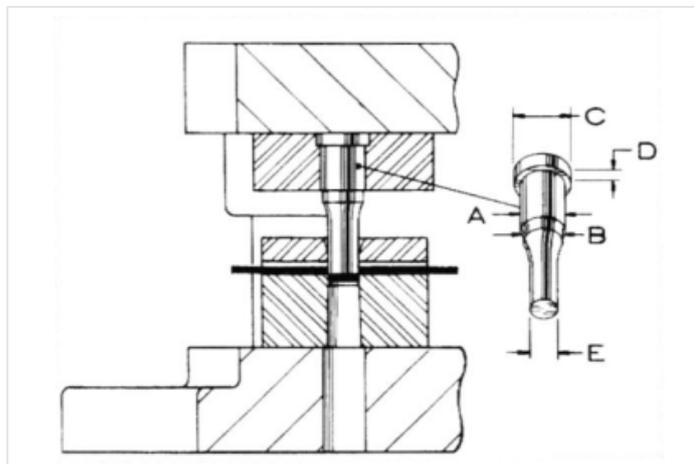
#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Se trata de uno de los **elementos fundamentales** del utillaje junto con la matriz. Es el que, penetrando sobre la matriz, **realiza** directamente la **transformación** de la banda de chapa, ya sea de corte, doblado, embutición o estampación de esta.

Los punzones de perforado disponen de las siguientes partes por lo general:

- **Cabeza:** empleada en la fijación y posicionamiento de este, garantizando su estabilidad.
- **Cuerpo:** encargado de transmitir la fuerza.
- **Cara:** zona cortante en contacto directo con el material de la chapa.

De manera simplificada los punzones tienen la siguiente forma; aunque cada uno debe diseñarse en función de las dimensiones y geometría de la pieza a obtener:



*Imagen 12. Punzón de corte*

Los punzones deben estar diseñados, o escogidos (en caso de ser normalizados), acorde a los esfuerzos a los que serán sometidos; y, deben poder asegurar una buena sujeción y posicionamiento en la placa porta punzones. Además, deben estar contruidos de **buenos materiales** y ser sometidos a **tratamientos térmicos** adecuados y **buenos acabados superficiales**; ya que son uno de los elementos fundamentales en el proceso de transformación de la chapa, y deben asegurar la calidad final de la misma.

## **DIMENSIONES**

En la medida de lo posible, deben escogerse punzones **normalizados**, los cuales están dimensionados para realizar agujeros de un tamaño concreto. En caso de que se requiera el diseño del punzón, ya sea porque la geometría del agujero no es normalizada o por cualquier otro motivo, se debe tener en cuenta la **longitud** que debe tener el mismo; la cual estará condicionada por las dimensiones del utillaje y el recorrido de la prensa. Además, deben tenerse en cuenta las tolerancias de corte que se deben aplicar, y si se aplican al punzón o al orificio de la matriz.

## **MATERIAL**

Éstos deben ser **precisos, resistentes** al desgaste y tener **buenos acabados superficiales**, así como estar **bien sujetos y posicionados** en la matriz. Suele utilizarse acero DIN 1.2379 o acero rápido HSS.

## **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Se recomienda tratar el material de los punzones por medio de temple y revenido (bonificado), hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.

### **10.1.9. PLACA PORTA PUNZONES**

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Como su propio nombre indica, este componente **aloja** los **punzones** en su interior, de forma que éstos se mueven solidarios al mismo.

El motivo principal del uso de este elemento es dotar de estabilidad a los punzones, además de facilitar las tareas de construcción y mantenimiento del utillaje.

La unión de los punzones con la placa porta punzones se puede llevar a cabo de dos maneras:

- Por medio de un **ajuste fijo**, introduciendo los punzones en el orificio a golpe de maza.
- Por medio de un **ajuste deslizante** o, incluso con una ligera holgura, evitando posibles agarrotamientos debidos a una mala alineación de los agujeros.
- En caso de punzones de gran tamaño, por medio de **tornillos** sujetos a la base superior.

## **DIMENSIONES**

La geometría de la placa porta punzones depende de la cantidad y tamaño de los punzones que deben alojarse en la misma. Las dimensiones exteriores tienden a ser las **mismas** que las de la **placa matriz** y de la **placa pisadora** o **placa intermedia** en caso de haberla.

Generalmente, el espesor de esta placa suele ser de alrededor de un 25% de la longitud de los punzones; aunque suele aumentarse ligeramente el valor obtenido, dejando así un margen de seguridad en el pisado de la banda.

## **MATERIAL**

Como normal general, puede emplearse **acero suave al carbono**; aunque si los punzones se ajustan por apriete se aconseja el uso de acero de mayor resistencia y tenacidad, como el acero semiduro.

En función del tamaño se pueden construir a partir de los siguientes materiales:

- Tamaño pequeño: 1.1730 (F114) o 1.2842 (F522)
- Tamaño mediano: 1.1158 (F112)
- Tamaño grande: 1.1141 (F1511)

## **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

La placa porta punzones **no** se somete a tratamientos térmicos ya que en ningún caso debe soportar desgaste por rozamiento o fatiga. De todas formas, los vaciados donde se alojan los punzones deben realizarse con gran exactitud.

## **MECANIZADO**

Al igual que en el resto de las placas que componen el troquel, se parte del material en bruto con un excedente de 5 mm aproximadamente en todas sus caras. Primero se lleva a cabo el **escuadrado** y limpieza de las caras, hasta obtener las medidas requeridas; y, posteriormente el punteado y **taladrado** de los agujeros pertinentes. Por último, se lleva a cabo el **mandrinado** y **roscado** de los agujeros y el rectificado de las caras.

## **ACABADOS Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Las placas porta punzones deben cumplir los siguientes parámetros:

- **Planitud** de un máximo de 0,005 mm por cada 100 mm en las caras de apoyo.
- **Paralelismo** de 0,005 mm como máximo entre caras.
- **Perpendicularidad** de 0,005 mm como máximo entre los punzones y la superficie de apoyo.

### **10.1.10. GUÍAS DE BANDA**

#### **CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES**

Se trata de dos reglas prismáticas de espesor ligeramente superior al de la chapa a transformar. Se posicionan enclavijadas en la matriz, paralelas entre sí, para guiar la banda longitudinal y transversalmente durante el desplazamiento de esta en el proceso.

En las matrices con pisador, el perfil de las guías de banda debe adoptar la forma adecuada, de tal forma que, al separarse la parte móvil del utillaje de la fija tras el corte, la banda no quede adherida al pisador. Una opción para que esto no ocurra es disponer a las guías de

**pestañas** de **retención**; aunque debe tenerse especial cuidado en el diseño, para que éstas no intervengan en la zona de trabajo de la placa de pisado.

### **DIMENSIONES**

Las dimensiones de las guías de banda dependen directamente de la **anchura** y **longitud** de la placa **matriz**, debiéndose ajustar a la misma teniendo en cuenta la anchura de la banda que deben guiar.

El espesor de las reglas guía suele ser de aproximadamente 3 veces el espesor de la banda; siempre y cuando este valor supere el valor mínimo de 3 mm.

### **MATERIAL**

Los materiales que mejor se ajustan en función del tamaño de las reglas son los siguientes:

- Tamaño pequeño: 1.1730 (F114)
- Tamaño grande: 1.2842 (F522)

### **TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Si se trata de un acero F114 suele aplicarse un tratamiento térmico de **nitrurado**, **templado** y **revenido** hasta obtener una dureza de entre 48 y 50 HRc.

En caso de emplear el acero F522, se le aplica un **templado** y **revenido** hasta la obtención de una dureza de 54-56 HRc.

### **MECANIZADO**

Como en la mayoría de los elementos del troquel, el mecanizado se lleva a cabo partiendo del material en bruto con un excedente de aproximadamente 5 mm en todas sus caras. Dicho excedente sirve para la limpieza y escuadrado en máquina herramienta.

Primero se lleva a cabo el **corte** de material, la **limpieza** de impurezas y el **escuadrado** de las caras. Posteriormente, el **mecanizado** de los agujeros, los **rebajes** y el **rectificado**.

### **ACABADOS Y TOLERANCIAS SUPERFICIALES**

Las reglas de banda deben cumplir la siguiente condición:

- **Planitud** de las superficies de apoyo  $\leq 0,20$  mm por cada 100 mm de longitud.

## 10.2. ELEMENTOS NORMALIZADOS

Los elementos normalizados que componen un troquel se pueden agrupar en tres grandes grupos, en función de su utilidad: elementos **guía** (casquillos, columnas guía), elementos **elásticos** (resortes, elastómeros, cilindros de gas) y elementos de **fijación** (tornillos, pasadores).

A continuación, se describen los elementos normalizados más comunes en matricería.

### 10.2.1. COLUMNAS GUÍA

Son componentes del sistema de **guiado** y **alineado** del utillaje. Su **geometría** es **cilíndrica** y su función es asegurar la alineación correcta de la parte móvil respecto de la parte fija del útil, garantizando una total concentricidad entre ambas.

Se enclavan en la base inferior y pueden llevar a cabo su misión de dos formas; mediante **rozamiento**, debiendo estar las zonas de contacto bien **lubricadas**, o por medio de **rodamientos**. Esta última es la forma idónea ya que facilita el desplazamiento con un desgaste por rozamiento mínimo y requiere menor lubricación y mantenimiento que la anterior.

Generalmente, las matrices que no requieren grandes esfuerzos se diseñan con dos columnas guía; mientras que las que poseen una franja de tolerancias más estrecha se montan sobre porta matrices de cuatro columnas.

### 10.2.2. CASQUILLOS GUÍA

También forman parte del sistema de **guiado** y **alineación** del utillaje. Contribuyen en la **reducción** del **coste** de **mantenimiento** del utillaje, ya que es más económico reponer un casquillo en el momento en el que sufre excesivo desgaste que la pieza entera que protege.

### 10.2.3. RESORTES

Suelen ser de tipo helicoidal y son elementos indispensables en el **sistema elástico** para el pisado de chapa. También forman parte del sistema de **extracción** de esta.

### 10.2.4. TOPES GUÍA

Se trata de tornillos cuya función es **guiar** los **elementos elásticos** de los troqueles con pisador, evitando que éstos se tuerzan en el proceso de flexión de estos.

A su vez, son responsables de mantener unida la parte móvil del utillaje.

### 10.2.5. PASADORES

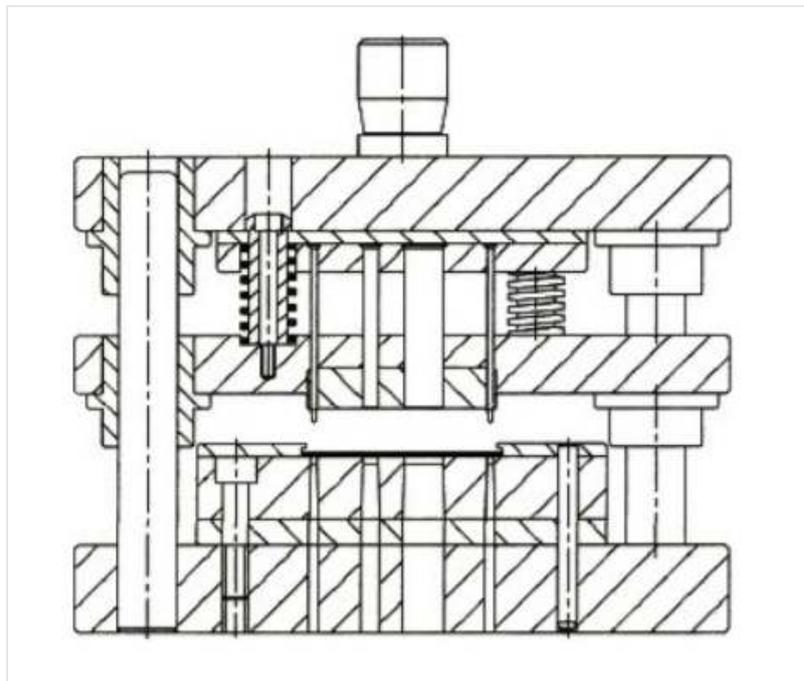
Componentes de geometría cilíndrica encargados de **posicionar** las placas del utillaje entre sí, o cualquier otro elemento que requiera una posición precisa respecto del conjunto.

### 10.2.6. TORNILLOS

Son elementos de **fijación** empleados para mantener unidos los elementos de la matriz que lo requieran. Los más utilizados son los tornillos de cabeza **Allen**.

Cabe mencionar que para un anclaje correcto de los elementos del utillaje es necesario combinar el uso de pasadores y de tornillos, encargándose los primeros de posicionar y los últimos de sujetar.

## 11. FUNCIONAMIENTO



*Imagen 13. Esquema troquel progresivo*

En su posición inicial, la parte móvil del utillaje se encuentra separada de la parte fija. Al comenzar el proceso, el bloque móvil inicia su carrera de descenso guiada mediante el sistema de guías del conjunto. En un momento dado, la carga aplicada supera la carga nominal de los resortes que forman parte del sistema elástico del pisador. En ese instante, la placa pisadora comienza su descenso hasta alcanzar la banda de chapa. A continuación, el bloque continúa descendiendo, hasta que los punzones alcanzan el plano de corte del fleje y seccionan las fibras del material, mientras que el pisador ejerce presión e inmoviliza la banda.

En el momento en el que la prensa alcanza su punto muerto inferior, la zona de corte de los punzones se encuentra alojada en la matriz, habiendo recortado el material.

A continuación, el cabezal de la prensa vuelve a su posición inicial, cesando la presión sobre la parte móvil del utillaje y, por tanto, volviendo ésta a su posición de reposo y dando por finalizado el ciclo de trabajo.

## 12. PRENSA

A pesar de ser la matriz el principal componente en el proceso de la matricería es importante saber que no se trata de un elemento mecánico autónomo. Para que ésta lleve a cabo su cometido, es necesario que una prensa imprima un **movimiento vertical** sobre la misma.

La prensa es una máquina herramienta diseñada para **transferir** grandes cantidades de **energía** de forma controlada.

En este caso, transfiere un esfuerzo vertical alternativo a la matriz, gracias al cual la parte móvil de ésta se desliza hacia abajo y corta o deforma la chapa en función de la geometría establecida. Una vez realizada la operación la prensa vuelve a su posición inicial arrastrando consigo la matriz.

La repetición de este ciclo determina la cadencia de trabajo del proceso; factor influyente en la capacidad de este. Es por esto por lo que es importante la elección de la prensa a la hora de optimizar el proceso.

Atendiendo a la forma de transferencia de energía, las prensas pueden ser mecánicas o hidráulicas.

### PRENSAS MECÁNICAS

Constan de un motor eléctrico que hace girar un **volante de inercia**, el cual es responsable de la **acumulación de energía**. Esta energía se **transfiere** al carro de la prensa (parte móvil) por medio de un **embrague** o acoplamiento.

### PRENSAS HIDRÁULICAS

Se basan en la **ley de Pascal** que dice que la presión ejercida sobre un fluido incompresible y en equilibrio dentro de un recipiente de paredes indeformables se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido.

En resumen, se trata de un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsados por pistones de diferentes áreas que, mediante la aplicación de una determinada fuerza sobre el pistón de menor área, es posible obtener una fuerza mayor en el pistón de mayor área.

A pesar de que ambos tipos son útiles en procesos de troquelado, existen algunas diferencias clave entre las prensas mecánicas e hidráulicas.

Por un lado, la **velocidad** de funcionamiento de las prensas **mecánicas** es **superior** a la de las prensas hidráulicas; lo que permite una mayor producción y eficiencia.

Las prensas **hidráulicas** tienen **mayor capacidad** de **conformado** y estirado, ya que poseen una ventana más ancha dentro del recorrido de la carrera. Esto se debe a que el aire

comprimido requiere menos movimiento para ejercer su máxima fuerza en comparación con un motor giratorio o un volante de inercia.

Es por esto por lo que las prensas **mecánicas** suelen emplearse para **producciones en masa** de productos, mientras que las **hidráulicas** en **producciones** de piezas de **embutición** más **lenta y profunda**.

Por este motivo, se concluye que la prensa de tipo mecánico es idónea para la fabricación de la pieza de estudio.

### 13. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Uno de los aspectos fundamentales a la hora de diseñar un troquel progresivo es la **rapidez** en el **conformado** de la chapa; debido a que es un factor directamente relacionado con la **rentabilidad** del proceso.

Para que el proceso sea óptimo es necesario que la banda de **chapa avance** de **forma continua** a través de la matriz.

Actualmente, existen diferentes tipos de mecanismos que permiten el suministro, orientación y posicionamiento de la materia prima (banda de chapa), para facilitar y posibilitar su posterior manipulación en la matriz. Su función principal es alimentar la tira de lámina proporcionando el avance requerido por el proceso.

En este apartado se exponen los tipos de sistemas de alimentación que se pueden emplear y sus características; así como la justificación de cuál de ellos se adapta mejor a las condiciones del proceso de este proyecto.

#### **AVANCE MANUAL**

En este tipo de sistema el **operario** es el encargado de avanzar la lámina a través de la matriz cada vez que se lleva a cabo un ciclo de trabajo.

Es por esto por lo que se necesitan una serie de **topes** que sirvan de guía al operario; aprovechando así al máximo la banda de chapa.

Al igual que el resto de los procesos manuales, el **ritmo de producción** es muy **limitado**, ya que la velocidad del operario compromete la velocidad global del proceso.

Además de la escasa capacidad productiva, este sistema supone **riesgos** de **seguridad** para el operario ya que éste tiene acceso directo a la matriz durante el ciclo de trabajo.

Los sistemas de avance manual suelen emplearse únicamente cuando se requieren **lotes** de **producción muy pequeños**.

### **AVANCE SEMIAUTOMÁTICO**

Se trata de un sistema en el que la banda de **chapa avanza** de **forma continua** a través de la matriz por la acción de un dispositivo denominado **alimentador**.

La chapa que se va a conformar se alimenta en forma de placa de igual anchura de banda de la matriz. El inconveniente es la **necesidad** de **recambiar** las **placas** cuando éstas llegan a su fin; lo que paraliza la producción.

Por este motivo, no se aconseja este tipo de sistema para lotes de producción muy elevados, de proceso continuo o procesos en los que la operación de troquelado es tan solo una etapa en el proceso de producción del producto final; ya que las paradas necesarias para la reposición de la banda suponen un parón en la cadena de producción.

Es cierto que es más rápido, automatizable y seguro que el sistema de avance manual; aunque requiere de una **inversión inicial**, por lo que suele emplearse en la fabricación de lotes de producción medios siempre y cuando no formen parte de una cadena de fabricación.

### **AVANCE AUTOMÁTICO**

En este tipo de sistemas el avance de chapa se lleva a cabo por medio de un dispositivo formado por tres componentes principales: **alimentador**, **aplanadora** y **devanadora**.

La devanadora se encarga de desenrollar la bobina de gran longitud previamente enrollada en la misma; mientras que la aplanadora aplanada la chapa como su propio nombre indica, reduciendo su curvatura para que ésta entre en el alimentador. El alimentador es el componente que se encarga de que la chapa avance a lo largo de la matriz.

El avance automático posee muchas ventajas respecto de los anteriores, ya que permite un **número mínimo** de **paradas** en la producción, **disminuye** los **riesgos** de **seguridad** del operario y permite producir piezas pertenecientes a sistemas de **producción** en **cadena**.

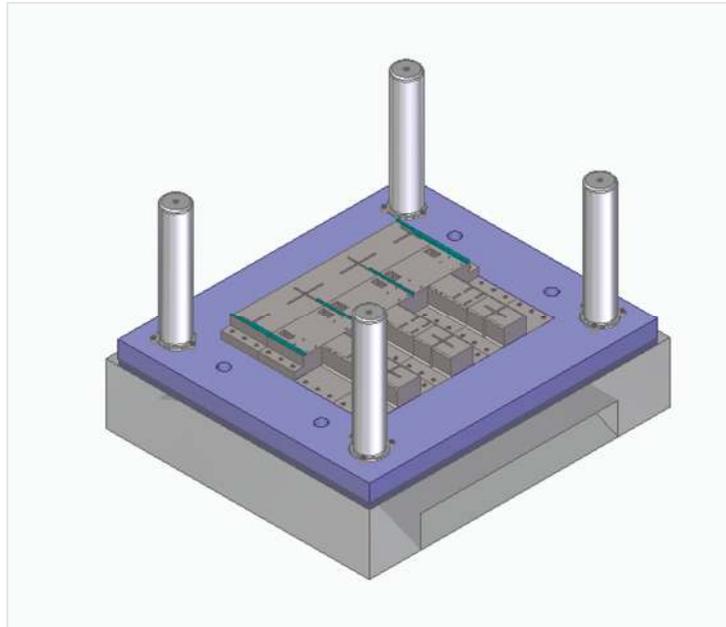
Su principal desventaja es la gran inversión inicial necesaria y el coste energético que supone; por ello suele emplearse en grandes lotes de producción y en sistemas de producción lineales.

## **14. RESULTADOS FINALES**

En este apartado se resumen las **características definitorias** de cada uno de los elementos que componen el troquel diseñado. Se define la **dimensión** y **geometría** que adopta cada pieza, así como el **material** en el que se debe fabricar, el proceso de **fabricación** y los **tratamientos térmicos** que se le deben aplicar en caso de que los requiera. Dichas características se definen de manera general ya que las especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el **DOCUMENTO 4. Planos**.

El utillaje se puede dividir en tres subconjuntos principales: **subconjunto inferior**, **subconjunto central** y **subconjunto superior**.

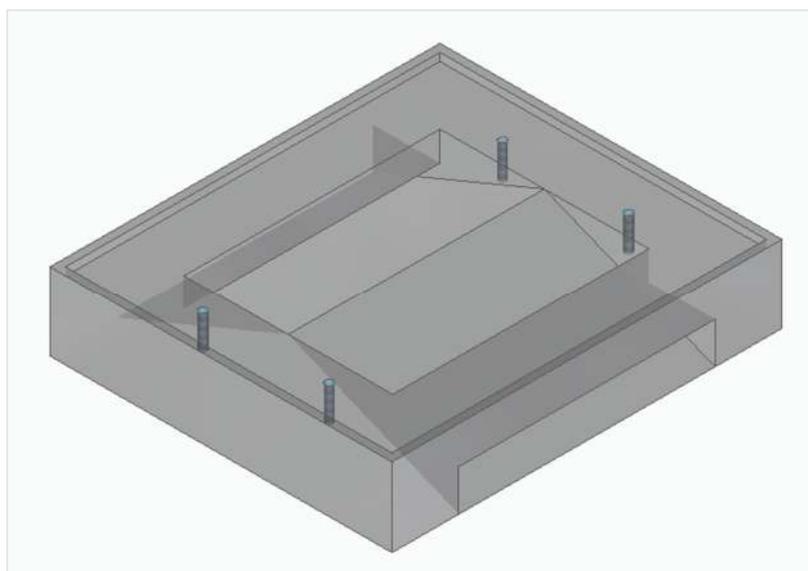
### **SUBCONJUNTO INFERIOR**



*Imagen 14. Subconjunto inferior*

Se trata de la **parte fija** del utillaje, la cual se coloca sobre la mesa de la prensa y está formada por los siguientes componentes.

### **CONTENEDOR**



*Imagen 15. Contenedor*

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- **Dimensiones exteriores:** 990mmx868mmx200mm.
- **Material:** fundición.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresado** de cajera de 950x828x20 y de las rampas de deslizamiento.
  - **Taladrado** de 4 orificios M24 para alojar los tornillos de unión con la placa base inferior.
- **Tratamientos térmicos:** no aplica.
- **Acabados y tolerancias superficiales:** planitud de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de la cajera.

### ❖ PLACA BASE INFERIOR

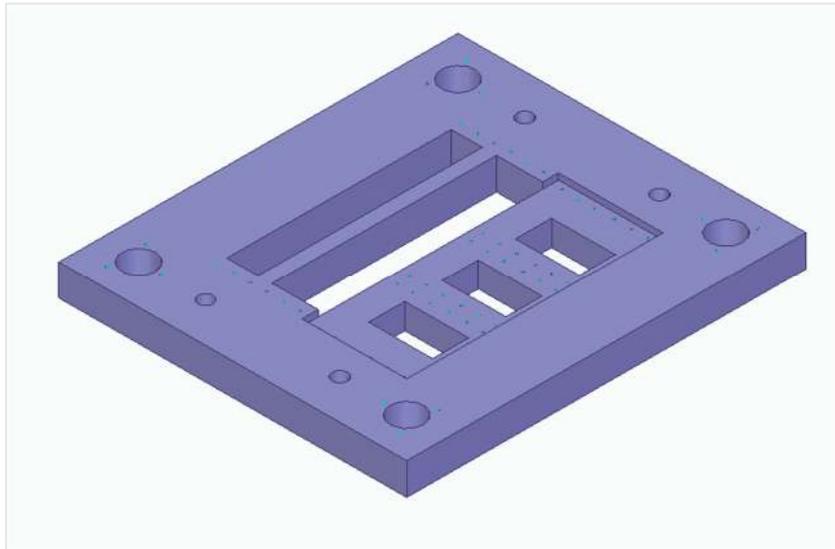


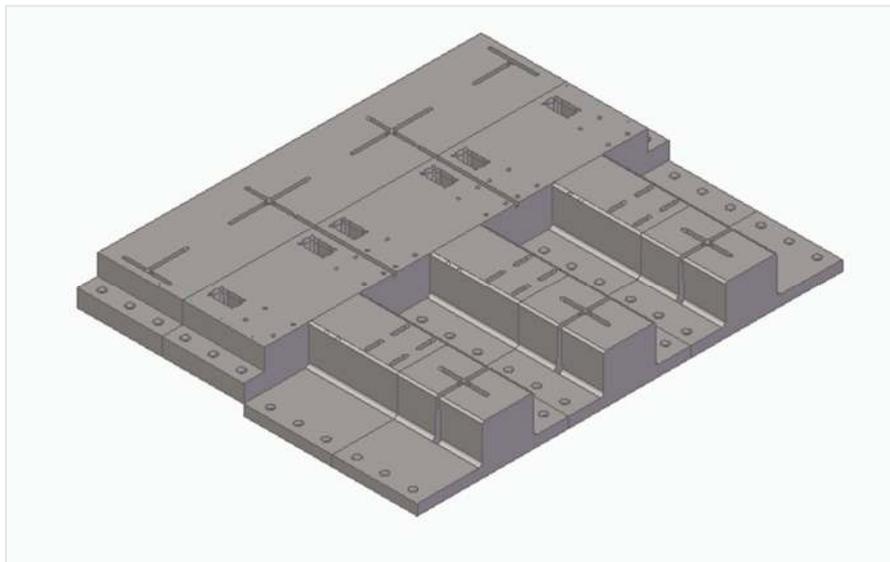
Imagen 16. Placa base inferior

- **Dimensiones exteriores:** 950mmx828mmx76mm.
- **Material:** fundición.
- **Fabricación**
  - **Mecanizado** de las caras superior e inferior para obtener una buena superficie de contacto.
  - Mecanizado por **fresado** de orificios pasantes rectangulares cuyas dimensiones y posicionamiento se indican en el plano nº7 perteneciente al ANEXO III. Planos, para la expulsión de los retales.
  - Mecanizado por **fresado** de cajera de dimensiones 610x249x15 para el alojamiento de las matrices de las estaciones 4, 5, 6,7 y 8.
  - **Taladrado** de 4 orificios pasantes de Ø80 para alojar las columnas guía.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- **Taladrado** de 4 orificios de 10 mm de profundidad, colineales a los anteriores y realizados desde la cara inferior, para alojar los discos de amarre de las columnas guía.
- **Taladrado** de 12 orificios de M8 formando 120° alrededor de las columnas guía (3 por cada columna) para alojar las bridas de amarre de estas últimas.
- **Taladrado** de 48 orificios M6 para la unión de las placas matriz con la placa base inferior.
- **Taladrado** de 4 orificios M24 para la unión de la placa base inferior con el contenedor.
- **Tratamientos térmicos:** temple hasta la obtención de una dureza de 55-58 HRc.
- **Acabado y tolerancias superficiales:** planitud de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.

### ❖ MATRICES



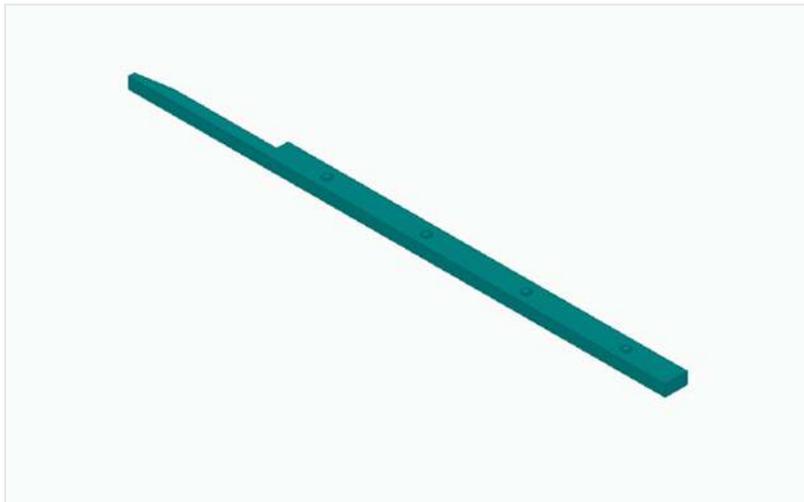
*Imagen 17. Matrices*

- **Dimensiones:** cada matriz tiene sus propias dimensiones, especificadas en los planos nº10, 11, 12, 13, 14 y 15, pertenecientes al ANEXO III. Planos.
- **Material:** F112
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** de la placa en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - **Electroerosionado** de los orificios referentes a la pieza a fabricar, cuya geometría es difícil de fresar.
  - **Taladrado** de 48 orificios M6 para la unión a la placa base inferior.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido inicial hasta la obtención de una dureza de  $60 \pm 1$  Hrc. Electroerosionado fino, pulido y revenido posterior  $25^\circ\text{C}$  por debajo de la temperatura de revenido inicial.
- **Acabado y tolerancias superficiales:** Planitud de  $0,015$  mm x  $100$  mm en toda la superficie de trabajo. Perpendicularidad de  $0,015$  mm entre las columnas y la base.

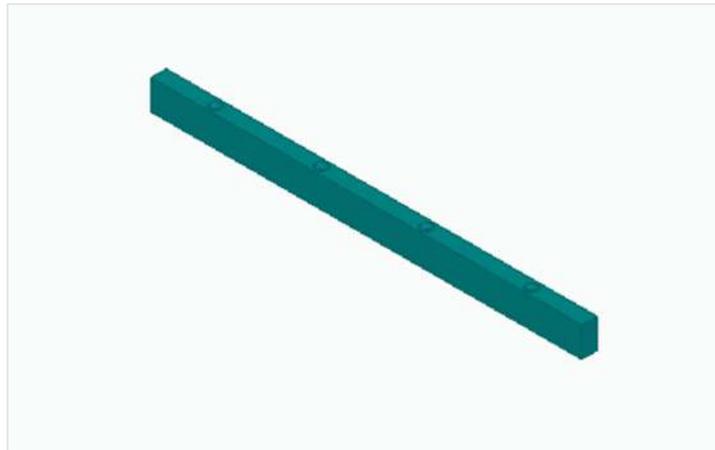
### ❖ REGLÉ GUÍA LATERAL



*Imagen 18. Reglé lateral*

- **Dimensiones exteriores:**  $239\text{mm} \times 10\text{mm} \times 5\text{mm}$ .
- **Material:** F522.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** de la placa en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño
  - **Taladrado** de 4 orificios pasantes de  $\varnothing 3$  mm y 4 orificios colineales de  $\varnothing 4$  mm para el alojamiento de los tornillos de fijación con las matrices.
  - Mecanizado de **rebaje** de anchura en la zona de entrada de la chapa con el fin de regular el paso de esta.
- **Tratamientos térmicos:** templado y revenido hasta la obtención de una dureza de 54-56 Hrc.
- **Acabado y tolerancias superficiales:** planitud de las superficies de apoyo  $\leq 0,20$  mm por cada  $100$  mm de longitud.

## ❖ REGLÉ GUÍA CENTRAL



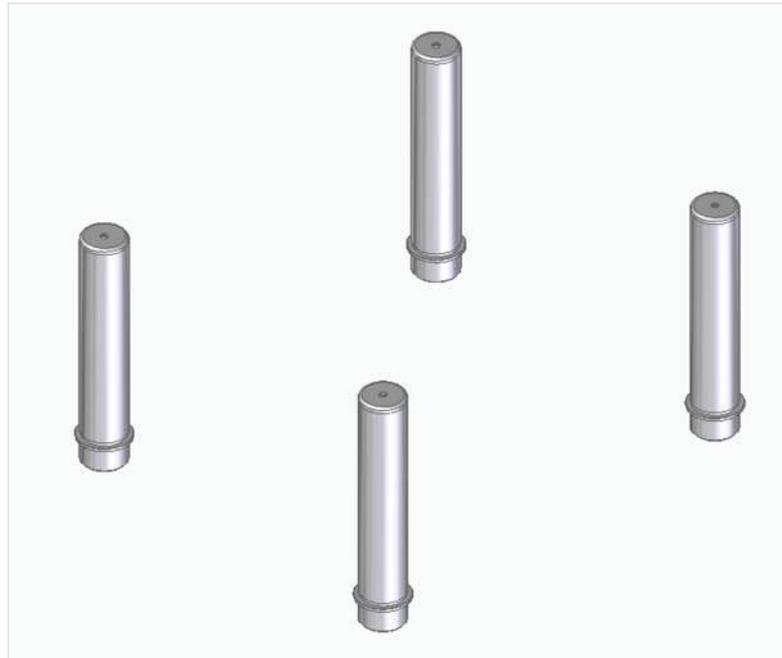
*Imagen 19. Reglé guía central*

- **Dimensiones exteriores:** 143mmx5mmx10mm.
- **Material:** F522
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** de la placa en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - **Taladrado** de 4 orificios pasantes de  $\varnothing 3$  mm y 4 orificios colineales a estos de  $\varnothing 4$  mm para el alojamiento de los tornillos de fijación con las matrices.
- **Tratamientos térmicos:** templado y revenido hasta la obtención de una dureza de 54-56 Hrc.
- **Acabado y tolerancias superficiales:** planitud de las superficies de apoyo  $\leq 0,20$  mm por cada 100 mm de longitud.

### **ELEMENTOS COMERCIALES**

Las dimensiones y demás especificaciones de los siguientes elementos se exponen en el *ANEXO IV. CATÁLOGOS COMERCIALES*, y pertenecen al fabricante *MEUSBURGER Setting Standards*.

#### **❖ COLUMNAS GUÍA**



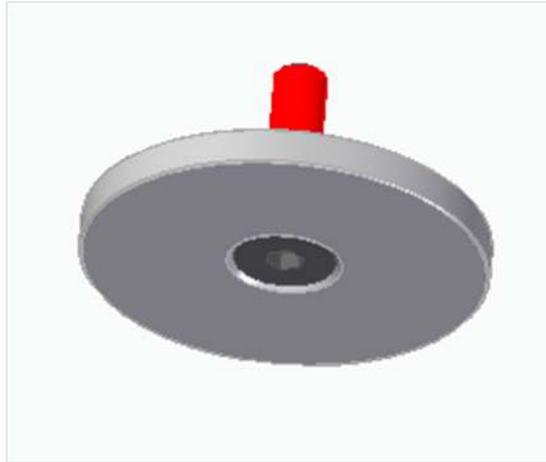
*Imagen 20. Columnas guía*

#### **❖ BRIDAS DE AMARRE**



*Imagen 21. Bridas de amarre*

❖ **DISCOS DE AMARRE**



*Imagen 22. Discos de amarre*

❖ **TORNILLO CABEZA CILÍNDRICA CON HUECO HEXAGONAL**



*Imagen 23. Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal*

- M24x90
- M6x30
- M6x40

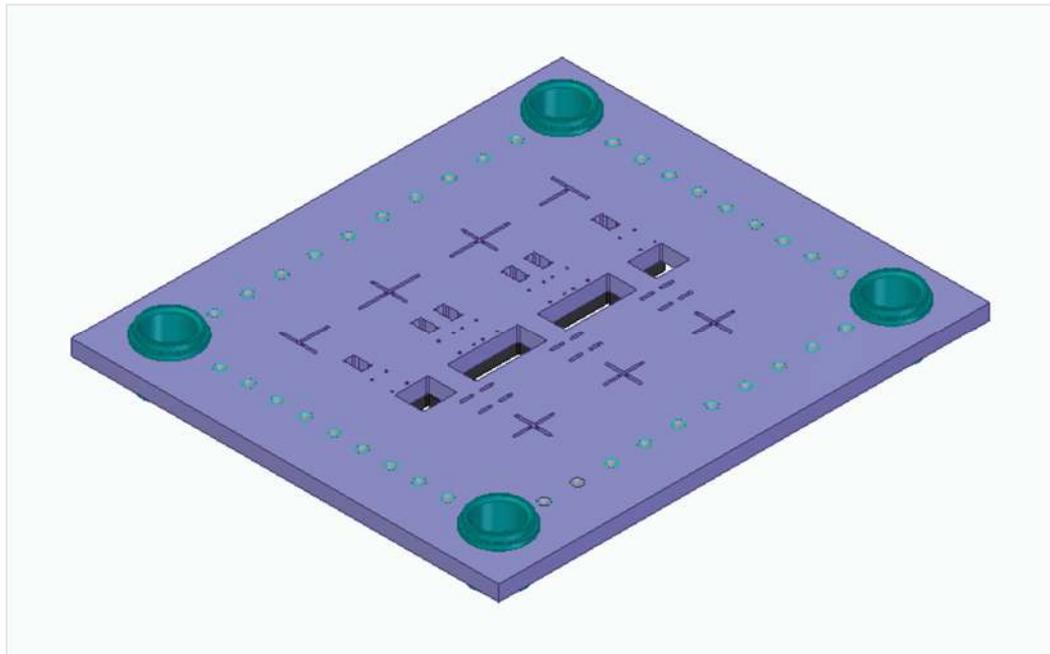
❖ **TORNILLO CABEZA AVELLANADA CON HUECO HEXAGONAL**



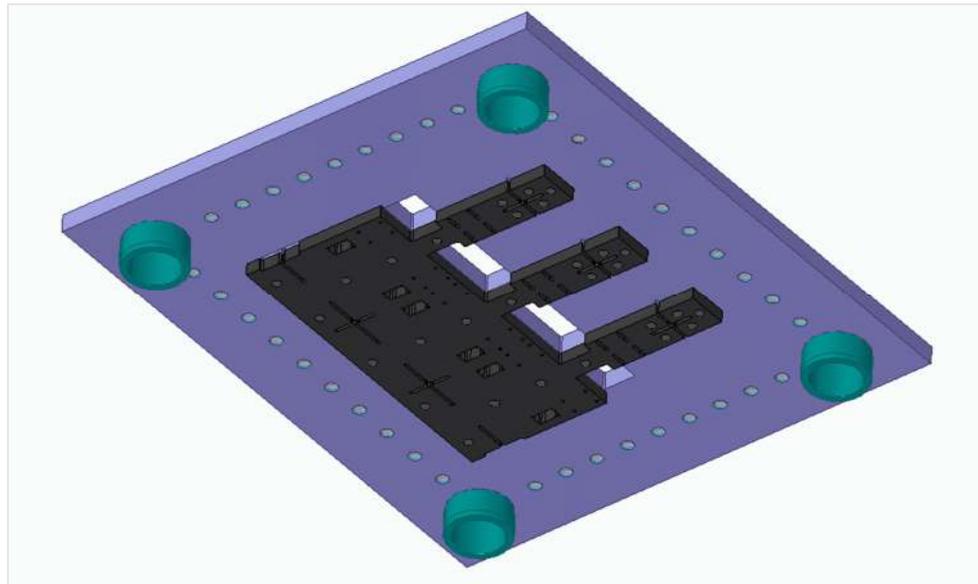
*Imagen 24. Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal*

- M12x50

✚ **SUBCONJUNTO CENTRAL**



*Imagen 25. Subconjunto central*

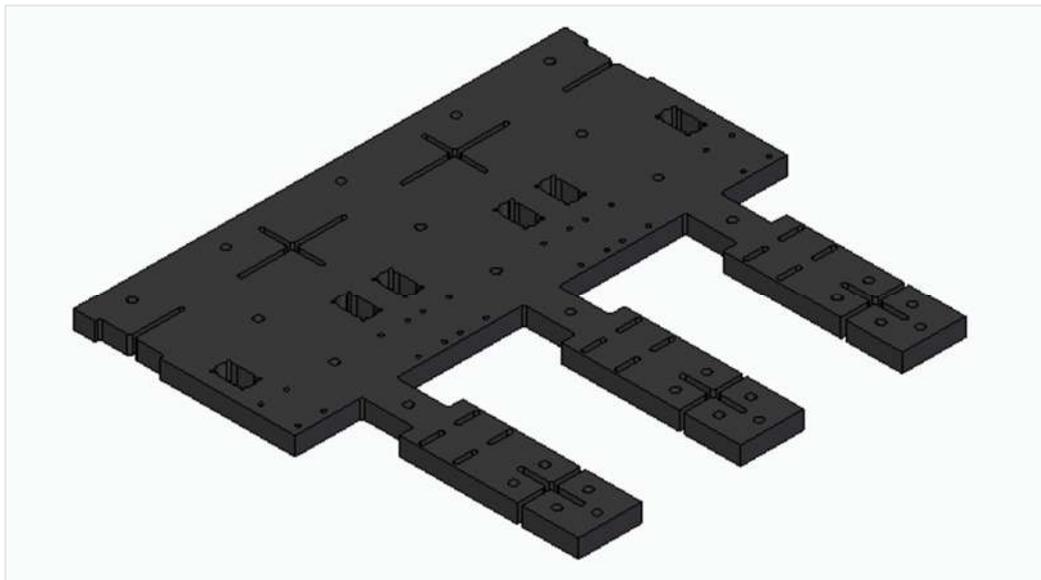


*Imagen 26. Subconjunto central vista inferior*

Se trata de una de las dos **partes móviles** del troquel. Se desplaza desde el punto muerto superior de la prensa hasta que el pisador contacta con la chapa.

Formada por los siguientes componentes:

❖ **PLACA PISADORA**



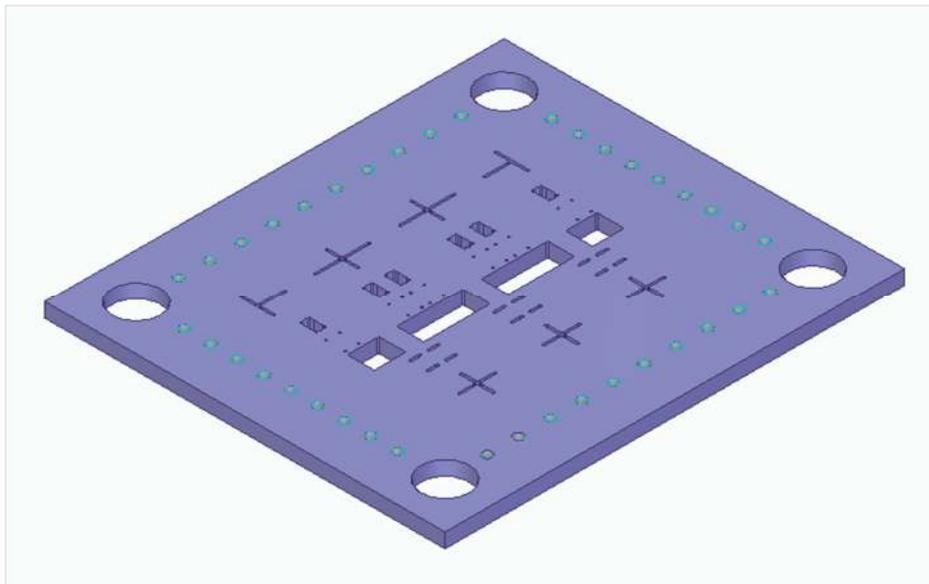
*Imagen 27. Placa pisadora*

- **Dimensiones exteriores:** 530mmx488mmx20mm.
- **Material:** F112.
- **Fabricación**

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- Mecanizado por **fresa** de la placa en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
- **Electroerosión** de las geometrías referentes a los orificios de la pieza a fabricar y de las cavidades de los punzones de las estaciones 5, 6, 7 y 8.
- **Taladrado** de 29 orificios M8 para el alojamiento de los tornillos de unión de la placa pisadora con la placa guía punzones.
- **Tratamientos térmicos:** temple y posterior revenido (bonificado) hasta la obtención de una dureza de  $60\pm 1$  HRc.
- **Acabados y tolerancias superficiales:** paralelismo entre caras de valor  $\leq 0,005$  mm. Planitud de 0,005 mm por cada 100 mm en la cara de pisado, como máximo. Perpendicularidad de 0,005 mm como máximo entre la cara de pisado y los punzones.

### ❖ GUÍA PUNZONES



*Imagen 28. Placa guía punzones*

- **Dimensiones exteriores:** 950mmx828mmx30mm.
- **Material:** F112.
- **Corte por láser:** geometrías referentes a los orificios de la pieza a fabricar y de las cavidades de los punzones de las estaciones de doblado.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** de la placa en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - **Taladrado** de 4 orificios de  $\varnothing 100$  para el alojamiento de los casquillos y las columnas guía.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- **Taladrado** de 38 orificios M20 para el alojamiento de los tornillos tope que unen el subconjunto central y el superior. En dichos tornillos se alojan los muelles que forman parte del sistema elástico del utillaje.
- **Tratamientos térmicos:** temple hasta la obtención de una dureza de 55-58 HRc.
- **Acabados superficiales y tolerancias:** planitud de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.

### ELEMENTOS NORMALIZADOS

#### ❖ CASQUILLOS



*Imagen 29. Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona*

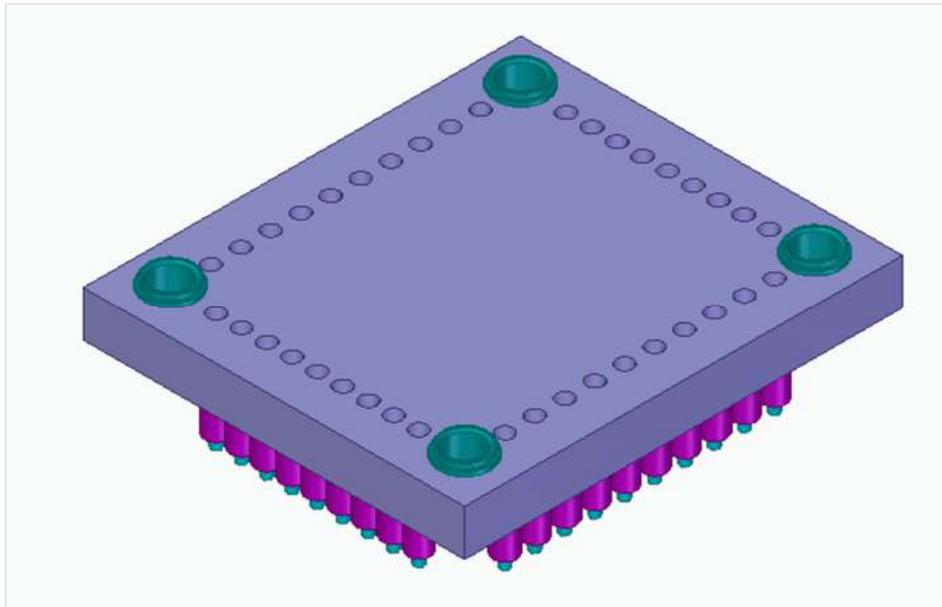
#### ❖ TORNILLO CABEZA CILÍNDRICA CON HUECO HEXAGONAL



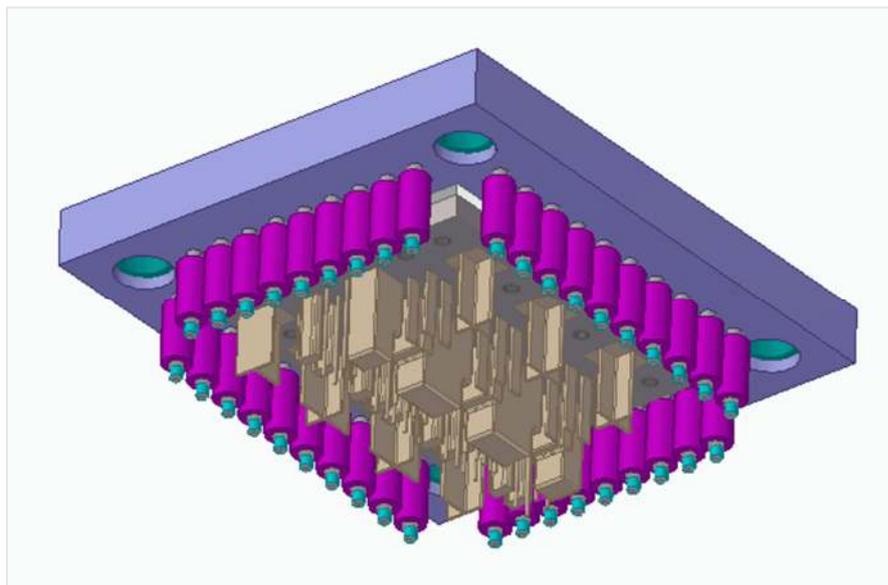
*Imagen 30. Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal*

- M2x12
- M2x16
- M8x35

### **SUBCONJUNTO SUPERIOR**



*Imagen 31. Subconjunto superior*



*Imagen 32. Subconjunto superior vista inferior*

Constituye la otra **parte móvil** del utillaje. Su desplazamiento es igual al valor de la carrera de la prensa, es decir, es la parte móvil que realiza todo el recorrido, desde el punto muerto superior de la prensa hasta la compresión máxima de los muelles. Generalmente se fija a la prensa por medio de un vástago de sujeción, pero al tratarse de un troquel de dimensiones significativamente elevadas no es suficiente con una unión de este tipo. Por tanto, se une la placa base superior directamente a la prensa mediante tornillos.

Está compuesta por los siguientes elementos:

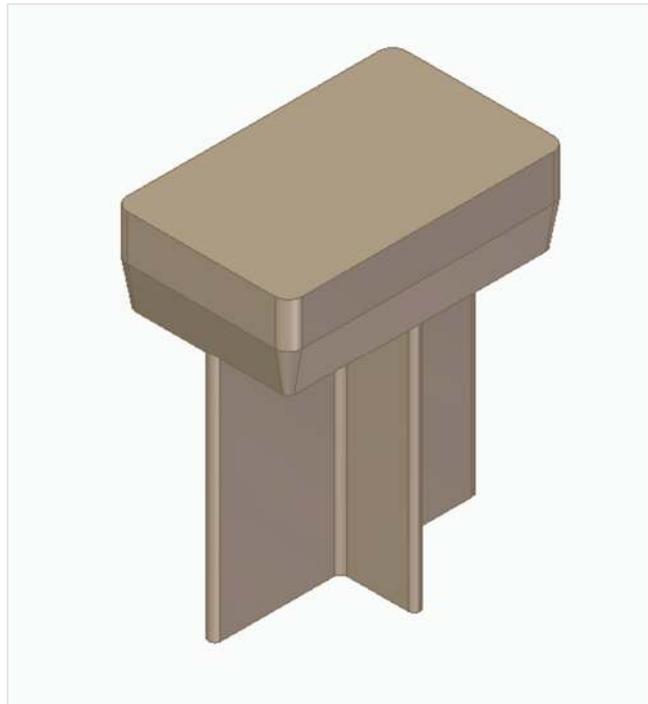
❖ **PUNZÓN LATERAL ESTACIONES 1-2**



*Imagen 33. Punzón lateral estaciones 1-2*

- **Dimensiones exteriores:** 70mmx60,5mmx149mm
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la geometría de corte una profundidad de 109mm y de los radios de las aristas (2,5mm).
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

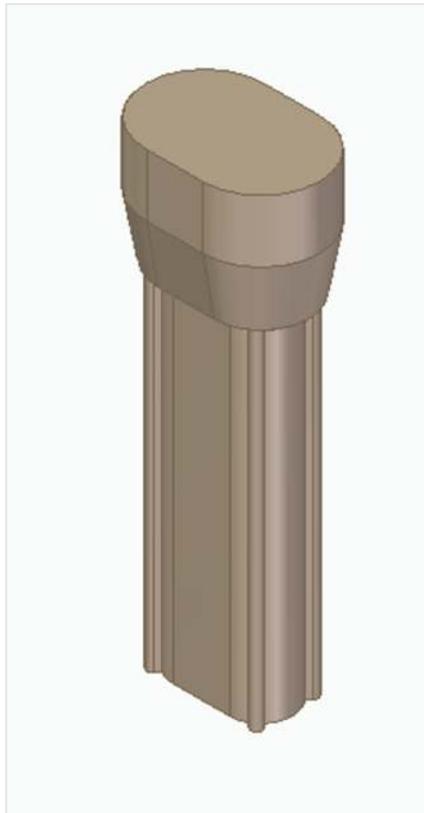
### ❖ PUNZÓN CENTRAL ESTACIONES 1-2



*Imagen 34. Punzón central estaciones 1-2*

- **Dimensiones exteriores:** 116mmx70mmx151mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la geometría de corte una profundidad de 111mm y de los radios de las aristas (2,5mm).
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

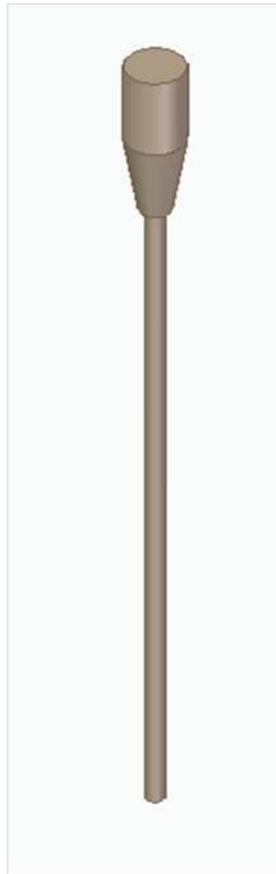
### ❖ PUNZÓN ESTACIÓN 3



*Imagen 35. Punzón estación 3*

- **Dimensiones exteriores:** 48mmx30mmx153mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado de la cabeza del punzón hasta la obtención de la geometría adecuada (40mm) y de la geometría de corte una altura de 113mm.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

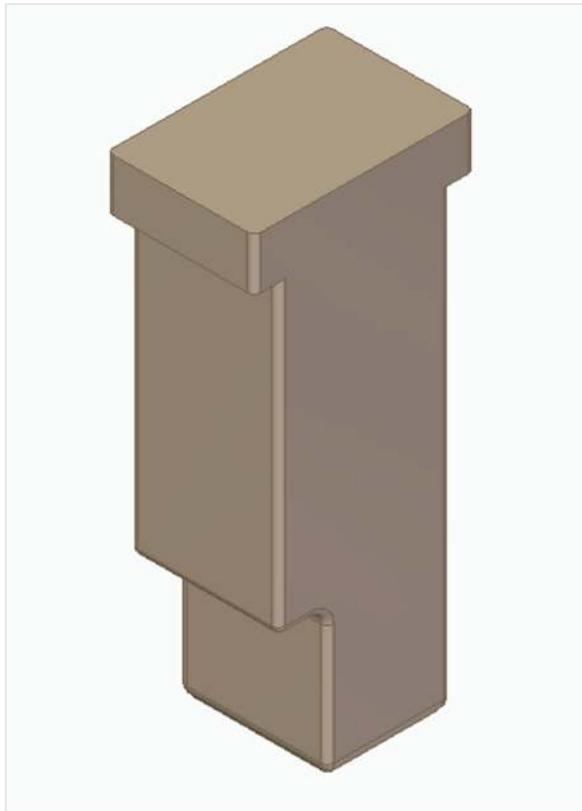
#### ❖ PUNZÓN ESTACIÓN 4



*Imagen 36. Punzón estación 4*

- **Dimensiones exteriores:** cilindro de  $\varnothing 7,5\text{mm}$  y 205mm de altura.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - **Torneado** del cilindro hasta obtener las dimensiones establecidas en el plano nº32 perteneciente al *Documento 4. Planos*.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRC.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

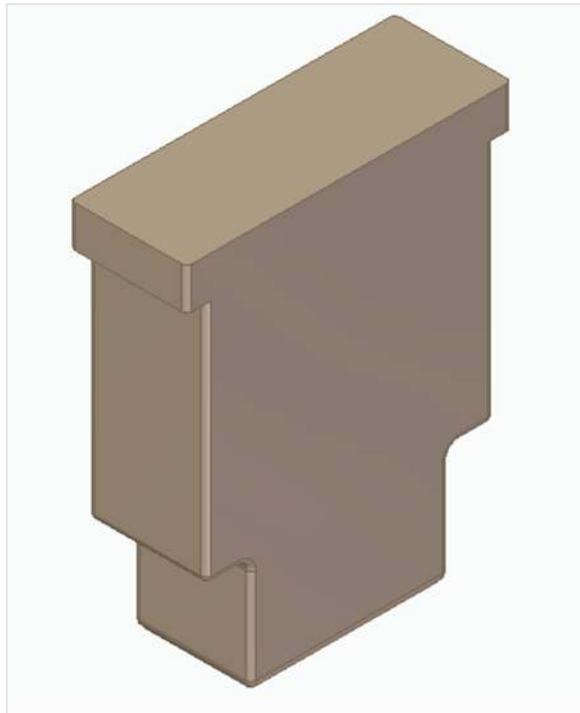
### ❖ PUNZÓN LATERAL DOBLADO



*Imagen 37. Punzón lateral doblado*

- **Dimensiones exteriores:** 65mmx56mmx195mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la cara de doblado del punzón una altura de 57mm y de los radios de las aristas, especificados en el *plano nº25* perteneciente al *Documento 4. PLANOS*.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

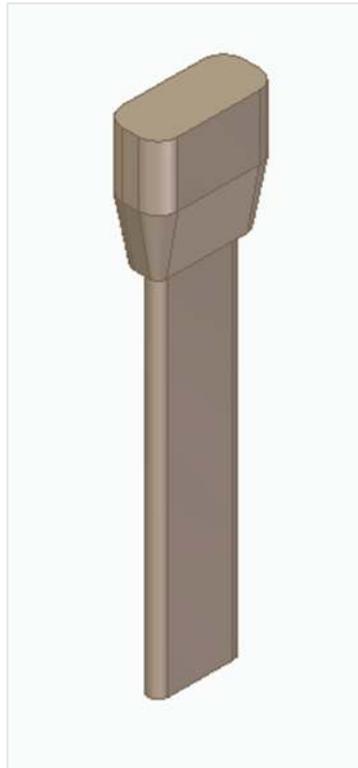
### ❖ PUNZÓN CENTRAL DOBLADO



*Imagen 38. Punzón central doblado*

- **Dimensiones exteriores:** 137,5mmx56mmx195mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la cara de doblado del punzón una altura de 57mm y de los radios de las aristas, especificados en el *plano nº26* perteneciente al *DOCUMENTO 4. Planos*.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

## ❖ PUNZÓN ESTACIÓN 6



*Imagen 39. Punzón estación 6*

- **Dimensiones exteriores:** 30mmx10mmx155mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la cabeza del punzón una altura de 40mm y del cuerpo una altura de 115mm.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

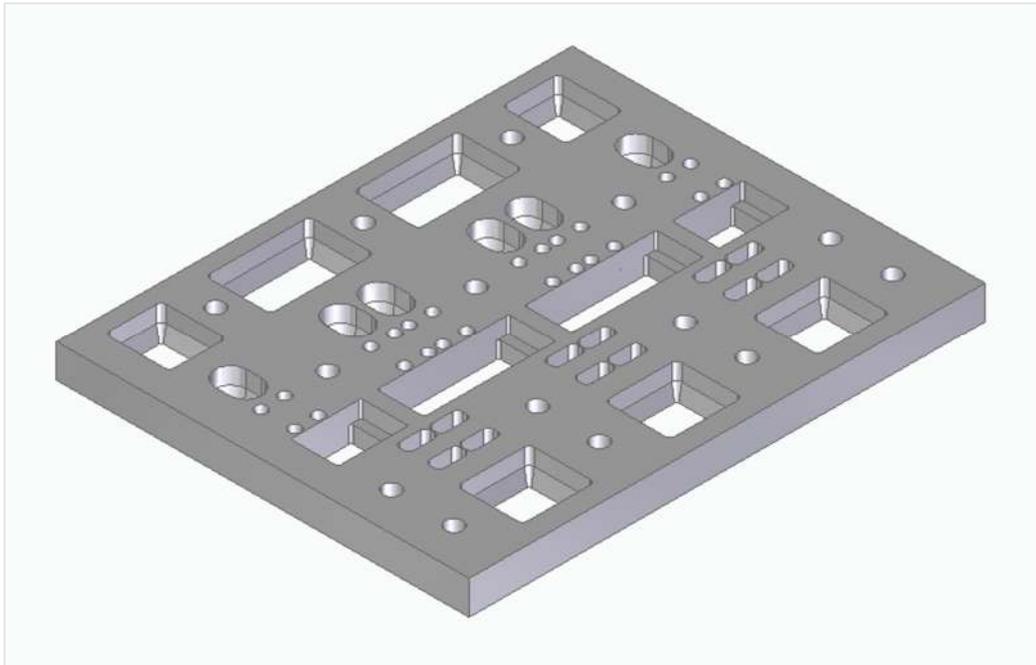
### ❖ PUNZÓN ESTACIONES 7-8



*Imagen 40. Punzón estaciones 7-8*

- **Dimensiones exteriores:** 79mmx71mmx157mm.
- **Material:** F521.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - Mecanizado de la geometría de corte una altura de 117mm y de los radios las aristas, de 2,5mm.
- **Tratamientos térmicos:** temple y revenido hasta la obtención de una dureza de 62-64 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.

