



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Grado

Diseño de una Matriz

Matrix Design

Autor

Daniel Martínez Orna

Director

Eugenio Eladio Martínez Asensio

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2018



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Diseño de una Matriz

Matrix Design

424.17.49

Autor: Daniel Martínez Orna

Director: Eugenio Eladio Martínez Asensio

Fecha: 09/02/2018

INDICE DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	1
2.	ABSTRACT	2
3.	ESTADO DEL ARTE	3
4.	DESARROLLO	22
4.1.	ANALISIS DEL PRODUCTO	22
4.2.	DISPOSICION DE LAS PIEZAS SOBRE LA CHAPA	23
4.3.	FUNDAMENTOS DE CORTE	35
4.4.	CENTRO DE GRAVEDAD	45
4.5.	MATERIALES DE CONSTRUCCION	48
4.6.	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS MATRICES DE CORTE	64
5.	IMPLEMENTACION NOVEDAD	121
6.	TRABAJO FUTURO	122
7.	BIBLIOGRAFÍA	125

RESUMEN

En este proyecto se describe el proceso de diseño de una matriz progresiva para la fabricación en serie de una pieza de chapa de acero.

Se realizará un estudio de dicha pieza y del proceso adecuado para fabricarla. El proceso de fabricación escogido será mediante una matriz progresiva, por lo que se estudiará la optimización de la banda de chapa, para obtener el mayor rendimiento, y las etapas de conformado de la chapa, para obtener la pieza.

Se hará el diseño de la matriz progresiva, tanto con elementos que se tengan que fabricar y necesiten sus respectivos planos, como con elementos normalizados. El diseño de la matriz estará justificado por los cálculos previos realizados.

Una vez hecho el diseño de la matriz progresiva, se realizará el presupuesto de esta, que incluirá los costes de ingeniería, los de los elementos normalizados, los de los elementos a fabricar y los de puesta en marcha.



ABSTRACT

This project describes the process of designing a progressive mould for the mass production of a piece of sheet steel.

There will be a study of this piece and the appropriate process to make it. The manufacturing process chosen will be a progressive mould, so we will study the optimization of the metal strip, for maximum performance, and the stages of forming the sheet, for getting the piece.

The progressive mould design will do, with elements that have to manufacture and require their respective plans, and standardized items. The mould design will be justified by previous calculations.

Once the design of progressive mould is done, there will be its budget, including engineering costs, costs of the standard elements, the cost of the items to manufacture and launch costs.

ESTADO DEL ARTE

1.1. INTRODUCCIÓN A LA MATRICERÍA

La matricería es una rama de la mecánica que estudia y desarrolla la técnica de fabricación de utillajes adecuados para obtener piezas en serie, generalmente de chapa metálica, sin arranque de viruta.

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

Al mecánico ajustador que interviene en la fabricación y montaje de los útiles específicos para desarrollar estos procesos se le llama ajustador matricero o, simplemente, matricero.

Corresponden al matricero la determinación, organización y coordinación de los procesos mecánicos, así como la preparación y la puesta a punto de las máquinas herramientas, la construcción de herramientas, útiles y matrices.

Comparación de Métodos - Ventajas y Desventajas de la Matricería

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

La producción por matricería es rápida, el número de piezas producidas oscila, entre 12-13 y 1200 piezas por minuto. En el primer caso, estamos hablando de operaciones de estampado de grandes piezas para el sector de automoción, en líneas de prensas transferizadas; en el segundo, de la producción de pieza plana de pequeño formato en determinadas prensas rápidas.

Los procedimientos 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 matricizado, prácticamente, no alteran el acabado superficial de las piezas obtenidas mediante esta técnica.

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

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

En conclusión, la gran mayoría de productos de chapa no conciben ser fabricados por otros métodos, sin afectar de forma negativa factores tan relevantes como la precisión del producto, su resistencia mecánica y los tiempos de producción. Por todo ello, y salvo alguna excepción, la matricería se consolida como un método de fabricación insustituible y cuyos resultados superan con creces los obtenidos por otros procedimientos.

1.2. PROCEDIMIENTOS DE TRANSFORMACION DE LA CHAPA

En el ámbito de la matricería, es común el uso de la expresión "corte y conformado de la chapa" para hacer referencia a los procesos de transformación de la chapa en general. Según estos términos, la clasificación resulta bastante primaria, por lo cual conviene distinguir de manera más precisa las diferentes operaciones que abarca esta disciplina.

Los procedimientos de transformación de la chapa más usuales son el corte, el doblado y la embutición, aunque existen otros trabajos similares que derivan de estos. A continuación se muestran agrupadas las distintas operaciones específicas que nos ayudara a comprender mejor las variantes que ofrece cada una de los procedimientos anteriormente citados:

- Corte
 - Cizallado
 - Punzonado
 - Muescado
 - Recortado
 - Corte Interrumpido
 - Recalcado
 - Corte Fino

- Conformado
 - Doblado
 - Curvado
 - Enrollado
 - Engrapado
 - Perfilado
 - Embutición
 - Bordonado
 - Reducido
 - Abombado
 - Abocardado
 - Extrusionado
 - Otros Procesos
 - Repulsado
 - Estampado
 - Acuñaado
 - Remachado

1.2.1. 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.

Cizallado

El cizallado de una chapa se basa en la separación de una parte del material a lo largo de una línea definida por dos cuchillas rectas o circulares cuyos planos de corte son tangentes entre sí. Este procedimiento es poco utilizado para la obtención de piezas definitivas. Su aplicación principal se halla en el corte de tiras de fleje a partir de planchas o de grandes bobinas de chapa. Estas tiras de fleje son cortadas a la anchura que requiere cada matriz, según la pieza a procesar.

Punzonado

Consiste en el corte total que se realiza en el interior del perímetro de una pieza, según una geometría diferente al contorno exterior, mediante punzón y matriz perfectamente afilados. Los procedimientos de punzonado son una de las pocas operaciones que pueden ser llevadas a cabo mediante la mayoría de los distintos tipos de matrices.

Muescado

Es un corte efectuado mediante punzón y matriz que se realiza en el borde o perímetro de una pieza previamente cortada, con objeto de conseguir una pequeña entalla, muesca o protuberancia. El muescado de una pieza tiene la finalidad de simplificar la geometría de los elementos activos de un utillaje, así como de poder ofrecer variaciones sobre un mismo modelo de pieza o plantilla.

Recortado

Es la operación de corte del material sobrante o pestaña que aparece de manera irregular después de someter la chapa a determinados procesos de embutición o estirado. Este proceso puede realizarse mediante diversos tipos de matrices o bien, por el corte de una cizalla circular, incidiendo sobre la pared lateral de la pieza, en el caso que esta sea de revolución.

Corte Interrumpido

Es el corte parcial de una figura, sin desprendimiento de material, que se realiza en el interior de una pieza mediante punzón y matriz. El efecto del corte interrumpido, también llamado semicorte, se obtiene redondeando o matando las aristas de los elementos activos en la zona del perímetro que no se desea cortar.

Recalcado

El recalcado es un proceso de punzonado en el cual no se llega a seccionar totalmente el material, formándose una especie de tetón que sobresale del plano de la chapa. Este tetón suele aprovecharse para soldar dos chapas por puntos, sin material de aportación, o bien para posicionar una pieza respecto de otra.

Corte Fino o Corte de Precisión

Es una modalidad de corte que se utiliza para la obtención de piezas de gran responsabilidad de trabajo, en especial sobre su pared lateral, como es el caso de pequeños engranajes, levas, trinquetes, etc. Según este proceso, en la superficie que determina el espesor de la pieza no se produce desgarro ni rotura alguna al seccionarse el material. Así, la geometría de su pared se conserva prácticamente inalterada y fiel al contorno de pieza. La rugosidad de corte obtenida mediante este procedimiento, en algunos casos, es inferior a una micra. El corte fino se efectúa mediante unas matrices de características especiales que trabajan montadas en prensas hidráulicas de múltiple efecto.

1.2.2. CONFORMADO

DOBLADO

Consiste en modificar una chapa lisa formando dos o más planos distintos y, en consecuencia, un ángulo o ángulos de aristas más o menos definidas entre ambos planos. El proceso de doblado es una operación que generalmente se realiza mediante punzón y matriz, aunque la producción de piezas de gran formato suele efectuarse en prensas plegadoras.

Curvado

Es un proceso de doblado cuyo radio de arista tiene un valor bastante superior al espesor de la chapa, lo cual no permite definir o intuir la línea generatriz del doble. El curvado de la chapa se efectúa gracias a la acción de una matriz, aunque en piezas de gran formato también pueden utilizarse máquinas especiales curvadoras.

Enrollado

Este procedimiento es una variante de la operación de curvado, y consiste en el conformado de un bucle o charnela a partir de una chapa plana. Las piezas enrolladas se obtienen después de un proceso que consta de distintas fases ejecutadas en otras tantas matrices, o bien por la producción sobre fleje continuo mediante una matriz progresiva. Las características del material a trabajar, su propio espesor, el radio interior de curvatura y los radio de los elementos activos del utillaje son los principales aspectos a tener en cuenta para llevar a cabo este proceso con garantías de éxito.

Engrapado

El engrapado o engatillado consiste en la unión de dos piezas de chapa o bien de los extremos opuestos de una sola, mediante un doble a modo de costura, con la finalidad de obtener una sola pieza que a menudo tiene forma de tubo, o de recipiente. Las operaciones de engrapado pueden llevarse a cabo con una matriz o con maquinas especiales de engrapar. En el caso de tener que unir piezas de considerable longitud, esta operación puede desarrollarse en un tren de perfilado. Resulta difícil garantizar el cierre hermético por engrapado de chapas cuyos espesores sean superiores a 2 mm.

Perfilado

Es una modalidad de doblado que se lleva a cabo sobre una pieza de chapa de gran longitud o bien de material continuo en bobina. El perfilado suele efectuarse con maquinas plegadoras o con trenes de rodillos, llamados también trenes de perfilado. En ambos casos, el perfil definitivo de la pieza se obtiene generalmente en un proceso que consta de varios pasos u operaciones.

EMBUTICION

Se basa en la fabricación de cuerpos huecos recipientes, mediante una matriz, por la deformación de una chapa plana previamente cortada.

Bordonado

Consiste en la formación de una o más nervaduras de perfil curvo que se practican perimetralmente en piezas previamente embutidas, o también en tubos. La aplicación de este proceso trata de dotar a las piezas de una mayor resistencia a la deformación. La operación de bordonado puede llevarse a cabo mediante matrices, maquinas bordonadoras o tornos de repulsar.

Reducido o Entallado

La finalidad de este proceso radica en cerrar parcialmente el diámetro de la boca de una pieza previamente embutida, formando así cuellos o gargantas. Este procedimiento se desarrolla mediante el uso de distintas matrices que van cerrando progresivamente la abertura inicial de la pieza embutida. No obstante, este proceso también puede llevarse a cabo en un torno de repulsar.

