ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

DISEÑO DE UN TROQUEL PROGRESIVO
(Design of progressive die)

Para acceder al Titulo de

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD MECÁNICA

Autor: Javier Múgica Soto

Septiembre-2014

TÍTULO	DISEÑO DE UN TROQUEL PROGRESIVO		
AUTOR	Javier Múgica Soto		
DIRECTOR / PONENTE	JULIÁN MUÑOZ MARQUE		
TITULACIÓN	ITI MECÁNICA	FECHA	2/09/2014

PLABRAS CLAVE

Troquel progresivo, industria automoción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El objeto del siguiente proyecto es diseñar un troquel a partir de una pieza final para cumplir una demanda de 900,000 piezas mensuales, con la calidad suficiente, a un precio competitivo y en el menor tiempo posible. La pieza a fabricar será de acero inoxidable e ira soldada al interior de la carrocería del vehículo.

Dadas las características de la pieza, fundamentalmente su geometría y que se puede obtener a partir de una chapa fina, el mejor medio de fabricarla es mediante un troquel progresivo, ya que a pesar del elevado precio a priori de la herramienta, se amortiza en producciones tan largas como la planteada, luego, afrontamos el diseño y la construcción de un troquel.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Partiendo del plano de la pieza facilitada por el cliente hacemos un análisis de las opciones de las que contamos dentro del mundo de la matriceria.
Se toma la decisión justificada de diseñar una matriz progresiva de corte y doblado analizando las ventajas e inconvenientes de este tipo de matriz.

A continuación se diseña cada una de las piezas que contiene el troquel, para ello nos apoyamos en un software, NX 9 (Siemens). Se pone especial interés en la descripción y funcionalidad de las piezas no normalizadas de corte y doblado.

Basándonos en los modelos de cálculo desarrollados obtenemos los valores propios para el diseño.

Se analiza el montaje del conjunto teniendo en cuenta la buena adecuación de los elementos en su ensamblaje.

Se hace una descripción detallada del funcionamiento del troquel así como las distintas fases donde se va transformando la chapa al producto final.

Nos ajustamos al pliego de condiciones establecido por el cliente.
Con ayuda de los proovedores de materiales, mecanizado y una estimación de las horas necesarias para la fabricación montaje de nuestro troquel se elaboro el coste final de fabricación así como el precio unitario de la pieza a fabricar

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

El sistema propuesto y el útil con el que se resuelve cumplen con los objetivos planteados. El precio de venta unitario de la pieza es de 0.00558 €, mientras que el troquel asciende a 50253,65€.

BIBLIOGRAFÍA

Rossi, Mario. *Estampado en frio de la chapa*. Madrid: Dossat, 1989

Introducción a la tecnología de las matrices, Fundación Ascamm

Navarro, Tomas. *Troquelado y estampación*. 4 ed. Barcelona:

Paquin, J.R. *Diseño de matrices*. Barcelona: Montner y Simon S.A., 1967.

INDICE GENERAL

- DOCUMENTO 1: MEMORIA
- DOCUMENTO 2: CALCULOS
- DOCUMENTO 3: PLANOS
- DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES
- DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

MEMORIA

ÍNDICE:

1. **Objeto y justificación**
2. **Estudio de la pieza a fabricar**
3. **Selección del proceso de fabricación de la pieza**
4. **Descripción de la matricería**
5. **Descripción de las posibles alternativas en cuanto a la selección del tipo de matriz**
6. **Factores a considerar en la elección del tipo de matriz**
7. **Descripción del tipo de matriz progresiva**
8. **Factores a considerar en la elección de nuestra matriz progresiva**
9. **Matriz progresiva de doblar y cortar**
10. **Clasificación de más matrices de producción en función del sistema de producción**
11. **Elementos de las matrices progresivas**
12. **Diseño de nuestra matriz progresiva**
13. **Normalizados para matrices**
14. **Ventajas de la normalización**
15. **Elementos de fijación**
16. **Defectos en piezas matrizadas**
17. **Mantenimiento troqueles**
18. **Tratamientos termoquímicos**
19. **Consideraciones sobre la fabricación de utillajes para electroerosión**
20. **Fundamentos de corte**
21. **Prensas: Clasificación, nomenclatura y despiece**

22. Disposición de las piezas sobre la banda, optimización (Nesting)

23. Descripción de funcionamiento de nuestro troquel

24. Normas generales de seguridad e higiene a observar

25. Normas sobre medioambiente

1) OBJETO Y JUSTIFICACIÓN:

El objeto de este proyecto es el diseño de una matriz progresiva para la fabricación de una pieza del sector de automoción, para una producción anual estimada en 900.000 unidades.

Se justifica el diseño de una matriz progresiva para fabricar la pieza debido a la gran demanda existente.

La matriz resultante deberá garantizar la homogeneidad de las piezas en la producción, siempre dentro de las tolerancias dimensionales establecidas y ser capaz de reducir al mínimo el número de piezas defectuosas. Tendrá que ser económica y energéticamente rentable, para ello deberá alcanzar su amortización de forma rápida y tener un gran rendimiento. Deberá estar dotada de un funcionamiento automatizado y de fácil mantenimiento y montaje. Sus componentes serán de gran resistencia mecánica y estar normalizados en la medida de lo posible. Además de cumplir la normativa CE.

Para el diseño de la matriz y sus componentes usare distintas herramientas de CAD y CAE a parte de los cálculos manuales.

Cabe destacar que en el diseño y la fabricación tanto de la pieza como de la matriz progresiva se tendrán en cuenta aspectos medioambientales para minimizar al máximo el posible impacto al medio ambiente.

1.2 Alcance del proyecto

El proyecto comprenderá el diseño de la pieza, el diseño de la matriz progresiva, los cálculos justificativos, la descripción de los componentes de la matriz, los planos necesarios y el presupuesto de la matriz.

Posteriormente se elegirán otros puntos como la elección del sistema de alimentación de la chapa, la elección de la prensa necesaria, el mantenimiento de la matriz, los elementos de seguridad y los aspectos medioambientales que aseguren minimizar al máximo el posible impacto medioambiental

2. Estudio de la pieza a fabricar

La pieza a fabricar es un clip de automoción que va soldado a la estructura interior del automóvil. Es un elemento fijador de acero inoxidable de 0,5 mm de grosor y 100x50 mm sin doblar

Figura 1. Clip de automoción

2.2 Material de la pieza

PROPIEDADES GENERALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES					
Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	**Magnéticos**	Endurecibles por tratamiento térmico (Temple)	Soldabilidad
Martensíticos	Baja	Alta	SI	SI	Pobre
Ferríticos	Buena	Media baja	SI	NO	Limitada
Austeníticos	Excelente	Alta*	NO**	NO	Excelente

* : Adquieren mayor dureza al ser trabajados en frío.
**: Adquieren cierto magnetismo al ser trabajados en frío.

La pieza está fabricada en acero inoxidable austenitico 304 Low carbon debido a que la pieza va soldada al chasis mediante un proceso de soldadura por resistencia robotizada.

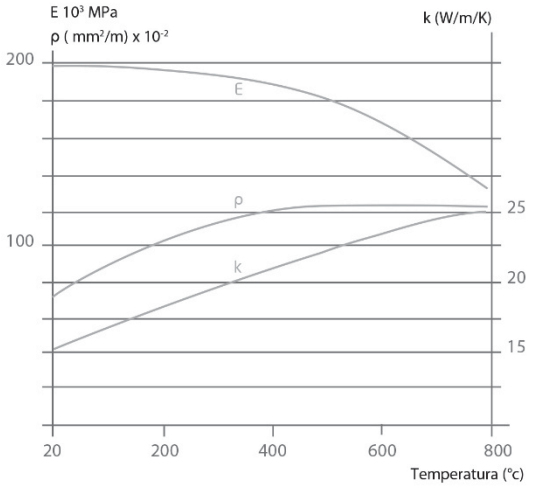
Número AISI-SAE de aleación	Composición química, % en peso	Tratamiento	Resistencia a la tensión, MPa	Límite elástico, MPa	Alargamiento, %
Aceros **inoxidables** ferríticos					
430	17Cr, 0,012C	Recocido	517	345	25
446	25Cr, 0,20C	Recocido	552	345	20
Aceros **inoxidables** martensíticos					
410	12,5Cr, 0,15C	Recocido	517	276	30
440[a]	17Cr, 0,70C	Recocido Temp. y rev-	724 1828	414 1690	20 5
440C	17Cr, 1,1C	Recocido Temp. y rev-	759 1966	276 1897	13 2
Aceros inoxidables austeníticos					
301	17Cr, 7Ni	Recocido	759	276	60
304	19Cr, 10Ni	Recocido	580	290	55
304L	19Cr, 10Ni, 0,03C	Recocido	559	269	55
321	18Cr, 10Ni, Ti=5x%C min	Recocido	621	241	45
347	18Cr, 10Ni, Nb=10x%Cmin	Recocido	655	276	45

Propiedades físicas

Chapa laminada en frío. Recocido.

Densidad	d	kg/dm³	20 °C	7.9
Temperatura de fusión		°C	Liquidus	1420
Calor específico	c	J/kg.K	20 °C	500
Conductividad térmica	k	W/m.K	20 °C	15
Coeficiente medio de dilatación térmica*	α	10^{-6}/K	20-100 °C 20-200 °C 20-400 °C	16.5 16.0 17.5
Resistividad électrica	ρ	Ω mm²/m	20 °C	0.73
Permeabilidad magnética	μ	a 0.8 kA/m DC o AC	20 °C	1.01
Modulo de Young	E	MPa.10³	20 °C	200

Coeficiente de Poisson: 0.30



Propiedades mécanicas

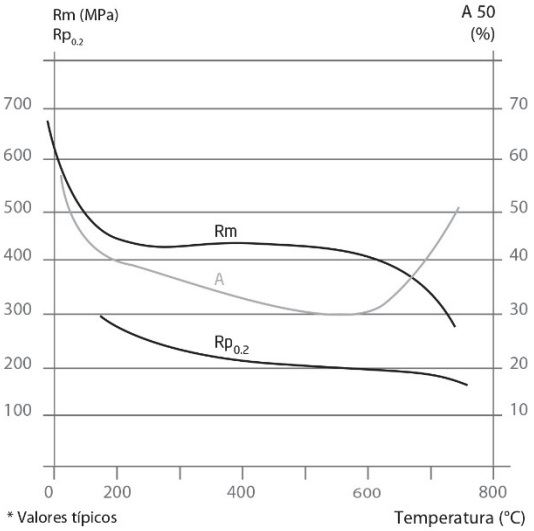
Condición de recocido
Según la norma ISO 6892-1, parte 1, probeta perpendicular al sentido de laminado.

Probeta
Largo = 80 mm (espesor < 3 mm)
Largo= 5.65 √ S_o (espesor≥ 3 mm)
Laminado en frío

Calidades	Designación europea	ASTM A240	Rm[1] (MPa)	Rp0.2[2] (MPa)	A[3] %
304L (18-9L)	1.4307	304L	630	300	54

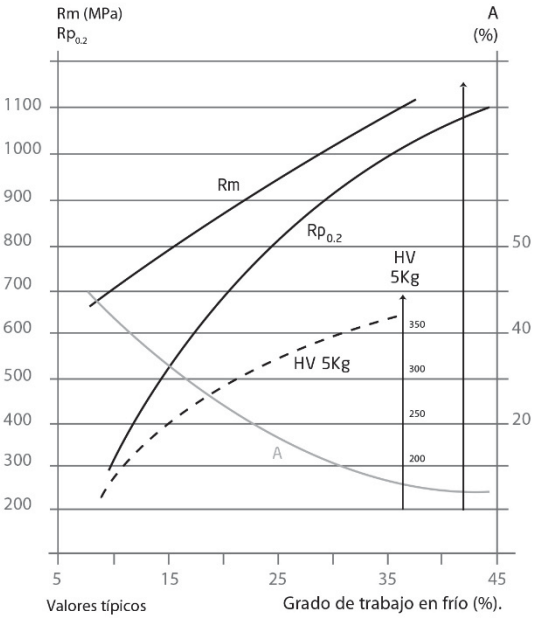
[1] Resistencia máxima a la tracción (UTS). [2] Limite elástico (YS). [3] Elongación (A). [a] Designación común [b] Actualización de la norma pendiente

A altas temperaturas*



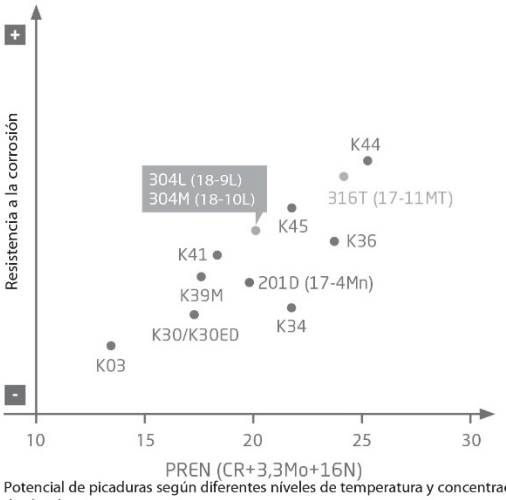
* Valores típicos

Efecto del laminado en frío 304 (18-9E)



Valores típicos

Corrosión por picadura

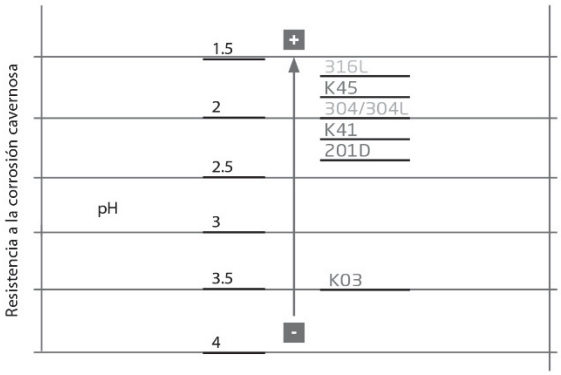


Potencial de picaduras según diferentes niveles de temperatura y concentración de clorido

Calidades	Potencial de picaduras			
	NaCl 0.02/23°C	NaCl 0.02/50°C	NaCl 0.05/23°C	NaCl 0.02/50°C
304L (18-9L)	540 mV	385 mV	305 mV	175 mV

Valores típicos.

Depasivación pH en ambiente confinado NaCl 2M a 23 °C



La corrosión cavernosa

La corrosión cavernosa puede ser dividida en dos procesos. Durante el primer proceso, llamado iniciación, se generan picaduras en la zona de retención cuando el pH es inferior al pH de depasivación de la calidad. La propagación es el segundo proceso y es responsable de la disolución del metal. Para ralentizar este proceso, recomendamos elegir calidades que contienen molibdeno y níquel, puesto que estos elementos tienen un efecto positivo frenando la velocidad de propagación.

Corrosión intergranular

Estas calidades cumplen con los requisitos definidos por los ensayos de la norma EN ISO 3651-2 (tratamientos de sensibilización T1 y T2).

Conformado

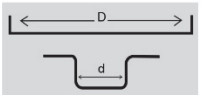
En estado de recocido nuestros 304L y 304M (18-9E/H/ED/DDQ) pueden ser conformados en frío facilmente a través de todos los procesos estándares como plegado, estampado, embutición, el fluotorneado, etc. Ciertos tipos de conformado se llevan a cabo más fácilmente en caliente. En este caso, será necesario decapar.

Embutición profunda (Prueba Swift)

La prueba Swift es un metodo que determina el Ratio Límite de Embutición (LDR). El LDR se define como el ratio máximo entre el diametro de la matriz (variable) y el diametro del punzón (fijo) para el cual la embutición puede ser llevada correctamente

Calidades	Designación europea	ASTM A240	LDR*
304L (18-9L)	1.4307	304L	1.91
304 (18-9E)*	1.4301	304	1.96
201D (17-4Mn)	1.4618 [b]	201.1	1.92
K41	1.4509	441[a]	2.29
K45	1.4621[b]	445[a]	2.28

* Cociente límite de embutición- Lubrificante = Mobilux EP00
[a] Designación común [b] Actualización del estándar pendiente



$$LDR = \frac{D_{max}}{d}$$

Curvado

Los espesores inferiores a 0,8 mm pueden ser plegados a 180 grados, mientras que para los espesores superiores, el radio mínimo de plegado r se obtiene en función del espesor t por r ≥ 0.5 t. (t = thickness).

Fluotorneado

Nuestra calidad 304ED (18-9DDQ) (1.4301, Tipo 304) es la que se adapta mejor a esta aplicación.

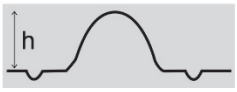
Para operaciones de conformado severas, nuestra calidades 304D (18-9ED) y 304ED (18-9DDQ) son las que se adaptan mejor.

Expansión (Prueba Erichsen)

La aptitud a la expansión se caracteriza por la altura (h) obtenida en el ensayo Erichsen también llamada Indice ' EI '.

Calidades	Designación europea	ASTM A240	EI* (mm)
304L (18-9L)	1.4307	304L	11.4
304M (18-10L)*	1.4306	304L	11.5
304 (18-9E)	1.4301	304	11.6
201D (17-4Mn)	1.4618 [b]	201.1	11.9
K41	1.4509	441[a]	9.4
K45	1.4621[b]	445[a]	9.5

* Indice Erichsen – Lubrificante = Mobilux EP00 - Valores típicos de las pruebas realizadas con un espesor de 0,8mm.. [a] Designación común [b] Actualización del estándar pendiente



3 SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PIEZA

3.1 Comparaciones de métodos: Ventajas y desventajas de la matricería.

La primera decisión a la que nos enfrentamos consiste en elegir el proceso de fabricación más adecuado con respecto a nuestros objetivos. Elegiremos emplear el proceso de troquelería.

Vamos a justificar la elección de este proceso, enumeramos algunas de sus ventajas e inconvenientes con respecto a otros procesos y posteriormente vamos a describirlo.

A diferencia de otros procedimientos, como el mecanizado por arranque de viruta o la soldadura, la matricería es una tecnología que no resulta viable en procesos de fabricación de una única pieza. Debido al empleo de utillajes muy costosos, de elaborado proyecto, elevada precisión y únicamente válidos para una forma o diseño de piezas, se aconseja la matricería como proceso de fabricación para grandes cantidades de piezas. Solo en estos casos la amortización de los utillajes repercute mínimamente en el coste final del producto matrizado.

La producción por matricería es rápida, el número de piezas producidas oscila entre 12-13 a 1200 piezas fabricadas por minuto. En el primer caso estamos hablando de operaciones de estampado de grandes piezas para el sector de la automoción o en líneas de prensas transferizadas; en el segundo, de la fabricación de piezas planas de pequeño tamaño realizadas en prensas rápidas.

Los procesos de deformación sin arranque de viruta garantizan el procesado de la chapa bajo tolerancias geométricas y dimensionales cuyos valores son mínimos. Además, las operaciones de matrizado prácticamente no alteran el acabado superficial de las piezas obtenidas con dicha técnica.

Considerando que la chapa laminada para trabajos de matricería posee unos valores de rugosidad, puede afirmarse que la calidad superficial de los productos matrizados es, cuando menos, excelente. La resistencia mecánica de las piezas de chapa en comparación a su ligereza, junto a los factores mencionados anteriormente, constituye otra ventaja a tener en cuenta en la elección de este método de fabricación como el más adecuado.

Por si fuera poco, la producción de piezas por matricería genera un volumen de chatarra o material de desecho mínimo, considerando unos valores medios óptimos de aprovechamiento del material aquellos que rondan a un 75 y un 80% del volumen inicial de la chapa.

Salvo alguna excepción, la matricería se consolida como un método de fabricación insustituible y cuyos resultados superan con creces los obtenidos por otros procedimientos.

3.2 Descripción y justificación de la decisión adoptada sobre el proceso de fabricación.

En conclusión, elegimos este proceso como nuestro proceso de fabricación frente a otros procesos como el mecanizado con arranque de viruta o la soldadura, puesto que al igual que la mayoría de productos de chapa, si el número de piezas a realizar es muy elevado, éste método es el más rentable.

Frente a la desventaja del elevado precio del utillaje tenemos las desventajas de conseguir una rápida producción, garantizar las tolerancias geométricas y dimensionales de nuestra pieza, su calidad superficial, su resistencia mecánica y nos permite minimizar el volumen de chatarra o material de desecho aprovechando nuestro material entre un 75 y un 80% de media.

4 DESCRIPCIÓN DE LA MATRICERÍA

La matricería es la rama de la mecánica que se ocupa de estudiar y desarrollar la fabricación de utillajes para la obtención de piezas en serie, generalmente de chapa metálica, sin arranque de viruta.

Por extensión, se llaman procesos de matricería a los procedimientos de corte o conformado de la chapa sin arranque de viruta, que se llevan a cabo mediante un utillaje llamado matriz o troquel.

Una matriz es un utillaje mecánico no autónomo capaz de cortar y conformar una chapa según una geometría definida por los elementos que la componen. En el taller, también se utilizan los términos troquel o estampa para referirse a este tipo de útiles. Los utillajes empleados en matricería pesada reciben el nombre genérico de troqueles. Nosotros nos referimos de ahora en adelante a ellos como troqueles.

El troquel, aunque es el principal componente de un proceso de matricería, no funciona como un elemento mecánico autónomo, sino que va montado sobre una máquina llamada prensa. Después de colocar manual o automáticamente una chapa sobre el troquel, la prensa le imprime un movimiento vertical alternativo o de vaivén, durante el cual el utillaje corta y deforma la chapa según su propia geometría. Una vez la chapa ha sido cortada o conformada, es evacuada a un contenedor apropiado. La repetición de este ciclo determina la cadencia de trabajo del proceso.

Generalmente un troquel se compone de dos partes principales. Una fija, que se sujeta a la mesa de la prensa, y otra móvil, solidaria con el cabezal de la máquina.

Los troqueles utilizados en los procesos de corte se conocen como “cortantes” y al igual que las matrices, se montan sobre grandes prensas hidráulicas o de accionamiento combinado. El modo de trabajo de estas prensas es similar al de las máquinas que operan sobre las matrices de menor tamaño.

A la persona que interviene entre otras muchas tareas en la fabricación y montaje tanto de matrices como de otros conjuntos mecánicos, de los útiles específicos para desarrollar estos procesos, así como su control y comprobación, se le llama ajustador matricero, o simplemente matricero.

El matricero se ocupa de la determinación, organización y coordinación de los procesos mecánicos, así como preparaciones y la puesta a punto de las máquinas-herramientas, la construcción de las herramientas, útiles y matrices.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS EN CUANTO A LA SELECCIÓN DEL TIPO DE MATRIZ

Una vez que ya hemos decidido sobre el proceso de fabricación, nos enfrentamos ahora a la decisión de seleccionar el tipo de matriz más apropiado para nuestro proceso productivo, de acuerdo con los objetivos que buscamos. Para ello vamos a comenzar describiendo los tipos de matrices que podemos encontrarnos en el mercado y sus características, y en función de estos datos tomaremos nuestra decisión.

Para desarrollar los diversos procedimientos de corte y conformado de la chapa podemos encontrarnos en el mercado varios tipos de matrices, todas ellas con diferencias importantes, que cuentan con una serie de elementos capaces de satisfacer unas determinadas condiciones de trabajo.

Mención aparte merecen los complejos utillajes de grandes dimensiones que se construyen especialmente para el sector de automóvil. Estos útiles se fabrican a partir de modelos y estructuras de fundición y no de placas, para disminuir su masa. Aún así, se construyen matrices cuyo peso puede rondar fácilmente los 70 Tm.

Para poder desarrollar estos procesos, este tipo de matrices se montan sobre prensas de acción combinada o sobre prensas hidráulicas de gran tonelaje. Según estos conceptos, se da el nombre de matricería pesada o troquelería a los procesos productivos que trabajan en este ámbito. Consecuentemente, las herramientas empleadas en estos procesos vienen a denominarse troqueles.

En el desarrollo de nuestro proyecto no sólo vamos a limitarnos a una serie de cálculos y al diseño de los diferentes elementos constructivos. Con frecuencia los proyectos de matricería se complementan con la elaboración de las siguientes matrices que están clasificadas según su ciclo de producción.

5.1 Clasificación de las matrices según su finalidad

5.1.1 Matriz de pruebas

La matriz de pruebas es un utillaje construido de forma sencilla y provisional que nos permite emular un proceso de trabajo real. Se utiliza para el ensayo y posterior conocimiento del comportamiento de la chapa y también para comprobar el correcto funcionamiento de los componentes del útil. Suele construirse especialmente en procesos de doblado y embutición, para despejar dudas sobre el comportamiento del material a trabajar.

5.1.2 Matriz de prototipos

La matriz de prototipos es una matriz que se construye una vez aceptado el proyecto de fabricación. Este utillaje permite la fabricación de unas pocas piezas, con objeto de lanzar al mercado un producto en el menor tiempo posible. Mientras tanto, en el taller se fabrica la matriz definitiva, con la que se ejecutará la producción. Nosotros vamos a sustituir en nuestro proyecto esta matriz de prototipos por un modelo generado por ordenado.

5.1.3 Matriz de producción

La matriz de producción es el utillaje definitivo mediante el cual se lleva a cabo la fabricación del producto.

Veamos las matrices que podemos encontrarnos en función a sus características constructivas.

5.2 Clasificación de las matrices según sus características constructivas

5.2.1 Matriz de guía fija

Es un tipo de matriz utilizado para la producción de pequeñas y medianas series de piezas de geometría plana. En estas matrices, la placa que guía los punzones es solidaria a la parte fija del conjunto y el guiado del utillaje lo realizan los punzones por el ajuste del perímetro de su sección de corte. La construcción de estos utillajes resulta simple y barata, comparada con otros tipos de matrices, aunque únicamente se utilizan para el procesado de chapa plana.

Las matrices de guía fija no disponen de sistema de pisado de la chapa, con lo cual el material a trabajar se encuentra libre antes, durante y después del corte de la misma. Al no hallarse la chapa inmovilizada, no se garantiza la posición óptima necesaria para obtener un buen corte, por lo que las piezas matrizadas tienen menor precisión.

Hoy en día su construcción es menos económica, su bajo mantenimiento y el resultado final del producto amortiza con creces la diferencia de coste del utillaje.

A la vista de estos datos damos por descartada este tipo de matriz para nuestro proyecto.

5.2.2 Matriz con pisador o de guía flotante

Es una clase de matriz en la que la placa guía montada en la parte móvil del utillaje mediante un sistema elástico que permite el pisado de la chapa durante el proceso.

El hecho de inmovilizar la chapa durante la operación de corte ofrece mejores resultados, en cuanto a acabados en las aristas de la pieza y su planitud. Además, al dotar a los punzones de un guiado más preciso, disminuye notablemente el riesgo de rotura especialmente en aquellos cuya sección es mínima.

Las matrices de guía flotante no solo se utilizan en procesos de corte, sino que también tienen su aplicación en procedimientos de doblado y embutición de la chapa. Su construcción es algo más compleja que las marices de guía cerrada, por lo que su uso se limita a la producción de series medianas y grandes, o bien, cuando la geometría de la pieza requiera de una sujeción firme durante su proceso.

Este tipo de matrices suelen llevar también una placa de apoyo o sufridera bajo la placa matriz, especialmente cuando lleva casquillos de corte postizos u otros insertos.

Es una matriz que podemos considerar como una posible alternativa para nuestro proyecto.

5.2.3 Matriz coaxial o de doble efecto

Es una matriz que permite la ejecución íntegra de los diferentes detalles de una pieza, en un solo golpe de prensa y sobre un único eje de trabajo. Su estructura varía considerablemente respecto a otros tipos de matrices. Las matrices coaxiales son especialmente recomendadas para la producción de piezas de mucha exactitud de medida entre cortes.

Sus partes principales son el punzón y la matriz, los cuales, además de cumplir con su misión, trabajan simultáneamente de forma recíproca: el punzón actúa a la vez como matriz y viceversa.

Por su propia constitución y modo de funcionamiento, las matrices coaxiales requieren una mayor atención y rigurosidad en los trabajos de mantenimiento.

Estas matrices llevan siempre una placa de apoyo o sufridera bajo el casquillo de corte de la parte fija del utillaje.

Esta matriz no permite una automatización del proceso, por tanto, descartamos esta matriz para nuestro proyecto.

5.2.4 Matriz de corte fino o corte de precisión

Es un utillaje de diseño similar a las matrices de doble efecto, de ejecución más precisa y robusta, concebido para trabajar según una técnica cuya principal diferencia reside en el sistema de pisado de la chapa.

La placa pisadora o placa de precisión dotada de un dentado anular o resalte que, en el momento de pisar la chapa, produce un estampado alrededor del perímetro de corte. Esta incisión desplaza por expansión al material circundante contra los elementos de corte; de este modo, la pared del espesor del material queda laminada y sin sufrir desgarro alguno.

Mediante este método pueden obtenerse piezas cuyas tolerancias son del orden de unas 15 µm y la rugosidad en la superficie de corte de la pieza es menor a una micra.

Las matrices de corte fino trabajan en unas prensas especiales de acción múltiple y el espesor de la chapa a cortar suele oscilar entre 2 y 15 milímetros. Cuando se superan estos valores pueden surgir algunas complicaciones derivadas de las características mecánicas del material a trabajar.

Además de operaciones de corte y punzonado, las matrices de corte fino permiten obtener piezas con avellanados, recalcados, chaflanes, estampados, etc.

La geometría de nuestra pieza, en concreto el espesor, no se ajusta bien a las condiciones normales de funcionamiento de esta matriz, por lo tanto la descartamos.

5.2.5 Matriz de correderas o de carros

En ocasiones, se presentan piezas cuya geometría aconseja un orden determinado a la hora de efectuar las distintas operaciones de que consta su proceso. Así, algunos trabajos de corte o de conformado deben llevarse a cabo sobre piezas previamente cortadas, dobladas, emitidas, etc. Las matrices de correderas, cuando se habla de matrices de pequeño tamaño, o de los troqueles de carros, en el caso de matrices de tamaño medio y de matricería pesada, son un tipo de útiles concebidos para efectuar esta clase de trabajos. La matricería pesada o troquelería, especialmente la que se utiliza en el sector del automóvil, suele hacer uso frecuente de este tipo de matrices.

Estos utillajes constan de unas unidades de punzonado, carros o patines que se mueven mediante la acción de cuñas o levas que trabajan por deslizamiento o por basculación. En el extremo de estos elementos va montada la herramienta de matrizado, que trabaja simultáneamente con el resto de los punzones, solidarios a la parte móvil de la matriz, según el movimiento principal de la prensa. La recuperación de la posición inicial de las unidades de punzonado y de los carros se efectúa mediante cilindros de gas. En el caso de las matrices de patines o correderas, la recuperación suele llevarse a cabo mediante resortes helicoidales.

Las unidades de punzonado y los carros son unos elementos homologados que últimamente los fabricantes de normalizados comercializan con éxito, pues facilitan la ejecución del proyecto, la fabricación y el mantenimiento de los troqueles con importantes reducciones de tiempo.

Las unidades de punzonado y los carros normalizados se fabrican según diferentes diseños, de manera que permiten trabajar en distintos ángulos y posiciones sobre el utillaje en que se montan. De ese modo, es posible llevar a cabo operaciones de corte, punzonado, etc. Con una cierta inclinación respecto al plano de corte de la matriz, lo que aumenta económicamente las posibilidades de trabajo de estos elementos homologados.

A diferencia de los carros y de las unidades de punzonado, los patines son elementos que se proyectan y construyen como pieza única, siendo solamente válidos para un útil determinado. Generalmente, trabajan efectuando un movimiento perpendicular al movimiento de la parte móvil del utillaje y paralelo a su plano de corte.

En esta matriz nos encontramos también con el problema de la automatización, por lo que también la desaconsejamos para nuestro proyecto.

5.3 Clasificación de las matrices según sus ciclos de producción

5.3.1 Matrices de tipo simple

Son una clase de matrices que ejecutan una sola fase de todo u proceso productivo. La colocación de la chapa y el accionamiento de la prensa se hacen manualmente, aunque también puede hacerse de forma mecánica. La retirada de la pieza y el recorte del material, si lo hay, se efectúan del mismo modo. Cabe decidir que para completar el proceso hacen falta otras tantas matrices.

Debido a las necesidades de nuestra pieza, que necesitan varias operaciones, así como a nuestra filosofía de conseguir la máxima automatización del proceso posible descartemos este tipo de matrices. Además necesitaríamos construir varias de estas matrices.

5.3.2 Matrices progresivas

Es una clase de matrices concebidas para ejecutar y simultáneamente dos o más fases de un proceso de matrizado o incluso, el proceso completo. La fabricación de piezas mediante estas matrices se efectúa a partir de un fleje o tira de material continuo que, alimentado automáticamente, entra por un costado de la matriz.

La tira de material avanza por el interior de la matriz y, simultáneamente, golpe a golpe, van ejecutándose las distintas fases del proceso, saliendo por el costado opuesto el recorte sobrante del material. La distancia que hay entra las diferencias fases o estaciones de una matriz progresiva se llama paso y coincide exactamente con el avance de la chapa en cada golpe de prensa. Las piezas matrizadas y los recortes de chapa son evacuados por gravedad a través de unos agujeros practicados en la matriz.

El uso de este tipo de matrices es habitual en la producción de grandes series, pues, aunque su coste de construcción es muy elevado, permite economizar mucho tiempo y dinero. Para conseguir una rentabilidad máxima, las matrices progresivas trabajan en líneas de producción, verdaderos complejos automatizados, donde la intervención de mano de obra es mínima, cuando no inexistente.

Entre otros elementos, y aparte de la propia prensa y de la matriz, una línea automatizada de producción está dotada de: devanadora de material, enderezadora de chapa, alimentador, cizalla de retal, y en el caso de producción de grandes piezas, cintas transportadoras para desalojo de piezas de retales.

Hasta el momento, de las matrices vistas, es la que mejor se adapta a nuestras necesidades y la que nos permite conseguir nuestros objetivos en las mejores condiciones.

5.3.3 Matrices transferizadas

Las matrices transferizadas están formadas por un conjunto de varias matrices simples montadas en batería sobre una misma base, en la misma prensa. Y ordenadas según las fases de un proceso de matrizado. Al bajar el cabezal de la prensa, son ejecutadas simultáneamente las distintas fases de fabricación de la pieza. Cada matriz ejecutada la fase siguiente que le precede y así sucesivamente, hasta completar el proceso.

El material a transformar es un trozo de chapa llamado formato, y cuya geometría ha sido previamente calculada y cortada, para que, una vez procesada, sea capaz de adoptar la forma final de la pieza.

El formato es alimentado manual o automáticamente a la primera matriz y su transporte entre fases se lleva a cabo mediante utillajes mecánicos o unidades robotizadas.

Nos encontramos con la necesidad de fabricar varias matrices, con lo cual descartamos esta opción.

6 FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DEL TIPO DE MATRIZ

En primer lugar hacemos mención a los principales factores que vamos a considerar para elegir el tipo de matriz a construir. Son aquellos que nos permiten alcanzar nuestros objetivos de la forma más eficiente posible.

- Las propiedades mecánicas del material a transformar, pues cada material responderá de manera diferente a los esfuerzos que se apliquen. En nuestro caso el material a transformar va a ser acero laminado, por tanto tendremos en cuenta sus características concretas.
- La forma, el espesor y el tamaño de la pieza. En nuestro caso nuestra pieza puede inscribir en un perfil de 50 x 100mm aproximadamente y 0,5mm de espesor.
- Las tolerancias dimensionales y geométricas de la pieza. No todos los tipos de utillajes son capaces de ofrecer resultados con la misma precisión. Recurriremos al que nos permita obtener la calidad suficiente.
- El tipo de prensa y sus características funcionales. Tras los cálculos del troquel veremos el tipo de prensa que necesitamos y si las que disponemos en el taller son adecuadas para el proceso.
- La producción a realizar, puesto que incide directamente en los cortes y también en los plazos de entrega.
- El presupuesto del utillaje, cuya amortización repercutirá en el precio final del producto.

Descripción y justificación de la decisión adoptada en cuanto al tipo de matriz

Una vez que hemos visto en líneas generales los principales tipos de matrices que podemos encontrarnos en el mercado, podemos seleccionar aquella que se adapta mejor a nuestras necesidades.

Valorando todo lo anterior, elegimos a la matriz progresiva pues a pesar de su elevado coste, esta matriz es la que mejor se adapta a nuestras necesidades y la que mejor nos permite cumplir con nuestros objetivos. Debido a su automatización máxima con la mínima intervención de operarios y su producción rápida y continua de gran número de piezas. Además, nos permite realizar todas las operaciones que necesitamos en la pieza de una sola vez y con una sola matriz. Los costes de fabricación y los plazos de entrega pueden llegar a quedar reducidos hasta en un 50% de los valores presupuestados, si las matrices han sido diseñadas y construidas adecuadamente. Este tipo de matrices son habituales en la producción de grandes series de piezas.

7. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE MATRIZ PROGRESIVA

Decidido ya el tipo de matriz por el cual nos decantamos para la fabricación, veamos una descripción general de este tipo de matrices y sus objetivos para poder comprender, mejor su funcionamiento y características.

Vamos a realizar una introducción general a las matrices progresivas, así como a describir los conceptos básicos de su funcionamiento y las características más significativas de sus componentes. Podremos ver así que posibilidades nos ofrecen. La singularidad de su diseño y construcción hacen de las matrices progresivas uno de los medios más rápidos y económicos para la producción de piezas matrizadas en chapa.

Las matrices progresivas son construida básicamente pasa la producción de piezas de pequeño y mediano tamaño con la finalidad de que sean fabricadas a imagen y semejanza de cómo se harían en dos, tres, o más útiles, pero en este caso agrupadas en un solo bloque. En el caso de fabricación mediante matriz progresiva, la pieza siempre deberá permanecer unida a la tira de chapa hasta que ésta llega a la última estación o paso donde necesariamente deberá ser cortada.

Trabajando de ésta forma, permite que cada vez que baje la prensa, la matriz realice una nueva deformación en la pieza y cada vez que sube, la tira avance un nuevo paso a la espera de la siguiente transformación.

Para la producción de grandes series de piezas, muchas veces es necesario construir matrices especiales capaces de realizar producciones de una forma rápida y económica, transformando la chapa de una forma progresiva y continuada hasta dejar la pieza totalmente terminada. Se entiende por transformación progresiva la serie de operaciones sucesivas que realiza una matriz para transformar una chapa plana, una tira, o una cinta, en un objeto o pieza geométrica propia.

Un trabajos o transformación progresivo realizado con una matriz, comprende un mínimo de dos fases o pasos, en los cuales pueden hacerse todo tipo de deformaciones de la chapa, como por ejemplo: cortar, doblar, etc. Con la única limitación real del espacio disponible que existía en la matriz de acuerdo a sus medidas.

La capacidad productiva en éste tipo de matrices y en piezas de pequeño tamaño puede llegar a ser de hasta 1600 golpes por minuto. Ello obliga a realizar un diseño muy esmerado y meticuloso además de una construcción precisa y de calidad garantizando un buen acabado de las piezas fabricadas y la durabilidad de las mismas.

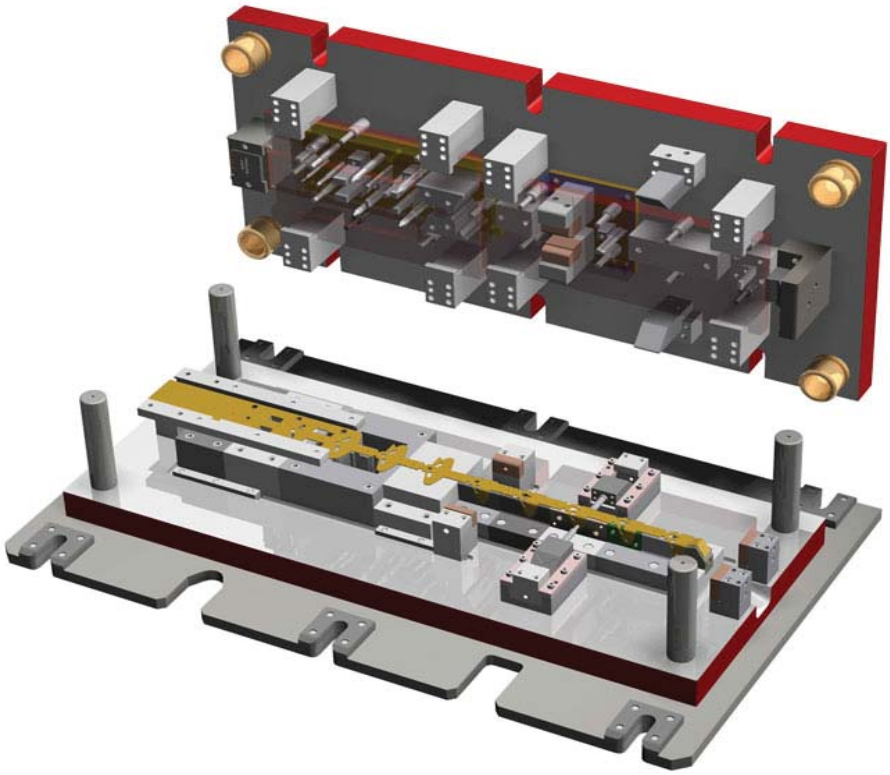


Figura 2. Ejemplo de una matriz progresiva.

7.1 Objetivo de las matrices progresivas

Conociendo la filosofía que se encuentra en ellas podremos aplicarlas mejor y aprovechar sus cualidades en nuestro proyecto. La principal finalidad de las matrices progresivas es la fabricación de grandes producciones de piezas de chapa, sustituyendo de forma eficaz y rápida la construcción de varias matrices manuales y abaratando de ésta forma el coste final de las piezas.

Considerando que para fabricar una pieza de chapa de gran consumo, como por ejemplo un terminal eléctrico, son necesarias como mínimo de 6 a 10 transformaciones y un número similar de matrices de tipo manual o simple, es comprensible el gran ahorro de tiempo y dinero que puede representar el fabricarlos con una matriz progresiva de 15 a 20 pasos aunque a realizar sea ligeramente mayor.

El procedimiento de trabajo con matrices mixtas o progresivas puede parecer complicado si se lo compara con otros sistemas de producción menos automáticos, como por ejemplo las matrices manuales. Todo ello viene derivado de la complejidad que implica llevar a cabo la transformación de las piezas mientras que éstas permanecen unidas a la banda durante su camino por el interior de la matriz.

Las características básicas, propias de las matrices progresivas, nos indican que se trata de matrices con un diseño muy elaborado además de una construcción muy precisa que deben permitir la transformación de las piezas de una forma rápida y fiable.

La razón fundamental para construir una matriz progresiva es fabricar piezas en grandes cantidades eliminando la construcción de matrices manuales y la consiguiente mano de obra que ello implica. Las matrices mixtas o progresivas permiten fabricar piezas sin limitación de formas o perfiles siempre que dichas operaciones puedan hacerse mediante punzones con movimiento vertical, horizontal o inclinado, aunque las piezas tengan alguna de sus partes cortadas, dobladas, embutidas o cizalladas.