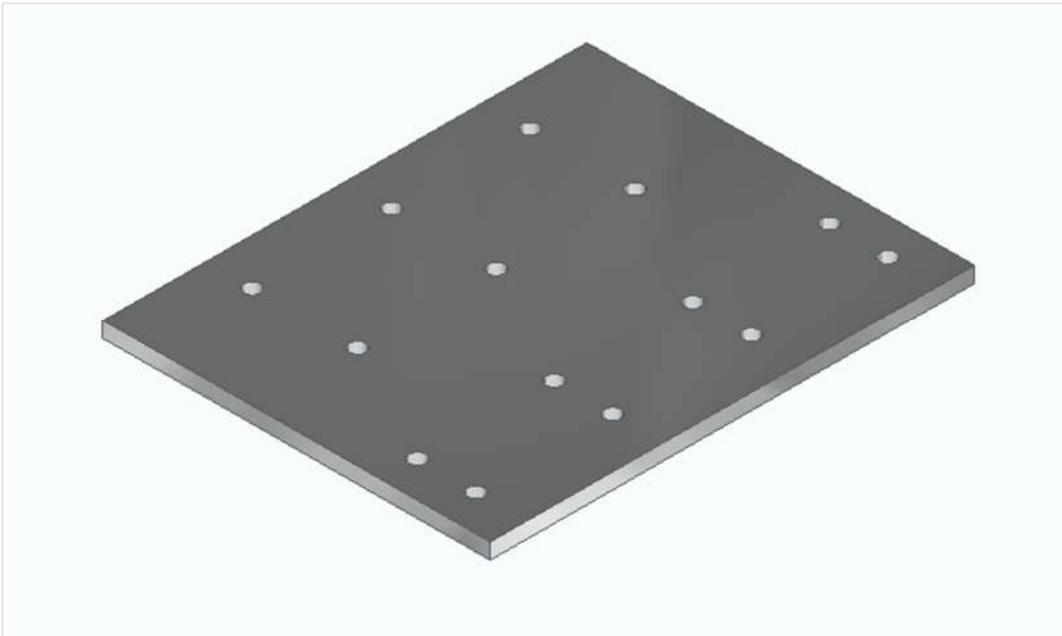
## ❖ PLACA PORTA PUNZONES



*Imagen 41. Placa porta punzones*

- **Dimensiones exteriores:** 610mmx488mmx40mm.
- **Material:** F1511.
- **Fabricación**
  - **Fresado** de la geometría de las cabezas de los punzones.
  - **Taladrado** de 14 orificios pasantes de  $\varnothing 21$  mm y 14 orificios colineales de 20 mm de profundidad (desde la cara inferior) y 31mm de diámetro para el alojamiento de los tornillos de unión de la placa porta punzones, la sufridera y la placa base superior.
- **Tratamientos térmicos:** no aplica.
- **Tolerancias y acabados superficiales**
  - Planitud de un máximo de 0,005 mm por cada 100 mm en las caras de apoyo.
  - Paralelismo de 0,005 mm como máximo entre caras.
  - Perpendicularidad de 0,005 mm como máximo entre los punzones y la superficie de apoyo.

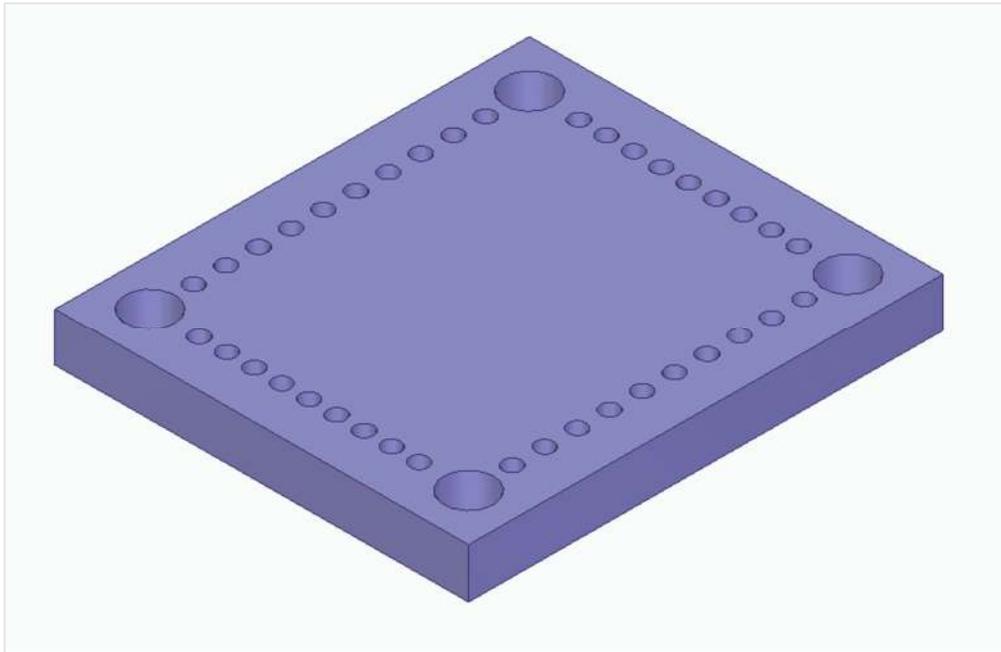
## ❖ SUFRIDERA



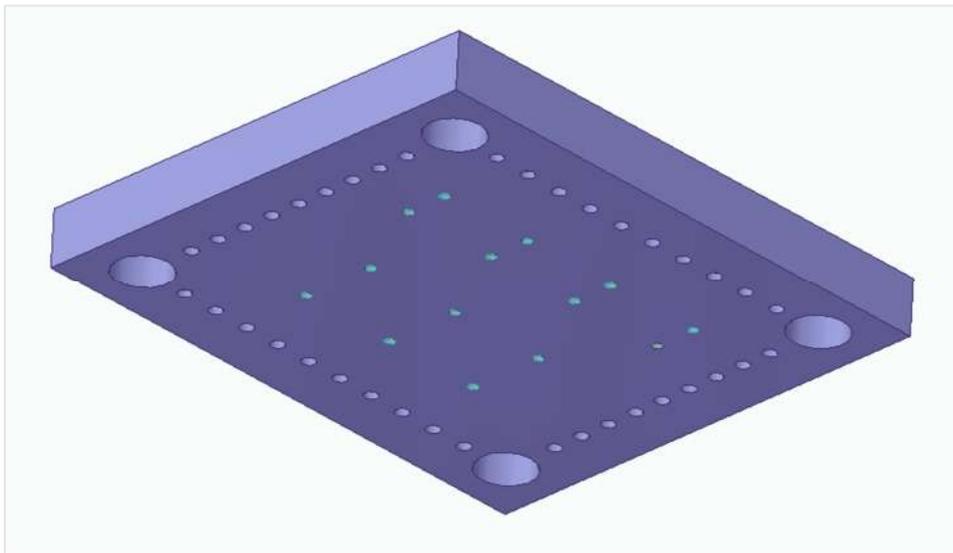
*Imagen 42. Sufridera*

- **Dimensiones exteriores:** 610mmx488mmx20mm.
- **Material:** F1511.
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.
  - **Taladrado** de 14 orificios pasantes de 21mm de diámetro para el alojamiento de los tornillos de unión de la placa porta punzones, la sufridera y la placa base superior.
- **Tratamientos térmicos:** bonificado anterior al mecanizado hasta la obtención de una dureza de 56-58 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales**
  - Paralelismo entre caras de 0,005 mm como máximo.
  - Planitud menor o igual a 0,005 mm por 100 mm en las caras de apoyo.

### ❖ PLACA BASE SUPERIOR



*Imagen 43. Placa base superior*



*Imagen 44. Placa base superior vista inferior*

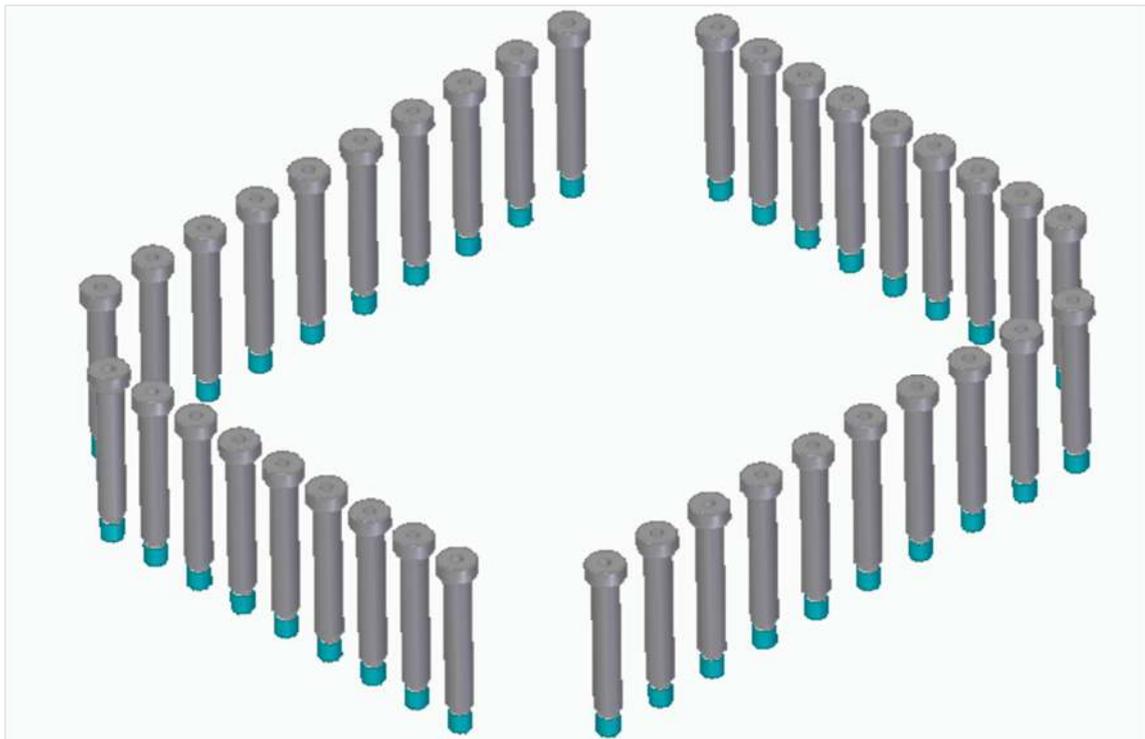
- **Dimensiones exteriores:** 950mmx828mmx100mm.
- **Material:** fundición
- **Fabricación**
  - Mecanizado por **fresa** del acero en bruto hasta la obtención las dimensiones exteriores establecidas en el diseño.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- **Taladrado** de 14 orificios M21 para el alojamiento de los tornillos de unión de la placa porta punzones, la sufridera y la placa base superior.
- **Taladrado** de 4 orificios de  $\varnothing 100\text{mm}$  para el alojamiento de los casquillos y las columnas guía.
- **Taladrado** de 38 orificios pasantes de  $\varnothing 24\text{mm}$  y 38 orificios colineales a los anteriores de  $\varnothing 37\text{mm}$  y  $87\text{mm}$  de profundidad (desde la cara superior) para el alojamiento de los tornillos tope que forman parte del sistema elástico del utillaje.
- **Tratamientos térmicos:** bonificado anterior al mecanizado hasta la obtención de una dureza de 56-58 HRc.
- **Tolerancias y acabados superficiales:** planitud de 0,015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.

### ELEMENTOS NORMALIZADOS

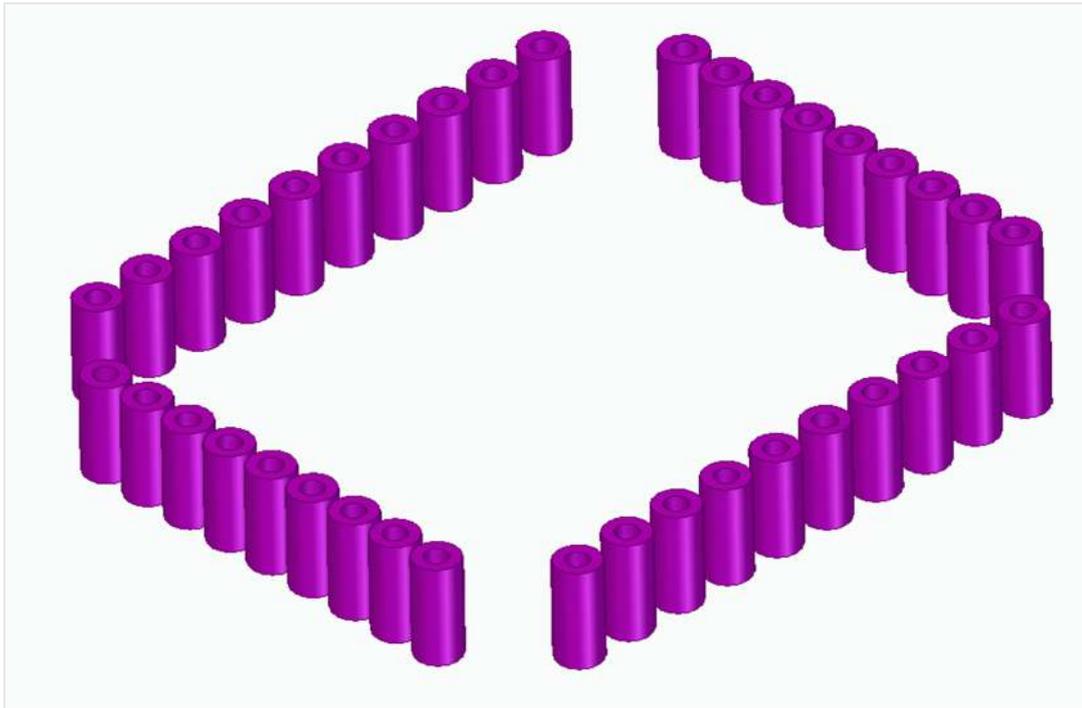
#### ❖ TORNILLOS TOPE



*Imagen 45. Tornillos tope*

- M24X140

## ❖ MUELLES



*Imagen 46. Muelles*

- Carga extrafuerte 50x127

## ❖ TORNILLO CABEZA CILÍNDRICA CON HUECO HEXAGONAL



*Imagen 47. Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal*

- M20x90

## 15. PLANIFICACIÓN

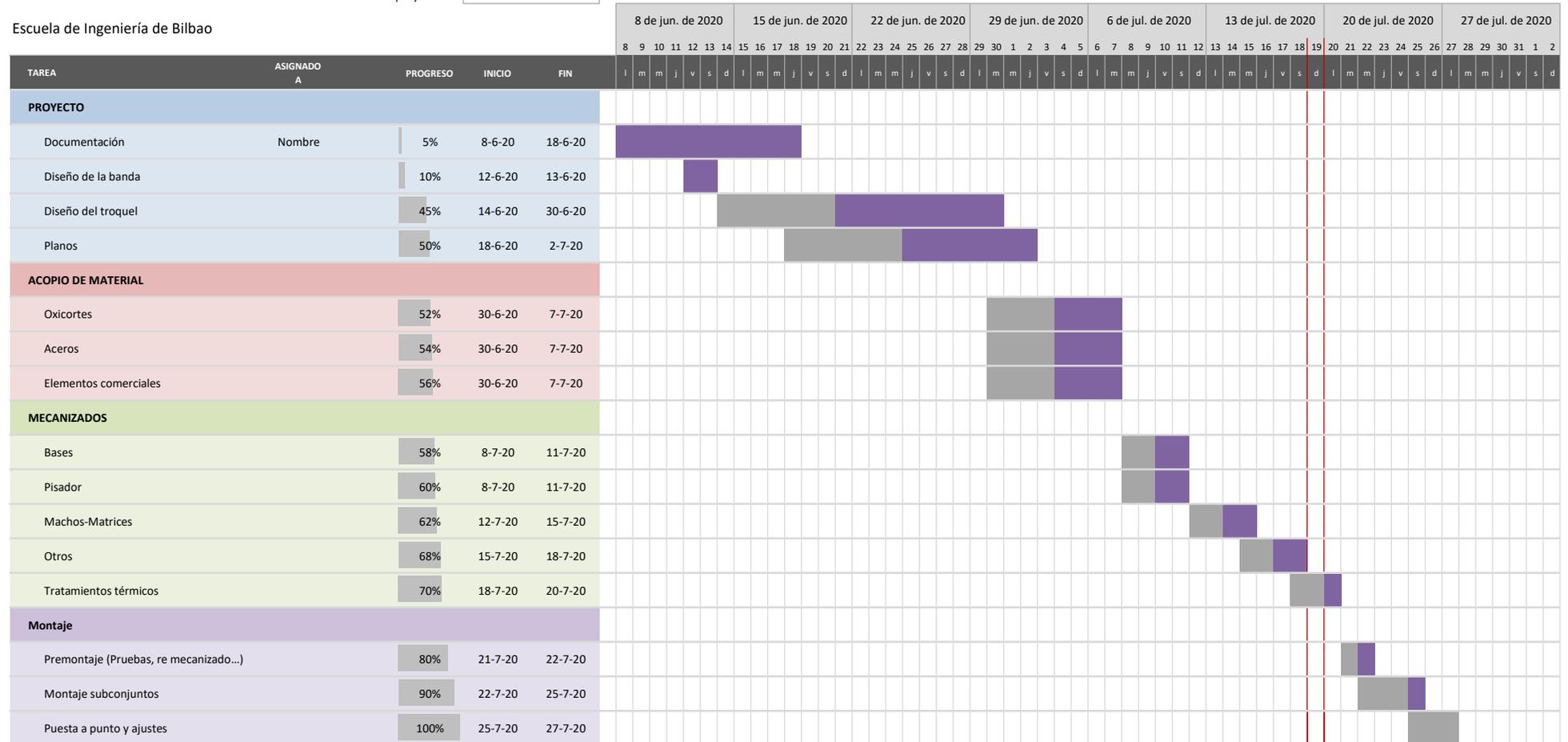
A continuación, se expone el tiempo aproximado de diseño y fabricación del utillaje mediante un diagrama de Gantt.

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Inicio del proyecto:

lu, 8/6/2020

Escuela de Ingeniería de Bilbao



## 16. CONCLUSIONES

El diseño de un troquel es un proceso minucioso que requiere de conocimientos exhaustivos en la materia. Cada componente se diseña con una geometría y forma detallada dependiendo de la función que adquiere en el proceso. Pero, un diseño idóneo de un útil de este tipo no solo depende de un dimensionado adecuado, sino también de la manufactura y la selección apropiada de materiales, además de otros muchos factores.

La consulta de guías de diseño de troqueles facilita el entendimiento del funcionamiento de éstos, pero no son más que teorías básicas que ejemplifican el camino a seguir. El diseño de troqueles va más allá de las guías y recomendaciones al alcance de nuestra mano; se trata de algo complejo que requiere de gran experiencia para considerar el dominio de la materia. Es necesario entender el proceso y ser consciente de todas las variables involucradas en él.

Otros factores vitales son el tiempo y el dinero. Se debe buscar que el tiempo y el dinero requerido sea el menor posible, lo cual no es algo sencillo.

Tener bien asentadas las bases de la ingeniería es un factor de gran relevancia, ya que tras cierto periodo de investigación te permite tomar decisiones adecuadas, lógicas y fundamentadas.

Con esto concluyo que para el diseño de un troquel rápido, seguro, fiable, de fabricación viable, económico y por lo general, óptimo en todos los aspectos, se requieren años de experiencia en el sector, además de un exhaustivo estudio de todos los parámetros que influyen en los aspectos mencionados anteriormente.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 3- ANEXOS***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE ANEXO I. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

1.	DISEÑO DE LA BANDA .....	3
1.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	3
1.2.1.	DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA.....	3
1.2.2.	DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN.....	5
1.2.3.	DETERMINACIÓN DEL PASO .....	5
1.2.4.	APROVECHAMIENTO O RENDIMIENTO DE LA CHAPA .....	6
2.	OPERACIONES DE TROQUELADO .....	7
2.1.	CORTE DE CHAPA .....	7
2.1.1.	FUNDAMENTOS DE CORTE.....	7
2.1.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES.....	9
2.1.2.1.	TOLERANCIA DE CORTE.....	9
2.1.2.2.	DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE .....	10
2.1.2.3.	ÁNGULO DE ESCAPE.....	11
2.1.3.	FUERZAS DEL PROCESO .....	11
2.1.3.1.	FUERZA DE CORTE.....	11
2.1.3.2.	FUERZA DE EXTRACCIÓN.....	12
2.1.3.3.	FUERZA DE EXPULSIÓN .....	12
2.2.	DOBLADO DE CHAPA.....	12
2.2.1.	FUNDAMENTOS DE DOBLADO .....	12
2.2.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES.....	13
2.2.2.1.	RADIO MÍNIMO DE DOBLADO .....	13
2.2.2.2.	DESARROLLO DE LA CHAPA .....	14
2.2.2.3.	DISTANCIA MÍNIMA PUNZONADO.....	16
2.2.2.4.	RECUPERACIÓN ELÁSTICA.....	17
2.2.2.5.	HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.....	17
2.2.3.	FUERZAS DEL PROCESO .....	17
2.2.3.1.	FUERZA DE DOBLADO .....	17
2.2.3.2.	FUERZA DEL PISADOR .....	18
3.	FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO .....	18
4.	DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL.....	19

## ÍNDICE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Disposición normal horizontal.....	3
<b>Imagen 2.</b> Disposición normal vertical .....	4
<b>Imagen 3.</b> Disposición oblicua .....	4
<b>Imagen 4.</b> Disposición invertida .....	4
<b>Imagen 5.</b> Disposición múltiple .....	5
<b>Imagen 6.</b> Proceso de corte.....	7
<b>Imagen 7.</b> Ángulo de escape .....	11
<b>Imagen 8.</b> Doblado entre formas .....	13
<b>Imagen 9.</b> Doblado deslizante .....	13
<b>Imagen 10.</b> Línea neutra.....	14
<b>Imagen 11.</b> Cálculo experimental de la línea neutra .....	15
<b>Imagen 12.</b> Parámetros de doblado.....	16
<b>Imagen 13.</b> Doblado deslizante convencional.....	17

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Factor de tolerancia en función de la resistencia de corte del material y del espesor de la chapa.....	10
<b>Tabla 2.</b> Cálculo aproximado de la línea neutra en función del espesor de la chapa.....	15

# ANEXO I. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

En el presente documento se exponen los conocimientos básicos sobre procesos de troquelado. En él se incluye fundamentación teórica sobre los parámetros que se deben tener en cuenta en el diseño de la banda, así como de las operaciones que han de llevarse a cabo para la obtención de la pieza final. Se explica también el procedimiento a seguir para el cálculo de los esfuerzos y parámetros que toman parte en el proceso.

## 1. DISEÑO DE LA BANDA

### 1.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

#### 1.2.1. DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA

El primer paso a la hora de diseñar un troquel es la elección de la disposición de las piezas en la banda de chapa. Se trata de un aspecto importante ya que influye directamente en el aprovechamiento del material y, en consecuencia, en el coste final del producto.

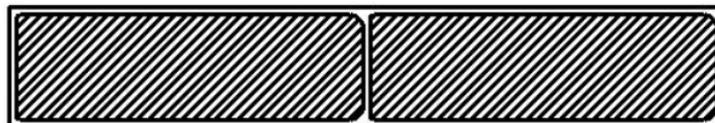
La elección de la disposición óptima depende principalmente del contorno exterior de la pieza a transformar; es decir, de su geometría y forma. Un factor influyente es también el tamaño del lote de producción.

Las distintas posiciones que puede adoptar la pieza son las siguientes:

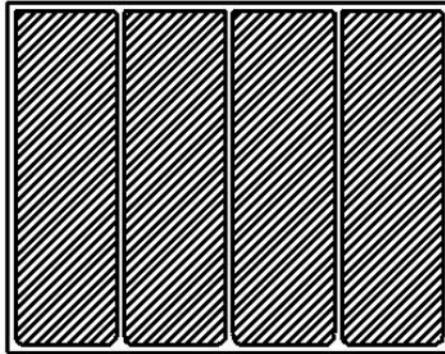
#### DISPOSICIÓN NORMAL

Es aquella disposición en la que los ejes de la pieza están orientados en el mismo sentido que los de la matriz; es decir, longitudinalmente (disposición normal horizontal) o transversalmente (disposición normal vertical) al sentido de avance de la chapa.

Se trata de la posición óptima cuando la forma exterior de la pieza se puede inscribir en un rectángulo.



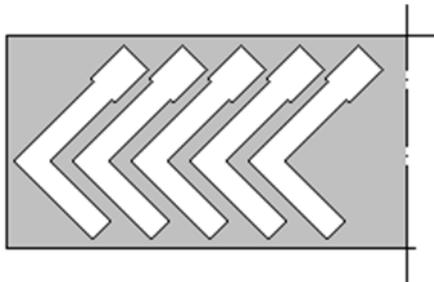
*Imagen 1. Disposición normal horizontal*



*Imagen 2. Disposición normal vertical*

### **DISPOSICIÓN OBLICUA**

Se entiende por disposición oblicua aquella en la que los ejes de la pieza forman un ángulo con respecto a los de la matriz. Su finalidad es el ahorro de material en cuanto al aprovechamiento que supone la inclinación de las piezas cuando éstas son arqueadas o con grandes ángulos.

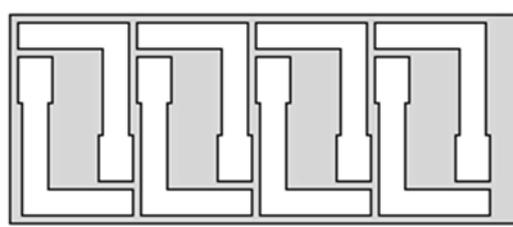


*Imagen 3. Disposición oblicua*

### **DISPOSICIÓN INVERTIDA**

Se trata de una disposición en la cual los huecos que quedan libres entre piezas colocadas según una disposición normal se aprovechan para otras piezas, pero en posición invertida.

Se emplea para un mayor aprovechamiento de la banda, en caso de que la geometría exterior de la pieza lo permita.



*Imagen 4. Disposición invertida*

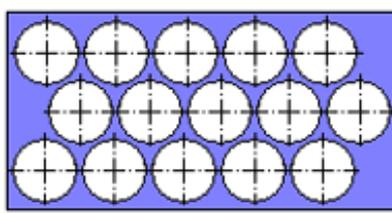
En función de la cantidad de piezas a fabricar la disposición puede ser simple o múltiple.

### **DISPOSICIÓN SIMPLE**

Aquella disposición en la que se obtiene una sola pieza por golpe.

### **DISPOSICIÓN MÚLTIPLE**

Disposición en la cual se colocan las piezas en varias filas de tal forma que se obtiene más de una pieza a la vez. Es útil cuando se requieren grandes producciones.



*Imagen 5. Disposición múltiple*

## **1.2.2. DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN**

Con el fin de garantizar la rigidez de la tira de material, es necesario establecer una distancia de separación, tanto entre piezas consecutivas como entre el contorno de la pieza y los bordes del fleje.

De esta forma se evitan también desgarros en la chapa y se garantiza la transformación correcta de la misma.

Esta separación mínima se estima por medio de la siguiente fórmula:

$$S_{\min}[\text{mm}] = 1,5 \cdot e$$

Siendo:

$$e \rightarrow \text{espesor de la chapa [mm]}$$

## **1.2.3. DETERMINACIÓN DEL PASO**

El paso es la distancia existente entre dos puntos homólogos de dos piezas consecutivas. Este parámetro determina la distancia que debe avanzar la banda a lo largo de la matriz en cada ciclo de trabajo, es decir, entre dos golpes consecutivos de prensa.

Se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$P = S + a$$

Donde:

$$S \rightarrow \text{separación entre piezas consecutivas [mm]}$$

$a \rightarrow$  anchura de la pieza desarrollada [mm]

Este parámetro depende directamente de la disposición de las piezas en la banda de chapa; por lo que primero se debe escoger la disposición y, posteriormente, calcular el paso.

#### 1.2.4. APROVECHAMIENTO O RENDIMIENTO DE LA CHAPA

Uno de los aspectos fundamentales en el proceso productivo es la cantidad de materia prima necesaria para la fabricación del producto final. En el caso del conformado por troquelado la materia prima empleada es chapa metálica, suministrada en forma de tiras o de bobina.

El coste del material es un factor que influye directamente en el coste total de producción; por lo que cuanto menor sea la cantidad de desperdicio de material mayor será la rentabilidad del proceso. Se considera un rendimiento óptimo en el empleo de material cuando la banda se aprovecha alrededor del 75-80%.

#### RENDIMIENTO DE LA BANDA

Se trata de un parámetro empleado en la determinación de la cantidad de material aprovechado en el proceso. Es de gran importancia ya que influye directamente en el factor económico y en el medioambiental.

Cuanto mayor sea el rendimiento mayor será el beneficio económico y menor el consumo de materia prima; lo cual también se traduce en un impacto medioambiental menor.

Éste se calcula a partir de la siguiente relación matemática:

$$\text{Rendimiento } [\%] = \frac{A_{\text{pieza}} \cdot N}{A_{\text{chapa}}} \cdot 100$$

Donde:

$A_{\text{pieza}} \rightarrow$  Área de la pieza (sin tener en cuenta orificios interiores) [mm<sup>2</sup>]

$N \rightarrow$  número de piezas que se obtienen en el  $A_{\text{chapa}}$  estudiada

$A_{\text{chapa}} \rightarrow$  Área de la banda (tramo desde entrada hasta salida)[mm<sup>2</sup>]

Existe una serie de factores determinantes en el aprovechamiento de la banda de chapa, como la distancia óptima de separación, el paso y otros que se exponen a continuación.

## 2. OPERACIONES DE TROQUELADO

En cuanto a conformado de chapa se refiere, ésta puede sufrir diversos tipos de operaciones durante su proceso de conformado, en función de su geometría final.

Estas operaciones se pueden dividir en tres grandes grupos: **corte**, **doblado** y **embutición**.

Generalmente en la industria, las piezas no sufren únicamente un tipo de operación, si no que la pieza resultante suele ser una combinación de ellas; pudiendo conseguir de esta forma piezas complejas desde el punto de vista geométrico.

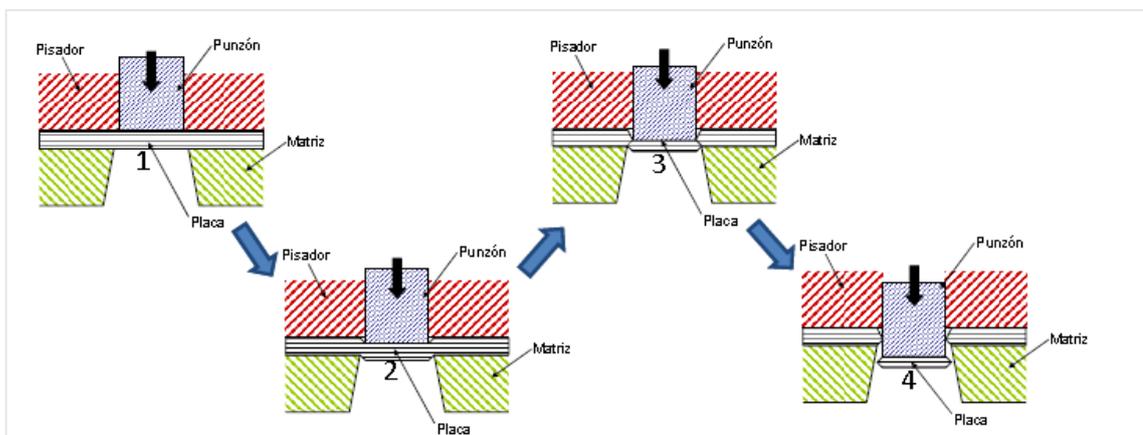
A continuación, se definen las principales operaciones de conformado de chapa.

El proceso de embutición queda fuera del alcance del fundamento teórico expuesto en este proyecto, ya que no es necesaria dicha operación para la obtención de la pieza final.

### 2.1. CORTE DE CHAPA

#### 2.1.1. FUNDAMENTOS DE CORTE

Consiste en la separación completa de una parte del material de la chapa.



**Imagen 6.** Proceso de corte

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el punzón ejerce una presión continuada sobre la chapa, hasta alcanzar su límite elástico. En la operación de corte, una vez superado un valor de fuerza determinado (en función del material de la chapa), el material comienza a fluir. En este momento, el punzón penetra en la tira metálica, formando grietas en la misma hasta su fractura total.

Por tanto, este proceso se puede dividir en tres etapas fundamentales:

### DEFORMACIÓN

La presión ejercida por el punzón sobre la chapa metálica origina una deformación en la misma (alrededor de los bordes del punzón y la matriz), inicialmente elástica y posteriormente plástica una vez alcanzado el límite de elasticidad del material de la chapa.

### PENETRACIÓN

El filo de corte del punzón penetra en el material. Esto produce grietas en el mismo, debido a la concentración de tensiones generada en el material alrededor de los filos.

### FRACTURA

Las grietas originadas en ambos lados de la chapa terminan encontrándose, originando la separación completa del material.

Los tres tipos más comunes de operaciones de corte son: ***cizallado***, ***punzonado*** y ***troquelado***.

El ***cizallado*** es el término empleado cuando se trata de cortes en línea recta a lo ancho o a lo largo del material, en perpendicular o en ángulo.

***Punzonado*** y ***troquelado*** son operaciones de corte en las que las cuchillas tienen forma de líneas curvas cerradas que siguen los bordes del punzón y la matriz.

La diferencia entre ambas es que, en el ***troquelado***, el trozo de material que recorta el punzón es la pieza final, por lo que las rebabas mayores y demás detalles no deseados deben dejarse en la banda.

En el ***punzonado***, el trozo cortado es el desperdicio, mientras que el resto de la banda constituye la pieza a producir.

En cuanto a punzonado se refiere, se pueden diferenciar tres tipos: ***picado***, ***perforación*** y ***entallado***.

El ***picado*** es una operación de punzonado que se emplea para producir ranuras en el metal, o bien un agujero redondo. Su objetivo es permitir que el material fluya con mayor facilidad en las operaciones siguientes.

La ***perforación*** consiste en punzonar un gran número de orificios muy cerca unos de otros.

El ***entallado*** es el punzonado en el cual el borde de la chapa forma parte del perímetro del trozo de metal que se separa. Se emplea para formar entallas de cualquier forma a lo largo del borde de la chapa.

## 2.1.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

### 2.1.2.1. TOLERANCIA DE CORTE

La tolerancia de corte, también denominada juego entre el punzón y la matriz, es uno de los factores más influyentes en la calidad final del corte. Esta tolerancia es la holgura que debe haber entre ambos componentes del troquel, para que se produzca un corte adecuado.

La **tolerancia** de corte **óptima** es aquella que hace **coincidir** las **fracturas** de corte generadas por el punzón y por la matriz.

Si se emplea un juego demasiado ajustado, se impide la expansión correcta del material y, además, es necesaria una fuerza de corte mayor, por lo que el utillaje puede sufrir un mayor desgaste. Esto también implica una fuerza de extracción mayor.

Por el contrario, si se emplea una tolerancia de corte mayor a la adecuada, se genera una curvatura mayor alrededor del agujero y las rebabas son mayores. Además, la zona de corte es más rugosa y la zona de deformación mayor.

La tolerancia de corte óptima varía según el espesor y el tipo de material de la chapa.

Como norma general, se puede establecer que, a **mayor esfuerzo** de corte del material y a **mayor espesor** de la chapa, **mayor** deberá ser la **holgura**.

A modo de resumen, se exponen las **ventajas** de emplear una tolerancia de corte adecuada:

- Menor rebaba y curvatura en los agujeros.
- Agujeros más uniformes y cortes más limpios.
- Piezas punzonadas más lisas, con menor deformación.
- Mayor precisión entre agujeros.
- Mayor vida del utillaje (punzón y matriz).
- Mejor extracción del punzón.
- Menor adhesión del material punzonado en las paredes del punzón.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

A continuación, se presenta una tabla en la que se relaciona el factor de tolerancia con la resistencia al corte del material y el espesor de la chapa a cortar.

RESISTENCIA AL CORTE (kg/mm <sup>2</sup> )	FACTOR DE TOLERANCIA
< 10	$0.01 \cdot e$
11 – 25	$0.03 \cdot e$
26 – 39	$0.05 \cdot e$
40 – 59	$0.07 \cdot e$
60 – 99	$0.09 \cdot e$
> 100	$0.10 \cdot e$

**Tabla 1.** Factor de tolerancia en función de la resistencia de corte del material y del espesor de la chapa

La tolerancia obtenida se debe aplicar en el punzón o en la matriz dependiendo del tipo de corte a efectuar sobre la chapa.

Si se trata de **punzonado**, el **punzón** debe tener la **medida nominal** y la tolerancia se le suma a la matriz.

Si, por el contrario, se trata de **troquelado**, a la **matriz** se le asigna la **medida nominal** y al punzón se le resta el valor de la tolerancia.

#### 2.1.2.2. DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE

El diámetro máximo que se puede troquelar en una chapa viene determinado por la potencia y las dimensiones de la prensa con la que se lleva a cabo el trabajo. Sin embargo, el diámetro mínimo que se puede cortar depende de la resistencia del material a troquelar y de su espesor.

Se suele calcular una aproximación de dicho valor a partir de la siguiente expresión:

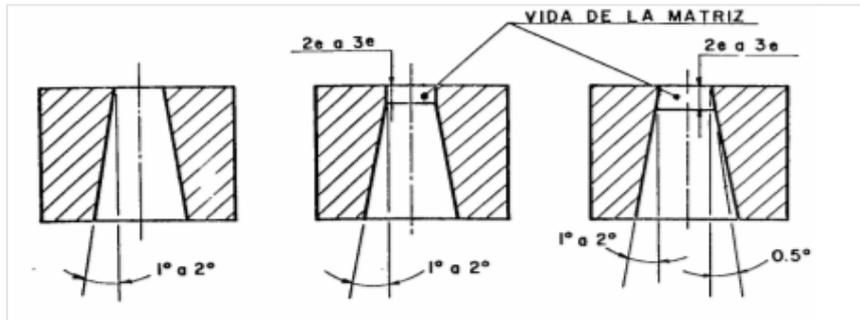
$$D_{\min} = 0,8 \cdot e$$

Donde:

$$e \rightarrow \text{espesor de la chapa [mm]}$$

### 2.1.2.3. ÁNGULO DE ESCAPE

Este ángulo comienza en la arista de corte o a una distancia de esta de 2 o 3 veces el espesor de la chapa. Es un factor importante en la **expulsión** del **material** cortado, ya que gracias al mismo las fuerzas de fricción disminuyen a medida que la pieza desciende por el agujero.



*Imagen 7. Ángulo de escape*

El ángulo empleado suele ser de 1 a 2°.

### 2.1.3. FUERZAS DEL PROCESO

La operación de corte consta de varias etapas, tal y como se ha explicado anteriormente. A continuación, se explican detalladamente las principales fuerzas que actúan en dicho proceso, así como la forma de calcularlas.

#### 2.1.3.1. FUERZA DE CORTE

Se denomina **fuerza de corte** al **esfuerzo** necesario para conseguir la **cizalladura** del material. Ésta depende, principalmente, del **perímetro** de la pieza a cortar, del **espesor** de la chapa y del material de esta.

$$F_c [N] = \sigma_c \cdot P \cdot e$$

Donde:

$$\sigma_c \rightarrow \text{resistencia a la cizalladura del material} \left[ \frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

$$P \rightarrow \text{perímetro de la zona cortada} [mm]$$

$$e \rightarrow \text{espesor de la chapa} [mm]$$

Para obtener la fuerza de corte total se debe calcular la fuerza de corte necesaria por cada punzón y sumarlas.

$$F_c [total] = F_{c1} + F_{c2} + F_{c3} + \dots + F_{cn}$$

Siendo n el número de punzones que trabajan a la vez.

### 2.1.3.2. FUERZA DE EXTRACCIÓN

Es el **esfuerzo** necesario para **separar** el **recorte** de chapa que queda adherido a los punzones una vez efectuado el corte.

Esta fuerza depende del **material**, **espesor** y **forma** de corte de la chapa; y su valor suele aproximarse al 10% de la fuerza de corte.

Al igual que la fuerza de corte, la fuerza de extracción total se obtiene a partir de la suma de la fuerza de extracción requerida por cada punzón.

### 2.1.3.3. FUERZA DE EXPULSIÓN

Tras el corte, la **pieza** recortada tiende a **adherirse** al interior de la **matriz**, debido a la expansión que sufre en el proceso y al rozamiento entre ambas superficies.

Al producirse el siguiente corte, la pieza recortada empuja a la anterior obligándola a descender por el interior de la matriz. Esto ocurre sucesivamente hasta que la pieza cae por gravedad. Para facilitar este proceso, la matriz se suele diseñar con un ángulo de escape.

La adherencia o rozamiento de las piezas representa el esfuerzo adicional que debe llevar a cabo el punzón; el cual se denomina fuerza de expulsión.

Éste se estima en un 1,5% del valor de la fuerza de corte.

De nuevo, la fuerza de expulsión total es la suma de las fuerzas de expulsión de cada punzón.

## 2.2. DOBLADO DE CHAPA

### 2.2.1. FUNDAMENTOS DE DOBLADO

Esta operación consiste en la **transformación** de la chapa plana en otra de **perfil** quebrado o curvado sin variación perceptible del espesor. Las fibras del material de la chapa se comprimen en la parte interior del doblado y se traccionan en la exterior. Como es lógico, sufren mayores sollicitaciones cuanto menor es el ángulo de doblado; pudiendo llegar a la rotura si éste es demasiado pequeño.

Es posible distinguir dos tipos de operaciones de este tipo: **doblado** y **curvado**.

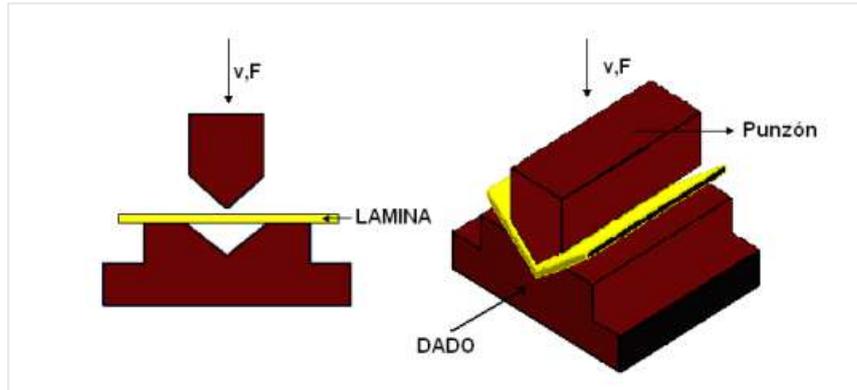
Se denomina **doblado** cuando el doblado se hace en **ángulo vivo** o con un radio muy pequeño; y **curvado** cuando el doblado es de **gran radio**.

Únicamente es objeto de estudio del presente proyecto el doblado; por lo que se exponen a continuación los detalles de dicho proceso y los parámetros que han de tenerse en cuenta.

Existen dos tipos de doblado: doblado entre formas y doblado deslizante.

### **DOBLADO ENTRE FORMAS**

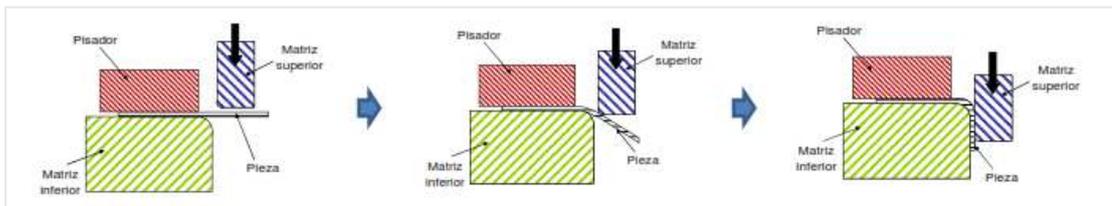
En este tipo de doblado, la lámina metálica se deforma entre un punzón en forma de V u otra forma y un dado. Se pueden obtener tanto ángulos agudos como obtusos.



*Imagen 8. Doblado entre formas*

### **DOBLADO DESLIZANTE**

Como se observa en la figura, la chapa, apoyada sobre la matriz y sujeta por el pisador, se dobla un ángulo determinado por la acción del punzón (o matriz superior). Este ángulo, puede llegar a tomar 90° en su forma más simple (sin tener en cuenta la recuperación elástica); aunque existen formas más complejas de obtener ángulos superiores a 90° empleando este método.



*Imagen 9. Doblado deslizante*

## **2.2.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES**

### **2.2.2.1. RADIO MÍNIMO DE DOBLADO**

Se define como radio mínimo, en el proceso de doblado de un material, al radio interior más pequeño con el que se puede lograr la deformación de un material determinado sin alcanzar la rotura de sus fibras. Se trata de un parámetro de control que evita que se exceda el alargamiento de rotura de las fibras externas; y depende directamente del espesor y del material de la chapa a conformar.

Puede obtenerse el radio mínimo a partir de la siguiente ecuación:

$$r_{\min} [mm] = c \cdot e$$

Siendo:

$c \rightarrow$  coeficiente que depende del material de la chapa

$e \rightarrow$  espesor de la chapa [mm]

Por lo general, no se llevan a cabo cálculos tan específicos, a no ser que se requiera de gran exactitud.

Se suelen emplear radios mínimos de:

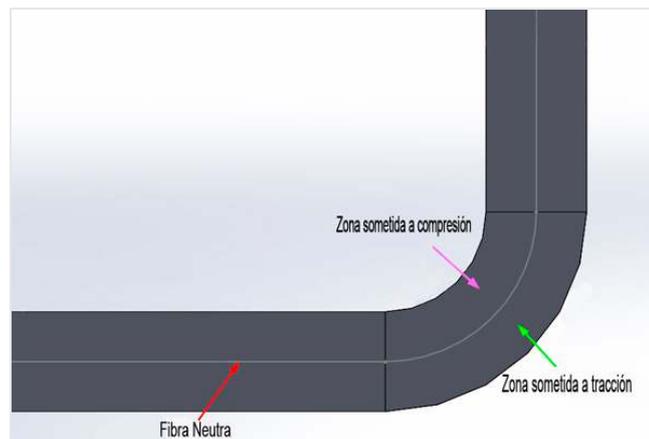
1 a 2 veces el espesor de la chapa, para materiales blandos o recocidos.

3 a 4 veces el espesor de la chapa, para materiales duros o agrios.

### 2.2.2.2. DESARROLLO DE LA CHAPA

Cuando una chapa va a someterse a una operación de doblado es necesario calcular las dimensiones iniciales de la misma. Para ello es necesario conocer la **posición** de la **línea neutra**.

La **línea neutra** hace referencia a la zona de un elemento sometido a flexión que **no** sufre ninguna **deformación**. Esto se debe a que la cara interna del elemento flectado se ve sometida a solicitaciones de compresión mientras que la externa a solicitaciones de tracción. Esta línea es el límite entre ambas solicitaciones, por lo que a lo largo de esa zona no existirá deformación en las fibras del material.



**Imagen 10.** Línea neutra

Se debe tener en cuenta, que la línea neutra no siempre se encuentra en el centro de la chapa, sino que toma una **posición diferente**, en función del **material** y del **radio de doblado**.

Se distinguen dos maneras de obtener su posición:

### **✚ CÁLULO APROXIMADO**

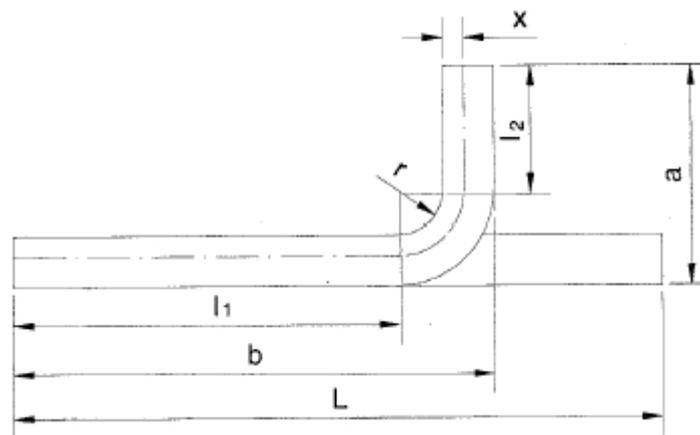
Establece una relación entre la distancia desde el interior de la curva hasta la línea neutra  $X$  y el espesor de la chapa doblada.

Dicha relación se muestra en la siguiente tabla:

ESPELOR DE LA CHAPA [mm]	VALOR DE $X$ [mm]
$e \leq 2$	$\frac{1}{2} \cdot e$
$2 < e < 4$	$\frac{3}{7} \cdot e$
$e \geq 4$	$\frac{1}{3} \cdot e$

**Tabla 2.** Cálculo aproximado de la línea neutra en función del espesor de la chapa

### **✚ CÁLULO EXPERIMENTAL**



**Imagen 11.** Cálculo experimental de la línea neutra

Establece una relación entre los parámetros mostrados en la *Imagen 11* y la distancia desde la cara interna de la chapa hasta la línea neutra.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Se estudia a partir de las siguientes relaciones matemáticas:

$$b = l_1 + r + e$$

$$a = l_2 + r + e$$

$$L = l_1 + r + e + l_2 + r + e - 2 \cdot (r + e) + \frac{\pi \cdot (r + x)}{2} = a + b + \left[ \frac{\pi \cdot (r + x)}{2} \right]$$

$$x = \frac{2 \cdot (L - a - b)}{\pi} - r$$

El desarrollo de la chapa, es decir, la longitud inicial de la misma es igual a la longitud de la línea neutra; obtenida anteriormente.

### 2.2.2.3. DISTANCIA MÍNIMA PUNZONADO

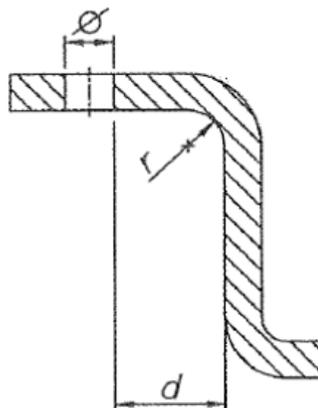
A la hora de realizar operaciones de doblado, en caso de tener que llevar a cabo punzonados previos cercanos a la zona de doblado, es necesario establecer una distancia mínima de separación entre ambos, ya que si ésta no es suficiente la geometría y posición del punzonado podría variar en la operación de doblado.

Es por esto por lo que se debe calcular una **distancia mínima** aproximada desde el **borde** del **punzonado** hasta la **cara interior** del doblado.

En caso de que los requisitos de diseño establezcan una distancia menor a la mínima debe diseñarse de tal forma que el punzonado sea posterior al doblado.

Esta distancia mínima se puede obtener a partir de la siguiente ecuación:

$$d = r + 2 \cdot e$$



**Imagen 12.** Parámetros de doblado

#### 2.2.2.4. RECUPERACIÓN ELÁSTICA

En el proceso de doblado, en el momento en el que cesa la carga, aparece un **momento recuperador** debido a que la chapa trabaja en **zona elástica**.

Este momento hace que el material tienda a **recuperar su posición original**; por lo que a la hora de dimensionar la matriz de doblado se debe tener en cuenta este fenómeno.

Para obtener el ángulo deseado es habitual diseñar el punzón de doblado con unos salientes (y la matriz con los correspondientes entrantes) que se plasman en la chapa durante el proceso y le proporcionan mayor rigidez.

#### 2.2.2.5. HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ

Al igual que el proceso de corte, el de doblado también requiere que exista cierta holgura entre el punzón y la matriz; con el fin de permitir el paso del espesor del material a conformar y facilitar su fluencia.

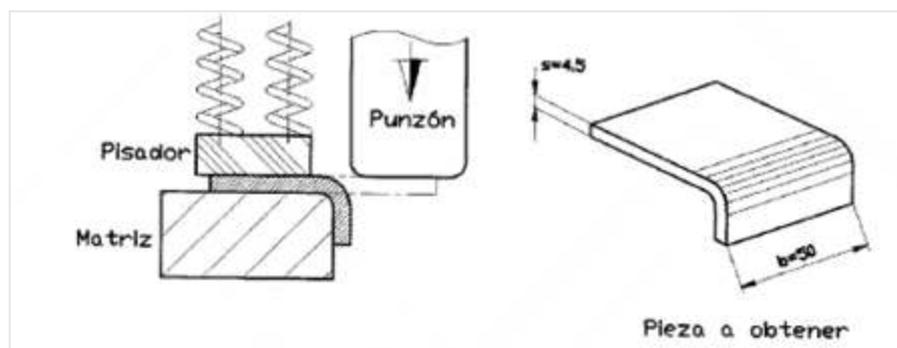
Este valor se suele estimar en un 10% del espesor de la chapa.

### 2.2.3. FUERZAS DEL PROCESO

En la operación de doblado se establecen dos fuerzas fundamentales que definen el proceso: fuerza de doblado y fuerza del pisador.

#### 2.2.3.1. FUERZA DE DOBLADO

Esta fuerza depende de diversos factores, por lo que es difícil estimarla con precisión. Existen fórmulas semiempíricas que se asemejan considerablemente a la realidad.



**Imagen 13.** Doblado deslizante convencional

Para un doblado deslizante en L convencional se establece la siguiente relación:

$$F_d = \frac{b \cdot e \cdot \sigma_f}{6}$$

Donde:

$b \rightarrow$  ancho del material a doblar [mm]

$e \rightarrow$  espesor de la chapa [mm]

$\sigma_f$

$\rightarrow$  tensión de trabajo a flexión necesarios para la deformación permanente  $[\frac{N}{mm^2}]$

$\sigma_b =$  resistencia del material a tracción  $[\frac{N}{mm^2}]$

El coeficiente de resistencia a flexión se puede aproximar al doble de la resistencia de corte del material de la chapa.

$$\sigma_f = 2 \cdot \sigma_b$$

#### 2.2.3.2. FUERZA DEL PISADOR

La función del pisador en el doblado es mantener la **chapa inmóvil** mientras se lleva a cabo el proceso. Es importante establecer el esfuerzo adecuado que éste debe ejercer, ya que, en caso de ser excesivo, puede producirse el despegue de la chapa y la matriz; dando como resultado una pieza defectuosa.