Abombado

Es una operación de ensanchamiento del diámetro de un tubo o de una pieza previamente embutida. El proceso de abombado se desarrolla mediante una matriz dotada de un punzón de material elastómero o bien mediante la aplicación de la técnica de hidroconformado, en cuyo caso el elemento activo de conformado de la chapa es un medio fluido sometido a presión.

Abocardado

Consiste en la embutición de la chapa circundante a un agujero, formando una especie de pestaña, mediante punzón y matriz. De este modo, se consigue una garganta o pestaña de material que resulta útil en piezas de reducido espesor para ensamblar otras piezas por ajuste forzado, por roscado o por remachado.

Extrusionado

Los trabajos de extrusionado se fundamentan en la facilidad de fluencia que poseen algunos materiales metálicos. Según esta característica, en frío y por la acción de un rápido y potente impacto, el material extrusionado es capaz de fluir alrededor del perfil o perímetro de un punzón o de una matriz. Así, se pueden fabricar recipientes de considerable altura respecto de su diámetro (relación diámetro/altura hasta 1/8), además de conseguir piezas morfológicamente difíciles de obtener por otros procedimientos.

OTROS PROCESOS

Repulsado

Consiste en la fabricación de cuerpos huecos de rotación simétrica a partir de una chapa. A diferencia de los procesos de embutición y sus derivados, el repulsado se efectúa en tornos de repulsar, dotados de herramientas especiales y gobernados automáticamente o por control numérico.

Estampado

Se basa en obtener un relieve o un bajorrelieve de perímetro perfectamente definido sobre la superficie de una chapa previamente matrizada. El desnivel del perímetro estampado respecto al plano original de la chapa es ligeramente superior a su espesor.

Acuñado

El acuñado consiste en obtener mediante un troquel y a golpe de prensa una figura grabada en bajorrelieve. La principal aplicación de los trabajos de acuñado podemos hallarla en la fabricación de moneda y otros objetos de ornamentación.

Remachado

El remachado es un proceso de unión entre dos o más piezas que se lleva a cabo recreciendo el material de una de las piezas sobre la otra mediante un fuerte impacto. Generalmente ambas piezas son encajadas entre sí a partir de un agujero previamente punzonado en una de ellas.

1.3. MEDIOS DE TRANSFORMACION

Las técnicas de matriceria hacen posible el hecho de transformar una chapa mediante una serie de utillajes, maquinas especiales y elementos mecánicos auxiliares. Cada proceso presenta diferencias respecto a otros, aunque la mayoría de ellos se efectúan mediante el mismo tipo de utillaje, al cual llamaremos genéricamente matriz.

Una matriz es un utillaje mecánico no autónomo capaz de cortar o 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.

Generalmente una matriz se compone de dos partes principales:

- Parte fija. Sujeta a la mesa de la prensa.
- Parte móvil. Solidaria con el cabezal de la maquina.

La matriz, aunque es el principal componente de un proceso de matriceria, no funciona como un elemento mecánico autónomo, sino que va montada sobre una maquina llamada prensa. Después de colocar manual o automáticamente una chapa sobre la matriz, la prensa le imprime un movimiento vertical alternativo o de vaivén, durante el cual el utillaje corta o 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.

Clasificación, nomenclatura, funcionamiento y despiece de matrices

Para desarrollar los diversos procedimientos de corte y conformado de la chapa existen 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 del automóvil. Estos útiles se fabrican a partir de modelos y estructuras de fundición, y no de placas, para disminuir su masa.

Los principales factores que vienen a condicionar el tipo de matriz a construir son:

- Las propiedades mecánicas del material a transformar, pues cada material responderá de manera diferente a los esfuerzos que se le apliquen.
- La forma, el espesor y el tamaño de la pieza.
- Las tolerancias dimensionales y geométricas de la pieza. No todos los tipos de utillajes son capaces de ofrecer resultados con la misma precisión.
- El tipo de prensa y sus características funcionales.
- La producción a realizar, puesto que incide directamente en los costes y también en los plazos de entrega.
- El presupuesto del utillaje, cuya amortización repercutirá notablemente en el precio final.

No obstante, el desarrollo de un proyecto no siempre suele limitarse a una serie de cálculos y al diseño de los diferentes elementos constructivos. Con frecuencia, los proyectos de matricería se complementan con la construcción de matrices de pruebas y de prototipos.

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.

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 cual se ejecutara la producción.

Matriz de Producción

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

Según sus características constructivas, las matrices de producción pueden ser:

- De guía fija.
- Con pisador o de guía flotante.
- De doble efecto o coaxiales.
- De corte fino o de corte de precisión.

1.3.1. MATRIZ DE GUIA 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.

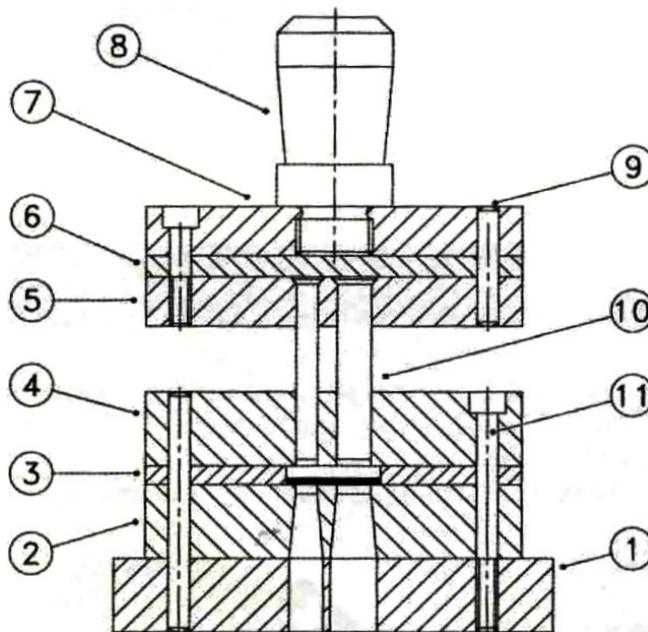
Las matrices de guía fija no disponen de sistema de pisado de la chapa, con lo cual el material a trabajar se encuentra libre antes, durante y después del corte de la misma. Al no hallarse la chapa inmovilizada, no se garantiza la posición óptima necesaria para obtener un buen corte, por lo que las piezas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

Hoy en día, la fabricación de este tipo de matrices esta en claro retroceso en favor de las matrices con pisador, pues, aunque su construcción es menos económica, su bajo mantenimiento y el resultado final del producto amortiza con creces la diferencia de coste del utillaje.

Partes Principales

Partes que componen una matriz de guía fija:

1. Placa base o placa portamatriz.
2. Placa matriz.
3. Guías de banda o guías laterales.
4. Placa extractor-guía.
5. Placa portapunzones.
6. Sufridera o placa de apoyo.
7. Base superior.
8. Vástago.
9. Pasador o clavija.
10. Punzón.
11. Tornillo.



Placa base o placa portamatriz. Su finalidad consiste en soportar el utillaje y apoyarlo sobre la mesa de la prensa. Los elementos que componen la parte fija de la matriz van enclavados mediante tornillos y pasadores sobre esta placa. Además, este componente lleva practicados en su interior los agujeros correspondientes para que, una vez realizado el corte, las piezas sean evacuadas. Habitualmente los utillajes se embridan a la prensa sobre la placa base, cuya anchura es mayor que el bloque formado por la parte fija del útil.

Placa matriz. Es uno de los elementos activos del utillaje pues, aunque permanezca estática, es responsable directa de que se produzca el corte de la chapa. Las aristas formadas entre el plano superior de la placa y el perímetro de corte deben estar siempre perfectamente afiladas. El agujero del perímetro de corte es pasante y con cierta conicidad o ángulo de salida, para que las piezas o los recortes de material sobrante puedan caer.

Guías de banda o guías laterales. Consisten en dos reglas prismáticas, cuyo espesor es ligeramente superior al del fleje a matricular. Estas reglas van enclavijadas paralelas entre si y su posición se halla entre la placa matriz y el extractor-guía. En ocasiones, las guías laterales tienen una longitud superior al bloque del utillaje. Este exceso de longitud, por la parte de entrada del fleje de material, sirve para alinear y guiar mejor la cinta de material a matricular.

Placa extractor-guía. Esta placa tiene la misión de mantener los punzones alineados con el corte de la matriz, a la vez que se encarga de la extracción de la chapa adherida a su perímetro. En el momento del retroceso de los punzones, la chapa adherida a su perímetro hace tope en la placa y se desliza por el punzón, hasta su total extracción.

Placa portapunzones. Como su nombre indica, en esta placa se hallan alojados los punzones, de manera que, durante el movimiento rectilíneo alternativo de trabajo, se mueven solidarios con la placa.

Sufridera o placa de apoyo. Esta placa va situada sobre la placa portapunzones, para evitar el recalado o clavado de los punzones en la base superior, debido al esfuerzo de choque que se produce durante el matricado de la chapa. Aunque imprescindible en matrices cuyos procesos productivos son de tirada larga o mediana, constituye un elemento opcional en los utillajes de guía fija.

Base superior. Esta placa hace las veces de soporte de la parte móvil del utillaje. Sobre ella van enclavijadas la placa portapunzones y la sufridera. El vástago de sujeción a la prensa está roscado en la placa base superior. Las matrices de mayor tamaño no suelen llevar vástago y van embridadas a la prensa sobre esta placa.

Vástago de sujeción. Se trata de una pieza cilíndrica, generalmente roscada a la base superior, que sirve para fijar la parte móvil del utillaje al cabezal de la prensa. El carro del cabezal es de cuerpo hueco y está dotado de unos tornillos y de una brida, cuya forma se adapta al diámetro del vástago de la matriz. Al apretar la brida, la parte móvil quedará perfectamente sujeta al carro de la prensa.

Pasadores o clavijas. Son elementos de cuerpo cilíndrico que tienen la misión de posicionar las placas del utillaje entre sí, o cualquier otro componente cuyo montaje requiera una posición precisa respecto del conjunto del útil.

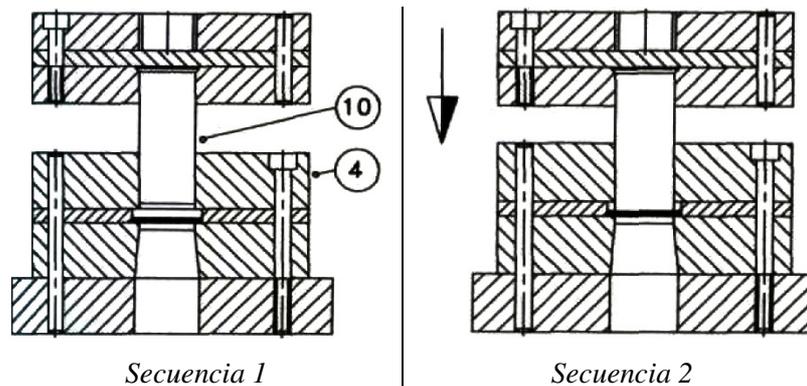
Punzón. Es uno de los componentes más importantes de un utillaje. Su sección corresponde a la figura o forma que se desea cortar. El punzón se halla alojado en la placa portapunzones y va guiado mediante la placa extractor-guía. En el movimiento de bajada de la parte móvil del utillaje, el punzón penetra en la placa matriz, cortando así la chapa interpuesta entre ambos elementos. Para lograr un corte óptimo es preciso que la arista del punzón esté perfectamente afilada, sin melladuras ni cantos romos.