La base fundamental de la transformación está en mantener la chapa centrada y guiada a lo largo de toda la matriz al mismo tiempo que se recorta el perfil de la pieza y posteriormente se hacen los doblados, embutidos, etc hasta finalizar la pieza. En esta clase de matrices se parte de un fleje de chapa en forma de rollo o de bobina que se desplaza a través de la matriz mediante un avance o paso hecho de forma manual o automática, al mismo tiempo que se realizan las deformaciones necesarias hasta dejar la pieza acabada.

Una vez descritas en general las características de las matrices progresivas y sus objetivos, vamos a profundizar más en el tema y vamos a describir los tipos de matrices progresivas que podemos encontrarnos en el mercado y justificar posteriormente nuestra elección para el proyecto.

8. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCION DE NUESTRA MATRIZ PROGRESIVA

Vamos a explicar los factores más importantes que vamos a tener en cuenta a la hora de construir nuestra matriz progresiva para la elección de la pieza.

Dentro de las distintas posibilidades de las marices progresivas podemos optar por una construcción para producciones manuales, semiautomáticas o automáticas. En principio los objetivos de nuestro proyecto son construir un troquel que requiera la mínima intervención del operario.

Existen una serie de factores que deben valorarse si se desea mantener un buen equilibrio entre la calidad de la pieza, la calidad de la matriz y el coste de ambas. Siempre será necesario contar los mejores medios de producción y con buenos profesionales responsables en su manejo.

Los tres factores mencionados (pieza, matriz y precio) son en definitiva los que mejor debemos completar para que todo ello revierta en dar prestigio a la empresa y a los profesionales que trabajan en ella.

Los factores más importantes a la hora de elegir el tipo de matriz progresiva a construir provienen de la valoración de los siguientes datos:

- Definición del proceso de fabricación a realizar
- Número de piezas a fabricar
- Producciones horarias a obtener
- Nivel de calidad de las piezas
- Tamaño de la pieza
- Dificultad geométrica de la pieza, etc

En definitiva, lo que vamos a hacer después de analizar todos los datos indicados anteriormente, será diseñar el tipo de matriz más adecuada para dar los niveles de calidad exigidos dentro de los parámetros analizados.

A la hora de elegir el tipo de matriz progresiva más adecuada para la fabricación de las piezas, vamos a hacer una serie de consideraciones y análisis previos, con la finalidad de seguir un orden de prioridades que nos lleven a un diseño adecuado y a una construcción precisa de la matriz. Algunas de las valoraciones previas que hacemos sobre la pieza, nos indicará que construir una matriz progresiva es la solución más adecuada.

- Obtener la producción horaria necesaria
- Cubrir las entregas solicitadas por el cliente
- Amortizar el precio de la matriz en un plazo adecuado
- Realizar un ahorro contrastado respecto a otro sistema de producción
- Cubrir el coste de la pieza mediante el sistema de producción decidido
- Dar la calidad de pieza solicitada en el plano

Las matrices progresivas se clasifican según las operaciones que realizan

- Matrices progresivas de corte
- Matrices progresivas de cortar y doblar

- Matrices progresivas de cortar y embutir
- Matrices progresivas cambiadas. Éste tipo de matrices es un compendio de todas las descritas anteriormente, de tal forma que una sola matriz es capaz de realizar todo tipo de transformaciones hasta dejar las piezas acabadas.

En nuestro caso, dado que únicamente se tienen operaciones de corte y doblado para realizar la pieza se diseñará una matriz progresiva de cortar y doblar.

9. MATRIZ PROGRESIVA DE DOBLAR Y CORTAR

En casi todos los casos las matrices de doblar también llevan elementos cortantes que necesariamente deben perfilar la pieza antes de ser doblada. De ésta forma se reduce además de la dificultad propia de la operación de corte, habrá que añadir la de doblado y los factores que a ello se deriven.

En las operaciones de doblado hechas con matriz progresiva deberemos poner especial atención en los siguientes puntos:

- Centrar la banda mediante punzones piloto en cada estación o paso
- Prever un paso en vacío cuando existan doblados conflictivos
- Realizar los cortes y doblados en placas separadas
- Los doblados deberán tener salida para desplazarse posteriormente
- Cuidar que las fuerzas de doblado estén repartidas en la matriz
- Impedir el movimiento de la pieza durante su doblado
- Siempre que se pueda, hacer los doblados en sentido favorable a las fibras del material
- Tener siempre en cuenta el factor de retorno del material
- Evitar los radios de doblado inferiores al espesor de la chapa

Es importante que la construcción de la matriz se haga de forma que las zonas de corte y doblado sean independientes entre sí y de fácil construcción, de manera que la rotura o mantenimiento de alguna de ellas no afecte la otra.

Las partes de la pieza que vayan dobladas, nunca deben presentar ralladuras o laminaciones en su superficie, ya que equivaldría a un adelgazamiento en el espesor de la chapa o un estiramiento excesivo del material, que daría lugar a piezas con un desarrollo erróneo en las partes dobladas. Para evitarla deben estar cuidadosamente rectificadas y pulidas impidiendo así el gripado de su superficie, por las partículas de material que quedan adheridas.

No obstante, hay que tener en cuenta que:

1. El comportamiento de distintos materiales frente a un mismo doblado nunca es igual
2. Los doblados con radios inferiores al espesor de chapa pueden presentar grietas
3. En estos casos, el material se adelgaza entre un 10% y un 20% en la zona doblada

10. CLASIFICACIÓN DE LAS MATRICES DE PRODUCCIÓN EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Las matrices progresivas están divididas en

- Matriz de producción manual
- Matriz de producción semiautomática
- Matriz de producción automática

Haciendo una comparación entre los tres tipos de producción anteriores, veremos que las mayores diferencias existentes están relacionadas con la cantidad de piezas a fabricar pero muy poco con el proyecto o construcción de la matriz. En cualquier caso, a continuación analizaremos con más detalle cada una de las ventajas e desventajas que presentan los tres casos mencionados anteriormente.

10.1 Progresivas para trabajos manuales

Dentro del grupo de éste tipo de matrices, se incluyen aquellas que muestran u proceso de transformación de la pieza totalmente progresivo, pero con la salvedad de que el avance de la tira de chapa es realizado de forma manual por un operario.

Dicho operario se encarga de hacer avanzar la tira de chapa entre uno o más topes dispuestos en la matriz cada vez que la prensa realiza un ciclo de trabajo.

La reflexión a la que podemos llegar con este tipo de alimentación es que se trata de un ciclo de trabajo con una cadencia poco elevada, dado que la producción alcanzada dependerá únicamente de la rapidez con la que el operario haga avanzar la banda sobre la matriz y no de la capacidad de la prensa o la matriz.

Este sistema únicamente es aconsejable cuando no se disponen de otros medios de alimentación más automáticos o cuando las producciones sean realmente muy pequeñas. Así mismo, también se pueden presentar otros

problemas como los que enumeramos a continuación y que en ocasiones pueden tener difícil solución, por ejemplo:

- La imposibilidad de estirar de la tira de chapa cuando esta, una vez cortada la pieza no tenga salida por la parte final de la matriz
- La dificultad del operario para hacer avanzar el material a lo largo de la matriz desde una posición frontal a la misma
- La escasa capacidad productiva que se presenta en u sistema como éste
- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo

10.2 Progresivas para trabajos semiautomáticos

Dentro de éste grupo de matrices se engloban aquellas que, aun realizando la transformación de la chapa de manera progresiva, el avance de la misma se realiza con alimentador. Las tiras de chapa para la fabricación de las piezas tienen una longitud inicial de entre 3 y 6 metros en vez de ser bobinas de mayor longitud, si bien éste último dato depende más del peso y no tanto de las medidas del material.

- Este proceso de producción da a entender que, aun siendo más rápido que en las matrices progresías manuales, también presenta algunos problemas como los que enumeramos a continuación:
- Paros de producción a cada cambio de tira de chapa
- Perdidas de piezas fabricadas por metro lineal de chapa, al no aprovechar en su totalidad. Las últimas piezas de cada tira, puesto que ya hemos perdido la referencia de la cuchilla de paso que se encuentra a la entrada de la matriz
- Los riesgos de seguridad que comporta el hecho de que el operario tenga acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo.

10.3 Progresivas automáticas

Dentro de los tres tipos de producciones empleados en matrices progresivas, es evidente que éste último, es el que reúne las mayores ventajas a la hora de conseguir la máxima producción en el mínimo tiempo posible.

En este caso el avance de la chapa en la matriz se realiza de manera totalmente automática por medio de un alimentador y partiendo de rollos o bobinas de gran longitud y cuyo diámetro interior o exterior deben estar de acuerdo a las medidas que tenga la devanadora encargada de desenrollar el material. Es evidente que, siempre que se pueda trabajar con un sistema de

alimentación automático, las ventajas serán mucho mayores que con cualquier otro. Veamos algunas de las ventajas que podemos obtener con éste sistema:

- Mínimos paros de producción por cambios de bobina
- Aprovechamiento del material en toda su longitud
- Ausencia de riesgos laborales para el operario al no tener la necesidad de acceder a la matriz durante el ciclo de trabajo
- Mayor tiempo productivo de la máquina
- Mayor disponibilidad del operario para trabajar con dos o más máquinas

Descripción y justificación de la solución adoptada en cuanto al tipo de matriz progresiva adoptada

Las matrices alimentadas automáticamente son las que reúnen un mayor número de ventajas y las que nos permiten conseguir nuestros objetivos en las mejores condiciones. Con ellas conseguimos la máxima producción en el menor tiempo posible, el avance de la chapa es totalmente automático, el aprovechamiento del material es en toda su longitud y hay mínimos riesgos laborales para el trabajador puesto que no tiene que acceder a la matriz durante el ciclo de trabajo. Con todo esto podemos reducir el precio final de la pieza. Este es el proceso que vamos a emplear en nuestro proyecto.

La matriz progresiva para trabajos manuales queda fuertemente desaconsejada dado que choca frontalmente con nuestra filosofía de proyecto de máxima automatización y es poco rentable económicamente.

En cuanto a las matrices para trabajos alimentados semiautomáticamente los paros de producción que se producen al alimentar la chapa en tiras de cierta longitud, así como la cantidad de material desaprovechado por metro lineal de chapa en los finales de estas tiras y por supuesto el riesgo que comporta para el operario tener acceso a la matriz durante el ciclo de trabajo, hacen que tampoco aconsejemos este proceso.

11. ELEMENTOS DE LAS MATRICES PROGRESIVAS

Ya hemos decidido en líneas generales el tipo de matriz que vamos a emplear, entramos ahora en las características particulares de cada uno de sus elementos.

Todos los componentes o características que analizaremos a continuación van unidos a éste tipo de matrices, (Centradores, placas, matrices, punzones, elevadores, detectores,…) pero también hay otros que están relacionados con la transformación de la chapa o con la evacuación de las piezas y reales que merecen nuestra atención.

De todos los puntos mencionados, haremos una exposición detallada con el fin de ver como las matrices progresivas tienen una serie de funciones que van ligadas a su construcción y garantizan la elevada producción de piezas que deben realizar.

A diferencia de otras matrices, las progresivas deben cumplir con unos requisitos que garantice la producción de una forma rápida, segura y fiable. Por todo ello, se deduce que para conseguirlo, debe estar diseñada y construida con una serie de mecanismos y condiciones de trabajo que permitan producir piezas de calidad con un coste asequible, y la máxima fiabilidad de funcionamiento, esto último es una de nuestras principales preocupaciones al diseñar.

En líneas generales, las matrices progresivas requieren ser construidas con una gran precisión para que su funcionamiento sea de total fiabilidad y éste exento de paros de producción. Estos paros de producción deben ser evitados a toda costa dado el perjuicio económico que suponen.

Un aspecto importante que debemos tener en cuenta al diseñar es que debemos tener precaución con no tener en cuenta o infravalorar ciertos aspectos de funcionamiento de la matriz que en un principio pueden no merecer nuestra atención por creer que son de poca importancia y pensar que podrán solucionarse posteriormente.

En realidad, estaríamos cometiendo un grave error, puesto que los problemas que no se solucionan en un primer momento a nivel proyecto, difícilmente encontraran una buena solución posteriormente, en todo caso, si se encuentra, probablemente será costosa, difícil y no del todo buena.

A continuación enumeramos alguno de los detalles constructivos más importantes que vamos a tener en cuenta desde el inicio del proyecto de la matriz:

- Referenciar un avance correcto mediante cuchilla de paso u otro sistema que cumpla la misma finalidad
- Centrar la tira de chapa en cada paso mediante buzones pilotos
- Detectar los errores de avance mediante finales de carrera
- Permitir el desplazamiento correcto de la banda mediante elevadores.
- Realizar los semi-cortes de un perfil sin que se solapen entre sí
- Asegurar la evacuación de piezas y retales mediante rampas u otros elementos.
- Hacer los cálculos (fuerzas de corte, extracción, desarrollos…) durante el proyecto.

Los puntos enumerados son detalles constructivos de la matriz que tienen como finalidad asegurar su durabilidad y funcionamiento con el mínimo de

dificultades propias del trabajo se desarrollan. Uno de los grandes problemas para algunos talleres es eliminar o reducir la gran cantidad de horas que les lleva la puesta a punto de algunas matrices. Sin duda alguna, todas las matrices requieren un tiempo de pruebas prudencial, pero en muchas ocasiones la improvisación con que se diseña y construye la matriz genera que dichos tiempos sean muy superiores al normal.

12. DISEÑO DEL TROQUEL PROGRESIVO

Todos los elementos constructivos que forman la matriz tienen que diseñarse para que cumplan con el trabajo que deben realizar.
Los materiales empleados para fabricar dichas piezas, así como los tratamientos térmicos y los acabados, son aspectos muy importantes a tener en cuenta que deben tratarse con atención si de verdad queremos obtener los mejores rendimientos a lo largo de la vida del utillaje. También hay que dedicar una atención especial a los distintos elementos normalizados que con más frecuencia se utilizan en la construcción de las matrices.
Los objetivos prioritarios de todos los componentes de la matriz son:

1. Hacer que su funcionamiento sea correcto.

2. Que la durabilidad sea adecuada.

3. Que las piezas fabricadas sean de calidad.

Para que se cumplan estos objetivos hay que cumplir con:
Buen diseño de la matriz

Buena construcción

Buenos materiales de construcción

Buenos tratamientos térmicos

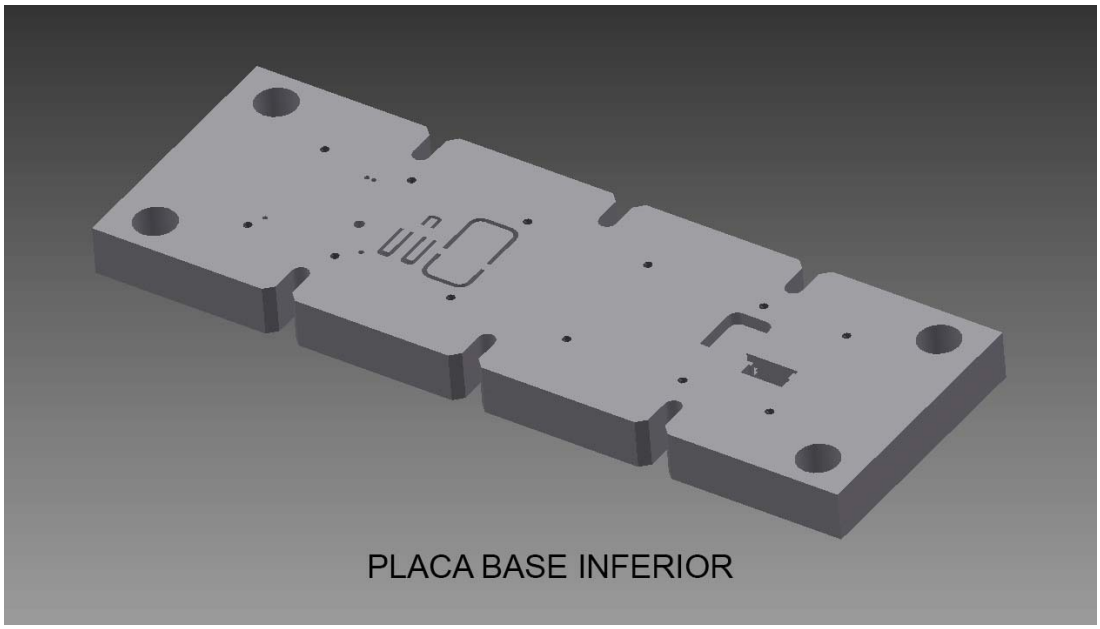
Buen mantenimiento

La matriz se compone de dos partes principales: una fija, que se sujeta a la mesa de la prensa, y la otra móvil, solidaria con el cabezal de la máquina.

La parte móvil de la matriz se desplaza 13,5 mm hasta que la placa pisadora pisa la banda de chapa y después se desplaza 12 mm más, comprimiéndose los muelles entre la placa guiapunzones y la placa portapunzones, para realizar el proceso de corte y doblado de la chapa. Después, la parte móvil vuelve a su posición inicial para acabar un ciclo y empezar otro.

En los siguientes apartados se describen todos los elementos de la matriz progresiva. Para ver las dimensiones de cada elemento véase su respectivo plano en el documento *Planos.*

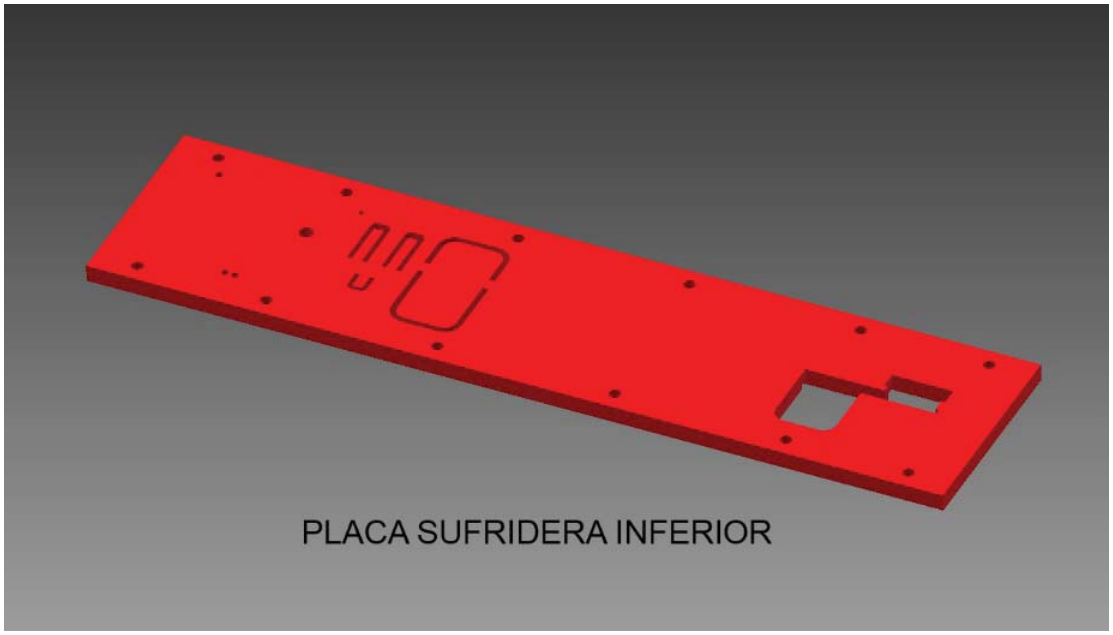
12.1 PLACA BASE INFERIOR



PLACA BASE INFERIOR

La placa base inferior tiene la misión de soportar el utillaje, apoyarlo sobre la mesa de la prensa y absorber los esfuerzos que se producen sobre la matriz durante el proceso de trabajo.
La placa base inferior es de acero F-1120 (W. Nr. 1.0402) y tiene unas medidas de 900x300x57. Ya tiene realizados los agujeros de las 4 columnas que irán clavadas en la placa. Sobre esta placa se tienen que mecanizar los perímetros de corte sobredimensionados de los punzones, ya que es por donde caerán los recortes de material sobrante.
Se tendrán que realizar 6 agujeros roscados para que 12 tornillos M10 DIN 912 unan las guías de banda, la placa matriz, sufridera inferior y la placa base inferior.

12.2 PLACA SUFRIDERA INFERIOR



La placa sufridera inferior, como se ha mencionado anteriormente, es una placa que se interpone entre la placa base inferior y la placa portamatrices. El objetivo es que esta placa sufridera sea donde se asienten las matrices y absorba el esfuerzo producido por los punzones que realizan el doblado.

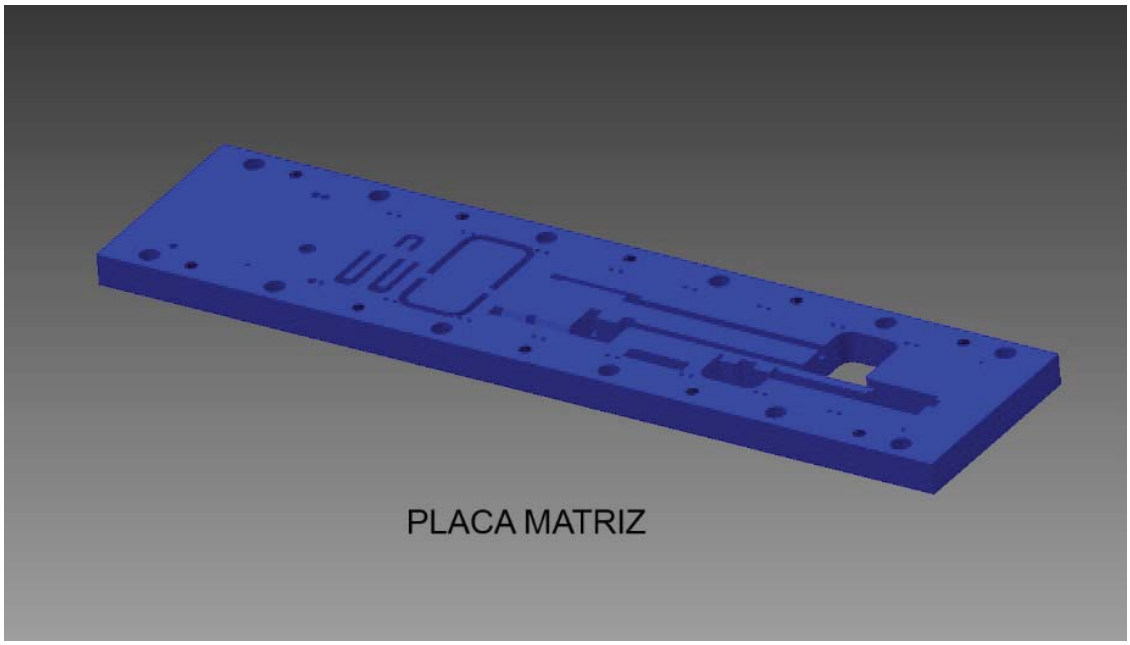
Está fabricada en acero 1.2379

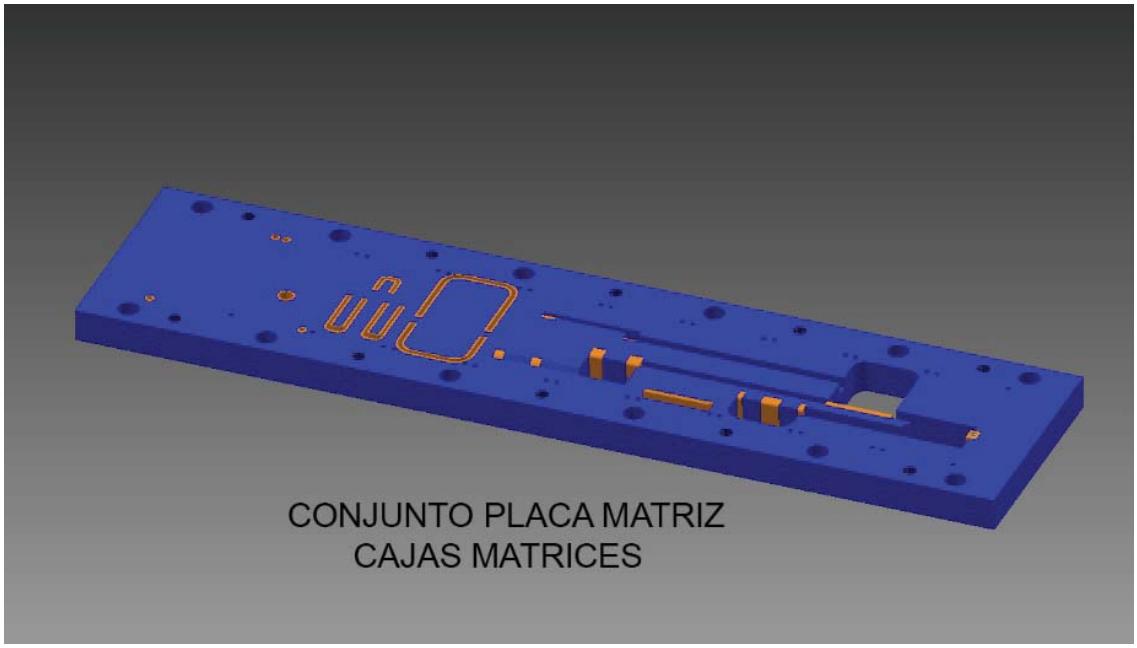
La placa portamatrices se fija mediante los tornillos que van desde la placa matriz hasta la placa base inferior, queda fijada al estar en medio de ambas.

El mecanizado deberá realizarse planeando y escuadrando las caras, taladrando y mandrinando los agujeros, rectificado de caras y electroerosión donde proceda.

Ira tratada térmicamente.

12.3 PLACA MATRIZ

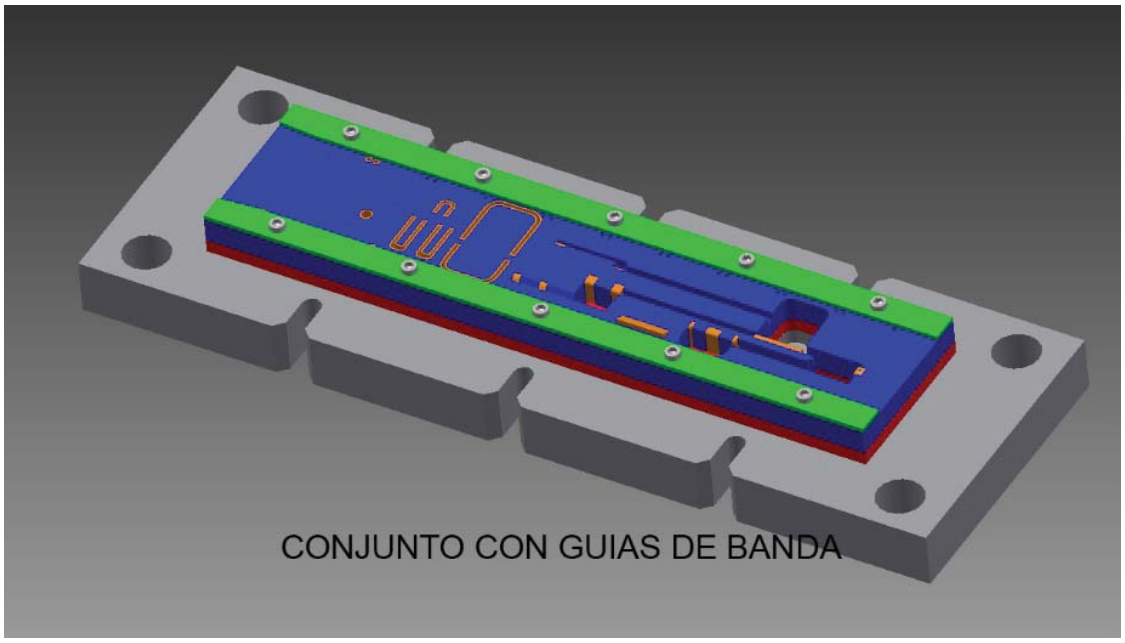




La placa matriz, junto con los punzones, es la parte más importante de un utillaje. Está provista de una serie de agujeros cuya forma y situación sobre la placa se corresponden con la de los punzones.
El plano superior de la placa viene a ser la parte activa de la matriz, por lo que siempre debe estar perfectamente rectificada y sin melladuras, pues de ello depende la fabricación de un producto en óptimas condiciones.
La placa matriz es de acero F-5220 (W. Nr. 1.2510) y tiene unas medidas de 700x170x25.

Se ha escogido un espesor de 25 mm porqué es el que más se acerca en las placas suministradas por empresas matriceras.
Se taladrarán 12 agujeros Ø16 para que pasen 12 tornillos DIN 912 y 10 agujeros Ø10 para 10 tornillos M10 DIN 912
Se tiene que rectificar el plano superior de la plana y las aristas formadas entre el plano superior de la placa y el perímetro de corte deben estar siempre perfectamente afiladas.
Los agujeros de los perímetros de corte tienen un ángulo de salida de 1º a partir de 6mm por debajo del plano superior de la placa, para que los recortes de material sobrante puedan caer.
Se ha de someter a la placa matriz a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga una dureza 60-62 HRc.

12.4 GUIAS DE BANDA

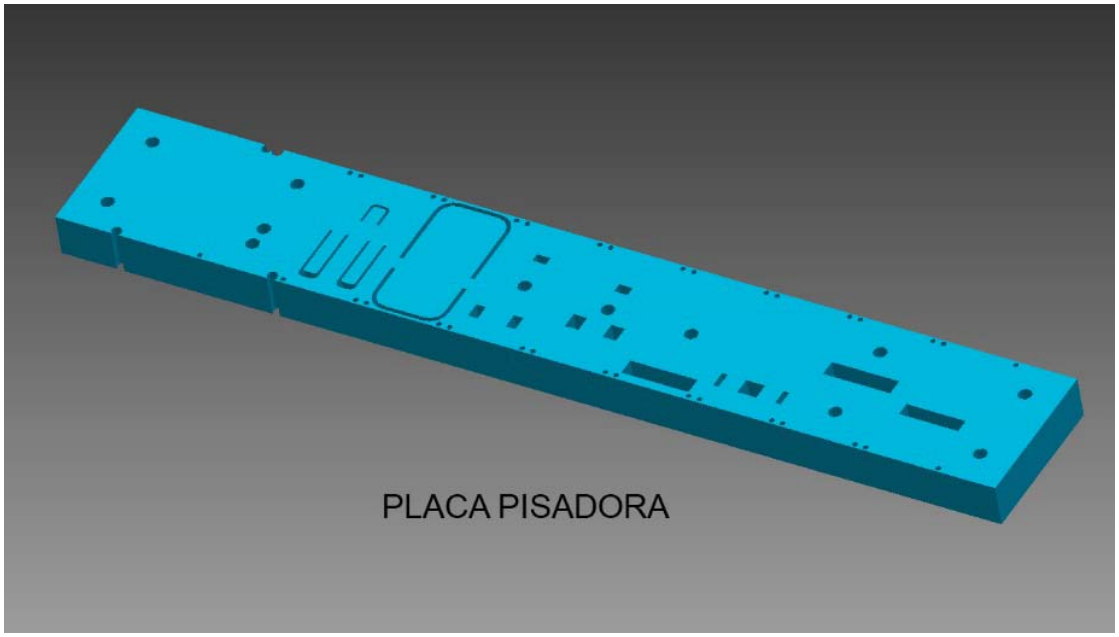


CONJUNTO CON GUIAS DE BANDA

Las guías de banda consisten en dos reglas prismáticas, cuyo espesor es superior al del fleje a matrizar. Estas reglas van enclavijadas paralelas entre sí con la finalidad de guiar longitudinal y transversalmente la tira de chapa en su desplazamiento por el interior de la matriz.
Las dos guías de banda son de acero F-1140 (W. Nr. 1.1730) y tienen unas medidas de 30x700x5.
Tienen un chaflán por el lado que entra la banda de chapa para facilitar la entrada de esta y, su perfil tiene la forma adecuada para que no pueda salirse el fleje de material.
En ambas guías se tienen que taladrar 5 agujeros Ø10 para ajustar 5 tornillos M10 Din 912

Se han de someter a las guías de banda a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga una dureza 48-50 HRc.

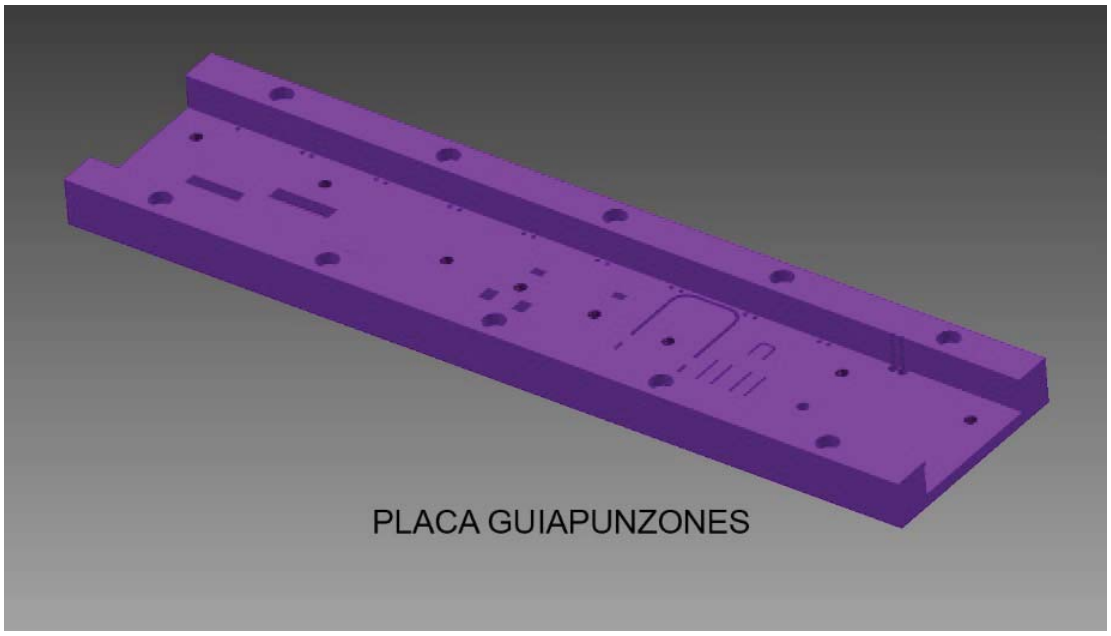
12.5 PLACA PISADORA



La placa pisadora tiene la función de guiar los punzones y facilitar la extracción de la chapa, así como la de mantener la chapa plana y sujeta durante su transformación. Con estas 3 premisas se evita el pandeo de los punzones y las ondulaciones de la banda de chapa. El pisado de la chapa se realiza gracias a los muelles situados entre la placa guiapunzones y la placa portapunzones. Al bajar la parte móvil del utillaje, la placa pisadora cede y sujeta la chapa mientras trabajan los punzones. En el instante en que el cabezal inicia su carrear de ascenso, la placa pisadora deja de hacer presión sobre la chapa, liberándola hasta que se produce el siguiente ciclo.
La placa pisadora es de acero F-1140 (W. Nr. 1.1730) y tiene unas medidas de 110x700x32.

Se tienen que mecanizar los perímetros de corte, setienen que realizar 10 agujeros roscados para 10 tornillos M10 DIN 912 que unen la placa pisadora con la placa guiapunzones.

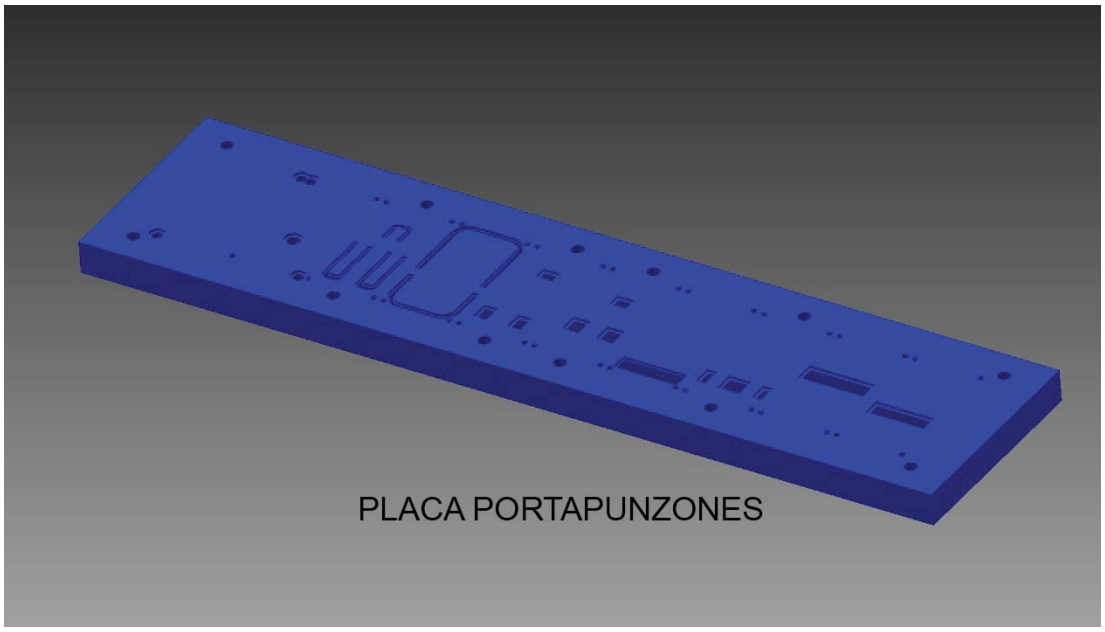
12.6 PLACA GUIAPUNZONES



La placa guiapunzones está guiada mediante casquillos y columnas y sirve de soporte a la placa pisadora y a los componentes del sistema elástico de pisado. También tiene la función de guiar los punzones durante su recorrido y evitar su pandeo.
La placa guiapunzones es de acero F-1120 (W. Nr. 1.0402) y tiene unas medidas de 700x170x37.

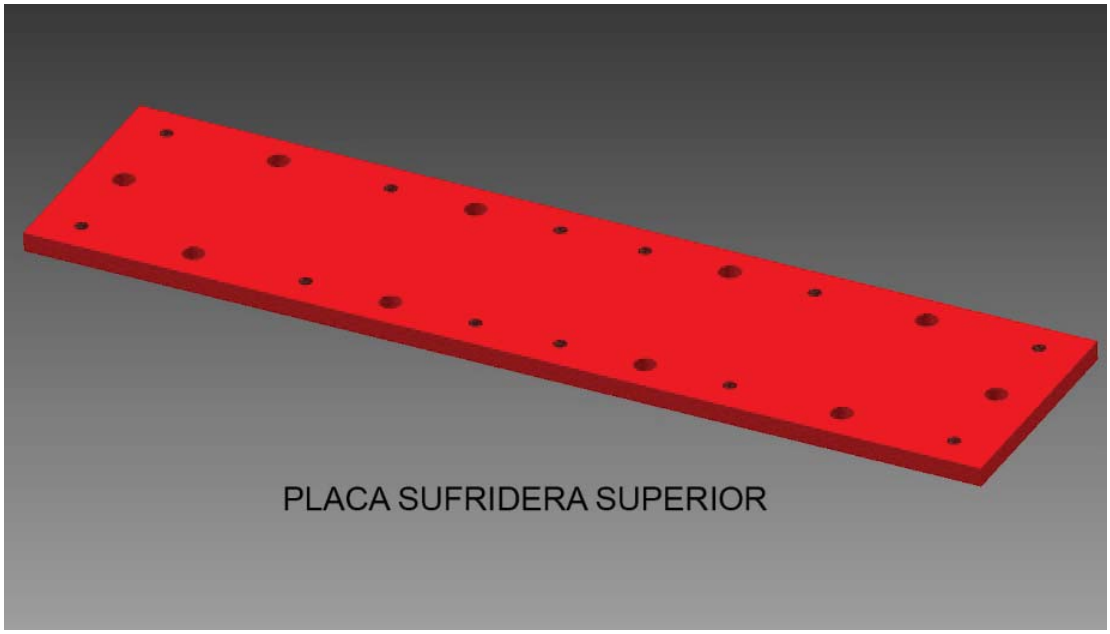
Se tienen que mecanizar los perímetros de corte, taladrar 4 agujeros Ø8 para ajustar 4 pasadores DIN 6325, taladrar 6 agujeros Ø8,5 y hueco para la cabeza de los 6 tornillos M8 DIN 912 que unen la placa pisadora con la placa guiapunzones y realizar 8 agujeros roscados M16 para los topes guía que guían los muelles.

12.7. PLACA PORTAPUNZONES



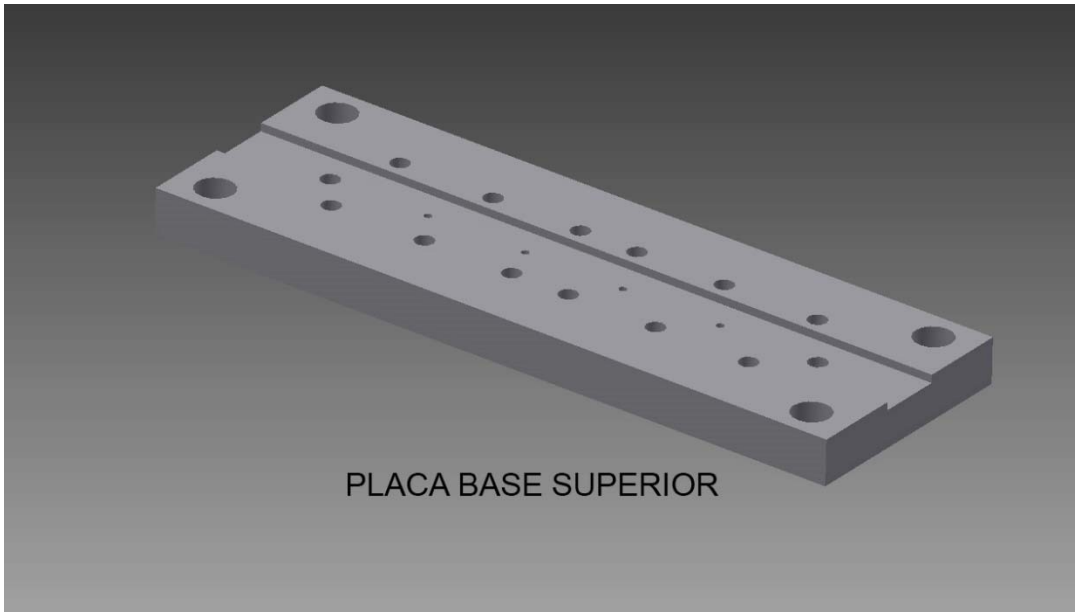
La placa portapunzones es el componente de la matriz que lleva alojados los punzones, de forma que estos se desplazan solidarios a la placa según el movimiento rectilíneo alternativo de trabajo que describe la máquina.
Existen diversos métodos de anclaje y posicionado de los punzones en la placa. Los principales condiconantes a tener en cuenta para adoptar uno u otro sistema hacen referencia al tamaño y la forma de los propios punzones, y a la práctica de un método que permita su rápido intercambio acortando tiempos improductivos.
La placa portapunzones es de acero F-1140 (W. Nr. 1.1730) y tiene unas medidas de 700x170x25.
Se recomienda que la placa portapunzones tenga un espesor de 1/3 de la longitud de los punzones, por lo que su espesor se ha considerado de 25mm.
Se han de mecanizar los huecos donde los punzones van alojados. De los 10 punzones que se colocarán en la placa portapunzones se fijarán mediante cabeza mecanizada todos.
Se tienen que taladrar 10 agujeros Ø16 para ajustar las cabezas de 10 tornillos M10 DIN 912 y luego diámetro 10 roscado.