Dicha fuerza suele estimarse en un 40% de la fuerza de doblado.

### 3. FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO

#### FUERZA DE LA PRENSA

La fuerza que debe ejercer la prensa para llevar a cabo las operaciones en el proceso de troquelado es fundamental para que la transformación se lleve a cabo de manera adecuada.

Además, es necesaria para el dimensionamiento del vástago de sujeción del utillaje; ya que forma parte en la transmisión de potencia del proceso.

Ésta se calcula como la suma de la fuerza instantánea máxima y la fuerza que ejercen los muelles en el punto muerto superior.

Es importante saber que no todas las operaciones se producen a la vez. Normalmente se dimensionan los **punzones** con **diferentes larguras** para **disminuir** la **potencia** de la prensa requerida.

Para obtener este último valor deben sumarse por separado las fuerzas que se producen a la vez. La potencia de la prensa será al menos de igual valor a la más crítica de las anteriores.

No se recomienda que la prensa trabaje a más del 65-70% de su capacidad, por lo que a la suma de las fuerzas del proceso se le aplica un factor de seguridad de dicho valor.

Suele expresarse en toneladas.

### **POSICIÓN DEL VÁSTAGO**

El vástago, **elemento** de **unión** entre la prensa y el utillaje y, por tanto, elemento transmisor de la fuerza, debe posicionarse en el **centro** de **presiones** resultante de las fuerzas de corte y doblado actuantes.

De esta forma, se **evitan excentricidades** que derivan en empujes laterales y esfuerzos que repercuten negativamente sobre los elementos del troquel.

Para llevar a cabo el cálculo del centro de fuerzas se debe establecer primero un sistema de coordenadas cartesiano.

Para obtener la coordenada del centro de presiones para dicho sistema cartesiano se emplea la siguiente ecuación:

$$CP(x, y) = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + \dots + F_n \cdot x_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + \dots + F_n \cdot y_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

Siendo:

*x* → coordenada en el eje X del centro de presiones

*y* → coordenada en el eje Y del centro de presiones

*x<sub>1,2,...,n</sub>* → coordenadas en el eje X de las fuerzas actuantes

*y<sub>1,2,...,n</sub>* → coordenadas en el eje Y de las fuerzas actuantes

*CP(x, y)* → centro de presiones (donde se coloca el vástago de sujeción)

## **4. DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL**

En este apartado se expone el procedimiento a seguir para el dimensionamiento de los elementos a partir de los cuales debe diseñarse el utillaje, en el orden de procedimiento adecuado. En él, se incluyen los cálculos y comprobaciones pertinentes que dan lugar al diseño óptimo de cada elemento.

### **PUNZONES**

El primer componente por el cual se comienza el diseño de un troquel es el punzón. Éste se dimensiona a partir de la geometría que requiere la pieza de estudio. Dicha geometría, se

define previamente en el diseño de la banda y en el cálculo de las fuerzas necesarias para llevar a cabo el proceso.

Por tanto, el único parámetro pendiente de definir en este apartado es la longitud de este.

Los punzones son elementos generalmente esbeltos que trabajan a compresión; por lo que son susceptibles de sufrir el fenómeno denominado pandeo.

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

A la hora de estudiar este fenómeno se escoge el punzón más crítico, es decir, el punzón de menor área transversal y momento de inercia.

Una vez establecida la longitud máxima permitida para no darse el fallo por pandeo, se dimensiona el resto de los punzones.

La comprobación se lleva a cabo considerando el punzón como una barra recta de sección y axil constante; para la cual se definen las siguientes relaciones matemáticas:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

Donde:

$\bar{\lambda} \rightarrow$  esbeltez reducida

$E \rightarrow$  módulo de elasticidad del material [GPa]

$I$

$\rightarrow$  momento de inercia del área de la sección para flexión en el plano considerado [ $mm^4$ ]

$L_k \rightarrow$  longitud de pandeo de la pieza [mm]

Antes de llevar a cabo los cálculos pertinentes, se debe establecer la longitud de pandeo del punzón, la cual depende de sus condiciones de apoyo.

De manera simplificada se puede considerar que la sujeción de estos es del tipo empotrada-articulada; ya que están sujetos en el extremo superior por la placa porta punzones, y en la parte inferior se deslizan guiados por la placa pisadora.

Por tanto, se puede definir la longitud de pandeo como:

$$L_k = 0,7 \cdot L$$

Donde:

$L \rightarrow$  longitud del punzón [mm]

Sabiendo que  $N_{cr} = F_c$  (de cada punzón) y sustituyendo en las ecuaciones anteriores se obtiene la longitud máxima que debe tener el punzón más crítico para que no falle por pandeo.

## **MATRIZ**

Se ha decidido diseñar la matriz en varias piezas, ajustadas entre sí formando la secuencia completa de operaciones que componen el proceso de transformación de la pieza.

Un aspecto importante a la hora de dimensionar la placa matriz es el espesor mínimo que debe tener para que no se produzca la rotura durante el proceso de mecanizado.

Existe una serie de cálculos aproximados para la obtención de dicho espesor:

$$e_{\min} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{F_c}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &\rightarrow \text{espesor mínimo de la placa matriz [mm]} \\
 F_c &\rightarrow \text{fuerza de corte [daN]}
 \end{aligned}$$

Otro parámetro para tener en cuenta a la hora de dimensionar la matriz es la distancia mínima que debe haber desde la arista de corte hasta el borde de la matriz:

$$a_{\min} = 10 + 0,8 \cdot e_{\text{matriz}}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 a_{\min} &\rightarrow \text{distancia mínima desde la arista de corte hasta el borde de la matriz [mm]} \\
 e_{\text{matriz}} &\rightarrow \text{espesor de la matriz [mm]}
 \end{aligned}$$

En cuanto al dimensionamiento de las cavidades interiores de la matriz, lo primero que se debe definir es la denominada vida de la matriz; mencionada en el subapartado 6.4.1.5. *Placa matriz*, perteneciente al apartado 6. *Análisis de soluciones*, del ANEXO I. MEMORIA.

La vida de la matriz suele oscilar entre 4 y 8 mm, empleándose la primera en matrices de reducida producción, y la segunda en las de elevada producción.

El troquel de estudio puede clasificarse como uno de producción intermedia, por lo que se empleará también una vida intermedia.

## **MUELLES**

Los muelles se emplean en el funcionamiento del sistema elástico de pisado y expulsión de la chapa. Estos se pueden posicionar de diversas formas en función de cómo se quiera llevar a cabo el diseño del troquel.

Se pueden colocar entre la placa guía punzones y la placa porta punzones, o entre la placa superior y la placa guía punzones.

En esta última disposición se pueden colocar concéntricos a las columnas guía del utillaje o bien concéntricos a los topes guía.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Son los encargados de realizar la fuerza de extracción de los punzones y de hacer que el subconjunto móvil vuelva a su posición inicial de manera correcta.

En cuanto a valores numéricos se refiere, los muelles son los elementos que llevan a cabo la fuerza de extracción de los punzones, la cual se reparte equitativamente entre todos los muelles colocados.

Estos elementos trabajan a compresión y la fatiga les afecta significativamente. Con el fin de aumentar su vida útil los fabricantes recomiendan precargarlos entre un 3% y un 5% de su longitud.

## ÍNDICE ANEXO II. CÁLCULOS

1.	DISEÑO DE LA BANDA .....	3
1.1.	DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA.....	3
1.2.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	4
1.2.1.	DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN .....	4
1.2.2.	DETERMINACIÓN DEL PASO .....	4
1.2.3.	RENDIMIENTO DE LA BANDA .....	5
1.3.	SECUENCIA OPERACIONAL.....	6
2.	CORTE .....	8
2.1.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	8
2.1.1.	TOLERANCIA DE CORTE .....	8
2.1.2.	DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE .....	9
2.2.	FUERZAS.....	10
2.2.1.	FUERZA DE CORTE .....	10
2.2.2.	FUERZA DE EXTRACCIÓN .....	13
2.2.3.	FUERZA DE EXPULSIÓN.....	13
3.	DOBLADO .....	14
3.1.	PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....	14
3.1.1.	RADIO MÍNIMO DE DOBLADO.....	14
3.1.2.	DESARROLLO DE LA CHAPA .....	14
3.1.3.	DISTANCIA MÍNIMA DE PUNZONADO.....	15
3.1.4.	HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ.....	17
3.2.	FUERZAS DEL PROCESO.....	17
3.2.1.	FUERZA DE DOBLADO.....	17
3.2.2.	FUERZA DEL PISADOR .....	18
4.	FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO.....	18
5.	DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL .....	21

## ÍNDICE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Disposición banda .....	3
<b>Imagen 2.</b> Área pieza .....	5
<b>Imagen 3.</b> Secuencia de operaciones banda de chapa .....	6
<b>Imagen 4.</b> Transformación banda .....	7
<b>Imagen 5.</b> Características mecánicas material de la chapa.....	8
<b>Imagen 6.</b> Corte lateral estaciones 1-2 .....	10
<b>Imagen 7.</b> Corte central estaciones 1-2.....	11
<b>Imagen 8.</b> Corte estación 3.....	11
<b>Imagen 9.</b> Corte estación 4.....	11
<b>Imagen 10.</b> Corte estación 6.....	12
<b>Imagen 11.</b> Corte estaciones 7-8.....	12
<b>Imagen 12.</b> Parámetros cálculo línea neutra .....	15
<b>Imagen 13.</b> Distancia del corte 4 a la cara interior del doblado .....	16
<b>Imagen 14.</b> Distancia del corte 6 a la cara interior del doblado .....	16
<b>Imagen 15.</b> Distancias desde el centro de gravedad de las fuerzas actuantes hasta el sistema de referencia establecido.....	19
<b>Imagen 16.</b> Corte estación 4.....	21

## ÍNDICE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Relación resistencia de corte-espesor .....	9
<b>Tabla 2.</b> Relación distancia de la línea neutra en función del espesor de la chapa.....	14
<b>Tabla 3.</b> Cálculo del CP .....	20

# ANEXO II. CÁLCULOS

En este anexo se lleva a cabo el cálculo de parámetros y esfuerzos del proceso explicados en ANEXO I. en función de las características y requisitos de diseño de la pieza a obtener.

## 1. DISEÑO DE LA BANDA

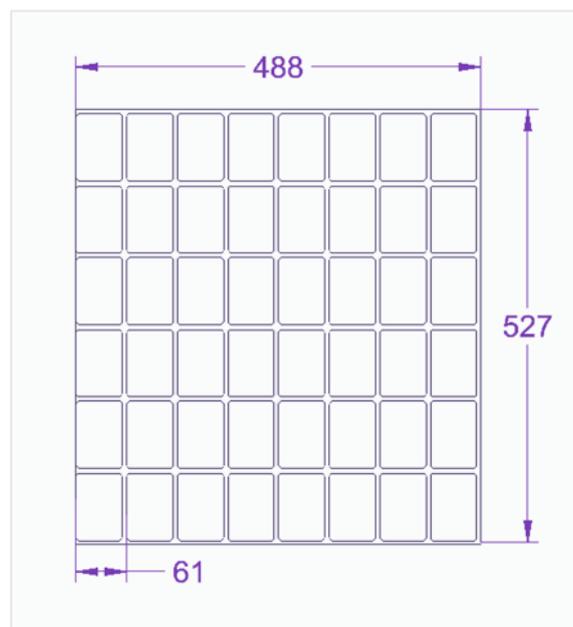
### 1.1. DISPOSICIÓN DE LA PIEZA SOBRE LA BANDA

Debido a la geometría rectangular de la pieza de estudio, quedan descartadas la disposición oblicua y la invertida; ya que no aportan aumento alguno en el rendimiento de la chapa.

En cuanto al tipo de disposición en función del número de piezas a obtener, se decide emplear una disposición múltiple en la que se obtienen seis piezas por golpe; aumentando de esta manera el ritmo de producción, pero sin elevar demasiado el coste del utillaje.

Por tanto, la disposición escogida para la fabricación del soporte es la normal múltiple, en la cual se fabrican seis piezas simultáneamente, dispuestas en dirección perpendicular al eje de la matriz.

El empleo de dicha disposición da lugar a un utillaje de dimensiones considerables, con facilidad de adaptación a elementos normalizados/comerciales; lo cual supone un notable ahorro en la fabricación.



*Imagen 1. Disposición banda*

## 1.2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

### 1.2.1. DISTANCIA ÓPTIMA DE SEPARACIÓN

Tal y como se describe en el apartado 1.1.2. *Distancia óptima de separación* en el documento ANEXO I, dicho parámetro se obtiene a partir de la siguiente relación matemática:

$$S_{\min} = 1,5 \cdot e$$

Siendo:

$$e \rightarrow \text{espesor de la chapa [mm]}$$

En este caso, sabiendo que el espesor de la chapa tiene un valor de 3 mm:

$$S_{\min} = 4,5[\text{mm}]$$

Debido a que el material de la pieza será suministrado en forma de chapa, ésta debe tener unas dimensiones de valores enteros. Por tanto, con el fin de ajustar las medidas que requiere la pieza de estudio a las medidas estandarizadas que proporciona el fabricante, se decide diseñar la banda con una distancia de separación de 5 mm entre el borde de la pieza y el borde del fleje, entre piezas consecutivas y entre las piezas que se fabrican en el mismo golpe.

### 1.2.2. DETERMINACIÓN DEL PASO

Una vez elegida la disposición de la pieza se calcula el paso en función de la anchura de ésta y de la distancia de separación entre piezas consecutivas.

$$P = S + a$$

Donde:

$$S \rightarrow \text{separación entre piezas consecutivas [mm]}$$

$$a \rightarrow \text{anchura de la pieza desarrollada [mm]}$$

En el caso de la pieza de estudio:

$$S = 5 [\text{mm}]$$

$$a = 56 [\text{mm}]$$

Por tanto:

$$P = 61 [\text{mm}]$$

### 1.2.3. RENDIMIENTO DE LA BANDA

Éste se calcula a partir de la siguiente relación matemática:

$$\text{Rendimiento [\%]} = \frac{A_{\text{pieza}} \cdot N}{A_{\text{chapa}}} \cdot 100$$

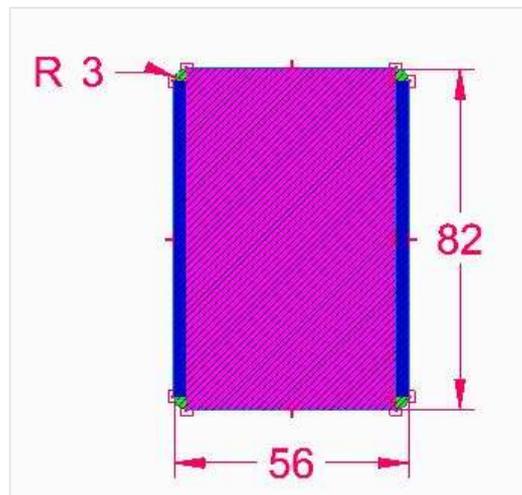
Donde:

$A_{\text{pieza}}$  → Área de la pieza (sin tener en cuenta orificios interiores) [ $\text{mm}^2$ ]

$N$  → número de piezas que se obtienen en el  $A_{\text{chapa}}$  estudiada

$A_{\text{chapa}}$  → Área de la banda (tramo desde entrada hasta salida) [ $\text{mm}^2$ ]

El área de la pieza se puede obtener de la siguiente manera:



*Imagen 2. Área pieza*

Tal y como se aprecia en la *Imagen 2* la superficie de la pieza se ha subdividido para poder calcularla de forma más sencilla.

Dichas subdivisiones tienen una superficie de aproximadamente los siguientes valores:

$$A_{\text{rosa}} = (82 - 6) \cdot (56 - 6) = 3.800 [\text{mm}^2]$$

$$A_{\text{azul}} = 3 \cdot (82 - 6) = 228 [\text{mm}^2]$$

$$A_{\text{verde}} = \frac{\pi r^2}{4} \cong 7 [\text{mm}^2]$$

Por tanto:

$$A_{\text{pieza}} = A_{\text{rosa}} + 2 \cdot A_{\text{azul}} + 4 \cdot A_{\text{verde}}$$

$$A_{\text{pieza}} = 4.284 [\text{mm}^2]$$

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

La superficie de chapa desde la entrada hasta la salida es:

$$A_{\text{chapa}} = 488 \times 527 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A_{\text{chapa}} = 257.176 \text{ [mm}^2\text{]}$$

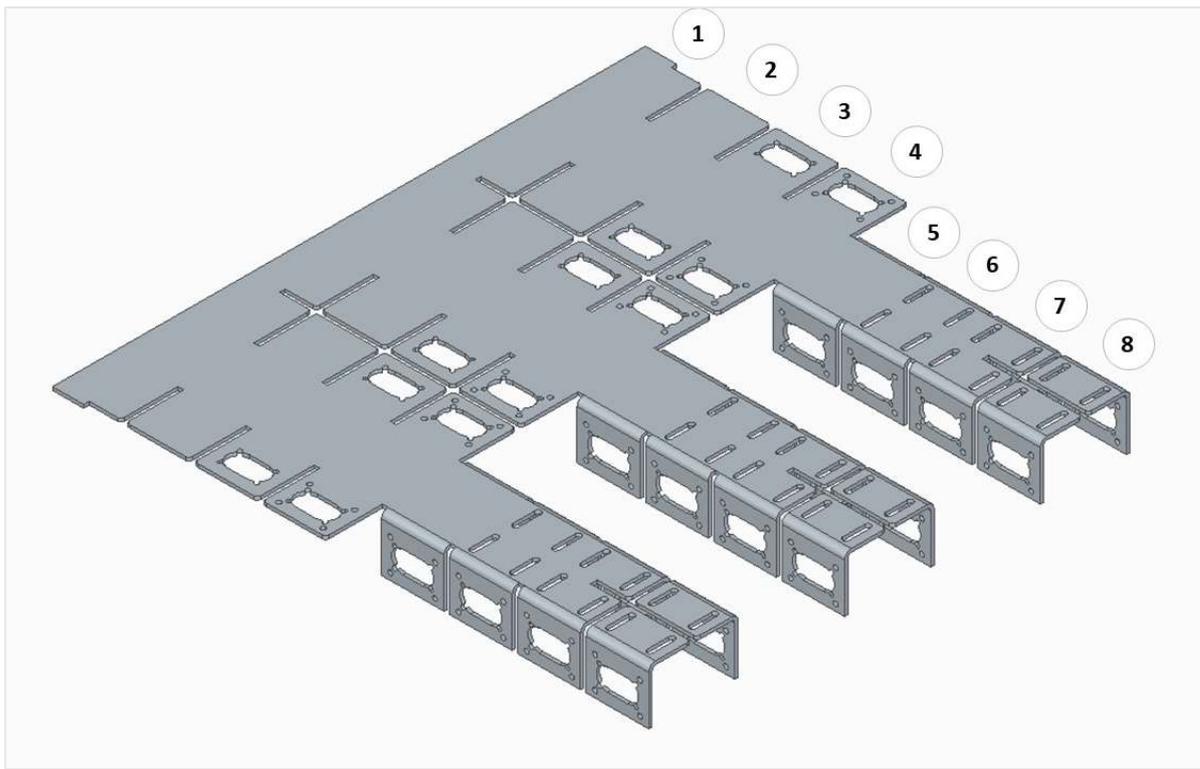
Teniendo en cuenta que en dicha superficie de chapa se obtienen 48 piezas (N=48):

$$\text{Rendimiento} = \frac{4.284 \cdot 48}{257.176} \cdot 100 = 79.96 \text{ [\%]} \cong 80 \text{ [\%]}$$

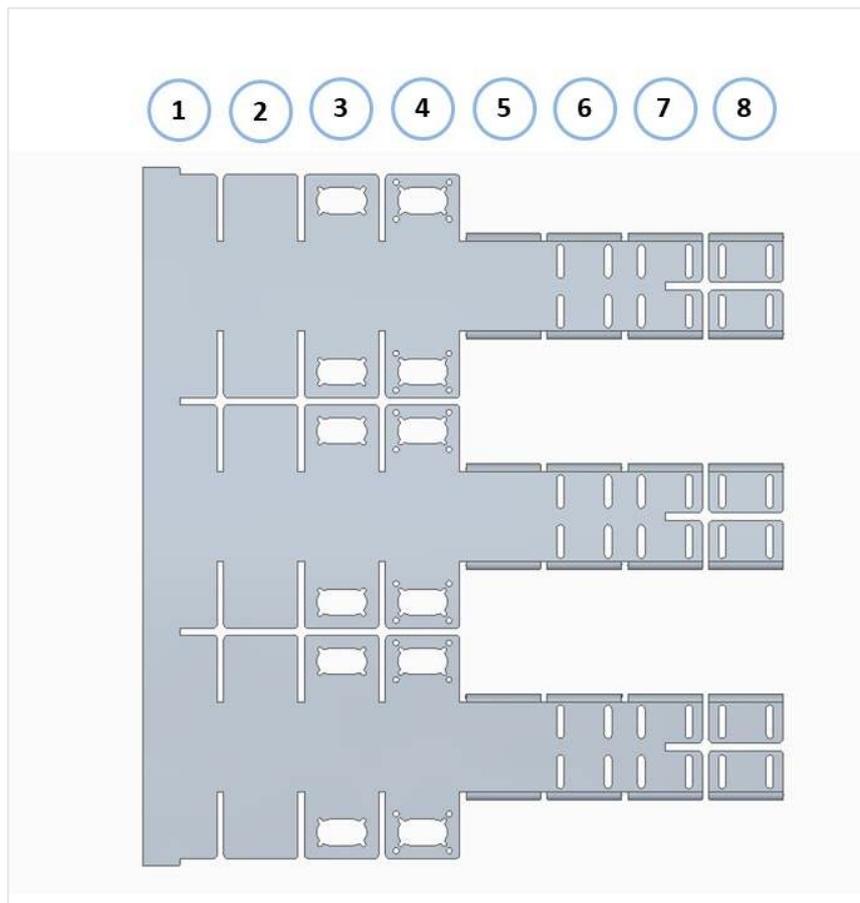
Se trata de un rendimiento bastante elevado, por lo que se garantiza la viabilidad económica del proyecto en lo que respecta al aprovechamiento de la materia prima.

### 1.3. SECUENCIA OPERACIONAL

A continuación, se muestra una imagen del resultado de la banda metálica tras las operaciones pertinentes para su transformación y una imagen de la planta de esta. En ellas se enumeran las operaciones en el orden de transformación de la banda.



*Imagen 3. Secuencia de operaciones banda de chapa*



*Imagen 4. Transformación banda*

El proceso de transformación de la banda de chapa se ha subdividido en ocho estaciones, transcurriendo de una a otra en cada golpe de prensa; es decir, la distancia que separa unas de otras es el parámetro denominado paso, definido en apartados anteriores.

#### **ESTACIONES 1 Y 2 (CORTE)**

A partir de los punzones en forma de T de los laterales y los punzones centrales en forma de cruz, se lleva a cabo el corte de la geometría exterior de la pieza. Es habitual el uso de punzones de este tipo, con los que se realiza el corte de la primera mitad en una estación, y se completa el corte en la estación siguiente.

#### **ESTACIÓN 3 (CORTE)**

En esta estación se obtiene el orificio interior de mayor tamaño.

#### **ESTACIÓN 4 (CORTE)**

Estación en la cual se llevan a cabo los cuatro agujeros circulares circundantes al orificio realizado en la estación 3.

### **ESTACIÓN 5 (DOBLADO)**

Se realiza el doblado a 90º de la chapa.

### **ESTACIÓN 6 (CORTE)**

En esta estación se llevan a cabo los dos orificios alargados que componen el otro lado de la pieza. Se realizan tras el doblado ya que éstos no cumplen la distancia mínima a la zona de doblado y, por tanto, si se llevasen a cabo antes que éste, el doblado posterior podría dar lugar a deformaciones en los agujeros.

### **ESTACIONES 7 Y 8 (CORTE)**

Se trata de estaciones como la 1 y 2, en las cuales se lleva a cabo el corte de la geometría exterior de la pieza en dos pasos. En estas estaciones se realiza el corte de la geometría exterior de las piezas con la consecuente separación de estas en la estación final.

## **2. CORTE**

### **2.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES**

#### **2.1.1. TOLERANCIA DE CORTE**

La elección de una tolerancia de corte adecuada está directamente relacionada con las propiedades mecánicas del material de la chapa que se va a conformar.

Dichas propiedades se exponen en el catálogo del fabricante, incluido en el ANEXO III. Catálogos.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO DE RECOCIDO	Rp <sub>0.2</sub>	> 230 N/mm <sup>2</sup>
	Rm	540 - 750 N/mm <sup>2</sup>
	Alargamiento	> 45%
	Dureza	< 200 HB

*Imagen 5. Características mecánicas material de la chapa*

En él se establece que la resistencia de corte/tensión de rotura del material de oscila entre 540 y 750 N/mm<sup>2</sup>.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Para la obtención de la tolerancia de corte se emplea la siguiente tabla que relaciona la resistencia al corte del material y el espesor de este:

Resistencia al corte [kg/mm <sup>2</sup> ]	Factor de tolerancia [mm]
< 10	0.01 · e
11 – 25	0.03 · e
26 – 39	0.05 · e
40 – 59	0.07 · e
<b>60 – 99</b>	<b>0.09 · e</b>
> 100	0.10 · e

**Tabla 1.** Relación resistencia de corte-espesor

Operando con las unidades adecuadas, utilizando un valor de resistencia al corte para el acero de 588 [N/mm<sup>2</sup>] considerando:

$$e = \text{espesor de cálculo} = 3 \text{ [mm]}$$

$$R_m = 588 \left[ \frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

$$1 \text{ kg} = 9,81 \text{ [N]}$$

$$R_m = 588 \left[ \frac{N}{\text{mm}^2} \right] \times \frac{1 \text{ [kg]}}{9,81 \text{ [N]}} = 60 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]$$

La tolerancia óptima es:

$$T_c = 0,09 \cdot e = 0,27 \text{ [mm]}$$

### 2.1.2. DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE

El orificio más pequeño que requiere la pieza de estudio es de Ø4,5 mm.

El diámetro mínimo que podría realizarse sin comprometer el buen funcionamiento de los punzones es el siguiente:

$$D_{\min} = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ [mm]}$$

Se comprueba, por tanto, que no existe riesgo de fallo en los punzones en la operación de corte debido a diámetros demasiado reducidos.

## 2.2. FUERZAS

### 2.2.1. FUERZA DE CORTE

En el proceso de transformación del soporte es necesario llevar a cabo una serie de cortes; los cuales requieren esfuerzos diferentes, en función de su geometría.

Por tanto, se realizan a continuación los cálculos pertinentes para cada corte del proceso.

Los valores de resistencia a la cizalladura del material y del espesor de la chapa son constantes e iguales para todos los cortes.

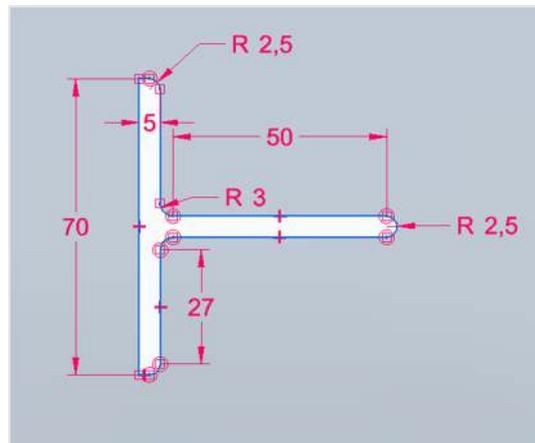
$$\sigma_c = R_m = 588 \left[ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$e = \text{espesor de cálculo} = 3 \text{ [mm]}$$

Tal y como se explica en el *ANEXO I*, en el apartado 2.1. *Corte de chapa*, la fuerza de corte se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$F_c \text{ [N]} = \sigma_c \cdot P \cdot e$$

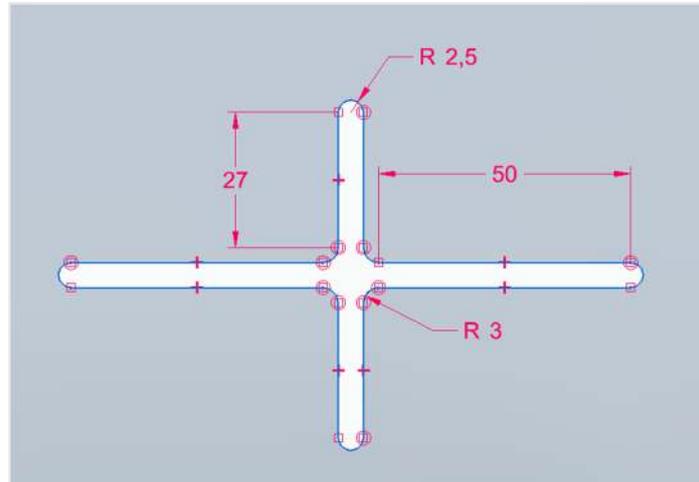
#### ESTACIONES 1-2



**Imagen 6.** Corte lateral estaciones 1-2

$$P \approx 231 \text{ [mm]}$$

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR



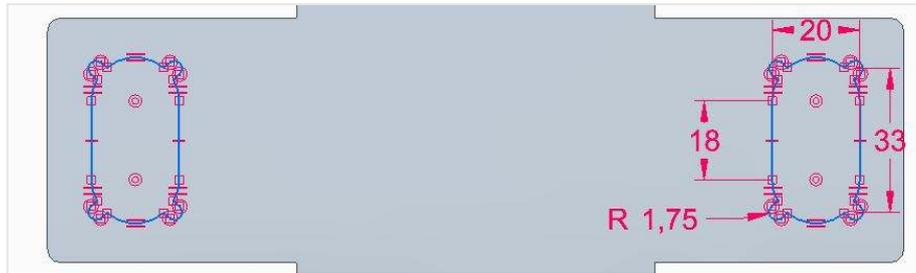
**Imagen 7.** Corte central estaciones 1-2

$$P = 450 \text{ [mm]}$$

$$F_{c\ 1-2\ lateral} \text{ [N]} = 407.484 \text{ [N]} \cong 407,48 \text{ [kN]} \rightarrow \text{cada punzón (x2)}$$

$$F_{c\ 1-2\ central} \text{ [N]} = 793.800 \text{ [N]} = 793,8 \text{ [kN]} \rightarrow \text{cada punzón (x2)}$$

**ESTACIÓN 3**



**Imagen 8.** Corte estación 3

$$P = 120,8 \text{ [mm]}$$

$$F_{c\ 3} \text{ [N]} = 213.091 \text{ [N]} \cong 213 \text{ [kN]} \rightarrow \text{cada punzón (x6)}$$

**ESTACIÓN 4**



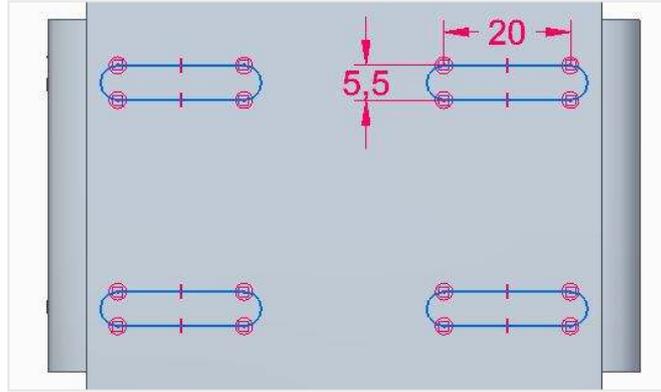
**Imagen 9.** Corte estación 4

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

$$P = \frac{9}{2}\pi [mm]$$

$$F_{c4} [N] = 24.937 [N] \cong 24,94 [kN] \rightarrow \text{cada punzón (x24)}$$

**ESTACIÓN 6**

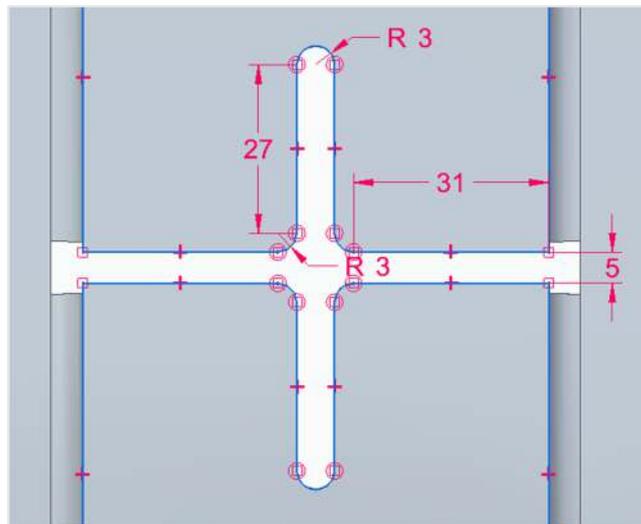


**Imagen 10.** Corte estación 6

$$P = 57 [mm]$$

$$F_{c6} [N] = 100.544 [N] \cong 100,5 [kN] \rightarrow \text{cada punzón (x12)}$$

**ESTACIONES 7-8**



**Imagen 11.** Corte estaciones 7-8

$$P = 270 [mm]$$

$$F_{c7-8} [N] = 476.280 [N] \cong 476,3 [kN] \rightarrow \text{cada punzón (x3)}$$

### 2.2.2. FUERZA DE EXTRACCIÓN

Este valor se aproxima a un 10% de la fuerza de corte, por lo que en cada estación toma un valor diferente:

#### ESTACIONES 1-2

$$F_{ext\ 1-2\ lateral} [N] = 40,74 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x2)}$$

$$F_{ext\ 1-2\ central} [N] = 79,3 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x2)}$$

#### ESTACIÓN 3

$$F_{ext\ 3} [N] = 21,3 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x6)}$$

#### ESTACIÓN 4

$$F_{ext\ 4} [N] = 2,4 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x24)}$$

#### ESTACIÓN 6

$$F_{ext\ 6} [N] = 10 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x12)}$$

#### ESTACIONES 7-8

$$F_{ext\ 7-8} [N] = 47,6 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x3)}$$

#### ○ FUERZA DE EXTRACCIÓN TOTAL

$$F_{ext\ total} [N] = \sum F_{ext} = 688,2 [kN]$$

### 2.2.3. FUERZA DE EXPULSIÓN

Se trata de una fuerza de valor aproximadamente igual al 1,5% de la fuerza de corte; esfuerzo que se añade al valor de la fuerza de corte que debe ejercer cada punzón.

#### ESTACIONES 1-2

$$F_{exp\ lateral} [N] = 6,1 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x2)}$$

$$F_{exp\ central} [N] = 11,9 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x2)}$$

#### ESTACIÓN 3

$$F_{exp} [N] = 3,1 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x6)}$$

#### ESTACIÓN 4

$$F_{exp} [N] = 0,37 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x24)}$$

**ESTACIÓN 6**

$$F_{exp} [N] = 1,5 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x12)}$$

**ESTACIONES 7-8**

$$F_{exp} [N] = 7,1 [kN] \rightarrow \text{por cada punzón (x3)}$$

### 3. DOBLADO

#### 3.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

##### 3.1.1. RADIO MÍNIMO DE DOBLADO

El radio mínimo de doblado se obtiene a partir de un cálculo aproximado que depende del espesor de la chapa a transformar.

Se opta por escoger un radio mínimo de igual valor que el espesor de la chapa.

Sabiendo que:

$$e = 3 [mm]$$

Siendo:

$$e \rightarrow \text{espesor de la chapa [mm]}$$

Entonces:

$$r_{\text{mín}} = e = 3 [mm]$$

##### 3.1.2. DESARROLLO DE LA CHAPA

Según el método aproximado para la obtención de la distancia desde el interior de la curva de doblado hasta la línea neutra es la siguiente en función del espesor de la chapa:

ESPESOR DE LA CHAPA [mm]	VALOR DE X
$2 < e < 4$	$\frac{3}{7} \cdot e$

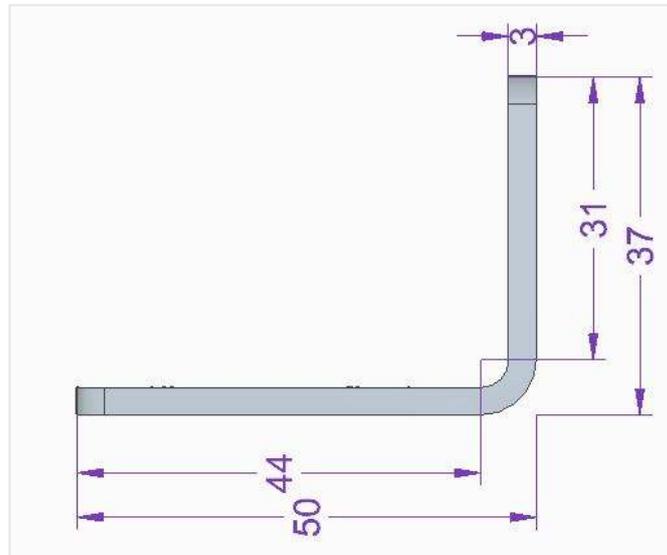
**Tabla 2.** Relación distancia de la línea neutra en función del espesor de la chapa

Sabiendo que:

$$e = 3 [mm]$$

Entonces:

$$x = \frac{9}{7} [mm]$$



*Imagen 12. Parámetros cálculo línea neutra*

A partir del cálculo experimental y teniendo en cuenta la distancia hasta la línea neutra obtenida anteriormente, se obtiene la longitud de la línea neutra; lo que es lo mismo que la longitud inicial de la chapa o desarrollo de esta.

$$L = a + b + \left[ \frac{\pi \cdot (r + x)}{2} \right]$$

Sabiendo que:

$$a = 50 \text{ [mm]}$$

$$b = 37 \text{ [mm]}$$

Entonces:

$$L = 50 + 37 + \left[ \frac{\pi \cdot \left( 3 + \frac{9}{7} \right)}{2} \right]$$

$$L = 82 \text{ [mm]}$$

### 3.1.3. DISTANCIA MÍNIMA DE PUNZONADO

Se comprueba, a continuación, que todos los cortes interiores de la pieza (orificios) cumplan la distancia mínima a la cara interior del doblado.

Para ello, se obtiene primero la distancia mínima que debe cumplirse en función del radio de doblado y del espesor de la chapa.

$$d = r + 2 \cdot e$$

Sabiendo que:

$$r = 3 \text{ [mm]}$$

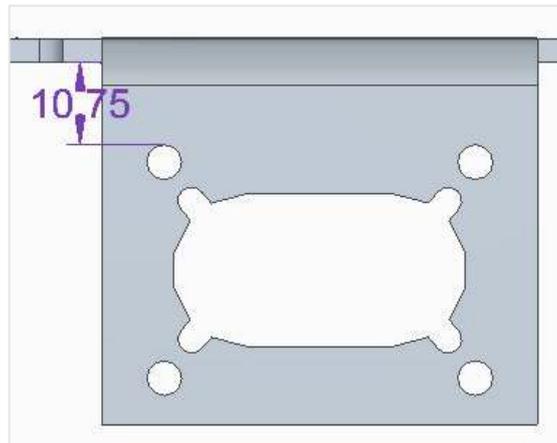
$$e = 3 \text{ [mm]}$$

Entonces:

$$d = 9 \text{ [mm]}$$

Se debe verificar que no se exceda la distancia obtenida anteriormente en los siguientes cortes:

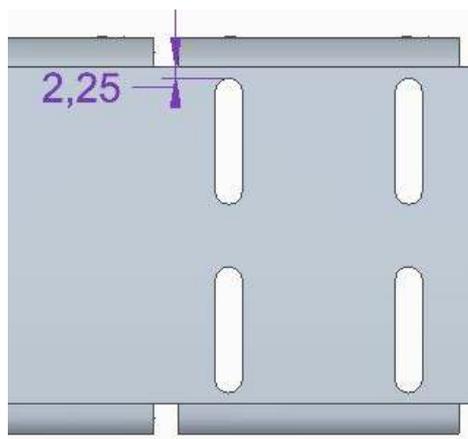
 **ESTACIÓN 4**



**Imagen 13.** Distancia del corte 4 a la cara interior del doblado

$$d = 10,75 \text{ [mm]} > 9 \text{ [mm]} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

 **ESTACIÓN 6**



**Imagen 14.** Distancia del corte 6 a la cara interior del doblado

$$d = 2,25 \text{ [mm]} < 9 \text{ [mm]} \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

Por tanto, la operación de corte realizada en la estación 6 no puede llevarse a cabo previamente a la operación de doblado; ya que esta última podría derivar en una deformación de los orificios.

### 3.1.4. HOLGURA ENTRE PUNZÓN Y MATRIZ

La holgura entre el punzón de doblado y la matriz se obtiene a partir de la ecuación:

$$H = e + 0,1 \cdot e$$

Sabiendo que:

$$e = 3 [mm]$$

Entonces:

$$H = 3,3 [mm]$$

## 3.2. FUERZAS DEL PROCESO

### 3.2.1. FUERZA DE DOBLADO

La fuerza necesaria para doblar la chapa se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$F_d = \frac{b \cdot e \cdot \sigma_f}{6}$$

Donde:

$b \rightarrow$  ancho del material a doblar [mm]

$e \rightarrow$  espesor de la chapa [mm]

$\sigma_f$

$\rightarrow$  tensión de trabajo a flexión necesarios para la deformación permanente  $[\frac{N}{mm^2}]$

$\sigma_b =$  resistencia del material a tracción  $[\frac{N}{mm^2}]$

La tensión de trabajo a flexión se puede aproximar al doble de la resistencia del material a tracción.

$$\sigma_f = 2 \cdot \sigma_b$$

Por lo que, sabiendo:

$$\sigma_b = R_m = 588 \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

$$b = 56 [mm]$$

$$e = 3 [mm]$$

Entonces:

$$F_d = \frac{56 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 588}{6}$$

$$F_d = 32.928 \text{ [N]} \cong 33 \text{ [kN]}$$

La fuerza obtenida es la fuerza vertical que debería realizarse para llevar a cabo un doblado convencional.

Teniendo en cuenta que se realizan 6 doblados simultáneamente, se calcula la fuerza total de doblado del proceso:

$$F_{TOTAL DOBLADO} = 6 \cdot F_d = 198 \text{ [kN]}$$

### 3.2.2. FUERZA DEL PISADOR

La fuerza del pisador se estima en un 40% de la fuerza de doblado:

$$F_p = 0,4 \cdot 198 \text{ [kN]}$$

$$F_p \cong 79 \text{ [kN]}$$

## 4. FUERZA DE LA PRENSA Y POSICIÓN DEL VÁSTAGO

### FUERZA DE LA PRENSA

Tal y como se ha mencionado en el apartado 3. *Fuerza de la prensa y posición del vástago*, perteneciente al ANEXO I. *Documentación de partida*, la fuerza de la prensa se obtiene a partir de la suma de la fuerza instantánea máxima y la fuerza que ejercen los muelles en el punto muerto inferior.

Con el fin de disminuir la potencia se han diseñado los punzones con distintas larguras para que las operaciones se produzcan en distintos tiempos.

Tal y como se comprueba en el apartado 5. *Dimensionado de los elementos del troquel*, la operación que compromete la capacidad de la prensa es la que se lleva a cabo en las estaciones 1 y 2; concretamente la que realizan los punzones centrales. Cada uno de ellos debe realizar un esfuerzo de valor 805,7 [kN], teniendo en cuenta la fuerza de corte y de expulsión. Se trata de un valor elevado, por lo que los punzones se diseñarán de diferentes longitudes para que el corte se lleve a cabo en distintos tiempos y la prensa no tenga que transmitir una potencia demasiado elevada.

Por tanto:

$$F_{máxima proceso} = F_{inst max} + F_{ext total} = 805,7 \cdot 2 + 688,2 = 2.299,6 \text{ [kN]}$$

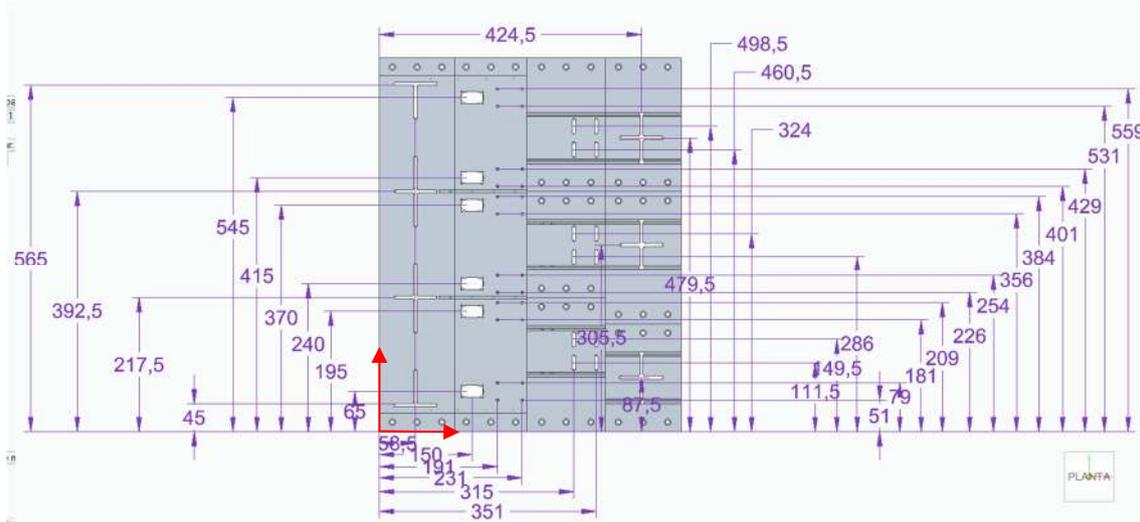
Aplicando un factor de seguridad del 70%:

$$F_{prensa} = 2.299,6 + 0,3 \cdot 2.299,6 = 2.989,48 \text{ [kN]} = 304,84 \text{ [t]}$$

La prensa escogida para la transmisión de potencia debe ser capaz de transmitir al menos 305 [t] de fuerza.

### POSICIÓN DEL VÁSTAGO

Para la obtención del centro de presiones y, por tanto, de la posición del vástago, se establece el siguiente sistema de referencia y se realizan los cálculos a partir de las distancias de la *Imagen 14*.



**Imagen 15.** Distancias desde el centro de gravedad de las fuerzas actuantes hasta el sistema de referencia establecido.

$$CP(x, y) = \frac{F_1 \cdot x_1 + F_2 \cdot x_2 + \dots + F_n \cdot x_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \frac{F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + \dots + F_n \cdot y_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}$$

Al tratarse de un número elevado de fuerzas y de coordenadas se ha empleado una tabla Excel para el cálculo.

	F [kN]	x [mm]	y [mm]	F*x	F*y
F <sub>1</sub>	407,5	58,5	45,0	23837,6	18336,6
F <sub>2</sub>	793,8	58,5	217,5	46437,3	172651,5
F <sub>3</sub>	793,8	58,5	392,5	46437,3	311566,5
F <sub>4</sub>	407,5	58,5	565,0	23837,6	230226,2
F <sub>5</sub>	213,0	150,0	65,0	31950,0	13845,0
F <sub>6</sub>	213,0	150,0	195,0	31950,0	41535,0
F <sub>7</sub>	213,0	150,0	240,0	31950,0	51120,0
F <sub>8</sub>	213,0	150,0	370,0	31950,0	78810,0
F <sub>9</sub>	213,0	150,0	415,0	31950,0	88395,0
F <sub>10</sub>	213,0	150,0	545,0	31950,0	116085,0
F <sub>11</sub>	24,9	191,0	51,0	4763,5	1271,9
F <sub>12</sub>	24,9	231,0	51,0	5761,1	1271,9
F <sub>13</sub>	24,9	191,0	79,0	4763,5	1970,3
F <sub>14</sub>	24,9	231,0	79,0	5761,1	1970,3
F <sub>15</sub>	24,9	191,0	181,0	4763,5	4514,1

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

	F [kN]	x [mm]	y [mm]	F*x	F*y
F <sub>16</sub>	24,9	231,0	181,0	5761,1	4514,1
F <sub>17</sub>	24,9	191,0	209,0	4763,5	5212,5
F <sub>18</sub>	24,9	231,0	209,0	5761,1	5212,5
F <sub>19</sub>	24,9	191,0	226,0	4763,5	5636,4
F <sub>20</sub>	24,9	231,0	226,0	5761,1	5636,4
F <sub>21</sub>	24,9	191,0	254,0	4763,5	6334,8
F <sub>22</sub>	24,9	231,0	254,0	5761,1	6334,8
F <sub>23</sub>	24,9	191,0	356,0	4763,5	8878,6
F <sub>24</sub>	24,9	231,0	356,0	5761,1	8878,6
F <sub>25</sub>	24,9	191,0	384,0	4763,5	9577,0
F <sub>26</sub>	24,9	231,0	384,0	5761,1	9577,0
F <sub>27</sub>	24,9	191,0	401,0	4763,5	10000,9
F <sub>28</sub>	24,9	231,0	401,0	5761,1	10000,9
F <sub>29</sub>	24,9	191,0	429,0	4763,5	10699,3
F <sub>30</sub>	24,9	231,0	429,0	5761,1	10699,3
F <sub>31</sub>	24,9	191,0	531,0	4763,5	13243,1
F <sub>32</sub>	24,9	231,0	531,0	5761,1	13243,1
F <sub>33</sub>	24,9	191,0	559,0	4763,5	13941,5
F <sub>34</sub>	24,9	231,0	559,0	5761,1	13941,5
F <sub>35</sub>	100,5	315,0	111,5	31657,5	11205,8
F <sub>36</sub>	100,5	351,0	111,5	35275,5	11205,8
F <sub>37</sub>	100,5	315,0	149,5	31657,5	15024,8
F <sub>38</sub>	100,5	351,0	149,5	35275,5	15024,8
F <sub>39</sub>	100,5	315,0	286,0	31657,5	28743,0
F <sub>40</sub>	100,5	351,0	286,0	35275,5	28743,0
F <sub>41</sub>	100,5	315,0	324,0	31657,5	32562,0
F <sub>42</sub>	100,5	351,0	324,0	35275,5	32562,0
F <sub>43</sub>	100,5	315,0	460,5	31657,5	46280,3
F <sub>44</sub>	100,5	351,0	460,5	35275,5	46280,3
F <sub>45</sub>	100,5	315,0	498,5	31657,5	50099,3
F <sub>46</sub>	100,5	351,0	498,5	35275,5	50099,3
F <sub>47</sub>	476,3	424,5	87,5	202189,4	41676,3
F <sub>48</sub>	476,3	424,5	605,5	202189,4	288399,7
F <sub>49</sub>	476,3	424,5	479,5	202189,4	228385,9
F TOTAL	6914,0				
CP				212,1	322,7

**Tabla 3.** Cálculo del CP

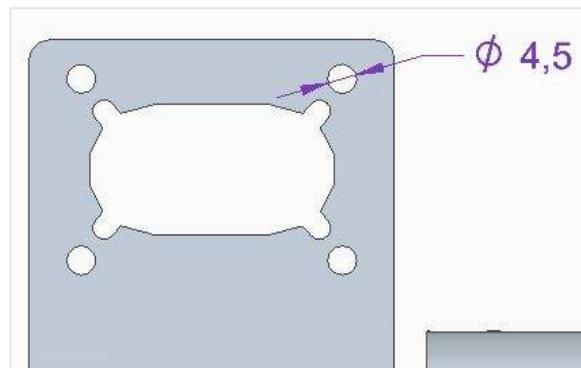
Por tanto, el vástago se posicionará a una distancia de 212,1mm en el eje X y 322,7 mm en el eje Y, según el sistema de referencia escogido.

## 5. DIMENSIONADO DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL

### PUNZONES

Tal y como se explica en el apartado 4. *Dimensionado de los elementos del troquel*, perteneciente a ANEXO I. *Documentación de partida*; lo primero que se debe dimensionar son los punzones, y ha de hacerse teniendo en cuenta el fenómeno de pandeo.

Para ello se escoge el punzón más crítico, que en este caso es el punzón que lleva a cabo los orificios circulares pertenecientes a la estación 4.



*Imagen 16. Corte estación 4*

La obtención de la longitud máxima de los punzones se lleva a cabo a partir de las siguientes relaciones:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

Donde:

$\bar{\lambda} \rightarrow$  esbeltez reducida

$E \rightarrow$  módulo de elasticidad del material [GPa]

$I$

$\rightarrow$  momento de inercia del área de la sección para flexión en el plano considerado [ $mm^4$ ]

$L_k \rightarrow$  longitud de pandeo de la pieza [mm]

Tal y como se ha demostrado en el apartado teórico:

$$L_k = 0,7 \cdot L$$

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Donde:

$L \rightarrow$  longitud del punzón [mm]

Estableciendo las relaciones pertinentes se obtiene la siguiente ecuación:

$$L_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot I}{N_{cr}}}$$

Para llevar a cabo las operaciones se establecen las siguientes relaciones:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} [mm^4]$$

$$N_{cr} = F_c [N]$$

Donde:

$d \rightarrow$  diámetro del punzón [mm]

El valor de la fuerza de corte que debe llevar a cabo cada punzón para realizar la operación de corte se ha obtenido en el subapartado 2.2.1. *Fuerza de corte*, perteneciente a este mismo documento.

$$F_c(\text{por cada punzón}) = 24,94 [kN]$$

Para llevar a cabo las operaciones se emplea un valor de fuerza de corte  $F_c = 25 [kN]$  con el fin de establecer un valor más crítico, ya que el que se ha obtenido es el mínimo.

Considerando el siguiente valor del módulo de elasticidad para el acero:

$$E = 210 [GPa]$$

Y sabiendo que:

$$d = 4,5 [mm]$$

Sustituyendo los valores anteriores se obtiene la longitud máxima de los punzones más críticos:

$$L_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \left[ \frac{N}{mm^2} \right] \cdot I [mm^4]}{N_{cr} [N]}}$$

$$L_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot \frac{\pi \cdot 4,5^4}{64}}{25 \cdot 10^3}}$$

$$L_{m\acute{a}x} = 57,77 [mm]$$

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Con el fin de que no se produzca el fallo, el punzón perforador de la estación 4 tendrá una longitud de pandeo de 48 mm, y una longitud total de 107 mm (sin tener en cuenta la cabeza, la cual tendrá la misma longitud que el espesor del porta punzones).

A partir de dicho valor se dimensiona el resto de los punzones, teniendo en cuenta que éstos podrían ser más largos sin alcanzar el fallo.

A continuación, se expone y justifica la elección de las medidas principales de los punzones que componen el troquel.

### ➤ **PUNZÓN ESTACIONES 1 Y 2**

Los punzones de este tipo son los encargados de llevar a cabo la geometría exterior de la pieza. Es por esto por lo que las dimensiones que deben poseer son las nominales; aplicándole la tolerancia al orificio de la matriz donde se alojan al producirse el corte.

La geometría del punzón tiene forma de T, aunque solo la parte que realiza el corte. El cuerpo del punzón se diseña con forma rectangular con el fin de albergar espacio suficiente para los agujeros roscados que permiten fijarlo a la parte superior del troquel por medio de tornillos.

### ➤ **PUNZÓN ESTACIÓN 3**

Este tipo de punzón es el que lleva a cabo el agujero de mayor dimensión de la pieza. Al ser de dimensiones relativamente grandes no es necesario que el cuerpo posea una zona más ancha para abarcar los agujeros de sujeción.

### ➤ **PUNZÓN ESTACIÓN 4**

Es el punzón a partir del cual se ha determinado la longitud máxima; es decir, el más crítico.

Tal y como se ha determinado anteriormente, su longitud es de 107 mm.

### ➤ **PUNZÓN ESTACIÓN 5**

El punzón que transforma la pieza en la estación 5 es un punzón de doblado. La operación de doblado debe ser la última en llevarse a cabo; ya que una vez que el punzón alcance la chapa y lleve a cabo la operación, la parte móvil del utillaje no podrá seguir descendiendo. Por tanto, el punzón más corto de todos será este.

Dicho punzón se dimensiona de tal forma que realice la transformación a la vez que los punzones de corte críticos que actúan en la estación 4.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

### ○ DIMENSIONADO

Tal y como se menciona en el apartado 4. *Fuerza de la prensa y posición del vástago*, los punzones han de diseñarse de diferentes longitudes distribuyendo así de forma uniforme los esfuerzos que deben llevarse a cabo en todas las estaciones.

Se expone a continuación la longitud establecida para cada tipo de punzón y los esfuerzos que se llevarán a cabo a la vez en cada golpe de prensa. Los valores de fuerza individuales de cada tipo de punzón se han obtenido en el subapartado 2.2.1. *Fuerza de corte*.

#### ➤ **PUNZONES ESTACIONES 4 Y 5**

Teniendo en cuenta la longitud que se comprimen los muelles escogidos:

La longitud mínima que deben poseer estos es de 107 mm.

El esfuerzo que se llevará a cabo al mismo tiempo será el siguiente:

$$F_{4-5} = F_{4\ tot} + F_{5\ tot} = 24,94 \cdot 24 + 198 = 796,56 \ [kN]$$

#### ➤ **PUNZONES ESTACIÓN 1 Y ESTACIÓN 2 (LATERALES)**

Estos punzones tendrán una longitud de 109 mm.

El esfuerzo total realizado en ambas operaciones es:

$$F_{1-2\ lateral\ total} = 407,48 \cdot 2 = 814,96 \ [kN]$$

#### ➤ **PUNZONES ESTACIONES 1 Y 2 (CENTRALES)**

Estos punzones tendrán una longitud de 111 mm.

El esfuerzo total realizado en ambas operaciones es:

$$F_{1-2\ central\ total} = 793,8 \cdot 2 = 1.587,6 \ [kN]$$

#### ➤ **PUNZONES ESTACIÓN 3**

Estos punzones tendrán una longitud de 113 mm.

El esfuerzo total realizado en ambas operaciones es:

$$F_{3\ total} = 213 \cdot 6 = 1.278 \ [kN]$$

#### ➤ **PUNZONES ESTACIÓN 6**

Estos punzones tendrán una longitud de 115 mm.