Tornillos. Su misión es sujetar los diferentes elementos que componen la matriz. Conviene dejar bien claro que los tornillos no posicionan, sino que sujetan. El tornillo de cabeza allen es el más utilizado en matricería. Para un anclaje correcto de los utillajes, cabe combinar el uso de tornillos y pasadores.

Funcionamiento

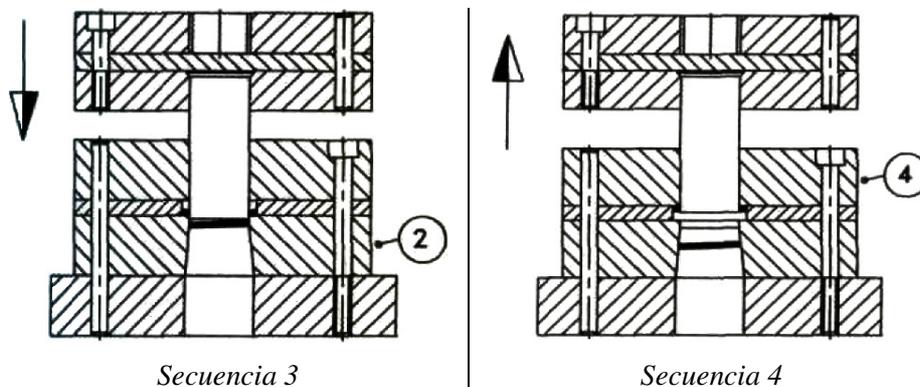
En su posición de reposo, el punzón de corte (10) se halla alojado en el interior de la placa extractor guía (4). Al iniciar la operación de descenso, esta situación evita que el punzón se clave sobre la placa por una mala alineación del mismo (secuencia 1).

Al bajar la prensa, el punzón incide sobre la chapa. En el instante en que hace presión sobre el material a cortar, la chapa experimenta una pérdida de planitud a causa de la ausencia de pisado (secuencia 2).



Momentos antes que la prensa se encuentre en el punto muerto inferior se efectúa el corte de la chapa y, una vez el punzón atraviesa su espesor, el material desprendido cae por el agujero de la matriz (2) (secuencia 3).

En su carrera de ascenso, el punzón lleva la chapa adherida a su perímetro, hasta que se produce su extracción, haciendo tope en la placa (4) y como consecuencia del esfuerzo en sentido contrario a la fuerza de corte producida anteriormente (secuencia 4).



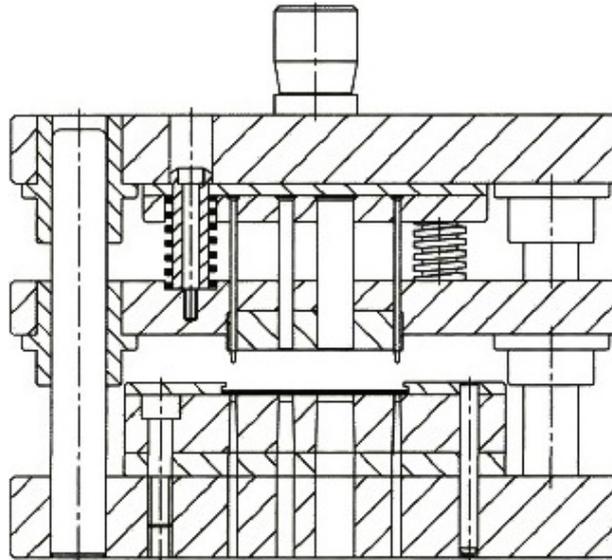
1.3.2. MATRIZ CON PISADOR O DE GUIA FLOTANTE

Es una clase de matriz en la cual la placa guía está 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 tiene su aplicación en procedimientos de doblado y embutición de la chapa. Su construcción es algo más compleja que las matrices 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 una sujeción firme durante su proceso.

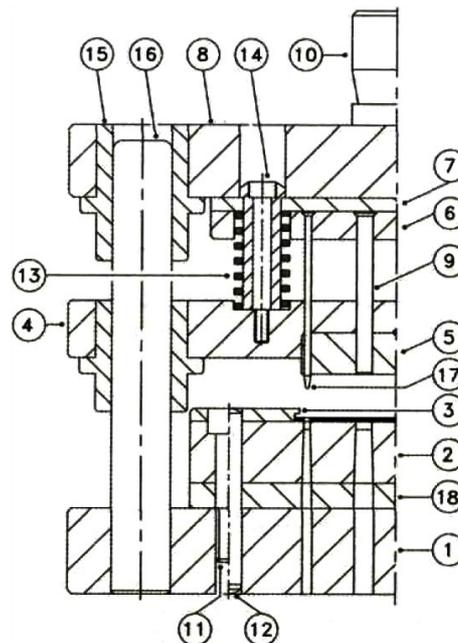
Este tipo de matrices suelen llevar también una placa de apoyo o sufridera bajo la placa matriz, especialmente cuando lleva casquillos de corte postizos u otros insertos.



Partes Principales

Partes que componen una matriz con pisador:

1. Placa base o portamatriz.
2. Placa matriz.
3. Guías de banda o guías laterales.
4. Placa intermedia.
5. Placa pisadora.
6. Placa portapunzones.
7. Sufridera o placa de apoyo.
8. Base superior.
9. Punzón.
10. Vástago.
11. Tornillo.
12. Pasador o clavija.
13. Resortes.
14. Tornillos limitadores.
15. Casquillo-guía.
16. Columna-guía.
17. Piloto centrador.
18. Placa sufridera.



Algunos de los componentes de las matrices de guía flotante son elementos comunes a otros tipos de matrices, por lo tanto, no se describen a continuación.

Placa base o placa portamatriz. En este tipo de matrices la placa base lleva montadas unas columnas para guiar y alinear todo el utillaje.

Guías de banda o guías laterales. En las matrices que trabajan con pisador, las guías de banda disponen de un resalte o cornisa en su parte superior, para evitar que el fleje de material pueda salirse en el momento en que la matriz este abierta o en posición de reposo.

Placa intermedia. Es una placa guiada mediante casquillos y columnas que sirve de soporte a la placa pisadora y a los componentes del sistema elástico de pisado.

Placa pisadora. Es un placa que, además de guiar los punzones y facilitar la extracción de la chapa, está dotada de un sistema elástico o flotante que permite el pisado de la chapa. Al bajar la parte móvil del utillaje, la placa pisadora cede, gracias a este sistema elástico sobre la cual va montada, y sujeta la chapa mientras trabajan los punzones. En el instante en que el cabezal inicia su carrera de ascenso, la placa pisadora deja de hacer presión sobre la chapa, liberándola hasta que se inicie el siguiente ciclo.

Resortes. En los útiles con pisador, los resortes forman parte del sistema elástico, cuya misión consiste en sujetar la chapa en el momento que trabaja la matriz. Los muelles helicoidales, los resortes de material elastómero y los cilindros de gas son tres clases de elementos elásticos que pueden ser montados en los utillajes, según sean las circunstancias y características del utillaje.

Tornillos o pernos limitadores. Son unos pernos o tornillos roscados en uno de sus extremos que se montan en la parte móvil de la matriz, con la doble finalidad de guiar los resortes del sistema elástico de pisado, además de limitar la luz o distancia de apertura existente entre la placa pisadora y la placa portapunzones.

Columnas-guía. Son piezas cilíndricas que se montan en la base inferior de las matrices para asegurar una mejor alineación de la parte móvil respecto a la parte fija de la matriz. Estas columnas eliminan holguras y corrigen posibles defectos del cabezal de la prensa respecto a la mesa.

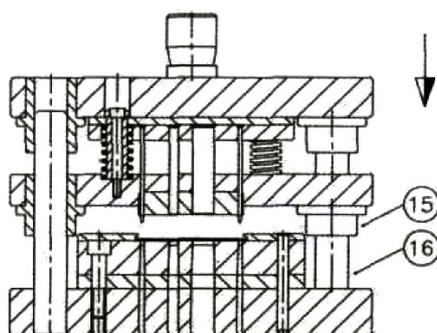
Casquillos-guía. Los casquillos-guía tienen la misión de alinear y facilitar el deslizamiento de las placas pisadora y superior, ambas montadas en la parte móvil de la matriz. A veces, entre los casquillos-guía y las columnas-guía se montan unos elementos de forma tubular que llevan confinadas en su periferia unas bolas de acero rectificadas. Estos componentes se llaman jaulas de bolas y trabajan como elementos de rodadura, facilitando el deslizamiento y disminuyendo notablemente el rozamiento entre casquillos y columnas.

Pilotos centradores. Son unos punzones que, situados sobre la matriz en unas coordenadas definidas por la pieza, facilitan la posición y el centrado de piezas previamente punzonadas. Los pilotos centradores tienen una longitud mayor que los punzones de corte y su extremo inferior está rectificadas en forma de ojiva o punta cónica, con un ligero redondeo de su vértice.

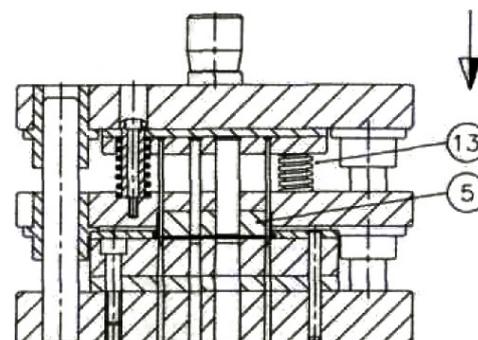
Funcionamiento

En su posición de reposo, la parte móvil de la matriz se halla ligeramente separada de la parte fija del utillaje, aunque convenientemente guiada mediante un sistema de ajuste formado por columnas (16) y casquillos (15), deslizantes entre sí (secuencia 1).

Al comenzar el ciclo, el bloque móvil del utillaje inicia su carrera de descenso y el pisador (5) ejerce la presión necesaria para sujetar la chapa durante el proceso. Este pisador, al estar montado sobre un sistema elástico o flotante, se retrae una vez que la presión ejercida es superior a la carga nominal de los resortes montados (13) (secuencia 2).