12.8. PLACA SUFRIDERA SUPERIOR



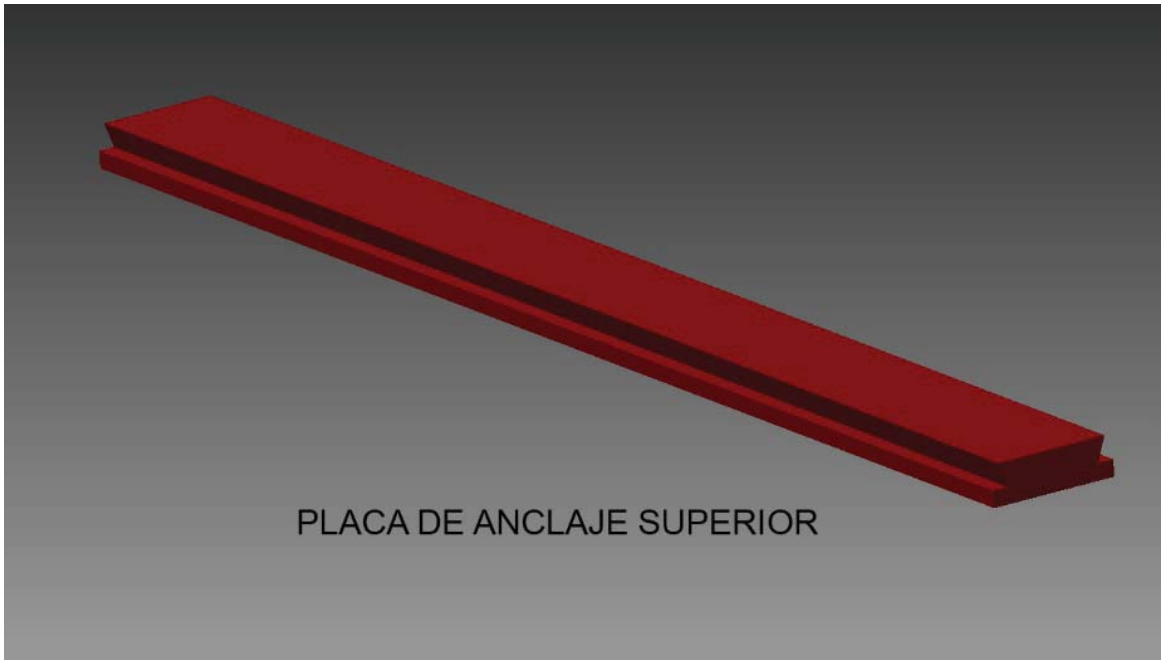
La placa sufridera se utiliza como apoyo para evitar el recalcado o clavado de los punzones en la placa base superior, absorbiendo sobre su superficie los sucesivos impactos que recibe de los elementos que golpean sobre ella. Estos impactos se producen cada vez que los punzones cortan o doblan la chapa.
La placa sufridera es de acero F-5220 (W. Nr. 1.2510) y tiene unas medidas de 700x170x14.
Se taladrarán 4 agujeros Ø10 para ajustar 4 tornillos M10 DIN que unen la placa portapunzones la placa sufridera y la placa base superior, y 14 agujeros Ø16 donde pasan los topes que guían los muelles.
Se ha de someter a la placa sufridera a un tratamiento térmico de temple y revenido para que obtenga una dureza 56-58 HRc.

12.9. PLACA BASE SUPERIOR



La placa base superior constituye el soporte sobre el cual van enclavijados mediante tornillos y pasadores, formando un único bloque, todos los elementos de la parte móvil del utillaje. Lleva un agujero roscado para sujetar el utillaje, mediante un vástago, al cabezal de la prensa.
La placa base superior es de acero F-1120 (W. Nr. 1.0402) y tiene unas medidas de 900x300x57. Ya tiene realizados los agujeros de los 4 casquillos con los que la placa será guiada a través de las columnas guía.
Se tienen que taladrar 4 agujeros Ø16,5 para meter la cabeza de 4 tornillos M10 DIN 912 con los que se sujetara la placa de anclaje, además de 14 agujeros de Ø24 pasantes para los tornillos de los muelles

12.10 PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR



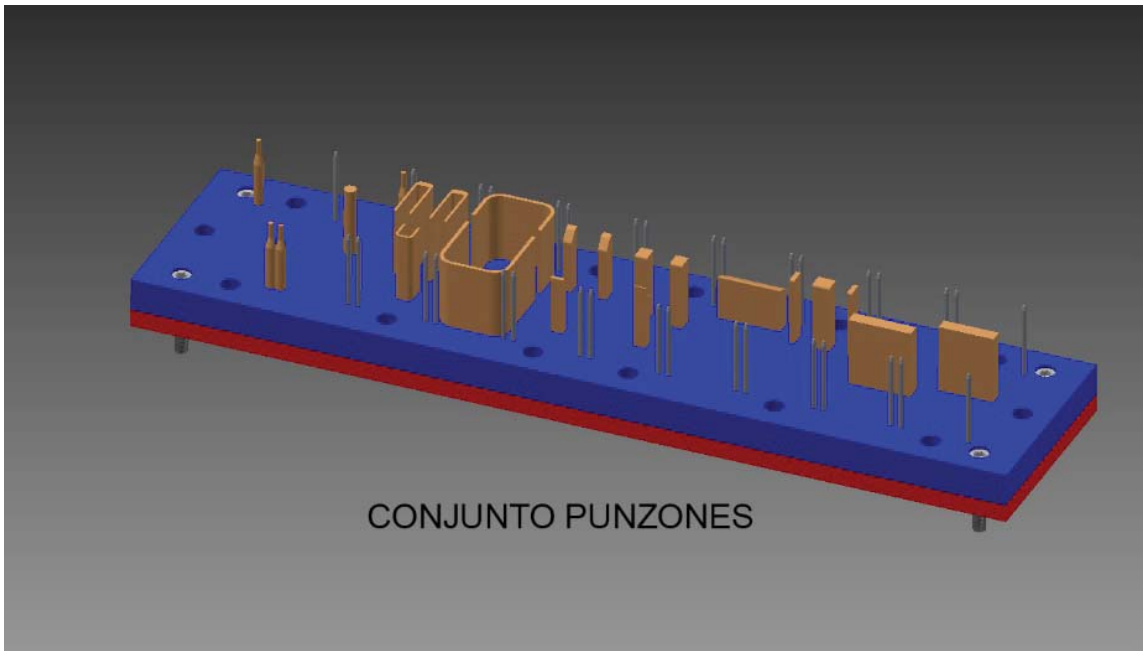
La placa de anclaje superior es el componente situado en la parte superior de la matriz que sirve para unir la parte móvil de la misma con la prensa.

Esta fabricada en acero F-114

La fijación de la placa de anclaje superior con la bancada de la prensa se realiza mediante la cola de milano. De esta manera conseguimos un mejor reparto de fuerza.
La placa de anclaje va unida a la placa base superior mediante 4 tornillos DIN 912 M10

12.11. PUNZONES

Los punzones son los principales elementos activos de un utillaje. Su misión consiste en cortar la chapa según la sección de su plano de trabajo, que, generalmente se corresponde con la figura o forma que se desea obtener.
Para lograr el trabajo óptimo de los punzones, es preciso que sus extremos estén perfectamente afilados, sin melladuras ni cantos romos.
En la matriz diseñada hay 20 punzones distintos, 11 de corte y 9 de doblado.
Todos los punzones, a excepción del punzón de posicionamiento, son de acero F-5220 (W. Nr. 1.2510), tienen una longitud de 80mm los de corte mientras que los de doblado varía ligeramente y tienen un tratamiento térmico de temple y revenido para obtener una dureza 62-64 HRc.



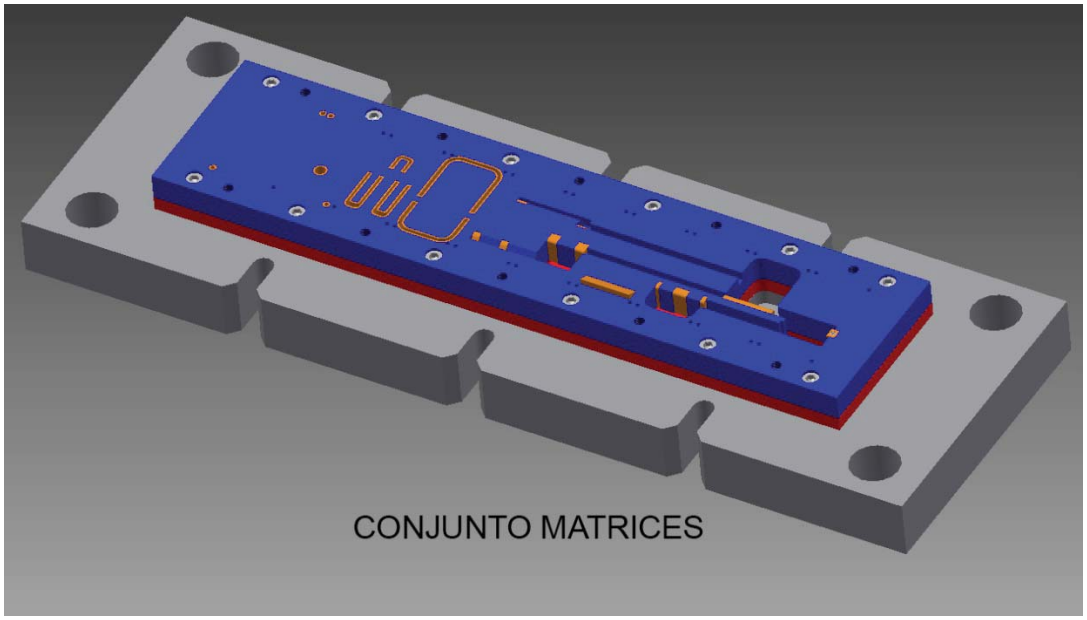
En el dibujo podemos ver los distintos punzones de corte y doblado pintados de dorado mientras que los grises son los pilotos centradores.

12.12 CAJAS MATRICES

Las cajas matrices son pequeñas matrices en forma de casquillos cilíndricos templados y rectificados que se incrustan en la placa portamatrices, reciben el nombre de postizos. Se emplean para facilitar la construcción y reparación de los puntos débiles de la placa portamatrices, evitando así el elevado gaste de material que supondría cambiar la placa entera.

Las cajas matrices están fabricadas en acero 1.2379.

Se fijan a la matriz desde abajo por ajuste.



En el dibujo se aprecian las matrices en dorado.

13. NORMALIZADOS PARA MATRICERÍA:

A pesar de la aplicación de procedimientos de mecanizado por CNC, los procesos de construcción de matrices para trabajos de conformado de la chapa se basan en métodos de fabricación de pieza única. Sin embargo, algunos de los elementos que forman parte de los utillajes son comunes a la mayoría de ellos.

La homologación y la fabricación en serie de estos componentes tiene importantes ventajas que repercuten de manera muy favorable en el desarrollo de las distintas fases de un proceso productivo. De ese modo, las ingenierías y las oficinas técnicas pueden contar desde el inicio de un proyecto con estos elementos normalizados. La mayoría de firmas que se dedican a comercializarlos distribuyen catálogos en soporte informático entre sus clientes, que incluyen características, prestaciones y librerías con planos de piezas en 2D y también en 3D.

Para los talleres de construcción de matrices, la utilización de estos normalizados representan una simplificación en cuanto a disponibilidad y almacenaje de las herramientas de trabajo, con su consiguiente ahorro económico, puesto que ya no se requieren herramientas especiales para la ejecución de ciertas operaciones comunes. Además, la especialización de los fabricantes de normalizado permite obtención de productos de mayor precisión y calidad, a menores precios y en plazos de entrega muy interesantes.

En cuanto al mantenimiento de los utillajes, el uso de elementos normalizados reduce significativamente los costes y minimiza de forma considerable los tiempos muertos de máquina, pudiéndose prever el aprovisionamiento de recambios cuando todavía está en funcionamiento la línea de producción.

Los elementos normalizados para matricería pueden ser clasificados según el cometido que desempeñan:

- Elementos de soporte
- Elementos de guía y deslizamiento
- Elementos de rodadura
- Elementos de fijación
- Elementos activos
- Elementos elásticos
- Elementos de sujeción
- Elementos de transporte

14. VENTAJAS DE LA NORMALIZACIÓN

Podemos decir que siempre que nos sea posible y podamos encontrar en el mercado los elementos que necesitamos de acuerdo con nuestros objetivos, vamos a recurrir a normalizados.

Este método de trabajo de emplear elementos normalizados siempre que sea posible nos proporciona ventajas como, por ejemplo, que podemos contar con un amplio catálogo de productos con descripciones de sus características y prestaciones. Además la variedad y especialización de los proveedores nos permite conseguir un mejor producto a un precio menor y en plazos de entrega reducidos.

Además nos facilitan el mantenimiento, reduciendo los costes y tiempos muertos de la máquina.

15. ELEMENTOS DE FIJACIÓN.

15.1 Tornillos.

Los elementos de fijación que normalmente se utilizan en matricería son tornillos de rosca métrica de cabeza cilíndrica Allen, aunque en ocasiones, y por el mínimo esoesor de los elementos a sujetar, se utilizan también tornillos Allen de cabeza cilíndrica de altura reducida, o tornillos Allen de cabeza cónica.

15.2 Pasadores o clavijas.

Consisten en unas varillas o columnas cilíndricas, de acero templado y rectificado. Su misión es la de posicionar los distintos elementos sobre los que van montados, dentro de un agujero escariado y ajustados de presión. Los pasadores se fabrican en una gama de diámetros que van desde 1 a 20 mm, siendo los diámetros mayores para aplicación en troquelería.

Fundamentalmente, en matricería se utilizan dos tipos de pasadores. Los primeros, macizos, sirven para el posicionado de placas mediante agujeros pasantes, con lo cual pueden ser desmontaos fácilmente con la ayuda de un botador. Hay que vigilar, siempre que sea posible, que la extracción del pasador se efectúe en la dirección contraria a la de su fijación (el pasador debe ser extraído hacia el mismo lado por donde entró). Con esto se evita el desbocado del agujero.

La segunda clase de pasadores o clavijas se utilizan para el posicionamiento de piezas con agujeros ciegos o bien, para el posicionado de diversos elementos pesados de troquelería (en donde es muy engorroso el volteo de las herramientas). Estos pasadores llevan practicados un agujero roscado en un eje, cuya finalidad es la de poder extraer el pasador del alojamiento ciego.

Además, se le mecaniza un pequeño plano a lo largo de su superficie lateral, para favorecer la salida de aire enrarecido (con restos de aceite) que pudiera quedar en el agujero en el momento de su montaje. Gracias a una herramienta especial para su extracción es posible llevar a cabo esta operación sin dificultad ninguna.

El modo de operación es el siguiente: el extractor de clavijas está dotado de una tija con un adaptador cuyo extremo lleva una rosca, la misma que tenga el pasador, al cuál será enroscado. La empuñadura del extractor no es más que un casquillo deslizante sobre la tija mediante el cual el operario golpeará, con un movimiento bruco y hacia arriba, la cabeza del extractor. Algunos golpes repetidos de la empuñadora sobre la cabeza del extractor conseguirán, finalmente, la extracción de la clavija.

15.3 Tornillos limitadores

Son unos tornillos fabricados de acero tratado y rectificados que se utilizan como guía de los elementos elásticos (resortes helicoidales) de las matrices con pisador. A la vez, cuando la matriz está abierta, son los elementos responsables de mantener la parte móvil del utillaje formando un solo bloque. En caso de faltar estos tornillos, la placa base superior y la placa portapunzones se separarían de la placa pisadora, desmontándose dicho bloque en piezas sueltas.

15.4 Casquillos de corte

Al igual que los punzones, los casquillos de corte homologados se fabrican en una amplia gama de formas y medidas, siendo los casquillos de perímetros de corte circular los más utilizados. Los sistemas de fijación a la placa son los mismos que se utilizan para los punzones.

A parte de los casquillos de corte convencionales, existe en el mercado un modelo de casquillo de corte cuya peculiaridad de construcción impide la salida hacia arriba de pipas o retales durante la extracción del punzón. El sistema se basa en la disposición de unos nervios o aristas practicadas en el interior de la vida de la matriz. Estos rayados, en disposición inclinada o helicoidal, son similares a los que se practican en el alma de los cañones de algunas armas. La expansión del material hacia las paredes de la matriz, en el momento del corte, impedirá la salida de las pipas hacia el plano de corte de la herramienta (el sistema tiene sus limitaciones y no es garantizable en juegos de punzón y matriz cuya holgura o franquicia de corte exceda un 10% del espesor de la chapa).

16. DEFECTOS EN PIEZAS MATRIZADAS

El diseñador de piezas de chapa o de matrices en su trabajo habitual debe tener muy presentes estos defectos para poder asegurar la fabricación correcta de las piezas diseñadas.

Hay varios caminos que pueden conducir al objetivo deseado, pero hemos de tener en cuenta que no es posible abarcar a priori todas las dificultades que puedan aparecer.

Vamos a mostrar algunos de los defectos más comunes que suelen aparecer en las piezas de chapa después de ser matrizadas. Los defectos se clasifican en cuatro grandes grupos diferenciados entre sí según el proceso en que se originen. Como nuestro proyecto abarca el corte y doblado, nos centraremos en los defectos que se producen en este tipo de procesos.

16.1 Análisis de defectos

Antes de comentar los defectos que se producen en las operaciones de matrizado, se debe tener en cuenta que las chapas, generalmente obtenidas por la laminación en frío, tengan un espesor regular y una superficie muy pulida, además de una constancia en sus propiedades físicas y mecánicas.

Las operaciones a las que se somete la chapa metálica, principalmente la embutición, requiere que posea cualidades de homogeneidad, finura de grano, manejabilidad y superficie pulida.

16.2 Defectos en proceso de corte y punzonado

16.2.1 Proceso de corte

Los procesos de conformado de chapa en general, y en particular el proceso de punzonado, suele asociarse con procesos mecánicos relativamente simples de reducida aportación tecnológica y escaso valor añadido. Sin embargo, la realidad es muy diferente ya que estos procesos, al igual que otros procesos de tipo mecánico, están fuertemente influenciados por factores muy diversos relacionados con la máquina, las herramientas, el material y características geométricas de la pieza o el propio entorno del proceso.

El punzonado es una operación de corte de chapa soláminas, generalmente enfrío, mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: elp unzón y la matriz.

La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando una deformación inical en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura del material por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada. En general, la mayoría de los estudios efectuados sobre la mecánica del proceso de deformación plástica y corte, tienen como finalidad analizar los defectos que se presentan en el borde de las piezas punzonadas. Los primeros resultados de los estudios sobre los mecanismos de corte en punzonado se producen a comienzos de la década de

los cincuenta. Hoy en día, los estudias se centran en la obtención de modelos matemáticos que junto con el método de los elementos finitos permitan el cálculo de las fuerzas, determinar calidad del borde de la pieza y la simulación del proceso.

El corte es una operación que generalmente se realiza en frio mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: el punzón y la matriz. La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a este a penetrar en la chapa, creando una deformación inicial en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura de material por programación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada.

En general, la mayoría de los estudios efectuados sobre la mecánica del proceso de deformación plástica y corte, tienen como finalidad analizar los defectos que se presentan en el borde de las piezas cortadas.

Los primeros resultados de los estudios sobre los mecanismos de corte en punzonado se producen a comienzos de la década de los cincuenta. Hoy en día, los estudios se centran en la obtención de modelos matemáticos que junto con el método de los elementos finitos permite el cálculo de las fuerzas, determinar la calidad del borde de la pieza y la simulación del proceso.

16.2.2. Rebabas de corte

Considerando desde un punto de vista general, el juego o tolerancia de corte siempre estará relacionado con el espesor o resistencia de la chapa, es decir, la tolerancia de corte siempre será mayor para cortar chapa de 3 mm de espesor que para otra de 1mm (cuando ambas sean de las mismas características), de la misma forma, la tolerancia de corte será mayor para cortar la chapa de acero duro que para cortar chapa de aluminio.

Para obtener un buen acabado en las piezas que se troquelan, entre otros factores, es necesario que el juego entre el punzón y la matriz sea el correcto y que estén perfectamente afilados los elementos cortantes, con ello se logra obtener piezas cuya sección cortada suele presentar una forma adecuada.

El extremo superior tiene un pequeño radio que depende del espesor, la dureza del material y el afilado del útil. La franja lisa siguiente es recta y pulida, su altura aproximada es de 1/3 del espesor, cuando la matriz tiene la holgura correcta y está afilada. Las 2/3 partes restantes d la sección se llama parte arrancada y forma un pequeño ángulo.

Se pueden observar en estas chapas cortadas los defectos de un juego entre punzón y matriz insuficiente, cuando el radio es menor y en la sección de la pieza se forma una doble banda lisa.

En otros casos se observan los efectos de un juego excesivo entre matriz y punzón, el radio es considerablemente mayor, la parte lisa es más estrecha, el ángulo de rotura es mayor y aparecen las rebabas. Cuando se trabaja con separación excesiva se requiere menos presión para efectuar el corte.

Tipos de rebabas

Las rebabas de corte pueden presentarse de 3 formas distintas y por 3 causas diferentes:

1. En un punto en l a zona de corte
2. En una zona del perímetro de corte
3. En todo el perímetro de corte

Causas

Si hacemos un análisis de las tres anomalías mencionadas anteriormente tendremos que:

- Si la rebaba es e un punto, la causa puede deberse a una rotura o desprendimiento en el punzón o matriz
- Si la rebaba es zonal, la causa puede deberse a una mala alineación (punzón o matriz) o bien por pandeo del elemento cortante.
- Si la rebaba es perimetral, la causa puede deberse al excesivo desgaste de los elementos cortantes (necesidad de afilado)

Defectos

Una incorrecta tolerancia de corte podría dar como resultado los siguientes defectos:

- Rebabas en la pieza
- Arranques de material
- Desgaste excesivo de la matriz y punzón
- Medidas incorrectas en las piezas
- Perfil poco definido

Causas

Aun habiendo aplicado correctamente la tolerancia de corte, es necesario tener en cuenta que existen una serie de causas que podrían sar lugar a un corte defectuoso de las piezas, por ejemplo.

- Materiales o tratamientos defectuosos
- Montaje incorrecto de la matriz
- Ajustes inadecuados en la matriz
- Técnicas de construcción deficientes o inadecuadas
- Mantenimiento inapropiado

- Chapa de mala calidad

Soluciones

- Afilado de los elementos cortantes
- Reajuste de las tolerancias de corte
- Materiales y tratamientos a mejorar
- Revisar l mantenimiento de la matriz

16.2.3 Marcas por retales

Este es uno de los problemas más comunes que aparecen en casi todas las piezas matrizadas. Su origen es debido a algunas causas simples pero que pueden generar verdaderos problemas de calidad.

Causas

- Las causas más probables que ocasionan esta anomalía acostumbran a ser varias:
- Deficiente evacuación de los retales.
- Exceso de lubricante de corte.
- Lubricante inapropiado.
- Insuficiente entrada de los punzones en la matriz.
- Excesiva tolerancia entre punzón y matriz.
- Excesiva conicidad en la caída de retales.

En todos los casos anteriores se produce la misma situación; el retal no es evacuado correctamente y éste sube a la superficie de la matriz, quedando atrapado entre la banda y la propia placa. Esto hace que en el siguiente ciclo de trabajo la propia fuerza del pisador o la cercanía del retal a cualquier otro punzón generen la marca sobre la chapa. Como es lógico, estas marcas sobre la chapa acostumbran a variar de posición igual que los retales sobre la propia placa matriz

Soluciones

- Montar extractores en los punzones.
- Rectificar los elementos cortantes.
- Reducir la tolerancia de corte.
- Dar forma de cizalla a la cara cortante del punzón.
- Aumentar la entrada del punzón en la matriz.

16.2.4 Marcas por rotura de punzones

Dos de las razones más habituales por las que se construyen las matrices progresivas son:

- Aumentar la capacidad de producción.
- Abaratar el coste de las piezas.

Todo ello nos lleva a pensar que en ocasiones las matrices se construyen para fabricar 2, 3 o más piezas por golpe, con lo cual el número de punzones necesarios para su transformación es directamente proporcional al número de piezas que deseamos obtener.

Así pues, los riesgos de roturas de dichos elementos también son proporcionales a su número. Teniendo en cuenta que las matrices progresivas trabajan a un elevado número de golpes por minuto, comprenderemos que la rotura de algún punzón genera deficiencias de calidad en las piezas fabricadas.

De todas estas razones comentadas, entenderemos que el problema de rotura de punzones requiere una atención especial y la necesidad de buscar soluciones para eliminarlo.

Causas

- Falta de dimensionado de los punzones.
- Deficiente caída de retales.
- Diseño inadecuado de la herramienta.
- Tolerancias de corte inadecuadas.
- Materiales y tratamientos no apropiados.
- Desgaste excesivo de los elementos de corte.
- Falta de rectificado.

Soluciones

- Mejorar el diseño.
- Dimensionar los elementos de más riesgo.
- Verificar la tolerancia de corte.
- Mejorar los materiales y tratamientos.

16.3 Defectos en proceso de doblado

El doblado es la operación de formación que permite obtener una pieza de forma desarrollable, partiendo de una pieza plana.

16.3.1 Análisis de defectos

Al realizar curvados agudos, aparecen deformaciones en el borde de doblado que, a veces, pueden aceptarse, pero que muy a menudo no son admisibles. Esto es válido sobre todo en bisagras y piezas curvadas de este tipo que, una vez montadas, han de ser guiadas lateralmente y, por tanto, deben presentar también en la zona de doblado un canto limpio y en ángulo recto. La deformación del borde de curvado aparece solamente cuando se curvan chapas gruesas con un radio r pequeño. El material que se encuentra en la parte interior de la esquina de curvado y se recalca y comprime, con lo que las partículas de la estructura tienen tendencia a desviarse lateralmente hacia los cantos. El ancho de la cinta curvada sufre un notable incremento, con lo que el ancho total en esta zona pasa a ser mayor.

Las fibras exteriores de la sección que se curva sufren un alargamiento, el cual no sólo da lugar a un debilitamiento del espesor, sino, además, a una contracción del ancho inicial el cual pasa a ser menor puesto que el material se ve obligado a fluir desde el exterior hacia el interior.

Las fibras no son rectas, sino que tienen forma de S, y los esfuerzos de expansión P, dirigidos hacia fuera en la parte interior de la esquina de doblado, con juntamente con los esfuerzos de contracción P adirigidos hacia dentro en la parte exterior de la misma esquina, producen un abombado lateral en el canto, de manera paecida a como ocurre en virtud de la contracción transversal que surge la probeta con la que se efectúa el ensayo de rotura. Teóricamente, con un desdoblado sencillo, la pieza doblada podría ser llevada a la forma plana original. No habría, pues, desplazamiento molecular. Todo lo contrario de lo que sucedería con un doblado mucho más agudo y complejo.

16.3.2 Adelgazamiento del material en doblados

16.3.3 Doblado sobre un ángulo vivo

Si no hubiera ningún desplazamiento molecular en el material, éste debería romperse para permitir el doblado. Observar la figura (a). En la realidad, sin embargo, se comprueba que existe verdaderamente un desplazamiento molecular, el que está limitado, aproximadamente, a la zona situada a la derecha y por encima de la recta BC, según la figura (b).Este desplazamiento molecular se traduce en una disminución del espesor (en ciertos casos hasta un 50%) ,provocando una acritud del metal y llegando a su rotura.

16.3.4 Doblado sobre ángulo redondeado

En forma similar al caso anterior, el desplazamiento molecular está limitado ahora por la recta AF, de la figura (c). La parte afectada por este desplazamiento molecular será tanto más importante cuanto mayor sea el radio. La disminución del espesor (figurac) es ahora: menor de

- 20% si R = e

- menor de 5% si R = 5e, no aumentando tanto, en consecuencia, la acritud en el metal.

R = radio interior de doblado = espesor del material

Conclusiones:

El doblado sobre ángulo vivo debe rechazarse.

Se debe adoptar preferentemente, como radio mínimo, R = e (e = espesor del material).

En caso que nada se oponga a ello, adoptar R = 5e.

Si la forma de la pieza requiere un radio muy pequeño, habrá que asegurarse que en virtud de ello no se va ya a originar una rotura.

16.3.5 Dilatación en el doblado

Al realizar un doblado, las fibras que han sido desplazadas en el sentido longitudinal, ejercen una acción lateral, provocando deformaciones. Así pues, en el ángulo interior del doblado, la compresión de las fibras provoca un desplazamiento de las mismas hacia fuera del ancho primitivo que se denomina dilatación lateral (figuras d).

En cambio, en la parte más exterior del mismo doblado, el estirado de las fibras provocan una contracción.

El valor de la citada dilatación lateral (g) viene dado por la fórmula:

0,4 eg =r

g = dilatación en mm

e = espesor de la chapa en mm

r = radio del doblado en mm

Será necesario tener en cuenta esta dilatación cuando la pieza deba ser guiada, en el montaje, sobre su parte doblada.

16.3.6 Elasticidad de las chapas en los doblados

Las características de las chapas en general, muestran que antes de alcanzar la zona de las deformaciones permanentes, un metal se deforma

elásticamente. Una de formación es elástica si desaparece cuando el esfuerzo aplicado sobre el metal queda suprimido y es permanente cuando sucede lo contrario.

Esta «elasticidad» del metal, que depende de sus características, deberá ser compensada, corrigiendo o modificando los radios o ángulos de doblado.

Cuando se efectúa el doblado, deberá por lo tanto sobrepasarse el valor del ángulo que hay que obtener. El diagrama indica las correcciones de ángulo y de radio realizar en función del espesor y de la naturaleza del material.

$r1 = k\left(r + \frac{e}{2}\right) - \frac{e}{2}$ α1=kα . k

r1= radio que hay que dar a la herramienta

R = radio que hay que obtener

A = ángulo que hay que obtener

α1 = ángulo que hay que dar a la herramienta

17. MANTENIMIENTO DE TROQUELES

La experiencia acumulada en el mantenimiento de troqueles, sugiere que uno de los sistemas más efectivos para llevar a cabo este mantenimiento consiste en hacer un control riguroso y detallado por medio de fichas de trabajo donde se anoten todas las incidencias acontecidas a lo largo de la vida de la matriz.

La finalidad de esto, es disponer en todo momento de la información relativa al qué, cómo, cuándo y dónde de todo lo que se ha cambiado o modificado a la matriz. Para poder sacar conclusiones, es necesario que todo lo que se modifique o cambie quede registrado en la ficha con el fin de que todas las personas de mantenimiento conozcan el estado real del utillaje.

La base principal para eliminar o reducir los problemas a lo largo de la vida de la matriz, es tenerlos controlados e identificados. Si esto se consigue de una forma fácil, rápida y fiable, el objetivo principal se habrá visto totalmente cumplido y las soluciones estarán mucho más a nuestro alcance a través del conocimiento de los problemas sucedidos anteriormente.

La normalización de las fichas de mantenimiento, nos ayudarán a dar y recibir información escrita, para buscar y aplicar soluciones a los problemas que de una forma repetitiva se produzcan en el utillaje. En ocasiones, la transmisión de ciertas pautas de trabajo a cumplir dentro de las empresas se interpretan de

forma distinta por las personas que las reciben o por la que las transmiten. Esto puede dar origen a equívocos o confusiones que generan pérdidas de tiempo y problemas.

Para evitarlo, describiremos algunos sistemas que pueden ayudar en el seguimiento de las anomalías detectadas, antes, durante y después del mantenimiento de la matriz. Vamos a analizar y comprender alguhas de las características más importantes que deben tenerse en cuenta para la realización de un buen mantenimiento de troqueles.

Pruebas de troquel

Antes de entrar directamente en las explicaciones relativas al mantenimiento de los troqueles, vamos a hablar de otros dos puntos muy importantes que lo preceden, que son las pruebas y la producción.

Cualquier troquel por sencillo que parezca encierra una gran posibilidad de generar problemas que son directamente proporcionales al número y a la dificultad de las transformaciones que realiza.

Es conveniente tener en cuenta que todas y cada una de las transformaciones que se hacen con una matriz son susceptibles de sufrir cambios o modificaciones en sus medidas si no se pone un cuidado especial en la forma en que se realizan.

Una solución mal aplicada a un problema concreto puede generar otros mucho más importantes a corto plazo que ocasionaran paros de producción y en definitiva costes económicos elevados.

Siendo conocedores de algunos de los puntos más críticos de la matriz, donde se pueden generar problemas, lo más prudente y seguro será confiar las pruebas de la misma a una persona experta y meticulosa capaz de hacerlas con rigurosidad.

Sirvan como ejemplo algunas de las cosas que deben hacerse durante las pruebas de una matriz:

- Preparar la matriz, la prensa y la materia prima con tiempo suficiente para hacer las pruebas.
- Disponer del plano de la pieza, además del útil de control o muestra comparativa.
- Disponer de los medios necesarios para cambiar o modificar los parámetros de máquina.
- Verificar la materia prima antes de las pruebas (espesor, calidad, dureza, anchura, etc.).

- Hacer siempre las pruebas de forma que trabaje toda la matriz y no solo una parte.
- Anotar los resultados obtenidos y analizarlos después de finalizar las pruebas.
- Tener especial cuidado en que las condiciones de trabajo durante las pruebas sean las mismas que las de la producción posterior.

Troqueles en producción

Transformar una tira de chapa metálica en una serie de Piezas mediante un troquel, significa que éste debe estar perfectamente estudiado y construido para que nos proporcione una producción adecuada con el mínimo coste de mantenimiento.

Los problemas que se presentan durante la producción pueden ser variados en función de las causas que los originen, para evitarlos, la solución deberá aplicarse teniendo en cuenta algunos de los factores siguientes:

- Tamaño de la pieza a obtener.
- Grado de precisión requerido.
- Características del material a transformar.
- Calidad y precisión de la matriz.
- Número de piezas a producir.
- Mantenimiento a pie de máquina.

La pieza a obtener, por su forma y tamaño ejerce una influencia muy destacada sobre el ritmo de producción marcado a todo el proceso. Hay que tener en cuenta que dependiendo del tamaño y la forma de la pieza, la matriz y la prensa necesitarán de un tamaño y potencia adecuada que garantice una correcta producción en el mínimo de paros.

La precisión de las medidas y tolerancias solicitadas a la pieza, es otro de los factores que nos indica la capacidad productiva que puede alcanzar la matriz, condicionada como es lógico, por un diseño y una construcción apropiada de todos sus componentes.

Las características del material a transformar (aluminio, acero, hierro, cobre, etc.) nos puede condicionar notablemente el ciclo productivo, de tal forma que el mantenimiento de la matriz para una producción con material dúctil y de baja resistencia nos permita cortar el doble de piezas que con otro más duro y de mayor resistencia.

La calidad en la construcción de la matriz, condicionada por el presupuesto inicial ofertado al cliente, puede ser uno de los puntos más críticos a la hora de condicionar una buena producción en las matrices progresivas. Nunca sería de desear que éste fuera uno de los condicionantes de la calidad y cantidad de

piezas fabricadas, el resultado económico a nivel de mantenimiento muy pronto sería visible por la gran inversión de horas y materiales que generaría el tener que nivelar la balanza de la calidad y la cantidad de piezas producidas.

Si el número de piezas a producir por lote es elevado, (> 100.000 unidades) se hace necesario aplicar los medios y sistemas más rápidos de producción que se dispongan como por ejemplo: dispositivos de alimentación automáticos, cortes múltiples de piezas, prensas de alta velocidad, etc.

El mantenimiento general de las matrices es una de las operaciones más importantes de la herramienta si queremos alargar su vida y reducir los paros de producción.

En el caso de que ésta operación no se realice o se realice incorrectamente, todos los cálculos en la vida de la matriz se verán desbordados negativamente, con lo que la calidad del producto se pondrá en peligro y los gastos crecerán de forma alarmante.

Realizar un buen mantenimiento, significa hacerlo de forma preventiva, tomando como referencia las incidencias que se hayan producido durante las fabricaciones anteriores y las que se puedan producir en el futuro.

La ficha o formulario que deben tener todos los utillajes nos ha de servir como ayuda para anotar en ella las incidencias que hayan sucedido así como cuando se han producido.

Existe un serio peligro de degradación de la matriz si el mantenimiento no se realiza de forma adecuada. Pensemos que la producción horaria de muchas de ellas puede alcanzar ciclos de más de 1.000 golpes por minuto.

Es lógico pensar, que el más mínimo fallo o error en las condiciones de trabajo de la matriz generará paros de máquina y afectará a la calidad de las piezas fabricadas.

Sirvan como ejemplo algunas de las cosas que deben hacerse durante el mantenimiento de las matrices:

- Hacer revisión completa de toda la matriz y no solo de la parte afectada por el problema.
- Rectificar o cambiar todos los punzones y no solo aquellos que creamos más desgastados.
- Todos los punzones de corte deben estar a la misma altura, (excepto casos necesarios).
- Todos los resortes deben trabajar en las mismas condiciones, (altura, diámetro y durabilidad).
- Eliminar los gruesos o suplementos sin identificar en todos los punzones y matrices.

- Después de un paro por avería grave, hacer pruebas de matriz antes de entrar en producción.
- Tener especial cuidado en que las condiciones de trabajo después del mantenimiento sean las mismas que las anteriores.
- Tener recambios de los elementos con mayor riesgo de desgaste o rotura.

El personal que toma a su cargo el mantenimiento de las matrices, debe hacerse responsable de la precisión con que han sido construidas y los sistemas especiales de que disponga además de todos los dispositivos de precisión que lleve montados.

En líneas generales, el mantenimiento debe ser programado y cuidado, destacando los tres elementos esenciales para obtener un buen resultado en todo su conjunto:

- Personal preparado.
- Máquinas adecuadas.
- Utillaje bien diseñado.

El personal debe ser consciente de la capacidad que tiene el troquel y de la función que realizan todos los elementos que lo componen. La máquina debe presentar las mejores condiciones de rigidez, solidez y exactitud de rectificado.

- Tengamos en cuenta lo siguiente:
- Un mantenimiento inadecuado es un mantenimiento inútil.
- Un mantenimiento inútil es un mantenimiento no rentable.
- Un mantenimiento no rentable es un mantenimiento inaceptable.

El mantenimiento preventivo de las matrices tiene por objeto asegurar y mantener en todo momento la capacidad de producción de la herramienta, independientemente de su antigüedad. Dicho mantenimiento lleva implícito el asegurar la calidad de las piezas que fabrique el utillaje.

Un buen mantenimiento preventivo ha de asegurar la detección y reparación de todos y cada uno de los problemas o anomalías que a corto plazo puedan producirse en el utillaje. Para asegurarlo hay que poner especial atención en revisar y sustituir si fuese necesario, todos aquellos componentes de la matriz que por su desgaste o deterioro pudieran perjudicar las próximas fabricaciones.

Es conveniente que durante el mantenimiento preventivo y como medida de seguridad se revisen algunos de los siguientes elementos de la matriz:

- Elementos móviles como por ejemplo: El desgaste o juego entre columnas y casquillos guías, carros o cuñas guía, elevadores y extractores, punzones y placa pisador, etc.

- El desgaste de todos y cada uno de los punzones de corte.
- El afilado y vida de las matrices cortantes.
- El desgaste o posible gripado de los punzones de doblar o embutir.
- Las tolerancias entre punzones y matrices de doblar o embutir.
- El estado de fatiga en que se encuentren los resortes.
- El desgaste y medida de los punzones piloto o centradores.
- La no existencia de golpes o marcas sobre la superficie de figuras.
- La correcta medida de topes de paso o !imitadores de carrera.
- El correcto funcionamiento de los elementos de seguridad o finales de carrera.
- Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección cree los suyos propios, con el fin de adaptarlos a las características de sus matrices.

Mantenimiento de choque

Denominamos mantenimiento de choque a todas las soluciones prácticas (más o menos temporales) que se aplican a la matriz con el fin de reducir o minimizar los tiempos de paros durante la producción.

Dadas las especiales circunstancias en que se realiza este tipo de mantenimiento, (a pie de máquina y casi siempre con la máxima urgencia) los profesionales que lo realizan han de tener muy en cuenta que lo más importante en estos casos no es la revisión completa de toda la matriz, sino reparar el elemento causante del problema y conseguir que la producción no se pare más tiempo del estrictamente necesario.

Reparar el componente o componentes de la matriz de forma rápida y a pie de máquina no es tarea fácil ni sencilla, como no sea una persona con una buena experiencia en troquelería. A diferencia del mantenimiento preventivo, el de choque ha de ser más rápido pero tan eficaz como el anterior.

Para poder realizar un buen mantenimiento de choque también es muy importante que la matriz haya sido diseñada con unos criterios muy prácticos, de forma que el operario pueda tener acceso a todos los componentes de la matriz sin necesidad de desmontarla en su totalidad.

Sabemos que esto no siempre es posible, puesto que el diseño de la matriz está condicionado por otros factores como su tamaño o producción a realizar, de forma que su mantenimiento se verá más dificultado en estas circunstancias.

Con el fin de facilitar y agilizar el mantenimiento de choque a pie de máquina, siempre es muy aconsejable tener en cuenta, algunos de los siguientes puntos:

- Diseño de matriz de fácil mantenimiento.

- Facilidad de acceso a todos los componentes.
- Recambios de todos los elementos de fácil rotura o desgaste.
- Montaje de punzones y casquillos de cambio rápido.
- Disponer de los medios necesarios para el mantenimiento.
- Conocer en profundidad la herramienta antes de repararla.
- Operarios con experiencia y profesionalidad.

Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección marque los suyos propios, en función de las características de las matrices y de los medios de que disponga para su reparación.

Componentes a revisar en las matrices

Durante el mantenimiento preventivo o general que se realice en las matrices, existen una serie de componentes que deben ser revisados con más atención si cabe que el resto.