El esfuerzo total realizado en ambas operaciones es:

$$F_{6\ total} = 100,5 \cdot 12 = 1.206 \ [kN]$$

### ➤ PUNZONES ESTACIONES 7 Y 8

Estos punzones tendrán una longitud de 117 mm.

El esfuerzo total realizado en ambas operaciones es:

$$F_{7-8 \text{ total}} = 476,3 \cdot 3 = 1.428,9 \text{ [kN]}$$

### MATRIZ

Uno de los parámetros fundamentales en el diseño de la placa matriz es el espesor mínimo que debe poseer en función de la fuerza de corte del proceso.

Tal y como se ha calculado en el subapartado 2.2.4. *Fuerza total operación de corte*, la fuerza de corte necesaria para el correcto funcionamiento del utillaje toma el siguiente valor:

$$F_{\text{corte total}} = 6.009,06 \text{ [kN]}$$

A partir de la relación:

$$e_{\text{mín}} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{F_c}$$

Donde:

$$e_{\text{mín}} \rightarrow \text{espesor mínimo de la placa matriz [mm]}$$

$$F_c \rightarrow \text{fuerza de corte [daN]}$$

Se obtiene:

$$e_{\text{mín}} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{600,9} = 48,31 \text{ [mm]}$$

Con el fin de dejar cierto margen de seguridad, se decide que el espesor de las piezas que componen la matriz tendrá el siguiente valor:

$$e = 50 \text{ [mm]}$$

A la hora de diseñar la placa matriz, también se debe tener en cuenta la distancia mínima que debe existir entre la arista de corte y el borde de la matriz, calculándose ésta de la siguiente manera:

$$a_{\text{mín}} = 1,5 \cdot e_{\text{matriz}}$$

Donde:

$$a_{\text{mín}}$$

→ distancia mínima desde la arista de corte hasta el borde de la matriz [mm]

$$e_{\text{matriz}} \rightarrow \text{espesor de la matriz [mm]}$$

Sabiendo que:

$$e_{matriz} = 50 [mm]$$

Entonces:

$$a_{mín} = 10 + 0,8 \cdot 50 = 50 [mm]$$

En cuanto a la vida de la matriz, ésta suele oscilar entre 4 y 8 mm.

Al tratarse de un troquel de producción intermedia, se decide emplear también un valor intermedio para la misma:

$$V_{matriz} = 6 [mm]$$

Siendo:

$$V_{matriz} \rightarrow \text{vida de la matriz [mm]}$$

A continuación, se determinan las dimensiones de cada placa que compone la placa matriz, en función de las operaciones que se realizan en cada una de ellas.

### MUELLES

En este caso, se ha escogido para el sistema elástico la disposición en la cual los muelles se sitúan entre la placa guía punzones y la placa base superior; concéntricos a los topes guía.

La fuerza que deben llevar a cabo es la de extracción; calculada en el apartado 2.2.2. *Fuerza de extracción.*

Al tratarse de un esfuerzo elevado (688,2 [kN]), deberán disponerse un total de 38 muelles.

La diferencia de longitud entre el punzón más corto y el más largo es de 15 mm; por lo que los muelles deberán comprimirse dicha longitud.

Cada muelle deberá ser capaz de transmitir un esfuerzo de 18,1 [kN], ya que la fuerza de expulsión total se reparte equitativamente entre todos los muelles del sistema.

Acogiéndose a los requisitos mencionados anteriormente, se escogen unos muelles de carga extrema de Ø50 mm cuyas especificaciones se exponen en el documento *ANEXO III. Catálogos comerciales.*

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

### **VÁSTAGO**

La fuerza estimada para el correcto funcionamiento del troquel es demasiado elevada para el empleo de un vástago de sujeción. En utillajes de grandes dimensiones y fuerzas elevadas la placa base superior se atornilla directamente a la prensa para la transmisión de potencia. Ya que la prensa queda fuera del alcance del proyecto, los orificios de la base superior para poder atornillarla a esta quedan también bajo responsabilidad del cliente; en función de la prensa escogida.

## ANEXO III. CATÁLOGOS COMERCIALES

A continuación, se incluyen los catálogos comerciales de las piezas normalizadas que constituyen el troquel, así como la ficha técnica referente al material de la pieza que se desea fabricar.



ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO ACX 120	
DESIGNACIÓN EN	DESIGNACIÓN ASTM
1.4301	Tp304
X5CrNi18-10	S30400

**DESCRIPCIÓN** | Acero inoxidable austenítico básico 18/8 de uso más extendido. Posee buenas propiedades de resistencia a la corrosión, conformabilidad y soldabilidad.

**COMPOSICIÓN QUÍMICA**

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
≤ 0,07	≤ 0,75	≤ 2,00	≤ 0,040	≤ 0,015	17,50 - 19,50	8,00 - 10,00	≤ 0,10

**APLICACIONES**

- Menaje
- Electrodomésticos
- Industria
- Cubertería

**CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO DE RECOCIDO**

<b>R<sub>p02</sub></b>	> 230 N/mm <sup>2</sup>
<b>R<sub>m</sub></b>	540 - 750 N/mm <sup>2</sup>
<b>Alargamiento</b>	> 45%
<b>Dureza</b>	< 200 HV

**PROPIEDADES FÍSICAS**

A 20°C presenta una densidad de 7,9 kg/dm<sup>3</sup> y un calor específico de 500 J/kg·K

	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
Mod.elasticidad(GPa)	200	194	186	179	172	165
Coefficiente medio dilatación térmica entre 20°C (10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup> )	-	16	16,5	17	17,5	18
Conductividad térmica (W / m K)	15	17	18	19	20,5	22
Resistividad eléctrica (Ω mm <sup>2</sup> / m)	0,73	0,80	1,00	1,15	1,22	1,25

**SOLDADURA**

Apto en todas las técnicas de soldadura convencionales. Los consumibles recomendados son los siguientes:

Electrodos revestidos	Alambres y varillas	Electrodos huecos
E 19 9	G 19 9 L (GMAW) W 19 9 L (GTAW) P 19 9 L (PAW) S 19 9 L (SAW)	T 19 9 L
308 L	308 L	308 L

Este tipo de ACX no precisa tratamiento térmico tras la soldadura. Si el proceso de soldadura conlleva riesgos de sensibilización y va a estar expuesto a medios agresivos que puedan provocar corrosión intergranular, se recomienda seleccionar el tipo ACX 150 o el tipo ACX 315.



**RESISTENCIA A LA  
CORROSIÓN**

El ACX 120 presenta unas buenas prestaciones de resistencia a la corrosión en un gran número de aplicaciones. Como ejemplo, el ACX 120 presenta velocidades de corrosión inferiores a 0,10 mm/año en los siguientes medios:

- Ácido acético al 20% a 80°C
- Ácido fórmico al 90% a 20°C
- Ácido fosfórico al 20% a 60°C
- Ácido nítrico al 20% a 50°C
- Ácido sulfúrico al 90% a 20°C
- Tolueno
- Leche
- Cerveza
- Zumo
- Vino

**CORROSIÓN POR  
PICADURAS**

El ACX 120 se emplea satisfactoriamente en medios cuya concentración en cloruros no sea superior a 200ppm.

**MANTENIMIENTO  
SUPERFICIAL**

Es imprescindible realizar periódicamente unas adecuadas prácticas de limpieza para conservar las superficies de forma indefinida y obtener las mejores prestaciones del acero inoxidable.

Para la correcta limpieza, se recomienda el empleo de agua y jabones de tipo neutro aplicados con una bayeta o cepillo que no arañe al inoxidable. Finalizar siempre la operación con un buen enjuagado con agua para conseguir la completa eliminación del producto limpiador empleado.

Se deben evitar los productos clorados. En caso que sea imprescindible su uso, el contacto ha de ser mínimo y tiene que ir seguido por un abundante enjuagado con agua.

**ESPECIFICACIONES**

Puede ser suministrado de acuerdo a los requerimientos de las normas EN, ASTM, ASME, AMS, QQS, MILS.

El ACX 120 está homologado según:

- PED DGRL 97/23/EG (Pressure Equipment Directive) de acuerdo con EN-10028-7 y AD2000 Merkblatt W2 y W10
- Lloyd's Register of Shipping

Cumplen con los requisitos de las directivas europeas de:

- Industria alimentaria (RE 1935/2004)
- Cromo hexavalente (ROHS)
- Aparatos eléctricos (ROHS)



## ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO PARA EMBUTICIÓN ACX 140

DESIGNACIÓN EN	DESIGNACIÓN ASTM
1.4301	Tp304
X5CrNi18-10	S30400

**DESCRIPCIÓN** | Los aceros inoxidable austeníticos DDQ, presentan en general buena resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad, buena actitud de pulido y muy buenas propiedades para la embutición.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
	≤ 0,07	≤ 0,75	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,015	17,50 - 19,50	8,00 - 10,00	≤ 0,10

- APLICACIONES**
- Fregaderos
  - Cubertería
  - Menaje
  - Intercambiadores de calor
  - Embuticiones medias y profundas

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO DE RECOCIDO	
<b>Rp<sub>02</sub></b>	> 230 N/mm <sup>2</sup>
<b>Rm</b>	540 - 750 N/mm <sup>2</sup>
<b>Alargamiento</b>	> 45%
<b>Dureza</b>	< 190 HV

**PROPIEDADES FÍSICAS** | A 20°C presenta una densidad de 7,9 kg/dm<sup>3</sup> y un calor específico de 500 J/kg·K

	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
Mod.elasticidad(GPa)	200	194	186	179	172	165
Coeficiente medio dilatación térmica entre 20°C (10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup> )	-	16	16,5	17	17,5	18
Conductividad térmica (W / m K)	15	17	18	19	20,5	22
Resistividad eléctrica (Ω mm <sup>2</sup> / m)	0,73	0,80	1,00	1,15	1,22	1,25

**SOLDADURA** | Los consumibles recomendados son los siguientes:

Electrodos revestidos	Alambres y varillas	Electrodos huecos
E 19 9	G 19 9 L (GMAW) W 19 9 L (GTAW) P 19 9 L (PAW) S 19 9 L (SAW)	T 19 9 L
308 L	308 L	308 L



CONFORMABILIDAD

	0,8 mm espesor
Erichsen	12 mm
LDR	2 a 2,05 mm

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Los aceros inoxidable austeníticos de la familia Cr-Ni presentan unas buenas prestaciones de resistencia a la corrosión en un gran número de aplicaciones. Como ejemplo, presentan velocidades de corrosión inferiores a 0,10mm/año en los siguientes medios:

- Ácido acético al 20% a 80°C
- Ácido fórmico al 90% a 20°C
- Ácido fosfórico al 20% a 60°C
- Ácido nítrico al 20% a 50°C
- Ácido sulfúrico al 90% a 20°C
- Tolueno
- Leche
- Cerveza
- Zumo
- Vino

Su resistencia a la corrosión atmosférica es buena, aunque en atmósferas marinas o con alta polución pueden aparecer problemas de manchas. Presentan buena resistencia a la corrosión bajo tensiones.

MANTENIMIENTO SUPERFICIAL

Es imprescindible realizar periódicamente unas adecuadas prácticas de limpieza para conservar las superficies de forma indefinida y obtener las mejores prestaciones del acero inoxidable.

Para la correcta limpieza, se recomienda el empleo de agua y jabones de tipo neutro aplicados con una bayeta o cepillo que no arañe al inoxidable. Finalizar siempre la operación con un buen enjuagado con agua para conseguir la completa eliminación del producto limpiador empleado.

Se deben evitar los productos clorados. En caso que sea imprescindible su uso, el contacto ha de ser mínimo y tiene que ir seguido por un abundante enjuagado con agua.

ESPECIFICACIONES

Los aceros inoxidable austeníticos para embutición de Acerinox están incluidos en las principales normas internacionales.

Pueden ser suministrados de acuerdo a los requerimientos de las normas EN, ASTM, ASME, AMS, QQS, MILS.

Los inoxidable para embutición están homologados según:

- PED DGRL 97/23/EG (Pressure Equipment Directive) de acuerdo con EN-10028-7 y AD2000 Merkblatt W2 y W10
- Lloyd's Register of Shipping

Cumplen con los requisitos de las directivas europeas de:

- Industria alimentaria (RE 1935/2004)
- Cromo hexavalente (ROHS)
- Aparatos eléctricos (ROHS)



## ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO PARA EMBUTICIÓN ACX 180

DESIGNACIÓN EN	DESIGNACIÓN ASTM
1.4301	Tp304
X5CrNi18-10	S30400

**DESCRIPCIÓN** | Los aceros inoxidable austeníticos DDQ, presentan en general buena resistencia a la corrosión, excelente soldabilidad, buena actitud de pulido y muy buenas propiedades para la embutición.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
	≤ 0,07	≤ 0,75	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0,015	17,50 - 19,50	8,50 - 10,00	≤ 0,10

**APLICACIONES**

- Fregaderos
- Cubertería
- Menaje
- Intercambiadores de calor
- Embuticiones medias y profundas

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN ESTADO DE RECOCIDO	Rp <sub>02</sub>	> 230 N/mm <sup>2</sup>
	Rm	540 - 750 N/mm <sup>2</sup>
	Alargamiento	> 45%
	Dureza	< 190 HV

**PROPIEDADES FÍSICAS** | A 20°C presenta una densidad de 7,9 kg/dm<sup>3</sup> y un calor específico de 500 J/kg·K

	20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C
Mod.elasticidad(GPa)	200	194	186	179	172	165
Coefficiente medio dilatación térmica entre 20°C (10 <sup>-6</sup> · K <sup>-1</sup> )	-	16	16,5	17	17,5	18
Conductividad térmica (W / m K)	15	17	18	19	20,5	22
Resistividad eléctrica (Ω mm <sup>2</sup> / m)	0,73	0,80	1,00	1,15	1,22	1,25

**SOLDADURA** | Los consumibles recomendados son los siguientes:

Electrodos revestidos	Alambres y varillas	Electrodos huecos
E 19 9	G 19 9 L (GMAW) W 19 9 L (GTAW) P 19 9 L (PAW) S 19 9 L (SAW)	T 19 9 L
308 L	308 L	308 L



CONFORMABILIDAD

	0,8 mm espesor
Erichsen	12 mm
LDR	2 a 2,05 mm

RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

Los aceros inoxidable austeníticos de la familia Cr-Ni presentan unas buenas prestaciones de resistencia a la corrosión en un gran número de aplicaciones. Como ejemplo, presentan velocidades de corrosión inferiores a 0,10mm/año en los siguientes medios:

- Ácido acético al 20% a 80°C
- Ácido fórmico al 90% a 20°C
- Ácido fosfórico al 20% a 60°C
- Ácido nítrico al 20% a 50°C
- Ácido sulfúrico al 90% a 20°C
- Tolueno
- Leche
- Cerveza
- Zumo
- Vino

Su resistencia a la corrosión atmosférica es buena, aunque en atmósferas marinas o con alta polución pueden aparecer problemas de manchas.

Presentan buena resistencia a la corrosión bajo tensiones.

MANTENIMIENTO SUPERFICIAL

Es imprescindible realizar periódicamente unas adecuadas prácticas de limpieza para conservar las superficies de forma indefinida y obtener las mejores prestaciones del acero inoxidable.

Para la correcta limpieza, se recomienda el empleo de agua y jabones de tipo neutro aplicados con una bayeta o cepillo que no arañe al inoxidable. Finalizar siempre la operación con un buen enjuagado con agua para conseguir la completa eliminación del producto limpiador empleado.

Se deben evitar los productos clorados. En caso que sea imprescindible su uso, el contacto ha de ser mínimo y tiene que ir seguido por un abundante enjuagado con agua.

ESPECIFICACIONES

Los aceros inoxidable austeníticos para embutición de Acerinox están incluidos en las principales normas internacionales.

Pueden ser suministrados de acuerdo a los requerimientos de las normas EN, ASTM, ASME, AMS, QQS, MILS.

Los inoxidable para embutición están homologados según:

- PED DGRL 97/23/EG (Pressure Equipment Directive) de acuerdo con EN-10028-7 y AD2000 Merkblatt W2 y W10
- Lloyd´s Register of Shipping

Cumplen con los requisitos de las directivas europeas de:

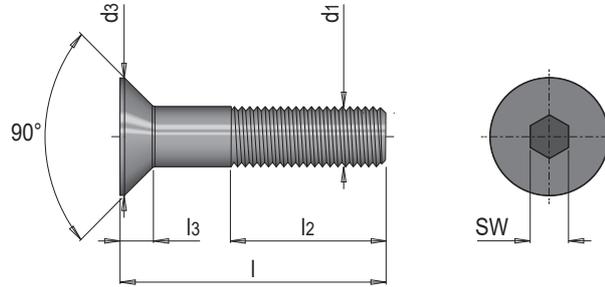
- Industria alimentaria (RE 1935/2004)
- Cromo hexavalente (ROHS)
- Aparatos eléctricos (ROHS)

**E 1220**



**Senkkopfschraube mit Innensechskant**

*Countersunk head screw with hexagon socket*



**10.9 DIN 7991**

SW	l2	l3	d3	d1	l	Nr. / No.
1.3	4.8	1.2	4	M 2	6	E 1220/ 2 x 6
					8	E 1220/ 2 x 8
					10	E 1220/ 2 x 10
					12	E 1220/ 2 x 12
					14	E 1220/ 2 x 14
					16	E 1220/ 2 x 16
					14.8	E 1220/ 2 x 14.8
1.5	4.5	1.5	5	M 2,5	6	E 1220/ 2,5 x 6
					8	E 1220/ 2,5 x 8
					10	E 1220/ 2,5 x 10
					12	E 1220/ 2,5 x 12
					16	E 1220/ 2,5 x 16
					14.5	E 1220/ 2,5 x 14.5
2	4.3	1.7	6	M 3	6	E 1220/ 3 x 6
					8	E 1220/ 3 x 8
					10	E 1220/ 3 x 10
					12	E 1220/ 3 x 12
					16	E 1220/ 3 x 16
					18	E 1220/ 3 x 18
					20	E 1220/ 3 x 20
2.5	3.7	2.3	8	M 4	6	E 1220/ 4 x 6
					8	E 1220/ 4 x 8
					10	E 1220/ 4 x 10
					12	E 1220/ 4 x 12
					16	E 1220/ 4 x 16
					20	E 1220/ 4 x 20
					25	E 1220/ 4 x 25
					22.7	E 1220/ 4 x 22.7
3	5.2	2.8	10	M 5	8	E 1220/ 5 x 8
					10	E 1220/ 5 x 10
					12	E 1220/ 5 x 12
					16	E 1220/ 5 x 16
					20	E 1220/ 5 x 20
					25	E 1220/ 5 x 25
					30	E 1220/ 5 x 30
4	6.7	3.3	12	M 6	10	E 1220/ 6 x 10
					12	E 1220/ 6 x 12
					16	E 1220/ 6 x 16
					20	E 1220/ 6 x 20
					25	E 1220/ 6 x 25
					30	E 1220/ 6 x 30
					35	E 1220/ 6 x 35
					40	E 1220/ 6 x 40
					60	E 1220/ 6 x 60
					65	E 1220/ 6 x 65
5	7.6	4.4	16	M 8	12	E 1220/ 8 x 12
					16	E 1220/ 8 x 16
					20	E 1220/ 8 x 20
					25	E 1220/ 8 x 25
					30	E 1220/ 8 x 30
					35	E 1220/ 8 x 35
					40	E 1220/ 8 x 40
					45	E 1220/ 8 x 45
					50	E 1220/ 8 x 50
					60	E 1220/ 8 x 60
					70	E 1220/ 8 x 70
					80	E 1220/ 8 x 80
100	E 1220/ 8 x 100					
6	10.5	5.5	20	M10	16	E 1220/10 x 16
					20	E 1220/10 x 20
					25	E 1220/10 x 25
					30	E 1220/10 x 30
					40	E 1220/10 x 40
					50	E 1220/10 x 50

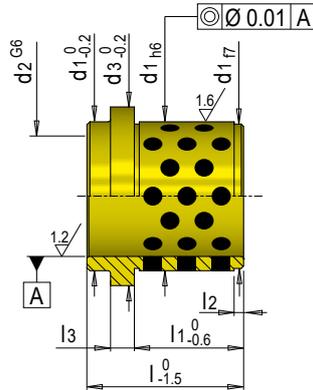
SW	l2	l3	d3	d1	l	Nr. / No.
8	13.5	6.5	24	M12	20	E 1220/12 x 20
					25	E 1220/12 x 25
					30	E 1220/12 x 30
					40	E 1220/12 x 40
					50	E 1220/12 x 50
					60	E 1220/12 x 60
					70	E 1220/12 x 70
					80	E 1220/12 x 80
					90	E 1220/12 x 90
					100	E 1220/12 x 100

E 5130



Gleitführungsbuchse Bronze mit Festschmierstoff und Bund

Sliding guide bush, bronze, with solid lubricant and collar



Mat.: 2.0598

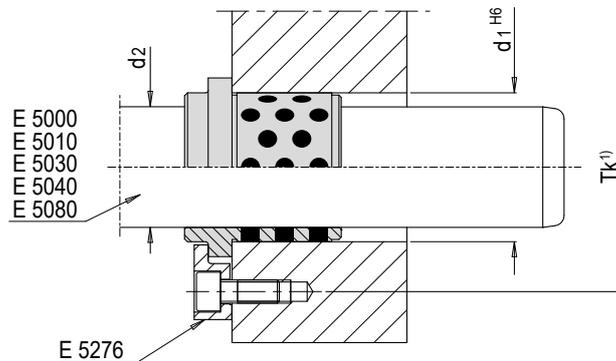
≈ 200 HB / Graphit / graphite

≈ DIN 9834 / ISO 9448

t max. = 200°C

d1	d3	Tk	E 5276/...	l	l1	l2	l3	d2	Nr. / No.
28	34	54	E 5276/ 6/ 6.3	32	20	2.5	6.3	20	E 5130/ 20
32	40	58		40	30	3		25	E 5130/ 25
40	50	66		50	38	4		32	E 5130/ 32
50	63	79		63	48	5		40	E 5130/ 40
63	71	89		71	54	6		50	E 5130/ 50
80	90	123	E 5276/10/10	80	61	8	10	63	E 5130/ 63
100	112	143		100	78	10		80	E 5130/ 80
125	140	168		125	104	12.5		100	E 5130/100

1) Tk: Teilkreis Gewinde / Tk: Pitch diameter threads



**i** Initialschmierung mit VGM 160  
Initial lubrication with VGM 160



- » Optimale Notlaufeigenschaften durch Graphiteinlagerungen für moderate Hubzahlen
- » Kombinierbar mit allen Führungssäulen
- » Buchse und Haltestück sind austauschbar nach DIN 9834 / ISO 9448

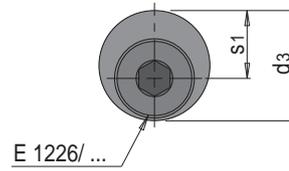
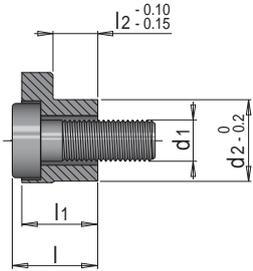
- » Best emergency operating features through graphite inserts for a moderate number of strokes per minute
- » Can be combined with all Meusburger guide pillars
- » The bush and the retainer are compatible to DIN 9834 / ISO 9448

E 5270



Haltestück exzentrisch

Retainer clip, excentric

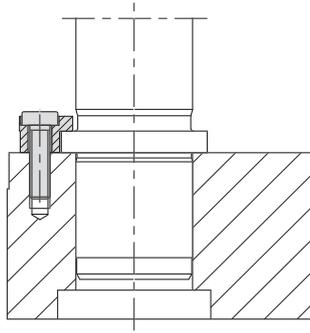


Mat.: 1.2312  $\approx 1080 \text{ N/mm}^2$

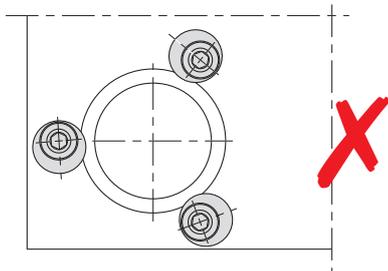
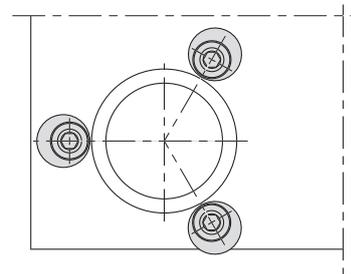
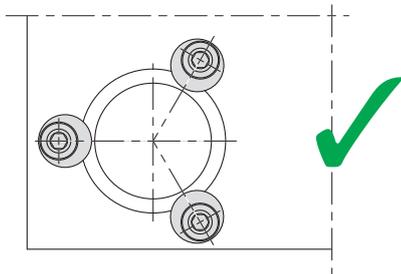
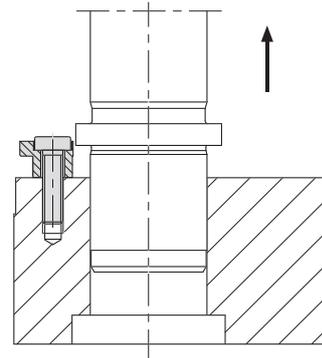
$\sqrt{3.2}$

d2	d3	l	l1	s1	d1	l2	Nr. /No.
9.4	12.6	11	9	7.75	M5	5	E 5270/ 5/ 5
10.8	14.6	12	10	9	M6	6	E 5270/ 6/ 6
13.6	19	15	12	11.9	M8	6	E 5270/ 8/ 6

Einbau  
Installation



Entfernen  
Removal

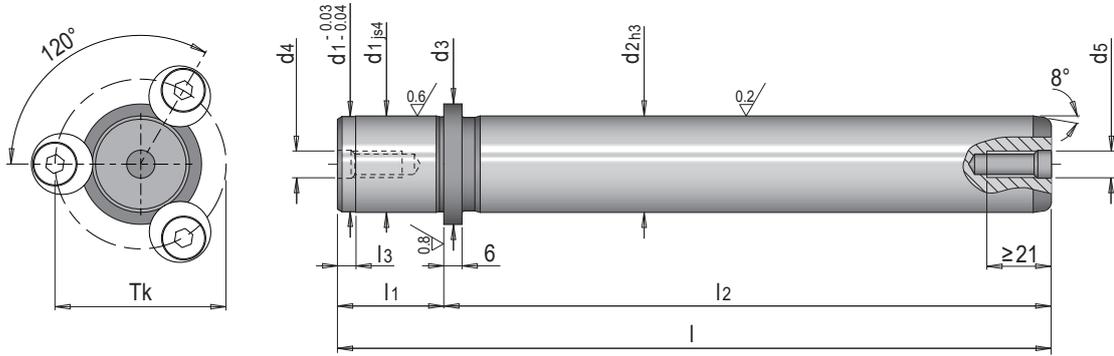


E 5000



Führungssäule mit Bund

Guide pillar with collar



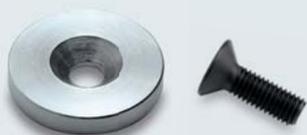
Mat.: 1.1213 ≈ 62 HRC inductive

≈ ISO 9182 (DIN 9825)

3.2/

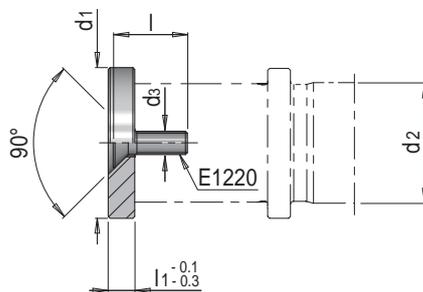
d1	d3	d4	d5	Tk	E 5270/.	l	l1	l3	d2	l2	Nr. /No.	d2	Nr. /No.											
19/20	25	M 8	M 8	38	E 5270/6/6	83	23	3	19	60		20	E 5000/20 x 60											
						103				80			E 5000/20 x 80											
						123				100			E 5000/20 x 100											
						135				112			E 5000/20 x 112											
						148				125			E 5000/20 x 125											
						163				140			E 5000/20 x 140											
						183				160			E 5000/20 x 160											
						203				180			E 5000/20 x 180											
						223				200			E 5000/20 x 200											
						247				224			E 5000/20 x 224											
						273				250			E 5000/20 x 250											
						24/25				32			M 8	M 8	43	E 5270/6/6	90	30	3	24	60		25	E 5000/25 x 60
																	110				80			E 5000/25 x 80
																	130				100			E 5000/25 x 100
																	142				112			E 5000/25 x 112
155	125	E 5000/25 x 125																						
170	140	E 5000/25 x 140																						
190	160	E 5000/25 x 160																						
210	180	E 5000/25 x 180																						
230	200	E 5000/25 x 200																						
254	224	E 5000/25 x 224																						
280	250	E 5000/25 x 250																						
310	280	E 5000/25 x 280																						
345	315	E 5000/25 x 315																						
30/32	40	M 8	M 8	51	E 5270/6/6		135	35	4		30	100									32			E 5000/32 x 100
							147					112												E 5000/32 x 112
						160	125			E 5000/32 x 125														
						175	140			E 5000/32 x 140														
						195	160			E 5000/32 x 160														
						215	180			E 5000/32 x 180														
						235	200			E 5000/32 x 200														
						259	224			E 5000/32 x 224														
						285	250			E 5000/32 x 250														
						315	280			E 5000/32 x 280														
						350	315			E 5000/32 x 315														
						390	355			E 5000/32 x 355														
						38/40	50			M 8		M 8	61	E 5270/6/6	147	35		4	38	112			40	E 5000/40 x 112
															160					125				E 5000/40 x 125
															175					140				E 5000/38 x 140
195	160	E 5000/38 x 160																						
215	180	E 5000/38 x 180																						
235	200	E 5000/38 x 200																						
259	224	E 5000/38 x 224																						
285	250	E 5000/38 x 250																						
315	280	E 5000/38 x 280																						
350	315	E 5000/40 x 280																						
390	355	E 5000/40 x 315																						
435	400	E 5000/40 x 355																						
50	63	M 8	M 8	74	E 5270/6/6			170	45		5						125				50			E 5000/50 x 125
								185									140							E 5000/50 x 140
								205									160							E 5000/50 x 160
						225	180	E 5000/50 x 180																
						245	200	E 5000/50 x 200																
						269	224	E 5000/50 x 224																
						295	250	E 5000/50 x 250																
						325	280	E 5000/50 x 280																
						360	315	E 5000/50 x 315																
						400	355	E 5000/50 x 355																
						445	400	E 5000/50 x 400																
						495	450	E 5000/50 x 450																

E 5290



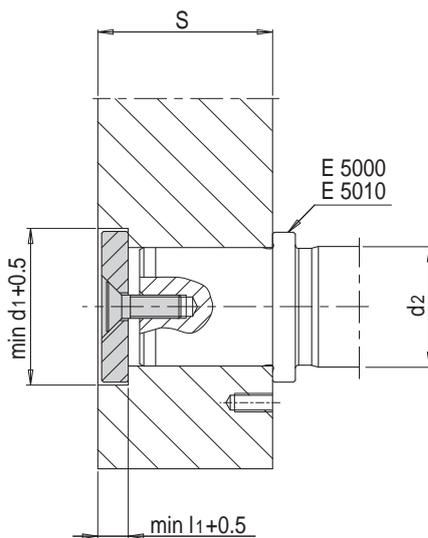
Haltescheibe

Retainer disc

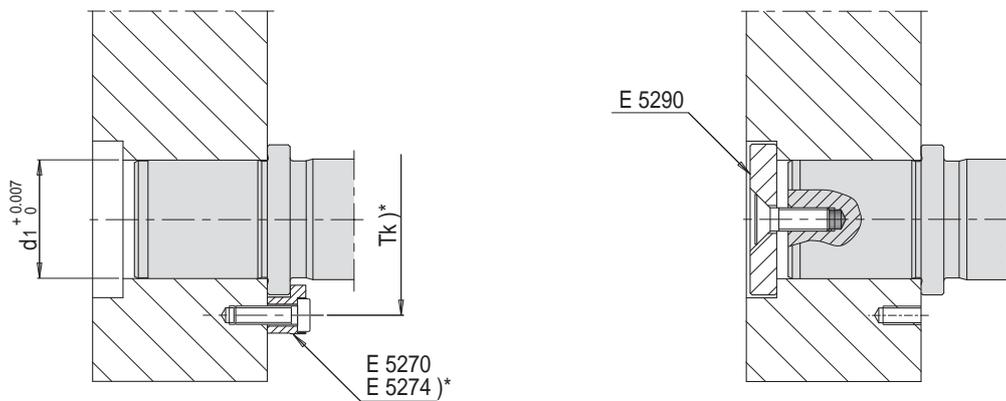


Mat.: 1.1730  $\approx 640 \text{ N/mm}^2$   $\frac{3.2}{\nabla}$

S	d2	l1	d3	d1	l	Nr. /No.	
36	20	6	M8	25	25	E 5290/25/25	
46					35	E 5290/25/35	
-	25	7		32	25	E 5290/32/25	
46					30	E 5290/32/30	
56	32	7		40	40	E 5290/32/40	
46					25	E 5290/40/25	
56	40	7		50	35	E 5290/40/35	
66					45	E 5290/40/45	
46	50	8		60	25	E 5290/50/25	
56					35	E 5290/50/35	
66	63	8		M12	70	45	E 5290/50/45
56						25	E 5290/60/25
66	80	9	95	35	E 5290/60/35		
76				45	E 5290/60/45		
56	80	9	M12	70	30	E 5290/70/30	
66					40	E 5290/70/40	
76	80	9	M12	95	50	E 5290/70/50	
56					30	E 5290/95/30	
66	80	9	M12	95	40	E 5290/95/40	
76					50	E 5290/95/50	

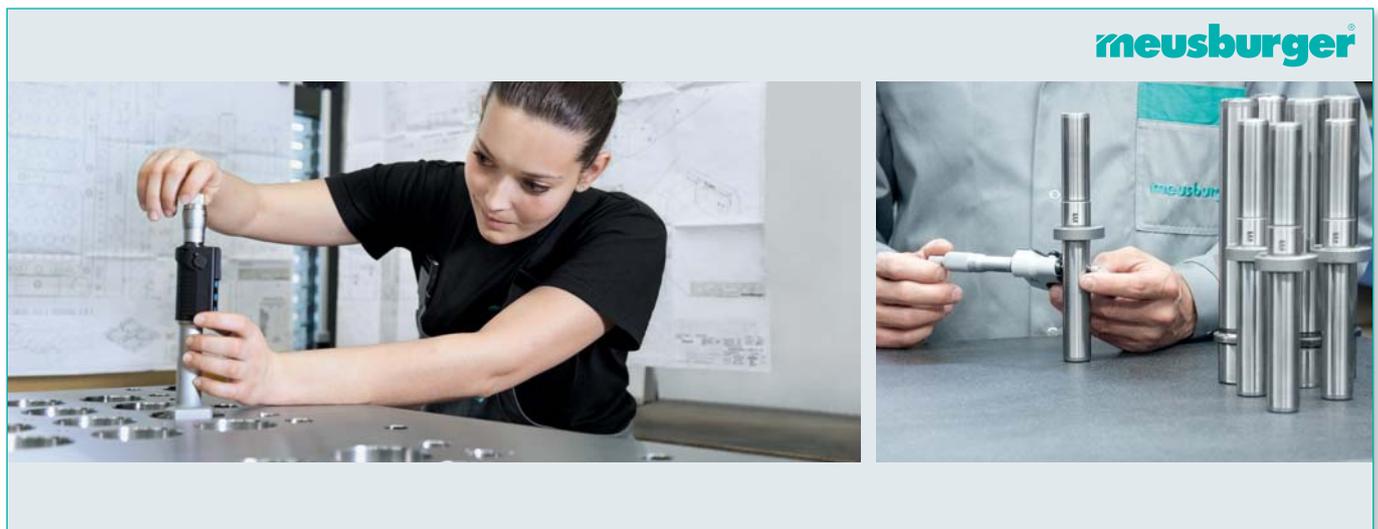


d1	d3	d4	d5	Tk	E 5270/.	l	l1	l3	d2	l2	Nr. /No.	d2	Nr. /No.	
63	80	M12	M12	94	E 5270/8/6	205	45	5		160			63	E 5000/63 x 160
						225				180				E 5000/63 x 180
						245				200				E 5000/63 x 200
						269				224				E 5000/63 x 224
						295				250				E 5000/63 x 250
						325				280				E 5000/63 x 280
						360				315				E 5000/63 x 315
						400				355				E 5000/63 x 355
						445				400				E 5000/63 x 400
						80				95				M12
325	280	E 5000/80 x 280												
360	315	E 5000/80 x 315												
400	355	E 5000/80 x 355												
445	400	E 5000/80 x 400												



Tk )\* Teilkreis Gewinde  
pitch diameter of threads

E 5274 )\* bis d2 = 50 erhältlich  
available up to d2 = 50

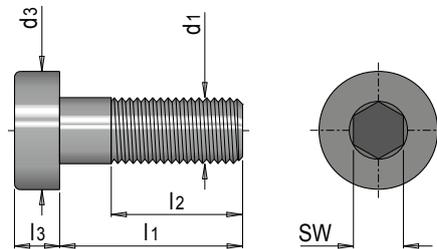


**E 1226**



**Zylinderkopfschraube flach**

*Cylinder head screw, flat head*



**8.8 DIN 7984**

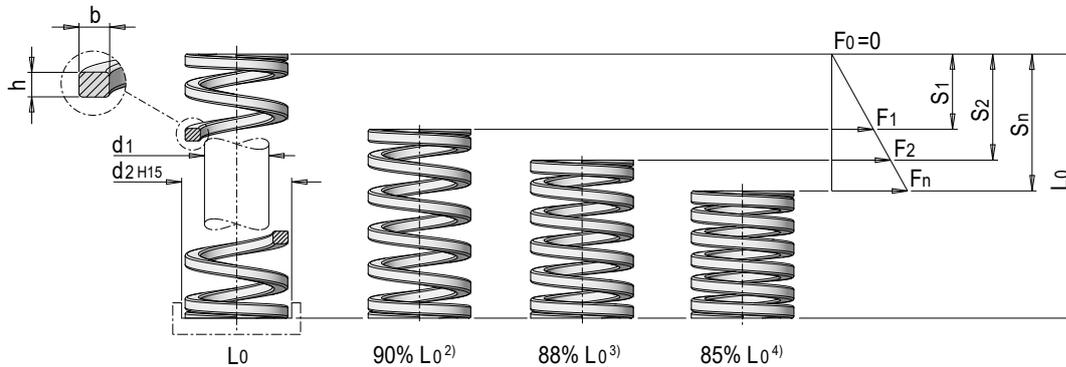
SW	l2	l3	d3	d1	l1	Nr. / No.
2.5	8	2.8	7	M 4	8	E 1226/ 4 x 8
	10				10	E 1226/ 4 x 10
	12				12	E 1226/ 4 x 12
	16				16	E 1226/ 4 x 16
	20				20	E 1226/ 4 x 20
	14				25	E 1226/ 4 x 25
3	10	3.5	8.5	M 5	30	E 1226/ 4 x 30
	12				35	E 1226/ 4 x 35
	16				40	E 1226/ 4 x 40
	20				10	E 1226/ 5 x 10
	25				12	E 1226/ 5 x 12
	16				16	E 1226/ 5 x 16
4	10	4	10	M 6	20	E 1226/ 5 x 20
	12				25	E 1226/ 5 x 25
	16				30	E 1226/ 5 x 30
	20				35	E 1226/ 5 x 35
	25				40	E 1226/ 5 x 40
	18				10	E 1226/ 6 x 10
5	10	4	10	M 6	12	E 1226/ 6 x 12
	16				16	E 1226/ 6 x 16
	20				20	E 1226/ 6 x 20
	25				25	E 1226/ 6 x 25
	18				30	E 1226/ 6 x 30
	16				35	E 1226/ 6 x 35
5	16	5	13	M 8	40	E 1226/ 6 x 40
	20				45	E 1226/ 6 x 45
	25				50	E 1226/ 6 x 50
	30				16	E 1226/ 8 x 16
	22				20	E 1226/ 8 x 20
	16				25	E 1226/ 8 x 25
7	16	6	16	M10	30	E 1226/ 8 x 30
	20				35	E 1226/ 8 x 35
	25				40	E 1226/ 8 x 40
	30				45	E 1226/ 8 x 45
	35				50	E 1226/ 8 x 50
	26				16	E 1226/10 x 16
8	20	7	18	M12	20	E 1226/10 x 20
	25				25	E 1226/10 x 25
	30				30	E 1226/10 x 30
	35				35	E 1226/10 x 35
	40				40	E 1226/10 x 40
	45				45	E 1226/10 x 45
30	50	E 1226/10 x 50				
	55	E 1226/10 x 55				
	60	E 1226/10 x 60				
	20	E 1226/12 x 20				
	25	E 1226/12 x 25				
	30	E 1226/12 x 30				
	35	E 1226/12 x 35				
	40	E 1226/12 x 40				
	45	E 1226/12 x 45				
	50	E 1226/12 x 50				
	55	E 1226/12 x 55				
	60	E 1226/12 x 60				

## E 1546



### Systemdruckfeder, extrem hohe Belastung

System compression spring, very heavy load



t max. = 250°C<sup>5)</sup>

c [N/mm] <sup>1)</sup>	F1 [N]	S1	F2 [N]	S2	Fn [N]	Sn	b	h	d1	d2	Lo	Nr. / No.				
167	418	2.5	501	3	626	3.8	2.0	2.8	5	10	25	E 1546/10 x 25				
130	416	3.2	499	3.8	624	4.8					32	E 1546/10 x 32				
105	399	3.8	479	4.6	599	5.7					38	E 1546/10 x 38				
86	378	4.4	454	5.3	568	6.6					44	E 1546/10 x 44				
79	403	5.1	483	6.1	604	7.7					51	E 1546/10 x 51				
62	397	6.4	476	7.7	595	9.6					64	E 1546/10 x 64				
51	388	7.6	465	9.1	581	11.4					76	E 1546/10 x 76				
288	720	2.5	864	3	1080	3.8					2.75	3.4	6.3	12.5	25	E 1546/12,5 x 25
216	691	3.2	829	3.8	1037	4.8									32	E 1546/12,5 x 32
176	669	3.8	803	4.6	1003	5.7									38	E 1546/12,5 x 38
149	656	4.4	787	5.3	983	6.6	44	E 1546/12,5 x 44								
128	653	5.1	783	6.1	979	7.7	51	E 1546/12,5 x 51								
100	640	6.4	768	7.7	960	9.6	64	E 1546/12,5 x 64								
84	638	7.6	766	9.1	958	11.4	76	E 1546/12,5 x 76								
71	632	8.9	758	10.7	948	13.4	89	E 1546/12,5 x 89								
61	622	10.2	747	12.2	933	15.3	102	E 1546/12,5 x 102								
449	1437	3.2	1724	3.8	2155	4.8	3.5	4.75	8	16					32	E 1546/16 x 32
363	1379	3.8	1655	4.6	2069	5.7					38	E 1546/16 x 38				
309	1360	4.4	1632	5.3	2039	6.6					44	E 1546/16 x 44				
256	1306	5.1	1567	6.1	1958	7.7					51	E 1546/16 x 51				
203	1299	6.4	1559	7.7	1949	9.6					64	E 1546/16 x 64				
166	1262	7.6	1514	9.1	1892	11.4					76	E 1546/16 x 76				
139	1237	8.9	1485	10.7	1856	13.4					89	E 1546/16 x 89				
114	1163	10.2	1395	12.2	1744	15.3					102	E 1546/16 x 102				
105	1208	11.5	1449	13.8	1811	17.3					115	E 1546/16 x 115				
452	1989	4.4	2387	5.3	2983	6.6					4.0	6.0	10	20	44	E 1546/20 x 44
378	1928	5.1	2313	6.1	2892	7.7	51	E 1546/20 x 51								
301	1926	6.4	2312	7.7	2890	9.6	64	E 1546/20 x 64								
247	1877	7.6	2253	9.1	2816	11.4	76	E 1546/20 x 76								
208	1851	8.9	2221	10.7	2777	13.4	89	E 1546/20 x 89								
188	1918	10.2	2301	12.2	2876	15.3	102	E 1546/20 x 102								
159	1829	11.5	2194	13.8	2743	17.3	115	E 1546/20 x 115								
1158	5095	4.4	6114	5.3	7643	6.6	5.6	7.5	12.5	25					44	E 1546/25 x 44
933	4758	5.1	5710	6.1	7137	7.7									51	E 1546/25 x 51
644	4122	6.4	4959	7.7	6182	9.6									64	E 1546/25 x 64
556	4226	7.6	5060	9.1	6338	11.4					76	E 1546/25 x 76				
462	4112	8.9	4943	10.7	6168	13.4					89	E 1546/25 x 89				
390	3978	10.2	4758	12.2	5967	15.3					102	E 1546/25 x 102				
360	4140	11.5	4968	13.8	6210	17.3					115	E 1546/25 x 115				
326		12.7	4955	15.2		19.1					127	E 1546/25 x 127				
255	3876	15.2	4641	18.2	5814	22.8					152	E 1546/25 x 152				
230	4094	17.8	4922	21.4	6141	26.7					178	E 1546/25 x 178				
202	4101	20.3	4929	24.4	6151	30.5	203	E 1546/25 x 203								
1300	5720	4.4	6864	5.3	8580	6.6	7.5	9.2	16	32	44	E 1546/32 x 44				
1150	5865	5.1	7038	6.1	8798	7.7					51	E 1546/32 x 51				
1077	6892	6.4	8270	7.7	10337	9.6					64	E 1546/32 x 64				
874	6642	7.6	7971	9.1	9964	11.4					76	E 1546/32 x 76				
721	6419	8.9	7702	11	9628	13.35					89	E 1546/32 x 89				
620	6324	10	7589	12	9486	15.3					102	E 1546/32 x 102				
560	6440	12	7728	14	9660	17.25					115	E 1546/32 x 115				
496	6299	13	7559	15	9449	19.05					127	E 1546/32 x 127				
408	6202	15	7442	18	9302	22.8					152	E 1546/32 x 152				
353	6280	18	7536	21	9420	26.7					178	E 1546/32 x 178				
304	6171	20	7405	24	9257	30.45	203	E 1546/32 x 203								
243	6177	25	7413	30	9266	38.1	254	E 1546/32 x 254								
1128	7219	6.4	8663	7.7	10829	9.6	8.5	11	20	40	64	E 1546/40 x 64				
1017	7729	7.6	9275	9.1	11594	11.4					76	E 1546/40 x 76				
880	7832	8.9	9416	10.7	11748	13.4					89	E 1546/40 x 89				
762	7772	10.2	9296	12.2	11659	15.3					102	E 1546/40 x 102				
679	7809	11.5	9370	13.8	11713	17.3					115	E 1546/40 x 115				
622	7899	12.7	9454	15.2	11849	19.1					127	E 1546/40 x 127				



c [N/mm] <sup>1)</sup>	F1 [N]	S1	F2 [N]	S2	Fn [N]	Sn	b	h	d1	d2	Lo	Nr./No.
509	7737	22.8	9264	18.2	11605	22.8	8.5	11	20	40	152	E 1546/40 x 152
429	7636	17.8	9181	21.4	11454	26.7					178	E 1546/40 x 178
1980	12672	6.4	15206	7.7	19008	9.6	11.8	13.5	25	50	64	E 1546/50 x 64
1811	13764	7.6	16516	9.1	20645	11.4					76	E 1546/50 x 76
1410	12549	8.9	15087	10.7	18824	13.4					89	E 1546/50 x 89
1215	12393	10.2	14823	12.2	18590	15.3					102	E 1546/50 x 102
1076	12374	11.5	14849	13.8	18561	17.3					115	E 1546/50 x 115
968	12294	12.7	14714	15.2	18440	19.1					127	E 1546/50 x 127

1) c: Federrate (Kraftzunahme pro mm Federweg) / c: spring rate (load increase per mm spring travel)

2) 90% Lo: Lange Lebensdauer (> 3 Mio. Lastwechsel) / 90% Lo: long service life (> 3 million changes of load)

3) 88% Lo: Mittlere Lebensdauer (~1.5 Mio. Lastwechsel) / 88% Lo: medium service life (~1.5 million changes of load)

4) 85% Lo: Max. zulässiger Federweg (~200.000 Lastwechsel) / 85% Lo: maximum travel (~200.000 changes of load)

5) t max. = 250°C: Ab 120°C: 1% Spannungsverlust pro 40°C / t max. = 250°C: from 120°C: loss of spring load is 1% per 40°C



1 N = 0.1 daN = 0.102 kg

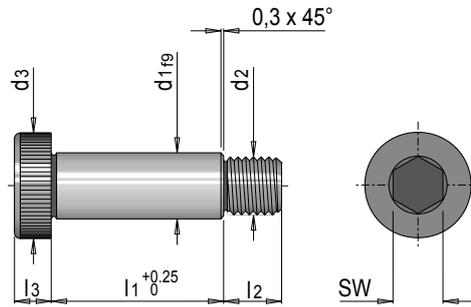


E 1240



Schulterpassschraube

Shoulder screw



12.9 ISO 7379

SW	l3	l2	d3	d2	d1	l1	Nr. / No.						
2.5	4	8	9	M 4	5	8	E 1240/ 5 x 8						
						10	E 1240/ 5 x 10						
						12	E 1240/ 5 x 12						
						16	E 1240/ 5 x 16						
						20	E 1240/ 5 x 20						
						25	E 1240/ 5 x 25						
						30	E 1240/ 5 x 30						
						40	E 1240/ 5 x 40						
						3	4.5	9.5	10	M 5	6	8	E 1240/ 6 x 8
												10	E 1240/ 6 x 10
12	E 1240/ 6 x 12												
16	E 1240/ 6 x 16												
20	E 1240/ 6 x 20												
25	E 1240/ 6 x 25												
30	E 1240/ 6 x 30												
35	E 1240/ 6 x 35												
40	E 1240/ 6 x 40												
45	E 1240/ 6 x 45												
4	5.5	11	13	M 6	8	8	E 1240/ 8 x 8						
						10	E 1240/ 8 x 10						
						12	E 1240/ 8 x 12						
						16	E 1240/ 8 x 16						
						20	E 1240/ 8 x 20						
						25	E 1240/ 8 x 25						
						30	E 1240/ 8 x 30						
						35	E 1240/ 8 x 35						
						40	E 1240/ 8 x 40						
						45	E 1240/ 8 x 45						
5	7	13	16	M 8	10	10	E 1240/10 x 10						
						12	E 1240/10 x 12						
						16	E 1240/10 x 16						
						20	E 1240/10 x 20						
						25	E 1240/10 x 25						
						30	E 1240/10 x 30						
						35	E 1240/10 x 35						
						40	E 1240/10 x 40						
						45	E 1240/10 x 45						
						50	E 1240/10 x 50						
6	9	16	18	M10	12	12	E 1240/12 x 12						
						16	E 1240/12 x 16						

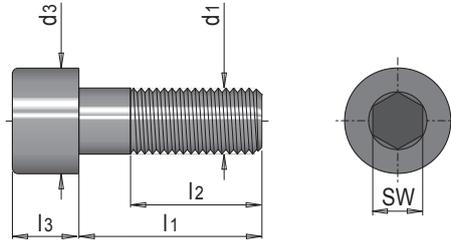
SW	l3	l2	d3	d2	d1	l1	Nr. / No.
6	9	16	18	M10	12	20	E 1240/12 x 20
						25	E 1240/12 x 25
						30	E 1240/12 x 30
						35	E 1240/12 x 35
						40	E 1240/12 x 40
						45	E 1240/12 x 45
						50	E 1240/12 x 50
						55	E 1240/12 x 55
						60	E 1240/12 x 60
						65	E 1240/12 x 65
8	11	18	24	M12	16	20	E 1240/16 x 20
						25	E 1240/16 x 25
						30	E 1240/16 x 30
						35	E 1240/16 x 35
						40	E 1240/16 x 40
						45	E 1240/16 x 45
						50	E 1240/16 x 50
						55	E 1240/16 x 55
						60	E 1240/16 x 60
						65	E 1240/16 x 65
10	14	22	30	M16	20	30	E 1240/20 x 30
						35	E 1240/20 x 35
						40	E 1240/20 x 40
						45	E 1240/20 x 45
						50	E 1240/20 x 50
						55	E 1240/20 x 55
						60	E 1240/20 x 60
						65	E 1240/20 x 65
						70	E 1240/20 x 70
						80	E 1240/20 x 80
12	16	27	36	M20	24	45	E 1240/24 x 45
						50	E 1240/24 x 50
						55	E 1240/24 x 55
						60	E 1240/24 x 60
						65	E 1240/24 x 65
						70	E 1240/24 x 70
						80	E 1240/24 x 80
						90	E 1240/24 x 90
						100	E 1240/24 x 100
						120	E 1240/24 x 120
140	E 1240/24 x 140						

**E 1200**



**Zylinderkopfschraube mit Innensechskant**

*Cylinder head screw with hexagon socket*



12.9 ISO 4762 (DIN 912)

SW	l2	l3	d3	d1	l1	Nr. / No.
1.5	6	2	3.8	M 2	6	E 1200/ 2 x 6
	8				8	E 1200/ 2 x 8
	10				10	E 1200/ 2 x 10
	12				12	E 1200/ 2 x 12
	16				16	E 1200/ 2 x 16
	20				20	E 1200/ 2 x 20
2	12	2.5	4.5	M 2,5	12	E 1200/ 2,5 x 12
	16				16	E 1200/ 2,5 x 16
	20				20	E 1200/ 2,5 x 20
2.5	6	3	5.5	M 3	6	E 1200/ 3 x 6
	8				8	E 1200/ 3 x 8
	10				10	E 1200/ 3 x 10
	12				12	E 1200/ 3 x 12
	14				14	E 1200/ 3 x 14
	16				16	E 1200/ 3 x 16
	20				20	E 1200/ 3 x 20
	18				25	E 1200/ 3 x 25
	30				30	E 1200/ 3 x 30
3	6	4	7	M 4	6	E 1200/ 4 x 6
	8				8	E 1200/ 4 x 8
	10				10	E 1200/ 4 x 10
	12				12	E 1200/ 4 x 12
	16				16	E 1200/ 4 x 16
	20				20	E 1200/ 4 x 20
	25				25	E 1200/ 4 x 25
	20				30	E 1200/ 4 x 30
					35	E 1200/ 4 x 35
					40	E 1200/ 4 x 40
					45	E 1200/ 4 x 45
					50	E 1200/ 4 x 50
4	8	5	8.5	M 5	8	E 1200/ 5 x 8
	10				10	E 1200/ 5 x 10
	12				12	E 1200/ 5 x 12
	16				16	E 1200/ 5 x 16
	20				20	E 1200/ 5 x 20
	25				25	E 1200/ 5 x 25
	22				30	E 1200/ 5 x 30
					35	E 1200/ 5 x 35
					40	E 1200/ 5 x 40
					45	E 1200/ 5 x 45
					50	E 1200/ 5 x 50
					55	E 1200/ 5 x 55
					60	E 1200/ 5 x 60
					65	E 1200/ 5 x 65
	70	E 1200/ 5 x 70				
5	10	6	10	M 6	10	E 1200/ 6 x 10
	12				12	E 1200/ 6 x 12
	16				16	E 1200/ 6 x 16
	20				20	E 1200/ 6 x 20
	25				25	E 1200/ 6 x 25
	30				30	E 1200/ 6 x 30
	24				35	E 1200/ 6 x 35
					40	E 1200/ 6 x 40
					45	E 1200/ 6 x 45
					50	E 1200/ 6 x 50
					55	E 1200/ 6 x 55
					60	E 1200/ 6 x 60
					65	E 1200/ 6 x 65
					70	E 1200/ 6 x 70

SW	l2	l3	d3	d1	l1	Nr. / No.
5	24	6	10	M 6	75	E 1200/ 6 x 75
					80	E 1200/ 6 x 80
					85	E 1200/ 6 x 85
					90	E 1200/ 6 x 90
					95	E 1200/ 6 x 95
					100	E 1200/ 6 x 100
					105	E 1200/ 6 x 105
					110	E 1200/ 6 x 110
					120	E 1200/ 6 x 120
					140	E 1200/ 6 x 140
6	12	8	13	M 8	12	E 1200/ 8 x 12
					16	E 1200/ 8 x 16
					20	E 1200/ 8 x 20
					25	E 1200/ 8 x 25
					30	E 1200/ 8 x 30
					35	E 1200/ 8 x 35
					40	E 1200/ 8 x 40
					45	E 1200/ 8 x 45
					50	E 1200/ 8 x 50
					55	E 1200/ 8 x 55
					60	E 1200/ 8 x 60
					65	E 1200/ 8 x 65
					70	E 1200/ 8 x 70
					75	E 1200/ 8 x 75
					80	E 1200/ 8 x 80
					85	E 1200/ 8 x 85
90	E 1200/ 8 x 90					
95	E 1200/ 8 x 95					
100	E 1200/ 8 x 100					
105	E 1200/ 8 x 105					
110	E 1200/ 8 x 110					
115	E 1200/ 8 x 115					
120	E 1200/ 8 x 120					
130	E 1200/ 8 x 130					
140	E 1200/ 8 x 140					
150	E 1200/ 8 x 150					
160	E 1200/ 8 x 160					
170	E 1200/ 8 x 170					
180	E 1200/ 8 x 180					
190	E 1200/ 8 x 190					
200	E 1200/ 8 x 200					
210	E 1200/ 8 x 210					
220	E 1200/ 8 x 220					
8	16	10	16	M10	16	E 1200/10 x 16
					20	E 1200/10 x 20
					25	E 1200/10 x 25
					30	E 1200/10 x 30
					35	E 1200/10 x 35
					40	E 1200/10 x 40
					45	E 1200/10 x 45
					50	E 1200/10 x 50
					55	E 1200/10 x 55
					60	E 1200/10 x 60
65	E 1200/10 x 65					
70	E 1200/10 x 70					
75	E 1200/10 x 75					
80	E 1200/10 x 80					
85	E 1200/10 x 85					
90	E 1200/10 x 90					
95	E 1200/10 x 95					