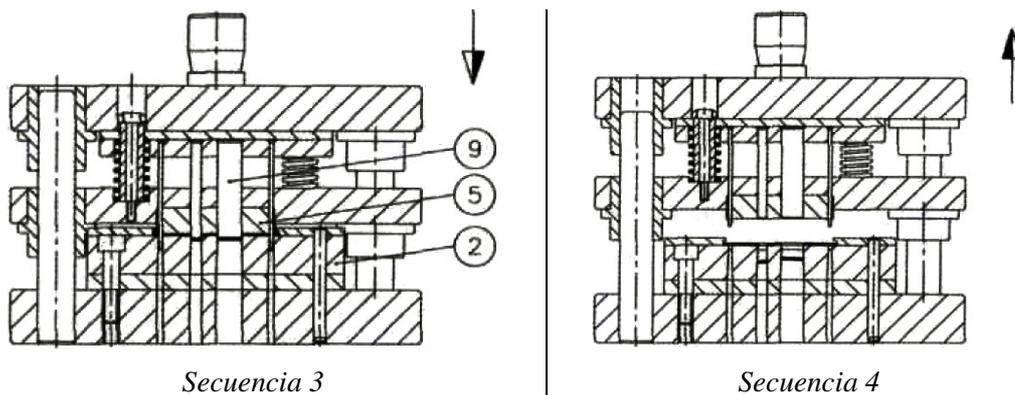
Secuencia 1



Secuencia 2

Instantes antes de que el cabezal de la prensa alcance el final de su recorrido, los punzones (9) presionan la chapa justo en el momento en que la cara plana del pisador (5) alcanza el plano de corte de los punzones y estos ejercen un esfuerzo capaz de seccionar limpiamente las fibras del material. Cuando la prensa ha llegado a su punto muerto inferior, los punzones se hallan alojados dentro de la matriz (2), habiendo cortado ya la chapa (secuencia 3).

En la última fase del proceso, el cabezal de la prensa vuelve a su posición inicial, cesando así la presión sobre la parte móvil del utillaje. Así, el sistema elástico del pisador recupera su posición original, liberando la chapa y extrayendo el recorte de material adherido al punzón en el preciso instante en que este se esconde en el pisador. Al llegar a la posición de reposo, la matriz esta lista para iniciar un nuevo ciclo (secuencia 4).

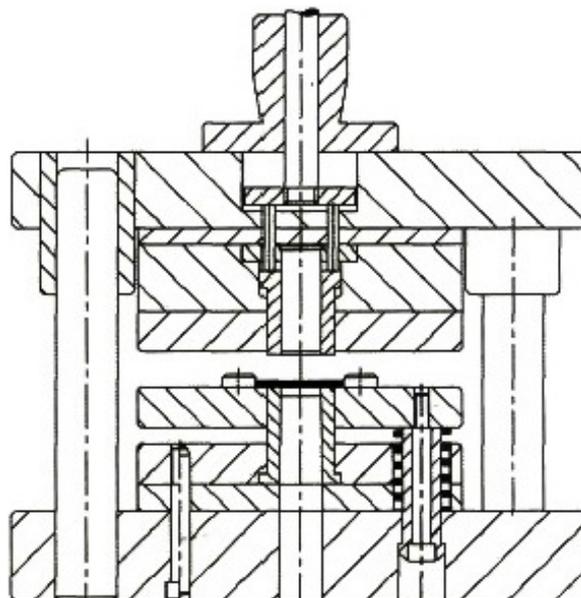


1.3.3. MATRIZ COAXIAL O DE DOBLE EFECTO

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.

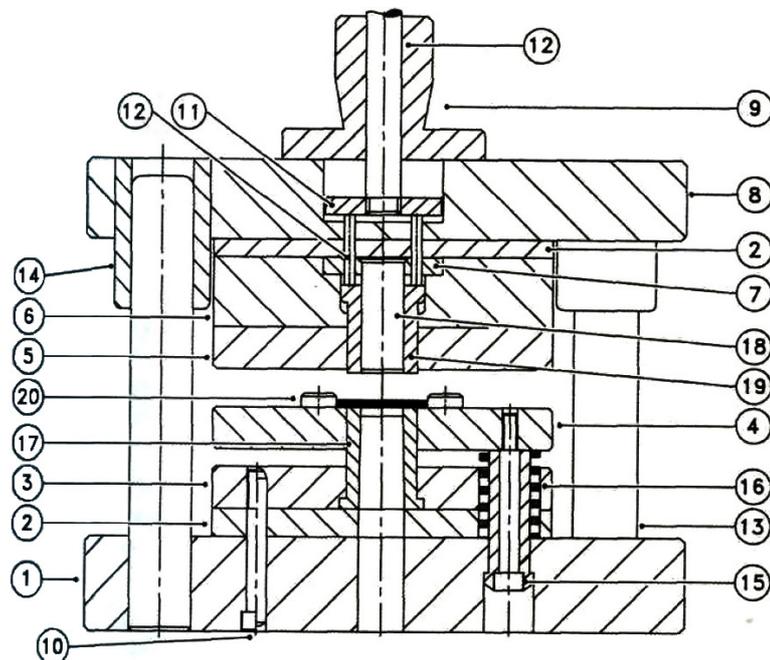


Estas matrices llevan siempre una placa de apoyo o sufridera bajo el casquillo de corte de la parte fija del utillaje.

Partes Principales

Partes que componen una matriz coaxial:

1. Placa base.
2. Sufridera.
3. Placa portamatriz.
4. Placa pisadora-extractora.
5. Matriz superior.
6. Vaso de suplemento del casquillo expulsor.
7. Placa portapunzones.
8. Base superior.
9. Vástago.
10. Tornillos y pasadores.
11. Placa expulsora.
12. Varillas expulsoras.
13. Columna-guía.
14. Casquillo-guía.
15. Tornillo limitador.
16. Resorte.
17. Casquillo de corte.
18. Punzón de corte.
19. Casquillo expulsor.
20. Centradores.



Al igual que en las matrices de guía flotante, algunos de los componentes de las matrices coaxiales son elementos comunes a otros tipos de matrices, por lo tanto, no se describen a continuación.

Placa portamatriz. Es una placa que sirve como alojamiento del casquillo de corte, situado en la parte fija del utillaje. En algunas matrices, cuyo perímetro de corte es circular, esta placa y el casquillo de corte pueden constituir un único elemento.

Placa pisadora-extractora. La placa pisadora-extractora cumple una doble función: resiste la presión de la parte móvil del utillaje, gracias al sistema elástico, hasta que este es vencido, evitando que la chapa se deforme y manteniéndola sujeta mientras dura la operación. Por otro lado, sirve como elemento de extracción del recorte o material sobrante, que, una vez cerrada la matriz, había quedado adherido al casquillo de corte.

Matriz superior. Esta placa es responsable directa del corte del perímetro exterior de la pieza. Actúa en el momento en que la matriz se cierra, iniciando el corte del material contra el perímetro exterior del casquillo de corte, venciendo a la vez el esfuerzo de la placa pisadora-extractora. Por el retroceso del casquillo expulsor durante el proceso, la pieza cortada se queda enganchada en la matriz superior, hasta su expulsión posterior, al final del ciclo. El mecanizado del agujero de la matriz superior se hace en ángulo recto, sin desahogo para la salida de piezas.

Vaso de suplemento del casquillo expulsor. Esta pieza sirve como "caja de mecanismos" y su función consiste en alojar en su interior el sistema de expulsión de las piezas, junto con los punzones. Su altura vendrá determinada por el espesor de chapa a cortar y por el recorrido necesario para expulsar las piezas del interior de la matriz superior.

Placa portapunzones. La placa portapunzones de las matrices coaxiales difiere de otros tipos de utillajes, pues, en este caso, no es más que una plaquita inserta y ajustada en el alojamiento que el vaso de suplemento tiene a tal efecto. Generalmente, no es necesario su enclavijado a la placa de suplemento.

Vástago. Aun siendo un elemento normalizado, esta pieza tiene la particularidad que lleva un taladro pasante en su eje. En este agujero se alojara la varilla percutora responsable de la expulsión de las piezas.

Sistema expulsor. Está formado por unas varillas que están roscadas a la placa expulsora, formando un subconjunto dentro de la parte móvil de la matriz con movimiento propio, condicionado por el cierre o la apertura del utillaje, en su movimiento de trabajo. El deslizamiento de este mecanismo debe ser suave y preciso, para evitar agarrotamientos o gripajes que pudieran dificultar la expulsión de las piezas u ocasionar otras averías de mayor gravedad.

Casquillo de Corte. Es uno de los elementos principales de esta clase de utillajes. Corta por su perímetro exterior y también por el perímetro correspondiente a su diámetro interior, trabajando de ese modo como punzón y matriz de manera simultánea. Después del corte, el material sobrante quedara adherido en la pared exterior del casquillo, siendo extraído por la placa pisadora-expulsora. A su vez, el material cortado por el perímetro interior del casquillo será desalojado por gravedad por el interior de este agujero, que en ese caso está dotado de ángulo de salida como otros tipos de matrices.

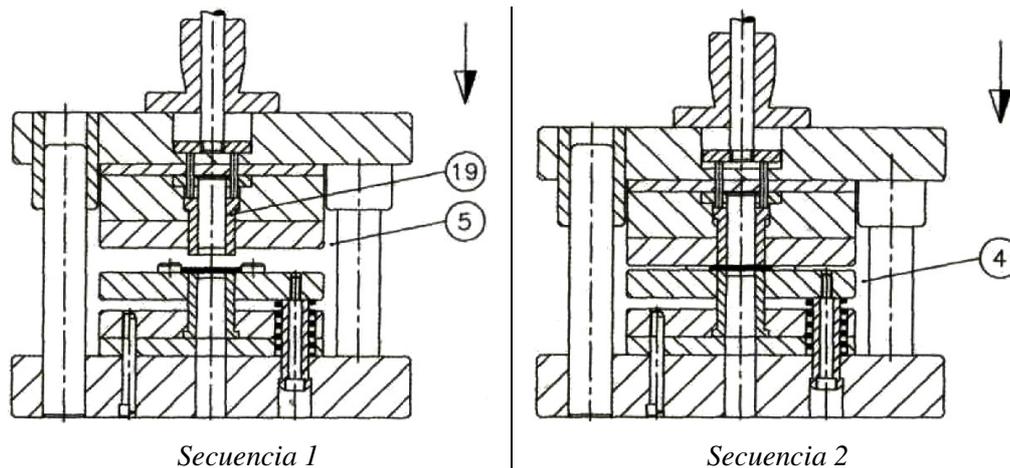
Casquillo expulsor. Tiene la misión de desalojar la pieza que, una vez cortada, se había quedado en el interior de la matriz superior. Este casquillo trabaja por acción del mecanismo expulsor, cuyas varillas empujan la base del casquillo en el momento en que la matriz alcanza su punto muerto superior, al final de un ciclo.

Centradores. Pueden ser unas varillas o pivotes o bien, unas chapas de poco espesor. Su trabajo consiste en guiar o posicionar el material a procesar, ya sea en formato cortado o en forma de fleje. Cuando sea posible, en la matriz superior se practicarán unos alojamientos para que estos centradores no interfieran al cerrarse la matriz.