Algunos de ellos, como por ejemplo los punzones o matrices, han de ser cuidadosamente revisados con el fin de controlar su grado de desgaste, el afilado de sus cantos, o bien detectar las fisuras o roturas que pudieran aparecer en su superficie.

Sin embargo, otros elementos de la matriz, como por ejemplo las bases o sufrideras requerirán un grado de control mucho menor puestp que su desgaste o posibilidades de rotura son notablemente menores.

Sirvan como ejemplo, algunos de los siguientes puntos que han de tenerse en cuenta durante la revisión del mantenimiento de las matrices.

- Verificar el desgaste de punzones (corte, doblado, etc.)
- Comprobar la vida de casquillos o placas matrices.
- Revisar la tolerancia de ajuste entre punzones y placa guía.
- Verificar la tolerancia de corte entre punzones y matriz.
- Comprobar el correcto ajuste entre columnas y casquillos guía.
- Verificar la correcta altura de los punzones.
- Revisar gripados de elementos móviles (carros, guías, casquillos, etc.)
- Comprobar la fatiga o rotura de resortes.
- Comprobar el posible desgaste de los topes de paso.
- Verificar el desgaste de los centradores de banda.
- Revisar la altura y desgaste de punzones de grabar.
- Comprobar el funcionamiento de los elementos cambiados en la matriz.

Es conveniente, que además de los puntos descritos anteriormente, cada departamento o sección marque los suyos propios, en función de las características de las matrices y de los medios de que disponga para su reparación.

Causas de rotura o desgaste

Existen muchas y variadas causas por las cuales una matriz se degrada con más rapidez de la habitual. Algunas de estas causas, muy pocas, están directamente relacionadas con el material a transformar, otras muchas, lo están con la mala construcción, con la mala utilización o con el mal mantenimiento.

Causas de fallo en útiles de punzonado y conformado

Abrasión: Formación de marcas por penetración de partículas duras en la superficie del útil.

Adhesión: Soldadura en frío del útil con la pieza de trabajo.

Fatiga de superficie: Formación de fisuras en la superficie del útil debido a ciclos mecánicos alternativos.

Rotura del útil, deformación plástica: Fallo del útil a causa de sobrecarga.

Material a transformar

En algunas ocasiones, la resistencia al corte y el tipo de material a transformar está relacionada con el desgaste de la matriz y en consecuencia con la necesidad de realizar un mayor o menor mantenimiento.

Fallos de construcción

Los mecanismos de fallo más frecuentes en aplicaciones de troquelería, vienen dados por factores directamente relacionados con las propiedades de los materiales utilizados en su construcción. Todos estos mecanismos tienen su origen en las grandes fuerzas de choque o deslizamiento que se producen en las superficies de trabajo de la herramienta y el material a transformar.

El desgaste se produce siempre, en mayor o menor medida, en todas las operaciones de trabajo en frío de la chapa, aunque dependiendo de cada aplicación, condiciones y material de trabajo, uno o más mecanismos de fallo pueden presentarse al mismo tiempo.

Los mecanismos de fallo más habituales que se producen en los aceros de construcción para trabajos en frío son:

- Desgaste.
- Grietas y roturas.
- Desprendimientos.
- Melladuras.
- Deformaciones.
- Adherencia.

Todos estos mecanismos tienen su origen en fallos mecánicos de los que la mayoría, se producen debido a grandes fuerzas y contactos por roce o deslizamiento entre las superficies de trabajo de la propia herramienta y el material de transformación.

El desgaste

En mayor o menor medida, en todas las operaciones de trabajo en frío, se produce desgaste de los elementos del utillaje. No obstante, dependiendo de la aplicación, condiciones y materiales, uno o más de los mecanismos de fallo descritos anteriormente, pueden presentarse al mismo tiempo. En general los desgastes pueden presentarse de dos tipos, el abrasivo y el adhesivo.

El desgaste abrasivo

Este tipo de desgaste es el más predominante, cuando el material de transformación para la pieza es duro y contiene partículas como, óxidos o carburos.

Estas partículas duras erosionan la superficie del utillaje degradándolo progresivamente hasta que las condiciones de trabajo son inferiores a las mínimas necesarias.

Las propiedades más importantes con las que debe contar un acero para obtener una buena resistencia al desgaste abrasivo son:

- Alta tenacidad.
- Gran cantidad, dureza y tamaño de carburos.

El desgaste adhesivo

El origen del desgaste adhesivo es la aparición de micro soldaduras entre la superficie del utillaje y el material de transformación. El deslizamiento o

movimiento relativo entre el utillaje y el material de trabajo causará que estas micro soldaduras se vayan desprendiendo y pequeños fragmentos del material de la herramienta se desprendan de la superficie de ésta. Lógicamente, una pérdida continuada de material de éste modo, puede ocasionar un desgaste importante que degenere en la producción de piezas incorrectas.

Así mismo, los fragmentos que se desprenden, pueden quedar pegados al material de trabajo y aumentar el efecto de desgaste sobre la superficie del utillaje.

Un desgaste adhesivo continuado, podría desencadenar un fallo gradual en las superficies de trabajo, que inevitablemente llevaría a desprendimientos o melladuras e incluso a la rotura total.

El desgaste adhesivo aparece con materiales de trabajo blandos y adherentes como el aluminio, cobre, acero inoxidable y acero con bajo contenido en carbono.

También debe considerarse que no todos los materiales causan un desgaste totalmente abrasivo o adhesivo por separado. Algunos causarán un desgaste de los dos tipos al mismo tiempo y se denomina desgaste mixto.

Las propiedades más importantes que debe poseer un acero de construcción para obtener una buena resistencia al desgaste adhesivo son:

- Alta dureza
- Bajo coeficiente de fricción entre utillaje y material a transformar
- Alta ductilidad

Roturas

La rotura es el mecanismo de fallo que tiende a ocurrir de forma espontánea y normalmente significa que el utillaje o la pieza en cuestión deben ser sustituidos por uno nuevo.

La formación de grietas está muy influenciada entre otras cosas por la presencia de tensiones a causa de las marcas de herramientas por rectificado o fresado, mal diseño en las formas, aristas muy agudas o radios muy pequeños.

En ocasiones, también es causa de roturas, la capa de material con tensiones que aparece sobre la pieza después de haber pasado por la electroerosión.

Las propiedades de un buen Acero resistente a las roturas son:

- Baja dureza.

- Alta tenacidad micro estructural.

Como es lógico, una baja dureza en el utillaje, tendrá un efecto negativo sobre la resistencia a otros mecanismos de fallo. Por lo tanto, trabajar con baja dureza no es siempre una buena solución, siempre es mejor utilizar un tipo de acero que tenga una buena tenacidad micro estructural.

Desprendimientos o melladuras

En general, las melladuras o desprendimientos siempre aparecen después de que la herramienta haya estado en servicio por un períod,. o de tiempo relativamente corto.

Este mecanismo de fallo se denomina de bajo ciclo de fatiga. Se produce el crecimiento de pequeñas grietas que se inician en la superficie de trabajo del utillaje y que finalmente provocan el desprendimiento de trozos de material.

A fin de obtener una buena resistencia contra las melladuras, es de vital importancia intentar dificultar el crecimiento y propagación de grietas. Una propiedad del acero para herramientas que resulta muy adecuada es una alta ductilidad.

Debe tenerse en cuenta que el riesgo de grietas en la superficie de los punzones o matrices, será mucho mayor cuando éstos hayan sido calentados excesivamente o bien no hayan recibido el tratamiento de revenido adecuadamente por exceso o por defecto.

El calor y la presión de trabajo durante el rectificado actúan negativamente sobre la superficie de las piezas causando marcas o estrías que posteriormente causarán problemas durante la producción.

Deformación plastica

La deformación plástica aparece cuando se ha excedido el límite elástico del material además de causar daños o cambios de forma en la superficie de trabajo del utillaje.

La mejor propiedad de un acero a fin de obtener una buena resistencia a la deformación plástica es la dureza, pero siempre hay que considerar de forma adecuada el nivel de dureza más idóneo a utilizar.

Adherencias

La adherencia es un problema asociado a materiales de transformación que son blandos y adhesivos. Normalmente éste problema aparece de forma gradual y se manifiesta con el crecimiento de pequeños fragmentos que se desprenden y adhieren a las paredes de las zonas de trabajo del mismo utillaje.

Un bajo coeficiente de fricción entre el utillaje y el material de trabajo ayudará a prevenir el problema de la adherencia.

Reparación y recambios

La fase de reparación de cualquier tipo de matriz, comporta una serie de aspectos negativos que en muchas ocasiones nos llevan a buscar soluciones rápidas y temporales en vez de otras más seguras y duraderas.

Este tipo de actuaciones, no son en muchas ocasiones atribuibles a la falta de responsabilidad de los operarios, sino, a la falta de tiempo de que se dispone, en un momento en que la producción esta parada y se han de fabricar piezas con rapidez.

Por esta razón y siempre que se pueda, es muy conveniente montar elementos normalizados allí donde las características de la matriz lo permita aunque su coste sea ligeramente superior al del elemento fabricado en nuestra empresa.

El campo de aplicaciones de los productos normalizados es cada vez mayor, debido en gran parte al ahorro de tiempo que representa el comprarlos ya construidos en vez de tenerlos que construir nosotros mismos.

Algunas de las ventajas de los elementos normalizados son:

- Rapidez de recambio.
- Exactitud de medidas entre piezas.
- Ahorro de mecanizados.
- Facilidad de mantenimiento.

Conviene resaltar que, además de los normalizados de catálogo de diferentes proveedores, también es conveniente trabajar en otra serie de normalizados de carácter interno, que pueden construirse a la medida de nuestras necesidades.

Con el fin de abaratar los costes lo máximo posible, éstos normalizados podrían construirse en los momentos de menor carga de máquinas y quedar almacenados para su posterior utilización.

Este tipo de normalizados pueden ser:

- Topes de almacenaje.
- Limitadores de cierre.

- Espigas de amarre para la prensa.
- Centradores, fechadores, anagramas, marcas, etc.
- Topes de paso.
- Pernos de transporte.
- Útiles de control, etc.

Segmentación, postizos, soldadura, etc.

En muchos casos, se da por supuesto que los punzones y placas matrices siempre han de ser construidos de una sola pieza, o lo que es lo mismo, que no es conveniente o práctico hacerlo en pequeñas particiones o segmentos, para luego unirlos como si de un puzle se tratara.

La realidad es que las ventajas que ofrece éste sistema son importantes puesto que se facilita la construcción de la matriz y el posterior mantenimiento de la misma.

Ante una posible rotura de un elemento que este segmentado, la capacidad de reacción para construir uno nuevo será mucho mayor si éste es de un tamaño menor y con una geometría más simple, que en el caso de ser un bloque de gran tamaño y con formas costosas de mecanizar.

Este tipo de construcción es aconsejable en matrices de todo tipo, pero especialmente las que tengan perfiles de corte o doblado muy complicados o con un elevado riesgo de roturas.

Los diseñadores de matrices o proyectistas utilizan con frecuencia las ventajas de la segmentación para facilitar la construcción y mantenimiento de un componente con una geometría complicada.

Algunas de las ventajas más importantes para estos casos son las siguientes:

- Facilidad de construcción, especialmente con formas complicadas.
- Facilidad de recambio en caso de rotura.
- Facilidad de mantenimiento.
- Fuerzas de trabajo más repartidas entre cada componente.
- Menor posibilidad de deformación en el tratamiento térmico.
- Tensiones más reducidas, y por lo tanto menor peligro de roturas.

La construcción de los segmentos debe hacerse siempre que se pue

más sencillas posibles, tratando de buscar la máxima similitud entre ellos con el fin de facilitar la construcción de toda la figura.

Los puntos de unión entre cada componente han de situarse en zonas donde no puedan quedar marcas en la pieza fabricada además de no debilitarla. En

todos los casos los segmentos podrán estar atornillados o no a la placa matriz o al portapunzones en función de su disposición y del tamaño que tengan. En todos los casos, una vez montados deberán formar una sola unidad con la geometría de corte o doblado que requiera la pieza a transformar.

Otro ejemplo de matriz o punzón segmentado lo constituye la inserción de piezas de metal duro (Widia) en la construcción de matrices de gran producción que se atornillan o sueldan a una placa para formar la figura deseada.

En estos casos, los segmentos se construyen a un tamaño lo más reducido posible, lo que permite abaratar su coste y facilitar su construcción. Es evidente que lo más importante para este tipo de trabajos, es trabajar con unas tolerancias de ajuste de gran precisión que impidan los posibles errores acumulativos en sus medidas dando pie a una significativa variación de medidas que impidan o dificulten el montaje.

Para este tipo de matrices, es muy importante contar con un buen equipo de profesionales capaces de cuidar y mantener las matrices en perfecto estado de funcionamiento a lo largo de su ciclo productivo.

Soldadura

La soldadura como elemento reparador de matrices no es todavía un sistema muy aplicado, si bien existen algunos procesos de soldadura capaces de aportar al elemento roto el mismo tipo de material de la pieza y con las mismas propiedades y características mecánicas. ·

En el caso de los punzones y matrices templados (HRc.58-64) el material aportado por medio de la soldadura debe ser cuidadosamente aportado en diferentes etapas para impedir que la temperatura durante el proceso de soldado perjudique la dureza de temple de la propia pieza.

Uno de los mejores sistemas actuales de soldadura para matrices consiste en el sistema denominado TIG (Tungsten Inert Gas) basado en un principio de soldadura con electrodo de Tungsteno bajo la protección gaseosa de un gas inerte. Esta técnica es relativamente fácil de aplicar si se conoce la técnica de soldadura por electrodo. La mayor dificultad radica en saber regular la intensidad de la máquina y sobretodo el ritmo justo de aportación y avance de electrodo y pistola para mantener la aportación adecuada en cada caso. Para conseguir una buena soldadura TIG hace falta saber dimensionar correctamente los cinco parámetros que intervienen en dicho proceso.

- Diámetro del electrodo de Tungsteno.
- Diámetro de la barra de material de aportación.
- Intensidad de corriente.

- Caudal de gas.
- Espesor de la pieza a soldar.

Estos 5 parámetros están interrelacionados entre sí de tal forma que, la variación o modificación de alguno de ellos hará que automáticamente modifique las condiciones de los restantes en mayor o menor medida.

Limpieza, engrase y control

No es suficiente con reparar los componentes dañados o rotos de las matrices, sino que éstos deben estar cuidados y limpios en su totalidad cada vez que se haya terminado una fabricación. La limpieza y el engrase de toda la matriz es fundamental si se quiere que ésta siempre se encuentre en perfecto estado de funcionamiento.

La limpieza de todos y cada uno de los componentes así como el engrase o aceitado general de toda la matriz permitirá que los elementos que la componen no estén sometidos a posibles oxidaciones que llegarían a degradar las características mecánicas del material y las tolerancias de ajuste o acabado.

El almacenamiento y control de las matrices en un lugar accesible y adecuado, es fundamental si se quiere agilizar su montaje y puesta a punto en máquina.

Las matrices deberán estar debidamente identificadas y numeradas permitiendo de ésta forma su localización y control en todo momento.

El objetivo que se persigue con los tratamientos térmicos es mejorar o modificar las propiedades de los metales o aleaciones, alterando su estructura, con el fin de que gracias a las propiedades adquiridas puedan desempeñar con garantías los trabajos a los que son destinados. Aunque la mayor parte de los metales y aleaciones admiten tratamiento térmico, las aleaciones de tipo ferroso son las que mejor se prestan a ello. ~

El tratamiento térmico consiste en calentar el acero a una temperatura determinada, mantenerlo a esa temperatura durante un cierto tiempo hasta que se forme la estructura deseada y luego enfriarlo a la velocidad conveniente. Los factores temperatura-tiempo deben ser muy bien estudiados dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza. De esta forma se logrará una modificación microscópica, transformaciones de tipo físico, cambios de composición o una determinada estructura interna cuyas propiedades permitirán alcanzar algunos de los siguientes objetivos:

- Lograr una estructura de mejor dureza y mayor maquinabilidad.

- Eliminar tensiones internas y evitar deformaciones después del mecanizado.
- Eliminar la acritud que ocasiona el trabajo en frío.
- Conseguir una estructura más homogénea.
- Obtener la máxima dureza y resistencia posible
- Variar algunas de las propiedades físicas.

Todas las características detalladas anteriormente se consiguen con alguno de los tratamientos térmicos que se explican a continuación:

RECOCIDO, TEMPLADO, REVENIDO

RECOCIDO

Este tratamiento consiste en ablandar y afinar el grano, eliminar tensiones y la acritud producida por la conformación del material en frío. El recocido se obtiene calentando las piezas a la temperatura adecuada y enfriándolas lentamente en el mismo horno o recubriéndolas de arena o cenizas calientes.

- Existen diferentes tipos de Recocido de los que destacamos los siguientes:
- Recocido de regeneración: Tiene por objeto afinar el grano de los aceros sobrecalentados.
- Recocido globular: Se efectúa para lograr una más fácil deformación en frío.
- Recocido contra la acritud: Para recuperar las propiedades perdidas en la deformación en frío (acritud).
- Recocido de ablandamiento: Cuando hay que mecanizar piezas templadas con anterioridad (Tª superior a la crítica Ac3).
- Recocido de estabilización: Elimina las tensiones internas de las piezas trabajadas en frío.
- Recocido isotérmico: Para mejorar la maquinabilidad de las piezas estampadas en caliente.
- Doble recocido: Para lograr una estructura mecanizable en aceros de alta aleación.

TEMPLE

El temple es un tratamiento que tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia del acero. Después del temple siempre debe hacerse la operación

de revenido para eliminar y suavizar las tensiones internas Óreadas durante el tratamiento anterior.

El temple consiste en calentar el acero a una temperatura suficientemente elevada como para transformarlo en austenita; seguido de un enfriamiento adecuado para transformar la austenita en martensita.

Se denomina templabilidad a la capacidad de penetración del temple que tienen los aceros. La templabilidad depende fundamentalmente del espesor de la pieza y de la calidad del acero (composición química). Una pieza de mucho espesor y de.acero al carbono se puede decir que tiene poca templabilidad y por lo tanto su interior no quedará templado aunque el exterior lo esté. Sin embargo, esta misma pieza pero de acero aleado quedará totalmente templada en todo su espesor y por consiguiente se denominará acero de mucha templabilidad.

Al realizar el temple hay que tener en cuenta los siguientes factores que influyen en el mismo:

- Composición del acero.
- Diferencia de masas.
- Temperatura y tiempo de calentamiento.
- Tipo de horno (protección o no), sales, vacío, etc.
- Velocidad de enfriamiento.
- Medios de enfriamiento.

Existen diferentes tipos de temple de los cuales destacamos:

- Temple continuo (completo e incompleto).
- Temple escalonado (Isométrico) Austémpering y Martémpering.
- Temple superficial.

<u>Temple continuo completo</u>

Se aplica a los aceros hipoeutectoides (con un contenido en carbono inferior al

0,9%). Se caliente la pieza hasta la temperatura de temple y seguidamente se enfría en el medio adecuado (puede ser agua, aceite, sales o aire). El constituyente obtenido es la martensita. La martensita es el constituyente de los aceros cuando éstos están templados, es magnética y tiene una dureza de 50-60 HRc.

Temple continuo incompleto

Se aplica a los aceros hipereutectoides (con un contenido en carbono superior al 0,9%). Se calienta la pieza hasta la temperatura indicada, con lo cual la perlita se transforma en austenita quedando intacta la cementita. Después de enfriar la pieza adecuadamente. La estructura resultante estará compuesta de martensita y cementita.

La perlita es un compuesto formado por ferrita y cementita, en los aceros ordinarios

la perlita tiene una dureza de 200-250 unidades Brinell.

La ferrita es hierro casi puro, normalmente lleva impurezas de Si y P (silicio y fósforo). Es el componente más blando del acero con una dureza de 90 unidades Brinell. La cementita por contra es el componente más duro de los aceros con una dureza superior a las 60 unidades Rockwell C, y por consiguiente es frágil. La cementita es carburo de hierro (Fe3C).

Temple escalonado. Austémpering

Consiste en calentar el acero a la temperatura adecuada y mantenerlo hasta que se transforme en austenita, seguidamente se enfría a una temperatura uniforme en un baño de sales hasta que la austenita se transforme en bainita. Los resultados de éste temple en las piezas son satisfactorios.

La austenita es básicamente una solución sólida de carburo de hierro, es dúctil y tenaz, blanda y resistente al desgaste con una dureza Brinell de 300 unidades.

La bainita está formada por una mezcla difusa de ferrita y cementita, que se

obtiene al transformar isométricamente la austenita a una temperatura 250 ° -

500 ° C.

Temple escalonado Martémpering

Se sigue el mismo proceso que el temple austémpering con la diferencia de que la temperatura del baño de enfriamiento está situado sobre 200 ºC.

Temple superficial

Se basa en un calentamiento superficial muy rápido de la pieza y un enfriamiento también muy rápido, de manera que sólo una capa de la misma alcanza la austenización. Así se consigue que el núcleo de la pieza quede blando y tenaz y por contra la superficie exterior queda dura y resistente al rozamiento.

Este tipo de temple es empleado para endurecer superficies de piezas de gran

tamaño, como por ejemplo: bancadas de máquinas, guías de carros deslizantes, etc.

REVENIDO

Este tratamiento térmico es el que le sigue al temple con el objeto de eliminar la fragilidad y las tensiones creadas en la pieza. Consiste en calentar las piezas a una temperatura inferior a la de temple con el fin de que la martensita se transforme en una estructura más estable terminando con un enfriamiento más bien rápido pero que siempre dependerá del tipo de material.

Las temperaturas del revenido así como el número de veces que se debe realizar dicha operación vendrán determinadas en función del gráfico que nos indique el proveedor del material y con el visto bueno del responsable del departamento correspondiente.

Los factores que más influyen en el resultado del revenido son la temperatura y el tiempo de calentamiento a que se somete la pieza. Hay que tener en cuenta que el revenido es importantísimo para conseguir el debido temple y una buena tenacidad en las piezas. Debe elegirse cuidadosamente su temperatura en algunos aceros (Cr - Ni) para no incidir en zonas de baja fragilidad (fragilidad de revenido).

18. TAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Cementación

La cementación consiste en aumentar la cantidad de carbono de la capa exterior de la pieza. La cementación debe ir precedida del templado el cual se realiza sólo en la capa exterior puesto que es la que tiene el carbono. De esta

forma se consigue solamente el endurecimiento de la capa superficial de la pieza cementada. La cementación se aplica a piezas que deben ser resistentes al desgaste y a los golpes, es decir, que posean dureza superficial y resilencia.

Los aceros de cementación pueden ser al carbono y aleados. Su contenido en carbono es siempre inferior al 0,2% y se pueden dividir en tres grupos: Aceros al carbono: UNE 36013-75; F1510, F1511, F1512 y F1513. Se emplean para piezas de poca responsabilidad y su contenido en carbono es inferior al 0,2%. Aceros aleados: UNE 36013-75; F1522, F1523, F1524, F1525, F1526 y F1527.

Los componentes de aleación pueden ser Cr, Ni, Mn y Mo en una proporción inferior al 3%. La templabilidad de estos aceros es mayor que la de los de carbono.

Aceros de alta aleación: UNE 26013-75; F1515 al F1589. El porcentaje de elementos de aleación es mayor del 5%; su templabilidad es grande y se emplean para piezas de gran responsabilidad. En todos los casos la capa cementada dependerá del espesor de las piezas. Habrá que distinguir y especificar la capa útil y la capa total (según UNE 7-394-76).

Nitruración

La Nitruración es un tratamiento de endurecimiento superficial aplicado a ciertos aceros y fundiciones. Permite obtener durezas muy elevadas, del orden de 800 a 1200 unidades Vickers (HRc 70-72). Los aceros o fundiciones nitrurados son superficialmente muy duros y resistentes a la corrosión. Después de la nitruración no es necesario realizar ningún otro tratamiento.

La Nitruración se realiza en hornos especiales, exponiendo las piezas a una corriente de amoníaco a una temperatura de 500-525 ºC, durante un tiempo que puede durar hasta 90 horas; la penetración del nitrógeno es de 0,01 mm, por hora aproximadamente.

La Nitruración tiene la ventaja que se realiza a bajas témperaturas y por lo tanto las piezas no se deforman, así pues se pueden deja'r terminadas con las medidas de acabado antes del tratamiento. El campo de aplicación más importante de este tratamiento está situado en la industria automovilística y aeronáutica, para endurecer ejes, piñones, árboles de levas, camisas de cilindros, etc.

En troquelaría se emplea en piezas que tengan roce entre sí o bien en punzones y matrices de embuticiones profundas para evitar el riesgo de adherencias del material embutido a las paredes exteriores del punzón o la matriz.

Las instalaciones destinadas a la nitruración acostumbran a ser muy costosas y sólo son rentables cuando se emplean para grandes series. Los aceros de nitruración contienen aleación de Al, Cr, Mo, V.

Aceros de nitruración:

F 1711 = UN E 36014

F1740 =UNE 36014

F5302 = DIN 1.2311

Cianuración

La cianuración es un tratamiento que consiste en endurecer la superficie exterior de las piezas introduciendo carbono y nitrógeno; es como una mezcla de cementación y nitruración. Posteriormente a la cianuración hay que templar las piezas tratadas.

Las sales empleadas en la cianuración son calentadas a 800-900 ºC en presencia del oxígeno del aire, estas sales están compuestas de Cobalto (Co), Sodio (Na), Carbono (C) y Nitrógeno (N). El Cobalto y el Nitrógeno son los encargados de la carburación y la nitruración respectivamente.

Sulfinización

La sulfinización es un tratamiento termoquímico que consiste en introducir una pequeña capa superficial de aleaciones de azufre (S), nitrógeno (N) y carbono (C), en aleaciones férreas y de cobre. Las piezas a tratar se introducen en baños de sales de carbono, nitrógeno y sodio (Na) en un 95% y de azufre, nitrógeno y sodio en un 5% calentadas a 560-570 ºC.

En 3 horas de tratamiento se puede conseguir una capa sulfinizada de 0,3 mm.

Hay que tener en cuenta que después de la sulfinización las dimensiones de las piezas aumentan ligeramente.

Con la sulfinización se consigue mejorar la resistencia al desgaste, favorecer la lubricación y evitar el agarrotamiento. Las piezas sulfinizadas tienen una duración de 5 a 6 veces más que sin dicho tratamiento.

<u>Componentes de los aceros</u>

- Carbono: Elemento fundamental que acompaña al hierro en los aceros.

- Hace que aumente la dureza y resistencia, pero dfsminuye la ductilidad y resilencia. Al aumentar el carbono aumenta la capacidad de temple y disminuye la soldabilidad.
- Cromo: Aumenta la dureza, la resistencia y elasticidad, favorece la cementación.
- Manganeso: Favorece la forjabilidad y le resta efectos perjudiciales al azufre.
- Molibdeno: Facilita el temple y los hace resistentes a altas temperaturas.
- Níquel: Mejora la resistencia, tenacidad y ductilidad favoreciendo el temple.
- Vanadio: Aumenta la forjabilidad y disminuye la capacidad de soldar.
- Cobalto: Hace que el acero conserve su dureza a altas temperaturas.
- Aluminio: Favorece la nitruración.
- Azufre: Favorece el mecanizado, pero perjudica la resistencia y tenacidad.
- Fósforo: Favorece la colada en piezas fundidas pero perjudica las propiedades
- mecánicas.

Recubrimientos duros

Actualmente una de las técnicas más desarrolladas para el tratamiento de superficies consiste en la implantación de iones en las superficies de troqueles, utillajes y herramientas. En la actualidad, a nivel comercial se realizan tres procedimientos de implantación de iones: el proceso e.V.O., el P.V.O. y el T.O.

- Proceso C.V.O. (chemical vapor deposition)

Utiliza la descomposición a alta temperatura de un halogenuro del metal a implantar junto con la combinación de un gas reactivo, para formar los compuestos buscados. Así pues, para este procedimiento se pueden obtener capas de TiN, TiC, Al203 o combinaciones de las mismas.

Para realizar este proceso se necesita de un reactor capaz de dar altas temperaturas, necesarias para obtener el proceso y en la mayoría de los aceros se hace necesario un tratamiento térmico posterior, generalmente en un horno de vacío.

El grosor de la capa es de 3 a 12 µm y es capaz de cerrar microgrietas, al mismo tiempo que recubre y da homogeneidad a las soldaduras. La adherencia de la capa depositada es mayor que con métodos a menor temperatura como es el caso del P.V.O.

- Proceso P.V.O. (physical vapor deposition)

Esta técnica consiste en la extracción del metal a implantar mediante vaporización o polvorización y su combinación con un gas reactivo en un medio plasmático para obtener los compuestos deseados y su deposición sobre la pieza deseada.

Entre las técnicas de evaporación se utiliza el efecto JouTe, el bombardeo electrónico, la inducción, el arco electrónico, etc. Además, las piezas a recubrir son polarizadas negativamente con un alto potencial para crear una descarga luminiscente necesaria para las reacciones en fase gaseosa.

El gran interés tecnológico de este sistema es la posibilidad de trabajar con temperaturas por debajo de los 500 ºC, y en consecuencia sobre piezas totalmente acabadas. Entre los denominados genéricamente como procesos

- P.V.O., el compuesto más usado es el titanio.

El compuesto de nitruro de titanio fue el pionero y es el más extendido en la actualidad. El grosor de capa aplicada es del orden de 2 a 5 µm, las soldaduras causan problemas y no es capaz de cerrar microgrietas.

La dureza de la capa oscila entre 2.100 y 2.500 HV y su coeficiente de fricción medio es de 0.40, la temperatura de oxidación es de 400 ºC. Los procesos P.V.O. también se usan para recubrimientos decorativos, donde se pretende principalmente aumentar la resistencia al desgaste y a la corrosión de los recubrimientos galvánicos. Con capas muy finas se consiguen compuestos de alta dureza con colores atractivos y que además son resistentes al rallado o erosionado de los productos que habitualmente se usan para limpieza.

- Proceso T.D. (Toyota difussion)

El método se basa en la implantación de un ión contenido en un baño fundido, el cual reacciona con el carbono del acero para formar el carburo correspondiente.

El proceso necesita temperaturas de aplicación de entre 900 y 1.000 ºC con las limitaciones que esto comporta, pero con una gran simplicidad del proceso y el consiguiente ahorro económico.

Con estos procedimientos se consigue una superficie endurecida así como una disminución del coeficiente de rozamiento. Esto hace que el utillaje esté sometido a menos esfuerzos, al mismo tiempo que se constata un aumento de la duración del utillaje y una disminución de su mantenimiento, ya que la calidad dimensional se mantiene durante más tiempo, evitando posteriores reconstrucciones de las caras de contacto o de pulidos de la superficie.

Dureza del material base

Un aspecto importante del procedimiento de endurecimiento de superficies es la dureza de la superficie receptora, que es fundamental para conseguir rendimientos óptimos del recubrimiento. Los esfuerzos a los que se somete la superficie del troquel se transmiten al sustrato y si este cede, el recubrimiento que es frágil y poco flexible debido a su elevada dureza, se rompe y se desprende de la pieza.

Adherencia del recubrimiento

Este aspecto puede ser cualitativamente analizado mediante un ensayo Vickers de carga elevada (20 Kg) o Rockwell C. El aspecto observado después del ensayo con 100 aumentos califica de aceptable o inacepta~le el recubrimiento.

Para obtener valores cuantitativos de adherencia, el ensayo de resistencia al rallado o «Scrathtest» es el más empleado.

19. CONSIDERACIONES SOBRE LA FABRICACIÓN DE UTILLAJES PARA ELECTROEROSIÓN

En los actuales métodos de fabricación de troqueles, tanto por estampación de chapa, extrusión, forja o fabricación de moldes de inyección de plásticos, están totalmente extendidos los procedimientos mediante los sistemas de electroerosión.

Dentro de estos procedimientos tenemos el sistema de electroerosión a penetración y el de electroerosión por hilo, que se usarán en función de las necesidades de cada utillaje.

Principios básicos de este proceso de fabricación

Este método es llevado a cabo mediante la descarga eléctrica entre un ánodo o polo positivo (grafito o cobre) y un cátodo o polo negativo (acero), en un medio dieléctrico, es decir, no conductor de la corriente eléctrica. Las descargas son controladas de manera que se produzca erosión en la herramienta o pieza trabajada.

Durante el proceso de penetración el ánodo se va abriendo camino en la pieza a trabajar, reproduciendo la forma del electrodo sobre la pieza. La misión del líquido dieléctrico es la de permitir el golpeo de la superficie del cátodo a través de su ionización positiva durante las descargas. Esto provoca un aumento de la temperatura de tal magnitud que hace que el acero se funda o vaporice,

formando pequeñas gotas de material fundido, que son arrastradas por el conducto de líquido dieléctrico como si se tratara de viruta?.

Los parámetros a tener en cuenta en este tipo de proceso son:

- Acabado de la superficie.
- Desgaste de los electrodos.
- Los efectos provocados sobre el acero.

La influencia de este tipo de fabricación sobre la superficie de las matrices puede tener unos efectos negativos sobre el rendimiento del utillaje que es necesario conocer y tener en cuenta para poder preverlos y solucionarlos.

Efectos de la electroerosión sobre el acero para utillajes

Este método se diferencia totalmente de los clásicos métodos por arranque de viruta convencionales, ya que la superficie sobre la que se trabaja se ve sometida a temperaturas extremadamente altas, que provocan la fusión o evaporación del metal para poder ser eliminado, pero el material que queda se verá necesariamente afectado por estas temperaturas tan altas.

También es conveniente tener en cuenta que en algunos casos este proceso ha mejorado la resistencia al desgaste de la superficie del utillaje, pero en general, esta superficie provoca sorpresas si el utillaje se ve sometido a esfuerzos altos, como es el caso de la extrusión.

Capa fundida y solidificada

Si se realiza un estudio minucioso de la superficie electro erosionada se encuentra una capa exterior, fundida por la acción del electrodo y solidificada.

Esta capa se denomina zona blanca, y es de un grosor de entre 15 y 30 ¡Jm para un mecanizado basto. Es extremadamente dura, al mismo tiempo que frágil.

Capa retrempada

En esta capa se sitúa a continuación de la zona blanca, la temperatura ha aumentado por encima del nivel de austenización (temple) y ha formado martensita.

Este compuesto es duro y frágil.

Capa revenida

En la capa revenida que se sitúa a continuación de la capa retrempada, el acero no ha sido calentado en un grado tan alto como para llegar a la temperatura de trempe, y lo único que se ha producido es un efecto de revenido. Este efecto va en disminución conforme el material está situado hacia el interior del núcleo.

A partir de cierta profundidad encontramos finalmente el material de la matriz no afectado por el aumento de la temperatura.

Efectos de la electroerosión sobre el rendimiento del utillaje

Este proceso desde el punto de vista de construcción de utillajes ha revolucionado el mundo de la troquelería y construcción de moldes, consiguiendo fabricar utillajes de gran complejidad que por métodos tradicionales serían de coste prohibitivo.

A pesar de las ventajas de fabricación, la formación de la capa blanca para utillajes sometidos a altos esfuerzos se micro fisura, con el perjuicio de que estas micro fisuras continúen progresando, llegando a producirse roturas de troqueles punzones de forma prematura, lo que puede provocar un fuerte perjuicio económico.

Solución de los efectos de la electroerosión sobre los utillajes

Para poder solucionar estos efectos se ha de proceder de la siguiente manera:

- Realizar la electroerosión de acabado a bajas intensidades de corriente para no producir una gran zona blanca ni fisuras en ella.
- Realizar un revenido posterior a la electroerosión para uniformizar las capas trempada, revenida y la zona no afectada de utillaje.
- Proceder a un pulido de la superficie para eliminar la zona blanca.
- Si el utillaje posee un ajuste de gran precisión, se habrá de tener en cuenta la capa eliminada de material en el pulido, a la hora de hacer la electroerosión.

20. FUNDAMENTOS DE CORTE

De entre todos los procedimientos de transformación de la chapa, los procesos de corte representan el conjunto de aplicaciones más comunes en matricería.

En la mayoría de los casos se realizan mediante matrices, aunque algunas operaciones de corte pueden efectuarse con unas máquinas especiales llamadas cizallas.

Los procesos de transformación de la chapa en los cuales sólo intervienen operaciones de corte se conocen como trabajos de matricería plana.

Los procedimientos de corte más utilizados en matricería son:

- El corte
- El cizallado
- El punzonado
- El muescado
- El recortado
- El recalcado
- El corte interrumpido
- El corte fino o corte de precisión

Definición y descripción del proceso de corte

El proceso de corte consiste en la separación, mediante punzón y matriz, de una parte del material a lo largo de una línea definida por el perímetro de ambos elementos.

Los procedimientos de corte por matricería se aplican principalmente sobre materiales metálicos, aunque ocasionalmente también pueden ser cortados por el mismo método algunos polímeros termoplásticos y elastómeros, cartón prensado, papel, cuero, mica y maderas de fibra larga.

Los espesores de chapa que se pueden cortar mediante estos procedimientos oscilan entre 0'1 mm. y unos 20 mm., según sea el tipo de producto, y su ámbito de aplicación, por lo cual influye notablemente la precisión requerida. Por ejemplo, el sector eléctrico y sus derivados suelen trabajar con chapas de 0'2 a 1 mm. En automoción , se utilizan chapas de entre 0'7 y 1 mm de espesor para las carrocerías y de 1 '5 a 4 mm para piezas de estructura, aunque algunas piezas rondan espesores de 6 a 8 mm, como las llantas para ruedas de vehículos.

En otros ámbitos, y excepcionalmente, se han llegado a cortar chapas de hasta 20 mm en la fabricación de cribas para maquinaria de tratamiento de áridos.

Descripción de un proceso de corte con pisado de la chapa

Las operaciones de corte al aire y sin pisado de la chapa, no ofrecen garantías suficientes respecto al acabado de las piezas y al funcionamiento y duración de los elementos de corte de los utillajes. En todo caso, el uso de este sistema de corte se limita con frecuencia a la producción de pequeñas series de piezas de poca precisión.

En matricería, los procedimientos de corte con pisado de la chapa son los más utilizados. La inmovilización del material durante el desarrollo de la operación juega un papel decisivo para la obtención de productos acabados de calidad.

Además, los punzones van guiados en toda su longitud, lo cual evita su rotura por la extracción forzada del material.

Las secuencias de un proceso de corte con pisado de la chapa, son las siguientes:

Una vez montada la matriz en la prensa y estando en su posición de reposo o punto muerto superior, la chapa a cortar se coloca en la matriz, (secuencia 1).

Al accionar la máquina, el cabezal inicia su carrera de descenso y el pisador ejerce la presión necesaria para sujetar la chapa mientras dure el proceso, (secuencia 2).

Instantes antes de que el cabezal de la prensa alcance el final de su recorrido, el punzón presiona la chapa y ejerce un esfuerzo capaz de seccionar limpiamente las fibras del material (secuencia 3).

Cuando la prensa ha llegado a su punto muerto inferior el punzón se halla alojado dentro de la matriz, habiendo cortado la chapa (secuencia 4).

En la última fase del proceso el cabezal de la prensa vuelve a su posición inicial, liberando la chapa y extrayendo el recorte de material adherido al punzón en el preciso instante en que éste se esconde en el pisador (secuencia 5).

Al llegar a la posición de reposo, la prensa está lista para iniciar un nuevo ciclo, previamente retirado el material cortado (secuencia 6).

Fenómenos que se manifiestan durante el corte de la chapa

En el transcurso de un procedimiento de corte, el material a procesar permanece estático, aunque deben tenerse en cuenta los cambios físicos que se producen en la chapa, pues de ello depende el resultado final del proceso.

1º fase: El punzón incide sobre la chapa, imprimiendo un esfuerzo perpendicular al sentido de las fibras del material.

2ºfase: Al continuar presionando, se produce un endurecimiento del material en la zona de corte por efecto de la compactación del material cercano a los filos de corte del punzón y la matriz.

3ºfase: Las fibras continúan siendo comprimidas y la rotura del material se produce una vez que el punzón ha penetrado, aproximadamente, un tercio del espesor de la chapa. En este instante, las fibras están seccionadas, pero la chapa continúa formando una única masa.

4ºfase: El punzón atraviesa el material en todo su espesor, momento en el que se separa completamente la porción de chapa comprimida entre los filos del punzón y la matriz.

Efectos producidos en la pieza por el corte de la chapa

Las piezas correctamente cortadas presentan en su pared de corte, sea cual sea su espesor, una franja laminada o brillante de una anchura equivalente, aproximadamente, a un tercio del mismo espesor de material a cortar. Esta franja aparece en la cara opuesta a las rebabas de la pieza como consecuencia del rozamiento generado por la penetración del material en la matriz o bien por el rozamiento producido por la penetración del punzón en el material.

En los dos tercios restantes de la pared del material se produce una zona rugosa debida a su rotura o desgarro, formándose un ángulo ficticio respecto a la pared de corte de entre 1° y 6°, una vez fueron seccionadas las fibras del material.

En esta zona rugosa, y por efecto de la rotura, la medida nominal de la pieza matrizada suele ser menor alrededor de un 5% del es oscilando sus valores entre unas pocas centésimas y varias décimas de mm. En el caso que nos ocupa un 5% del espesor de nuestra chapa que serían 0'8 mm. Resulta ser 0'04 mm.

21. PRENSAS: CLASIFICACIÓN, NOMENCLATURA Y DESPIECE

Comentamos los tipos principales de prensas que podemos encontrar así como algunas de sus características por si fuese necesaria o recomendable la adquisición de una nueva prensa.

Como hemos visto, los troqueles son utillajes mecánicos no autónomos que necesitan el esfuerzo de una prensa para desarrollar su función, aprovechando su energía mecánica o hidráulica, generada y acumulada con anterioridad.

Del mismo modo que se construyen diversas clases de troqueles para desarrollar los distintos procesos de deformación de la chapa, existen

numerosos tipos de prensas para llevar a término todas y cada una de las operaciones de corte y conformado de la manera más apropiada.

De todos los tipos de prensas que existen vamos a hablar de los más habituales que son las prensas mecánicas de excéntrica y las prensas hidráulicas, por ser consideradas las de uso más común.

Una primera clasificación de estas máquinas nos lleva a diferenciarlas por el tipo de accionamiento. Así, podemos clasificar las prensas según su accionamiento sea mecánico hidráulico o de accionamiento combinado.

Cabe mencionar otros tipos de prensas, las primeras de accionamiento hidráulico llamado también punzonadoras; y las segundas de accionamiento neumático, concebidas para trabajos muy específicos de ensamblaje, remachado o para pequeñas marcas estampadas. Estas últimas pueden desarrollar esfuerzos entre 2'5 KN y 21 '5 KN, trabajando a una presión de 6 bares. Otra forma de clasificar las prensas consiste en agruparlas según los distintos movimientos que pueden desarrollar. De esta manera, existen prensas de simple efecto, de doble efecto y prensas de múltiple efecto; pudiendo desarrollar respectivamente un único movimiento, dos movimientos y tres o más movimientos independientes.