SW	I2	I3	d3	d1	I1	Nr. / No.					
8	32	10	16	M10	100	E 1200/10 x 100					
					105	E 1200/10 x 105					
					110	E 1200/10 x 110					
					120	E 1200/10 x 120					
					130	E 1200/10 x 130					
					140	E 1200/10 x 140					
					150	E 1200/10 x 150					
					160	E 1200/10 x 160					
					170	E 1200/10 x 170					
					180	E 1200/10 x 180					
					190	E 1200/10 x 190					
					200	E 1200/10 x 200					
					210	E 1200/10 x 210					
					220	E 1200/10 x 220					
					230	E 1200/10 x 230					
					240	E 1200/10 x 240					
					250	E 1200/10 x 250					
					260	E 1200/10 x 260					
					270	E 1200/10 x 270					
					280	E 1200/10 x 280					
					10	20	12	18	M12	20	E 1200/12 x 20
										25	E 1200/12 x 25
										30	E 1200/12 x 30
										35	E 1200/12 x 35
										40	E 1200/12 x 40
										45	E 1200/12 x 45
										50	E 1200/12 x 50
										55	E 1200/12 x 55
60	E 1200/12 x 60										
65	E 1200/12 x 65										
70	E 1200/12 x 70										
75	E 1200/12 x 75										
80	E 1200/12 x 80										
85	E 1200/12 x 85										
90	E 1200/12 x 90										
95	E 1200/12 x 95										
100	E 1200/12 x 100										
105	E 1200/12 x 105										
110	E 1200/12 x 110										
115	E 1200/12 x 115										
120	E 1200/12 x 120										
130	E 1200/12 x 130										
140	E 1200/12 x 140										
150	E 1200/12 x 150										
160	E 1200/12 x 160										
170	E 1200/12 x 170										
180	E 1200/12 x 180										
190	E 1200/12 x 190										
200	E 1200/12 x 200										
210	E 1200/12 x 210										
220	E 1200/12 x 220										
230	E 1200/12 x 230										
240	E 1200/12 x 240										
250	E 1200/12 x 250										
260	E 1200/12 x 260										
270	E 1200/12 x 270										
280	E 1200/12 x 280										
290	E 1200/12 x 290										
300	E 1200/12 x 300										
14	30	16	24	M16	30	E 1200/16 x 30					
					35	E 1200/16 x 35					
					40	E 1200/16 x 40					
					45	E 1200/16 x 45					
					50	E 1200/16 x 50					
					55	E 1200/16 x 55					
					60	E 1200/16 x 60					
					65	E 1200/16 x 65					
					70	E 1200/16 x 70					
					75	E 1200/16 x 75					
					80	E 1200/16 x 80					
					90	E 1200/16 x 90					
					100	E 1200/16 x 100					
					110	E 1200/16 x 110					
					120	E 1200/16 x 120					
					130	E 1200/16 x 130					
					140	E 1200/16 x 140					
					150	E 1200/16 x 150					
					160	E 1200/16 x 160					
					170	E 1200/16 x 170					
					180	E 1200/16 x 180					
					190	E 1200/16 x 190					
					200	E 1200/16 x 200					
					210	E 1200/16 x 210					
					220	E 1200/16 x 220					
					230	E 1200/16 x 230					
					240	E 1200/16 x 240					
					250	E 1200/16 x 250					
					260	E 1200/16 x 260					

SW	I2	I3	d3	d1	I1	Nr. / No.					
14	44	16	24	M16	270	E 1200/16 x 270					
					280	E 1200/16 x 280					
					290	E 1200/16 x 290					
					300	E 1200/16 x 300					
					320	E 1200/16 x 320					
					360	E 1200/16 x 360					
					400	E 1200/16 x 400					
					17	45	20	30	M20	45	E 1200/20 x 45
										50	E 1200/20 x 50
										60	E 1200/20 x 60
										70	E 1200/20 x 70
										80	E 1200/20 x 80
										90	E 1200/20 x 90
										100	E 1200/20 x 100
										110	E 1200/20 x 110
										120	E 1200/20 x 120
										130	E 1200/20 x 130
										140	E 1200/20 x 140
										150	E 1200/20 x 150
					19	60	24	36	M24	60	E 1200/24 x 60
										70	E 1200/24 x 70
										80	E 1200/24 x 80
										90	E 1200/24 x 90
										100	E 1200/24 x 100
										110	E 1200/24 x 110
										120	E 1200/24 x 120
										130	E 1200/24 x 130
										140	E 1200/24 x 140
150	E 1200/24 x 150										
160	E 1200/24 x 160										
170	E 1200/24 x 170										
180	E 1200/24 x 180										
190	E 1200/24 x 190										
200	E 1200/24 x 200										
210	E 1200/24 x 210										
220	E 1200/24 x 220										
230	E 1200/24 x 230										
240	E 1200/24 x 240										
250	E 1200/24 x 250										
260	E 1200/24 x 260										
270	E 1200/24 x 270										
280	E 1200/24 x 280										
290	E 1200/24 x 290										
300	E 1200/24 x 300										
320	E 1200/24 x 320										
330	E 1200/24 x 330										
340	E 1200/24 x 340										
360	E 1200/24 x 360										
380	E 1200/24 x 380										
400	E 1200/24 x 400										
420	E 1200/24 x 420										
22	80	30	45	M30	80	E 1200/30 x 80					
					90	E 1200/30 x 90					
					100	E 1200/30 x 100					
					110	E 1200/30 x 110					
					120	E 1200/30 x 120					
					130	E 1200/30 x 130					
					22	66	27	40	M27	80	E 1200/27 x 80
										100	E 1200/27 x 100
										120	E 1200/27 x 120
										140	E 1200/27 x 140
										160	E 1200/27 x 160
										180	E 1200/27 x 180
200	E 1200/27 x 200										
220	E 1200/27 x 220										
240	E 1200/27 x 240										
22	72	30	45	M30						80	E 1200/30 x 80
										90	E 1200/30 x 90
										100	E 1200/30 x 100
					110	E 1200/30 x 110					
					120	E 1200/30 x 120					
					130	E 1200/30 x 130					



SW	I2	I3	d3	d1	I1	Nr. / No.
22	72	30	45	<b>M30</b>	<b>140</b>	E 1200/30 x 140
					<b>150</b>	E 1200/30 x 150
					<b>160</b>	E 1200/30 x 160
					<b>170</b>	E 1200/30 x 170
					<b>180</b>	E 1200/30 x 180
					<b>190</b>	E 1200/30 x 190
					<b>200</b>	E 1200/30 x 200
					<b>210</b>	E 1200/30 x 210
					<b>220</b>	E 1200/30 x 220
					<b>230</b>	E 1200/30 x 230
					<b>240</b>	E 1200/30 x 240
					<b>250</b>	E 1200/30 x 250
					<b>260</b>	E 1200/30 x 260
					<b>270</b>	E 1200/30 x 270
					<b>280</b>	E 1200/30 x 280
					<b>290</b>	E 1200/30 x 290
					<b>300</b>	E 1200/30 x 300
					<b>320</b>	E 1200/30 x 320
					<b>340</b>	E 1200/30 x 340
					<b>360</b>	E 1200/30 x 360
<b>380</b>	E 1200/30 x 380					
<b>400</b>	E 1200/30 x 400					
27	84	36	54	<b>M36</b>	<b>120</b>	E 1200/36 x 120
					<b>160</b>	E 1200/36 x 160

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 4- PLANOS***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

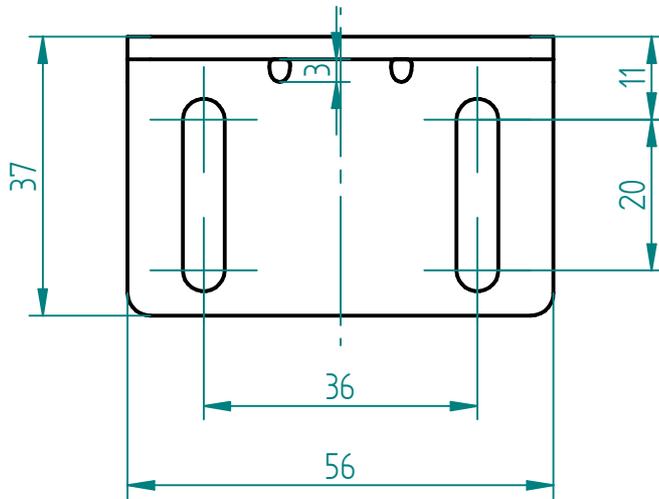
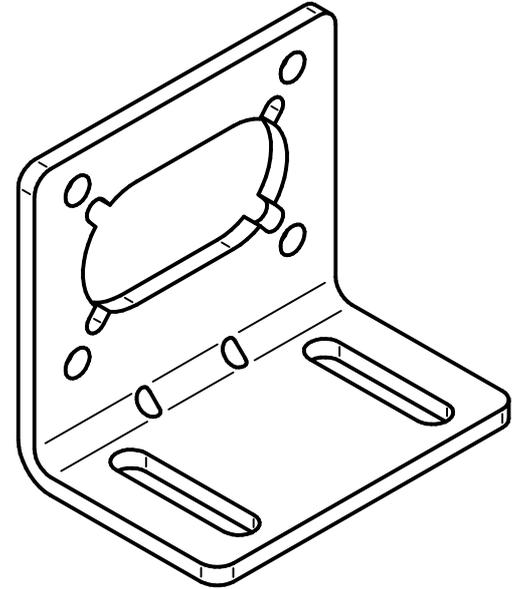
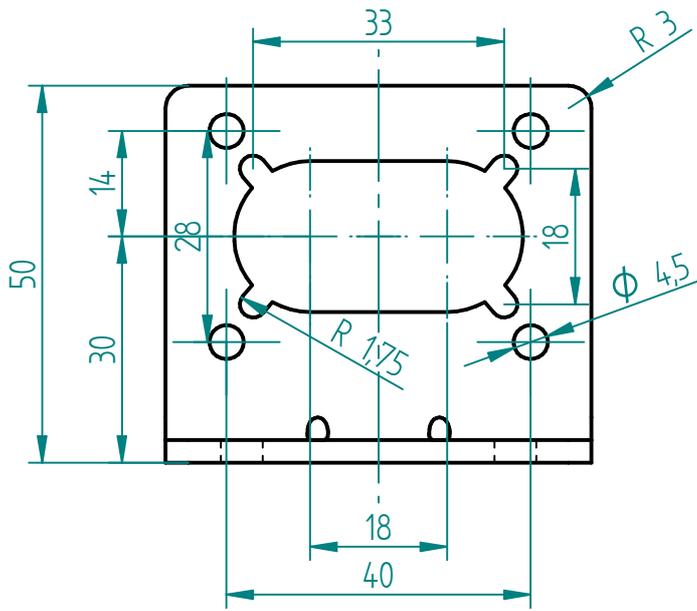
**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

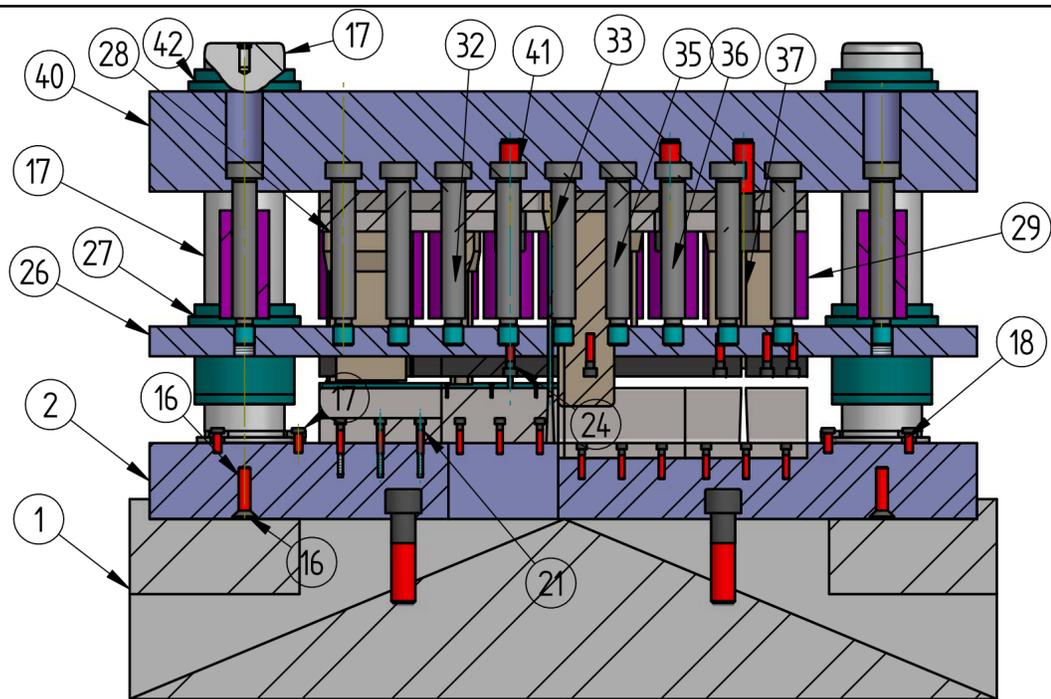
**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE DOCUMENTO 4. PLANOS

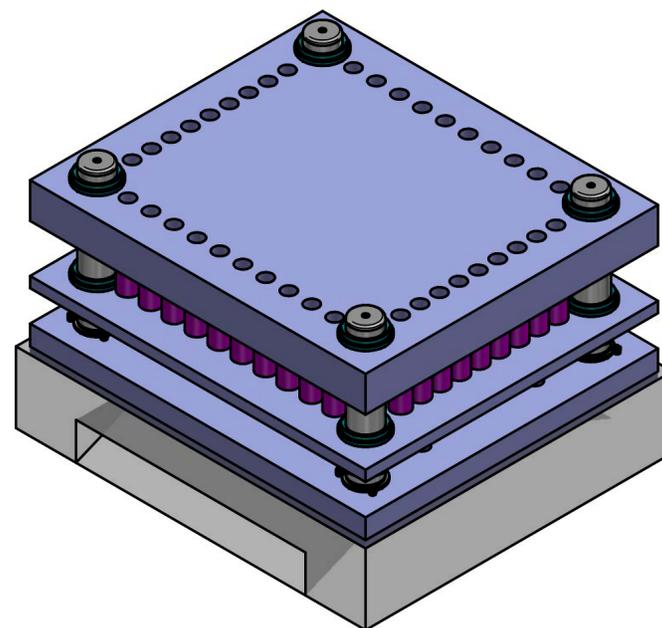
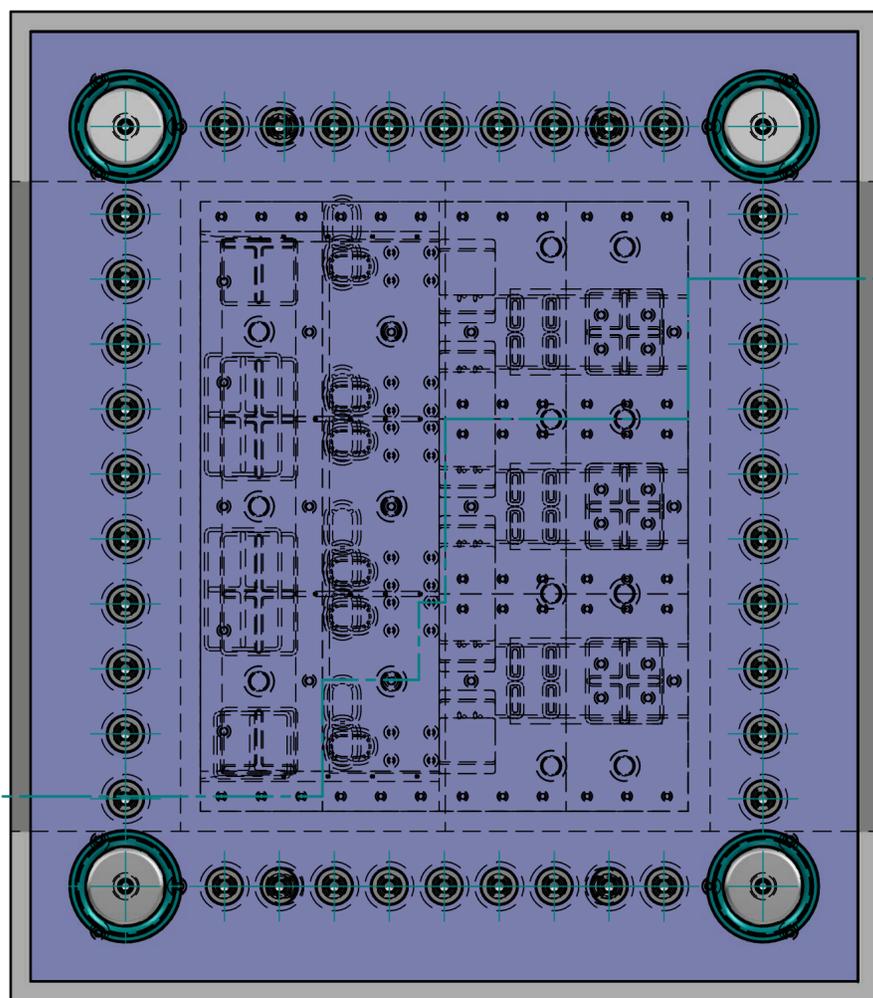
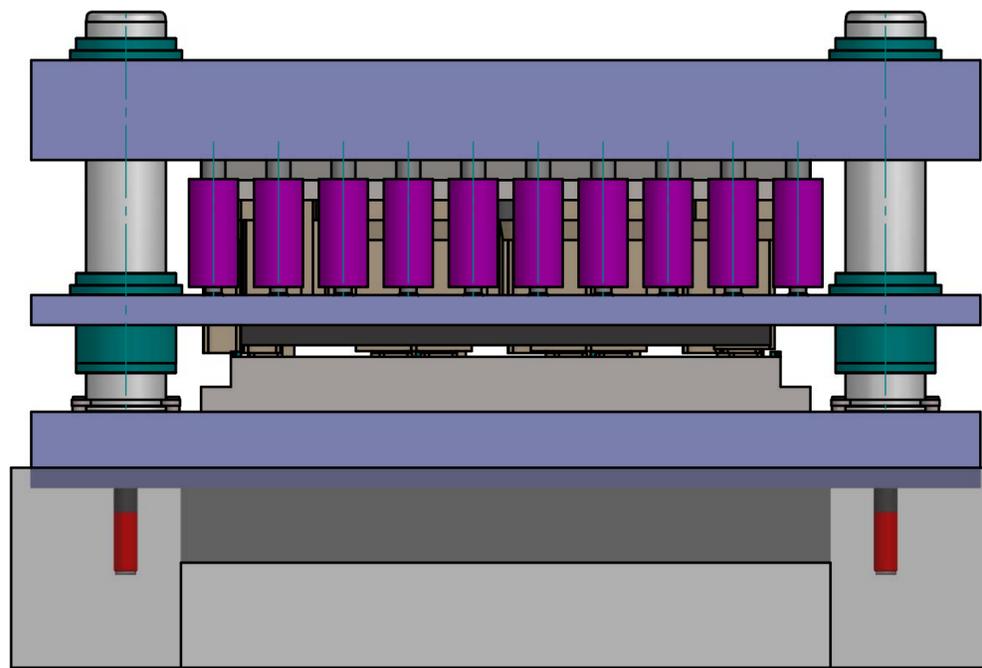
- PLANO 1. SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR (PIEZA)
- PLANO 2. CONJUNTO
- PLANO 3. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO INFERIOR
- PLANO 4. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO CENTRAL
- PLANO 5. EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO SUPERIOR
- PLANO 6. CONTENEDOR
- PLANO 7. PLACA BASE INFERIOR
- PLANO 8. MATRIZ ESTACIONES 1-2
- PLANO 9. MATRIZ ESTACIONES 3-4
- PLANO 10. MATRIZ ESTACIONES 5-6 IZQUIERDA
- PLANO 11. MATRIZ ESTACIONES 5-6 CENTRO
- PLANO 12. MATRIZ ESTACIONES 5-6 DERECHA
- PLANO 13. MATRIZ ESTACIONES 7-8 IZQUIERDA
- PLANO 14. MATRIZ ESTACIONES 7-8 CENTRO
- PLANO 15. MATRIZ ESTACIONES 7-8 DERECHA
- PLANO 16. REGLÉ GUÍA LATERAL 1
- PLANO 17. REGLÉ GUÍA LATERAL 2
- PLANO 18. REGLÉ GUÍA CENTRAL
- PLANO 19. PISADOR
- PLANO 20. PLACA GUÍA PUNZONES
- PLANO 21. PUNZÓN LATERAL ESTACIONES 1-2
- PLANO 22. PUNZÓN CENTRAL ESTACIONES 1-2
- PLANO 23. PUNZÓN ESTACIÓN 3
- PLANO 24. PUNZÓN ESTACIÓN 4
- PLANO 25. PUNZÓN DOBLADO LATERAL
- PLANO 26. PUNZÓN DOBLADO CENTRAL
- PLANO 27. PUNZÓN ESTACIÓN 6
- PLANO 28. PUNZÓN ESTACIONES 7-8
- PLANO 29. PLACA PORTA PUNZONES
- PLANO 30. SUFRIDERA
- PLANO 31. PLACA BASE SUPERIOR



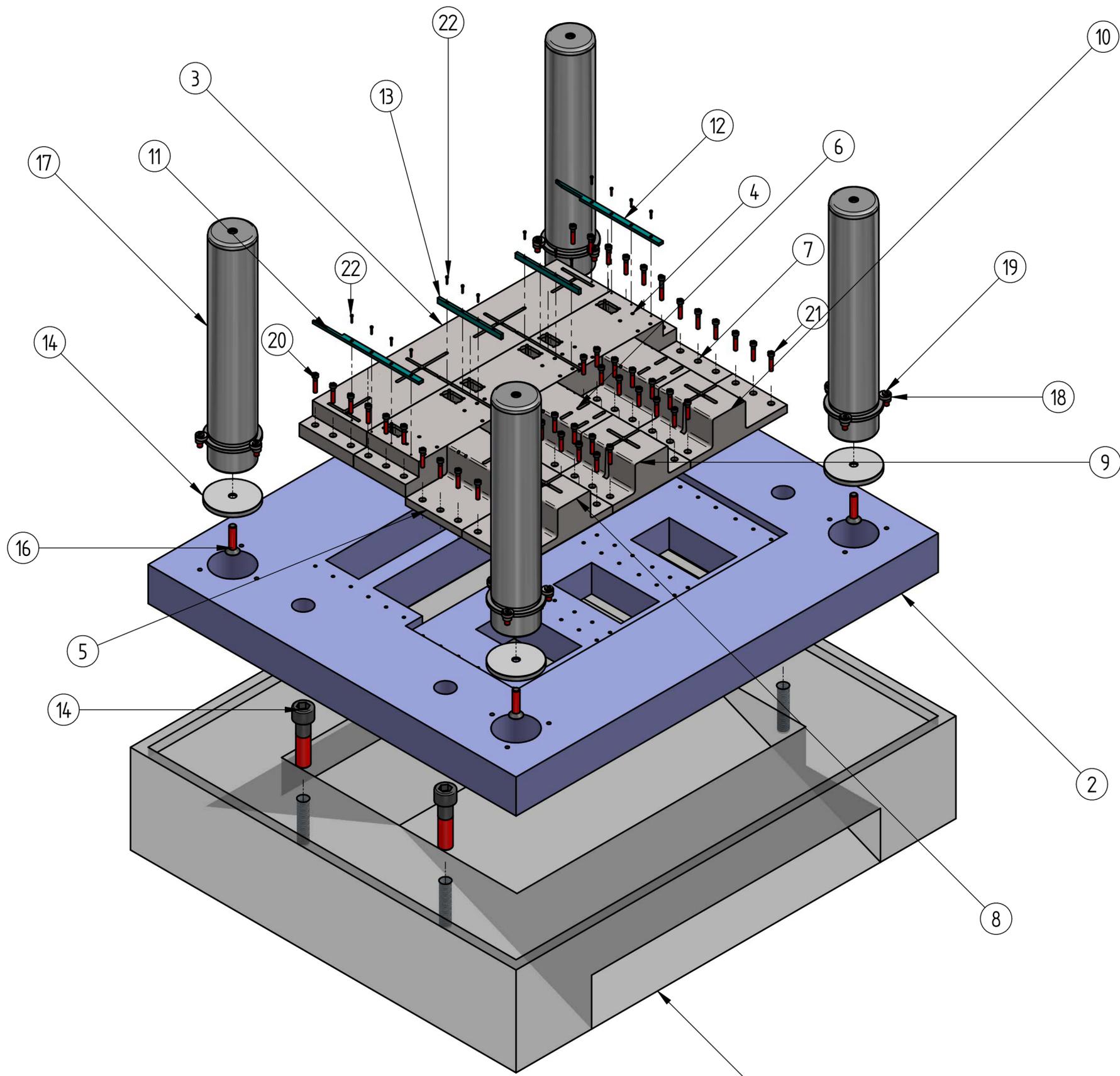
-	Soporte de montaje de motor	1	-	AISI 304
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:				
Comprobado/Egiaztatu:				
Dirigido/Zuzendatua:				
Esk./Escala:		 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea		
Perd. orok. Tol. general	1:1			



CORTE A-A

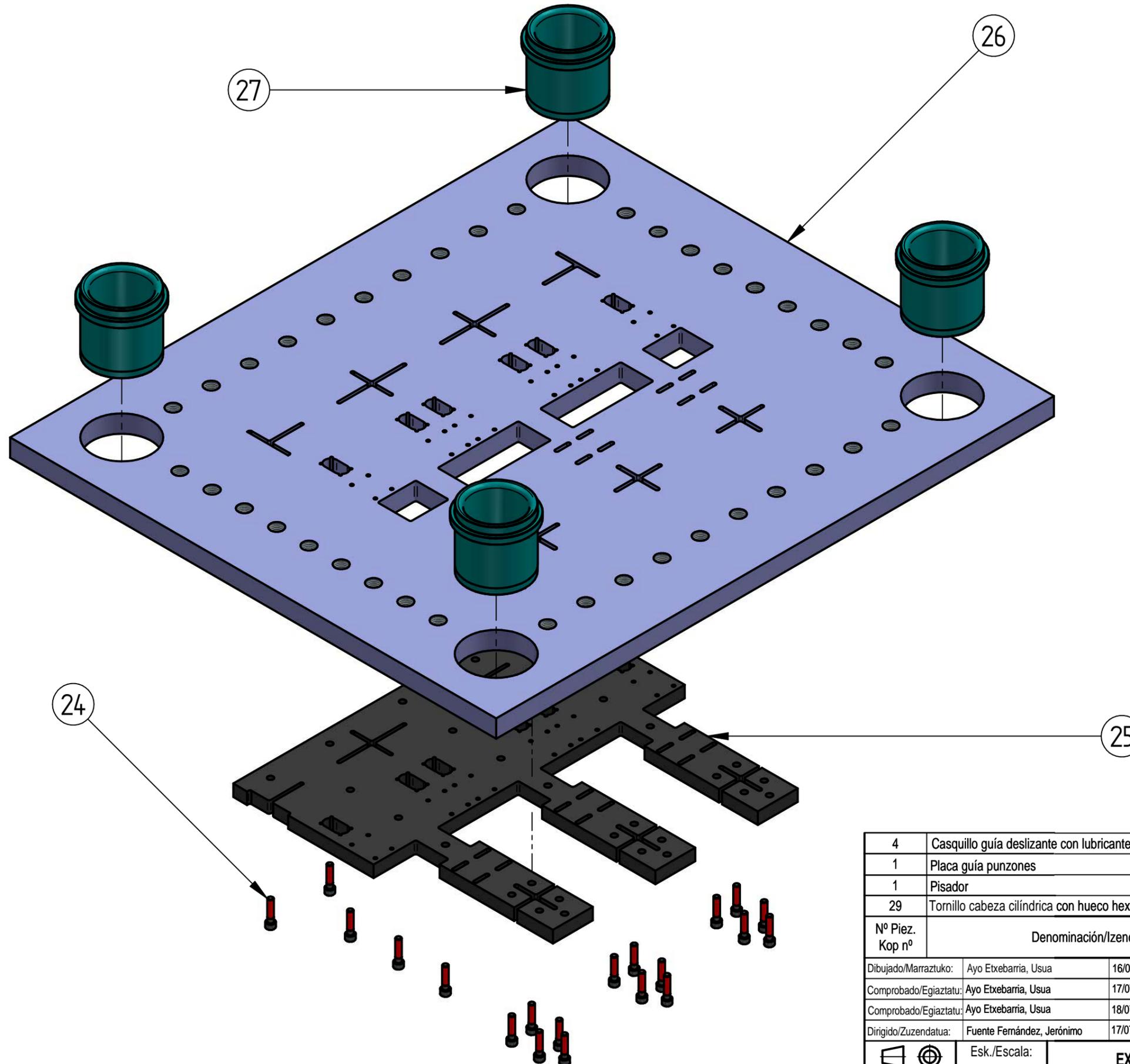


4	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona	DIN 9834 / ISO 9448	42	2.0598
14	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M20x90	DIN 912 / ISO 4762	41	-
1	Placa base superior	31	40	Fundición
1	Sufridera	30	39	F114
1	Placa porta punzones	29	38	F1511
3	Punzón estaciones 7-8	28	37	F521
12	Punzón estación 6	27	36	F521
2	Punzón central doblado	26	35	F521
2	Punzón lateral doblado	25	34	F521
24	Punzón estación 4	24	33	F521
6	Punzón estación 3	23	32	F521
2	Punzón central estaciones 1-2	22	31	F521
2	Punzón lateral estaciones 1-2	21	30	F521
38	Muelle de compresión carga extrema 50x127	-	29	-
38	Tornillo tope M24x140	ISO 7379	28	-
4	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona	DIN 9834 / ISO 9448	27	2.0598
1	Placa guía punzones	20	26	F112
1	Pisador	19	25	F112
29	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M8x35	DIN 912 / ISO 4762	24	-
12	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M2x16	DIN 912 / ISO4762	23	-
8	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M2x12	DIN 912 / ISO4762	22	-
12	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M6x40	DIN 7984	21	-
36	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M6x30	DIN 7984	20	-
12	Tornillo cabeza cilíndrica plana M8x20	DIN 7984	19	-
12	Brida de amarre excéntrica	-	18	1.2312
4	Columna guía con valona	DIN 9825	17	1.1213
4	Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal M12x50	DIN 7991	16	M
4	Disco de amarre	-	15	1.1730
4	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M24x90	DIN 912 / ISO 4762	14	-
2	Reglé guía central	18	13	F522
1	Reglé guía lateral 2	17	12	-
1	Reglé guía lateral 1	16	11	F522
1	Matriz estaciones 7-8 derecha	15	10	F112
1	Matriz estaciones 7-8 centro	14	9	F112
1	Matriz estaciones 7-8 izquierda	13	8	F112
1	Matriz estaciones 5-6 derecha	12	7	F112
1	Matriz estaciones 5-6 centro	11	6	F112
1	Matriz estaciones 5-6 izquierda	10	5	F112
1	Matriz estaciones 3-4	9	4	F112
1	Matriz estaciones 1-2	8	3	F112
1	Placa base inferior	7	2	Fundición
1	Contenedor	6	1	Fundición
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marrazuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>CONJUNTO ENSAMBLADO</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº: 2 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:
	1:5			

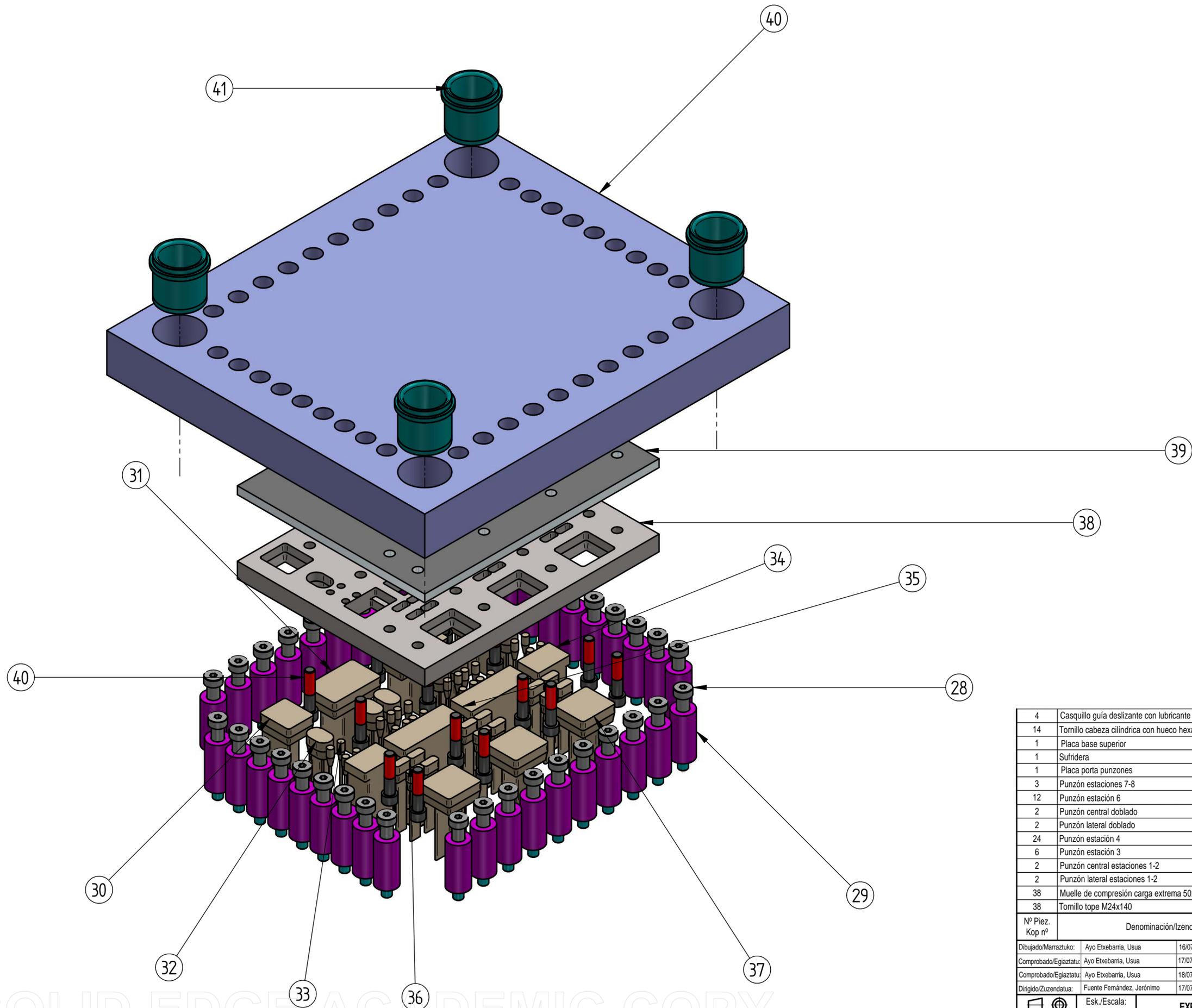


12	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M2x16	DIN 912 / ISO4762	23	-
8	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M2x12	DIN 912 / ISO4762	22	-
12	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M6x40	DIN 7984	21	-
36	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M6x30	DIN 7984	20	-
12	Tornillo cabeza cilíndrica plana M8x20	DIN 7984	19	-
12	Brida de amarre excéntrica	-	18	1.2312
4	Columna guía con valona	DIN 9825	17	1.1213
4	Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal M12x50	DIN 7991	16	M
4	Disco de amarre	-	15	1.1730
4	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M24x90	DIN 912 / ISO 4762	14	-
2	Reglé guía central	18	13	F522
1	Reglé guía lateral 2	17	12	-
1	Reglé guía lateral 1	16	11	F522
1	Matriz estaciones 7-8 derecha	15	10	F112
1	Matriz estaciones 7-8 centro	14	9	F112
1	Matriz estaciones 7-8 izquierda	13	8	F112
1	Matriz estaciones 5-6 derecha	12	7	F112
1	Matriz estaciones 5-6 centro	11	6	F112
1	Matriz estaciones 5-6 izquierda	10	5	F112
1	Matriz estaciones 3-4	9	4	F112
1	Matriz estaciones 1-2	8	3	F112
1	Placa base inferior	7	2	Fundición
1	Contenedor	6	1	Fundición
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marrazuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:		Plano zk./nº: 3	
	1:5		Plano kop./total: 31	
EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO INFERIOR			Kalifikazioa:	
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR			Calificación:	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



4	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona	DIN 9834 / ISO 9448	27	2.0598
1	Placa guía punzones	20	26	F112
1	Pisador	19	25	F112
29	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M8x35	DIN 912 / ISO 4762	24	-
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO CENTRAL</b>		Plano zk./nº.: 4
Perd. orok. Tol. general m	1:5	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

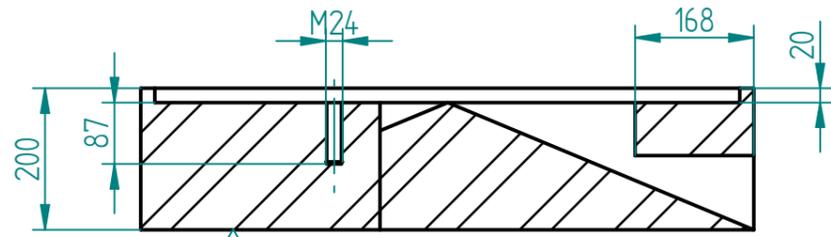


4	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona	DIN 9834 / ISO 9448	42	2.0598
14	Tornillo cabeza cilíndrica con hueco hexagonal M20x90	DIN 912 / ISO 4762	41	-
1	Placa base superior	29	40	Fundición
1	Sufridera	29	39	F114
1	Placa porta punzones	29	38	F1511
3	Punzón estaciones 7-8	29	37	F521
12	Punzón estación 6	29	36	F521
2	Punzón central doblado	26	35	F521
2	Punzón lateral doblado	25	34	F521
24	Punzón estación 4	24	33	F521
6	Punzón estación 3	23	32	F521
2	Punzón central estaciones 1-2	22	31	F521
2	Punzón lateral estaciones 1-2	21	30	F521
38	Muelle de compresión carga extrema 50x127	-	29	-
38	Tornillo tope M24x140	ISO 7379	28	-
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak

Dibujado/Marrazuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERIA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020			
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020			
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020			
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:		<b>EXPLOSIONADO SUBCONJUNTO SUPERIOR</b>		Plano zk./nº.: 5
	1:5		DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
					Kalifikazioa: Calificación:

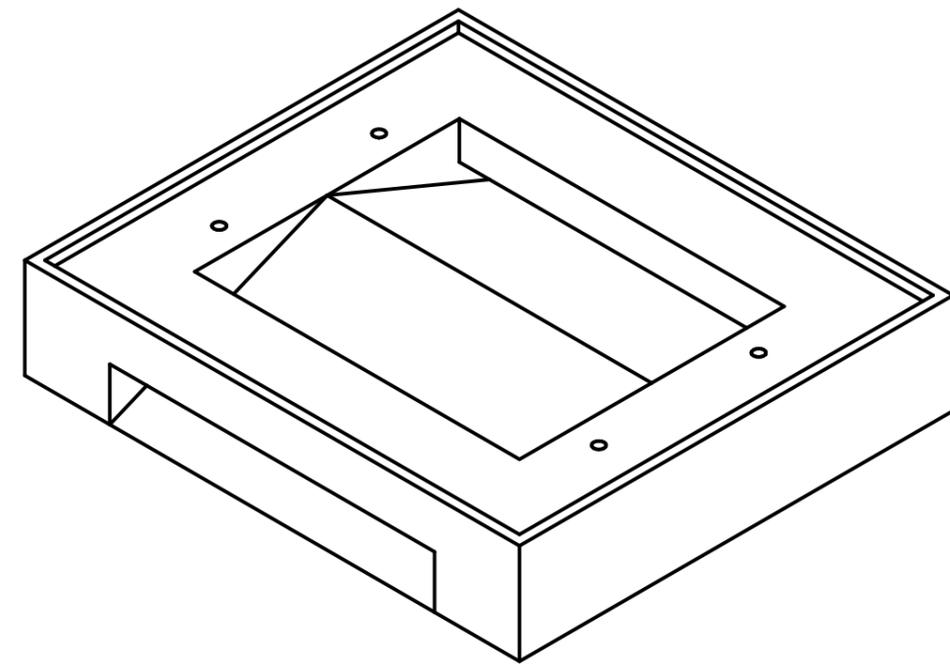
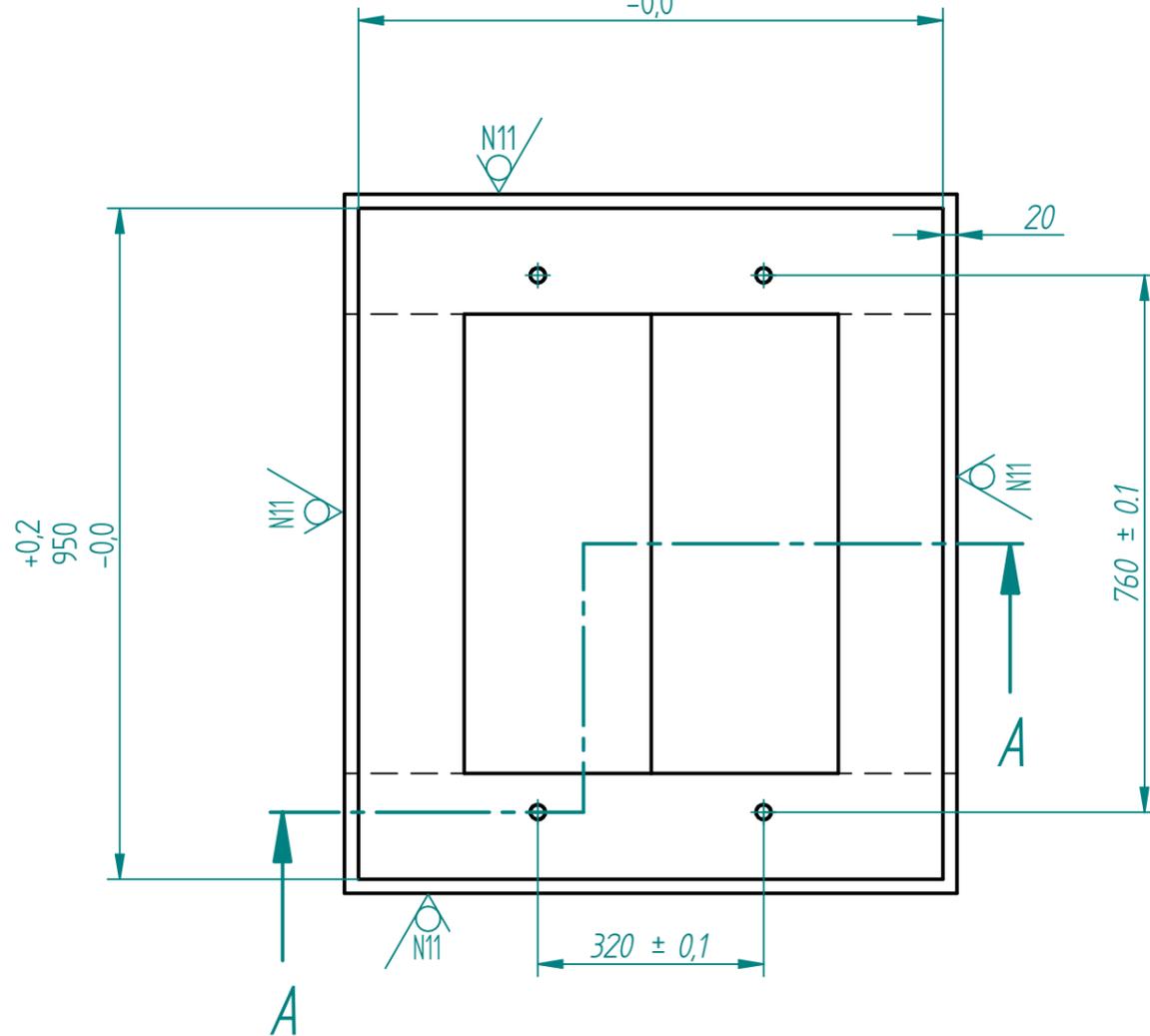
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

1. N9 / (N11)

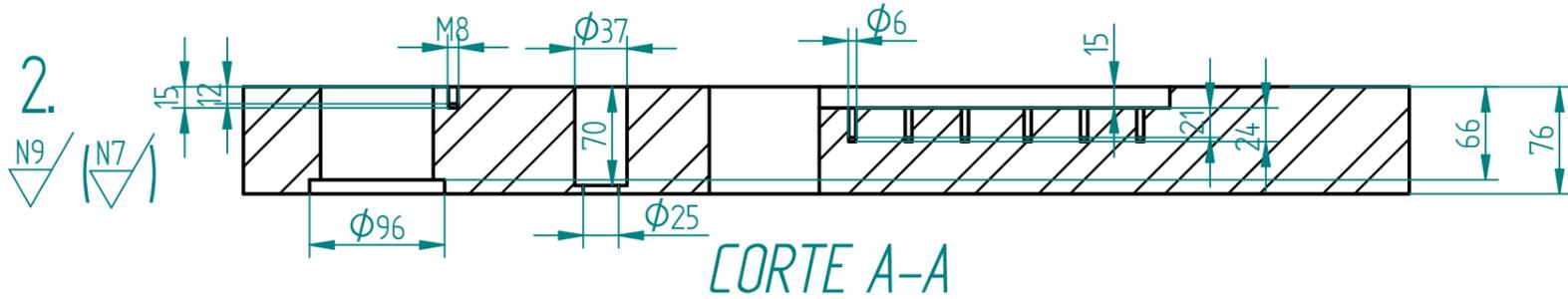


CORTE A-A

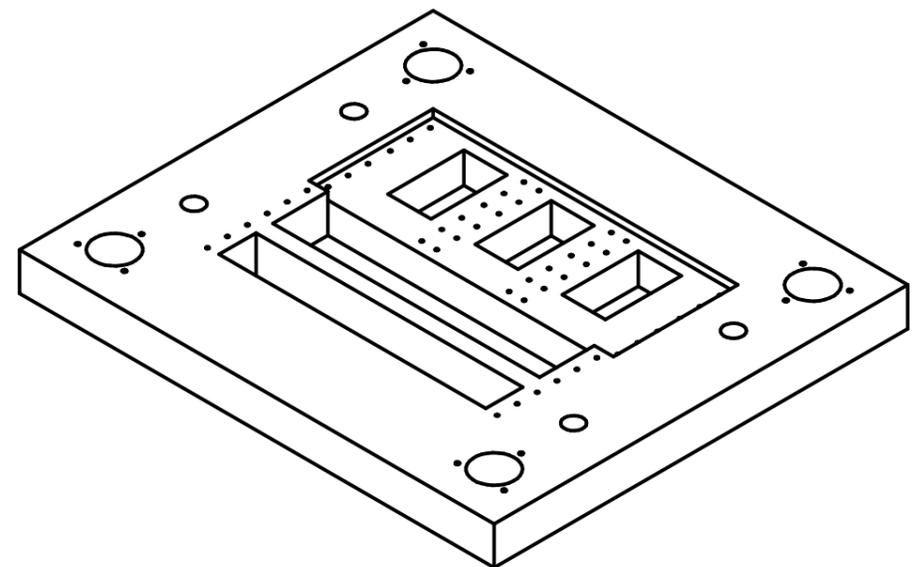
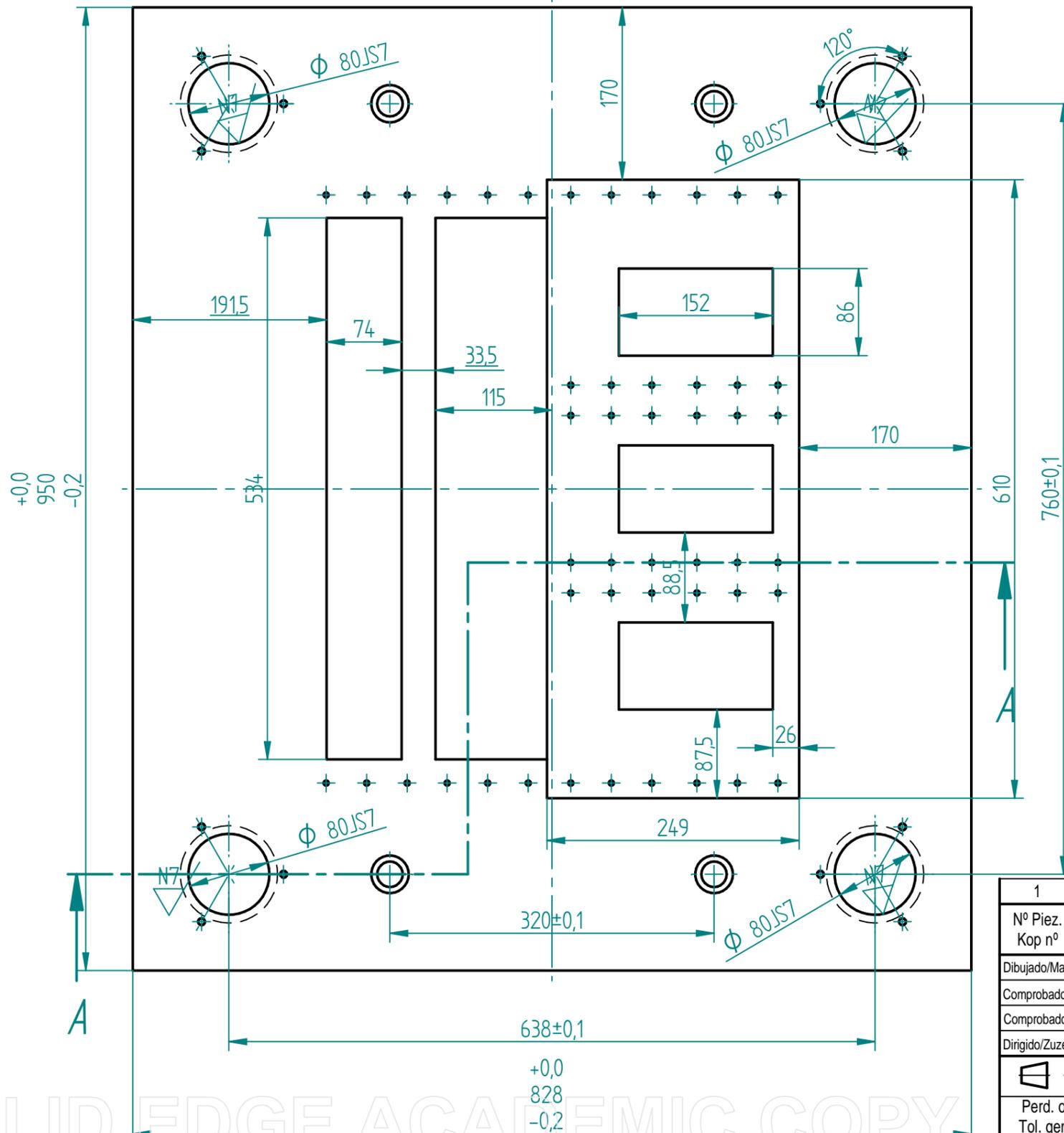
+0,2  
828  
-0,0



1	Contenedor	6	1	Fundición
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/12/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	15/12/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/12/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/12/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>CONTENEDOR</b>		Plano zk./nº: 6
	1:10	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

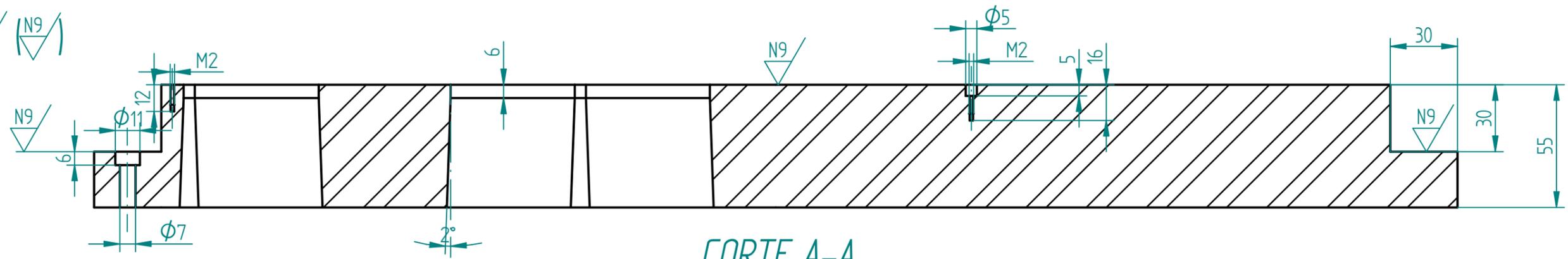


CORTE A-A

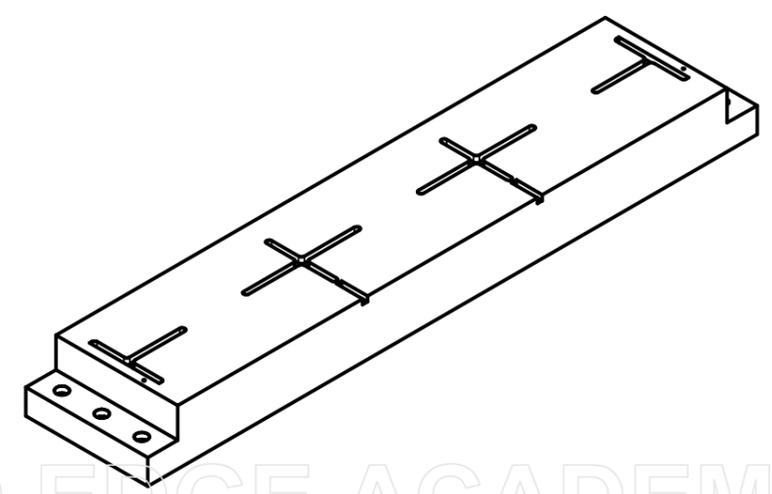
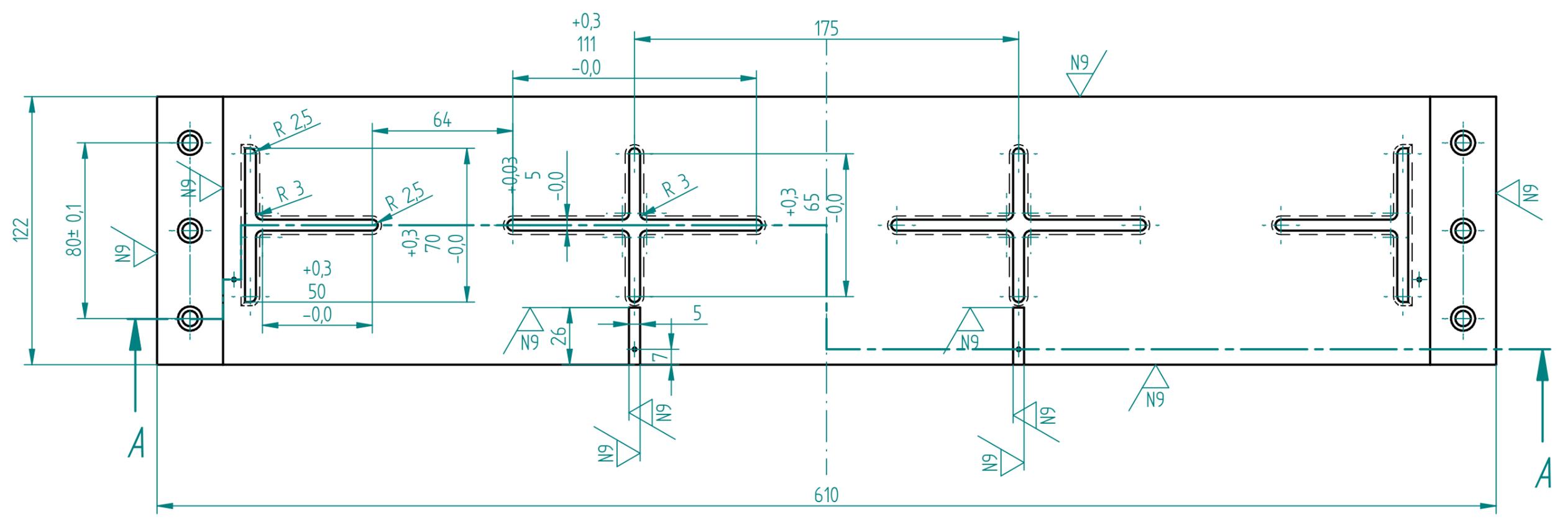


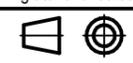
1	Placa base inferior	7	2	Fundición
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	16/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>PLACA BASE INFERIOR</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº.: 7 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:
		1:5		