Funcionamiento

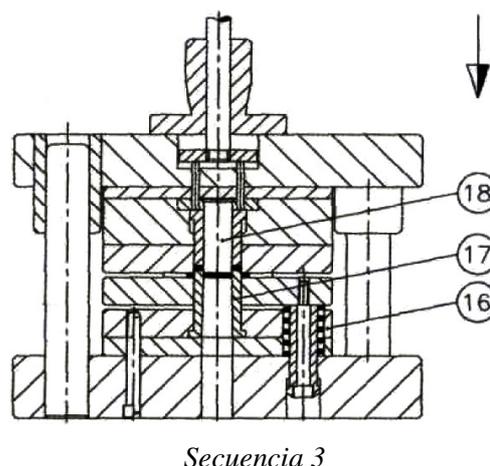
En su posición de reposo, la parte móvil de la matriz esta ligeramente separada de la parte fija del utillaje y el mecanismo expulsor se halla en su posición más adelantada, sobresaliendo ligeramente el casquillo expulsor (19) del plano de corte de la matriz superior (5). La chapa a matricular está situada sobre el plano de corte del útil (secuencia 1).

Al comenzar el ciclo, la parte móvil del utillaje inicia su carrera de descenso presionando la chapa sobre la placa pisadora (4). Simultáneamente, el casquillo expulsor (19) hace contacto sobre la chapa y retrocede hasta el plano de corte de la matriz superior (5) (secuencia 2).



Al estar montada sobre un sistema elástico, la placa pisadora (4) se retrae una vez que la presión ejercida es superior a la carga nominal de los resortes montados (16). En este momento, la matriz superior (5) y el punzón (18) presionan la chapa contra el casquillo de corte (17), iniciándose el corte y seccionando así las fibras del material.

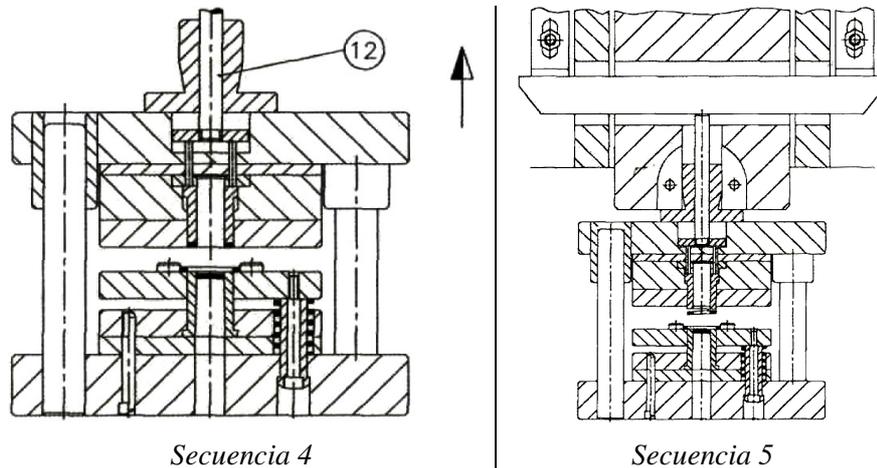
Cuando la prensa llega a su punto muerto inferior, el casquillo de corte está alojado ligeramente dentro de la matriz superior y el punzón se halla alojado dentro del casquillo de corte, habiendo cortado ya la chapa. La pieza se queda alojada en la matriz superior, mientras que la pipa o recorte del agujero de la pieza se evacua por el agujero del casquillo de corte (secuencia 3).



En la última fase del proceso, el cabezal de la prensa vuelve a su posición inicial, cesando así la presión sobre la parte fija del utillaje. Así, el sistema elástico del pisador recupera su posición original, extrayendo el recorte de material adherido al casquillo de corte en el instante en que la placa pisadora extractora alcanza el nivel del plano del casquillo. Cuando la parte móvil de la matriz empieza a subir, se lleva consigo la pieza recién cortada, que será expulsada por el casquillo

expulsor (19) cuando la máquina llegue a su punto muerto superior, donde la varilla expulsora (12) hará tope con el mecanismo de expulsión de la máquina. Es conveniente dotar la máquina con un sistema de evacuación de piezas por aire a presión, así se evita que puedan quedarse sobre el utillaje, pudiendo provocar desperfectos al iniciarse el siguiente ciclo (secuencia 4 y 5).

Como característica importante, cabe destacar la posición de las rebabas en la pieza, que en este tipo de matrices se producen todas en la misma cara o plano de la chapa, tanto las rebabas del corte como las del punzonado interior.



1.3.4. MATRIZ DE CORTE FINO O DE CORTE DE PRECISION

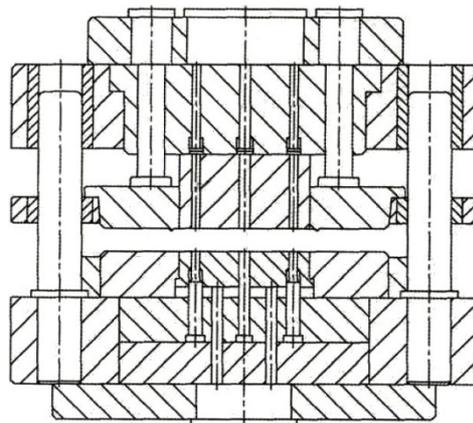
Es un utillaje de diseño similar a las matrices de doble efecto, de ejecución más precisa y robusta, concebido para trabajar según una técnica cuya principal diferencia reside en el sistema de pisado de la chapa.

La placa pisadora o placa de presión está 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 mm. Cuando se superan estos valores pueden surgir algunas complicaciones derivadas de las características mecánicas del material a trabajar.

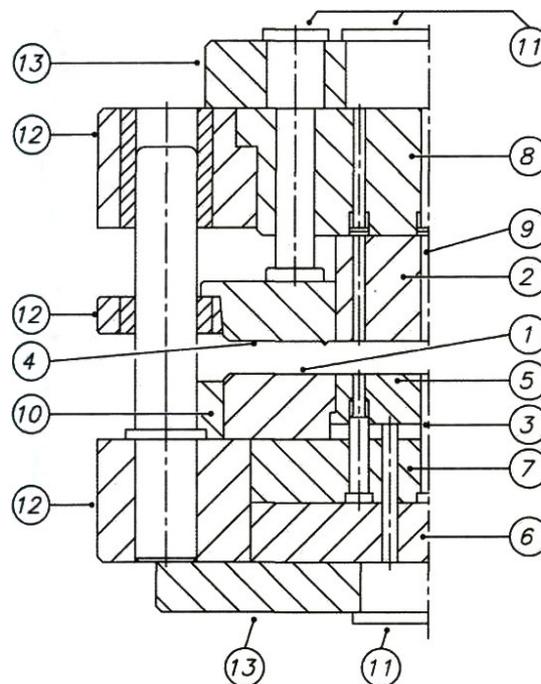
Además de operaciones de corte y punzonado, las matrices de corte fino permiten obtener piezas con avellanados, recalcados, chaflanes, estampados, etc.



Partes Principales

Partes que componen una matriz de corte fino:

1. Matriz de corte.
2. Troquel de corte.
3. Punzón de corte.
4. Placa de presión.
5. Extractor.
6. Sufridera.
7. Placa portapunzones.
8. Placa de suplemento.
9. Expulsor.
10. Anillo de contracción.
11. Vástago o perno de presión.
12. Armazón de columnas.
13. Anillo de apoyo.



Matriz de corte. Es la placa sobre la cual se corta el perímetro exterior de la pieza. Dispone de un dentado anular, que, bajo presión de la parte móvil, se clava en la superficie de la chapa, expandiéndola de manera que esta se queda pegada a la pared del troquel de corte, evitando roturas o desgarros en el borde de la pieza.

Troquel de corte. Ejerce la función de punzón de corte del perímetro exterior y, simultáneamente, actúa como matriz de punzonar. En su interior, se alojarán las pipas o recortes de los punzones hasta su expulsión, al finalizar el ciclo. Al igual que en la matriz de corte, la vida de este elemento de corte es completamente cilíndrica y su franquicia de corte es mínima, calculándose sobre un 0,5 % del espesor de la chapa.

Punzones de Corte. Estos elementos realizan el punzonado interior de la pieza. Los punzones de corte suelen ser punzones robustos y más bien cortos, para evitar su pandeo. En una matriz de corte fino, estos elementos son estáticos y efectúan su trabajo apoyados sobre una sufridera, siendo el troquel de corte de la parte superior del útil quien, realmente, imprime el movimiento de corte.

Placa de presión. Esta placa trabaja como placa pisadora. Se le llama de esta forma puesto que, aparte de realizar el pisado de la chapa, estampa sobre el material el relieve o dentado anular para favorecer la expansión de la chapa hacia la pared del troquel de corte.

Extractor. Es un componente que tiene la misión de ejercer durante el corte una fuerza en sentido opuesto a la que realiza el troquel de corte. De ese modo, se asegura la planitud de la pieza cortada, a la vez que se evitan roturas en el espesor o borde de la pieza de chapa. Ese esfuerzo contrario al troquel de corte se lleva a cabo mediante un segundo movimiento o efecto de la prensa, actuando sobre unos vástagos o pernos de presión (candelas). Durante el movimiento de retorno del cabezal de la prensa, el extractor expulsa la pieza, empujado por los pernos de presión.

Placa sufridera. Esta placa trabaja como apoyo de los punzones de corte. Para garantizar su resistencia, el espesor de esta placa es mayor del que se describe en otros tipos de matrices.

Placa portapunzones. Su misión es idéntica a la de otros tipos de utillajes. No obstante, los alojamientos de los punzones suelen ser de cabeza cilíndrica y no cónica.

Placa de suplemento. Esta placa lleva alojados en su interior los pernos de presión de la parte superior del utillaje. Además, el troquel de corte va enclavado sobre la misma placa.

Expulsores. Consisten en unos punzones que sirven para desalojar las pipas o recortes que se han producido durante la operación y que se han quedado alojadas en el interior del troquel de corte.

Anillo de contracción. Es una pieza que sirve como caja de contención y soporte de la matriz de corte. Perfectamente ajustada a esta, evita la rotura por expansión de la matriz de corte..

Vástagos o pernos de presión. Son los elementos encargados de transmitir los distintos movimientos a los expulsores y a la placa de presión durante el ciclo de trabajo.

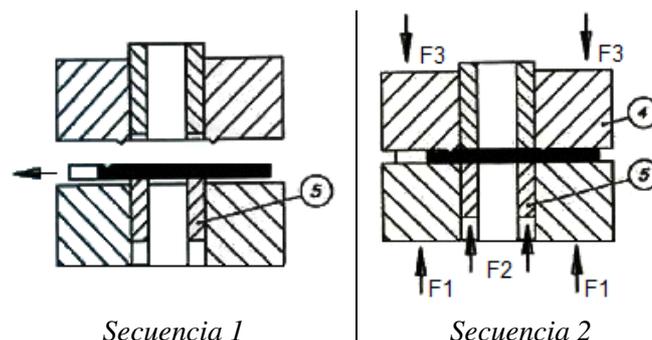
Armazón de columnas. Los armazones de columnas utilizados en el corte fino llevan placa intermedia para garantizar la mayor rigidez posible del utillaje. Además, los espesores de sus placas son superiores a los que se aplican para cualquier matriz de corte convencional.