Generalmente, y como veremos a continuación, la mayoría de las prensas de accionamiento mecánico son prensas de simple efecto, es decir, que están dotadas de un solo movimiento.

Bases del funcionamiento de una prensa de accionamiento mecánico

Como su propio nombre indica, este tipo de prensas desarrollan un esfuerzo a partir de la energía mecánica proporcionada por un volante de inercia en giro continuo, que recibe su movimiento de un motor eléctrico y que transforma en un movimiento vertical rectilíneo alternativo del cabezal.

Los mecanismos utilizados en la cadena cinemática de estas prensas están formados por arboles de transmisión dotados de excéntricas o cigüeñales, sobre los cuales van montadas una, dos o más bielas (en el caso de las prensas empleadas en procesos transfer) desarrollando el movimiento típico de vaivén de un mecanismo de biela manivela.

Tipos de prensas de accionamiento mecánico más utilizados

El tipo de prensa mecánica más utilizada en matricería es la prensa de excéntrica, en todas sus variantes. Su versatilidad, su sencillez y su rápida

cadencia de trabajo hacen que este tipo de máquinas constituyan un modelo ideal para el procesado de pieza pequeña y también de tamaño medio.

Prensas de excéntrica

Es un tipo de prensa mecánica que basa su funcionamiento en la transformación de la energía proporcionada por el giro de un volante de inercia. Esta energía es convertida en un movimiento rectilíneo alternativo del cabezal de la máquina mediante un mecanismo formado por una biela, montada sobre un árbol de transmisión dotado de un anillo excéntrico regulable, y solidaria al carro o cabezal de la prensa por su otro extremo.

Las prensas de excéntrica son empleadas para operaciones de corte y punzonado, doblado, estampado y embuticiones de poca profundidad, pues la embutición profunda requiere unas velocidades de alrededor de 25 m/min, y estas máquinas son demasiado rápidas para llevar a cabo estos procesos.

Las partes principales de esta clase de prensas son:

- El bastidor o bancada: es un armazón rígido cuya misión consiste en alojar y soportar todos los mecanismos y elementos de la máquina. Se construye en acero fundido o bien en acero soldado, recibiendo posteriormente un tratamiento de normalizado para eliminar tensiones.
- El motor: capaz de suministrar potencias cuyos valores oscilan entre los 3 kw y los 150 KW, en este último caso para su aplicación de prensas de doble y de cuatro montantes, dotadas de dos o 4 bielas.
- El grupo de transmisión: Está formado por el volante de inercia, por una serie de engranajes reductores, en el caso de prensas de mayor tamaño, y por un freno-embrague que puede ser electromagnético o de fricción. Las normativas actuales sobre seguridad en el trabajo prohíben el montaje y el uso de sistemas mecánicos de embrague y accionamiento por leva rotativa y gatillo. Este último sistema, hasta no hace muchos años, era el más utilizado en prensas de excéntrica y el causante de no pocos accidentes por rotura o funcionamiento deficiente del mecanismo.
- El árbol de transmisión: es el elemento encargado de recibir la fuerza generada por el volante de inercia y de transmitir este esfuerzo al carro de la máquina. El árbol de transmisión se construye en acero aleado, con tratamiento de forja y rectificado posterior, y en algunos modelos, con cromado final.
- La mesa de la prensa: Es una pieza e acero fundido que se aloja sobre la bancada de la máquina y sirve como soporte de los utillajes. Dispone de unas ranuras en T para el anclaje de las matrices y de un agujero

más o menos centrado con el eje del cabezal, para la evacuación de las piezas.

- Cuadro o panel de mandos: Está constituido por dispositivos eléctricos que obran sobre mandos neumáticos, accionados por pulsadores manuales. El panel de mandos de estas máquinas permite el accionamiento individual o golpe a golpe para trabajos de operación manual, el accionamiento continuo para trabajos automáticos y el accionamiento intermitente para el reglaje y/o pruebas de las matrices.

Existen varios tipos de prensas de excéntrica, cuyas principales diferencias radican en:

- La posición del volante de inercia
- La transmisión del movimiento del motor al mismo volante de inercia
- La forma constructiva de su bancada
- El número de elementos utilizados para transformar el movimiento circular en movimiento rectilíneo

En las prensas de volante frontal, el árbol de transmisión dispone únicamente de un punto de apoyo. De ese modo, el mecanismo de excéntrica en el cual se acopla la biela queda en voladizo, por lo que estas prensas se utilizan preferentemente para el desarrollo de potencias muy limitadas, entre 200 y 400 KN (20 y 40 Tm).

En las máquinas de volante lateral, el árbol de transmisión dispone de dos puntos de apoyo sobre la bancada. Así, estas prensas con capaces de desarrollar mayores esfuerzos, cuyos valores oscilan entre los 150 y los 4000 KN (15 y 400 Tm).

La transmisión de movimiento del motor al volante se realiza mediante poleas trapeciales. En las máquinas de poca potencia, es directa. En cambio, para transmitir mayores esfuerzos, la transmisión se lleva a cabo mediante engranajes, pudiendo distinguir estas prensas fácilmente, puesto que llevan una segunda protección, similar a la que se sobrepone al volante de inercia.

La forma de construcción de la bancada o armazón de la máquina viene a representar otra de las principales diferencias de esta clase de prensas que pueden ser de tipo cuello de cisne, de doble montante, o de cuatro montantes.

Las prensas de cuello de cisne son máquinas cuya forma del montante que une la mesa con el grupo de mecanismos del cabezal es mas esbelta, por lo tanto, son máquinas muy accesibles por cuanto a que la zona de trabajo queda totalmente despejada. La bancada de estas prensas puede ser fija o inclinable, aprovechando esta última posibilidad para el procesado de piezas que deban ser desalojadas por gravedad, sin disponibilidad de salida por el interior del utillaje.

22. DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS SOBRE LA BANDA, OPTIMIZACIÓN (NESTING)

Ahora que sabemos que la alimentación de nuestra matriz será automática, vamos a abordar el tema del tamaño de la tira de chapa a utilizar y de los factores a tener en cuenta en la toma de esta decisión. Es uno de los aspectos más importantes que tenemos que valorar en todo el proceso productivo ya que los costes del material, en donde incluimos también su parte de desperdicio, inciden de manera importante en el precio final del producto. La disposición con que coloquemos las piezas y la cantidad de ellas que queramos cortar por golpe están relacionadas con el consumo de materia prima por pieza y con su coste final.

La forma de nuestra pieza podemos decir que no presenta grandes irregularidades, por tanto, se considera un rendimiento óptimo de utilización del material el aprovechamiento en un porcentaje en torno al 75-80%. Este es un detalle importante, puesto que en nuestra serie de unas 500.000 piezas, puede suponer un gran ahorro de material.

Debemos evitar disponer la pieza de una forma totalmente aleatoria a lo largo o ancho de la banda, esto puede ocasionar un problema de espacio en el troquel y un desperdicio excesivo de material. Como nuestra pieza podemos decir que tiene forma rectángular o puede inscribirse en un rectángulo, básicamente tenemos dos opciones para su colocación sobre la banda, en horizontal y en vertical.

Es conveniente estudiar la mejor disposición posible, de modo que permita el troquelado de las piezas de una forma racional, al mismo tiempo que se reduce el consumo de materia prima, sin por ello dificultar el avance normal de la tira ni verse afectado el precio del troquel.

Por otro lado la chapa de material, como materia prima, se fabrica y se comercializa básicamente en dos formatos: en planchas y en bobinas. Existen varias medidas de anchura y espesores estándar, aún pudiéndose fabricar medidas especiales, como es el caso de suministros de formato especial para el sector del automóvil. Nosotros vamos a emplear bobinas de fleje de acero inoxidable de 0'5 mm. de espesor y siempre que sea posible debemos elegir alguno de los formatos estándar por cuestiones económicas.

Este proceso de optimización, conocido como "nesting" o "layout de nesting", se viene desarrollando desde hace algún tiempo mediante procesos informáticos, para los cuales existen paquetes de software específicos.

La obtención de piezas acabadas mediante una matriz progresiva nos obliga a considerar una serie de parámetros, entre los cuales destaca la forma o figura

desarrollada de la pieza a fabricar, la separación entre piezas y la separación entre el borde de la chapa y el de la pieza.

Análisis de la disposición

El aprovechamiento del material mediante una buena disposición de nuestra pieza sobre la chapa, nos permitirá conseguir el mejor precio posible de la pieza fabricada además de una construcción racional del troquel. Todo ello deberemos tenerlo presente y analizarlo en el estudio que llevaremos a cabo para la realización de la oferta de la pieza.

La disposición de las piezas sobre la banda, deberá permitir mantener una tira de chapa lo más rígida posible a lo largo de toda la transformación, para que no se produzcan interrupciones durante la producción por causas como por ejemplo, la rotura de la tira o las dificultades de movimiento en el troquel.

Algunos de los factores más importantes que debemos tener en cuenta relacionados con el ancho de material y que afectan a la funcionalidad de la matriz o al precio de la pieza son:

- Conseguir el máximo ahorro de materia prima con relación a la pieza fabricada.
- Esto lo buscaremos mediante la colocación más provechosa de la pieza.
- Facilitaremos un buen desplazamiento de la banda en la matriz.
- Diseñaremos un troquelado progresivo y racional de las piezas.
- Facilitaremos la construcción del troquel allí donde sea posible.
- Facilitaremos el mantenimiento posterior. Estoy es muy importante que lo tengamos en cuenta en nuestro proyecto.
- Obtener un coste de piezas y troquel lo más económico posible. Que vendría a ser el objetivo último al que van encaminadas todas las medidas anteriores.

A continuación analizaremos los dos sistemas de disposición de las piezas sobre la banda que son susceptibles de ser empleados en nuestro proyecto. Hay otras disposiciones como por ejemplo la oblicua pero dadas las características geométricas de nuestra pieza quedan descartadas:

- Disposición normal

Se entiende por "disposición normal", aquella en que los ejes de la pieza van orientados en el mismo sentido que los de la matriz, es decir, longitudinalmente o transversalmente al sentido de avance de la chapa.

En un primer momento, no existe una disposición de piezas que sea mejor que otra, hasta que no hayamos hecho un estudio de las distintas posibilidades existentes y hayamos visto cuál de ellas es la más racional y económica.

- Factores que van a ayudarnos a tomar una decisión:
- La separación entre las piezas debe ser la mínima necesaria.
- Los recortes hechos a la pieza no deben dejar aristas vivas.
- Los doblados han de ser favorables al sentido de las fibras.
- La matriz debe tener el mínimo número de pasos posibles.
- El ahorro de material es importante, pero no siempre decisivo.
- La facilidad de construcción y mantenimiento también es importante.
- Las posibilidades de errores en el avance debe ser mínima.

Esta disposición se emplea cuando hay que cortar piezas cuya forma exterior puede inscribirse en un paralelogramo, como es el caso de nuestra pieza, o bien cuando las irregularidades de la figura desaconsejen alguna otra disposición.

- Disposición múltiple

Se entiende por "disposición múltiple" aquella en que sobre la superficie de la banda se han dispuesto más de una pieza, sin tener en cuenta su orientación respecto a los ejes de la matriz. Generalmente, esta disposición se hace con la finalidad de obtener un mayor ahorro de material o un aumento considerable en la producción. Sin embargo, el hecho de doblar el número de piezas por golpe nunca será proporcional al ahorro de material obtenido.

Este sistema en general, es el más utilizado para obtener producciones muy elevadas, además de proporcionar un gran equilibrado de fuerzas dentro de la matriz. Esta distribución se aconseja para cortar grandes series de piezas de forma circular o bien cuando las piezas pueden inscribirse en una circunferencia.

Siempre es aconsejable, que este sistema de disposición múltiple, sea estudiado con mucho detalle y comparado con distintas alternativas, hasta encontrar la disposición más equilibrada que además proporcione un buen ahorro y permita una construcción equilibrada de la matriz. Para utilizar esta disposición múltiple de piezas como solución económica se aconseja utilizar tres filas o series de piezas. Aumentar el número de filas incrementa considerablemente el coste del utillaje en comparación con el ahorro de material que podría suponer.

En la mayoría de casos, esta opción es la que reúne mayores ventajas en cuanto a rapidez de producción, ahorro de material y equilibrio de fuerzas en el interior de la matriz. Sin embargo en nuestro caso encarecería enormemente el

precio del troquel, siendo superior la inversión necesaria que el ahorro obtenido. Además la geometría de nuestra pieza no es la más apropiada.

- Márgenes de separación entre piezas

Es prácticamente imposible establecer unos márgenes estándar de separación entre los cortes realizados de las piezas y los lados exteriores de la banda. Esto es debido a que depende en gran parte del tipo de material, de su espesor, del peso de la pieza, del ancho inicial y final de la tira, del paso del troquel, del número de ciclos por minuto, de las inercias que se produzcan en los avances de la chapa, etc.

Por todo ello, cada matriz a construir y cada pieza a fabricar, necesitarán ser estudiadas por separado y adecuar los márgenes de separación a las características de cada caso. No obstante, podemos establecer unos valores mínimos que garanticen la suficiente rigidez de la tira de material para evitar su deformación por decaimiento o falta de rigidez, debidos a una mínima separación entre las piezas cortadas. Esto trae continuos paros de máquina por avances erróneos del fleje que provocan averías en la matriz.

A consecuencia de los progresivos recortes que se realizan en una tira de chapa durante su matrizado, nos encontramos con que ésta va quedando progresivamente vacía de material y en consecuencia carente de consistencia.

Esto hace, que si no se dejan unos adecuados márgenes de unión entre la pieza y la tira, el avance de ésta en la matriz se verá dificultado al doblarse y en consecuencia ocasionar pérdidas de paso y paros de máquina.

Al fabricar una pieza, el ancho de material de partida, no siempre es tan constante como sería de desear. Las posibles tolerancias en anchura, y las rebabas de corte que trae el material, hacen que éste pueda rozar con las reglas de guiado durante su desplazamiento, para evitarlo, siempre es muy aconsejable dejar una prudente tolerancia entre las dos partes (de 0.3 a 0.8mm.) con el fin de evitarlo y realizar el centraje de la pieza (en caso de ser necesario) por medio de punzones centradores dispuestos en la matriz.

Es aconsejable que, cuando se realice el pedido de material, se haga rellenando un impreso con copia al proveedor, donde se le indiquen algunos de los datos que se enumeran a continuación:

- Tipo y calidad de material
- Composición (en caso necesario)
- Características químicas y mecánicas
- Ancho y espesor de material
- Tolerancias de anchura y espesor
- Acabado o recubrimiento superficial (brillo, mate, cincado, etc.)

- Límite de rebabas admisibles
- Fecha de fabricación del lote

Estos datos, son solo un ejemplo de los que se consideran más necesarios, pero en cualquier caso, podrán modificarse o cambiarse para adaptarlos a las características de las exigencias del plano de cada pieza.

Los márgenes de separación deberán dejarse según sean:

- Puntos de unión con formas redondeadas
- Puntos de unión con formas rectas
- Recorte mínimos para cuchilla de paso

Realizaremos los cálculos adecuados en nuestro proyecto que nos indicaran las medidas mínimas que se consideran admisibles para dejar entre los cortes de piezas y los márgenes exteriores de la tira de chapa o bien entre cada pieza.

La separación óptima entre piezas puede calcularse aplicando la siguiente fórmula:

$$a=1'5 \times e$$

Siendo:

(a) la separación entre piezas, en mm.

(e) el espesor del material, en mm.

y teniendo siempre en cuenta que a ≥ 1 mm.

Para calcular la separación entre pieza y borde (b) se puede operar de igual modo. Esto nos permitirá hallar el ancho de fleje (B) adecuado para cortar una serie de piezas:

$$b=1 '5 \times e$$

Siendo:

(b) la separación entre pieza y borde, en mm.

(e) el espesor del material, en mm.

Y por lo tanto:

$$B = 2 X b + hpieza$$

Siendo:

(B) la anchura del fleje, en mm.

(b) la separación entre pieza y borde, en mm.

(hpieza) la altura de la figura de la pieza, en mm.

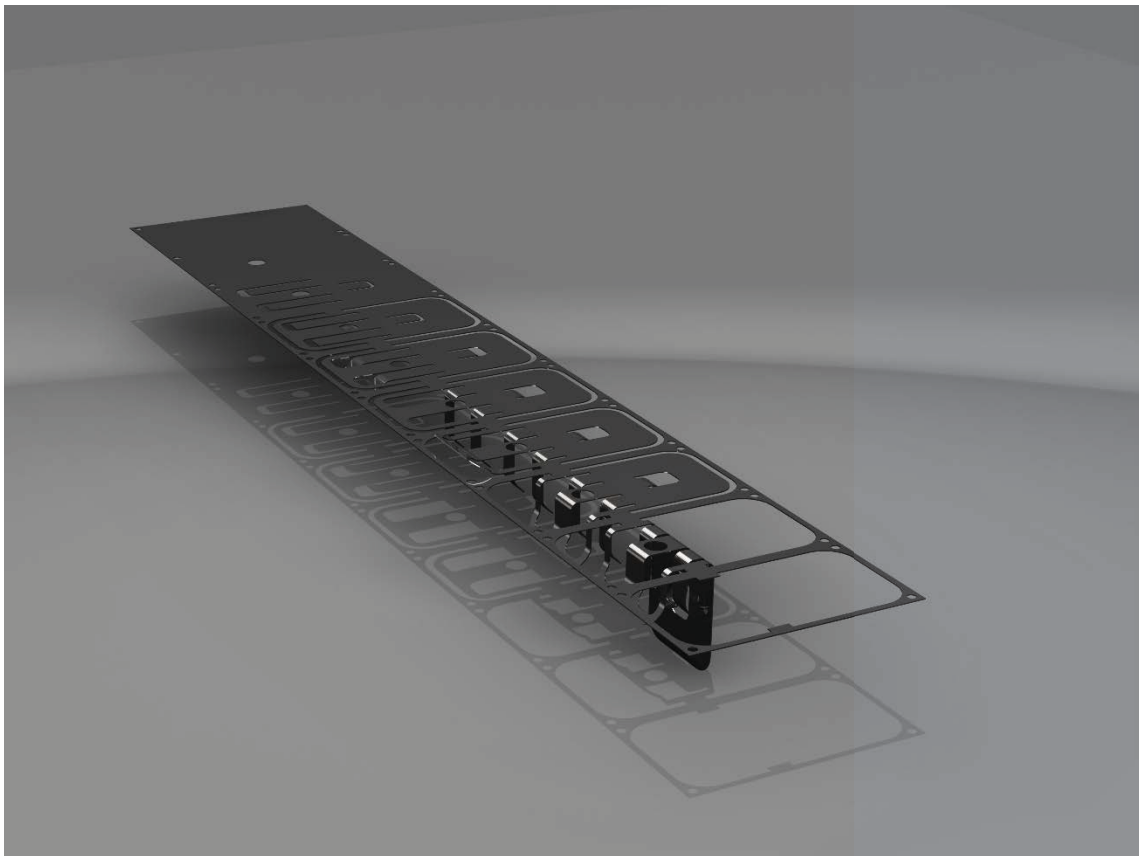
Justificación de la disposición adoptada

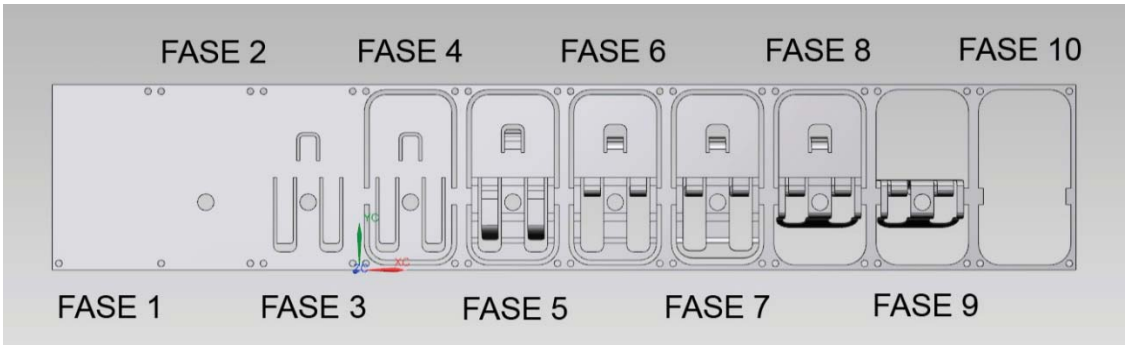
Viendo la geometría de nuestra pieza, que puede inscribirse aproximadamente en un rectángulo, en un principio parece lo más razonable utilizar una disposición normal.

Estudio económico de la chapa

Vistas las posibles disposiciones de las piezas a cortar sobre la banda de material, vamos a llevar a cabo un estudio de la distribución que mejor se adecua a nuestro proyecto. Nos interesa ahorrar el máximo de material posible para reducir el precio final del producto.

23 - DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DELTROQUEL.





Nuestro troquel es uno de tipo progresivo de 10 fases, en esas 10 fases transforma el fleje de inoxidable en la pieza deseada a fabricar, el funcionamiento seria el siguiente.

Fase 1: El fleje entra desde el devanador de la bobina del material en bruto hasta la parte izquierda de la prensa, donde entra dentro de las guías del troquel. Una vez el material está en la primera fase, el troquel baja y punzona dos agujeros que servirán para que los pilotos centradores mantengan la chapa paralela.

Fase 2: El troquel ahora hace otros dos agujeros para los pilotos centradores además de punzonar un agujero central que lleva la pieza final.

Fase 3: Se punzonan las lengüetas que van luego dobladas.

Fase 4: Se punzona el perfil de la chapa final dejando un pequeño sobrante para que la chapa no se tronce por completo.

Fase 5: se hace un doblado en la lengüeta superior y otro en las lengüetas inferiores de 45º

Fase 6: Se dobla la lengüeta superior desde más abajo del primer pliegue a unos 45º y las inferiores 90º

Fase 7: Se dobla hacia arriba el extremo inferior de la pieza 30º

Fase 8: Se dobla la pieza desde un cuarto hacia abajo desde el centro 90º

Fase 9: Se pliega la parte central 90º hacia abajo.

Fase 10: Se recortan los sobrantes y se obtiene la pieza final.

24 – SEGURIDAD E HIGIENE

Dentro del sector metalúrgico, los equipos utilizados en el ámbito de la matricería son probablemente uno de los grupos de máquinas y herramientas que causan un mayor número de accidentes laborales, dando lugar demasiadas veces a una incapacidad permanente de los operarios que los

sufren. La rutina de estos trabajos, entre otros factores, es uno de los pesores enemigos del operario, que en ocasiones, baja la guardia, dando lugar a situaciones de riesgo que pueden desembocar en consecuencias fatales. La protección de las máquinas y de los propios operarios, junto a la observación estricta de las normas de seguridad e higiene, harán de este trabajo un oficio más seguro y que, aunque no exentos de riesgos, ayudará a disminuir de manera considerable el índice de siniestralidad que se produce en el sector.

Los principales riesgos que presenta el proceso de fabricación con matriz progresiva son:

- Riesgo de aplastamiento al introducir el operario las manos en el interior de la matriz cuando está se encuentra funcionando.

- Riesgo de impacto por la rotura de elementos de la matriz, que puedan salir proyectados hacia el exterior.

- Riesgo de atrapamiento al introducir el operario las manos en el alimentador de chapa cuando este se encuentre funcionando.

- Riesgo a sufrir dolencias y lesiones a causa de las vibraciones producidas por la prensa y transmitidas al operario a través del suelo.

Para evitar o minimizar estos riesgos, se han de tomar ciertas medidas de seguridad, las principales tienen que ver con la protección de máquinas y herramientas y con la protección de los operarios.

Protección de máquinas y herramientas

En términos generales, las principales medidas de seguridad a observar para la protección de las máquinas y herramientas consisten en:
a) Pintar en colores llamativos las partes móviles de las máquinas. Como colores normalizados se utilizan el amarillo o el blanco, junto al negro, pintados en franjas oblicuas alternas sobre los extremos del elemento móvil a destacar.

b) Colocar protecciones adecuadas en aquellas zonas en donde operan los elementos mecánicos y/o de transmisión de la máquina. Al mismo tiempo, señalizar debidamente los riesgos que entraña el trabajo en la máquina sin el uso de dichas protecciones.

c) Colocar protecciones apropiadas alrededor de las zonas donde operan los elementos móviles de la máquina. Las protecciones pueden ser físicas (carenados de chapa, enrejados, pantallas, acristaladas…) o bien electrónicas (barreras fotoeléctricas, de infrarrojos…).

d) Proteger las máquinas lo máximo posible para reducir los niveles de ruido colocando resguardos en las prensas o encerrando los troqueles

e) Mantener el cuadro eléctrico de la máquina siempre cerrado y en perfecto estado de funcionamiento. Esta recomendación incluye el mantenimiento preventivo del cableado de todos los circuitos, pues, aunque éstos suelen

protegerse con tubos de blindaje, no están exentos de riesgo por golpes o por aplastamiento.

f) Proteger los sistemas de accionamiento de la máquina contra presiones accidentales. El diseño actual de pedales y pulsadores ya contempla y exige por norma este detalle.

g) Revisar la máquina antes de ponerla en marcha y respetar rigurosamente sus planes de mantenimiento periódico. Embragues, frenos, topes de palanca, pulsadores, sistemas neumáticos y protecciones de la matriz o troquel son algunos de los elementos en los que hay que prestar mayor atención.

Protección de los operarios

Las medidas de seguridad para la protección de los operarios deberán cumplirse con el máximo celo y esmero, sin dejar opción a ningún tipo de riesgo o percance que pudiera provocar accidentes.
En términos generales, las medidas de seguridad para la protección de los operarios consisten en:
a) La ropa de trabajo debe ser ajustada, utilizando calzado de seguridad. Usar guantes de piel para cualquier tarea de manipulación de la chapa. En el caso de operar con grandes formatos de chapa, también se recomienda el uso de mandiles de cuero.

b) Los niveles de ruido producidos por la máquina pueden llegar a resultar muy molestos a la hora de trabajar e, incluso, pueden llegar a ser perjudiciales para la salud. En estos casos se les proporcionará a los operarios orejeras o tapones para que no sufran daños en los oídos.

c) Las prensas, las cizallas, las plegadoras y, en definitiva, todas las máquinas utilizadas en los procesos de corte y conformado de la chapa sólo deben ser manejadas por personal especializado. Por lo tanto, no se debe permitir jamás el uso de estas máquinas por parte de personal no autorizado. Aún así, todo especialista o usuario está obligado a conocer los riesgos y peligros derivados del uso de dichas máquinas, así como sus limitaciones, consultando, si fuera preciso, su libro de instrucciones.

d) Nunca se debe distraer la atención del operario. Evitar cualquier interferencia durante un proceso productivo de estas características.

e) La ingesta de medicamentos, alcohol, drogas o la combinación o toma indiscriminada de estas sustancias puede producir euforia, confusión, somnolencia o alteraciones de la visión, entre otros efectos, reduciendo drásticamente la capacidad de concentración y de reacción del operario.

f) Evitar a toda costa cualquier manipulación directa por parte del operario entre las partes fija y móvil de los utillajes mientras la máquina está en funcionamiento.

g) Parar la máquina antes de efectuar cualquier reparación u operación de mantenimiento. En caso de que dicha reparación deba efectuarse sobre la máquina, proteger las partes cortantes o punzantes de los utillajes y protegerse también frente a las mismas.

h) Se considera una falta muy grave por parte del operario la ignorancia o la anulación de los dispositivos de seguridad y de protección de las máquinas. En

consecuencia, jamás deben hacerse “montajes” para la inutilización de pulsadores o palancas de seguridad.

i) Los recortes de chapa o las piezas que puedan quedarse adheridas o atascadas en la matriz deben ser apartadas con unas pinzas, tenazas, gancho u otra herramienta adecuada para tal efecto. Hay que evitar a toda costa cualquier forma de presencia o manipulación directa por parte del operario entre las partes fija y móvil del utillaje.

j) Mantener la zona de trabajo libre de obstáculos y limpia de grasas y aceites. Utilizar un cepillo adecuado o una pistola de presión para la limpieza de los utillajes.

25 – NORMATIVA

La matriz progresiva diseñada 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 la matriz diseñada son:
La directiva “maquinas” 2006/42/CE.

El R.D. 1435/1992.

El R.D. 56/1995.

El R.D. 1215/1997.

26 – MEDIOAMBIENTE

Se ha de tener en cuenta y valorar el posible impacto medioambiental que pueda producir la matriz progresiva que se ha diseñado.
Para poder minimizar el impacto ambiental producidor por la matriz diseñada se debe obtener el máximo rendimiento en la producción de las piezas (véase el apartado 1.1 Optimización de la banda de chapa del Anexo A).
El rendimiento es el parámetro que determina el grado de aprovechamiento del material. Es un factor clave, tanto por motivos económicos como medioambientales. Un mayor rendimiento se traduce en un mayor beneficio económico y un menor consumo de recursos energéticos y materia prima, así como en un menor impacto ambiental.
Tambien hay que prestar atención a la contaminación acústica, ya que durante el conformado de la chapa se producen niveles de ruido muy elevados provocados por los continuos golpes que provocan los troqueles sobre el material.
Estos niveles de ruido pueden llegar a resultar muy molestos a la hora de trabajar e incluso, pueden llegar a ser perjudiciales para la salud.
Por lo tanto, como ya se ha comentado en el capítulo 11, se deberán proteger las máquinas lo máximo posible para reducir estos niveles de ruido colocando resguardos en las prensas o encerrando los troqueles y, si es necesario, se les proporcionará a los operarios orejeras o tapones para que no sufran daños en los oídos.

CALCULOS

CALCULO DE LAS FUERZAS DESARROLLADAS DURANTE EL CORTE DE LA CHAPA

FUERZA DE CORTE

La fuerza (Fc) necesaria para cortar una pieza de chapa es directamente proporcional a la resistencia a la cizalladura (Kc) de su material, a su perímetro de corte (p) y a su espesor (e).

$Fc = Kc * p * e$

TABLA DE RESISTENCIA DE MATERIALES LAMINADOS

MATERIAL	Resist. a la rotura Kg.mm2		Resist. al corte Kg.mm2		Peso específ.
	Recocido	Crudo	Recoc.	Crudo	
Acero laminado con 0,1% de C.	31	40	25	32	
Acero laminado con 0,2% de C.	40	50	32	40	
Acero laminado con 0,3% de C.	44	60	35	48	
Acero laminado con 0,4% de C.	56	70	45	56	
Acero laminado con 0,6% de C.	70	90	56	72	7.8-7.9
Acero laminado con 0,8% de C.	90	110	72	90	
Acero laminado con 1,0% de C.	100	130	80	105	
Acero laminado inoxidable	65	75	52	60	
Acero laminado al silicio	56	70	54	56	
Aluminio	7.5-9	16-18	6-7	13-15	2,7
Anticordal	11-13	32-36	9-10	25-29	2,8
Avional (duraluminio)	16-20	38-45	13-16	30-36	2,8
Aluminio en aleación (siluminio)	12-15	25	10-12	20	2,7
Alpaca laminada	35-45	56-58	28-36	45-46	8,3-8,45
Bronce	40-50	50-75	32-75	40-60	8,4-8,9
Cinc	15	25	12	20	7,1-7,2
Cobre	22-27	31-37	18-22	25-30	8,9-9
Estaño	4-5		3-4		7,4
Fibra			17		
Latón	28-37	44-50	22-30	25-40	8,5-8,6
Oro			18	30	19,8-19,35
Plata laminada	29	29	23,5	23,5	10,5
Plomo	2,5-4		2-3		11,4

Siendo:

Fc – La fuerza de corte o cizallado, expresada en kg.

Kc – La constante o coeficiente de corte del material, expresada en kg/mm2

p – perímetro o contorno de corte, en mm.

e – espesor de la chapa a cortar, en mm.

Vamos a calcularlo para un fleje de acero inoxidable de 0,5 mm de espesor. Tendremos en cuenta que el material ha sido deformado en frio, luego le corresponde una Kc media de unos 60kg/mm2. Con esta será con la que hagamos los cálculos.

Perímetros:

Punzón diámetro 4 – P1

P1 = 2 * 3,14 * 2 = 12,5664 mm

Punzón diámetro 10 – P2

P2 = 2 * 3,14 * 5 = 31,416 mm

Punzón corte final – P3

P3= 10 + 10 = 20 mm

Punzón de recortes – P4

P4 = 2 + 2 = 4mm

Punzón tercera fase inferior – P5

P5 = 2*(2+38+41+6) + (2*3,14*2)/2 + (2*3,14*4)/2 = 192,8496 mm

Punzón tercera fase superior – P6

P6 = 2*(2+6+26) + (2*3,14*2)/2 + (2*3,14*4)/2 = 86,8496 mm

Punzón cuarta fase inferior – P7

P7 = 2*30 + 4*23,5 + (2*3,14*10)/2 + (2*3,14*13)/2 = 226,256 mm

Punzón cuarta fase superior – P8

P8 = 46,5*4 + 30*2 + (2*3,14*10)/2 + (2*3,14*13)/2 = 318,256 mm

El perímetro total a cortar será la suma de los anteriores:

Pt= 4*(12,5664) + 31,416 + 20 + 4 +2*(192,8496) + 86,8496 + 226,256 + 318,256

Pt = 928,8928 mm

Por lo tanto nuestra fuerza de corte será de:

Fc = 60 * 929,8928 * 0,5 = 27896,224 Kg

Calculamos ahora el área aproximada de los punzones.

SUPERFICIES

P1 = 3,14 * 2 = 6,283 mm2

P2 = 3,14 * 5 = 15,709 mm2

P3 = 10 * 50 = 500 mm2

P4 = 2 * 10 = 20 mm2

P5 = 451,628 mm2

P6 = 165,708 mm2

P7 = 678,793 mm2

P8 = 954,802 mm2

Conociendo la superficie podemos calcular las presiones ejercidas por cada punzón

PRESIONES

P1 = (12,5664 * 60 * 0,5) / 6,283 = 60,002 N/mm2

P2 = 59,99 N/mm2

P3 = 1,2 N/mm2

P4 = 6 N/mm2

P5 = 12,81 N/mm2

P6 = 15,72 N/mm2

P7 = 9,99 N/mm2

P8 = 9,99 N/mm2

FUERZA DE EXTRACCION

Esta fuerza se calcula aplicando un valor porcentual que oscila entre el 2% y el 7% sobre la fuerzo de corte del perímetro a cortar

$$Fext = Fc * X\%$$

Siendo:

Fext - la fuerza de extracción

Fc - la fuerza de corte

X% - Un valor porcentual que depende del tipo de corte

Para nuestro caso siendo un troquel con pisador y un fleje de acero inoxidable nos ajustamos al valor del 5%.

Fext = 27896,224 * 5% = 1394,8112 Kp

FUERZA DE EXPULSION

Al finalizar un proceso de corte, la pieza recién cortada tiene tendencia, por expasion o rozamiento a quedarse adherida en el interior de la matriz. Este hecho se produce mientras que la pieza no traspasa la vida de la matriz, puesto que esta zona no tiene inclinación ninguna. Al producirse el corte siguiente, la última pieza cortada empujara a la anterior obligándola a bajar.

$$Fexp = Fc * 1,5\%$$

Fexp = 27896,224 *1,5% = 418,44336 Kp

RESISTENCIA DE LOS PUNZONES A PANDEO

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos y, que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión
.
Debido a su forma de trabajar, los punzones están sometidos a un esfuerzo de pandeo igual a la fuerza de cizalladura que realizan.
La longitud máxima de un punzón para evitar el fenómeno de pandeo se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Lmax = (3,14^2 * E * (I / Fc)^1/2$$

Donde:
Lmax = longitud máxima del punzón
E = modulo de elasticidad (21407 kp/mm2; 210 kN/mm2)
I = momento de inercia (mm4)
Fc = fuerza de corte del punzón
Para conocer la longitud máxima que pueden tener los punzones bastará con calcular el pandeo del punzón más desfavorable, en nuestro caso, es el punzón de posicionamiento porque es el más esbelto con un diámetro de 5mm.
Utilizando la ecuación se obtiene la longitud máxima de pandeo del punzón de posicionamiento:

Para conocer la longitud máxima que pueden tener los punzones bastará con calcular el pandeo del punzón más desfavorable, en nuestro caso, es el punzón de posicionamiento porque es el más esbelto con un diámetro de 4mm.
Utilizando la ecuación se obtiene la longitud máxima de pandeo del punzón de posicionamiento:

$$Lmax = 80,30 mm$$

La longitud máxima que pueden tener los punzones es de 80,30mm, por lo que se decide que la longitud que tendrán los punzones sea de 80mm, ya que es una medida común en los punzones.
Puede parecer que se deja poco margen entre la longitud real y la longitud máxima del punzón, y que esto puede acarrear algún problema, pero hay que tener en cuenta que la longitud máxima se ha calculado como si el punzón fuera de diámetro constante y solo se le aplicaran las fuerzas en los extremos. La cabeza del punzón es más ancha y está sujetada por la placa portapunzones y el punzón es guiado por la placa guíapunzones..

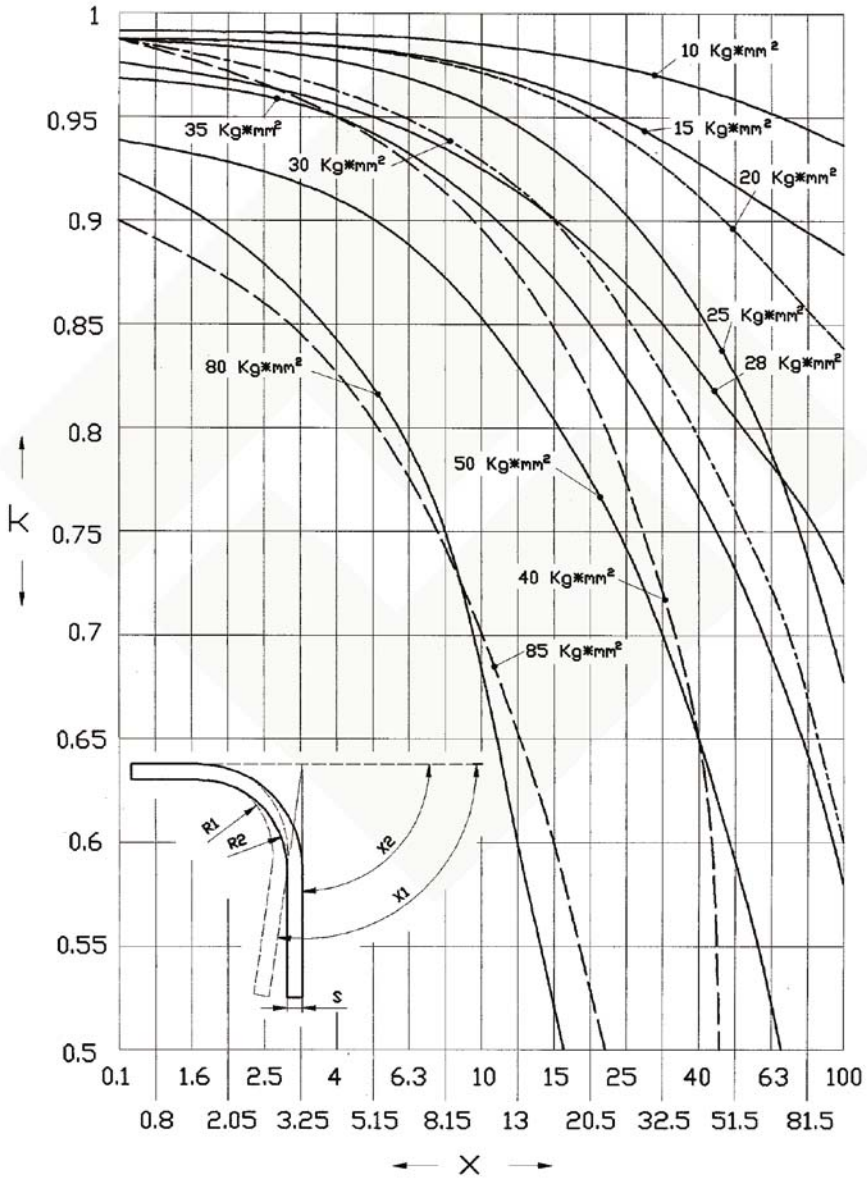
FUERZA TOTAL DEL PROCESO DE CORTE

Sera el sumatorio de todas las fuerzas calculadas anteriormente.

Ft = 418,44336 + 1394,8112 + 27896,224 = 29709,47848 Kp

CALCULOS EN EL DOBLADO

TABLA DE FACTORES



Una de las principales propiedades mecánicas de los metales es la elasticidad, en virtud de la cual un material metálico experimenta una deformación cuando actúa sobre el mismo una determinada fuerza. Si la carga no sobrepasa el límite elástico del material, recuperará su forma primitiva en el momento en que cese el esfuerzo aplicado. Contrariamente, y en caso de que el límite elástico sea superado, el material entrará en una fase de deformación plástica según la cual la deformación conseguida permanecerá aunque la fuerza deje de actuar sobre el material.

De todos modos, y aún teniendo en cuenta la deformación plástica adquirida, existe siempre un remanente elástico por el que cualquier pieza sometida a un proceso de doblado tiene tendencia a recuperar ligeramente su forma original

Para conseguir los ángulos deseados hay que calcularlos de la siguiente manera

X2 = Angulo final

X1 = Angulo necesario

R1 = Radio final

R2 = Radio necesario

1- QUINTA FASE

Doblado superior

R1 = 2 mm X2 =45º

X = R1 / e = 2 / 0,5 = 4

Vamos a la gráfica y sale un valor aproximado de K = 0,92

X1 = X2 / K = 45 / 0,92 = 48,9º

R2 = K*(R1 + e/2) – e/2 = 1,82 mm

Doblado inferior

X1 = 54,2º

R2 = 4,94 mm

2- SEXTA FASE

X1 = 70,3º

R2 = 3,75 mm

3- SEPTIMA FASE

X1 = 46,875º

R2 = 3,75 mm

FUERZA DE DOBLADO

La fuerza de doblado se calculará con la siguiente fórmula:

$$Fd = (b * e * Kd)/6$$

Donde:

b = ancho del material a doblar
e = espesor de la chapa
Kd = coeficiente de resistencia a la flexión
El coeficiente de resistencia a la flexión se puede aproximar al doble de la resistencia al corte del material, por lo que: Kd =120 kg/mm2

D1 = 103,2 Kp

D2 = 212,5 Kp

D3 = 109,6 Kp

D4 = 212,5 Kp

D5 = 224,7 Kp

D6 = 224,7 Kp

D7 = 505,1 Kp

Fuerza de doblado total

Fdt = 1592,3 Kp

ESFUERZO EN LOS MUELLES

El esfuerzo que tienen que soportar los muelles es la fuerza de extracción de los punzones, que es de Fext =1394,8112 Kp

Este esfuerzo se tendrá que repartir entre los 14 muelles, por lo tanto, cada muelle tendrá que soportar:

Fmuelle = 126,8 Kp

Los muelles tienen que tener una precarga superior al 5% de su longitud para evitar las circunstancias que pudieran adelantar considerablemente la rotura del muelle. Se necesitan unos muelles de 50mm de longitud, por lo que se considerará una precarga de 3mm.
La distancia que recorrerá la placa portapunzones respecto de la placa guiapunzones será de 12mm, por lo que los muelles se comprimirán esa distancia más la precarga. La compresión de cada muelle será de 14mm.
Para encontrar el muelle adecuado habrá que encontrar la constante *k* del muelle necesaria y habrá que asegurarse que la compresión del muelle no supere la deflexión máxima establecida.
Para encontrar la constante *k* necesaria se utilizará la siguiente ecuación:

$F = K * x$

Resolviendo K obtenemos

$K = 88{,}76$ N/mm

Escogeremos un muelle comercial que cumpla con estas características.