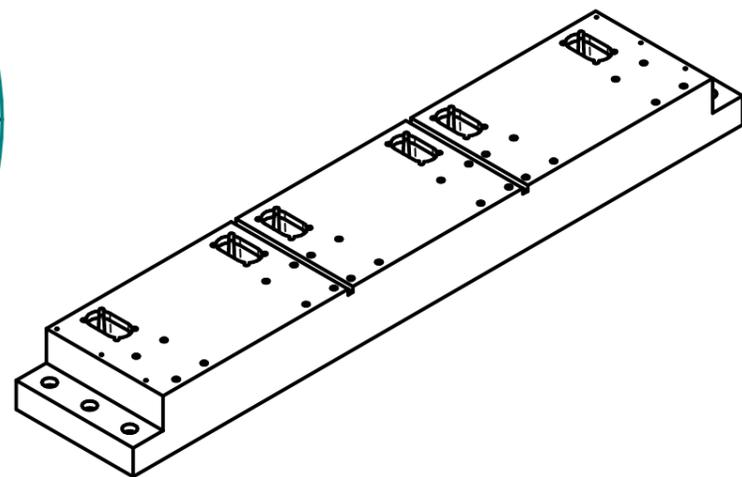
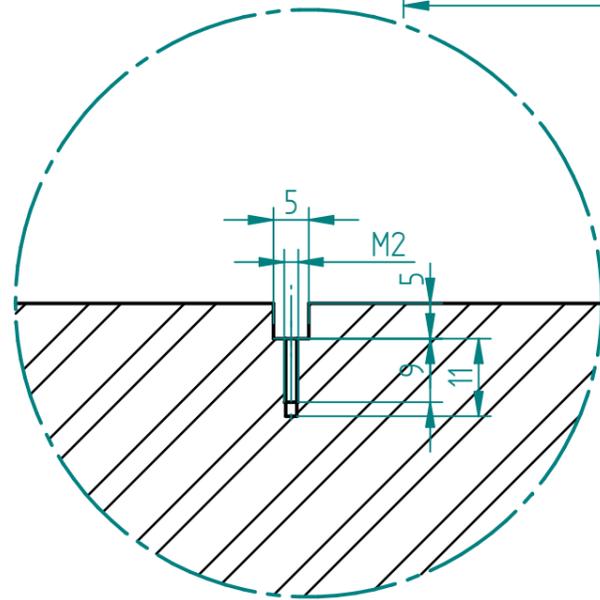
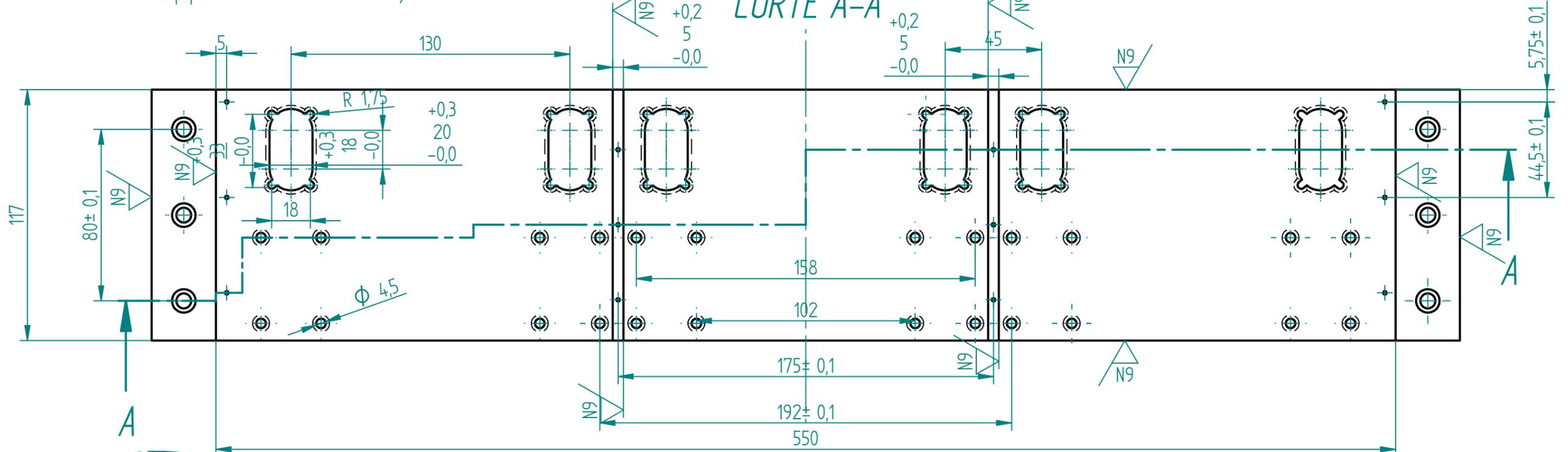
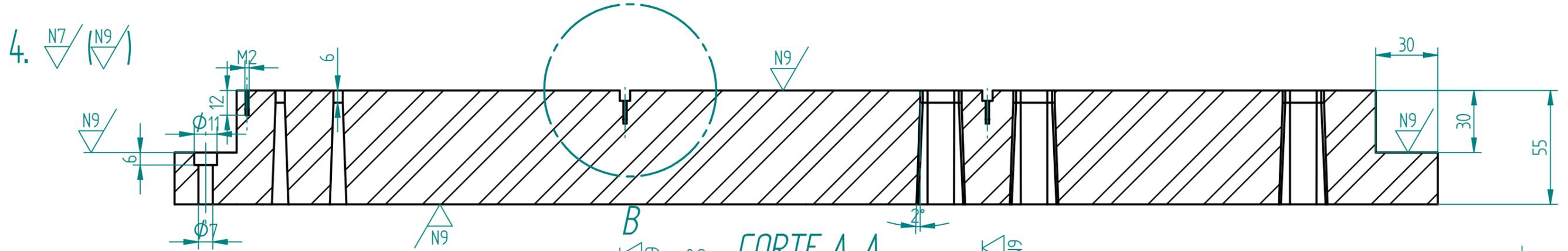
3.  $\nabla_{N7}$  /  $\nabla_{N9}$



CORTE A-A



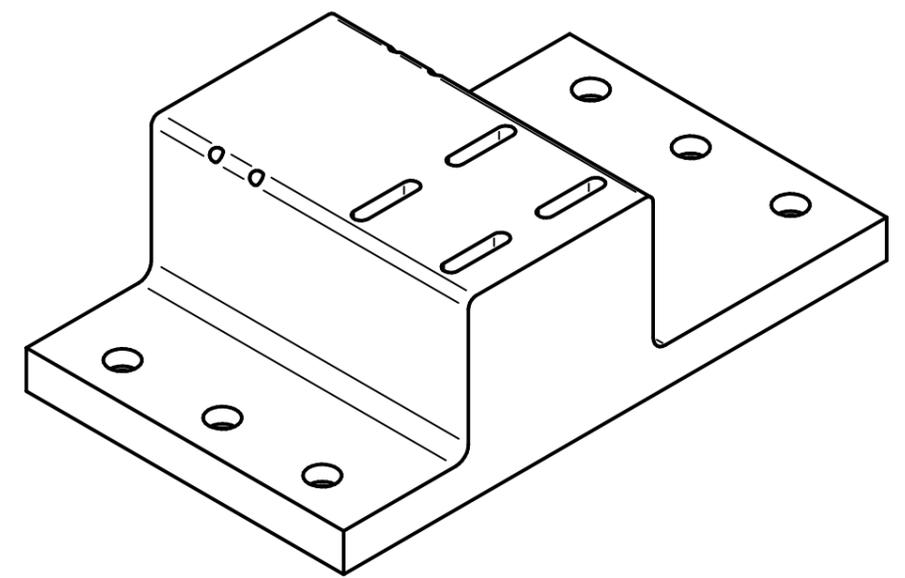
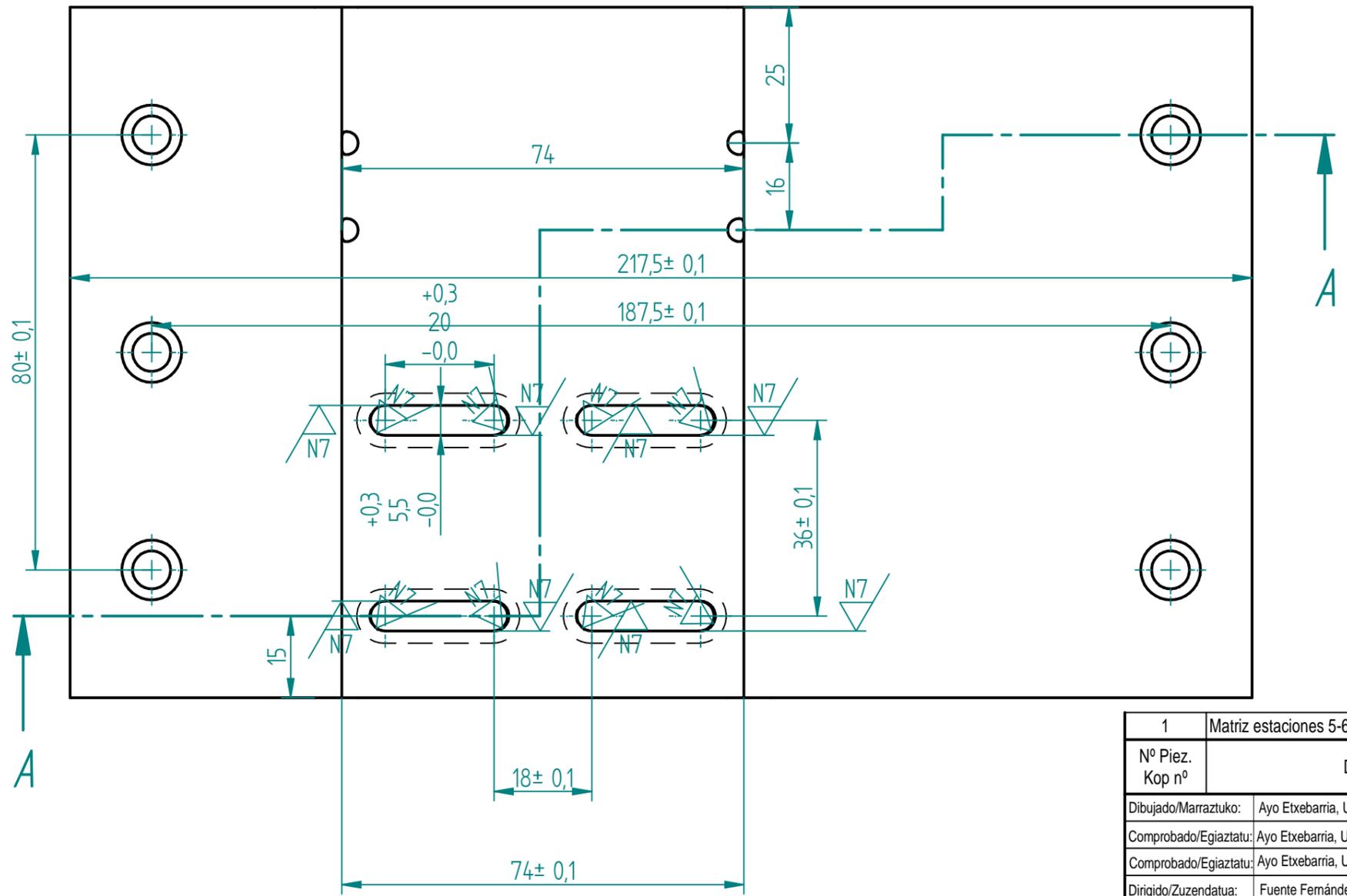
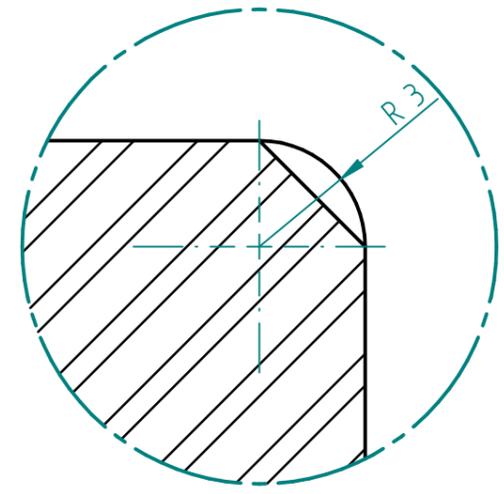
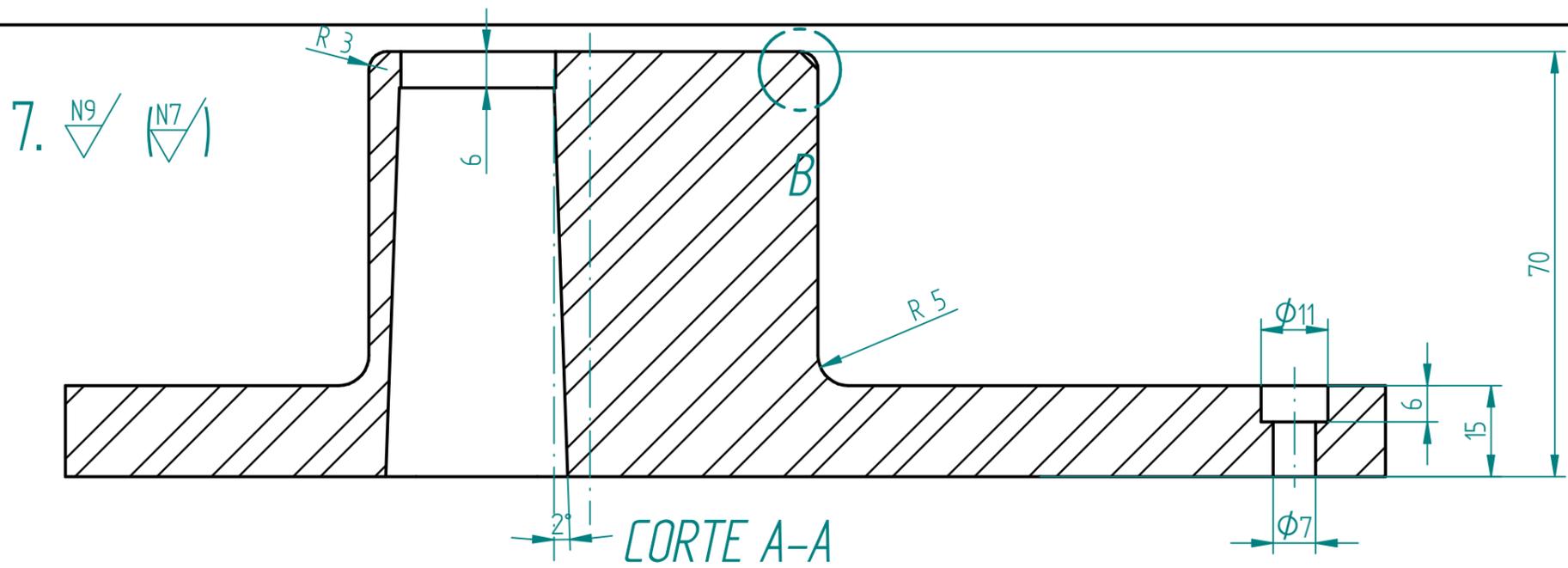
1	Matriz estaciones 1-2	8	3	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	15/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	16/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 1-2</b>		Plano zk./nº: 8
Perd. orok. Tol. general m	1:2	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

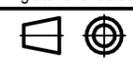


1	Matriz estaciones 3-4	9	4	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etzebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etzebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etzebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 3-4</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº.: 9 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:



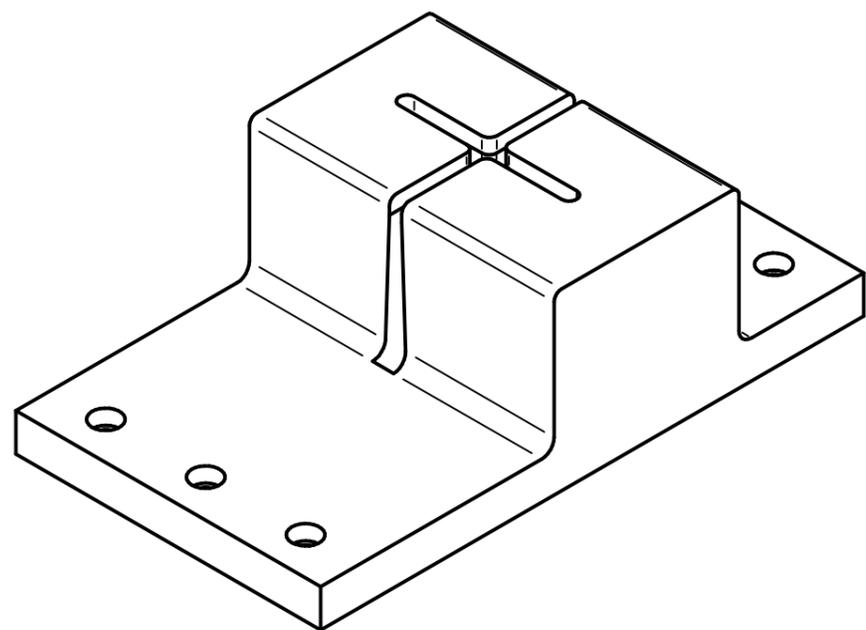
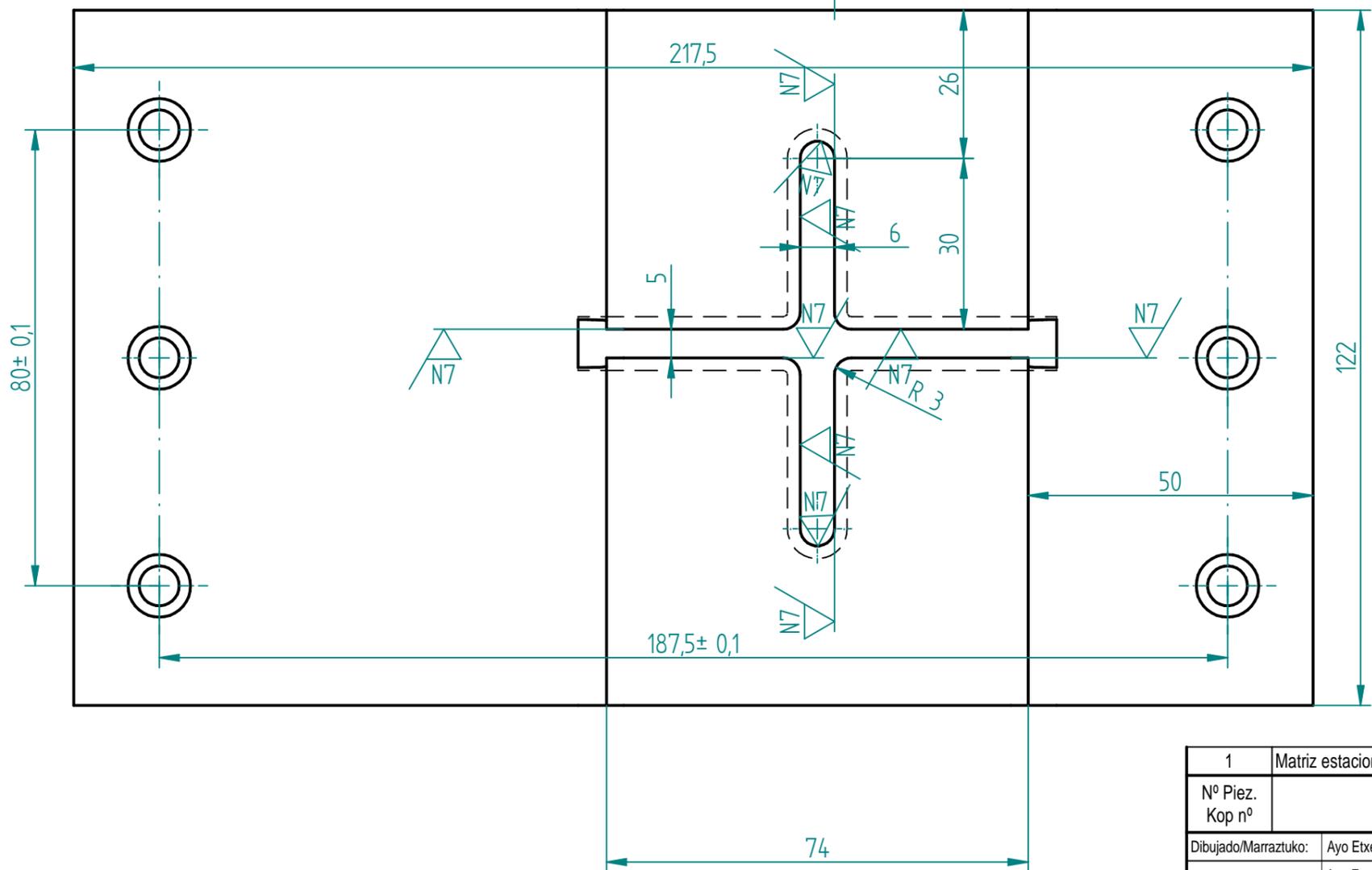
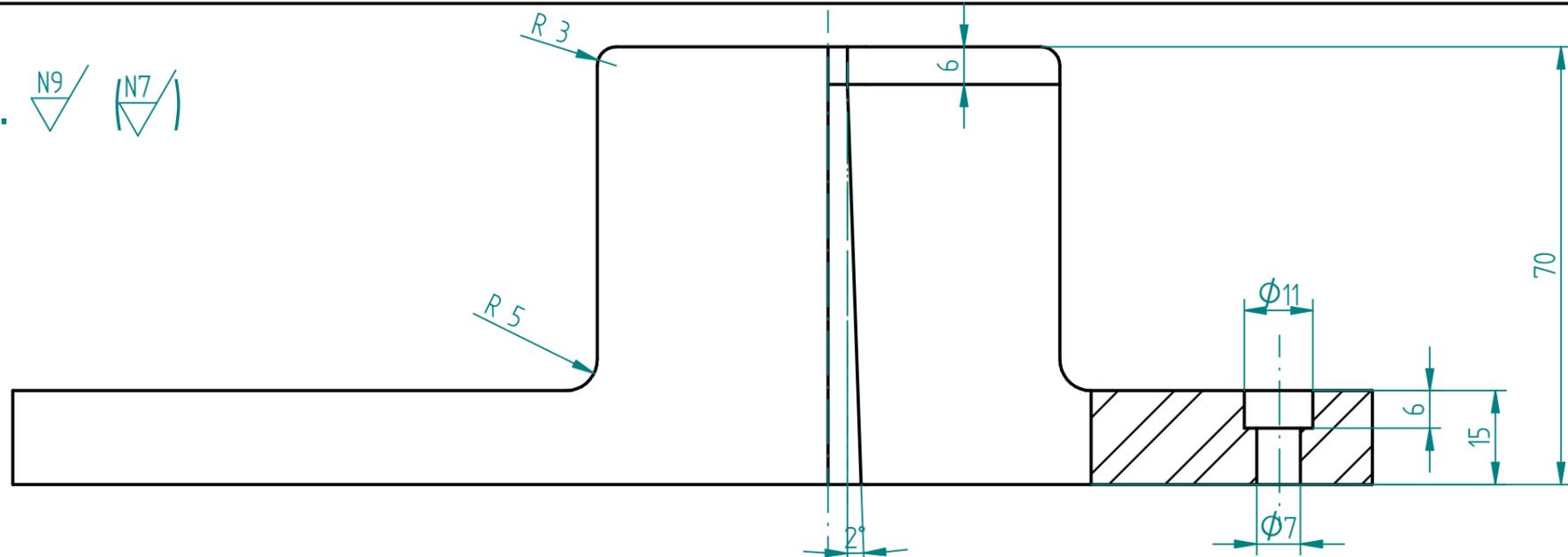




1	Matriz estaciones 5-6 derecha	12	7	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 5-6 DERECHA</b>		Plano zk./nº: 12
Perd. orok. Tol. general m	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

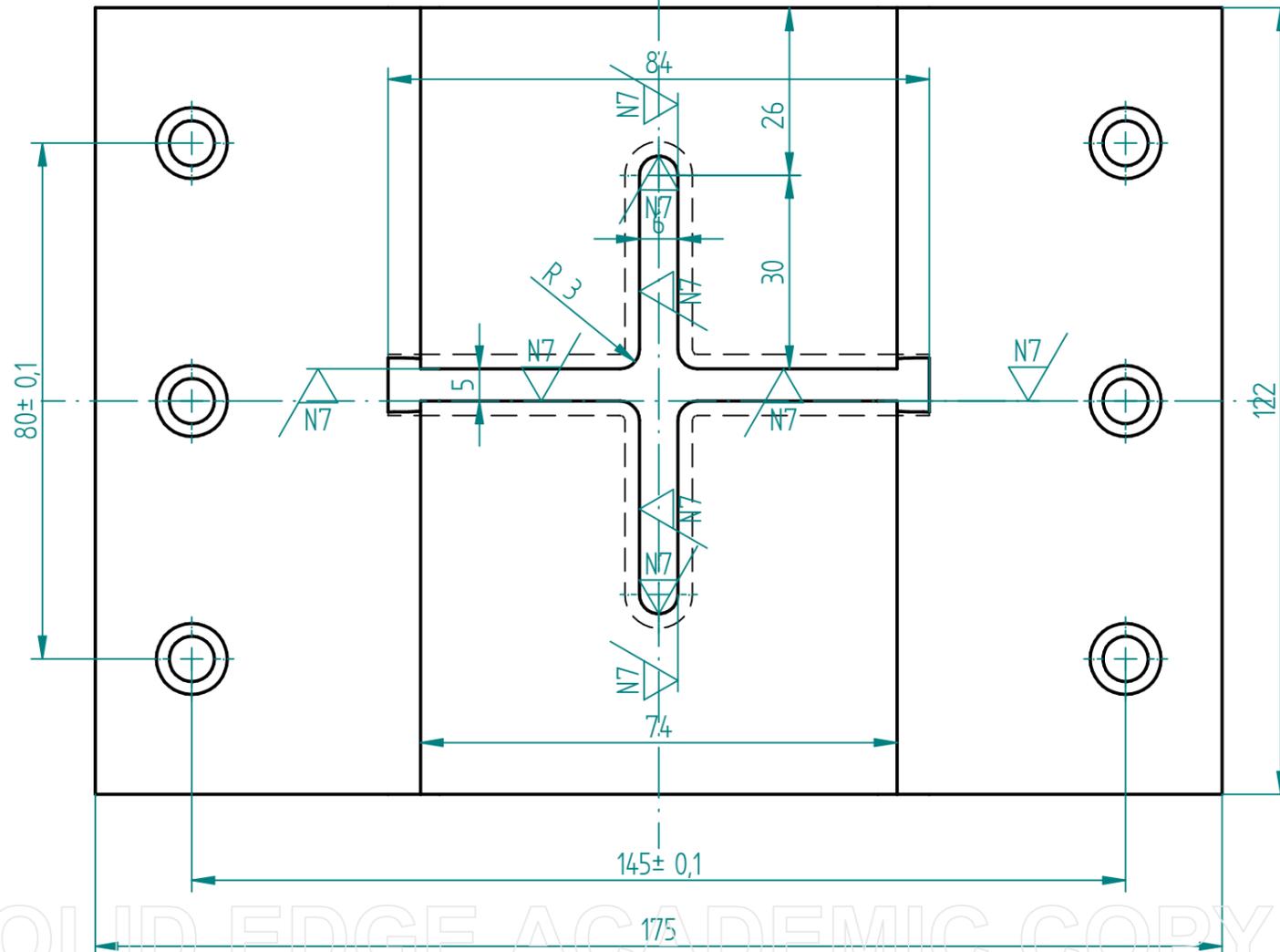
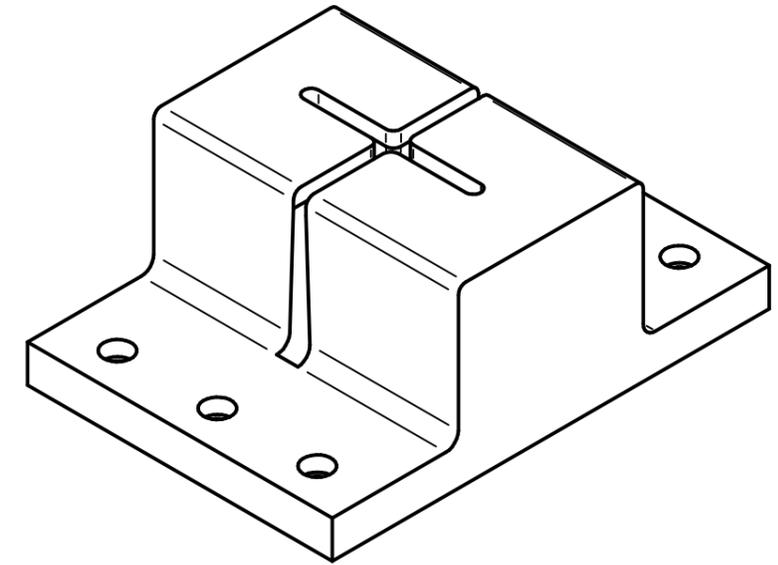
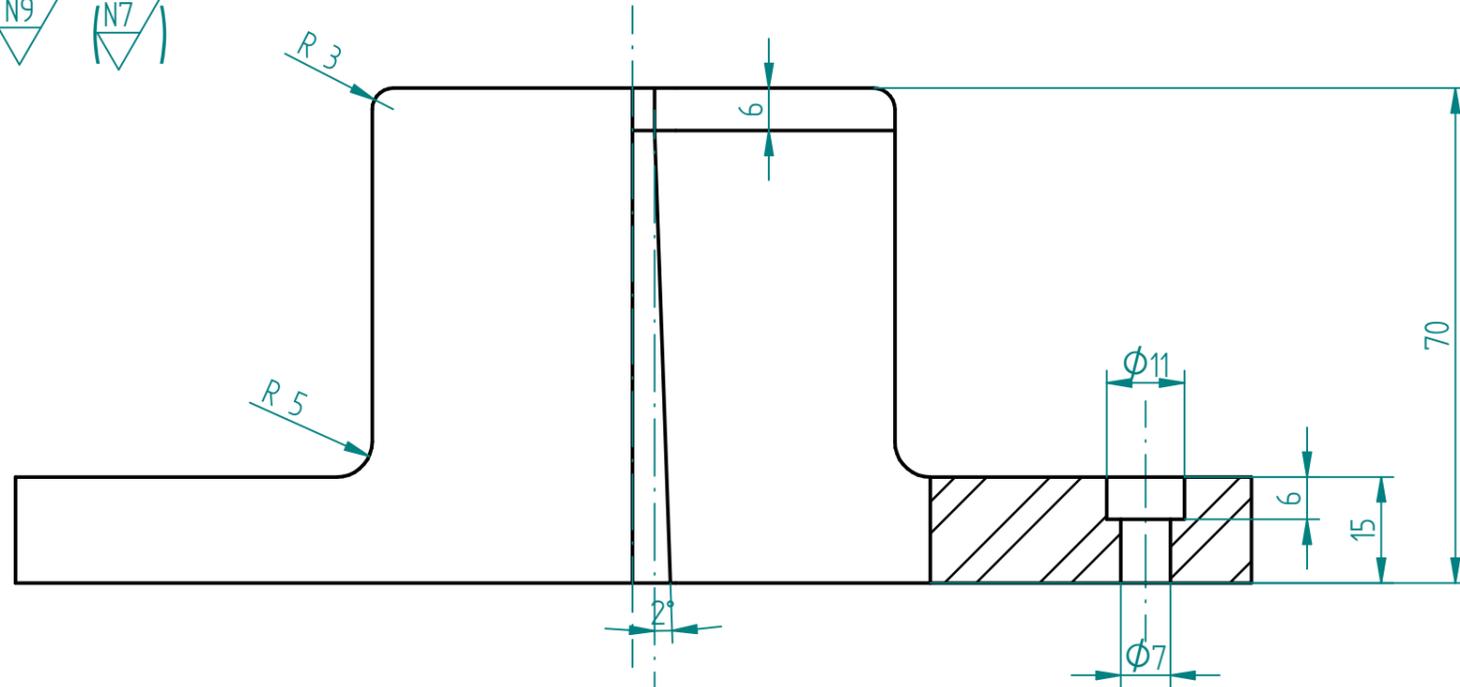
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

8.  $\nabla_{N9}$   $\nabla_{N7}$



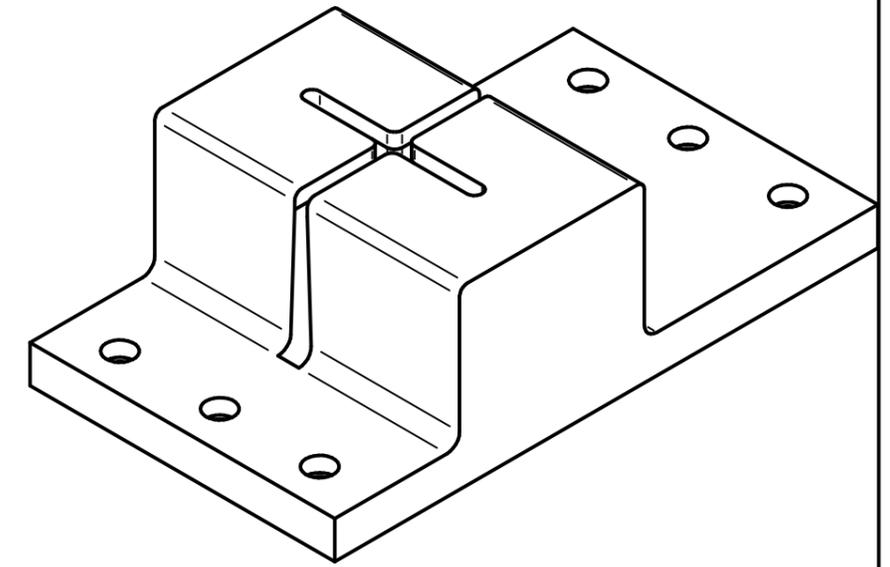
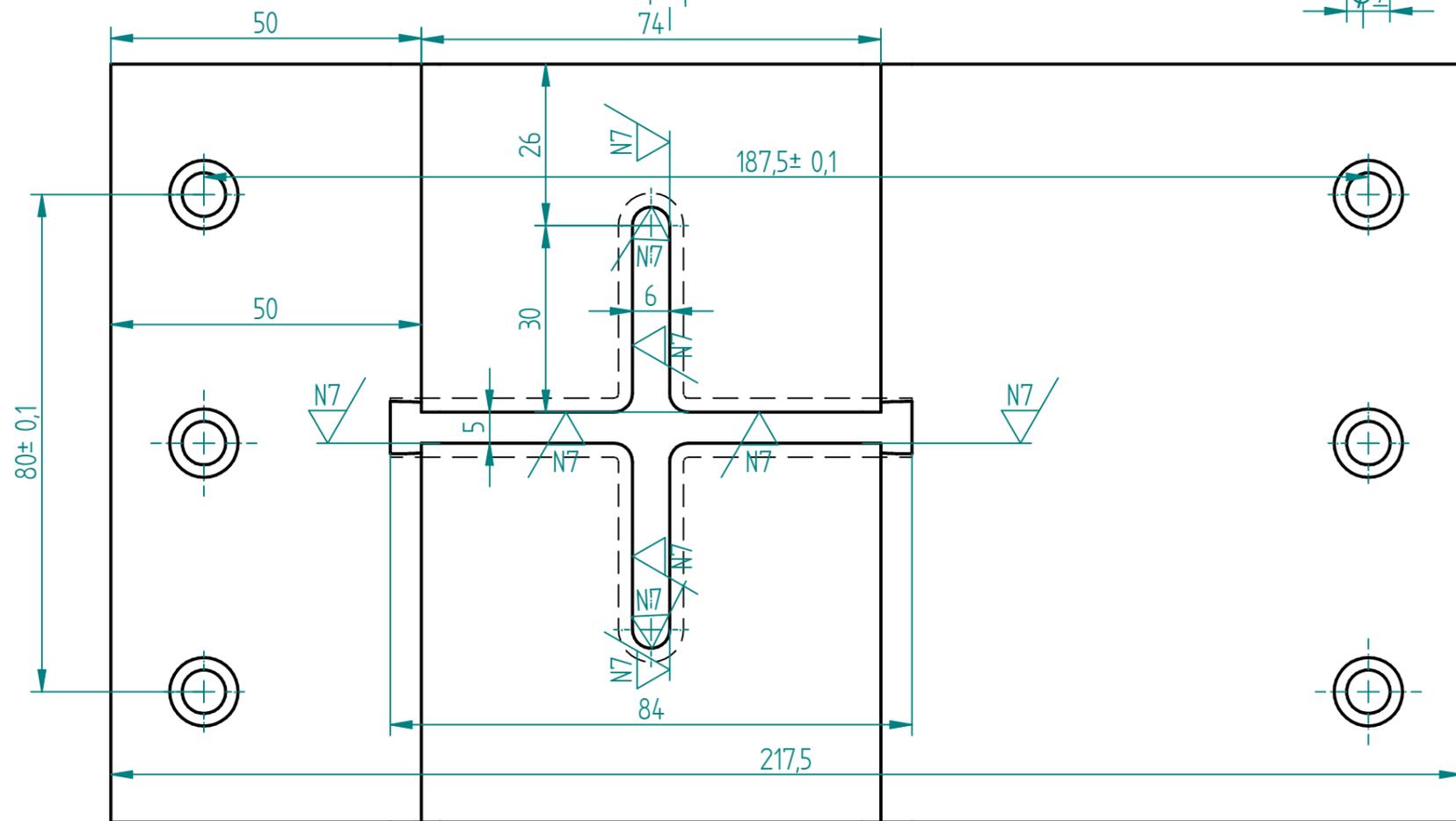
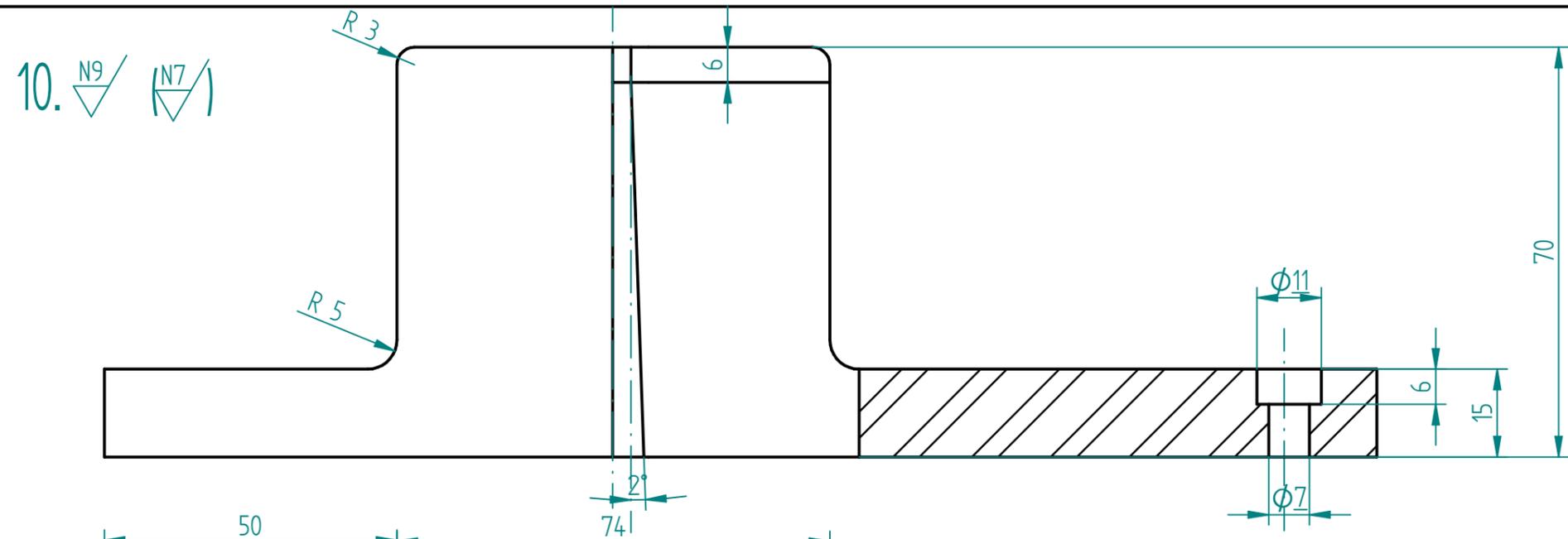
1	Matriz estaciones 7-8 izquierda	13	8	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 7-8 IZQUIERDA</b>		Plano zk./nº.: 13
Perd. orok. Tol. general m	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

9.  $\nabla_{N9}$   $\nabla_{N7}$



1	Matriz estaciones 7-8 centro	14	9	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/lzendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 7-8 CENTRO</b>		Plano zk./nº: 14
Perd. orok. Tol. general m	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

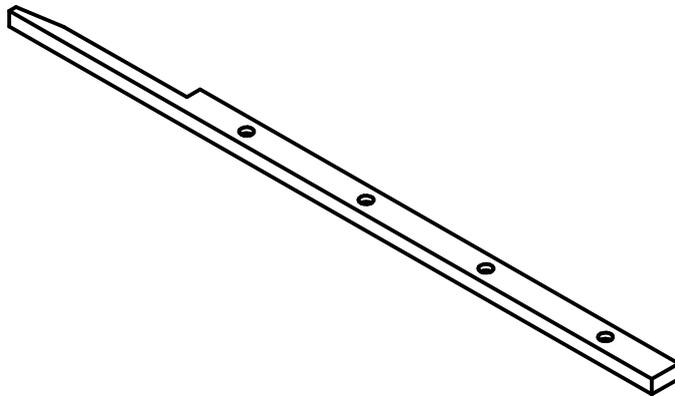
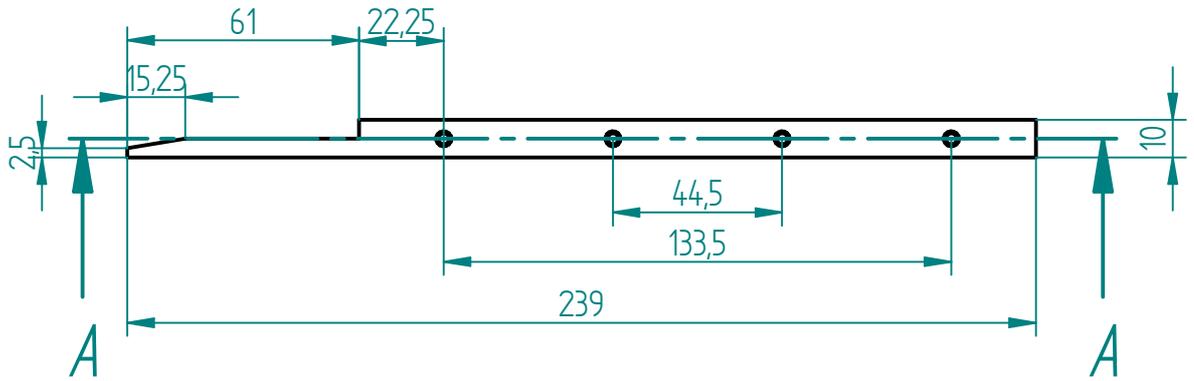
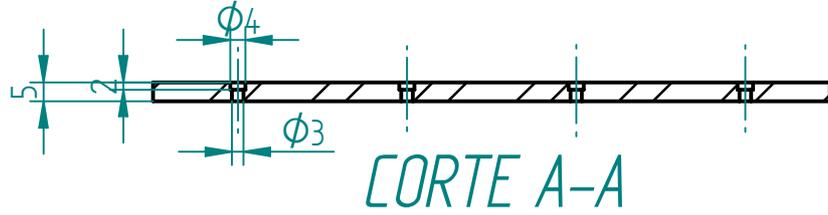
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



1	Matriz estaciones 7-8 derecha	15	10	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>MATRIZ ESTACIONES 7-8 DERECHA</b>		Plano zk./nº.: 15
	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

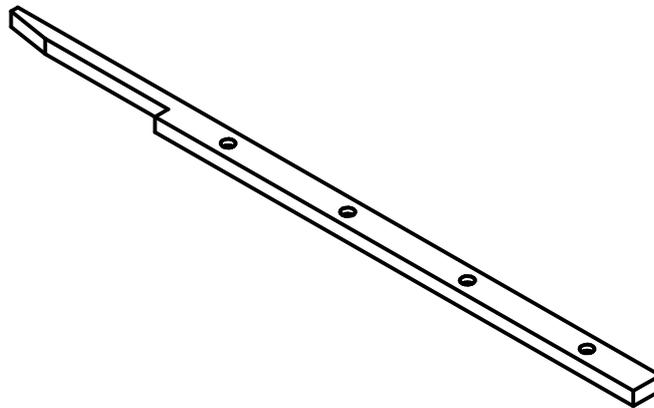
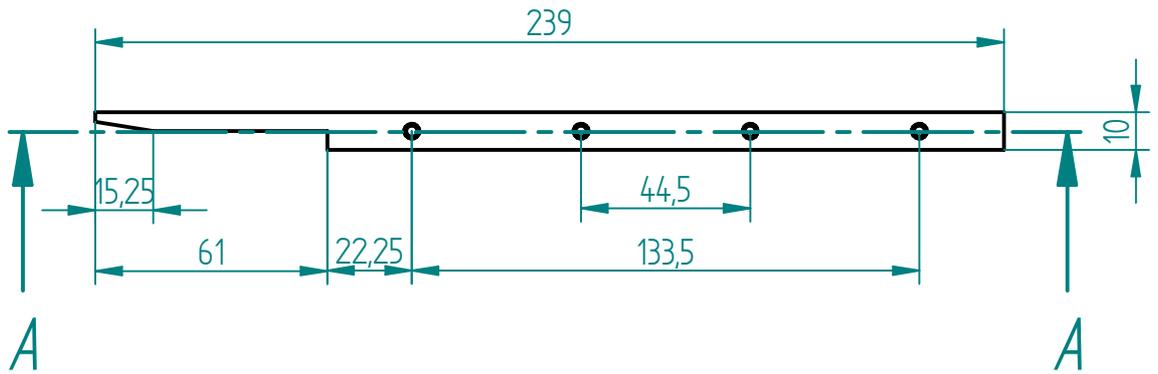
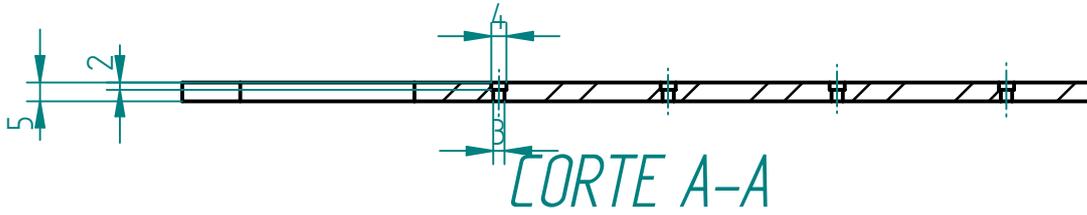
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

11.  $\nabla$  N9



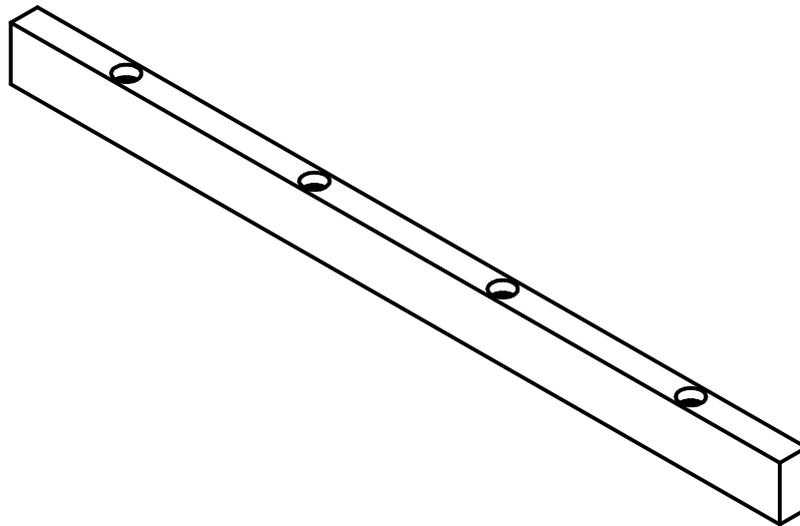
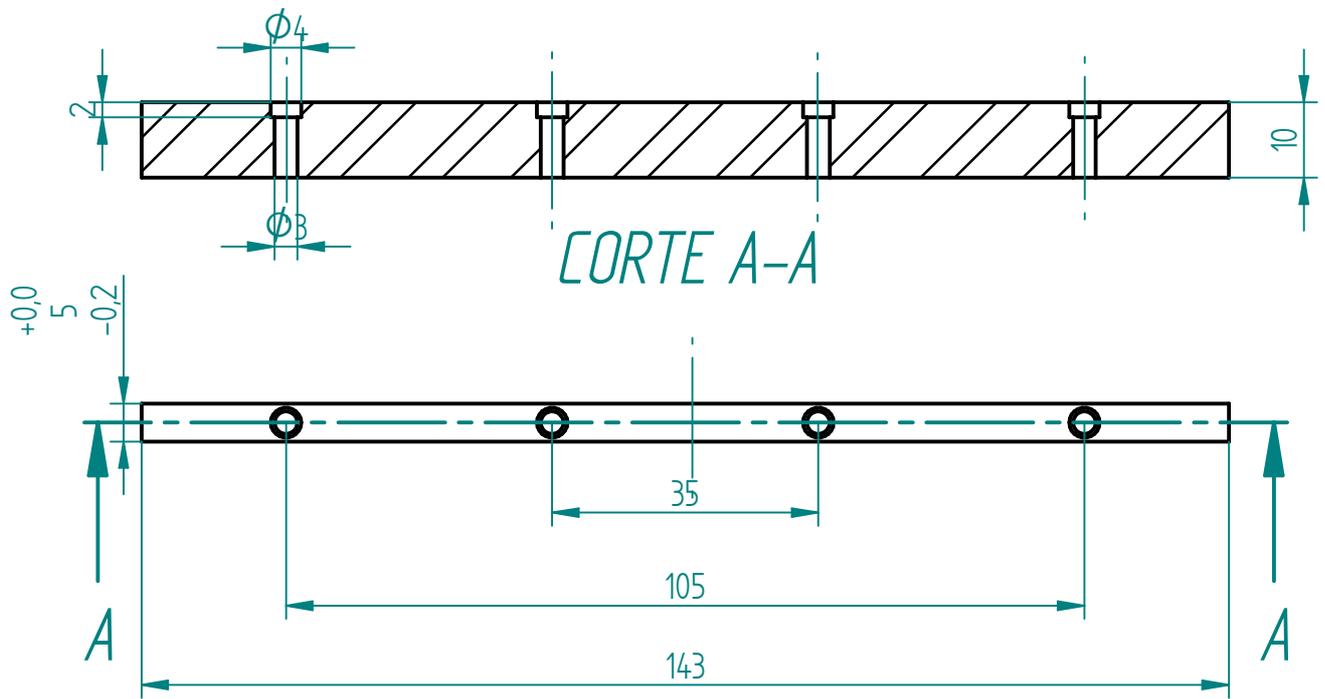
1	Reglé lateral izquierdo	16	11	F522
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA  ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:  1:2	<b>REGLÉ LATERAL IZQUIERDO</b>		Plano zk./nº.: 16
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR				Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

12.  $\nabla$  N9



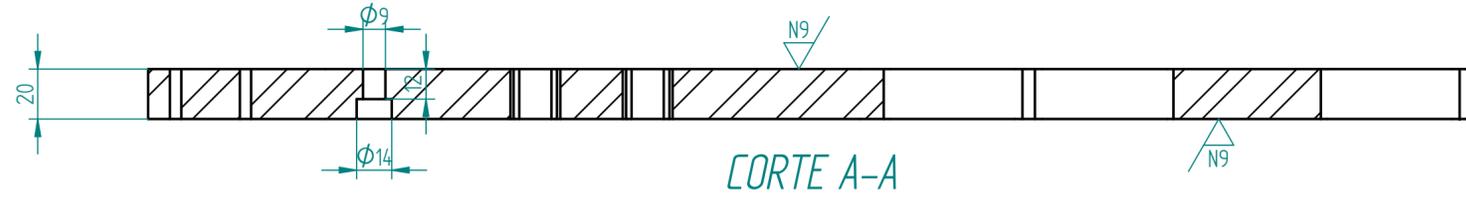
1	Reglé lateral	17	12	F522
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA  ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:  1:2	<b>REGLÉ LATERAL</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº.: 17 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:

13.  $\nabla$  N9

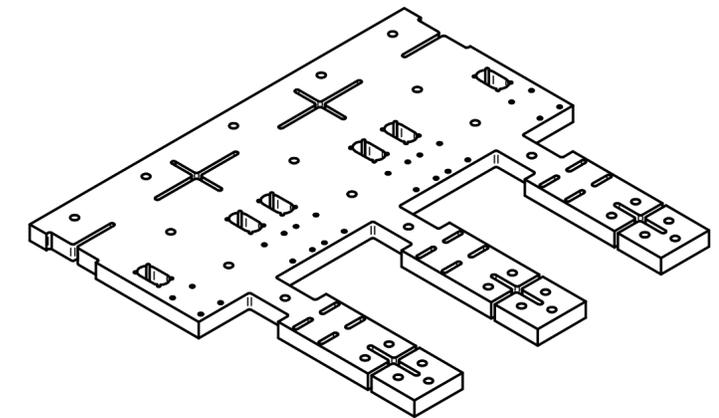
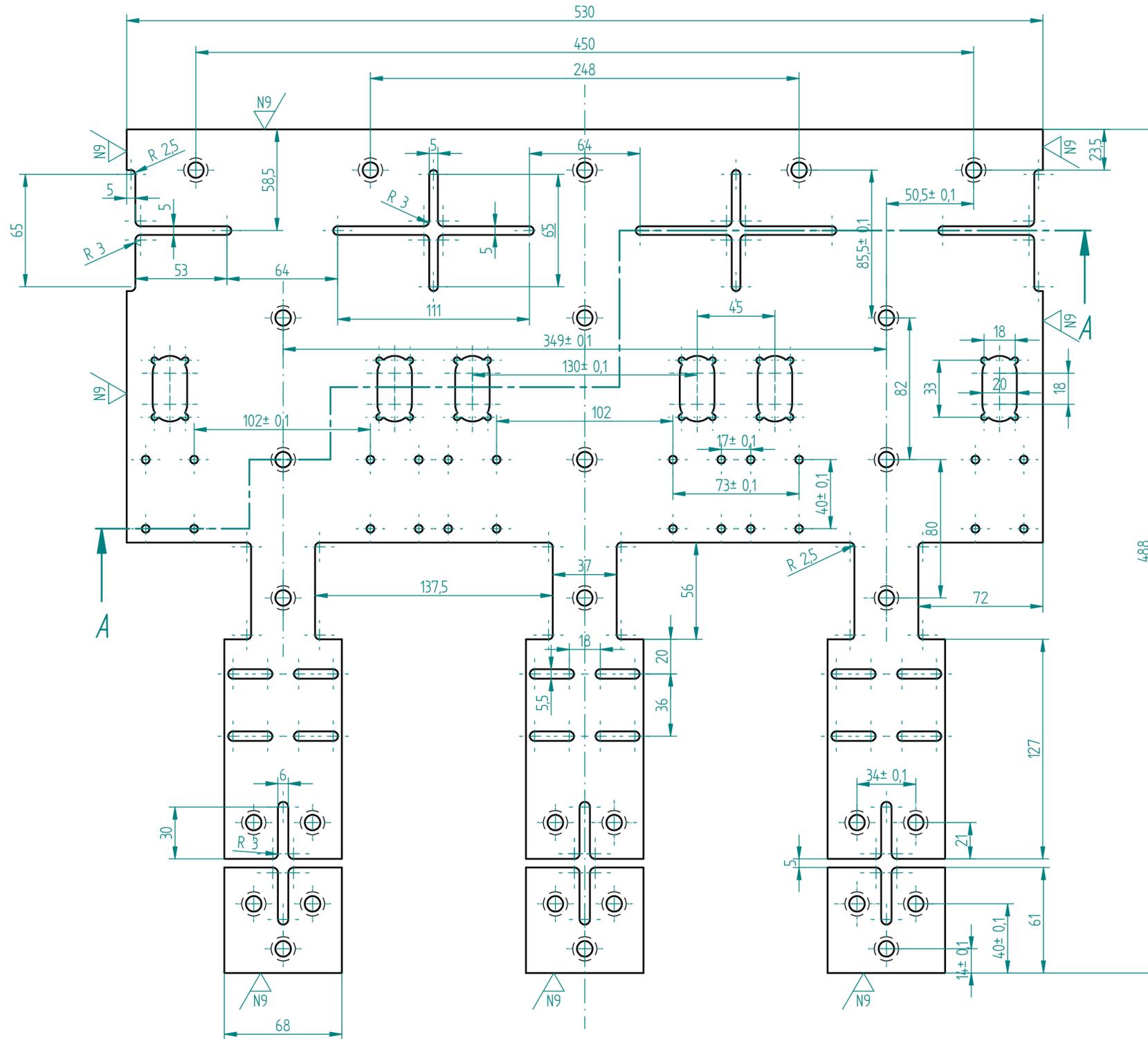


2	Reglé guía central	18	13	F522
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
Esk./Escala:		Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea		ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Perd. orok. Tol. general m	1:1 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR			

25. N7 / (N9)



CORTE A-A

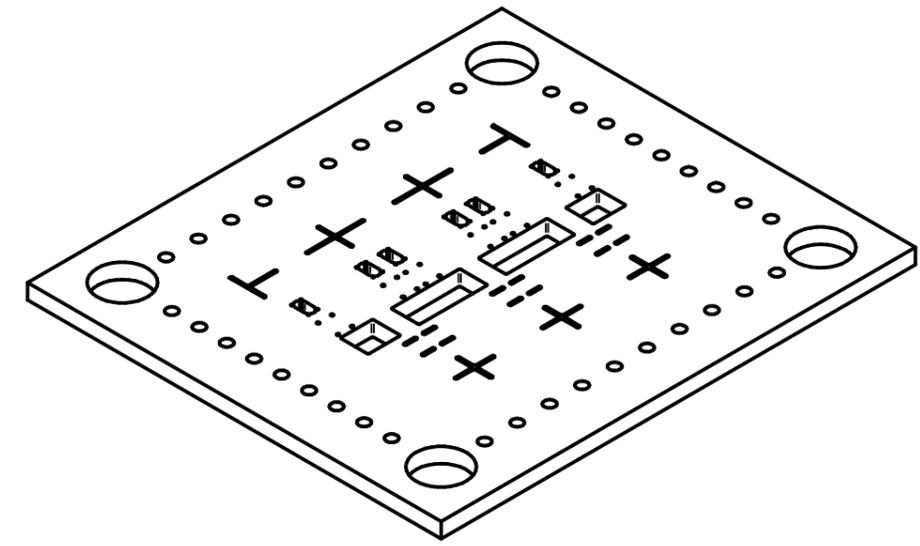
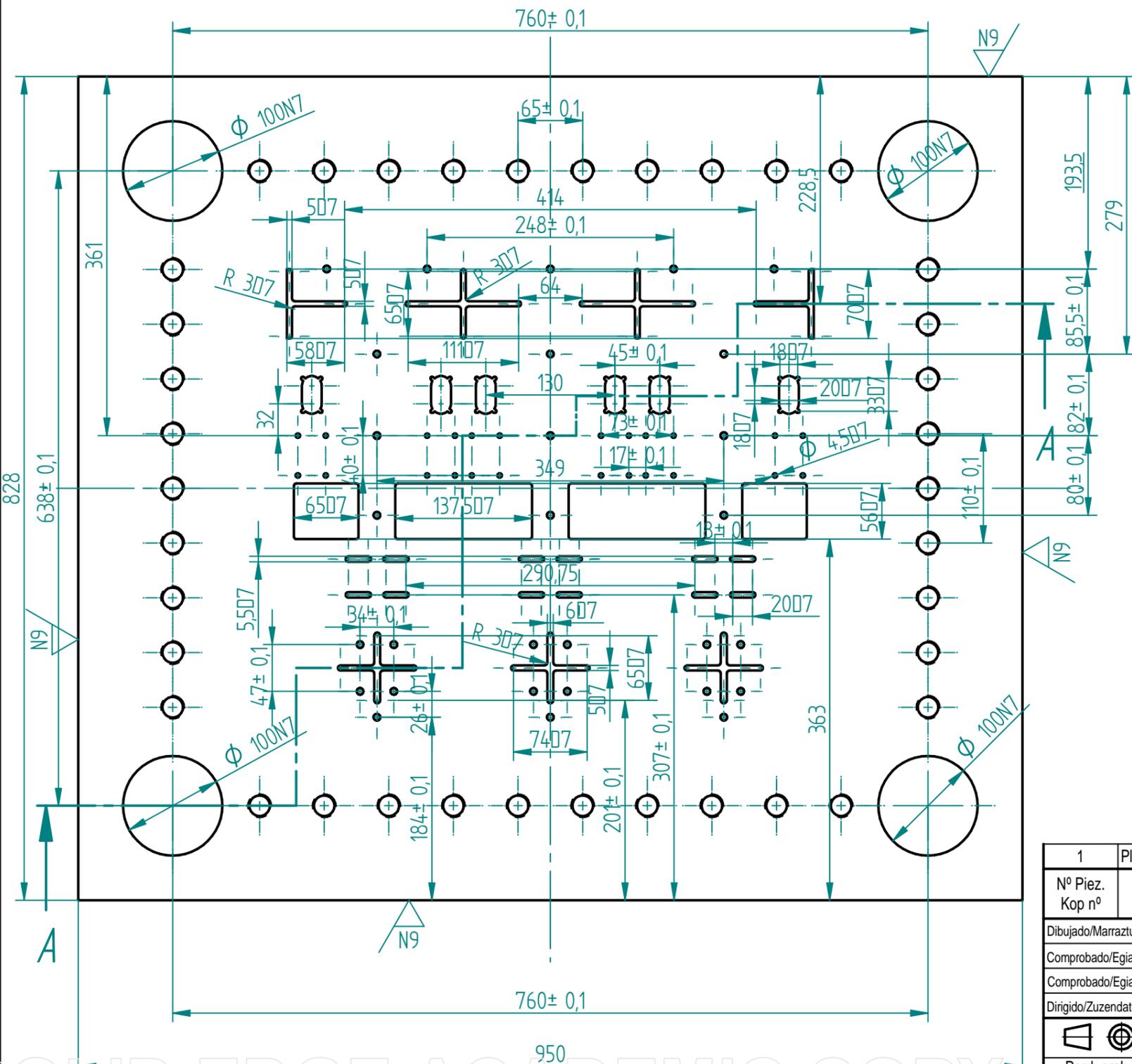
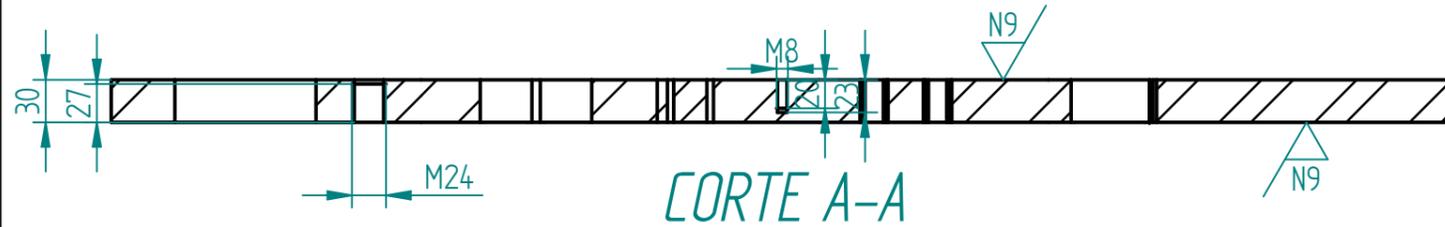


Nota: Todas las dimensiones referentes a los orificios para los punzones poseen una tolerancia de +0,2 -0,0

1	Pisador	19	25	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marrazuko:	Ayo Etxebarria, Usua	15/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESCOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
Esk./Escala:	PISADOR			Plano zk./nº: 19
Perd. orok. Tol. general m	1:2	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

26.  $\nabla N7$   $\nabla N9$

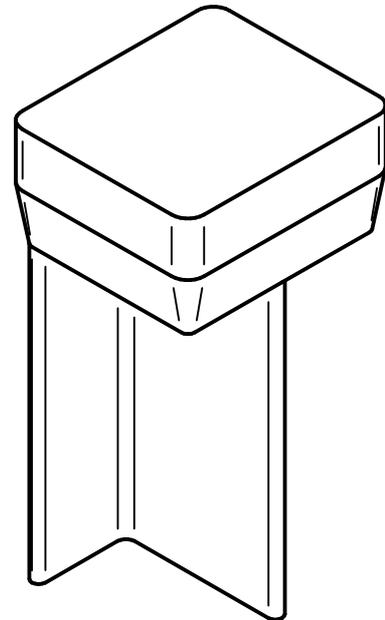
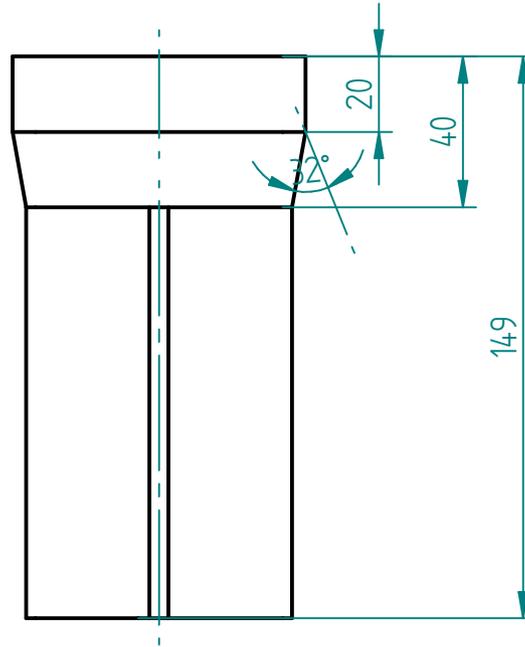
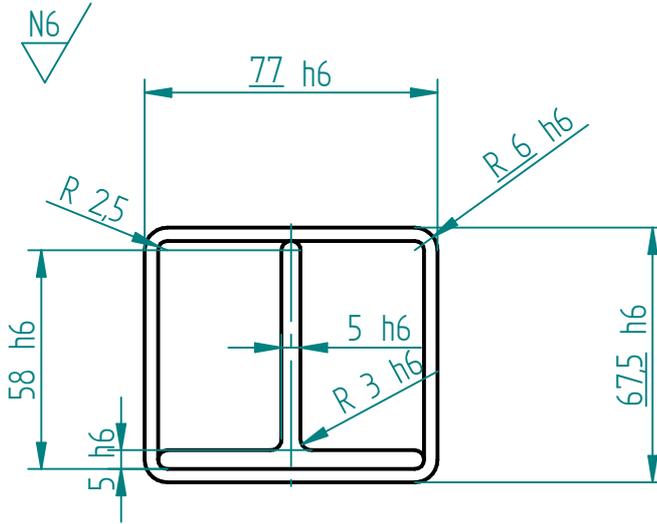
Nota: Los orificios cuya geometría se repite están acotados y referenciada su tolerancia una única vez.