Anillo de apoyo. Es una placa que sirve de base y a la vez de guía de los pernos de presión.

Funcionamiento

En su posición de reposo, el utillaje se encuentra abierto y con el fleje de material apoyado sobre el extractor (5) de la parte inferior de la herramienta (secuencia 1).

Al comenzar el ciclo, la mesa de la prensa inicia su carrera de ascenso, cerrando la parte inferior del utillaje sobre la parte superior y presionando el fleje a cortar entre ambas partes (F1). Simultáneamente, y mediante la acción de los pernos de presión (11), se producen sendas fuerzas (F2 y F3) sobre el extractor (5) y sobre la placa de presión (4), esta ultima en sentido opuesto a las anteriores (secuencia 2).

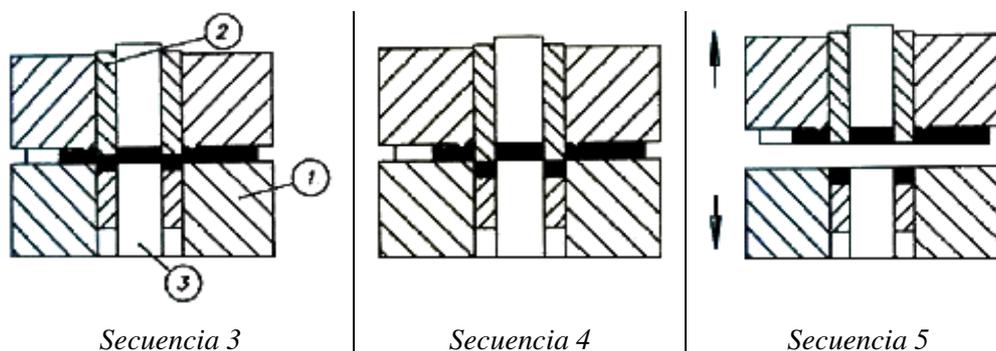


La fuerza (F_2) imprimida sobre el extractor (5) tiene la misión de pisar y mantener lo mas plana posible el área de la chapa, que, una vez cortada, resultara ser la pieza definitiva. Dicha fuerza además, evita el alomado de las aristas de la pieza que se produce al principio del corte por el inicio de embutadura, debido a la falta de resistencia del material.

La fuerza (F_3) producida sobre la placa de presión (4) es la responsable de estampar el dentado o resalte anular sobre el fleje de material para provocar su expansión hacia las paredes y filos de los elementos de corte.

El material cede a los esfuerzos mencionados, actuando de manera pasiva el troque de corte (2), puesto que no posee movimiento propio. Dicho elemento, como en el caso de las matrices coaxiales, trabaja como punzón sobre la matriz de corte (1), y como matriz sobre los punzones de corte (3), de manera simultánea (secuencia 3).

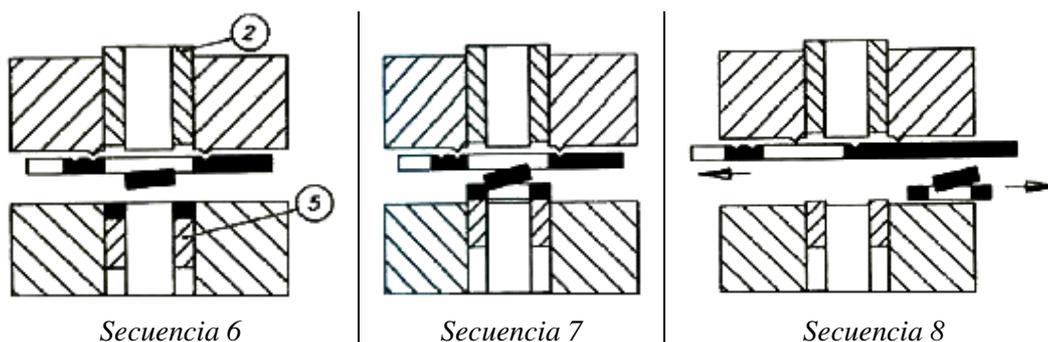
En esta fase, ha finalizado el corte, propiamente dicho (secuencia 4).



A continuación, las plataformas o mesas de la prensa se separan y el utillaje queda abierto con la pieza, el recorte de material y el fleje adheridos a los elementos activos del útil (secuencia 5).

La retirada del troquel de corte (2) y el avance del extractor (5), liberan el fleje de material, el recorte y la pieza (secuencia 6 y 7).

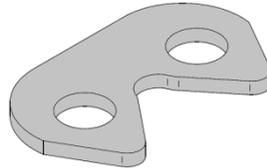
Antes de iniciar un nuevo ciclo, la pieza y los recortes son evacuados, a la vez que el fleje de material avanza, para poder producir una nueva pieza (secuencia 8).



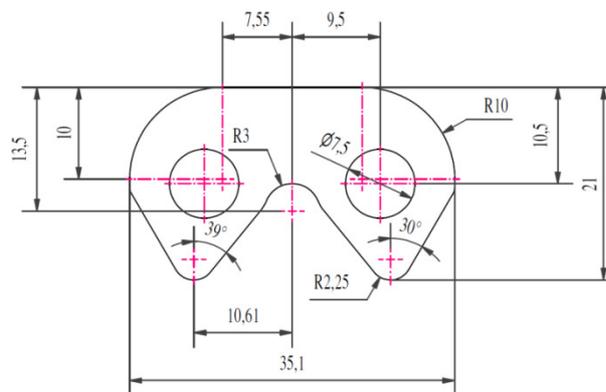
DESARROLLO

2. ANALISIS DEL PRODUCTO

La pieza que se desea conseguir por medio de la fabricación por estampación es un eslabón de una cadena silenciosa que se fabrica partiendo de una lamina de acero laminado con 2% de carbono de 2 mm de espesor.

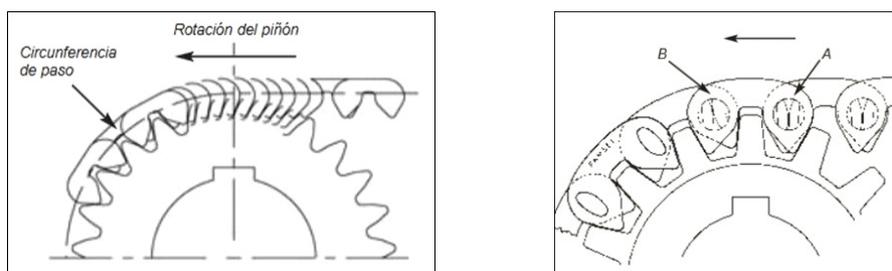


En la siguiente imagen se muestran las dimensiones del eslabón:



El eslabón que vamos a fabricar forma parte de la malla de transmisión, es decir, es el elemento que tiene la función de engranar en los dientes del piñón para mover la cadena.

La siguiente figura muestra cómo funciona una articulación de perno doble. A medida que la cadena engrana en el piñón y se mueve de la posición *A* a *B*, las superficies convexas de los pernos ruedan una sobre otra. Esta acción de rodadura elimina la fricción y el desgaste que se dan en otras cadenas.



Este sistema también minimiza los efectos de la acción cordal debido a que el paso se incrementa ligeramente y que el punto de paso de la cadena se eleva hasta coincidir con el diámetro de paso del piñón.

Como resultado, la cadena engrana suave y eficazmente en el piñón, de forma casi tangente al círculo de paso. La suavidad y la falta de vibraciones dan como resultado una cadena transportadora silenciosa de gran capacidad de carga y alta velocidad de trabajo.

Debido a que es una pieza cuya geometría, y especialmente las paredes de su espesor, requieren una planitud, una escuadra o verticalidad y una exactitud de medidas críticas, emplearemos el corte fino o corte de precisión para conseguir que su acabado sea exacto y así evitar una pérdida en sus propiedades de trabajo.

3. DISPOSICION DE LAS PIEZAS SOBRE LA CHAPA

Uno de los aspectos más importantes a valorar en todo proceso productivo es el que hace referencia a la materia prima necesaria para la fabricación del producto. En el caso de la matricería, estamos hablando de chapa metálica, debidamente cortada en tiras o preparada en bobinas de una anchura determinada. Los coste de material, en donde se incluye también su parte de desperdicio, inciden de manera muy importante en el precio final de un producto.

Así, siempre que la forma de una pieza no presente grandes irregularidades, se considera un rendimiento óptimo de utilización del material cuando este es aprovechado en un porcentaje cuyo valor oscila en torno al 75-80%. Es importante tener en cuenta este detalle, puesto que se puede obtener un ahorro importante de material, especialmente si se trata de producir grandes series o también piezas de gran tamaño.

La elección del formato de chapa, en plancha o en bobina y la disposición de las piezas a cortar permiten optimizar los costes de material, repercutiendo notablemente en el coste final del producto.

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, aun pudiéndose fabricar medidas especiales, como es el caso de suministros de formato especial para el sector del automóvil.

La elección de un formato u otro dependerá del tipo de pieza a fabricar y de su forma, de la cantidad de piezas a producir, de la clase de matriz a utilizar y, finalmente, del sistema de producción a adoptar.

Atendiendo al tipo de pieza a fabricar, existen dos posibilidades de corte:

1. Obtención de trozos o formatos de chapa no definitivos, que sirven para conseguir un producto o pieza acabada en posteriores operaciones.
2. Obtención de piezas acabadas mediante una matriz progresiva, donde deben tenerse en cuenta unas medidas y parámetros, respetándolos escrupulosamente.

Así, en el primer caso, se intentara buscar una disposición lo más ajustada posible, evitando al máximo despreñar el material, incluso cortando las piezas mediante cizallado, y así no dejar ningún recorte.

A diferencia del corte de formatos o trozos de chapa para la fabricación de piezas definitivas en otras matrices, la obtención de piezas acabadas mediante una matriz progresiva 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. No obstante, es conveniente conocer algunos conceptos que nos ayudaran a comprender mejor el planteamiento de las piezas sobre la chapa.

3.1. DISTANCIA OPTIMA DE SEPARACIÓN

La separación que hay que dejar entre piezas (a) o entre una pieza y el borde del fleje (b) deberá tener un valor mínimo que garantice la suficiente rigidez de la tira de material, pues es condición indispensable para el buen funcionamiento de una matriz progresiva.

La deformación de una tira de fleje por decaimiento o falta de rigidez, debido a una mínima separación entre las piezas cortadas, no trae más que problemas y continuos paros de maquina por avances erróneos del fleje, que frecuentemente acaban provocando averías de la matriz.

Además la separación entre piezas deberá proveer suficiente material para el corte correcto de las piezas, sin que la figura de una interfiera sobre la otra, pues estas saldrían incompletas y, por lo tanto, defectuosas. Del mismo modo, debe considerarse que una separación excesiva influiría de manera negativa en los costes de material, ya que su desperdicio seria mayor.

Desarrollo

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

$$a = 1,5 \cdot e$$

Siendo:

- a → Separación entre piezas (mm); teniendo siempre en cuenta que $a \geq 1$ mm.
- e → Espesor del material (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:

$$b = 1,5 \cdot e$$

Siendo:

- b → Separación entre pieza y borde (mm).
- e → Espesor del material (mm).