FUERZA TOTAL DEL PROCESO

Ft = 32894,078 Kp = 322,362 KN

Por lo tanto, usando un factor de seguridad de 1,2 , necesitaremos usar una prensa de 40 toneladas de fuerza.

PLANOS

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. Oferta

1.1 Contenido de la oferta

1.2 Precios de la oferta

1.3 Plazo para la presentación de la oferta

2. Indicaciones generales

3. Plazos

3.1 Calendarios detallados de los plazos

3.2 Pena contractual

3.3 Garantía

4. Responsabilidades

5. Documentos de fabricación

6. Materiales de chapa de las piezas

6.1 Calidades de chapa

6.2 Abastecimiento del fleje de acero

6.3 Lubricado adicional del fleje de acero

7. Calidad de las piezas troqueladas

8. Instalaciones de producción

8.1 Valores característicos de prensas

8.2 Fuerza de punzonado

8.3 Rendimiento de las líneas de prensa y número de golpes

9. Diseño y fabricación de útiles

10. Dimensionamiento de útiles

10.1 Operaciones de conformado

10.2 Operaciones de corte y punzonado

10.2.1 Retales de chapa

10.3 Carros

10.4 Zona de pisado de los componentes activos del útil.

10.4.1 Útiles de corte

10.4.2 Útiles de conformado

10.5 Materiales del útil y tratamientos térmico y químico

10.5.1 Calidad de los aceros

10.5.2 Tratamiento térmico con eventual tratamiento térmico de su superficie

10.5.3 Dureza de cuchillas de corte

10.6 Ejecución de detalles de útil

10.6.1 Altura del montaje de útiles

10.6.2 Transporte de los útiles

10.6.3 Montaje de los útiles de prensa

10.6.4 Centraje de los útiles

10.6.5 Amarre de útiles

10.6.6 Guiado de útiles

10.6.7 Controles de posición del fleje

10.6.8 Almacenamiento de útiles

10.6.9 Volteo de útiles

10.6.10 Orificios de referencia

10.6.11 Identificación de piezas

10.6.12 Paso de los útiles

10.6.13 Conexión eléctrica

10.7 Piezas estandarizadas

11. Coloración e identificación

12. Modificaciones en los diseños de la pieza

13. Piezas de muestra

13.1 Muestreo de piezas

14. Puesta a punto y ajuste de útiles

15. Homologación previa y homologación

15.1 Pre-homologación en la sede del proveedor

15.2 Suministro de útiles

15.3 Homologación en la sede del cliente

16. Documentación técnica del proveedor

1. OFERTA

1.1 Contenido de la oferta

La oferta se presentará en los formularios especificados de conformidad con los documentos de diseño y fabricación facilitados por el cliente. La oferta incluirá lo siguiente:

- Hojas de oferta cumplimentadas integrante por cada gama de útiles.
- Confirmación de plazos.
- Método-plan provisional.
- Tarifa horaria para el diseño de modificaciones entre las autorizaciones P y B.
- Tarifas horarias (tarifa horaria por hora de diseño, tarifa horaria por hora de fabricación y otras tarifas) para modificaciones posteriores a la autorización B.
- La calidad de materiales prevista en la oferta, especialmente para los punzones y las cuchillas de corte.

1.2 Precios de la oferta

El pliego de condiciones constituirá la base de los precios de la oferta. Los costes de los medios de producción y accesorios se enumerarán en detalle. Los precios se indicarán en euros sin IVA y serán considerados como precios firmes válidos hasta la homologación de los medios de producción.

El cliente se reserva el derecho a adjudicar pedidos parciales del volumen de solicitud de oferta. Los precios ofertados no podrán verse modificados por ese motivo.

1.3 Plazo para la presentación de la oferta

La oferta se presentará en el idioma del cliente, en ambos casos por duplicado, el departamento de compras.

2. INDICACIONES GENERALES

Los medios de producción se dimensionarán para una producción diaria sobre demanda. El proveedor estará obligado, si fuera necesario, a procurarse por sí mismo de los documentos que falten, reclamándoselos bien al departamento de planificación del taller de prensas o bien a los departamentos especializados correspondientes. Los requeridos serán útiles de prensa homologada, en servicio y ajustada en las prensas de producción, que se correspondan con los estándares y el presente pliego de condiciones. Con este fin, se tendrán en cuenta las normas legales vigentes en la nación del mandatario, las normas del cliente y las normas del país del cliente.

Las optimizaciones y reajustes de las simulaciones diseñadas de forma conjunta serán parte integrante del contrato básico, a menos de haberse procedido a su encargo por separado. Preferentemente, se exigirá que el desarrollo y fabricación de los medios de producción tenga lugar en la compañía del mandatario con el que se haya concluido el contrato.

Diseño

En general se requiere que los trabajos de diseño se realicen en la sede del mandatario. De recurrirse a subcontratistas, el cliente exigirá que, antes de verificarse la presentación oficial de los diseños en su sede, se autorice internamente el diseño en la sede del mandatario. Los diseños en la sede del cliente serán presentados por los proyectistas de la empresa suministradora.

Fabricación

Los útiles de forma o los útiles de corte complicados deberán fabricarse en la sede del mandatario, mientras que los útiles de corte más sencillos podrán fabricarse en la sede del subcontratista una vez se disponga de la autorización al efecto del demandante.

El mandatario correrá con los gastos resultantes de los trabajos suplementarios que haya que realizar como consecuencia de no haberse alcanzado los niveles de calidad exigidos o suscitarse problemas funcionales. Con este fin, el mandatario pondrá a disposición del cliente personal cualificado.

El suministro del objeto del contrato se verificará respetándose tanto las normas y disposiciones vigentes en el país de origen como las normas y disposiciones del país del cliente.

3. PLAZOS

Los calendarios de plazos serán parte integrante e inseparable del proyecto. El cliente requerirá que se elaboren un calendario básico de plazos y un calendario de plazos detallado en formato Excel.

El fabricante organizará los plazos de los volúmenes de prestación de tal manera que el marco de plazos comprendido entre el inicio de la fabricación (autorización B) y la producción de piezas en la sede del cliente sea respetado en todo momento.

Por regla general, se hará que toda modificación en los plazos (incluyendo las debidas modificaciones introducidas por el propio cliente) sean autorizadas por escrito por nuestro departamento de Planificación de fabricación del taller de prensas.

3.1 Calendarios detallados de los plazos

Como muy tarde a las 4 semanas de haberse adjudicado el pedido, el proveedor elaborará calendarios detallados de plazos del proyecto basándose en los plazos

especificados por el cliente y organigramas detallados de actuación de algunos útiles (en formato Excel), y se los presentarán para su aprobación.

3.2 Pena contractual

De no cumplirse los plazos se deducirá al proveedor una pena contractual por valor de 0,5% del valor del pedido por cada semana concluida, y en total por un máximo del 5% del valor contractual.

Los retrasos con respecto al plazo establecido podrán compensarse total o parcialmente en plazos a continuación penalizados, de haberse recuperado total o parcialmente la demora. El cliente podrá o bien facturar de inmediato la pena contractual o efectuar su compensación con futuras obligaciones de pago.

El pago de la pena no ejercerá influjo alguno en el derecho del mandante a la indemnización de un daño eventualmente mayor.

3.3 Garantía

El proveedor asumirá por un período de 24 meses la garantía ilimitada de calidad, especialmente en lo relativo a los materiales, ejecución y funcionamiento de la instalación que haya de suministrarse, a contar desde la fecha en que ambas partes firmen el protocolo de entrega y recepción y haya expirado un servicio permanente de 4 semanas sin apenas problemas, y como muy tarde transcurridos 30 meses desde la fecha de la última entrega.

Además, el proveedor garantizará que la entrega se corresponda en todas sus piezas con el estado actual de los conocimientos técnicos y que en ella se haga uso de los materiales y componentes más apropiados.

El proveedor confirmará que la instalación no presente vicios que afecten a su seguridad a los efectos de la responsabilidad debida a productos defectuosos. El proveedor asumirá la garantía por los servicios nombrados en el presente pliego de condiciones, por las propiedades garantizadas y, en caso de no haberse garantizado algunas propiedades, por las propiedades habituales en el sector.

De no corresponderse la instalación suministrada o partes de ella con las propiedades nombradas o demostrase inutilizable o aquejada de vicios dentro del período de garantía debido a deficiencias de diseño, materiales, fabricación o montaje, éstas deberán ser reemplazadas a título gratuito, de inmediato y sin formular objeciones por el mandatario a primer requerimiento.

Los repuestos suministrados estarán sujetos a las mismas condiciones. De descubrirse la presencia de vicios, ésta será comunicada sin demora por escrito al proveedor, con el fin de que pueda garantizarse su inmediata subsanación.

El proveedor decidirá de inmediato con el cliente si deben efectuarse reparaciones o un suministro de reposición, así como si la reparación deberá ser realizada por su personal especializado o por terceros, reembolsando el proveedor los costes.

Garantía de cumplimiento

De no renunciarse expresamente en el pedido a una garantía de pago (garantía fiadora de propia deuda con prohibición de depósito para el cumplimiento de las obligaciones del mandatario), el mandatario deberá presentar una garantía de un banco de primera categoría por el valor acordado por las partes contratantes, o como mínimo por el 20% del precio de fábrica, en las tres semanas siguientes a la conclusión del contrato.

4. RESPONSABILIDADES

El fabricante de los útiles estará obligado a subsanar todos los vicios de los mismos hasta garantizarse su perfecto funcionamiento. Para ello, asumirá toda la responsabilidad y los costes con ella vinculados. Los útiles se adecuarán a la producción en serie y satisfarán lo requerido por el presente pliego de condiciones.

Las propuestas de mejora requerirán, para su realización, su aprobación. Los aumentos y reducciones con ellas vinculados serán correspondientemente compensados.

Identificación de productos químicos peligrosos: en todos los suministros, el proveedor estará obligado a observar incondicionalmente todo lo definitivo en las normas jurídicas y técnicas pertinentes, sobre productos y dispositivos químicos, en la versión de las normas más recientes, en la Ordenanza del Ministerio de Industria y Comercio sobre el tipo de ejecución e identificación de los embalajes de productos y dispositivos contenido de las hojas de datos de seguridad de productos y dispositivos químicos peligrosos.

El proveedor estará obligado a indicar en el idioma del cliente, en todos los embalajes autónomos, todas las indicaciones requeridas por cada una de las normas jurídicas y técnicas que sean pertinentes.

El proveedor estará obligado a una indemnización por todos los daños y perjuicios que se deriven del incumplimiento de lo definido en todas las normas jurídicas y técnicas que sean pertinentes.

5. DOCUMENTOS DE FABRICACIÓN

Para la fabricación de los útiles se facilitarán documentos en la forma de planos técnicos de todas aquellas piezas o elementos que lo requieran.

6. MATERIALES DE CHAPA DE LAS PIEZAS

6.1 Calidades de chapa

El proveedor se compromete a suministrar siempre la misma calidad de chapa, o equivalente, debiendo correr con los gastos derivados del descenso de la calidad de la misma.

6.2 Abastecimiento del fleje de acero

La chapa que se necesite en la puesta a punto o para la fabricación de piezas de ensayo, o piezas de serie O, será facilitada por el proveedor de los útiles a continuación de que se haya concedido su aprobación al fabricante de chapa.

6.3 Lubricado adicional del fleje de acero

Por regla general, el fabricante dimensionará los útiles de forma que no sea necesario proceder a un nuevo engrasado del fleje antes del proceso de fabricación

7. CALIDAD DE LAS PIEZAS TROQUELADAS

El proceso de fabricación de las distintas piezas de chapa se estructurará de manera que se cumplan los siguientes criterios:

Una superficie correcta, es decir, que no contenga ondulaciones, abolladuras, picaduras, etc. Las piezas tienen que poder ensamblarse sin necesidad de repasarlas.

Todas las medidas tienen que situarse dentro de la tolerancia exigida. La acreditación de la repetitividad de las medidas relevantes para el ajuste deberá verificarse en la fabricación de la serie O, valiéndose de un conjunto de piezas distribuidas a lo largo de todo el lote.

De no haber alcanzado las piezas de serie O suministradas el estatus de calidad requerido, el suministro a continuación necesario, en el que se cumpla dicho estatus, correrá a cargo del proveedor. Los plazos, incluidos los de dichos segundos suministros, no podrán salirse del marco acordado.

8. INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN

8.1 Valores característicos de prensas

El mandatario se compromete a representar en el diseño de los útiles los valores característicos de prensa facilitados en los documentos de prensas. La presión del pisador se distribuirá sobre toda la superficie del pisador de la máquina de producción (compénsese eventualmente mediante resortes helicoidales, para evitar soluciones unilaterales del portapunzones). Especial atención deberá prestarse al esfuerzo mínimo del pisador.

Se tendrá en cuenta la presión superficial teórica.

8.2 Fuerza de punzonado

El mandatario será responsable de que la fuerza de punzonado de las prensas previstas por el cliente sea suficiente para los útiles que deban fabricarse.

8.3 Rendimiento de las líneas de prensa y número de golpes

El rendimiento mínimo acordado de las distintas instalaciones de fabricación deberá alcanzarse respetándose los ciclos de la línea de prensas. El mandatario se atendrá al número de golpes especificado. La gama de útiles deberá producir de forma repetida y estable piezas correctas en la cantidad acordada, con el número de golpes prescrito, lo cual deberá acreditarse en un test de capacidad.

9. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ÚTILES

El proveedor presentará el proyecto de diseño de los útiles de prensa, incluyendo el método-plan, a efectos de (una posible) reclamación, así como para su aprobación (tras haberse subsanado las deficiencias eventualmente descubiertas).

El diseño y la fabricación de útiles y accesorios serán, con inclusión de su puesta a punto, objeto de un seguimiento por empleados especializados del cliente.

Por principio, el diseño y la fabricación de útiles se regirán por las normas e instrucción de diseño del cliente, incluyendo distintos códigos de normas. De existir diferencias entre apartados del pliego de condiciones y las normas, el pliego tendrá máxima prioridad.

El diseño de los útiles se concebirá de manera que en cada uno de los distintos útiles resulte posible alimentar y descargar piezas manualmente, con la única excepción de las prensas. La solución constructiva de los útiles deberá posibilitar una producción sin problemas y en la que se garantice la seguridad del proceso tanto en las instalaciones de producción como en las de fabricación de repuestos.

El diseño y fabricación de los útiles deberán posibilitar, en caso de problemas graves en la prensa o en la producción de pieza del servicio postventa tras la salida del modelo, que se fabriquen piezas en una línea de prensas convencional con prensas de efecto

simple de 5000 KN. Los útiles de prensa se fabricarán teniéndose también en cuenta su posible amarre en la prensa de puesta a punto.

Los útiles de prensa destinados a las líneas manuales convencionales de prensa se equiparán con rampas.

10. DIMENSIONAMIENTO DE ÚTILES

En la solución constructiva y la fabricación se tendrán en cuenta tanto las prensas de producción como de reserva, lo cual se comprobará de forma práctica en la homologación de los útiles de prensa, incluyéndose el suministro de todas las placas reductoras para las prensas de reserva (dichas placas se necesitarán para el punzón de corte y el pisador en todas las prensas; además, deberán suministrarse todas las placas de amarre que se necesiten para el montaje de los útiles tanto en las prensas de producción como en las de reserva).

Los útiles se solucionarán constructiva y técnicamente de tal forma que entre las distintas operaciones no sea necesario girar la pieza (la posición de las piezas será uniforme). La pieza debería transportarse a través de la línea de prensas en la línea central del troquel.

La seguridad del proceso será garantizada por útiles sencillos y de fácil mantenimiento. Se emplearán piezas normalizadas y comerciales de costes óptimos.

En el diseño se tendrán en cuenta las posibilidades de mecanización.

10.1 Operaciones de conformado

Preferentemente se utilizarán punzones con forma normalizada. Las zonas de los útiles sometidas a solicitaciones se diseñarán teniéndose en cuenta que puedan sustituirse rápidamente.

10.2 Operaciones de corte y punzonado

La holgura de corte se reducirá en la chapa del 8% a10% al 3% a 5% del espesor de chapa con el fin de disminuir la formación de rebabas. Las guías se ajustarán con precisión para evitar despuntados y rupturas de cantos de corte.

En punzones de corte y casquillos de corte, empléese únicamente los elementos a los que hacemos referencia en los planos.

En lo posible se evitarán cortes de carro. De ser indispensables, se empleará una guía prismática para las partes superiores. Se controlarán los retales de las guías prismáticas (peligro de rotura).

Se emplearán expulsores alojados en el punzón de corte en concepto de medio auxiliar para la evacuación de las piezas. En ningún caso se hará uso de expulsores de gas a presión. En caso de problemas con la descarga de los retales en los canales de los útiles, esto se solucionará calándose los postizos y cuchillas superiores, de forma que la parte superior penetre más profundamente en el corte. Si fuese preciso, se emplearán machos de corte con expulsores incorporados.

No deberían utilizarse alojamientos en suspensión de útiles cortantes.

10.2.1 Retales de chapa

Evacuación de retales

El mandatario se compromete a presentar el modelo de fundición del cuerpo del troquel con el fin de identificar posibles errores en la evacuación del retal antes de su fundición. La evacuación del retal se simulará ya en el modelo mediante plantillas de retal. Para evitar 'colgantes de chapa', las rampas de evacuación se realizarán en forma de U, con radios en las esquinas. Los radios se realizarán en función del retal de que se trate, garantizándose una evacuación sin problemas.

Las rampas se equiparán con chapa estriada. Las rampas se adaptarán al cuerpo del útil hermetizándose las juntas. El retal se dividirá en su longitud máxima y se evacuará al borde de la mesa de la prensa y a los cajones de retales y después (en la dirección del flujo) de la prensa (hasta las prensas, donde la evacuación se verifica lateralmente).

La evacuación del retal en las líneas de prensa no podrá estorbar los trabajos del personal encargado de su funcionamiento. Se preverán cajones que permitan evacuar el retal en todas las posiciones. No se preverán rampas abatibles para evacuar el retal (tienden a crear problemas).

Rampas de retales

Las rampas de retales y las rampas vibratorias que sobresalgan del útil se protegerán contra posibles golpes al manipularse las grúas (por ejemplo, configurando lateralmente la fundición o haciéndolas abatibles y equipándolas con un bloqueo para la posición de reposo, etc.).

Cuchillas de corte

Directriz para el diseño de cuchillas de corte conforme a las normas correspondientes.

En los útiles de corte, las cuchillas de corte largas se subdividirán en segmentos. Las cuchillas superiores tienen que poder sustituirse en estado de montaje (es decir,

encontrándose el útil en la prensa), y no se podrán superar una longitud máxima de unos 300mm ni un peso de 15 Kg por segmento.

En presencia de contornos complicados, se preverán y suministrarán además postizos d corte y piezas de repuesto independientes.

Los cortes se realizarán en forma de operaciones de corte por etapas y las áreas de corte del contorno en forma de operaciones de corte de cizalla nuevamente subdivididas en etapas.

Sólo se emplearán punzones de corte de una pieza en series pequeñas; de lo contrario, se hará uso de postizos de varias piezas para zonas críticas.

De superar 1,2mm el espesor de chapa, las cuchillas de corte se asegurarán con chavetas por regla general, respaldándolas con piezas refundición o equipándolas con pasadores en caso necesario.

En las chapas galvanizadas, las cuchillas tienen por regla general que equiparse con uñas o respaldarse por detrás (chavetas, pasadores).

De tener que soldarse algunos postizos durante las reparaciones, el proveedor tendrá que cambiarlos por otros nuevos antes de iniciarse la producción en serie. Los casos concretos en que sea necesaria la soldadura, se solucionarán de común acuerdo con el cliente.

Al punzonar o efectuarse operaciones similares no deben emplearse carros guiados por pisadores. El motivo se debe a que al trabajarse chapas más gruesas (valor superior de tolerancia) se guían punzones fuera de los casquillos de corte.

Punzones, machos y casquillos de corte

Es necesario emplear punzones normalizados. De practicarse varios orificios idénticos, exigimos que en los punzones normalizados se aplique la misma longitud de punzón 1=80 (debe tenerse en cuenta en los diseños del útil). Los componentes del útil que vayan a ser sometidos a grandes solicitaciones (machos de corte, etc.) se diseñarán de forma que sea posible sustituirlos con rapidez (en la prensa). Los casquillos de corte se realizarán como casquillos insertos (sin pasadores).

10.3 Carros

Sólo se admitirán carros cuando no sea posible una mejor solución constructiva. No deben utilizarse carros de pínula (guiados con pisadores).

Al montarse o desmontarse el pisador principal se tendrá en cuenta en el diseño que no sea necesario desmontar el carro (o sus componentes).

Al diseñarse los carros, se tendrá cuidado de que su superficie de trabajo se encuentre en el eje del carro.

Al emplearse carros, tienen que preverse superficies de cuña lo suficientemente grandes (téngase en cuenta la presión de superficies).

Con el fin de que no haya problemas al alimentar y descargar la pieza estampada, en el diseño de los carros se preverá una distancia suficiente en los carros que hayan partido.

En los carros 'aéreos' se garantizará que no puedan depositarse retales de chapa en las superficies de las cuñas. Estas últimas tendrán forma prismática.

No deben equiparse con pasadores las guías de los carros, sino que es necesario respaldarlas o equiparlas con chavetas en la parte de atrás. Los pasadores podrán autorizarse en casos excepcionales; la decisión se tomará al cotejarse la documentación de los planos.

Todas las superficies de deslizamiento de los carros se equiparán con regletas de guiado, emparejándose correctamente el material de las piezas contrapuestas (acero - bronce templado) (a excepción de las unidades normalizadas, en las que las regletas carecen de equivalente).

En los componentes del carro que se apoyen se identificará el espesor de la cuña lanzadera de expansión con letras con bajo relieve (para reparaciones).

Guía de corredera de los útiles con carro conforme a la norma correspondiente.

Diagrama cinemáticas de un útil con carros/ normativa correspondiente.

10.4 Zona de pisado de los componentes activos del útil

La zona de pisado de los componentes activos del útil podrá minimizarse observándose la especificación para troqueles individuales nombrada abajo. Este hecho no podrá influir en modo alguno en la calidad de las piezas troqueladas, de la cual será integrante responsable el mandatario.

10.4.1 Útiles de corte

La zona de pisado (adaptándose los postizos de corte y el pisador al color de marmoteado) se realizará en los útiles de corte en una anchura mínima de 5 a 1 Omm. El contorno de forma de la pieza troquelada se adaptará en una anchura de unos 50-60mm (punzón).

Las partes internas inferior y superior del útil se solucionarán con 0,5mm con una zona de transición de por lo menos 50mm.

10.4.2 Útiles conformadores

La zona de pisado (adáptense el punzón de corte y el troquel al color del marmoteado) se realizarán en los útiles conformadores en una anchura de 64mm.

La parte interna del troquel se solucionará en 0,3mm con una zona de transición de por lo menos 50mm.

10.5 Materiales del útil y tratamientos térmico y químico

10.5.1 Calidad de aceros

El fabricante de los útiles se compromete a suministrar una calidad de los aceros impecable. No se tolerarán rechupes (porosidades). Se empleará un material pobre en rechupes.

En aceros aleados, el fabricante de los útiles aportará un certificado en forma de datos analíticos del material.

Las probetas de los distintos aceros, se realizarán garantizándose una correlación precisa. Identificación por número de útil y denominación de material.

Las probetas de los diversos aceros se dispondrán en la velocidad de la superficie de trabajo. Una probeta por cliente y una probeta por proveedor.

El acero de la probeta deberá permanecer junto al cuerpo base hasta su dictamen de quitarse y sólo podrá quitarlo el cliente.

Los cuerpos base del útil se dimensionarán conforme a la norma de espesores, de forma que el montaje de una armadura pueda efectuarse sin problemas.

10.5.2 Tratamiento térmico con eventual tratamiento térmico de superficies

Por regla general, los tratamientos térmico y químico el útil se construirá un componente del pedido. Los costes del tratamiento térmico correrán a cargo del fabricante de los troqueles.

El tipo de tratamiento superficial deberá acordarse con el cliente. Su definición tendrá lugar en el FMEA.

El fabricante de los útiles estará obligado a llamar la atención sobre las partidas de riesgo de los útiles de prensa y presentar un proyecto sobre el tipo de tratamiento

térmico y (eventualmente químico) de la superficie. Por principio, se dimensionarán los útiles observándose lo requerido para el material descrito en los planos técnicos.

Se templará la capa marginal de pisadores, matrices y punzones sometidos a grandes solicitaciones.

En pisadores y troqueles sometidos a solicitaciones inferiores (en función del programa).

Plasma nitrurado para útiles sometidos a solicitaciones inferiores (en función del programa)

El punzón de corte se templará parcialmente.

10.5.3 Dureza de cuchillas de corte

En general, el fabricante de los útiles templará las cuchillas de corte. Los procedimientos de templado pueden ser:

Templado a láser:

Material laminado 1.2358 aprox. 60 HRc

Material fundido 1.233 aprox. HRc.

Templado tras calentamiento volumétrico:

Material laminado 1.2363 Parte inferior 56-2 HRc.

Parte superior 58-2 HRc:

Material fundido 1.2370 Parte inferior 56-2 HRc.

En grandes cuchillas de corte (>120mm de altura con contorno de forma) se admitirá un templado a láser.

10.6 Ejecución de detalles de útil

10.6.1 Altura de montaje de los útiles

Para los distintos parámetros véanse los documentos de prensa e instrucción de trabajo. También será necesario tener en cuenta la altura de montaje de los útiles de determinadas prensas. Dicha altura deberán respetarla incluso los elementos de almacenaje orientables.

10.6.2 Transporte de los útiles

Las partes superior e inferior de los útiles serán equipados con bulones de transporte. Su ejecución se atendrá a la norma correspondiente.

Deberá fresarse una superficie de apoyo en torno a las roscas de transporte en función del medio de manipulación que vaya a emplearse:

M12 - 045, M16- 055, M20 - 065, M24- 085, M30- 0105.

10.6.3 Montaje de los útiles de prensa

Para facilitar el montaje serán necesarias superficies pasantes en la zona de ranuras en T.

10.6.4 Centra je de los útiles

Para la ejecución de centraje de los útiles véanse las normas pertinentes.

10.6.5 Amarre de útiles

Ejecución conforme a los respectivos documentos de presa. En caso de asiento automático de amarre de la parte superior, deberán preverse también ranuras de amarre para sujeción manual. En el diseño y fabricación de los útiles de prensa se tendrá en cuenta el asiento automático de amarre para la prensa TR de puesta a punto.

10.6.6 Guiado de útiles

Guiado a través de placas y columnas conforme a la normativa correspondiente. El radio (Rd) de las columnas guía dependerá del tamaño del útil. El guiado del útil se realizará conforme a los siguientes parámetros:

Producción de 700 veh./día - combinación de material de bronce con acero templado.

Producción de 700 veh./día - combinación de materiales de bronce con fundición, dimensionándose la fundición para posibles placas por cementación .

El guiado del útil y el guiado de todas las unidades de carro se realizarán en la combinación de bronce + acero templado.

10.6. 7 Controles de posición del fleje

Los útiles que trabajan en las prensasen régimen automático se equiparán con detectores de pieza.

Los sensores de los controles de posición de pieza se distribuirán diagonalmente.

10.6.8 Almacenamiento de útiles

Los útiles que trabajen en las prensas en régimen automático se equiparán con elementos y resortes de gas a presión de almacenaje orientables con los que elevar la parte superior del troquel.

Se emplearán distanciadores de almacenamiento y auxiliares que satisfagan la norma correspondiente. Los resortes de gas de almacenamiento se diseñarán de forma que resulte posible anular su función antes de la producción abatiéndolos.

10.6.9 Volteo de útiles

Las partes superior e inferior de los útiles (incluyendo las placas de amarre) deberán estar equipadas con ranuras y orificios de centraje para el dispositivo de volteo.

10.6.10 Orificios de referencia

Se preverán orificios de centraje para el mecanizado.

10.6.11 Identificación de piezas

Fecha de producción.

Número de pieza.

Número de ensamblaje.

10.6.12 Peso de los útiles

Teniéndose en cuenta la capacidad de transporte de las grúas, los útiles se diseñarán de forma que su peso no exceda las 50T.

10.6.13 Conexión eléctrica

Para la reglamentación del equipamiento eléctrico y la colocación de las conexiones para cables en los útiles de prensa véanse los documentos de prensa.

10.7 Piezas estandarizadas

Se exige que se empleen las piezas estándar indicadas en la documentación del proyecto. Todas las demás piezas deberán poder sustituirse sin efectuarse adaptaciones y ser aprobadas por el cliente.

11. COLORACIÓN E IDENTIFICACIÓN

La mano de pintura se verificará conforme a la norma correspondiente. Para los útiles de prensa la mano de pintura se aplicará en RAL 5012 BLU CHIARO. Para la marcación de seguridad se empleará el color amarillo RAL 1018, GIALLO ZINCO,en franjas de 20mm de anchura y una letra 'N' bien visible con una altura de 1 OOmm (en el frente del troquel), y el color rojo RAL 3000, ROSSO FUOCO, para todas las zonas susceptibles de aplastamiento y cizallamiento, componentes móviles y otras zonas de peligro.

Los útiles y todos los accesorios se equiparán con letreros de identificación:

Letrero de identificación de útil (núm. de pieza, peso del útil, núm. de útil, etc.). Estos números de útiles de prensa serán facilitados por el cliente.

Placas de transmisores eléctricos.

Letreros de aviso de útiles peligrosos: franjas amarillas en una anchura de 20mm + 'N'.

Para la identificación de la dirección de flujo véase la norma correspondiente.

12. MODIFICACIONES EN LOS DISEÑOS DE LA PIEZA

Llamamos expresamente la atención sobre el hecho de que todas las modificaciones de pieza que no influyan en un incremento del valor y que se produzcan con anterioridad a la fase de fabricación del medio de producción, no podrán redundar en costes para el cliente.

13. PIEZAS DE MUESTRA

Con por lo menos 4 semanas de atención al plazo acordado para el suministro de los útiles, el cliente deberá disponer de 5 piezas muestra para su inspección en el departamento de medición.

También deberá enviarse el informe de ensayo OK del fabricante de los útiles para estas 5 muestras.

Las piezas de muestra se fabricarán en el material de chapa especificado en prensas comparables a las de nuestras condiciones de producción. Al respecto; el proceso de fabricación no podrá tener lugar en prensas hidráulicas.

Basándose en el informe de ensayo y las piezas de muestra, se verificará la autorización para el suministro de los útiles.

13.1 Muestreo de piezas

El muestreo se regirá por lo dispuesto en la norma y la instrucción organizativa interna actualizadas y en vigor en la fecha del muestreo de las piezas.

14. PUESTA A PUNTO Y AJUSTE DE ÚTILES

a) El ajuste y puesta a punto de los útiles en prensas de producción y puesta a punto en la sede del cliente se realizará en un régimen de 3 turnos.

Tiempo máximo de trabajos de puesta a punto en prensas de ventosas:

15 turnos.

La puesta a punto deberá verificarse también en fin de semana. El cliente facilitará personal para prensas y grúas sólo para el intervalo de tiempo indispensable arriba indicado.

b) Sólo se intensificará la capacidad de puesta a punto disponible por encima de los intervalos máximos arriba indicados de disponerse de capacidades libres en los talleres de prensas. En dicho caso, el cliente facilitará el personal para prensas y grúas, aunque los costes resultantes costeados por el proveedor de los útiles.

c) Deberá respetarse lo estipulado a título vinculante para la puesta a punto de los útiles de prensa en lo relativo al material.

d) El fabricante de los útiles marmoleará por regla general y a la perfección los asientos de marmoteado en todos los útiles.

e) El proveedor deberá respetar las normas vigentes en el recinto de la empresa.

15. HOMOLOGACIÓN PREVIA Y HOMOLOGACIÓN

La funcionalidad, calidad de ejecución de los útiles, incluyendo prestación más automatización, y la calidad de las piezas constituirán el objeto de la homologación previa y de la homologación. Las cuestiones de procedimiento se darán a conocer por separado tras adjudicarse el pedido.

15.1 Pre homologación en la sede del proveedor

a) La función de los útiles será sometida a comprobación por el fabricante inmediatamente después de su fabricación .

b) La pre homologación se verificará como una homologación en el banco y en la prensa. En la pre homologación el fabricante presentará a la empresa pletinas de muestra y las distintas piezas operacionales.

15.2 Suministro de útiles

Útiles y accesorios se suministrarán instalados al completo y de forma que sea posible montarlos en las prensas de producción como de reserva.

15.3 Homologación en la sede del cliente

a) El chequeo + homologación de los útiles se efectuará antes y después de su puesta a punto por el proveedor en un útil completamente funcional; incluyendo la automatización y todos los accesorios.

b) El protocolo sobre la recepción en régimen de funcionamiento permanente incluirá la comprobación de la calidad, función y rendimiento, incluyendo la automatización y la calidad de las piezas.

c) Los tornillos se asegurarán tras el chequeo del útil en la sede del cliente con el 'dispositivo de retención de tornillos 242e' de la empresa LOCTITE.

d) En la fecha de la homologación, el proveedor deberá adaptar todos los documentos, planos y repuestos de los útiles una vez efectuada la puesta a punto, de modo que se correspondan con el estado actualizado del útil.

16. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL PROVEEDOR

La documentación que el proveedor deba entregar conforme a lo indicado en la norma incluirá obligatoriamente:

Datos CAD del medio de producción en formato IGS.

Planos de diseño de útil.

Los planos originales del medio de producción, las listas de piezas de la documentación de los planos y los datos CAD empleados en la fabricación de las distintas operaciones se elaborarán conforme a la norma especificada por el cliente.

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. **Presupuesto referente a la fabricación del troquel**
   1.1.Coste de los elementos normalizados
   1.2.Coste de los elementos a fabricar

2. **Presupuesto referente a la fabricación de la pieza**
   2.1.Coste de la materia prima

3. **Coste unitario de la pieza**
   3.1.Consideraciones
   3.2.Coste del mantenimiento de la matriz

4. **Costo de mano de obra directa de fabricación de las piezas**
   4.1.Costo de puesto de trabajo
   4.2.Coste de fabricación de todas las piezas

5. **Datos anuales de nuestra empresa**
   5.1.Mano de obra directa
   5.2.Mano de obra indirecta
   5.3.Costes sociales
   5.4.Gastos generales
   5.5.Presupuesto industrial
   5.6.Coste en fabrica
   5.7.Coste total
   5.8.Beneficio industrial
   5.9.Precio de venta en fabrica
   5.10.Precio de venta unitario

1. PRESUPUESTO DE LA FABRICACION DEL TROQUEL

Los costes de ingeniería, como se ha mencionado anteriormente, corresponden a todos aquellos gastos que se producen durante el desarrollo del proyecto, como son:

- Costes de los elementos normalizados
- Costes de los elementos a fabricar

1.1 Costes de los elementos normalizados

En el diseño de la matriz progresiva se ha intentado utilizar el máximo número de elementos normalizados ya que el uso de estos comporta un gran número de ventajas a la hora de construir cualquier tipo de máquina.

Algunas de las ventajas de los elementos normalizados son:

- Rapidez de recambio
- Exactitud de medidas entre piezas
- Ahorro de mecanizados
- Facilidad de mantenimiento

Los elementos normalizados utilizados, excluyendo la tornillería, en la construcción, de la matriz han sido escogidos en su totalidad al proveedor INMACISA, por ser un referente en el sector de la matricería, por su relación calidad-precio y por el amplio catálogo de elementos normalizados que tiene en su página web.

En la siguiente tabla se muestran todos los elementos normalizados utilizados en la construcción de la matriz

Para conseguir el presupuesto de la lista de elementos normalizados de la tabla se contactó con el proveedor.

CODIGO	*DESCRIPCIÓN*	*CANTIDAD*	*PRECIO*	*IMPORTE*
ESP	Jaula bolas 48x125	4	52.40	209,6
ESP	Muelle	14	4.52	63,28
GL042180	Columna guía 48x240	4	35.250	141
CSA	Casquillo	4	30.510	126,04

Total presupuesto:

Base	*%IVA*	*Importe*	*Total presupuesto*
575,17	21	120,7857	695,9557

En la siguiente tabla se muestran los elementos normalizados de ferretería utilizados para el ensamblaje de la matriz: tornillería y pasadores. IVA incluido

ELEMENTOS DE FERRETERÍA	*CANTIDAD*	*PRECIO*	*IMPORTE*
Tornillos Allen M10 * 50	8	6,20	49,6
Tornillos Allen M20 * 50	14	10,30	144,2
Tornillos Allen M10 * 35	12	5,40	64,8

Los elementos de tornillería ascienden a un total de 258,6€

En la tabla siguiente se refleja el coste total de los elementos normalizados.

	TOTAL €
Elementos normalizados de INMACISA	695,9557
Elementos normalizados de ferretería	258,6
TOTAL	953,5557

1.2 Coste de los elementos a fabricar

A continuación se expone el coste de todos los elementos de la matriz progresiva que se ha de fabricar.

El coste de los elementos a fabricar se puede desglosar como:

- Coste de los materiales
- Coste del mecanizado
- Coste de los tratamientos térmicos

Componente	*Material*	*Dimensiones*	*Coste (€/Kg)*	*Coste cortar pieza (€)*	*Peso (Kg)*	*Cantidad*	*Total (€)*
Placa base superior	F-114	900X300X57	3	5	120	1	365
Placa base inferior	F-114	900X300X57	3	5	120	1	365
Placa sufridera superior	1.2379	700X170X14	4,12	4	13	1	57,56
Placa sufridera inferior	1.2379	700X170X14	4,12	4	13	1	57,56
Placa pisadora	1.2379	700X110X32	4,12	3	21,3	1	91,75
Placa porta matrices	F-114	700X170X25	3	4	23,5	1	100,8
Placa porta punzones	F-114	700X170X25	3	4	23,2	1	100,8
Placa guía punzones	F-112	700X170x37	3	4	34,8	1	108,4
Caja matriz punzón centrador	1.2379	Ø=11 L=25	6	3	0,007	1	3,042
Caja matriz punzón centrador	1.2379	Ø=11 L=25	6	3	0,007	3	3,042
Caja matriz punzón centrador	1.2379	Ø=11 L=25	6	3	0,007	1	3,042
Caja matriz punzón centrador	1.2379	Ø=11 L=25	6	3	0,007	1	3,042

Resto de matrices	1.2379		6	45	4,2		70,2
Conjunto punzones	5220		6,5	60	10,2		126,3
Anclaje superior	F-114	900X80X25	3	4	14,2	1	38,6
TOTAL COSTE MATERIALES			**1532,75€**				

El coste del mecanizado y de los tratamientos térmicos que precisan los componentes se muestra en la tabla de la siguiente página.

El coste de la hora de taller de fabricación se considera de 50 €/hora de media.

Componente	*Cantidad*	*Mecanizado (h)*	*Rectificado (h)*	*Tratamiento térmico*	*Coste tratamiento*
Placa base superior	1	24	5		
Placa base inferior	1	24	5		
Placa sufridera superior	1	20	4	Temple: 3 €/Kg	39
Placa sufridera inferior	1	20	4	Temple: 3 €/Kg	39
Placa pisadora	1	20	3	Temple: 3 €/Kg	63,9
Placa porta matrices	1	72	4		

Placa porta punzones	1	72	4			
Placa guía punzones	1	20	6	Temple: 3 €/Kg	105	
Placa de anclaje superior	1	5	2			
Conjunto Punzones		62	14	Temple: 3 €/Kg	30,6	
Conjunto matrices		104	10	Temple: 3 €/Kg	13,5	
		Total (h)	**443**	**61**	**coste tratamiento**	**277,5€**
		Total Coste	**22150**	**3050**	**Total coste materiales**	**1532,75€**
					COSTE TOTAL	**26960,25 €**

2. PRESUPUESTO REFERENTE A LA FABRICACION DE LA PIEZA

2.1 Costes de materia prima

A continuación se calcula la cantidad de material necesario y el precio para alcanzar nuestra producción mensual de 900.000 de piezas.

El precio de la banda de chapa de acero inoxidable es de 3,12 €/Kg.

El material necesario mensual vendrá definido por la producción mensual de piezas dividido entre el número de piezas que realiza la matriz en un golpe de prensa y multiplicado por el paso.

Material= (0,06)m x(900.000 / 1 pieza/golpe)= 54.000m

Se emplean bobinas de 200 metros de chapa, por tanto se realizan 270 cambios de bobinas de chapa al mes.

El coste mensual de material se calcula de la siguiente forma:

Coste= Volumen de chapa x densidad x 3,12 €/Kg

Coste= (54000 X 0.112 X 0.0005) X 7900 Kg/m^3 X 3,12 €/Kg =74535,552€

El coste del material anual que se va a utilizar en la matriz es:

Coste material= 295.317 € X 12 meses= 894426,624€

Se incluyen los costes de montaje de la matriz en el coste de trabajo, su posterior ajuste y la fase de pruebas necesarias para iniciar el proceso de fabricación de las piezas con éxito.

Proceso	*Tiempo (h)*	*€/h*	*Costes*
Montaje	6	50	300
Ajuste	8	50	400
Fase de pruebas	2	25	50
	COSTE TOTAL		**750 €**

3. COSTE UNITARIO DE LA PIEZA

3.1 Consideraciones

Se requiere saber el coste de fabricación de una pieza mediante la matriz progresiva diseñada. Por ello es necesario un estudio de todos los recursos necesarios para su producción.

El objeto del proyecto es el diseño de una matriz progresiva para la fabricación de una pieza del sector del automóvil, para una producción estimada en 900.000 de piezas.