1	Placa guía punzones	20	26	F112
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etzebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etzebarria, Usua	15/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etzebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>PLACA GUÍA PUNZONES</b>		Plano zk./nº: 20
Perd. orok. Tol. general m	15	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

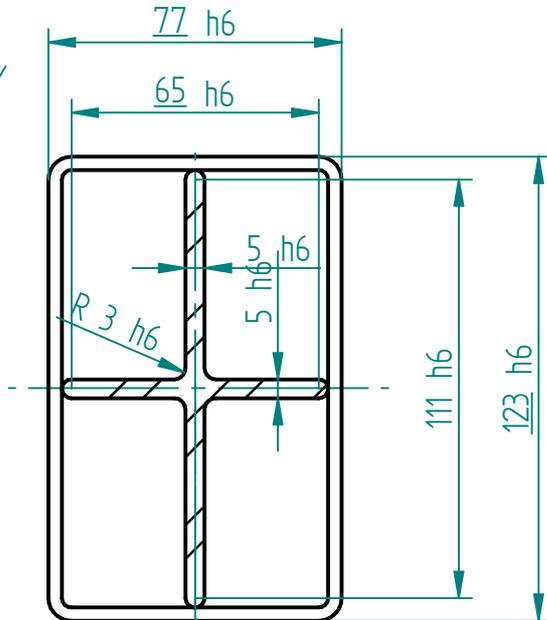
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

30.

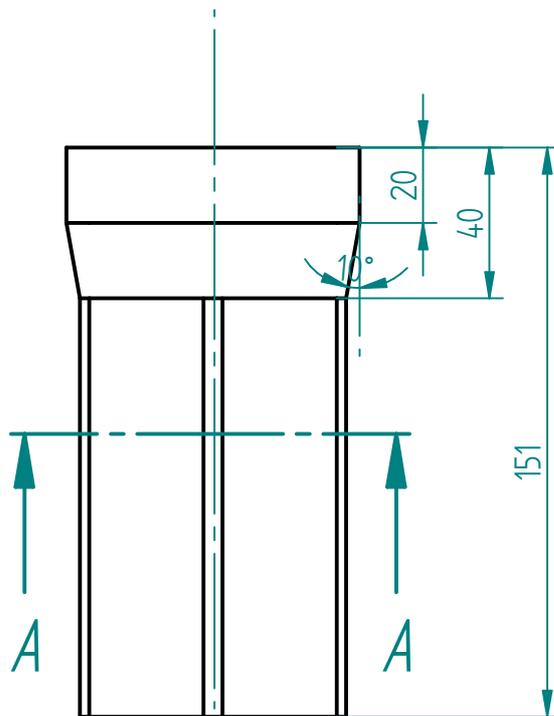
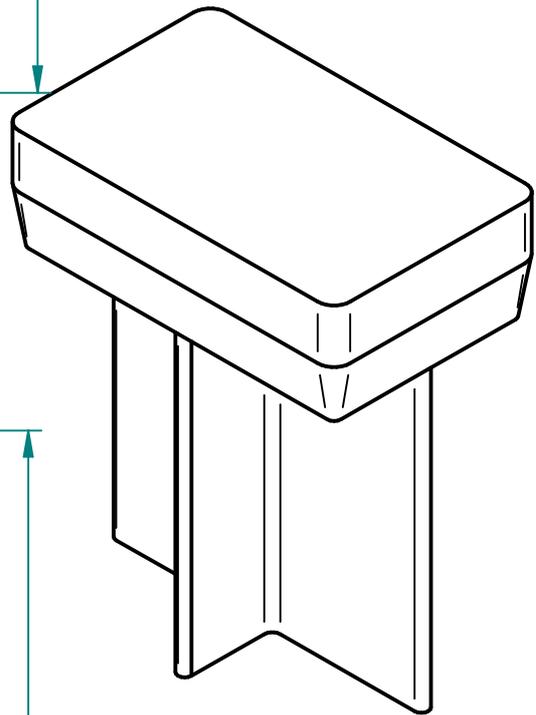


2	Punzón lateral estaciones 1-2	21	30	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/lzendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
Esk./Escala:		Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea		Plano zk./nº.: 21 Plano kop./total: 31
Perd. orok. Tol. general m	1:2			
emari ta zabal zazu 				ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 

31.

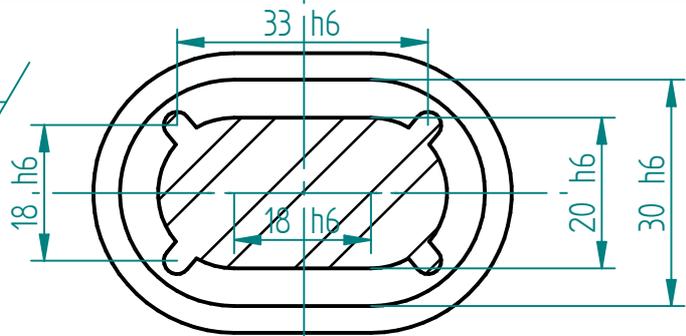


CORTE A-A

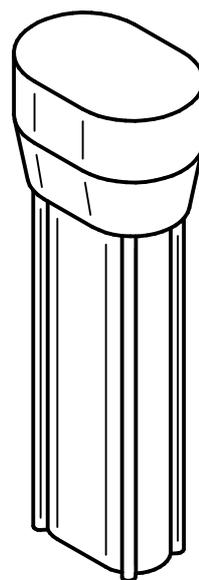
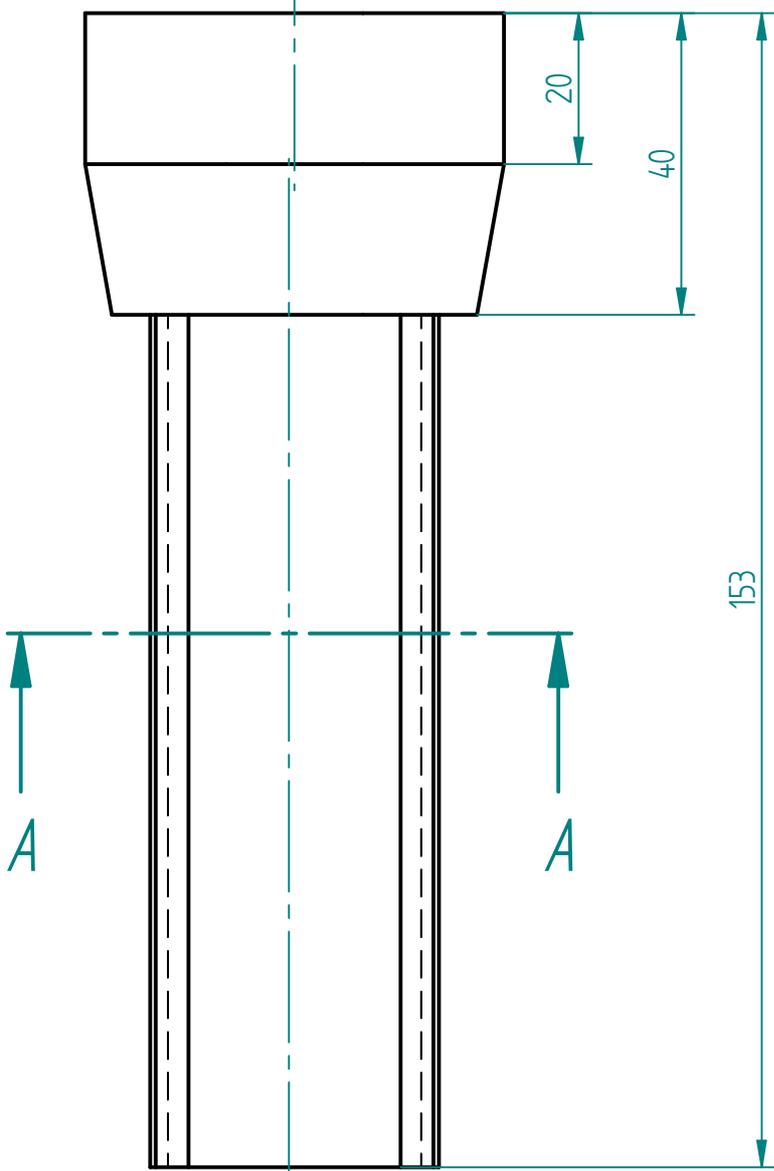


2	Punzón central estaciones 1-2	22	31	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:  1:2	<b>PUNZÓN CENTRAL ESTACIONES 1-2</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº.: 22 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:

32.

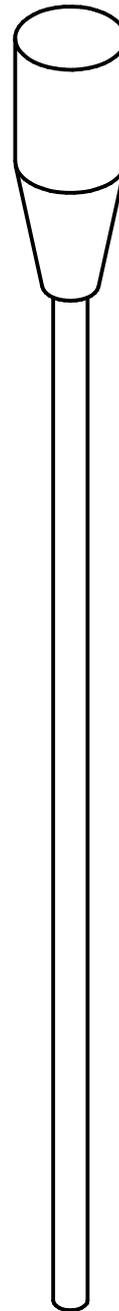
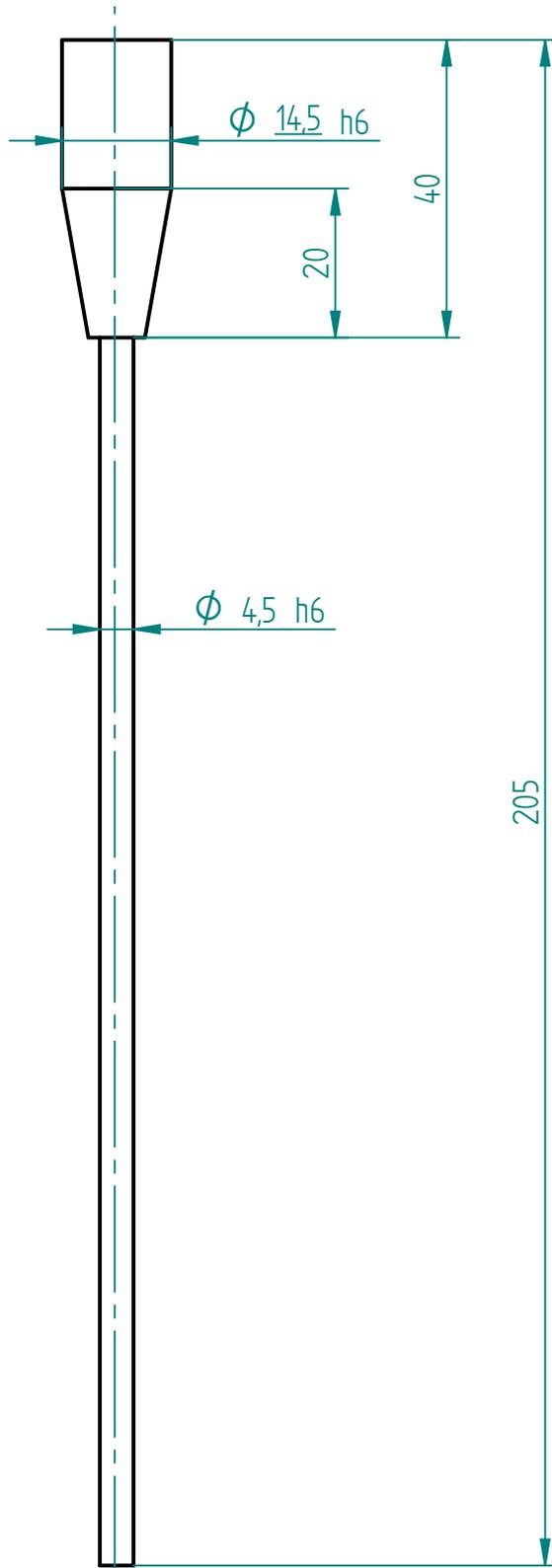


CORTE A-A



6	Punzón estación 3	23	32	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>PUNZÓN ESTACIÓN 3</b>		Plano zk./nº.: 23
	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

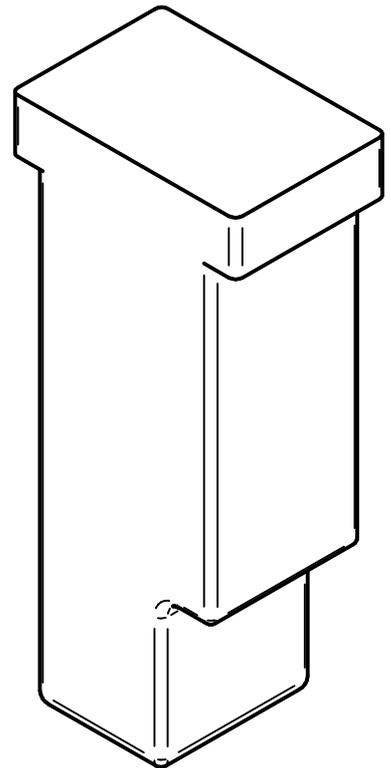
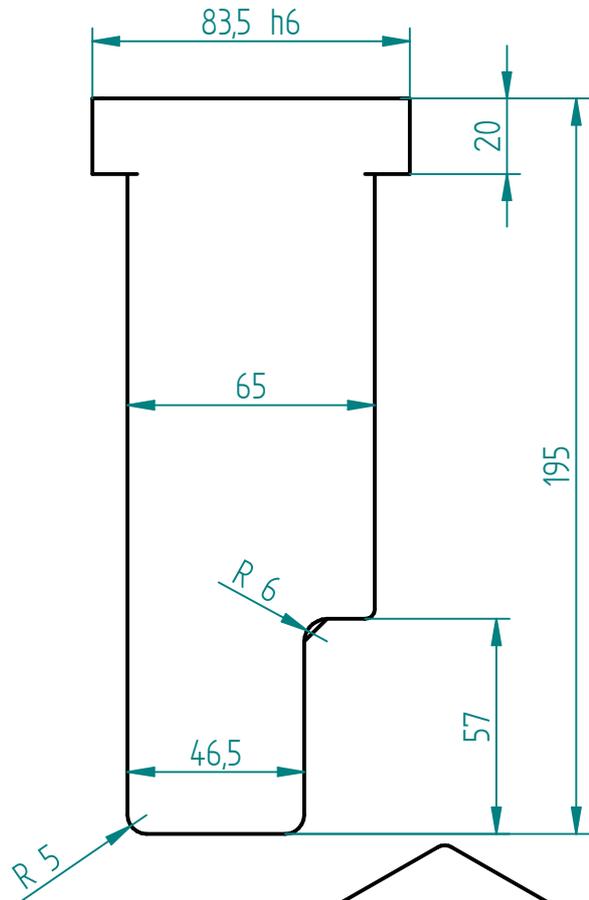
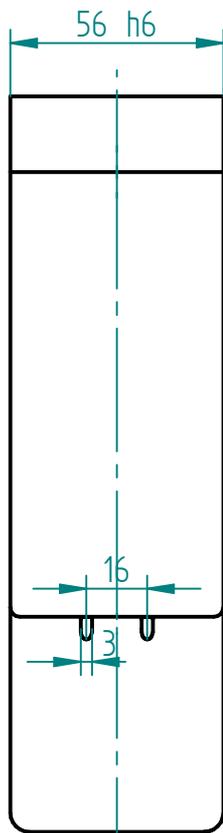
33.



24	Punzón estación 4	24	33	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
	Esk./Escala:	<b>PUNZÓN ESTACIÓN 4</b>		Plano zk./nº.: 24
Perd. orok. Tol. general m	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

34.

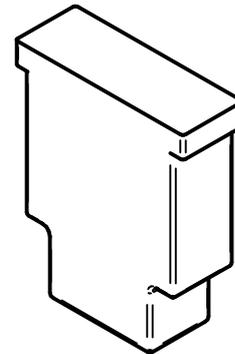
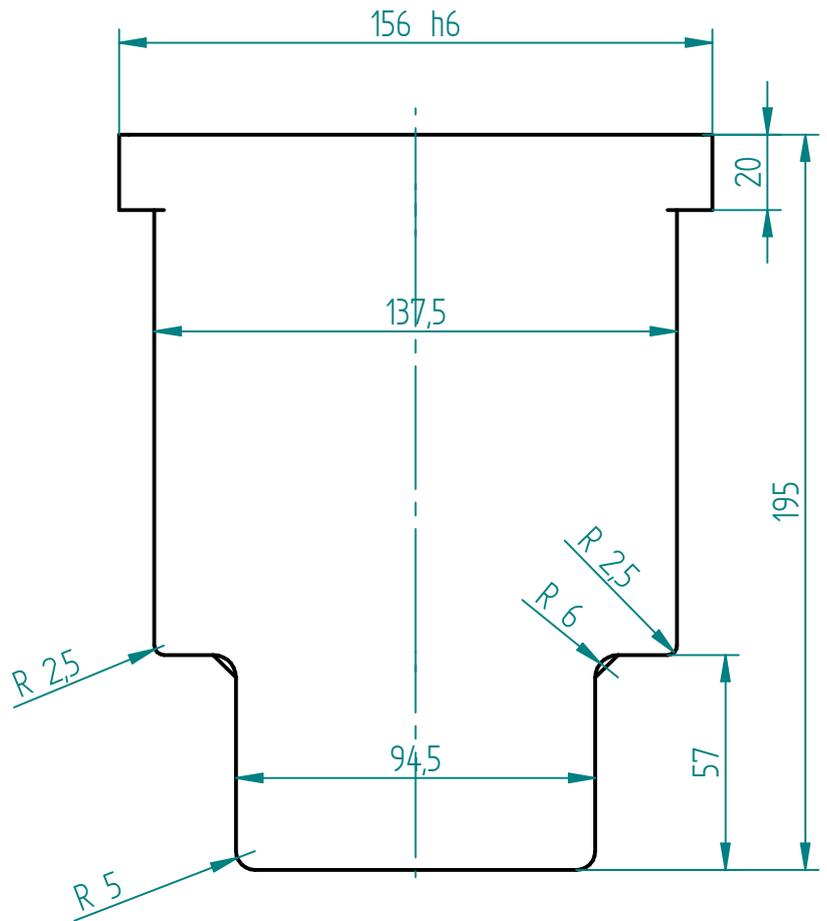
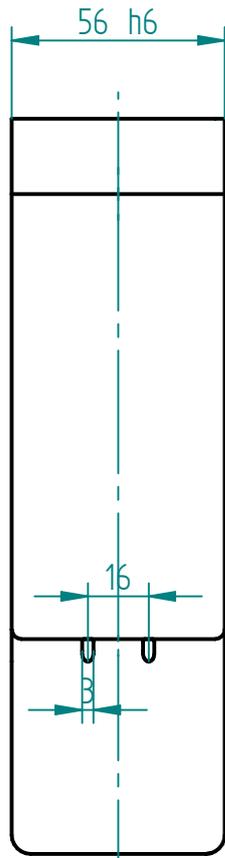
N6



2	Punzón lateral doblado			
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>PUNZÓN LATERAL DOBLADO</b>		Plano zk./nº.: 25
	1:2	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

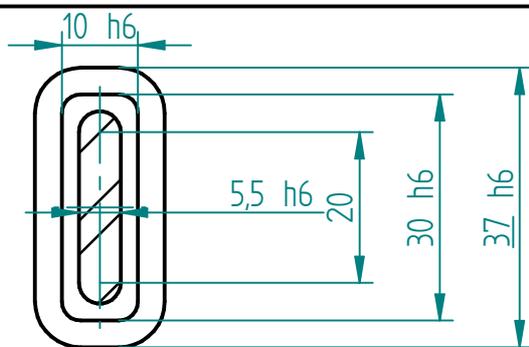
35.

N6

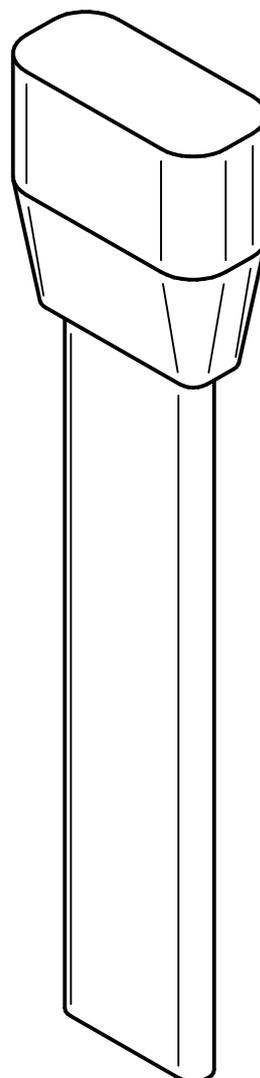
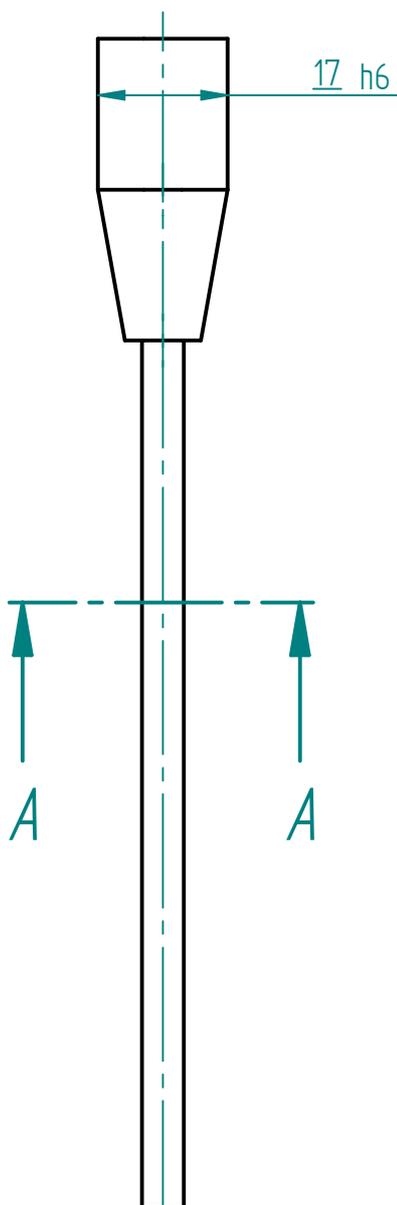


2	Punzón central doblado	26	35	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:  1:2	<b>PUNZÓN CENTRAL DOBLADO</b> DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº.: 26 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:

36.

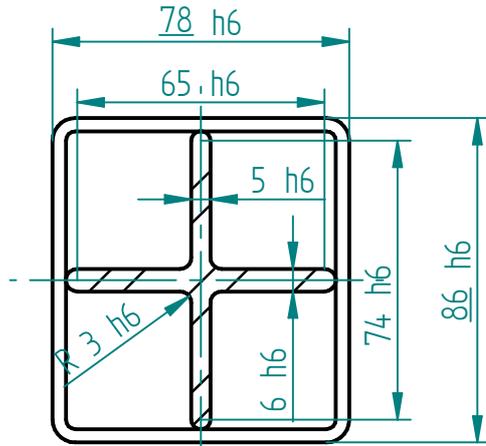


CORTE A-A

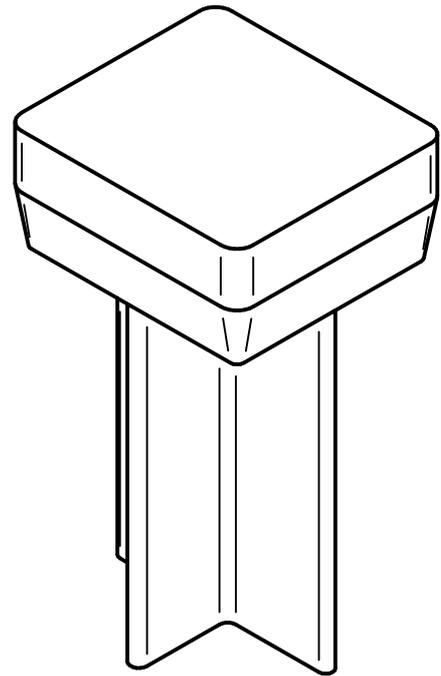
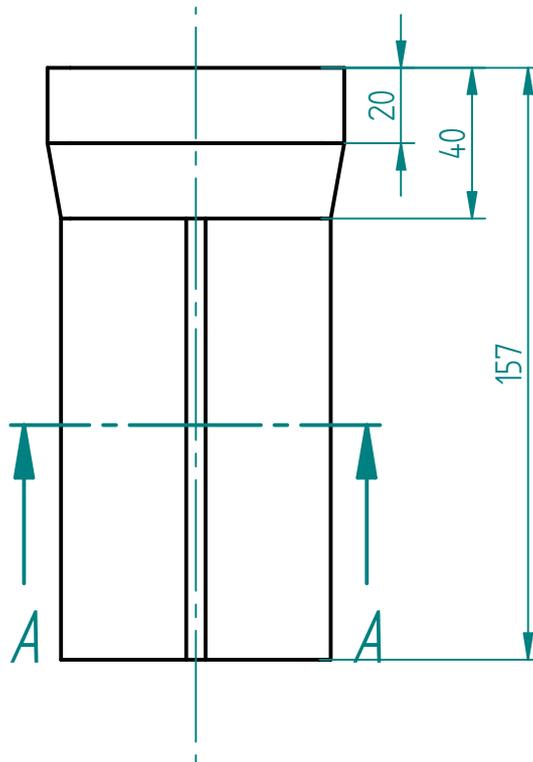


12	Punzón estación 6	27	36	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/lzendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
Esk./Escala:		<b>PUNZÓN ESTACIÓN 6</b>		Plano zk./nº.: 27
Perd. orok. Tol. general m	1:1	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

37.



CORTE A-A

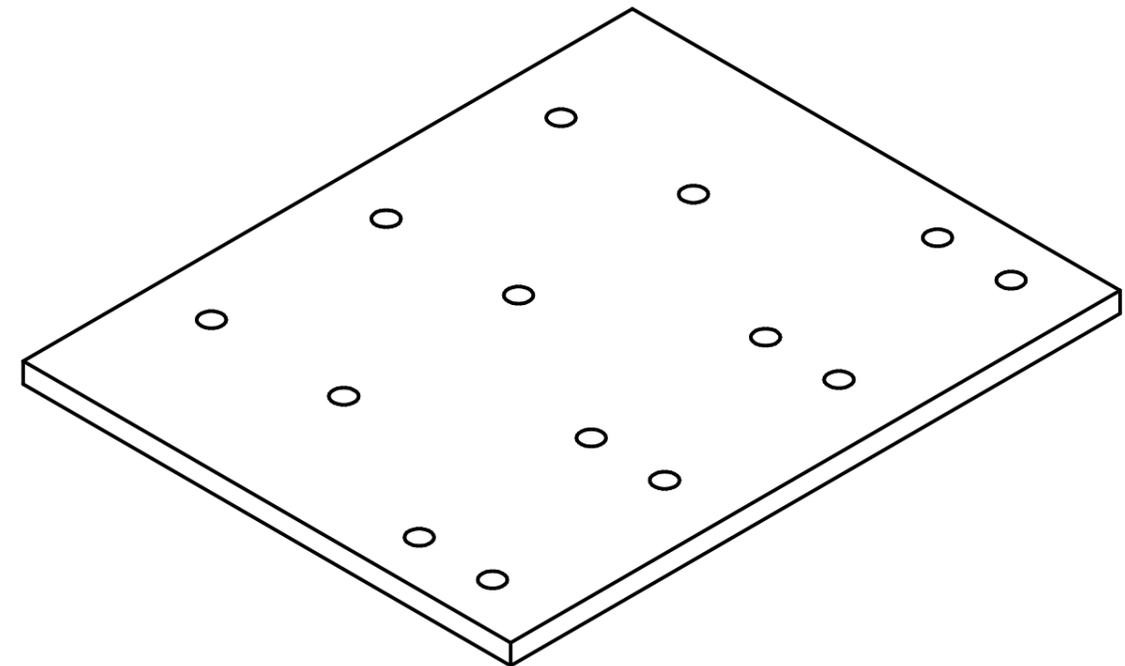
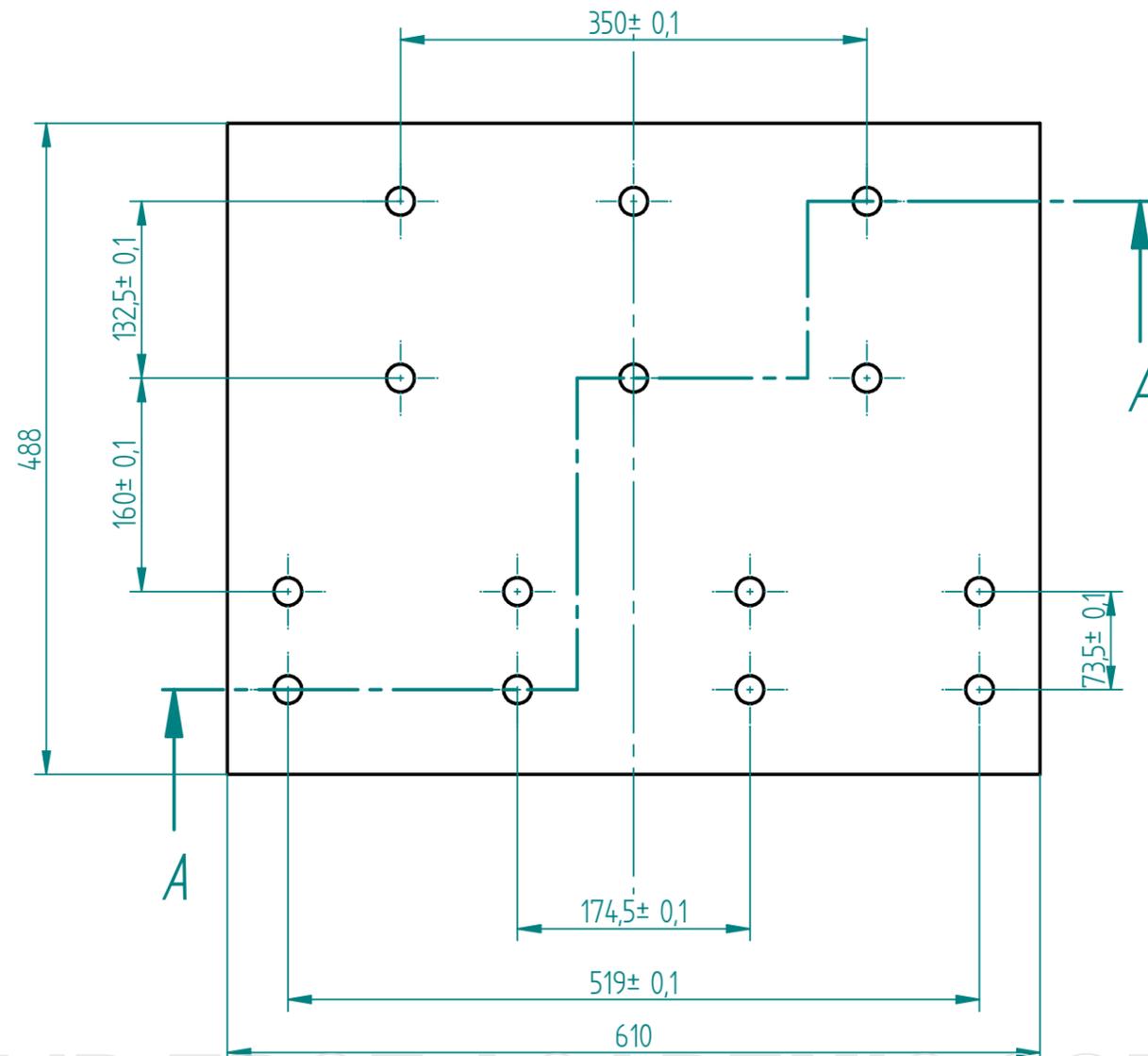
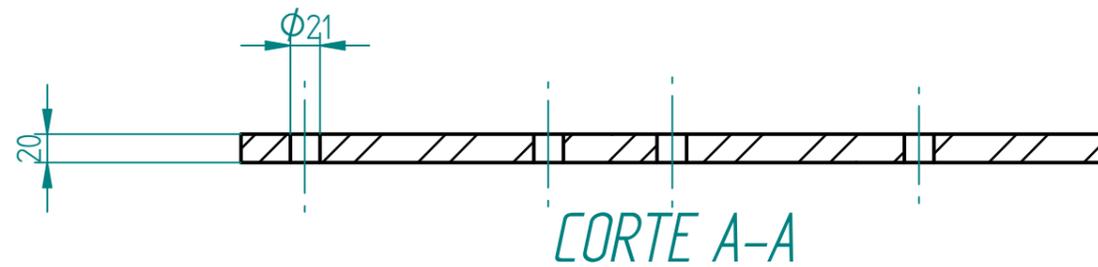


3	Punzón estaciones 7-8	28	37	F521
Nº Piez. Kop nº	Denominación/lzendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020	Signa./Firma	BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO 
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	17/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>PUNZÓN ESTACIONES 7-8</b>		Plano zk./nº.: 28
	1:2	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:

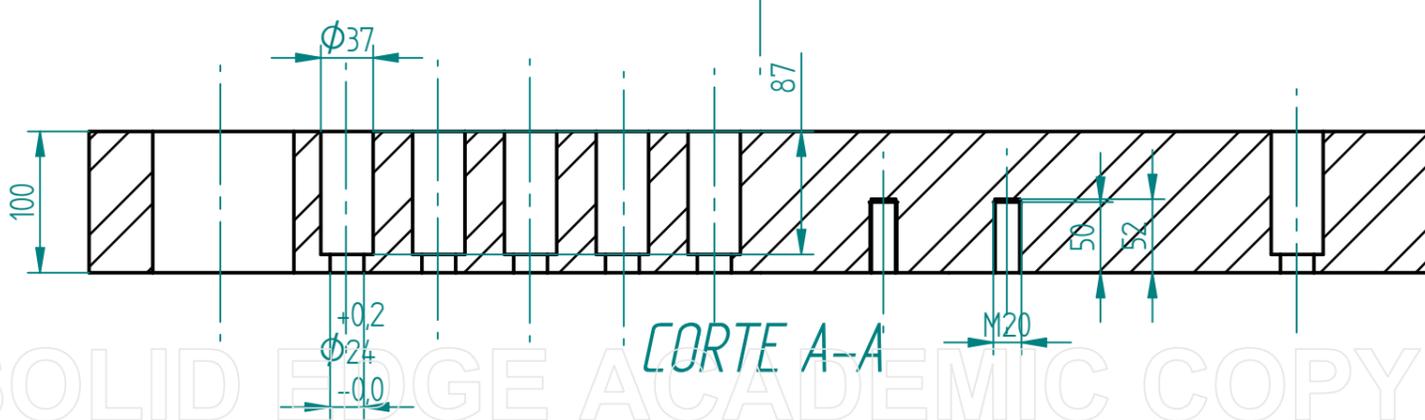
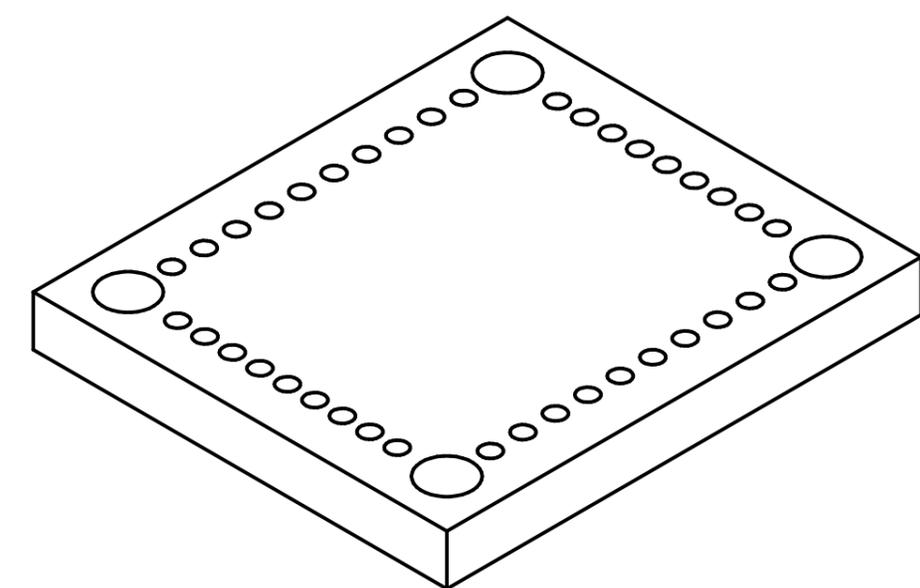
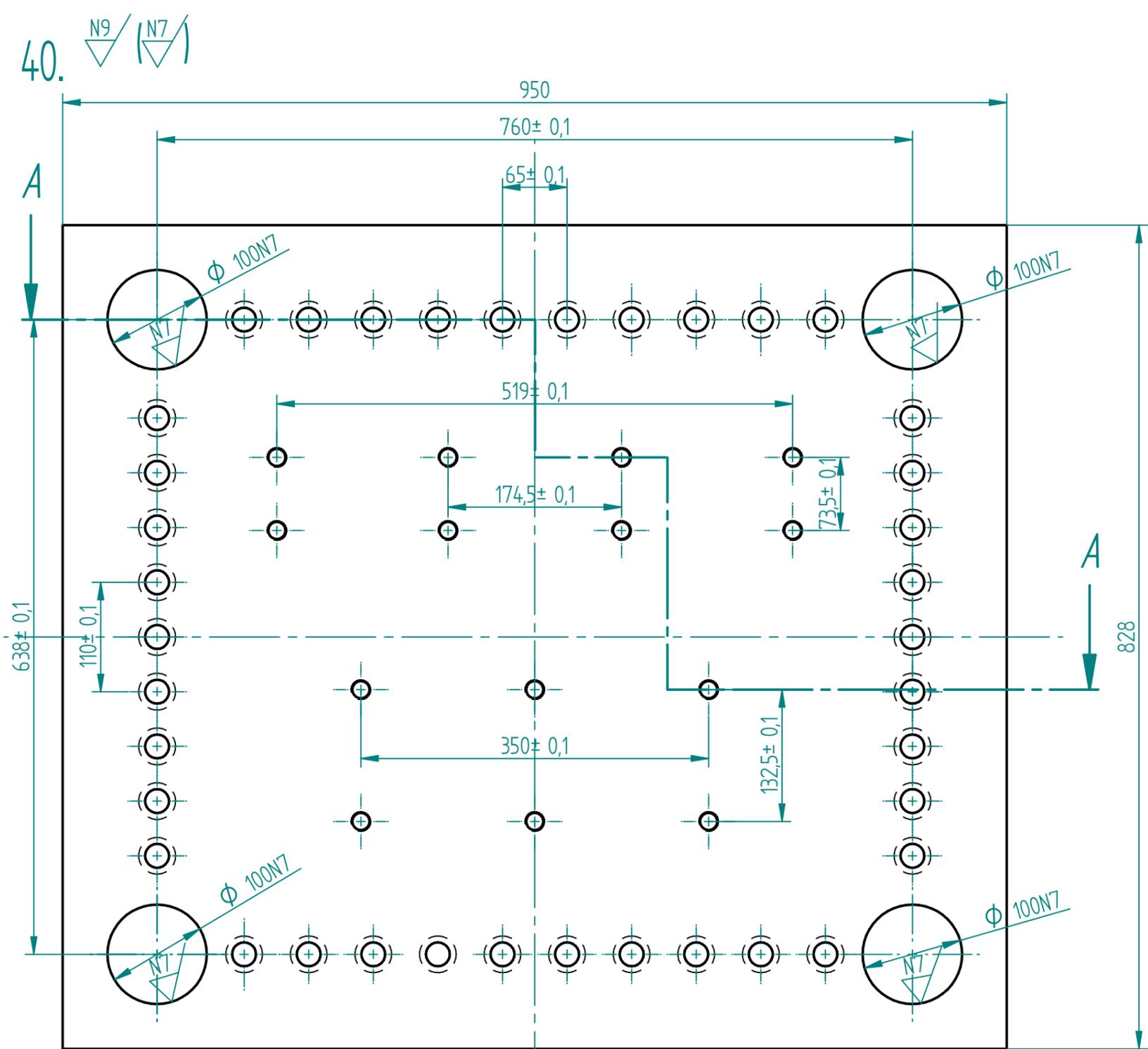


39.

N9



1	Sufridera	30	39	F114
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	13/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	15/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
 Perd. orok. Tol. general m	Esk./Escala:	<b>SUFRIDERA</b>		Plano zk./nº: 30
	1:5	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano kop./total: 31
				Kalifikazioa: Calificación:



1	Placa base superior	31	40	Fundición
Nº Piez. Kop nº	Denominación/Izendapena	Norma o Plano Araudia - Planoa	Marca Marka	Material y Observaciones Ekaina eta Behaketak
Dibujado/Marraztuko:	Ayo Etxebarria, Usua	14/07/2020	Signa./Firma	 BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	16/07/2020		
Comprobado/Egiaztatu:	Ayo Etxebarria, Usua	18/07/2020		
Dirigido/Zuzendatua:	Fuente Fernández, Jerónimo	17/07/2020		
Esk./Escala:	1:5		PLACA BASE SUPERIOR	
Perd. orok. Tol. general m	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR		Plano zk./nº: 31 Plano kop./total: 31 Kalifikazioa: Calificación:	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 5- PLIEGO DE CONDICIONES***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1.	OBJETO DEL PLIEGO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	5
1.1.	OBJETO DEL PLIEGO .....	5
1.2.	REALIZACIÓN DEL DOSSIER TÉCNICO .....	5
1.2.1.	ANTEPROYECTO DEL TROQUEL .....	5
1.2.2.	PROYECTO DEL TROQUEL .....	5
1.2.3.	LISTADO DE COMPONENTES Y MATERIALES .....	5
1.2.4.	ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA .....	6
1.3.	DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA FABRICACIÓN .....	6
1.4.	INICIO DE LA FABRICACIÓN .....	6
1.5.	EJECUCIÓN, TRANSPORTE Y PUESTA A PUNTO .....	7
1.5.1.	TRANSPORTE .....	7
1.5.2.	DESPERFECTOS .....	7
1.5.3.	MONTAJE .....	7
2.	CONDICIONES TÉCNICAS .....	8
2.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO .....	8
2.1.1.	FABRICACIÓN .....	8
2.1.2.	LIMITACIONES DE SUMINISTRO .....	8
2.1.3.	TRANSPORTE Y ENTREGA .....	8
2.1.4.	EMBALAJE .....	8
2.1.5.	RECEPCIÓN DEL PEDIDO .....	9
2.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO A CONFORMAR .....	9
2.2.1.	FORMAS DE SUMINISTRO .....	9
2.2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL .....	9
2.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO ESTRUCTURAL .....	9
2.4.	FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL .....	10
2.4.1.	IDENTIFICACIÓN DEL TROQUEL .....	10
2.4.2.	IDENTIFICACIÓN DE LA PIEZA .....	10
3.	CONDICIONES ECONÓMICAS .....	11
3.1.	FORMA DE PAGO .....	11
3.2.	OFERTA Y CONTRATO .....	11
3.3.	PLAZO DE ENTREGA .....	12
3.4.	PENALIZACIONES Y PRIMAS .....	12

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

3.5. LIQUIDACIÓN DE IMPUESTOS .....	13
3.6. RECLAMACIONES.....	13
3.7. CONDICIONES DEL PRECIO FINAL.....	13
3.8. GARANTÍA.....	13
3.8.1. GARANTÍA GENERAL .....	13
3.8.2. GARANTÍA DE PROYECTO.....	14
3.8.3. REPARACIÓN DE DESPERFECTOS .....	14
3.8.4. ASISTENCIA TÉCNICA.....	14
3.9. SEGUROS .....	15
3.10. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CLIENTE.....	15
3.10.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN.....	15
3.10.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN .....	16
3.11. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CONSTRUCTOR .....	17
3.11.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN.....	17
3.11.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN .....	17
4. CONDICIONES LEGALES.....	18
4.1. CONDICIONES GENERALES DE CARÁCTER LEGAL .....	18
4.2. NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL.....	18
4.3. ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN.....	18
4.3.1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA .....	18
4.3.2. INGENIERÍA.....	19
4.3.3. PROPIEDAD INDUSTRIAL .....	19
4.3.4. RESPONSABILIDAD .....	19
4.3.5. RESPONSABILIDAD TÉCNICA DEL CONSTRUCTOR.....	20
4.3.6. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA SOCIAL Y LABORAL.....	20
4.3.7. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE ACCIDENTES .....	20
4.3.8. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	21
4.4. LICENCIAS Y PATENTES.....	21
4.5. PERMISOS Y AUTORIZACIONES .....	22
4.6. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN.....	22
4.7. CONFIDENCIALIDAD .....	22
4.8. RENUNCIA .....	22
5. CONTROL DE CALIDAD .....	23

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

5.1. MATERIALES .....	23
5.2. PRUEBAS Y MEDICIONES .....	23
5.2.1. TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	23
5.2.2. CONTROL DE DUREZA .....	23
5.2.3. DIMENSIONES FINALES .....	23
5.2.4. ACABADOS SUPERFICIALES .....	24
6. SEGURIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	24
6.1. CRITERIOS DE DISEÑO .....	24
6.2. CONDICIONES DE SEGURIDAD .....	25
6.3. REQUISITOS MÍNIMOS Y RESPONSABILIDADES .....	26
6.3.1. PROYECTISTA.....	26
6.3.2. JEFE DE CALIDAD .....	27
6.3.3. TÉCNICO DE CALIDAD.....	27
6.3.4. OPERARIOS DE MANEJO Y PUESTA A PUNTO .....	28
6.3.5. SOLDADORES.....	28

# **1. OBJETO DEL PLIEGO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

## **1.1. OBJETO DEL PLIEGO**

El presente pliego de condiciones constituye un conjunto de instrucciones a seguir que servirán como base para llevar a cabo la correcta fabricación y montaje de un troquel destinado a la fabricación en serie de piezas estampadas en frío.

La fabricación, materiales, verificación, instalación, primeras pruebas y transporte, así como, las cuestiones de carácter económico del presente proyecto están sujetas a este pliego de condiciones, que establece las pautas a seguir en cada uno de los supuestos.

Cualquier variación que se pretendiera ejecutar durante el proceso de fabricación y que difiera en forma considerable de lo estipulado en el proyecto inicial debe ser puesta en conocimiento del director del proyecto, sin cuyo consentimiento no será realizada.

En caso de ejecutarse dichas modificaciones sin previo consentimiento, el causante de éstas deberá responder de las consecuencias derivadas de sus acciones. Sólo serán justificables dichas alteraciones por razones de fuerza mayor.

## **1.2. REALIZACIÓN DEL DOSSIER TÉCNICO**

### **1.2.1. ANTEPROYECTO DEL TROQUEL**

Estará incluido en el anteproyecto el concepto general del troquel, la situación del material en la máquina, la posición relativa de los elementos y una disposición dimensional aproximada de la propia máquina.

Durante la totalidad de las fases del proyecto (diseño, fabricación y montaje), el proyectista deberá atenerse a la normativa vigente en materia de control de calidad. Para ello, deberá seguirse la familia de normas ISO 9000, en concreto la norma ISO 9002, que engloba las directrices a seguir durante los procesos de fabricación y montaje.

### **1.2.2. PROYECTO DEL TROQUEL**

Estarán representadas las secciones longitudinales y transversales del conjunto del troquel y todas aquellas secciones necesarias para ver los mecanismos y componentes de los que se compone, con el fin de conseguir la perfecta comprensión de este.

Se incluirán además todos los planos de despiece que el proyectista estime necesario para la óptima definición de todos los elementos del troquel.

En cualquiera de los casos se incluirán, como mínimo, todas aquellas cotas necesarias para una realización inequívoca de los componentes del troquel.

### **1.2.3. LISTADO DE COMPONENTES Y MATERIALES**

Todos aquellos elementos integrantes de la máquina figurarán en una lista de materiales. Dicha lista puede ser confeccionada sobre el mismo plano conjunto o en hojas independientes. El listado de materiales en cuestión deberá reflejar los siguientes datos:

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- Número de marca correspondiente al plano en que se encuentra.
- Denominación de cada elemento.
- Número de unidades componente.
- Tipo y calidad de los aceros utilizados con indicación de los tratamientos térmicos, durezas y tratamientos superficiales si los hubiera.
- En caso de elementos normalizados sólo será necesario nombrar la referencia comercial de los mismos.

### 1.2.4. ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

Al finalizar el diseño se hará entrega de tres copias del dossier técnico y del proyecto global del troquel en papel. Además, se incluirá una cuarta copia informatizada del proyecto, que debe incluir los correspondientes archivos relativos a los planos en formato .dwg. La copia informatizada se almacenará en un CD-ROM perfectamente identificado, el cual, se estructurará de la siguiente forma:

- Deberá constar de todos los documentos integrantes del proyecto, con sus respectivos índices, recopilados en ficheros de extensión .pdf
- Fichero .pdf con el plano conjunto del troquel.
- Ficheros .pdf donde aparezcan todos los planos de despiece necesarios.

### 1.3. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA FABRICACIÓN

Mientras en la memoria queda reflejado el porqué de las decisiones tomadas en cuanto al diseño, fabricación del molde y los planos representan gráficamente dichas decisiones, la misión del pliego es la de establecer las condiciones bajo las que debe realizarse el proyecto a fin de asegurar la funcionalidad, para la cual, fue desarrollado.

Dichos documentos que forman el proyecto son complementarios entre sí, de forma que no deben existir contradicciones entre los mismos. Es por ello por lo que, en caso de contradicción entre planos y pliego de condiciones, prevalecerá lo escrito en este último documento.

Por otra parte, lo mencionado en el pliego y omitido en los planos o viceversa, será considerado como expuesto en ambos documentos.