Y por lo tanto:

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

Siendo:

- B → Anchura del fleje (mm).
- b → Separación entre pieza y borde (mm).
- h_{pieza} → La altura de la figura de la pieza (mm).

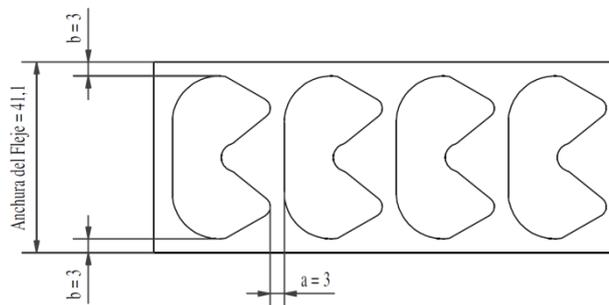
Como se puede observar las formulas de separación entre piezas (a) y separación entre pieza y borde (b) son iguales, sabiendo que el espesor de la banda que se utilizara para la obtención de la pieza es de 2 mm, únicamente tenemos que sustituir valores por lo que obtenemos que:

$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

Una vez que hemos obtenido el valor de la separación entre pieza y borde (b), el cual podemos sustituir para averiguar la anchura del fleje (B):

$$B = 2 \cdot b + h_{pieza} = 2 \cdot 3 + 35,1 = 41,1 \text{ mm}$$

En la siguiente imagen se muestra como quedaría, en una posible distribución de la pieza sobre la banda, la separación entre piezas y borde del fleje:



3.2. PASO O AVANCE

El paso o avance (P) es la distancia que hay entre dos puntos homólogos de dos piezas situadas de forma consecutiva sobre un fleje de una anchura que viene determinada por la pieza a procesar. De ese modo, el valor del paso (mm) es la medida que avanza el fleje de material dentro de la matriz, entre dos golpes o ciclos consecutivos de la prensa.

El paso de un fleje de material puede calcularse aplicando la formula:

$$P = a + a_{pieza}$$

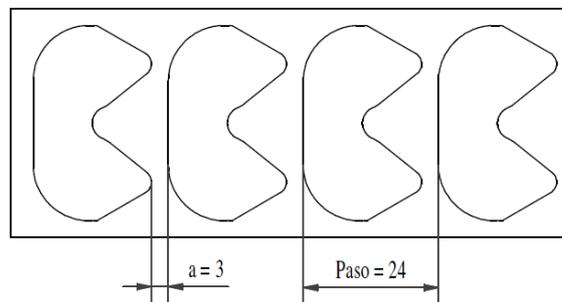
Siendo:

- P → Paso o avance (mm).
- a → Separación entre piezas (mm).
- a_{pieza} → Anchura de la pieza (mm).

Anteriormente hemos obtenido el valor de la separación entre piezas (a), el cual podemos sustituir para averiguar el paso o avance (P):

$$P = a + a_{pieza} = 3 + 21 = 24 \text{ mm}$$

En la siguiente imagen se muestra como quedaría, en una posible distribución de la pieza sobre la banda, el paso entre dos puntos iguales de dos piezas consecutivas:



3.3. DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS

Atendiendo a la forma geométrica de las piezas, existen varias disposiciones de las mismas sobre el fleje de material:

- Disposición simple o normal.
- Disposición oblicua.
- Disposición doble invertida.
- Disposición Múltiple.

Es interesante llevar a cabo, en el momento en que se diseña la matriz, un estudio minucioso de dicha distribución. El ahorro de material en función de la disposición adoptada puede rebajar en muchos puntos el coste final del producto a matricular.

Para demostrar esta afirmación, a continuación, vamos a proceder a realizar un estudio económico con el fin de determinar los costes de material para la producción en serie de la pieza en cuestión, dispuestas en distintas posiciones sobre el fleje.

En primer lugar definiremos las formulas que se deben emplear para realizar el cálculo de los pesos que intervienen y así determinar el rendimiento de cada disposición de las piezas sobre la banda.

Peso Pieza

$$P_{pieza} = V_{pieza} \cdot \rho$$

Siendo:

- P_{pieza} → El peso de la pieza, sin punzonados (gr).
- V_{pieza} → El volumen de la pieza, sin punzonados (mm^3).
- ρ → El peso específico del material a procesar (gr/cm^3).

Desarrollo

Peso Formato

$$P_{formato} = V_{formato} \cdot \rho$$

$$V_{formato} = P \cdot B \cdot e$$

$$P = a + a_{pieza}$$

Siendo:

- $P_{formato}$ → El peso que corresponde a $V_{formato}$ (gr).
- $V_{formato}$ → El volumen del material necesario, contando espacio de separación, para cortar una pieza (mm^3).
- ρ → El peso específico del material a procesar (gr/cm^3).
- P → Paso avance del material (mm).
- a → Separación entre piezas (mm).
- a_{pieza} → Anchura de la pieza (mm).
- B → Ancho del fleje (mm).
- e → Espesor del material (mm).

Peso Recorte

$$P_{recorte} = P_{formato} - P_{pieza}$$

Siendo:

- $P_{recorte}$ → El peso que corresponde al recorte de material, sin contar los punzonados interiores de la pieza (gr).

Rendimiento

$$R = \frac{P_{pieza}}{P_{formato}} \cdot 100$$

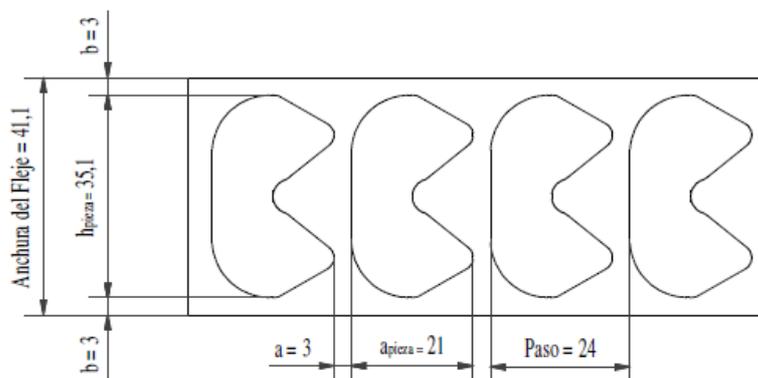
Siendo:

- R → El rendimiento o grado de aprovechamiento del material (%).

3.3.1. DISPOSICIÓN SIMPLE O NORMAL

Esta disposición se emplea cuando hay que cortar piezas cuya forma exterior puede inscribirse en un paralelogramo o bien cuando las irregularidades de la figura desaconsejen alguna o disposición.

Disposición Simple (Modalidad A)



$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = a + a_{\text{pieza}} = 3 + 21 = 24 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{\text{pieza}} = 2 \cdot 3 + 35,1 = 41,1 \text{ mm}$$

$$V_{\text{pieza}} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{\text{pieza}} = V_{\text{pieza}} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

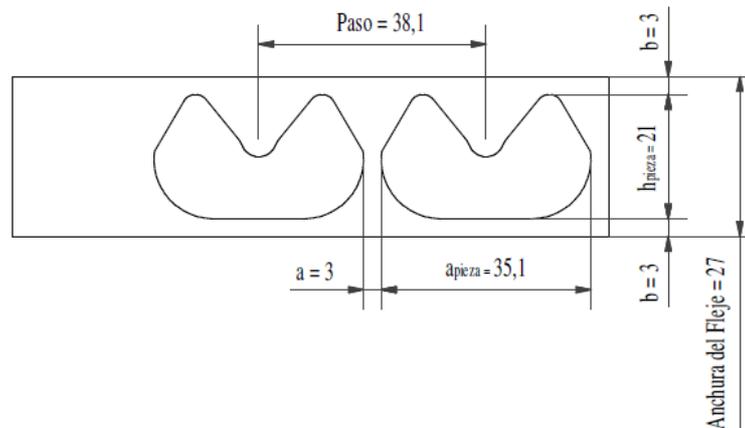
$$V_{\text{formato}} = P \cdot B \cdot e = 24 \cdot 41,1 \cdot 2 = 1972,8 \text{ mm}^3$$

$$P_{\text{formato}} = V_{\text{formato}} \cdot \rho = 1972,8 \cdot 7,833 = 15452,94 \text{ g}$$

$$P_{\text{recorte}} = P_{\text{formato}} - P_{\text{pieza}} = 15452,94 - 8242,25 = 7028,69 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{\text{pieza}}}{P_{\text{formato}}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{15452,94} \cdot 100 = 53,33 \%$$

Disposición Simple (Modalidad B)



$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = a + a_{\text{pieza}} = 3 + 35,1 = 38,1 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{\text{pieza}} = 2 \cdot 3 + 21 = 27 \text{ mm}$$

$$V_{\text{pieza}} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{\text{pieza}} = V_{\text{pieza}} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{\text{formato}} = P \cdot B \cdot e = 38,1 \cdot 27 \cdot 2 = 2057,4 \text{ mm}^3$$

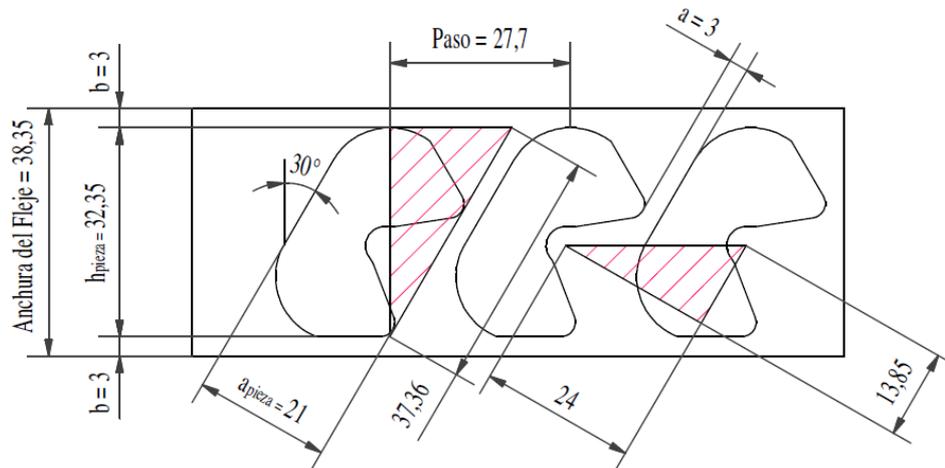
$$P_{\text{formato}} = V_{\text{formato}} \cdot \rho = 2057,4 \cdot 7,833 = 16115,61 \text{ g}$$

$$P_{\text{recorte}} = P_{\text{formato}} - P_{\text{pieza}} = 16115,61 - 8242,25 = 7873,36 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{\text{pieza}}}{P_{\text{formato}}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{16115,61} \cdot 100 = 51,14 \%$$

3.3.2. DISPOSICIÓN OBLICUA

En este caso, las piezas a cortar suelen tener poca anchura, o bien, su figura encaja en la forma que le precede. La disposición oblicua también se utiliza cuando la figura a cortar es semejante a la de un triángulo rectángulo o puede ser inscrita en él.