Se considera la vida útil de la matriz en 5 años con un correcto mantenimiento

La producción diaria de piezas es:

Nº piezas= 100 golpes/ minuto X 1pieza/golpe X 60 minutos/hora =6000 piezas/ hora

La producion diaria de piezas es:

Nº piezas= 6000 piezas/ hora X 8 horas = 48.000 piezas/día

La producción mensual de piezas es:

Nº piezas= 48.000 piezas/día X 20 = 960.000 piezas/mes

Nuestra producción mensual requerida es de 900.000 piezas al mes. Como se puede ver, tenemos capacidad suficiente para cumplirla, contando con tiempos improductivos como son el mantenimiento, el cambio de bobinas…

3.2 Coste del mantenimiento de la matriz

El mantenimiento juega un papel decisivo de las piezas producidas y en la vida de la matriz

Es recomendable que cada 500.000 punzonados habrá que realizar un mantenimiento.

El hecho de tener que hacer un mantenimiento cada 500.000 punzonadas implica que cada 11 días de producción con la matriz, se debe realizar un mantenimiento.

El mantenimiento consiste en rectificar punzones y cajas matrices 0,05 mm si procede. Este mantenimiento tiene una duración aproximada de una jornada laboral, unas 8 horas. Al mes se llevarán a cabo 3 mantenimientos de este tipo.

Este mantenimiento se puede realizar un máximo de 10 veces, es decir, 10 rectificados como máximo de 0,1 mm. Al superar los 10 rectificados se deberán sustituirlos punzones y cajas matrices.

- Rectificados mensuales: 2
- Rectificados anuales: 24
- Sustituciones anuales: 2

El coste de rectificar todos los punzones y las cajas matrices 36 veces será de:

Coste= 4 h/rectificado x 20 €/h x 24 rectificados= 1920 €

A estos dos costes hay que sumarles el coste de la mano de obra de desmontar y montar los punzones y cajas matrices, así como de ajustarlos.

	Tiempo (h)	*€/h*	*Costes*
Montaje	2	20	40
Ajuste	1	20	20
		TOTAL	**60€**

Cada vez que se realiza alguna operación de montaje se produce un coste por mano de obra de 60 €. Como al cabo de un año se realizan 24 rectificados y 2 sustituciones de punzones y cajas matrices, se produce un coste de:

Coste= (24 + 2) x 60 € = 1560 €

El coste total de mantenimiento durante un año de vida útil de la matriz será:

Coste mantenimiento= 1920 + 1560 = 3480€

4. COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA DE FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS

La calculamos como el producto del tiempo de fabricación por el jornal. El proceso de fabricación está fuertemente automatizado, por tanto sólo necesitaremos un operario, el matricero, pendiente del proceso:

Mano de obra directa= 20 días x 8 horas/día x 8,33 €/hora= 1.332,8 €

Coste mano de obra directa = 1.332,8 €

4.1 Costo del Puesto de Trabajo

El costo del puesto de trabajo será igual al tiempo que la máquina está trabajando, recordemos descontar los tiempos serie, es decir, los tiempos en los cuales la máquina está parada, multiplicado por el coste del puesto de trabajo horario:

Coste puesto de trabajo= 3,60 x 19,33 x 27,5 = 1.913,67 €

4.2 Coste de Fabricación de todas las piezas

Con todos los datos obtenidos anteriormente calculamos el costo de todas las piezas:

Costo fabricación = Mano de obra directa + Materia Prima + Puesto de trabajo

Costo fabricación= 1.332,8 +(894426,624€/12) + 1913,67 = 3 547 050 €

Costo de fabricar 900 000 unidades = 77782,022€

5. DATOS ANUALES DE NUESTRA EMPRESA

Nuestra empresa está formada por la siguiente plantilla de trabajadores con sus respectivos sueldos. Tengamos en cuenta que las pagas extras están prorrateadas ya en los sueldos mensuales, para el cálculo de los costes de seguridad social. La seguridad social se paga doce veces al año, no catorce.

La mano de obra en contabilidad se refiere a la denominación de los salarios de los obreros que elaboran los productos de la fábrica. También se aplica a los salarios de los obreros que ayudan a que el producto se pueda fabricar, por ejemplo, conductores de los medios de transporte internos, electricistas, encargados de la limpieza, etc.

TRABAJADOR	*PUESTO A DESEMPEÑAR*	*SAÑARIO BRUTO MENSUAL*
Trabajador 1	Director	2500
Trabajador 2	Subdirector	2000
Trabajador 3	Oficina técnica	1500
Trabajador 4	Secretaria	1000
Trabajador 5	Encargado	1200
Trabajador 6	Becario	600
Trabajador 7	Oficial de segunda	1000
Trabajador 8	Oficial de segunda	1000
Trabajador 9	Peón	800
Trabajador 10	Peón	800
Trabajador 11	Peón	800
Trabajador 12	Mantenimiento	1500
Trabajador 13	Fresador	1000
Trabajador 14	Tornero	1000

5.1 Mano de Obra Directa

La mano de obra directa representa los salarios de los obreros de la fábrica, que hacen los productos o piezas para que la empresa los venda. No todos los salarios de la fábrica corresponden a la mano de obra directa.

Por ejemplo en nuestro caso, el trabajo del operario de una máquina que fabrica con ella una de las piezas, es mano de obra directa.

Trabajador	*Puesto a desempeñar*	*Salario bruto mensual*	*Salario anual*
Trabajador 3	Oficina técnica	1500	18000
Trabajador 5	Encargado	1200	14000
Trabajador 6	Becario	600	7200
Trabajador 7	Oficial de segunda	1000	12000
Trabajador 8	Oficial de segunda	1200	12000
Trabajador 9	Peón	800	9600
Trabajador 10	Peón	800	9600
Trabajador 11	Peón	800	9600
Trabajador 12	Mantenimiento	1500	1800
Trabajador 13	Fresador	1000	12000
Trabajador 14	Tornero	1000	12000

El coste anual de la mano de obra directa anual asciende a:

M.O.D anual= 134.000 €

5.2 Mano de Obra Indirecta

Un gerente revisa trabajos o productos diferentes. Su salario es un gasto indirecto. Son los salarios que no corresponden a un producto en particular de los que la empresa fabrica.

Por ejemplo: Una empresa fabrica coches. Los salarios de los operarios son mano de obra directa. Sus trabajos tienen relación directa con el producto que la empresa fabrica.

Pero otros empleados, como los supervisores y almaceneros, tienen funciones que afectan a muchos trabajos, no solamente a la fabricación de coches. Sus salarios o sueldos son indirectos.

Trabajador	*Puesto a desempeñar*	*Salario bruto mensual*	*Salario anual*
Trabajador 1	Director	2500	30000
Trabajador 2	Subdirector	2000	24000
Trabajador 4	Secretaria	1000	12000

Tabla 11. Mano de obra indirecta

El coste anual de la mano de obra indirecta anual asciende a:

M.O.I anual= 66,000 €

5.3 Costes Sociales

La seguridad social es uno de los principales impuestos que tiene que afrontar la empresa. El pago de dichas cuotas viene motivado por el sistema de coberturas y prestaciones que tenemos establecido en nuestro país. El coste de la seguridad social para la empresa por trabajador oscila entre el 32% y el 38% de la base de cotización, en función del puesto real desempeñado, por lo que para realizar una aproximación bastante acertada podemos considerar un tercio de la base de cotización como la cantidad a pagar por los costes de seguridad social de dicho trabajador.

5.4 Gastos Generales

Los gastos generales anuales en nuestra empresa, extraídos del ejercicio del año anterior ascienden a una cuantía de 63.360 €.

TRABAJADOR	*PUESTO A DESEMPEÑAR*	*SALARIO BRUTO MENSUAL*	*BASE DE COTIZACION*	*COSTES SOCIALES ANUALES*
Trabajador 1	Director	2500	2450	9702
Trabajador 2	Subdirector	2000	1950	7722
Trabajador 3	Oficina técnica	1500	1450	5742
Trabajador 4	Secretaria	1000	950	3762
Trabajador 5	Encargado	1200	1150	4554
Trabajador 6	Becario	600	550	2178
Trabajador 7	Oficial de segunda	1000	950	3762
Trabajador 8	Oficial de segunda	1000	950	3762
Trabajador 9	Peón	800	750	2970
Trabajador 10	Peón	800	750	2970
Trabajador 11	Peón	800	750	2970
Trabajador 12	Mantenimiento	1500	1450	5742
Trabajador 13	Fresador	1000	950	3762
Trabajador 14	Tornero	1000	950	3762

Gastos Generales anuales = 63.360 €

5.5 Presupuesto Industrial

% M.0.I. =(Remuneración M.0.I. anual/Remuneración M.O.D. anual) x 100

% M.0.I. = (66,000 / 134,000) X 100 = 49,2%

M.0.I. = 49,2% X (13831 + 953,5557+ 60) = 7273,83€

M.0.I. = 7273,83€

% C.S. =(Cargas sociales anuales/(MOD+MOI) anuales) x 100

%C.S. = (63.360 /(66,000 + 134.000)) X 100 = 31,68%

C.S. = 31,68% X (1.332,8+7273,83) = 2660.757 €

C.S.= 2726,58€

% G.G. = (Gastos generales anuales/M.O.D. anual) x 100

% G.G. = (63.360 /134.000) x 100 = 47.5%

G.G. = 47.5% X (60+ 13831+ 1.332,8 + 953,5557) = 7170.001 €

G.G. = 7684,24€

5.6 Coste en Fábrica

El costo en fábrica será igual a la suma de los costes de fabricación tanto del troquel como de la pieza, más los gastos de mano de obra indirecta, gastos generales y costes generales.

Costo en fábrica= (26960,25+ 953,55)+7273,83+2726,58+7684,24 = 45598,45 €

Coste en fábrica= 45598,45€

5.7 Coste Total

Los gastos de comunicación en nuestra empresa ascienden al 10% de los costes de fabricación, es decir:

Costes de comunicación= (45598,45+ 953,55) x 10% = 4655,2€

El coste total será igual al costo en fábrica más los gastos de comunicación.

Coste total= 45598,45 + 4655,2 = 50253,65€

Coste total = 50253,65€

5.8 Beneficio Industrial

Pretendemos obtener un beneficio industrial del 20%, por tanto:

Beneficio industrial = Coste total x 20%

Beneficio industrial= 50253,65x 20% = 10050,73€

Beneficio industrial = 10050,73€

5.9 Precio de Venta en Fábrica

Precio de venta en fábrica= 50253,65 + 10050,73= 60304,38 €

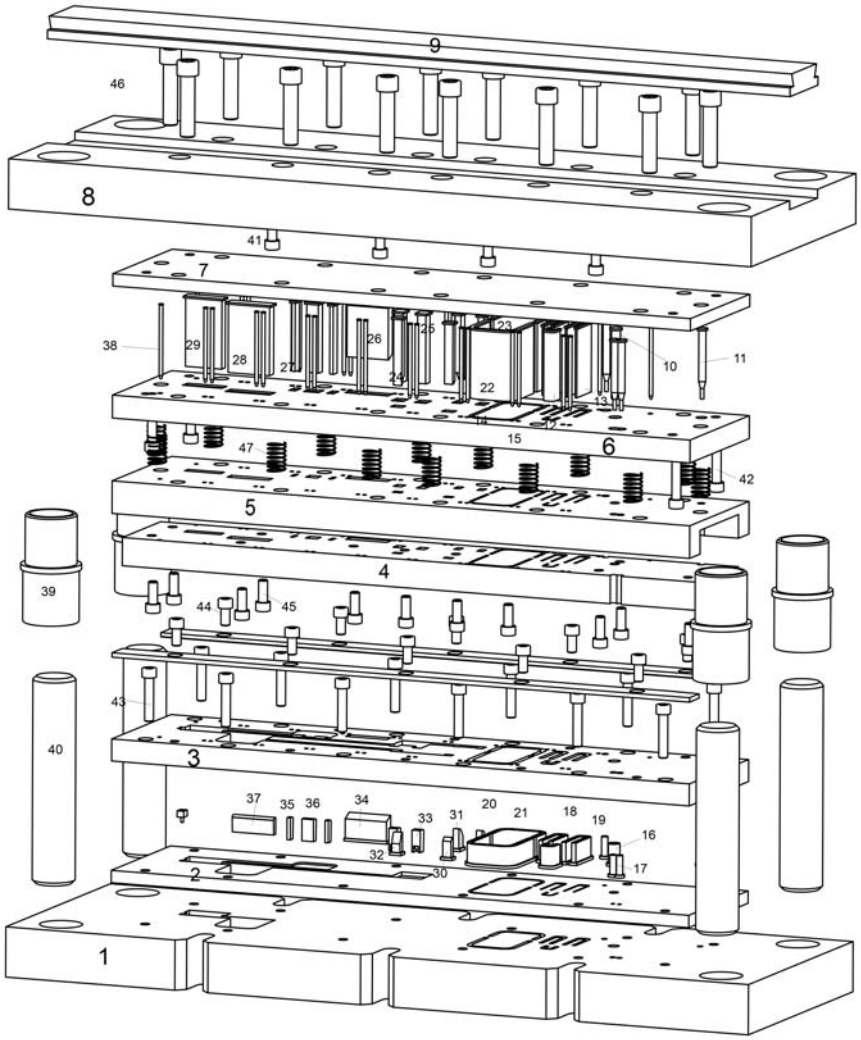
Precio de venta en fábrica = 60304,38 €

5.10 Precio de Venta Unitario

Precio de venta unitario= 60304,38/(900.000 x 12) = 0.00558 €por pieza

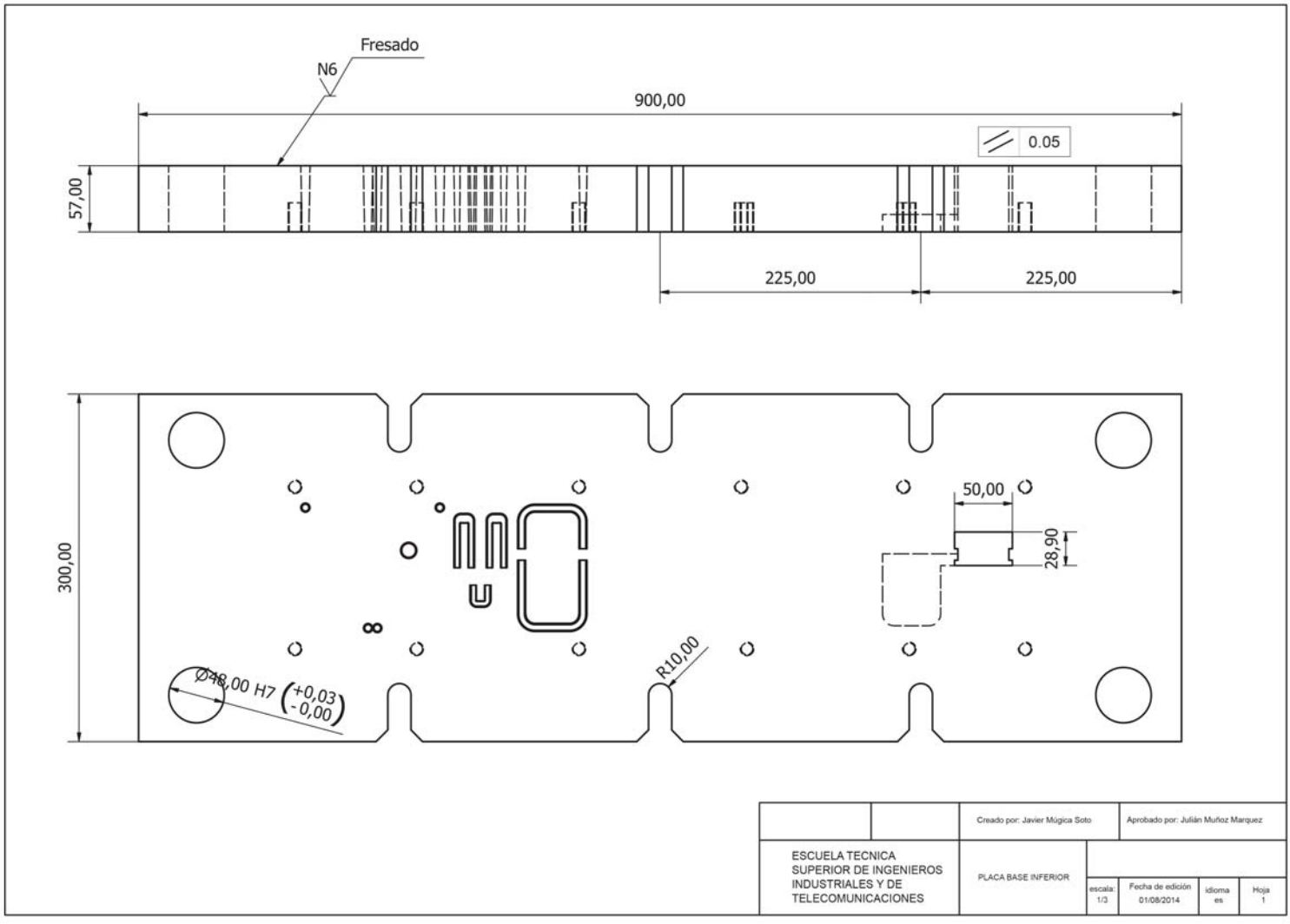
Precio de venta unitario = 0.558 céntimos

Sale un coste unitario de pieza de €. Es un coste muy competitivo, lo cual demuestra la eficacia del empleo de matriz.

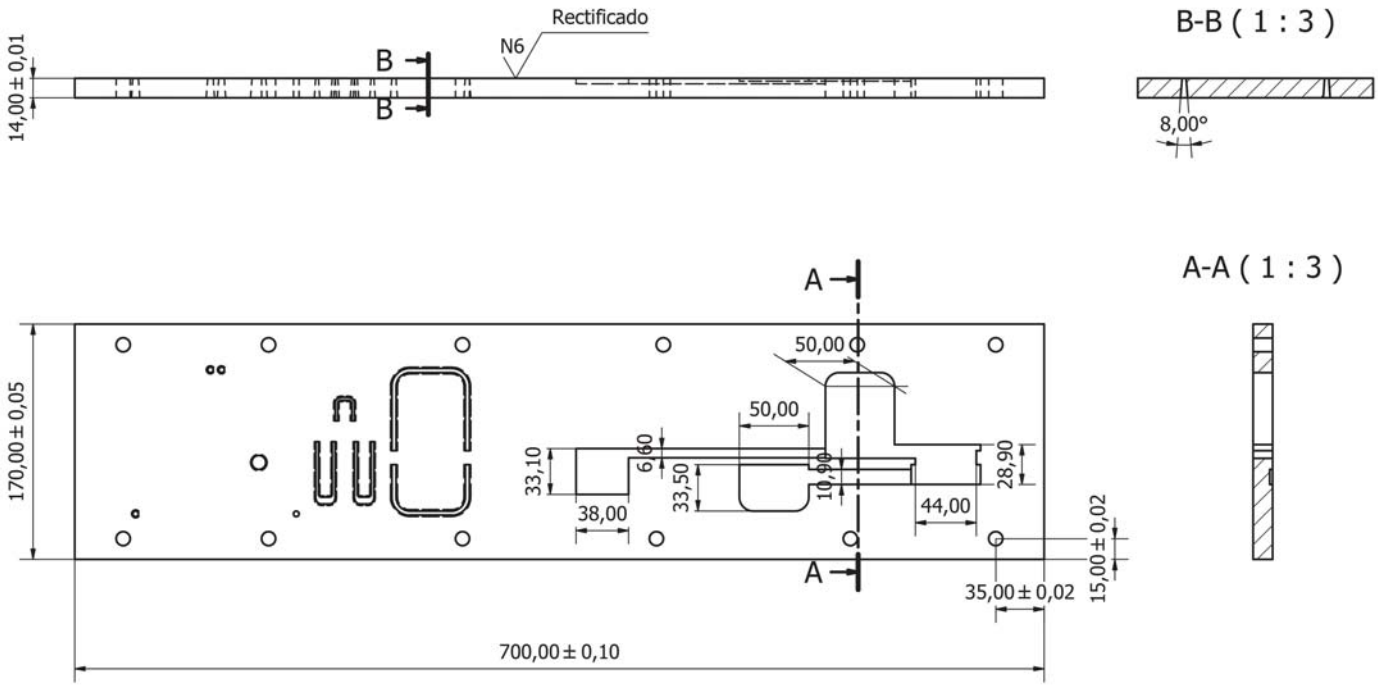


ELEMENTO Nº	CANTIDAD	NOMBRE DEL ELEMENTO
1	1	PLACA BASE INFERIOR
2	1	PLACA SUFRIDERA INFERIOR
3	1	PLACA MATRIZ
4	1	PLACA PISADORA
5	1	PLACA GUIA PUNZONES
6	1	PLACA PORTA-PUNZONES
7	1	PLACA SUFRIDERA SUPERIOR
8	1	PLACA BASE SUPERIOR
9	1	PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR
10	1	PUNZON DE CORTE DIAMETRO 20
11	4	PUNZON DE CORTE DIAMETRO 8
12	1	PUNZON DE CORTE RECORTE INTERIOR SUPERIOR
13	2	PUNZON DE CORTE RECORTE INTERIOR INFERIOR
14	1	PUNZON DE CORTE PERFIL EXTERIOR SUPERIOR
15	1	PUNZON DE CORTE PERFIL EXTERIOR INFERIOR
16	1	MATRIZ DE CORTE DIAMETRO 20
17	4	MATRIZ DE CORTE DIAMETRO 8
18	1	MATRIZ DE CORTE RECORTE INTERIOR SUPERIOR
19	1	MATRIZ DE CORTE RECORTE INTERIOR INFERIOR
20	1	MATRIZ DE CORTE PERFIL EXTERIOR SUPERIOR
21	1	MATRIZ DE CORTE PERFIL EXTERIOR INFERIOR
22	1	PUNZON DE DOBLADO PRIMERA FASE SUPERIOR
23	2	PUNZON DE DOBLADO PRIMERA FASE INFERIOR
24	1	PUNZON DE DOBLADO SEGUNDA FASE SUPERIOR
25	2	PUNZON DE DOBLADO SEGUNDA FASE INFERIOR
26	1	PUNZON DE DOBLADO TERCERA FASE
27	2	PUNZON DE DOBLADO CUARTA FASE PEQUEÑO
28	1	PUNZON DE DOBLADO CUARTA FASE GRANDE
29	1	PUNZON DE DOBLADO QUINTA FASE
30	1	MATRIZ DE DOBLADO PRIMERA FASE SUPERIOR
31	2	MATRIZ DE DOBLADO PRIMERA FASE INFERIOR
32	1	MATRIZ DE DOBLADO SEGUNDA FASE SUPERIOR
33	2	MATRIZ DE DOBLADO SEGUNDA FASE INFERIOR
34	1	MATRIZ DE DOBLADO TERCERA FASE
35	2	MATRIZ DE DOBLADO CUARTA FASE PEQUEÑO
36	1	MATRIZ DE DOBLADO CUARTA FASE GRANDE
37	1	MATRIZ DE DOBLADO QUINTA FASE
38	34	PILOTO CENTRADOR DIAMETRO 3,97*35 DIN
39	4	CASQUILLO CENTRADOR 40*80
40	4	COLUMNAS GUIA 32 305.48*220
41	4	M10*25 DIN 912
42	4	M10*30 DIN 912
43	12	M10*30 DIN 912
44	10	M10*20 DIN 912
45	12	M10*25 DIN 912
46	14	M16*70 TORNILLO ANCLAJE DE MUELLE ISO
47	14	MUELLE PISADOR

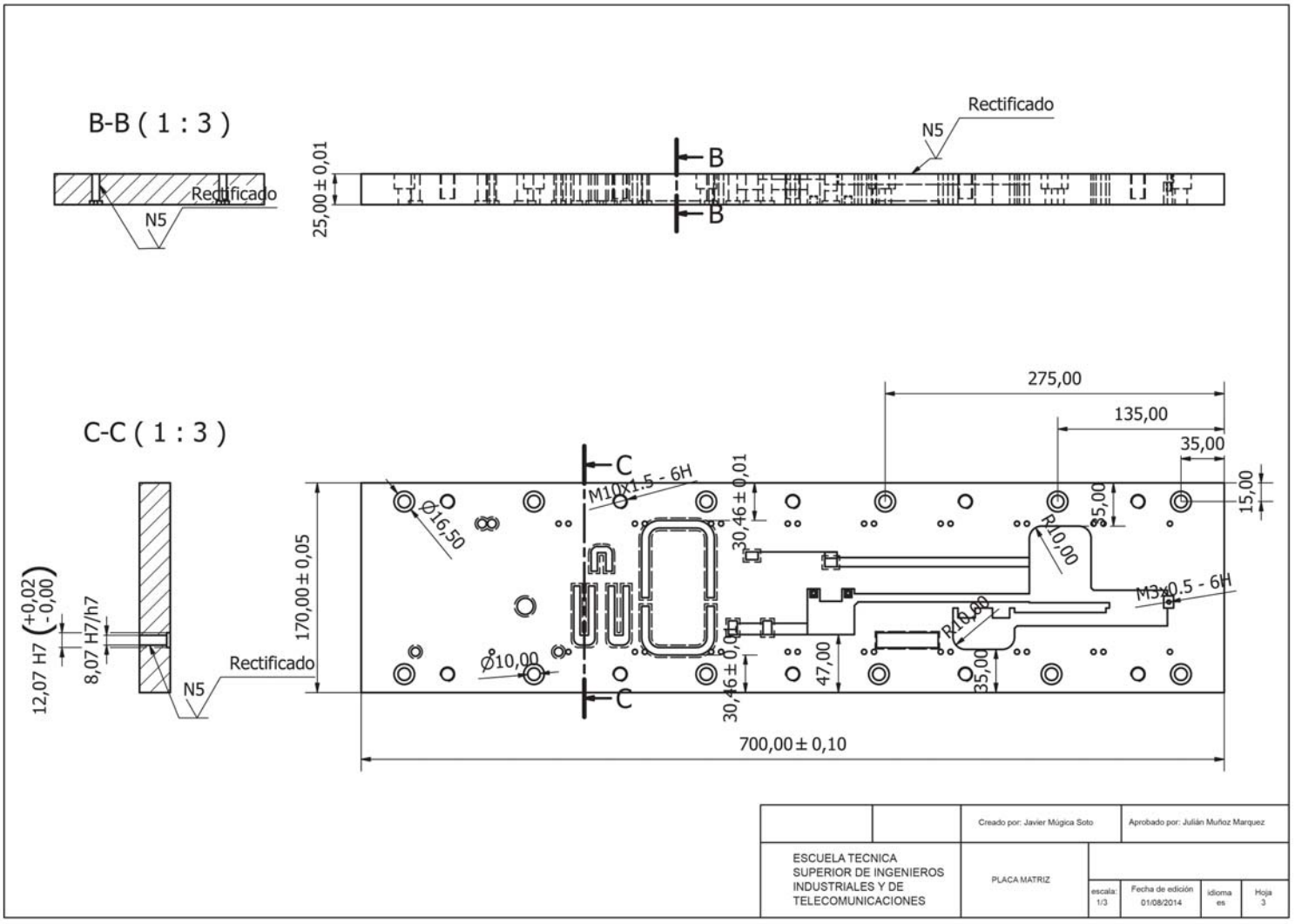
		Creado por: Javier Mágica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO TROQUEL	escala 1/2	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 22



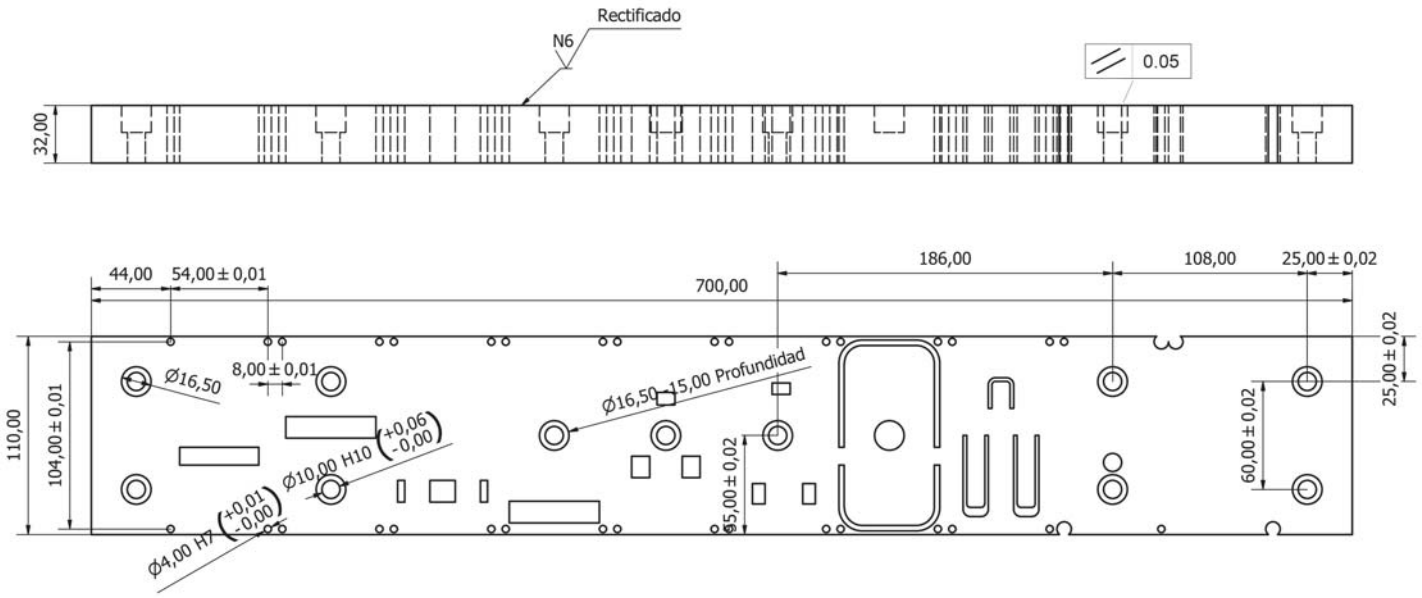
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA BASE INFERIOR	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 1



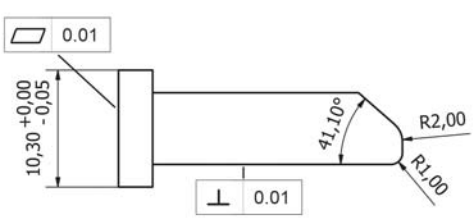
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA SUFRIDERA INFERIOR	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 2

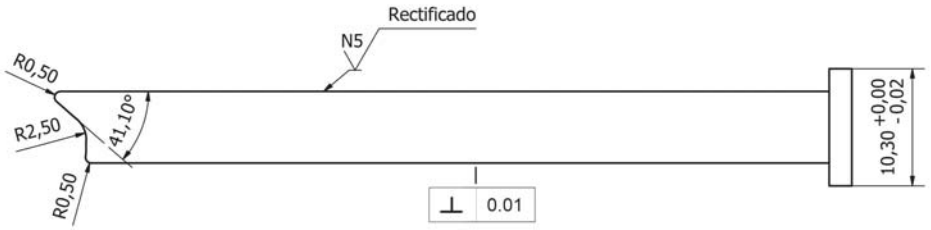


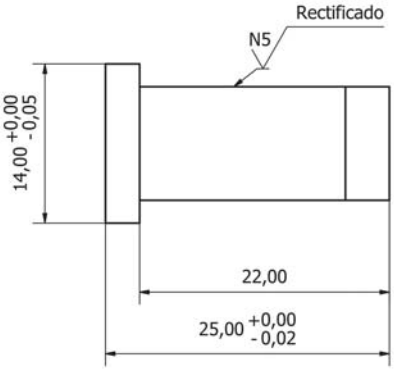
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA MATRIZ	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 3

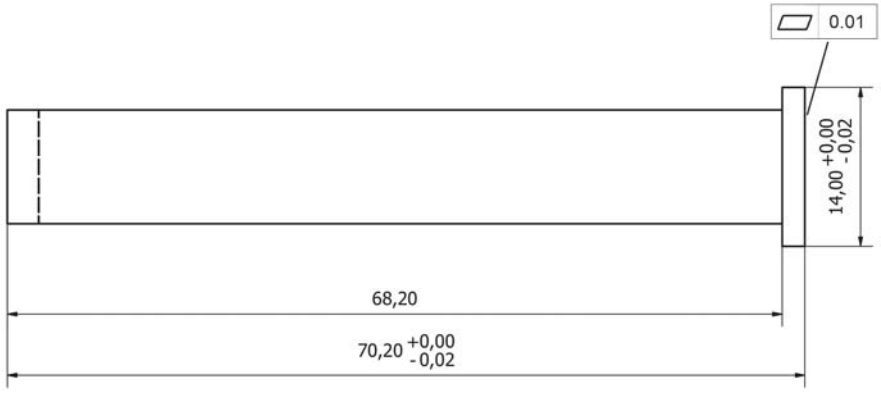


		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez				
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES		PLACA PISADORA	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 4	

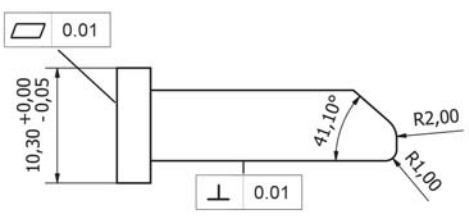


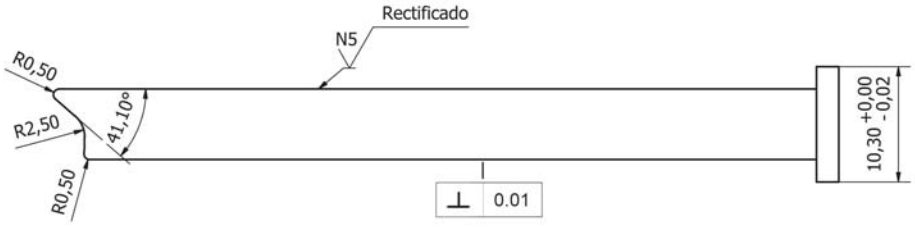


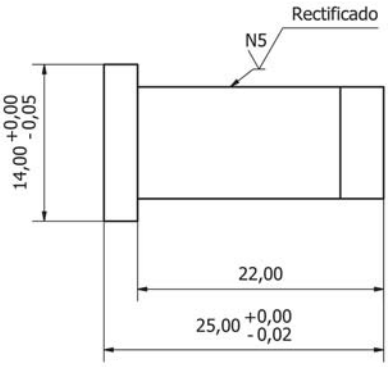


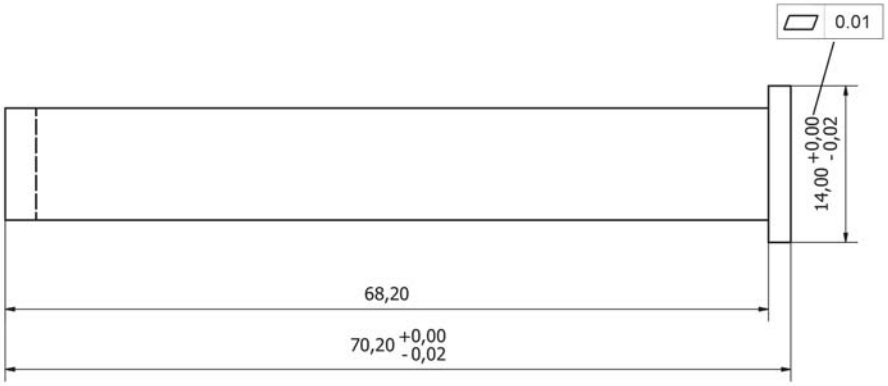


		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO PRIMERA FASE SUPERIOR	escala: 3/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 5

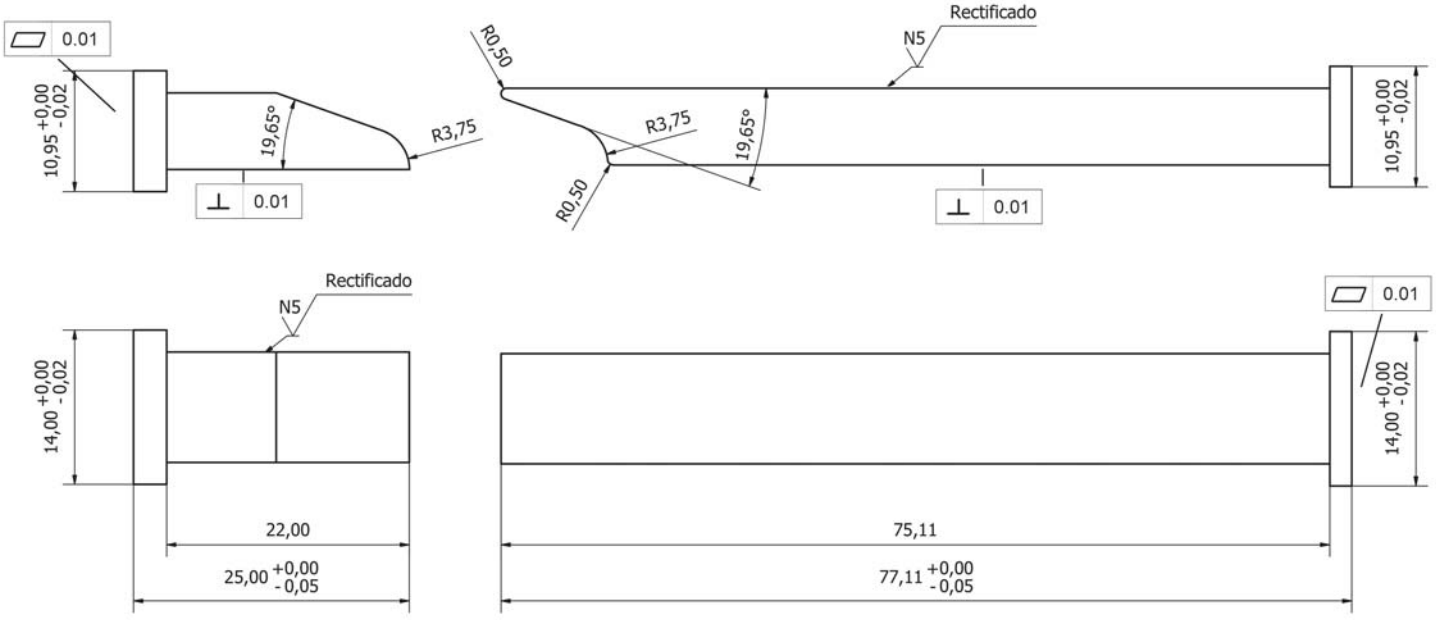




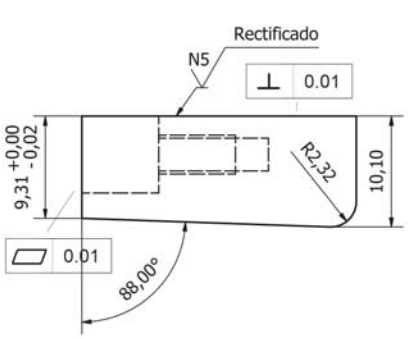


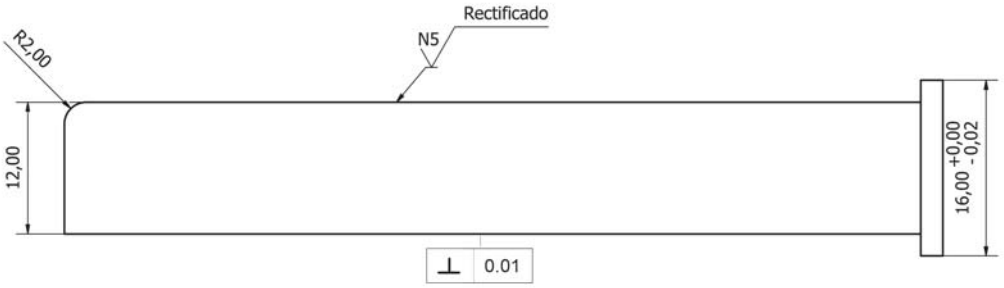


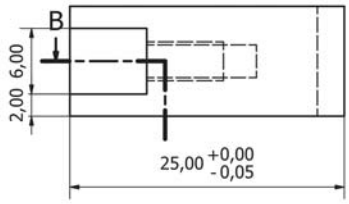
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez				
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES		CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO PRIMERA FASE INFERIOR	escala: 3/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 6	



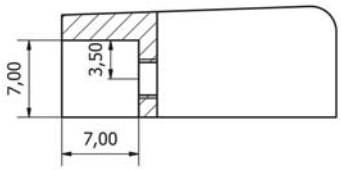
		Creado por: Javier Múgica Soto		Aprobado por: Julián Muñoz Marquez			
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES		CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO SEGUNDA FASE SUPERIOR	escala: 3/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 7	