### 1.4. INICIO DE LA FABRICACIÓN

La fabricación empieza cuando el cliente da por escrito al fabricante la orden de inicio de construcción.

Antes de obtener el consentimiento de actuación, el cliente debe haber recibido todos los planos hechos durante el proyecto y que reflejen, fielmente, las condiciones en que va a ser fabricado el troquel.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

En caso de que el cliente observe necesario realizar algún tipo de modificación deberá ser indicada al fabricante. Las repercusiones económicas originadas por dichas modificaciones deberán ser estimadas entre ambas partes.

Una vez aprobados los planos por parte del cliente, éste dará por escrito el consentimiento para la ejecución de esta.

El fabricante no puede realizar ninguna variación sobre los planos aprobados por la parte contratante ni en las órdenes que le sean comunicadas. Si esto sucediera, la parte contratante podrá exigir, a costa del fabricante, la reconstrucción total o parcial de los elementos sujetos a modificación.

## **1.5. EJECUCIÓN, TRANSPORTE Y PUESTA A PUNTO**

### **1.5.1. TRANSPORTE**

Todas las operaciones relativas al almacenaje, transporte y montaje de los distintos elementos que componen el troquel deberán ser llevadas a cabo con las precauciones necesarias. Es decir, deben de evitarse las solicitudes excesivas que pudieran ocasionar daños graves sobre las piezas.

Se prestará especial atención a aquellas zonas o elementos que pertenezcan al sistema de transporte y/o fijación del troquel.

### **1.5.2. DESPERFECTOS**

Antes de proceder al montaje de cualquiera de las partes del troquel se deberá comprobar la existencia de cualquier abolladura, comba o torcedura que haya podido provocarse en las operaciones de almacenaje o transporte de los elementos. En caso de existir tales defectos se procederá a la reparación minuciosa de los mismos.

### **1.5.3. MONTAJE**

Tan importante como el correcto almacenaje y transporte de los distintos elementos es el ensamblaje de estos.

Debe asegurarse en todo momento que las distintas partes del troquel ocupan su correspondiente posición relativa de acuerdo con lo expresado en los planos. Para ello,

se realizarán tantas inspecciones y verificaciones como sea necesario.

Se prestará especial atención también, a las uniones entre las distintas partes vigilando que éstas coincidan perfectamente y no se vean forzadas.

## **2. CONDICIONES TÉCNICAS**

### **2.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO**

#### **2.1.1. FABRICACIÓN**

Todos los materiales empleados en la fabricación de las diferentes partes del troquel deberán cumplir con las especificaciones técnicas impuestas y, bajo las cuales, se ha realizado el diseño de los elementos.

Los elementos básicos del troquel corresponden a marca y tipos aprobados previamente por el director de proyecto y debidamente homologados por los organismos oficiales competentes.

La dirección técnica tiene la obligación de revisar todos los materiales utilizados en la fabricación del troquel, así como, la calidad de los componentes una vez recibidos. Por lo tanto, debe ser el fabricante del troquel quien, a la hora de elegir, cuide que éstos posean el acabado que requieren.

El simple reconocimiento de los materiales no constituye la aprobación definitiva, puesto que, pueden presentarse defectos no perceptibles a simple vista. Todo aquel material que muestre indicios de no cumplir con la totalidad de las características técnicas necesarias será inmediatamente sustituido. En el supuesto de recibir un material defectuoso, los gastos que pudiera ocasionar la sustitución de este correrán a cargo del fabricante.

Para la fabricación del troquel se emplearán trabajadores suficientemente cualificados para tal efecto, en especial, aquellos destinados a tareas de ajuste, marmoleo y pulido. Dichas tareas especialmente cuidadosas deberán llevarse a cabo por parte de oficiales de primera que acrediten una elevada experiencia en el desempeño de dichas labores.

#### **2.1.2. LIMITACIONES DE SUMINISTRO**

El suministro comprende todos los elementos necesarios para el correcto montaje y funcionamiento del troquel.

Las operaciones de posicionamiento, amarre, puesta en marcha y primeras pruebas correrán a cargo del cliente.

#### **2.1.3. TRANSPORTE Y ENTREGA**

El transporte y la entrega de los distintos componentes del troquel, desde el lugar de fabricación hasta el lugar pactado con el cliente, correrán única y exclusivamente a cargo de la empresa fabricante.

Es por tanto que, el fabricante se debe responsabilizar de posibles faltas, averías o desperfectos que se produzcan sobre el material suministrado.

#### **2.1.4. EMBALAJE**

Para evitar cualquier daño sobre los elementos deberá asegurarse su correcta fijación durante el transporte, a fin de evitar cualquier desplazamiento y golpe, así como, proteger a

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

los elementos contra las inclemencias meteorológicas que pudieran ocasionar oxidación en dichas piezas.

### **2.1.5. RECEPCIÓN DEL PEDIDO**

Una vez finalizada la fabricación del troquel, el suministrador realizará en el taller las pruebas y ensayos necesarios para la aceptación de estos por parte del comprador.

El comprador se reserva el derecho de asistir o no a los ensayos, así como, de delegar la supervisión de estos a un tercero.

En cualquier caso, el suministrador debe adjuntar en la entrega del troquel los correspondientes certificados de calidad, los informes y documentación que acrediten que se han cumplido las especificaciones del proyecto y los resultados obtenidos en las diferentes pruebas.

El comprador o bien su delegado se reservan el derecho de rechazar cualquier componente que no haya cumplido los trámites citados o que los resultados no hayan sido satisfactorios.

## **2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO A CONFORMAR**

### **2.2.1. FORMAS DE SUMINISTRO**

El material con el cual trabajan los troqueles ha de venir suministrado en bobinas de chapa. De esta forma, se facilitan las operaciones de trabajo, ya que lo único que hay que hacer es colocar la bobina de chapa en el alimentador, y éste se encarga de desenrollarla, aplanarla.

Dichas bobinas deberán ser cuidadosamente almacenadas, preservándolas en la medida de lo posible protegidas de la humedad, ya que ésta indudablemente tendería a oxidar el material.

### **2.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL**

Al estar trabajando con acero no se requieren grandes exigencias en cuanto al transporte y almacenaje de este. Únicamente, se deberá evitar la posible oxidación por parte de la humedad ambiental. Para tal efecto, bastará con no almacenar las bobinas en lugares excesivamente húmedos ni en aquellos que no estén resguardados de las inclemencias meteorológicas.

## **2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL ACERO ESTRUCTURAL**

Al contrario que el material utilizado para el conformado, el acero destinado a fabricar los elementos integrantes del troquel debe ser un acero altamente resistente. Esto se debe a los grandes esfuerzos a los que están sometidas todas las partes de este y a que los elementos deberán soportar dichas solicitudes sin que se produzca deformación alguna.

## 2.4. FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL TROQUEL

Si bien hay elementos que frecuentemente pueden adquirirse normalizados, gran parte de los integrantes del troquel deberán ser fabricados mediante el mecanizado de elementos en bruto.

Para la ejecución de los programas de mecanizado incluidos en el proyecto, la fresadora a utilizar tendrá que poseer al menos tres ejes controlados mediante C.N.C. En cuanto a los programas de C.N.C servirá cualquiera de los programas de control numérico que funcionen bajo el estándar ISO.

Las fresadoras deberán poseer un sistema de simulación del mecanizado capaz de detectar posibles fallos durante la fabricación. En caso de detectarse cualquier posible fallo en el programa de mecanizado se procederá a dar aviso al director de proyecto, el cual, deberá realizar las correspondientes modificaciones en un breve periodo de tiempo.

En todo momento, las dimensiones de la máquina serán lo suficientemente grandes como para mecanizar los elementos, es decir, no se debe sobre esforzar la máquina ni superar su capacidad. Además, las máquinas deberán contar con un sistema de regulación, tanto del avance de la herramienta, como de las revoluciones. Esto se debe a la necesaria variación de los datos de corte según la zona que se esté trabajando. La precisión garantizada por la fresadora deberá ser de 0,01 milímetros.

### 2.4.1. IDENTIFICACIÓN DEL TROQUEL

- Todos los útiles irán identificados con la referencia del Cliente. Si el troquel es de fundición, esta inscripción aparecerá en sobre relieve del fundido pintado en blanco.
- Cada troquel llevará una placa indicando peso total, peso parte superior del troquel y parte inferior del troquel, ancho y espesor. Si el troquel es de fundición la descripción de los pesos aparecerá en sobre relieve del fundido pintado en blanco.
- Las placas con inscripción de propiedad se realizarán en aluminio anodinado de 1 mm con las inscripciones serigrafiadas en negro. Las placas se colocarán sobre el frente de la matriz en zona bien visible.
- En el supuesto de utillajes con más de una referencia se identificará la referencia a la salida de cada pieza.

### 2.4.2. IDENTIFICACIÓN DE LA PIEZA

- A la entrega del troquel se acompañará el electrodo del anagrama.
- Los números y el cajetín para dígitos intercambiables serán según código MABEC, salvo especificación indicada en el plano.

## **3. CONDICIONES ECONÓMICAS**

### **3.1. FORMA DE PAGO**

Las condiciones de pago son aquellas establecidas durante la contratación del pedido.

Las reclamaciones que, por cualquier motivo, pudieran realizarse no justifican la retención de pagos. La demora de estos por parte del comprador implica la suspensión por parte del vendedor de sus obligaciones, hasta que se hagan efectivos los pagos atrasados dándole, asimismo, derecho a la reclamación y percepción de intereses por las cantidades adecuadas.

Para la realización del pago puede optarse por cualquiera de los siguientes modelos, si bien puede llegarse a cualquier tipo de acuerdo en este sentido entre fabricante y comprador.

- Pago al contado: con las condiciones de pago del 10% a la aceptación del pedido, el 40% al acopio de materiales y el 50% restante a la entrega del troquel, una vez el cliente haya quedado conforme con los resultados de las pruebas de funcionamiento.
- Pago diferido: mediante el sistema de crédito a medio plazo. En este caso, por ejemplo, para la financiación a un año del troquel, las condiciones de pago serían las siguientes: un 20% del total se abonaría al recibirse y montarse el troquel, mientras que, el 80% restante se abonaría en el plazo de un año mediante el pago de letras. La periodicidad de dichas letras vendrá negociada por ambas partes (mensuales, bimensuales...).

Los gastos derivados del segundo sistema de financiación, intereses, formalización... correrán siempre a cargo del cliente.

En caso de producirse retrasos, el cliente está obligado a abonar al fabricante el 10% anual en concepto de intereses de la cantidad que no haya sido abonada en su hora y durante el tiempo que se extienda dicha demora en el pago.

### **3.2. OFERTA Y CONTRATO**

La oferta realizada por el fabricante tiene una validez de 30 días naturales a partir de la fecha en que es puesta en conocimiento del cliente.

Todos los catálogos y la documentación técnica aportada en la oferta tienen carácter meramente informativo, por lo que, el fabricante se reserva el derecho de introducir modificaciones en la versión definitiva, previa información y consentimiento del cliente.

La aceptación de la oferta no será definitiva hasta que el cliente así lo exprese por escrito. Una vez establecido el pedido, no es posible la anulación del mismo de forma unilateral.

En el supuesto de que se produzca dicha ruptura contractual por parte del comprador unilateralmente, éste deberá abonar al fabricante las cantidades derivadas de los trabajos llevados a cabo hasta la fecha.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Todos aquellos gastos relativos al consumo eléctrico, amortización de maquinaria, etc. derivados de la fabricación del troquel correrán a cuenta del fabricante, ya que se habrán tenido en cuenta en las condiciones de la oferta.

Cualquier aumento del presupuesto deberá ser puesto en conocimiento y aprobado por el comprador. Sólo en caso de existir una cláusula específica que considere ciertos aspectos a revisar podrá llevarse a cabo la modificación de precios al alza sin consentimiento del cliente.

### **3.3. PLAZO DE ENTREGA**

El plazo de entrega se cuenta desde la aceptación del pedido por parte del vendedor, habiendo entregado toda la documentación necesaria debidamente actualizada y una vez satisfecho el pago inicial por parte del cliente.

La empresa fabricante debe presentar al comprador los plazos de ejecución que se estimen oportunos. Tras la revisión y aceptación de estos por ambas partes, los plazos se considerarán estrictos. Se podrán incluir en las condiciones del contrato cláusulas, tanto de penalización, como de bonificación para los casos de retraso y adelanto en los plazos de entrega respectivamente. Se entienden prorrogables los plazos cuando existan causas de fuerza mayor.

También, podrán someterse a variación dichos plazos, cuando los datos de partida del pedido que sean indispensables para el inicio del proyecto no sean entregados en tiempo y forma por parte del cliente.

### **3.4. PENALIZACIONES Y PRIMAS**

Como ya se ha comentado anteriormente, la causa más frecuente objeto de penalización es el incumplimiento de los plazos de entrega. Otra causa común es la del suministro de materiales distintos a los ofertados.

Si por retrasos en el cumplimiento de las fechas previstas en el programa de la obra se causara perjuicio alguno al propietario y/o la ingeniería, éste podrá imponer una sanción económica al contratista de un uno por ciento por semana o fracción de la semana del precio de aquella parte del trabajo que se hubiera ejecutado con retraso, sin que esto suponga perjuicio alguno para las acciones legales que pueda emprender el propietario.

Si por causas imputables al proveedor no se lograra la fecha de finalización prevista para el trabajo, el propietario y/o la ingeniería impondrá al contratista una sanción económica de 0,5% del precio del contrato por semana natural de retraso o parte proporcional a la fracción de esta. Si el retraso se prolonga por más de 10 semanas, a partir de la décima, la penalización se incrementará al uno por ciento por día o fracción de día de retraso.

Para tal fin, se establecerán las correspondientes penalizaciones. Del mismo modo y para adelantos en la entrega se pueden establecer bonificaciones para el fabricante.

### **3.5. LIQUIDACIÓN DE IMPUESTOS**

Se establece que el I.V.A. de cada factura será pagado por el cliente antes del día 15 del mes posterior al de la fecha de emisión de la factura. Este pago se realizará preferentemente mediante transferencia.

### **3.6. RECLAMACIONES**

El fabricante no admitirá reclamación ni responsabilidad alguna en los siguientes supuestos:

- En caso de que las condiciones de pago no se hayan observado correctamente.
- Si una vez terminado el troquel y efectuada su entrega el cliente no dispone de la maquinaria necesaria para la realización de las pruebas iniciales de puesta a punto del troquel.
- En casos de fuerza mayor, es decir, huelga total o parcial de sus empleados, parada de la fábrica, falta de materias primas, catástrofe...

Estas causas destruyen los derechos concernientes a los plazos de entrega sin que en modo alguno pueda entrañar la anulación del pedido o rescisión del contrato. Se entiende entonces que se producirá una prórroga en los plazos marcados de igual duración que el periodo que ha motivado dichos retrasos.

En todo caso, las causas del retraso deberán estar justificadas y deberán poder contrastarse mediante algún documento acreditativo.

### **3.7. CONDICIONES DEL PRECIO FINAL**

El importe total del proyecto de diseño y fabricación es fijo, no podrá modificarse durante la vigencia del contrato salvo en aquellos apartados relativos a posibles cláusulas establecidas con anterioridad en el presupuesto.

En el precio final se incluyen las operaciones de diseño, fabricación, transporte, montaje y primeras pruebas del troquel.

### **3.8. GARANTÍA**

#### **3.8.1. GARANTÍA GENERAL**

El fabricante debe garantizar el correcto funcionamiento del troquel durante el tiempo de vida o producción del número de piezas para el que fue diseñado.

El plazo de garantía se concede en base a un número determinado de horas de funcionamiento diarias, siendo este, el referente a utilizar para el cálculo del alcance de la garantía.

Los elementos integrantes del troquel, que no han sido fabricados expresamente para tal fin, es decir, aquellos elementos normalizados, estarán cubiertos por la garantía de la empresa suministradora.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Durante el periodo de garantía, la empresa fabricante sólo estará obligada a la reparación, sustitución e instalación de la pieza cuyos defectos sean achacables a deficiencias de fabricación o propiedades del material con que están contruidos.

Todos aquellos elementos estropeados por causas ajenas a su fabricación quedan exentos de dicha garantía.

La garantía dejará de ser válida en los siguientes casos:

- Si el comprador procediese a la reparación o manipulación del troquel sin consentimiento del fabricante.
- Si los defectos vienen motivados por acciones de personal no cualificado o irresponsable del comprador.
- Si los fallos vienen motivados por omisión de las instrucciones de montaje y mantenimiento expuestas por parte del fabricante.

En caso de que el comprador incumpla los compromisos contratados con el fabricante, éste se reserva el derecho de suspender el cumplimiento de las obligaciones derivadas de la garantía.

### **3.8.2. GARANTÍA DE PROYECTO**

El fabricante garantiza el diseño, prestaciones del contrato, cálculos necesarios, planos de disposición general (de conjunto y de despiece) y la lista de materiales.

Todos los conjuntos diseñados y suministrados por el fabricante deberán cumplir con los requisitos precisos para la obtención de las autorizaciones de puesta en marcha impuestos por los organismos oficiales competentes.

En consecuencia, se responsabiliza de cualquier error u omisión cometida en la elaboración de la documentación necesaria al constructor, siendo éste, quien deba corregir, asumiendo la totalidad de los costes, todo lo necesario para la obtención de dichos permisos.

### **3.8.3. REPARACIÓN DE DESPERFECTOS**

El cliente comunicará, lo antes posible al constructor, cualquier defecto o deterioro observado, a fin de que adopte las medidas pertinentes en un plazo razonable acordado por ambas partes.

Si el fabricante no eliminase el defecto o no sustituyese el elemento afectado en dicho plazo estipulado para tal fin, el cliente podrá encargar directamente la reparación a una tercera persona y pasarle el correspondiente cargo al fabricante.

Las piezas nuevas que se instalen deberán tener su correspondiente garantía, mientras que, las piezas defectuosas cambiadas pasarán a ser propiedad del cliente.

### **3.8.4. ASISTENCIA TÉCNICA**

El fabricante garantiza que la supervisión técnica necesaria durante el periodo de montaje y primeras pruebas se llevará a cabo por personal debidamente cualificado.

### **3.9. SEGUROS**

El constructor queda obligado a mantener en vigor y a su cargo las pólizas de seguros necesarias para garantizar al cliente los daños que puedan sufrir las instalaciones objeto de este contrato por su valor de reposición total, así como, las restantes instalaciones del cliente que puedan resultar perjudicadas durante la ejecución de los trabajos y pruebas que se realicen hasta la recepción.

Igualmente, y respecto a terceros, el fabricante deberá mantener vigente un seguro de Responsabilidad Civil que le libere de cualquier responsabilidad que pudiera surgir.

En el seguro deberá constar las siguientes condiciones:

- El cliente, a todos sus efectos, será considerado siempre como tercero en cualquier situación y la compañía de seguros que asuma los riesgos del fabricante no podrá repercutir, en ningún caso, contra el cliente por los deterioros que puedan imputarse.
- Las garantías alcanzarán hasta el total de las sumas establecidas y responderán de las reclamaciones que se deriven de cualquier accidente o suceso que ocurra hasta la finalización del contrato.
- Si el constructor principal encarga a una subcontrata para la realización de alguno de los trabajos, la Responsabilidad Civil, en estos casos, se considerará compartida, es decir, se considerará a cada uno como un constructor por separado, sin derecho a subrogación en ningún caso de la compañía de seguros ni del fabricante principal.
- La responsabilidad cubierta deberá alcanzar también la Responsabilidad Civil patronal, que cubre al empresario de las reclamaciones de los propios operarios del fabricante (y subcontrata), que por lesiones corporales sean exigibles.

### **3.10. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CLIENTE**

#### **3.10.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN**

El cliente podrá romper el contrato con el fabricante en cualquiera de los siguientes supuestos:

- La extinción de la personalidad jurídica del constructor, salvo que todo su patrimonio sea apartado a otra sociedad satisfactoria para el cliente y esto subrogue en las obligaciones asumidas en virtud de este contrato.
- La quiebra o suspensión de pagos del constructor, salvo que, en este último caso, el constructor garantice plenamente a juicio del cliente, el cumplimiento del contrato.
- La falta de aportación, por parte del personal del constructor, a la que se ha comprometido.
- La existencia de graves fallos en el proyecto y especificaciones técnicas en la ejecución material de los trabajos.
- La suspensión temporal total de los trabajos sin haberse llegado a un acuerdo entre ambas partes para la reanudación de estas, exceptuando las paradas por causas de fuerza mayor.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- El incumplimiento por parte del constructor de las obligaciones que, como empresario, le impone la legislación vigente con su personal.
- El incumplimiento reiterado, por parte del personal del constructor, de las normas de seguridad e higiene o las instrucciones del cliente sobre identificación, control...
- La utilización, por parte del constructor en la obra, de personal de probada incapacidad técnica o que su conducta desordenada (indisciplina, embriaguez...) provoque problemas en el desarrollo de la fabricación.
- El incumplimiento grave de cualquier otra obligación contraída por el constructor.

En el caso de los cuatro primeros supuestos, el cliente podrá ejercer el derecho a resolución del contrato sin más trámites que los establecidos en la legislación vigente.

Para todas las demás causas será necesario, antes de proceder a la resolución, que el cliente notifique por escrito al constructor, la existencia de cualquiera de dichas causas concediéndole un plazo suficiente para solventar dichos problemas.

Transcurrido tal plazo, y en caso de no haberse solucionado los conflictos, el cliente podrá establecer un nuevo margen de solución o proceder directamente a la disolución del contrato.

### **3.10.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN**

La resolución del contrato por parte del cliente producirá las siguientes consecuencias:

- Con la asistencia y conocimiento del constructor, y en un documento fehaciente, se realizará la definición de las obras realizadas y de los materiales acopiados por el constructor, que resulten de interés para la empresa del cliente.
- Se procederá a levantar acta de comprobación de los trabajos ejecutados dejando constancia de la conformidad o de las deficiencias observadas por el cliente en las prestaciones realizadas hasta el momento.
- Simultáneamente, el cliente suspenderá el pago de las cantidades pendientes de cobro, hasta realizar la valoración de los trabajos realizados.
- Se hará una valoración de los costos ocasionados al cliente con motivo del incumplimiento del constructor, al que se le dará traslado de la misma.
- El cliente se reserva el derecho de sufragar los costes citados anteriormente con las cantidades pendientes de pago.
- Efectuando dicha operación se hará balance de las cantidades a cobrar por el constructor y de lo que el cliente le adeuda.
- La empresa cliente podrá entrar de inmediato en las obras y tomar posesión de ellas y de los materiales y equipos acopiados, con el objeto de continuar los trabajos, ya sea, por sí misma o por medio de otro constructor.

## **3.11. RESOLUCIÓN DEL CONTRATO POR PARTE DEL CONSTRUCTOR**

### **3.11.1. CAUSAS DE RESOLUCIÓN**

El constructor podrá romper el contrato cuando ocurra alguna de las siguientes causas:

- La extinción de la personalidad jurídica del cliente, salvo que todo su patrimonio sea apartado a otra sociedad satisfactoria para el constructor y esto subrogue en las obligaciones asumidas en virtud de este contrato.
- La quiebra o suspensión de pagos del cliente, salvo que en este último caso, el cliente garantice plenamente, a juicio del constructor, el cumplimiento del contrato.
- La existencia de graves dificultades imputables al cliente para la realización normal de los trabajos.
- El incumplimiento por parte del cliente de los plazos establecidos de cobro, cuando se hubiera agotado la posibilidad de acuerdo entre ambas partes para realizarlo en distintas condiciones y plazos de los pactados.
- El incumplimiento grave de cualquier otra obligación contraída por el constructor.

En el caso de los dos primeros supuestos, el fabricante podrá ejercer el derecho a resolución del contrato sin más trámites que los establecidos en la legislación vigente.

Para todas las demás causas será necesario, antes de proceder a la resolución, que el fabricante notifique por escrito al cliente, la existencia de cualquiera de dichas causas concediéndole un plazo suficiente para solventar dichos problemas.

### **3.11.2. EFECTOS DE LA RESOLUCIÓN**

La resolución del contrato por parte del constructor producirá los siguientes efectos:

- De modo fidedigno se levantará un acta de la situación de los trabajos realizados y de los materiales acopiados en el momento de suspender su ejecución.
- El constructor requerirá al cliente que realice la recepción provisional de los trabajos ejecutados levantando acta, en la que se detalle la conformidad o los reparos del cliente sobre los mismos.
- El cliente deberá abonar al constructor el valor, a los precios contractuales, de los equipos y servicios realizados hasta el momento de la notificación escrita del fin del contrato.
- Además, el cliente deberá hacerse cargo de los costes necesarios, razonables y acreditables por el constructor.

## **4. CONDICIONES LEGALES**

### **4.1. CONDICIONES GENERALES DE CARÁCTER LEGAL**

Ambas partes, constructor y cliente, se comprometen a someterse siempre a sus diferencias.

El constructor es el responsable de la ejecución de los trabajos en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el proyecto.

En consecuencia, estará obligado a la retirada y nueva instalación de todo aquello que este mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa que, el director de proyecto haya examinado la construcción del troquel, ya que pueden existir errores no apreciables durante la construcción.

Todos aquellos costes derivados de dichos desperfectos o anomalías correrán a cargo únicamente de la empresa constructora.

El constructor tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los planos y pliego de condiciones, además de otros documentos del proyecto, siempre y cuando dichas copias estén controladas. Dichas copias siempre deberán estar compulsadas por el director del proyecto.

### **4.2. NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL**

Todo trabajo será realizado de acuerdo con la práctica más avanzada para su ejecución, salvo que se indique lo contrario en esta especificación.

Todos los materiales y todos los trabajos realizados estarán de acuerdo con los códigos y normas más recientes vigentes hasta la fecha de adjudicación y expuestas por las organizaciones normalizadoras, tales como, UNE, DIN, ISO, etc.

En caso de discrepancias contra alguna de las condiciones impuestas en los puntos señalados se atenderá a la más restrictiva.

### **4.3. ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN**

Para la confección, procedimiento de revisión, aprobación, modificaciones y entrega de planos, el constructor deberá atenerse a lo descrito en los dos tipos de documentos que vienen a continuación:

- Aquellos relacionados con la documentación técnica.
- Aquellos concernientes a la ingeniería.

#### **4.3.1. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

Dentro de dicha documentación técnica deben exponerse los siguientes documentos:

- Informes base establecidos de forma conjunta por el constructor y cliente.
- Documentos preliminares entregados al fabricante por parte del cliente.
- Documentos de carácter definitivo del cliente hacia el fabricante.

Todos aquellos informes previos deberán ser confirmados o corregidos en el momento de envío de la documentación definitiva.

#### **4.3.2. INGENIERÍA**

La documentación relativa a la ingeniería deberá estar comprendida de lo siguiente:

- El establecimiento de la planificación de ejecución, entrega, montaje y puesta en marcha.
- El establecimiento de la planificación de estudios y envío de planos.

El seguimiento de la planificación y las medidas a tomar para llevarla a cabo de forma correcta.

El fabricante entregará al cliente la planificación con suficiente antelación. Los plazos de fabricación y de entrega entrarán en vigor desde el momento en que el proyecto queda aprobado.

#### **4.3.3. PROPIEDAD INDUSTRIAL**

Los proyectos, memoria, cálculos, planos y cuantos documentos que proporcione el fabricante serán siempre de su absoluta propiedad, no pudiendo disponer de ellos para la ejecución del proyecto, ni ser entregados a un tercero sin la aprobación expresa del propietario de estos. El fabricante, en cualquier momento, tiene derecho a pedir la devolución de estos.

Dichos derechos de propiedad vendrán recogidos en la ley de propiedad industrial y quedan reflejados en el Real Decreto-Ley 8/1998

La empresa fabricante deberá conservar la propiedad de los materiales que suministre y no considerar efectuada su venta en firme ni transferidos sus derechos como única propietaria de ellos hasta que, el encargado de la obra haya abonado su importe total quedando los materiales en concepto de depósito, pudiendo retirarlos del lugar donde se hallen instalados y disponer de ellos en cualquier momento.

La empresa fabricante quedará exenta de suministrar cualquier tipo de garantía si se produce un incumplimiento por parte del cliente en las condiciones de pago.

#### **4.3.4. RESPONSABILIDAD**

El cliente y el fabricante serán los responsables del cumplimiento de las obligaciones contraídas por cada uno de ellos, como consecuencia del contrato firmado por ambas partes en las condiciones establecidas y de las actuaciones y daños directos que, de tal cumplimiento, pudieran derivarse en forma de responsabilidad jurídica.

Queda excluida la responsabilidad del constructor referente a las compensaciones por daños indirectos y/o daños colaterales (perdidas comerciales o financieras).

#### **4.3.5. RESPONSABILIDAD TÉCNICA DEL CONSTRUCTOR**

El constructor será completamente responsable ante el cliente y a todos los efectos:

- Del exacto cumplimiento de las indicaciones, instrucciones, condicionamientos reflejados en los planos, especificaciones técnicas y demás documentos que le entregue el cliente y que hayan sido incluidos en el proyecto y, en consecuencia, aceptados por el constructor.
- De la confección correcta de aquella documentación (cálculos técnicos, planos constructivos, especificaciones...) que necesite preparar por su cuenta para la correcta ejecución de los trabajos.
- De la adecuada fabricación, selección y calidad de los materiales o suministros, así como, de la ejecución teóricamente correcta de todos y cada uno de los trabajos, incluso los auxiliares y maniobras.
- De no introducir modificaciones sin autorización expresa del cliente con relación a los planos y especificaciones que forman parte integrante del contrato y que le han sido facilitadas para la ejecución de las obras.

#### **4.3.6. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA SOCIAL Y LABORAL**

El constructor reconoce expresamente y debiendo acreditarlo ante el cliente, que cumple con todo su personal, sin excepción alguna, la Legislación Laboral vigente, especialmente aquella impuesta en materia de Seguridad Social y accidentes laborales.

La constatación por parte del cliente del incumplimiento de las obligaciones del constructor indicadas con anterioridad instará al cliente a la adopción de cuantos medios estime oportunos para exigir al constructor el cumplimiento de sus obligaciones, así como, la denuncia de tales hechos para salvaguardar su responsabilidad. Además, y en caso necesario, se procederá a la suspensión temporal de los trabajos.

El cliente podrá repercutir contra el constructor por la cantidad que le tuviera que satisfacer impuesta por los organismos laborales y jurisdiccionales competentes, como consecuencia, de la responsabilidad solidaria legalmente establecida por incumplimiento, por parte del constructor principal o subcontratas, de obligaciones de índole social o laboral con sus trabajadores o con la Seguridad Social.

#### **4.3.7. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE ACCIDENTES**

El constructor se hace responsable del exacto cumplimiento de las leyes, reglamentos y ordenanzas vigentes sobre accidentes en el trabajo, así como, de las instrucciones que sobre el tema reciba del cliente.

El fabricante asume la completa responsabilidad de los accidentes que, por causas imputables a él, pudieran ocurrir al personal bajo su cargo, al de sus subcontratas, a personal del cliente

o a terceros que en el momento del siniestro se encontraran en el recinto propiedad del fabricante.

En caso de producirse un accidente, el constructor tiene la obligación de comunicarlo de inmediato al cliente.

#### **4.3.8. RESPONSABILIDAD DEL CONSTRUCTOR EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE**

El constructor se hace responsable del total y exacto conocimiento de las leyes, reglamentos y ordenanzas vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, así como, de las normas generales de seguridad especificadas por el cliente, en caso de que éste lo estime oportuno. En dicho caso, el cliente deberá entregar por escrito las instrucciones al fabricante antes de firmar el contrato.

La normativa básica y de obligado cumplimiento impuesta en materia de seguridad e higiene en el trabajo queda reflejada en la ley 31/1995 de seguridad y salud en el entorno laboral. Dicha ley deberá ser complementada por todas aquellas disposiciones, reglamentos, planes estratégicos y ordenanzas impuestas por cada comunidad autónoma.

El constructor queda obligado a dotar a su personal de cuantos medios fuese necesario (cascos, protectores auditivos, prendas adecuadas...) para la ejecución de los trabajos en las condiciones de seguridad exigidas.

El cliente podrá, en cualquier momento, realizar las inspecciones que considere necesarias para asegurar el cumplimiento del constructor en materia de seguridad e higiene, quedando facultado para paralizar los trabajos si a su juicio se desarrollan en unas condiciones de peligrosidad e insalubridad tales, que incurran en la ilegalidad de la legislación vigente o no cumplan con las condiciones previamente pactadas con el cliente.

Las infracciones graves en materia de seguridad deberán ser denunciadas oficialmente mediante los mecanismos legales necesarios.

#### **4.4. LICENCIAS Y PATENTES**

En el caso de que, el constructor utilice ingeniería, licencias, patentes o procedimientos de otras compañías queda obligado a obtener las correspondientes autorizaciones escritas para dicha utilización y a presentarlos al cliente, si por causas razonables éste lo considera necesario.

El constructor exime de toda responsabilidad al cliente frente a terceros de toda pérdida, daño, gasto o reclamación por uso indebido de ingeniería, patentes, marcas u otros derechos protegidos bajo el Real Decreto-Ley 8/1998 referente a la propiedad industrial.

En el caso de que, un proceso judicial, iniciado por estas causas, no terminara satisfactoriamente para los intereses del cliente, el constructor queda obligado a adquirir los derechos en litigio, de modo que, la empresa cliente pueda gozar de la normal utilización del equipo o instalaciones afectadas.

En el supuesto de que, el fabricante no pudiera realizar dicha adquisición de derechos deberá proceder a la sustitución de los elementos involucrados en el conflicto, debiendo garantizar la reposición de estos bajo las mismas características de los anteriores y asumiendo la totalidad de los gastos derivados.

El constructor indemnizará al cliente frente a todos aquellos daños y perjuicios que se originasen como consecuencia de la violación por parte del constructor de los derechos de propiedad industrial.

#### **4.5. PERMISOS Y AUTORIZACIONES**

El cliente y el constructor se prestarán a la colaboración y ayuda necesaria para la obtención de cuantos permisos y autorizaciones sean requeridas para el cumplimiento de sus obligaciones contractuales.

El fabricante deberá obtener y estar en posesión de cuantas autorizaciones administrativas sean necesarias y exigibles, oficialmente, para llevar a cabo las prestaciones contratadas.

El constructor solicitará por escrito al cliente las autorizaciones que debe obtener para la correcta ejecución de las prestaciones a las que se ha comprometido. Salvo justificación suficiente, todo retraso sufrido en la ejecución de sus obras, servicios o suministros como consecuencia de la no obtención de los permisos y autorizaciones necesarios para tal fin, se considerará como demora en la ejecución del contrato.

#### **4.6. ARBITRAJE Y JURISDICCIÓN**

Tanto el cliente, como el constructor procurarán resolver amistosamente cualquier conflicto surgido, en lo relativo a diferencias que pudieran existir en la interpretación, cumplimiento o ejecución del contrato, tanto durante su vigencia, extinción o liquidación.

Para tales situaciones, que no exista acuerdo amistoso entre ambas partes se recurrirá al arbitraje del conflicto, tal y como indica la Ley 60/2003 relativa al arbitraje.

La controversia suscitada se someterá al juicio de tres árbitros que serán designados de común acuerdo, o en su defecto, con acuerdo a la ley 60/2003.

Durante la tramitación del proceso arbitral ambas partes continuarán obligadas según los términos pactados en el contrato.

#### **4.7. CONFIDENCIALIDAD**

Ninguna de las partes contratantes suministrará o filtrará a terceros ningún tipo de documentación técnica o información recibida de la otra parte, en relación con la ejecución del contrato, sin la autorización correspondiente.

#### **4.8. RENUNCIA**

Queda expresamente entendido que, cualquier renuncia por parte del cliente o del fabricante de alguno de los términos, disposiciones o requisitos del contrato no constituirá un

precedente, es decir, la cancelación de cualquier estipulación individual del contrato no afectará a la validez del resto.

## **5. CONTROL DE CALIDAD**

El programa de inspección durante el acopio, construcción, montaje y primeras pruebas para la realización del troquel se realizará de acuerdo con las normas y requisitos establecidos en la legislación vigente.

### **5.1. MATERIALES**

Todos los materiales serán adquiridos con sus correspondientes certificados de recepción según la norma DIN 50049 o certificados equivalentes, tales como, el Certificado de Ensayos de recepción según UNE 36007 conjuntamente con las especificaciones particulares de las normas que definen los materiales utilizados.

Se deberá exigir el certificado de laboratorio oficial, el cual, debe garantizar que las características del material cumplen con las exigencias establecidas. Sólo podrán variarse dichas características en el caso en que, dicha modificación suponga una mejora de las prestaciones del producto.

En todos los supuestos, el fabricante deberá informar al cliente de las modificaciones que pretende introducir, ya que sin dicho consentimiento expreso no podrá realizarlas.

### **5.2. PRUEBAS Y MEDICIONES**

Las condiciones de inspección se llevarán a cabo atendiendo a los criterios que se muestran a continuación y según las normas establecidas.

#### **5.2.1. TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Todos aquellos elementos del troquel que requieran de un tratamiento térmico (templado, revenido...) deberán alcanzar la dureza establecida en el proyecto, por lo que, se deberá adjuntar toda la documentación necesaria donde se indique las condiciones bajo las que se ha realizado el tratamiento (tiempos, temperaturas...), así como, los resultados finales del tratamiento, tales como, la dureza final alcanzada.

#### **5.2.2. CONTROL DE DUREZA**

El control de dureza de los materiales se hará de todos aquellos que hayan necesitado de tratamiento térmico y las pruebas de dureza se realizarán, como indica la normativa al respecto, en aquellas partes donde no afecte a su posterior funcionalidad.

#### **5.2.3. DIMENSIONES FINALES**

Todas y cada una de las cotas fijadas en los planos deberán ser seguidas y respetadas durante la fabricación.

Para cualquier variación de las mismas es necesaria la aprobación del proyectista, el cual, deberá estudiar el efecto que dicho cambio produciría en el resto de los elementos que componen el troquel.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Las cotas más importantes y de mayor responsabilidad serán objeto de una especial atención, asegurando al máximo las tolerancias de acabado especificadas en los planos correspondientes.

### 5.2.4. ACABADOS SUPERFICIALES

Las superficies de una pieza que han de estar en contacto fijo o deslizante con otras deben ir trabajadas en función de la labor que desempeñan.

Los acabados de cada pieza están especificados en los planos según la norma UNE 1-037-75, que es aquella norma encargada de fijar en dibujo todo lo relativo a los estados superficiales. Para los símbolos de mecanizado se seguirá la representación marcada en la norma UNE 1-037-83.

A continuación, se muestran los valores de rugosidad correspondientes para cada acabado:

Valor de la Rugosidad Ra		
micrómetros m	micropulgadas in	Clase de rugosidad
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

*Imagen 1. Rugosidad en función del acabado*

Estas calidades de acabado deben respetarse escrupulosamente, ya que de ello depende, en gran medida, el correcto montaje y funcionamiento del troquel durante su periodo de vida estipulado.

## 6. SEGURIDAD Y RESPONSABILIDAD

Debido al riesgo que implica el transporte, montaje, puesta a punto y posteriores trabajos a plena producción del troquel se hace necesaria la inclusión de este apartado dedicado a mostrar unas pautas a seguir en lo que a seguridad se refiere.

Además, por los mismos motivos, se especificarán los requisitos mínimos que deben poseer los trabajadores, a fin de garantizar el correcto desarrollo de todas las fases que van desde el diseño hasta la producción.

### 6.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Una de las principales situaciones de riesgo cuando se trabaja con piezas estampadas está relacionada con la manipulación de las piezas acabadas por parte de los operarios.

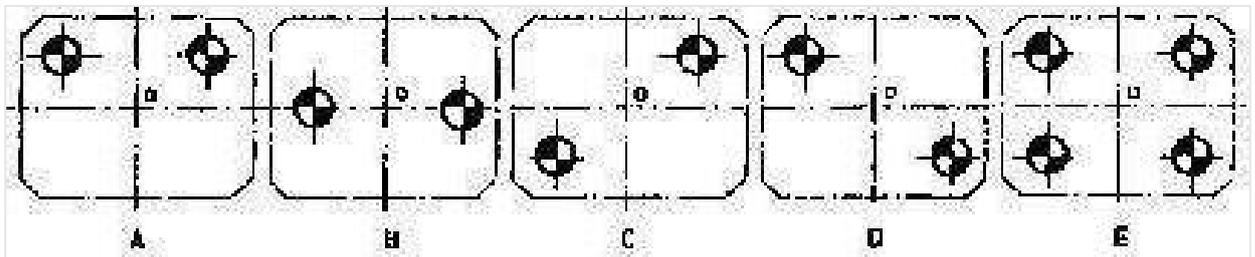
DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

Durante las operaciones de extracción o manipulación de las piezas, el matricero debe introducir los brazos en la máquina, por lo que, el más mínimo error ya sea un descuido, un enganchón de la ropa en algún elemento del troquel, etc. puede originar consecuencias desastrosas.

Es por ello por lo que, en la medida de lo posible, deberán tomarse ciertas precauciones en el diseño del troquel.

Como ya se ha expuesto anteriormente, una buena accesibilidad al interior del útil puede ser vital a la hora de minimizar riesgos.

Un factor importante en este sentido es la disposición de las columnas guía que están ancladas en la base superior. A continuación, se muestran varios tipos de disposiciones.



*Imagen 2. Disposiciones columnas guía*

Se adoptará el sistema que mayor seguridad aporte al operario respetando siempre la correcta funcionalidad del troquel.

Así mismo, se pondrá especial atención a los elementos o superficies salientes que pudieran provocar el enganche o daño del operario.

Se incluirán también todos los sistemas de seguridad necesarios, tales como, sistemas de parada de emergencia y se deberá entregar, junto con el troquel, un manual de seguridad que describa al detalle los sistemas integrados.

## 6.2. CONDICIONES DE SEGURIDAD

En todo momento, la máquina y los elementos que la componen sólo deben ser mantenidos, manejados y reparados por personal cualificado, es decir, están destinados exclusivamente a uso profesional.

Por estos motivos, no debe confiarse el uso de la máquina a personal inexperto, ya que se ha demostrado que gran parte de los accidentes y de las averías vienen promovidas por un uso inadecuado de la maquinaria.

Todos aquellos elementos pertenecientes al sistema de alimentación energética del troquel no deberán ser modificados ni manipulados en ningún caso, salvo por el personal adecuado.

Las características técnicas recomendadas en la máquina, tales como velocidad de funcionamiento, carrera, fuerza, etc. en ningún caso deberán sobrepasarse, es decir, nunca se debe sobreesforzar la máquina.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

El cliente se responsabiliza en todos los casos, de que cada persona que esté encargada del montaje, manejo, mantenimiento y reparación de la maquinaria haya leído y comprendido las instrucciones de servicio. Es conveniente que quede confirmado por escrito tal hecho.

El responsable de seguridad, o en su defecto los correspondientes mandos, deben exigir a los operarios del troquel y al personal de mantenimiento la cumplimentación de las instrucciones establecidas para la prevención de accidentes.

Es obligación del cliente que el manejo, mantenimiento, y reparación de la maquinaria se realice conforme al manual de la instalación.

Deberá instruirse al personal de servicio, en caso necesario, mediante los cursillos correspondientes acerca de los dispositivos de seguridad de la máquina, así como del manejo de estos.

Independientemente de los sistemas de seguridad incluidos en el troquel, es responsabilidad del cliente corregir las condiciones peligrosas que pudieran darse, aplicando para ello los medios de protección adecuados.

Como medida de seguridad es aconsejable la inclusión de un mando a dos manos, mediante el cual, únicamente se iniciará el descenso del carro de la prensa si se accionan los dos pulsadores con un desfase inferior a 0,5 segundos y se frenara el movimiento si se dejan de accionar los pulsadores.

Otro factor importante de seguridad, y que tiene una relación directa con la salud de los empleados, es el nivel de exposición sonora al que están sometidos.

Para evaluar dichos daños, y la exposición media al ruido, se hará una verificación del nivel sonoro, consistente en medir con un sonómetro en los puntos necesarios.

Según lo establecido en el Real decreto 286/2006, el valor medio máximo diario (LAeq,d) al que puede estar sometido un trabajador durante su jornada laboral es de 80 dB (A), mientras que el valor máximo puntual, también llamado de pico (Lpico) es de 135 dB (C).

Los sistemas y formas de obtener los valores equivalentes y de pico vendrán expuestos en el decreto anteriormente mencionado relativo a la exposición al ruido en el trabajo.

### **6.3. REQUISITOS MÍNIMOS Y RESPONSABILIDADES**

Debido a la suma importancia de que, los trabajos sean realizados por personal suficientemente cualificado, a continuación, se detallan brevemente los requisitos que deberán tener los encargados de las diferentes tareas.

#### **6.3.1. PROYECTISTA**

El proyectista pertenecerá al departamento de oficina técnica dentro de la empresa y sus labores son:

- Realizar los diseños mecánicos coordinando en ocasiones la subcontratación exterior

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

del diseño.

- Realizar las compras para la fabricación del conjunto y subconjuntos.
- Análisis de mejoras en el diseño.
- Manejo de documentación y catálogos técnicos.
- Introducción de mejoras y avances tecnológicos.
- Contacto con proveedores.

Para el desempeño de estas actividades, el responsable deberá haber cursado al menos Ingeniería Técnica Mecánica, o bien, el equivalente en experiencia en este puesto de al menos 5 años. También, es necesario que el trabajador posea importantes conocimientos de CAD.

### **6.3.2. JEFE DE CALIDAD**

Perteneciente al departamento de calidad, bajo sus órdenes, trabajarán, tanto el técnico de calidad, como el responsable de la recepción de materiales, mientras que, su superior directo será el gerente.

Las responsabilidades que engloba el cargo de jefe de calidad dentro del proyecto son:

- Planificar y gestionar el departamento de acuerdo con los objetivos y directrices establecidas.
- Gestionar los recursos y medios puestos al servicio del departamento para cumplimentación eficiente de los objetivos marcados.
- Garantizar que el producto final cumple con los requisitos impuestos por el cliente, mediante la realización de las correspondientes pruebas y ensayos establecidos para tal fin.
- Establecer el sistema de recogida de la información relacionada con problemas de calidad para su posterior análisis y aplicación de acciones de mejora.
- Informar a la dirección sobre el sistema de calidad para su análisis.
- Realizar el plan de auditorías para el seguimiento del sistema de calidad, de acuerdo con los procedimientos establecidos.
- Revisar, custodiar y archivar el manual de calidad.
- Será también, el responsable de las disconformidades que aparezcan por parte del cliente.

La formación básica del jefe de calidad deberá ser Ingeniería Técnica Industrial Mecánica, siendo además necesario, que dicha persona se haya especializado en materias relacionadas con la calidad. Deberá tener al menos 3 años de experiencia en puestos del ámbito de la calidad o relacionados con el producto de la empresa (fabricación, diseño...).

### **6.3.3. TÉCNICO DE CALIDAD**

Al igual que su superior pertenece al departamento de calidad y las responsabilidades del técnico son:

- Realizar las actividades correspondientes al sistema de recogida de información relacionada con problemas de calidad, para su análisis y aplicación de mejoras.

## DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

- Informar a su superior de cuantas incidencias surjan en torno al sistema de calidad, proponer alternativas para su solución y, si procede, llevarlas a cabo.
- Realizar auditorías para el seguimiento del sistema de calidad, de acuerdo con el sistema establecido.
- Colaborar en la revisión del manual de calidad.
- Controlar los equipos de medición utilizados para la verificación de piezas, asegurando su correcto funcionamiento.
- Cumplir con los procedimientos de calidad correspondientes a su ámbito de actuación y proponer cuantas sugerencias puedan revertir en una mejora permanente de las actividades.

El técnico de calidad deberá haber cursado como mínimo un grado superior relacionado con el tema, además de cursos sobre materias de calidad y deberá tener conocimientos acerca de los procesos y productos de la empresa.

Como experiencia mínima equivalente, el trabajador deberá tener al menos un año en otros puestos de la empresa que aporten conocimientos amplios sobre los procesos y características del producto.

### **6.3.4. OPERARIOS DE MANEJO Y PUESTA A PUNTO**

Pertenecientes a la plantilla del taller, su superior directo será el jefe de equipo o de sección.

Entre las tareas de los operarios cabe destacar:

- Manejo de la maquinaria durante la producción.
- Realizar el montaje de todos los elementos integrantes del troquel.
- Realizar las pruebas de puesta a punto y funcionamiento.
- Colaborar en la limpieza, vaciado de circuitos y en el desmontaje de componentes y conjuntos de la máquina, así como, en su embalaje, carga y expedición.
- Colaborar en la reparación de averías y reformas de máquinas en casa del cliente.
- Colaborar en los trabajos de mantenimiento y reparación de averías de máquinas e instalaciones de la propia empresa.

Como requisitos mínimos, dichos empleados deberán tener FP-II Mecánico o una experiencia acreditable mínima de 5 años desempeñando las funciones mencionadas.

### **6.3.5. SOLDADORES**

Al igual que los operarios de manejo y puesta a punto, los soldadores suelen ser operarios del propio taller. Su superior será el jefe de área de fabricación y montaje y entre sus responsabilidades destacan:

- Soldadura de elementos no críticos en la instalación del troquel, como pudieran ser tubos de baja presión para la alimentación de la prensa, pequeñas piezas del tipo soportes, anclajes...
- Deberán acreditar una formación base de Maestría o FP I con al menos 2 años de experiencia o una experiencia equivalente de 5 años desempeñando dichas labores.

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN TROQUEL  
PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE  
MOTOR***

***DOCUMENTO 6- PRESUPUESTO***

**Alumno/Alumna:** Ayo, Etxebarria, Usua

**Director/Directora:** Fuente, Fernández, Jerónimo

**Curso:** 2019-2020

**Fecha:** Bilbao, 19, julio, 2020

## ÍNDICE PRESUPUESTO

- CAPÍTULO 1. INGENIERÍA DE DISEÑO.....	2
- CAPÍTULO 2. PIEZAS NORMALIZADAS.....	3
- CAPÍTULO 3. PIEZAS DE DISEÑO PROPIO.....	5
- CAPÍTULO 3.1. MATERIA PRIMA.....	5
- CAPÍTULO 3.2. MANO DE OBRA.....	6
- CAPÍTULO 4. MONTAJE Y PRUEBAS.....	8

## PRESUPUESTO

En este documento se desglosan en capítulos los diferentes costes referentes al diseño y fabricación del troquel progresivo; en los cuales se incluye el costo de diseño del proyectista, el costo de piezas de catálogo, de la materia prima necesaria para la fabricación de las piezas de diseño propio, el costo de transformación de estas últimas y el costo de montaje y pruebas pertinentes.

### **CAPÍTULO 1. INGENIERÍA DE DISEÑO**

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<b>Horas</b>	<b>Costo [€/h]</b>	<b>Precio total [€]</b>
1.1	Búsqueda de información	35	30	1.050
1.2	Realización diseño banda	5	30	150
1.3	Cálculos	25	30	750
1.4	Diseño 3D del utillaje	65	30	1.950
1.5	Planos	25	30	750
1.6	Documentación técnica	70	30	2.100

**TOTAL PARCIAL.....6.750 €**

**TOTAL CAPÍTULO 1: DISEÑO DEL PROYECTISTA.....6.750€**

## CAPÍTULO 2. PIEZAS NORMALIZADAS

Código	Descripción	Plano	Unidades	Precio unitario [€]	Precio total [€]
2.1	Brida de amarre excéntrica, E 5270/8/6	3	12	4,30	51,60
2.2	Casquillo guía deslizante con lubricante sólido y valona DIN 9834 / ISO 9448, E 5130/80	4	4	100,70	402,80
2.3	Columna guía con valona DIN 9825 7 ISO 9182, E 5000/80x400	3	4	359,70	1.438,80
1.4	Disco de amarre, E 5290/95/30	3	4	15,90	63,60
1.5	Tornillo cabeza avellanada con hueco hexagonal DIN 7991, E/1220/12x50	3	4	0,60	2,40
1.6	Tornillo de cabeza cilíndrica plana DIN 7984, E 1226/8x20	3	4	0,20	0,80
1.7	Tronillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/6x30	3	36	0,20	7,20
1.8	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912/ ISO 4762, E 1200/6x40	3	12	0,20	2,40
1.9	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/24x90	3	4	9,90	39,6

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE TROQUEL PROGRESIVO PARA SOPORTE DE MONTAJE DE MOTOR

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<b>Plano</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio unitario [€]</b>	<b>Precio total [€]</b>
1.10	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/8x35	4	29	0,20	5,80
1.11	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/20x90	5	14	3,50	91
1.12	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/2x12	3	8	0,20	1,60
1.13	Tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal DIN 912 / ISO 4762, E 1200/2x16	3	8	0,20	1,60
1.14	Tornillo tope ISO 7379, E 1240/24x140	5	38	33,90	1.288,20
1.15	Muelle de compresión carga extrema, E 1546/50x127	5	38	52,70	2.002,60

**TOTAL PARCIAL.....3.600€**

**TOTAL CAPÍTULO 2: PIEZAS NORMALIZADAS.....3.600€**

## CAPÍTULO 3. PIEZAS DE DISEÑO PROPIO

### CAPÍTULO 3.1. MATERIA PRIMA

Código	Descripción	Plano	Unidades	Peso [kg]		Precio [€]	
				Unitario	Total	Unitario	Total
3.1.1	Contenedor [fundición]	6	1	230	230	3,5	805
3.1.2	Placa base inferior [fundición]	7	1	55	55	3,5	192,5
3.1.3	Matrices [F112]	8-15	8	20	160	3	480
3.1.4	Reglés guía [F522]	16-18	4	0,6	2,4	6	14,4
3.1.5	Placa pisadora [F112]	19	1	14	14	3	42
3.1.6	Placa guía [F112]	20	1	26	26	3	78
3.1.7	Punzones [F521]	21-28	53	3	159	5	795
3.1.8	Placa porta punzones [F1511]	29	1	28	28	6,5	182
3.1.9	Sufridera [F114]	30	1	12	12	3,5	42
3.1.10	Placa base superior [fundición]	31	1	55	55	3,5	192,5

**TOTAL PARCIAL.....2.823,4€**

**TOTAL CAPÍTULO 3.1: MATERIA PRIMA.....2.823,4€**

## CAPÍTULO 3.2. MANO DE OBRA

Previo al presupuesto de mano de obra del troquel diseñado se expone una tabla de costes de fabricación en función del tipo de mecanizado y del volumen de la pieza. En caso de la operación de corte, el coste es por cada corte, no por volumen. También se expresa el precio por masa de los tratamientos térmicos necesarios.

### CUADRO DE PRECIOS MECANIZADO/TRATAMIENTO TÉRMICO

<i>Mecanizado/Tratamiento térmico</i>	<b>Coste [€/...]</b>
Corte	3,5 €/corte
Fresado	3,5 €/dm <sup>3</sup>
Fresado de precisión	12 €/dm <sup>3</sup>
Torneado	5 €/dm <sup>3</sup>
Torneado de precisión	14 €/dm <sup>3</sup>
Taladrado	4 €/dm <sup>3</sup>
Rectificado	15 €/dm <sup>3</sup>
Electroerosionado	5 €/dm <sup>3</sup>
Temple + revenido	4 €/kg
Recocido	5 €/kg

### **PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA**

Código	Descripción	Plano	Unidades	Dimensiones	Precio [€]	
					Unitario	Total
3.2.1	Contenedor [fundición]	6	1	990x868x200	487,15	487,15
3.2.2	Placa base inferior [fundición]	7	1	950x828x76	187,32	187,32
3.2.3	Matrices [F112]	8-15	8	610x427x62,5	136,67	1.093,36
3.2.4	Reglés guía [F522]	16-18	4	191x7,5x7,5	15,40	61,6
3.2.5	Placa pisadora [F112]	19	1	530x488x20	172,97	172,97
3.2.6	Placa guía [F112]	20	1	950x828x30	201,26	201,26
3.2.7	Punzones [F521]	21-28	53	70x60,5x113	17,48	926,44
3.2.8	Placa porta punzones [F1511]	29	1	610x488x40	294,2	294,2
3.2.9	Sufridera [F114]	30	1	610x488x20	108,59	108,59
3.2.10	Placa base superior [fundición]	1	1	950x828x100	164,42	164,42

**TOTAL PARCIAL.....3.697,31€**

**TOTAL CAPÍTULO 3.2: MANO DE OBRA.....3.697,31€**

**TOTAL CAPÍTULO 3: PIEZAS DE DISEÑO PROPIO.....6.520,71€**

## CAPÍTULO 4: MONYAJE Y PRUEBAS

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>	<b>Horas</b>	<b>Costo [€/h]</b>	<b>Precio total [€]</b>
4.1	Montaje	32	25	800
4.2	Ajustes	16	25	400
4.3	Pruebas	8	25	200

**TOTAL PARCIAL.....1.400€**

**TOTAL CAPÍTULO 3.2: MANO DE OBRA.....1.400€**

## **PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA**

- CAPÍTULO 2. ....3.600€
- CAPÍTULO 3.
  - CAPÍTULO 3.1. ....2.823,40€
  - CAPÍTULO 3.2. ....3.697,31€

---

**TOTAL.....10.120,71€**

## **PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN**

- MATERIALES Y MANO DE OBRA.....10.120,71€
- CAPÍTULO 1. ....6.750€
- CAPÍTULO 4. MONTAJE Y PRUEBAS.....1.400€

---

**SUBTOTAL.....18.270,71€**

- GASTOS GENERALES (12%).....2.192,50€
- BENEFICIO INDUSTRIAL (6%).....1.096,25€

---

**TOTAL PARCIAL.....21.559,50€**

**-I.V.A. (21%).....4.527,50€**

---

**TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN.....26.086,98€**

## **PRESUPUESTO TOTAL**

- Presupuesto de Ejecución por Contrata.....26.086,98€
- Honorarios de Redacción (3%).....782,61€

---

**PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO.....26.869,60€**

Asciende el presupuesto total de ejecución del proyecto a la expresada cantidad de:

**VEINTISÉIS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA  
CÉNTIMOS**

Bilbao, a 19 de julio de 2020