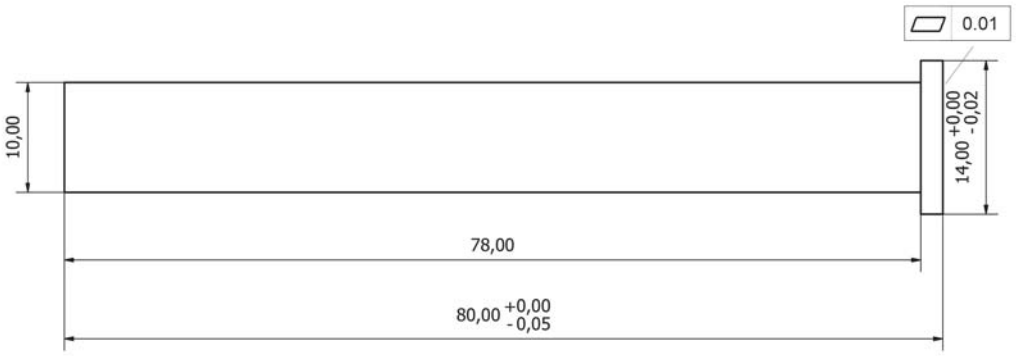




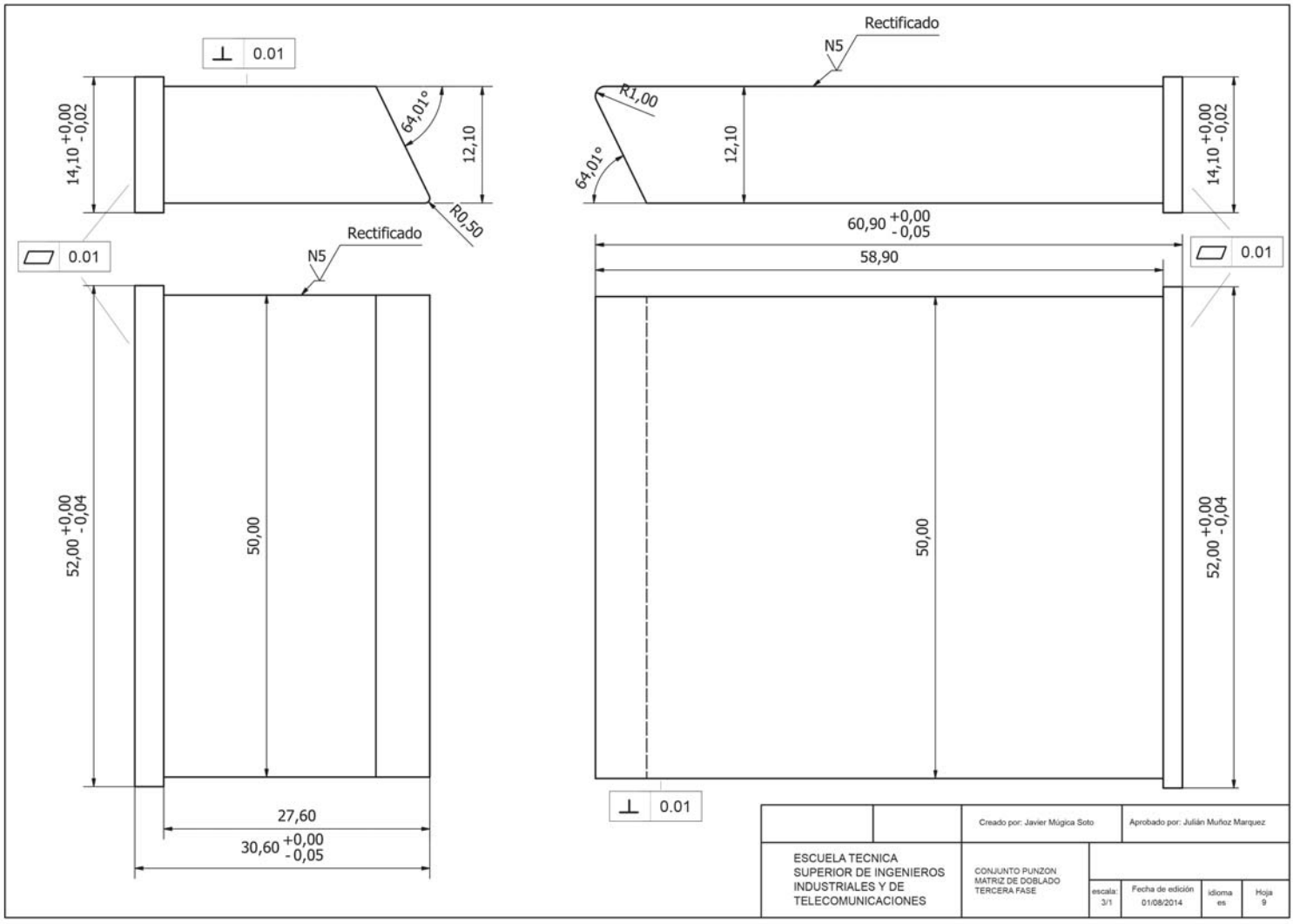


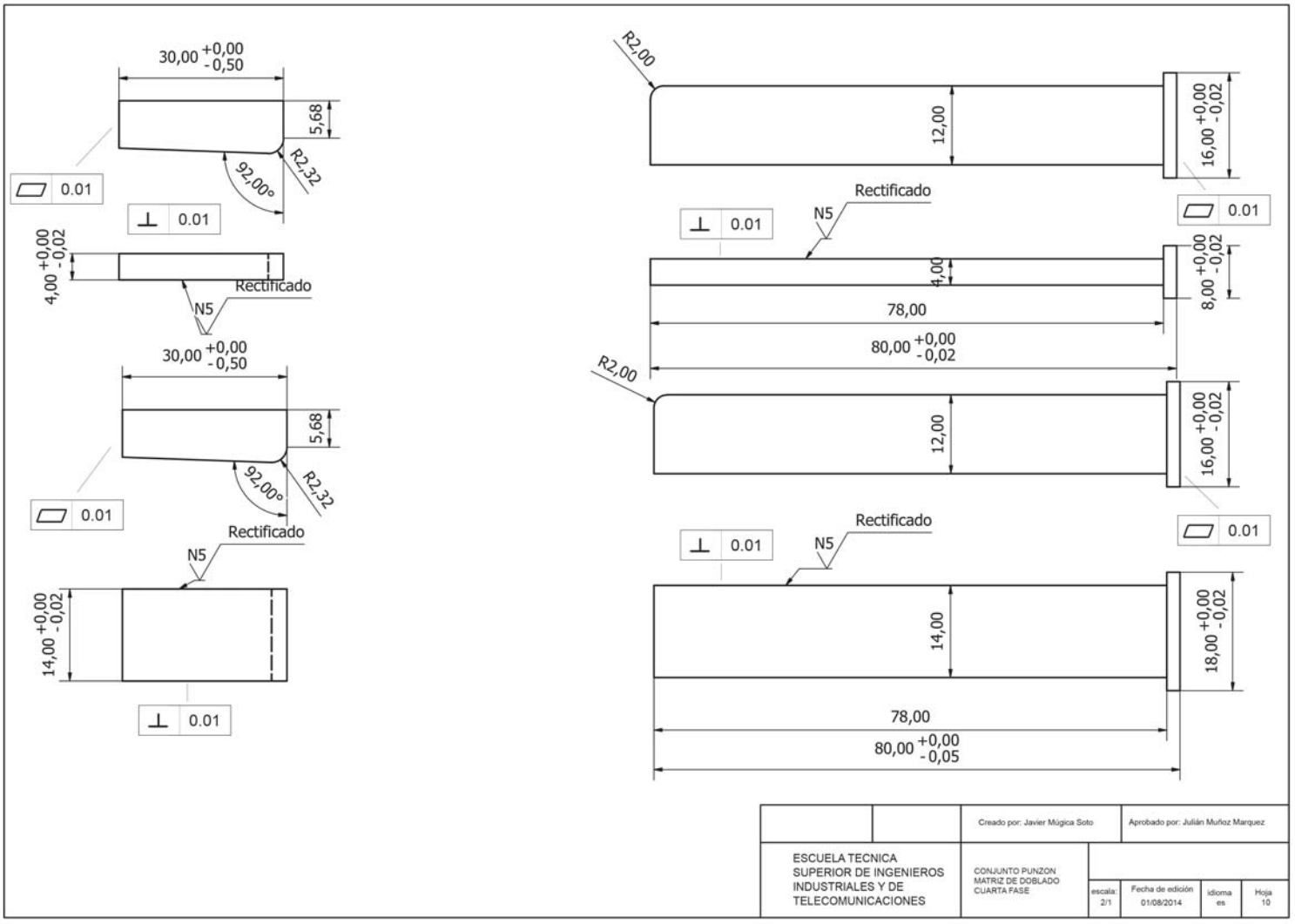
B-B (3: 1)



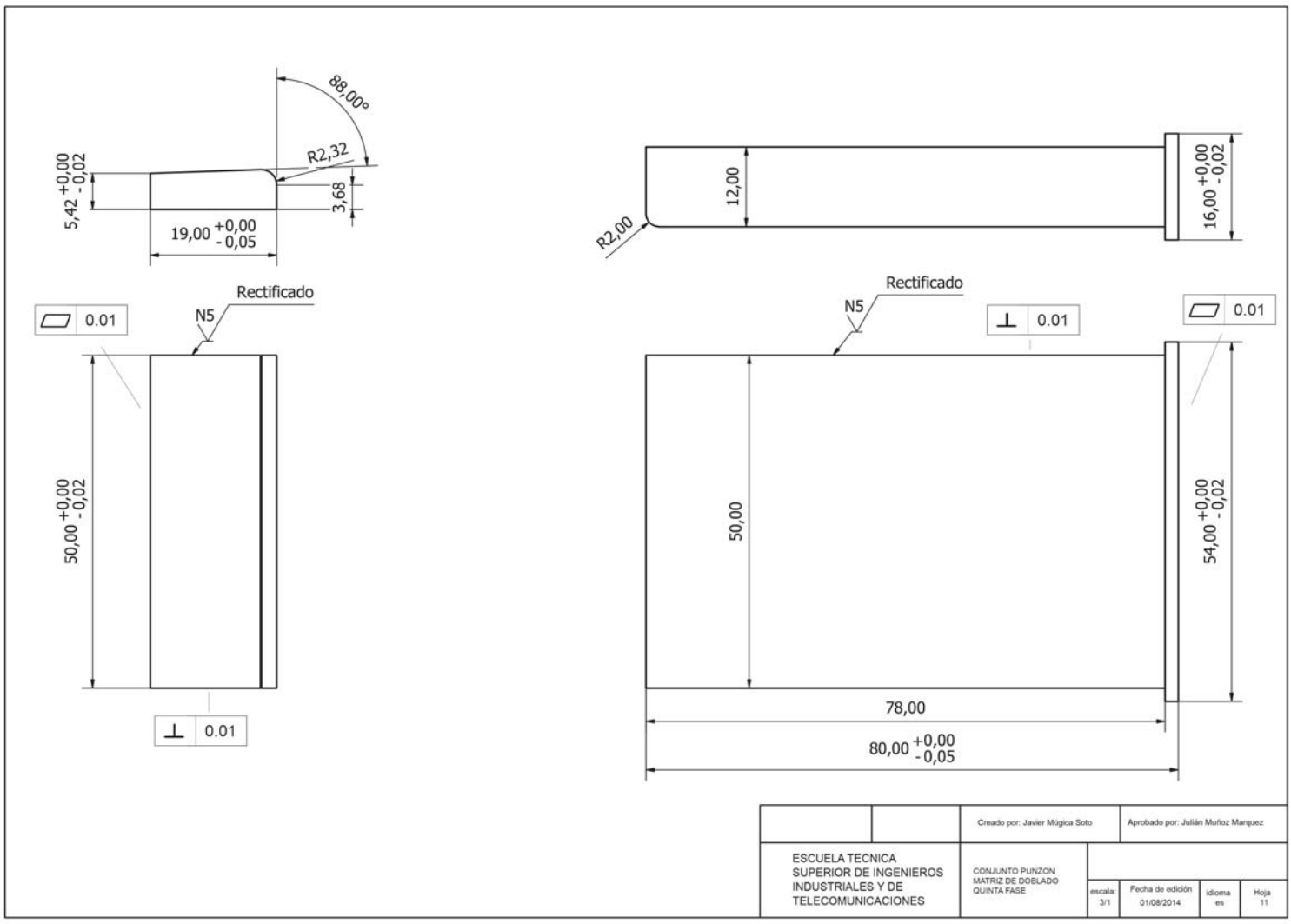


		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO SEGUNDA FASE INFERIOR	escala: 3/1	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 8

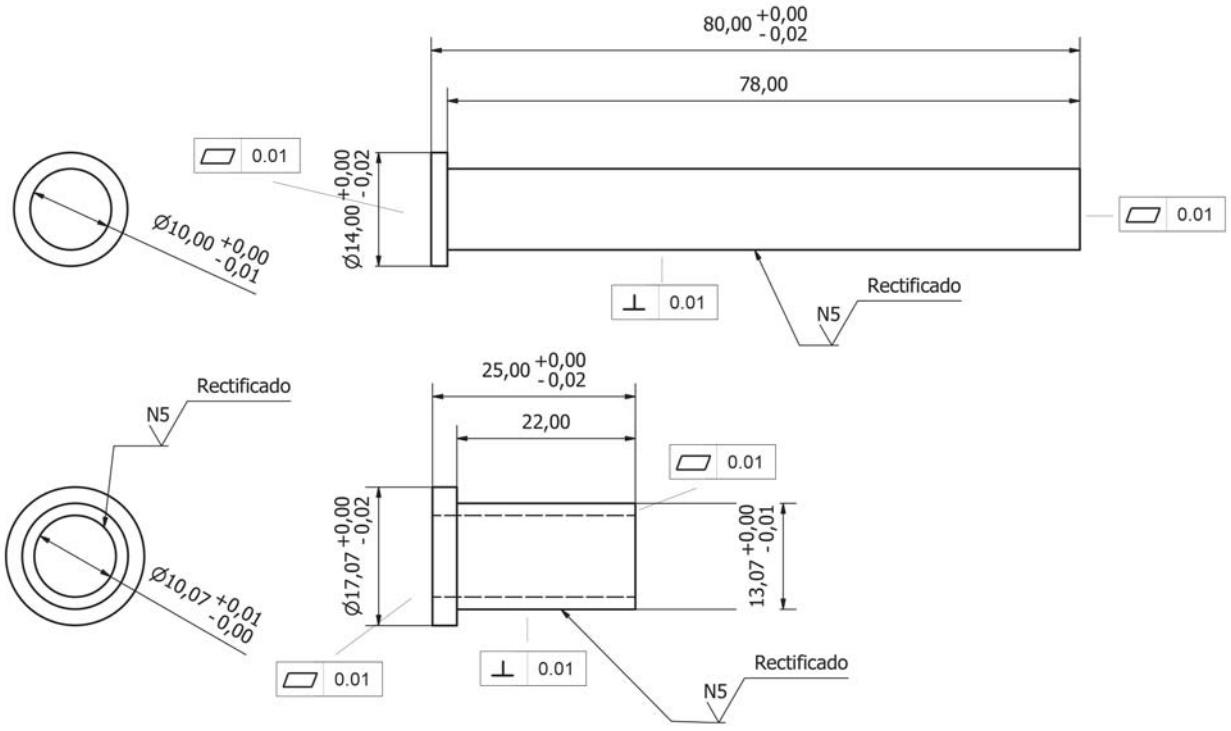

⊥ 0.01
14,10 +0,00 -0,02
64,01°
12,10
R0,50
Rectificado
N5
0.01
52,00 +0,00 -0,04
50,00
27,60
30,60 +0,00 -0,05
Rectificado
N5
R1,00
64,01°
12,10
14,10 +0,00 -0,02
60,90 +0,00 -0,05
58,90
0.01
50,00
52,00 +0,00 -0,04
⊥ 0.01
Creado por: Javier Múgica Soto
Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES
CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO TERCERA FASE
escala: 3/1
Fecha de edición 01/08/2014
idioma es
Hoja 9



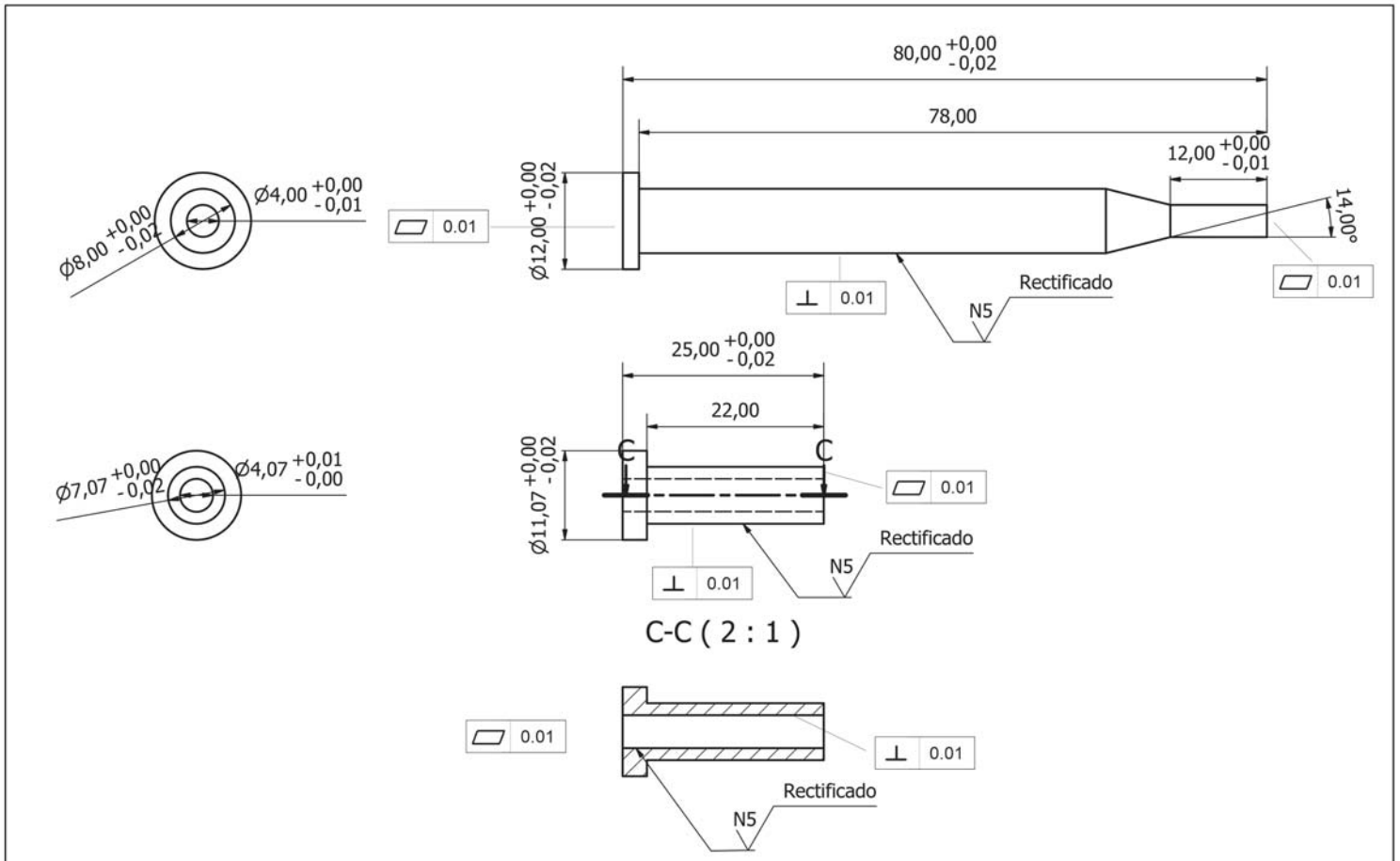
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO CUARTA FASE	escala: 2/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 10



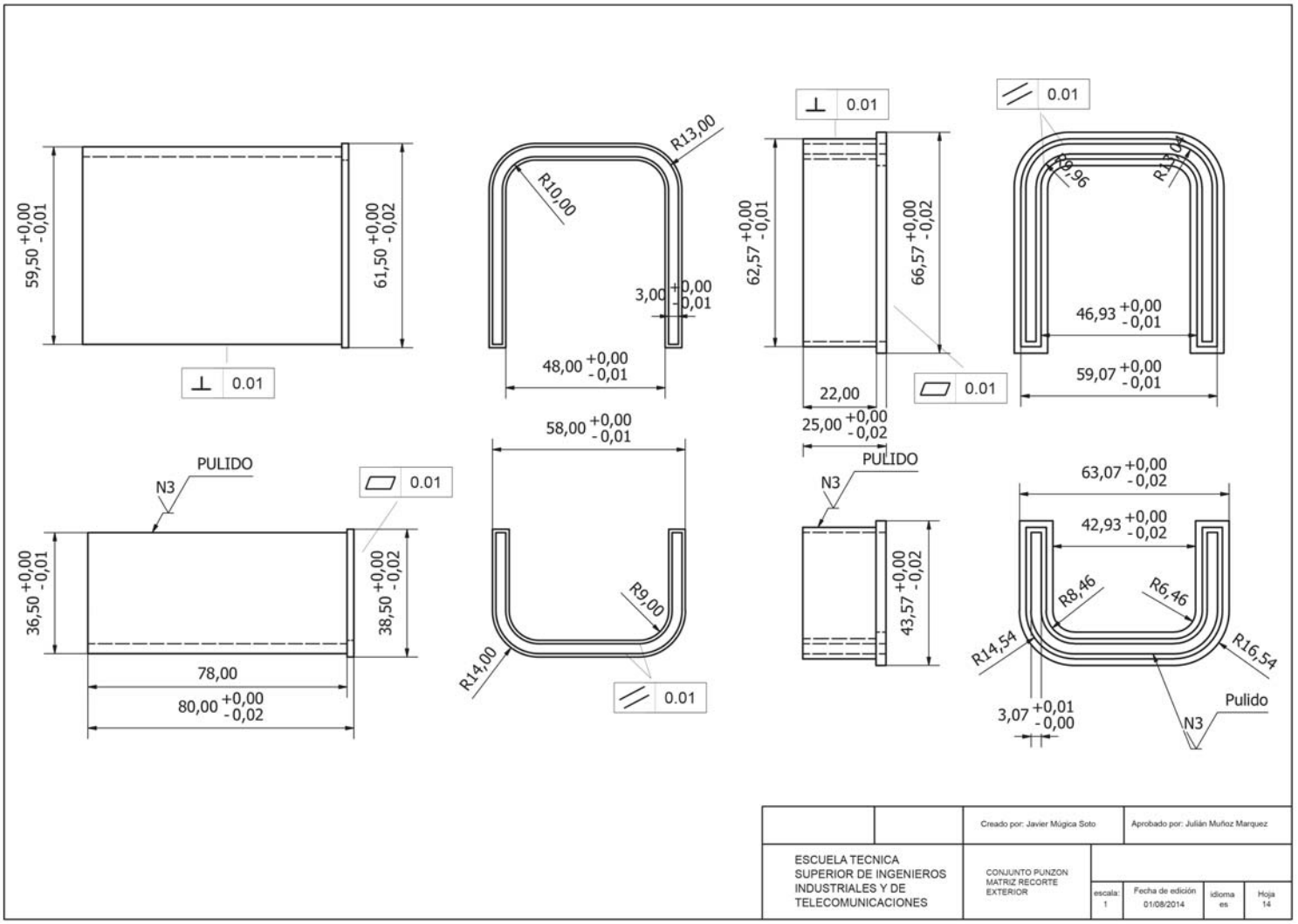
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez				
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DE DOBLADO QUINTA FASE	escala: 3/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 11		



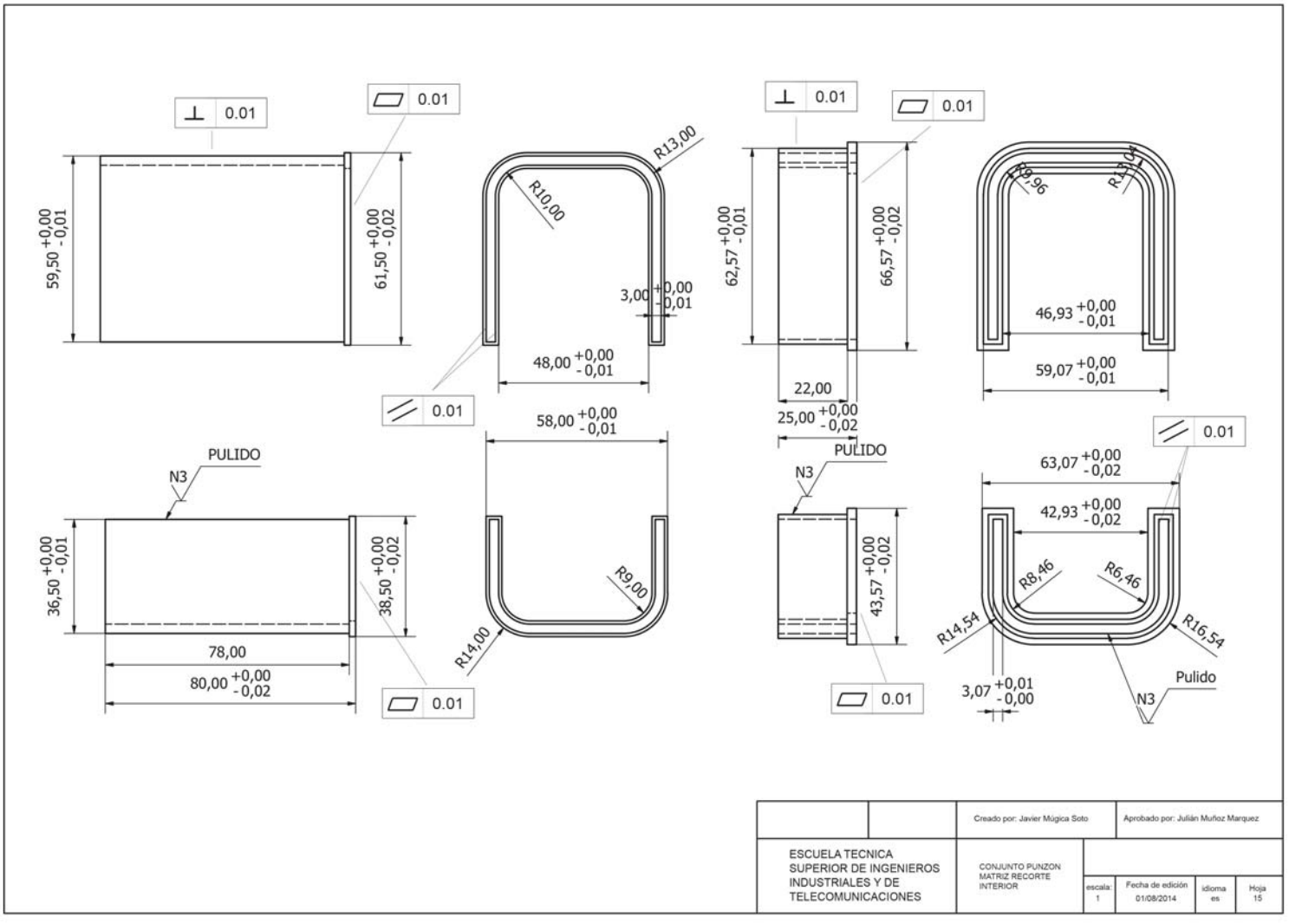
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DIAMETRO 10	escala: 2/1	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 12



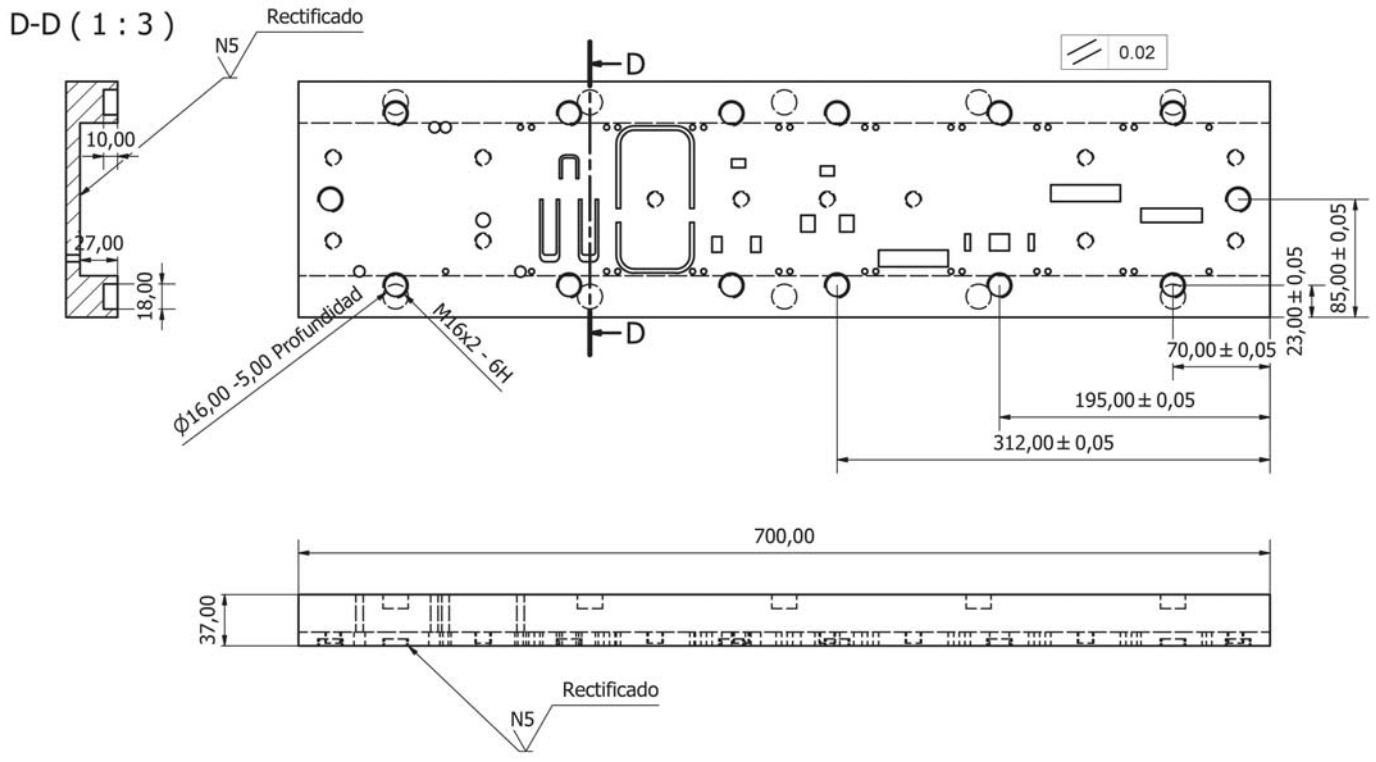
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ DIAMETRO 4	escala: 2/1	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 13



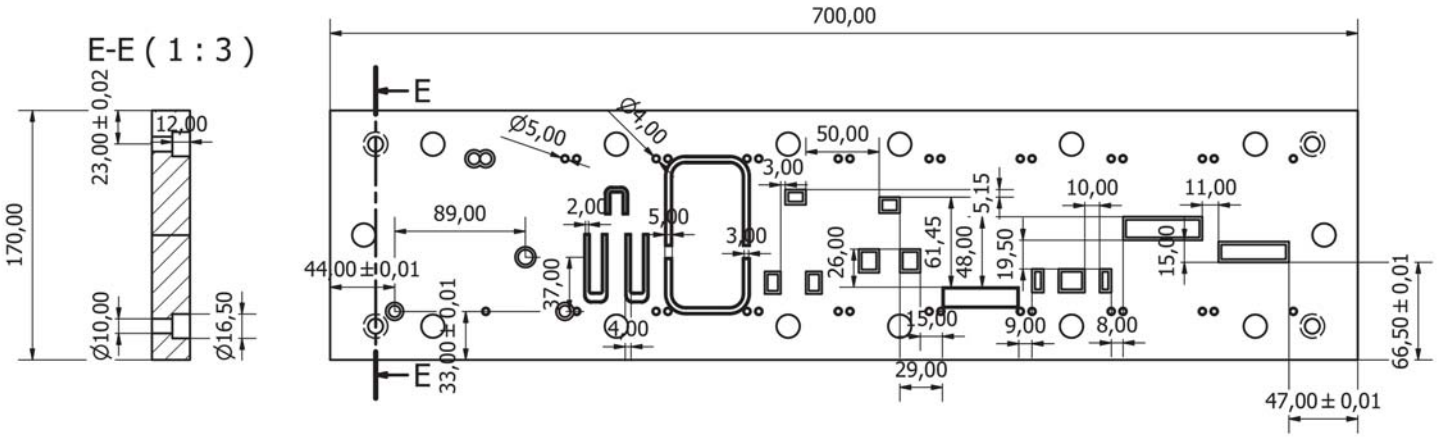
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ RECORTE EXTERIOR	escala: 1 / Fecha de edición 01/08/2014 / idioma es / Hoja 14	



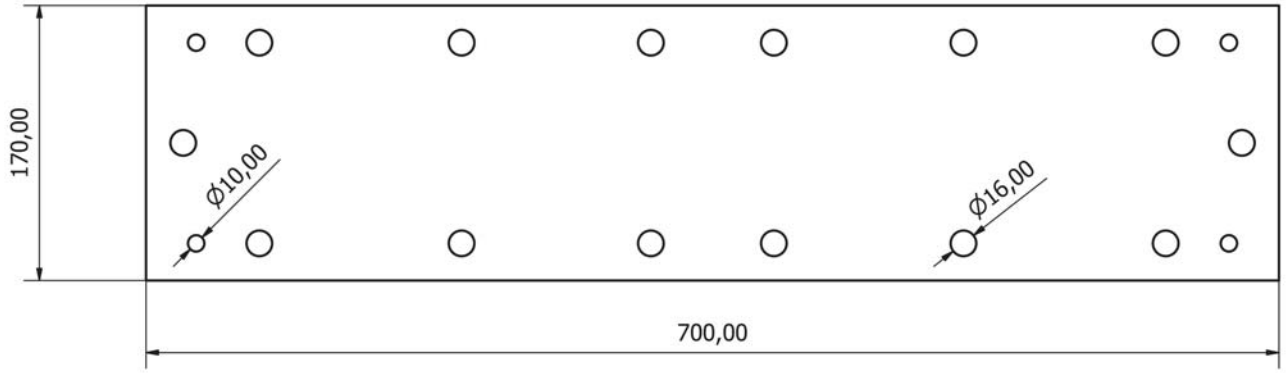
		Creado por: Javier Múgica Soto		Aprobado por: Julián Muñoz Marquez	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CONJUNTO PUNZON MATRIZ RECORTE INTERIOR	escala: 1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 15

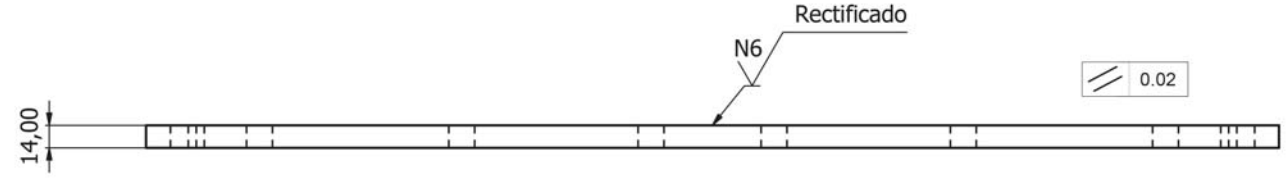


		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez				
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES		PLACA GUIAPUNZONES	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 16	

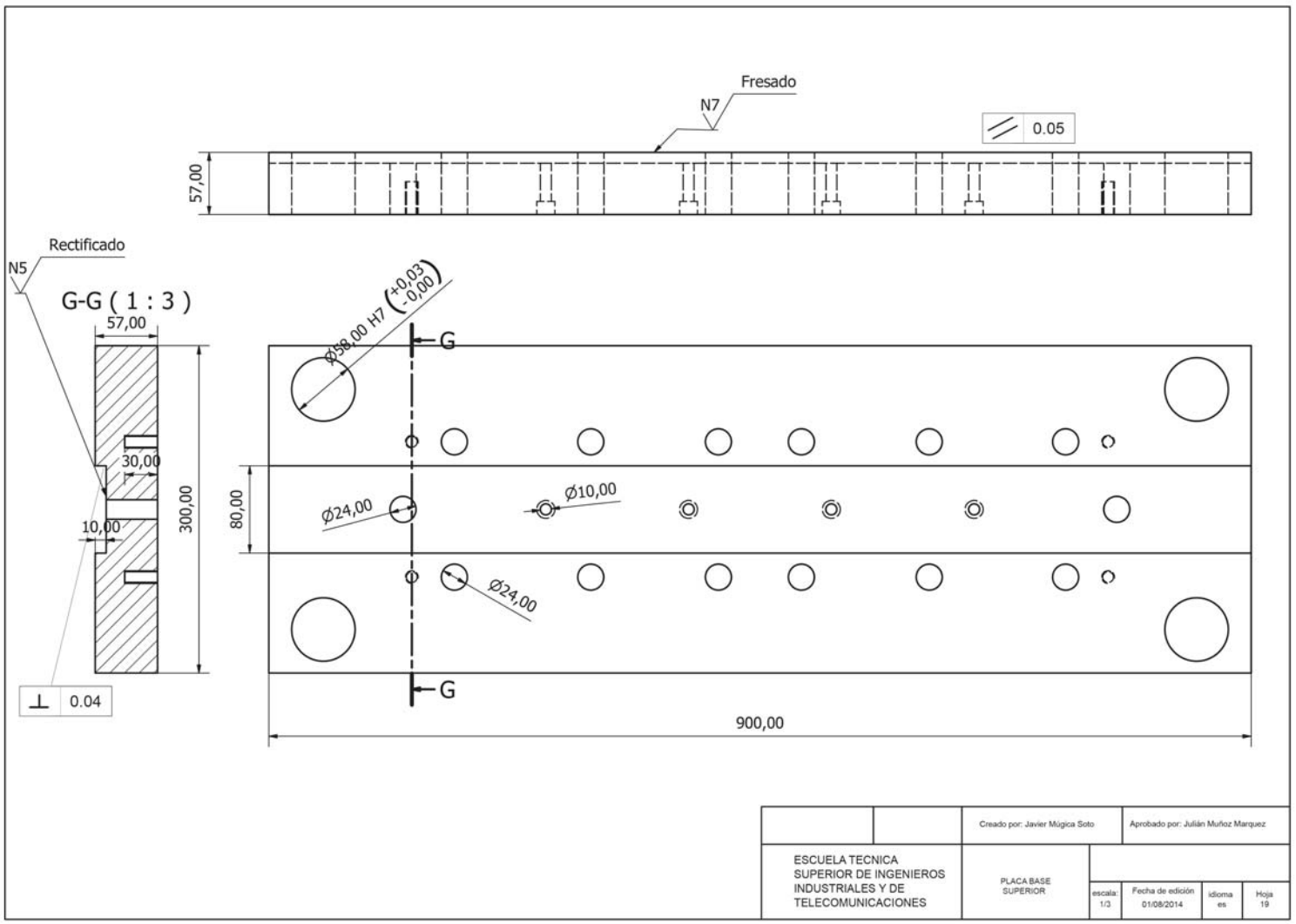


		Creado por: Javier Múgica Soto		Aprobado por: Julián Muñoz Marquez			
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA PORTAPUNZONES	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 17		

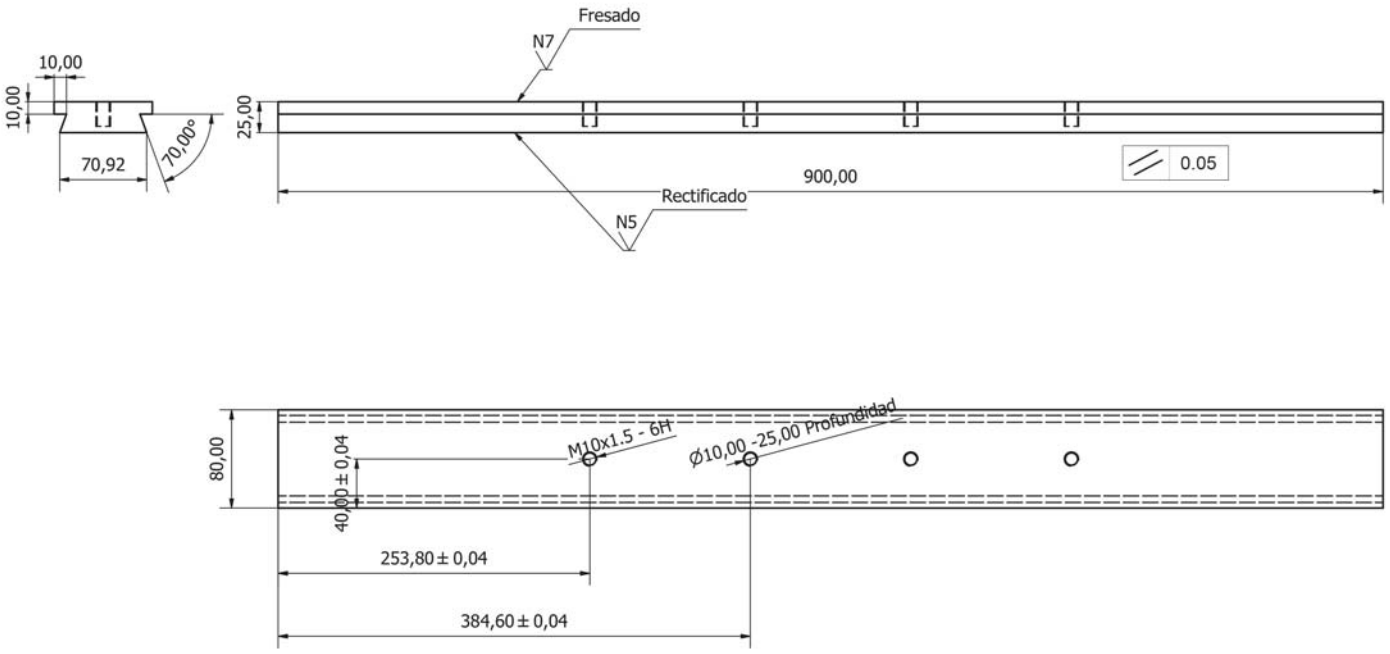




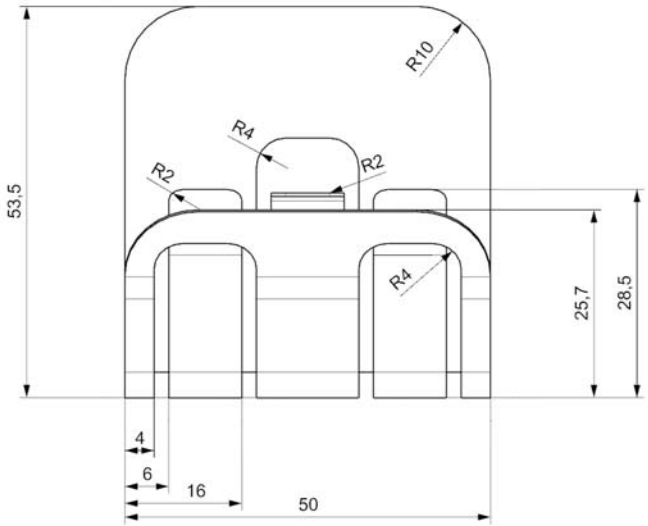
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez				
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES		PLACA SUFRIDERA SUPERIOR		escala: 1/2	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 18

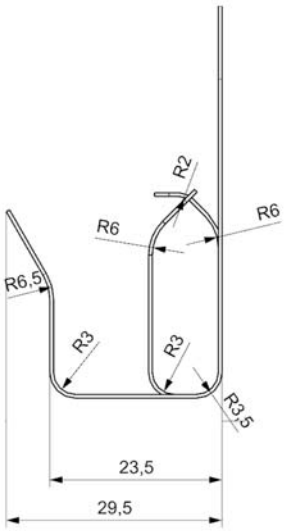


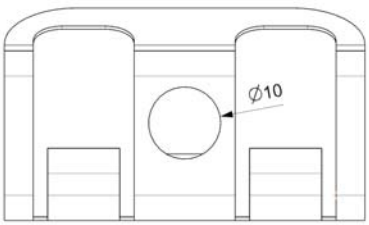
		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA BASE SUPERIOR	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014
		idioma es	Hoja 19



		Creado por: Javier Múgica Soto	Aprobado por: Julián Muñoz Marquez	
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	PLACA DE ANCLAJE SUPERIOR	escala: 1/3	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 20







		Creado por: Javier Múgica Soto		Aprobado por: Julián Muñoz Marquez		
ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES	CLIP DE AUTOMOCION	escala: 2/1	Fecha de edición 01/08/2014	idioma es	Hoja 21	