$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = \sqrt{24^2 + 13,85^2} = 27,71 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{13,85}{24} \rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{13,85}{24}\right) = 30^\circ$$

$$h_{\text{pieza}} = 37,36 \cdot \cos \alpha = 37,36 \cdot \cos 30^\circ = 32,35 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{\text{pieza}} = 2 \cdot 3 + 32,35 = 38,35 \text{ mm}$$

$$V_{\text{pieza}} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{\text{pieza}} = V_{\text{pieza}} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{\text{formato}} = P \cdot B \cdot e = 27,71 \cdot 38,35 \cdot 2 = 2125,357 \text{ mm}^3$$

$$P_{\text{formato}} = V_{\text{formato}} \cdot \rho = 2125,357 \cdot 7,833 = 16647,92 \text{ g}$$

$$P_{\text{recorte}} = P_{\text{formato}} - P_{\text{pieza}} = 16647,92 - 8242,25 = 8405,67 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{\text{pieza}}}{P_{\text{formato}}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{16647,92} \cdot 100 = 49,50 \%$$

3.3.3. DISPOSICIÓN DOBLE INVERTIDA

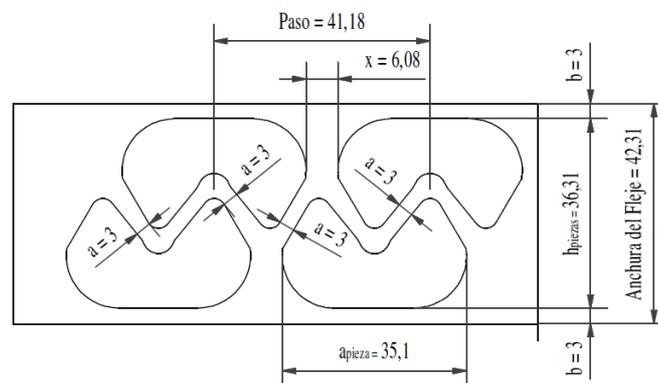
Esta disposición se utiliza cuando la figura a cortar puede inscribirse en un triángulo, de tal manera que, entre los huecos que quedan entre las piezas ya cortadas, pueden cortarse otras, pero en posición invertida. El inconveniente que presenta este sistema radica en el doble juego de punzones que deben disponerse en la matriz para poder aprovechar mejor el material. No obstante, y como ventaja, cabe señalar que se obtienen dos piezas por ciclo, reduciéndose los tiempos de producción a la mitad.

En ocasiones se quiso demostrar la aplicación de este sistema utilizando un solo punzón o juego de punzones (en el caso de que la pieza vaya punzonada), pasando una segunda vez la tira por el interior de la matriz volteándola, eso sí, sobre su plano longitudinal, de forma que en esta segunda pasada se cortasen las piezas a partir del material sobrante en la primera pasada.

Aunque la idea no es solución imposible, en la mayoría de ocasiones este procedimiento resulta inviable, puesto que el recorte de material o fleje cortado, por lo general, sufre deformaciones que dificulten el paso suave, sin sobresaltos ni atascos por el interior de la matriz.

Cuando la pieza a obtener, además del corte, presenta otras operaciones de punzonado, estampado, etc. las complicaciones aumentan, por el simple hecho de que las deformaciones existentes impiden el avance suave y correcto del fleje por el interior del utillaje. Como conclusión, es conveniente descartar este procedimiento, por ser considerado poco preciso e inseguro.

Disposición Doble Invertida (Modalidad A)



$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = x + a_{pieza} = 6,08 + 35,1 = 41,18 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{piezas} = 2 \cdot 3 + 36,31 = 42,31 \text{ mm}$$

$$V_{pieza} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

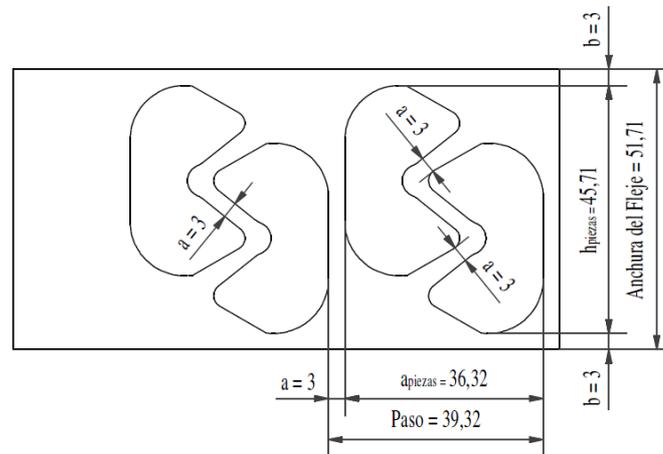
$$P_{pieza} = V_{pieza} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{formato} = P \cdot B \cdot e = 41,18 \cdot 42,31 \cdot 2 = 3484,65 \text{ mm}^3 \text{ (para el corte de dos piezas)}$$

$$P_{formato} = \frac{V_{formato}}{2} \cdot \rho = \frac{3484,65}{2} \cdot 7,833 = 13647,637 \text{ g}$$

$$P_{recorte} = P_{formato} - P_{pieza} = 13647,637 - 8242,25 = 5405,387 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{pieza}}{P_{formato}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{13647,637} \cdot 100 = 60,39 \%$$

Disposición Doble Invertida (Modalidad B)


$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = a + a_{piezas} = 3 + 36,32 = 39,32 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{piezas} = 2 \cdot 3 + 45,71 = 51,71 \text{ mm}$$

$$V_{pieza} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{pieza} = V_{pieza} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{formato} = P \cdot B \cdot e = 39,32 \cdot 51,71 \cdot 2 = 4066,474 \text{ mm}^3 \text{ (para el corte de dos piezas)}$$

$$P_{formato} = \frac{V_{formato}}{2} \cdot \rho = \frac{4066,474}{2} \cdot 7,833 = 15926,346 \text{ g}$$

$$P_{recorte} = P_{formato} - P_{pieza} = 15926,346 - 8242,25 = 7684,096 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{pieza}}{P_{formato}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{15926,346} \cdot 100 = 51,75 \%$$

3.3.4. DISPOSICIÓN MÚLTIPLE

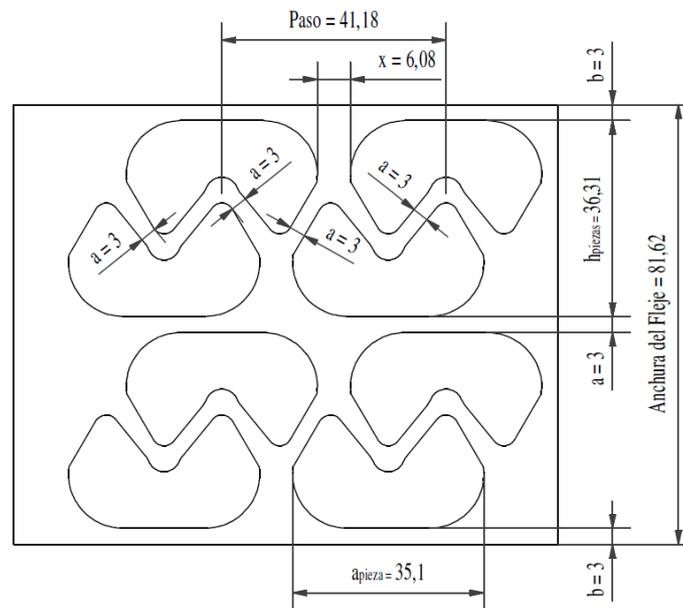
Esta distribución se aconseja cuando deben cortarse grandes series de piezas de forma circular o bien cuando las piezas pueden inscribirse en una circunferencia, como, por ejemplo, piezas hexagonales.

Para utilizar esta disposición deberemos dotar al utillaje con tantos punzones como filas de piezas vayan a cortarse simultáneamente. Al igual que con la disposición doble invertida, los tiempos de producción se reducen a la mitad, a un tercio, etc. en función del número de punzones de corte, que vienen a representar lógicamente una pieza cortada por punzón.

Para adoptar la disposición múltiple de piezas como solución económica, se aconseja utilizar tres filas o series de piezas. Aumentar el número de filas no hace sino que incrementar considerablemente el coste del utillaje, en comparación al ahorro de material que se puede conseguir.

La disposición de las distintas filas o series de piezas se efectuara de manera que las piezas de una fila queden intercaladas aprovechando los huecos que hay entre las filas adyacentes. De ese modo, los ejes o centros de las piezas de una fila estarán desplazados en una distancia igual a la mitad del paso respecto a la fila contigua.

Disposición Múltiple (Modalidad A)



$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = x + a_{pieza} = 6,08 + 35,1 = 41,18 \text{ mm}$$

$$B = a + 2 \cdot b + 2 \cdot h_{piezas} = 3 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 36,31 = 81,62 \text{ mm}$$

$$V_{pieza} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

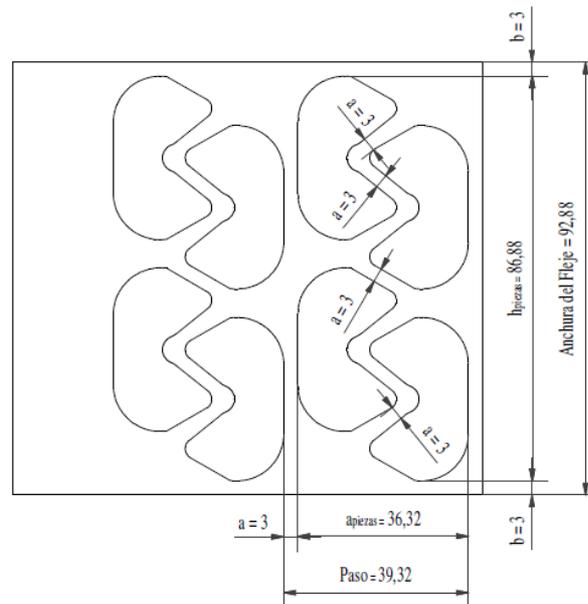
$$P_{pieza} = V_{pieza} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{formato} = P \cdot B \cdot e = 41,18 \cdot 81,62 \cdot 2 = 6722,22 \text{ mm}^3 \text{ (para el corte de cuatro piezas)}$$

$$P_{formato} = \frac{V_{formato}}{4} \cdot \rho = \frac{6722,22}{4} \cdot 7,833 = 13163,793 \text{ g}$$

$$P_{recorte} = P_{formato} - P_{pieza} = 13163,793 - 8242,25 = 4921,543 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{pieza}}{P_{formato}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{13163,793} \cdot 100 = 62,61 \%$$

Disposición Múltiple (Modalidad B)


$$a = b = 1,5 \cdot e = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ mm}$$

$$P = a + a_{\text{piezas}} = 3 + 36,32 = 39,32 \text{ mm}$$

$$B = 2 \cdot b + h_{\text{piezas}} = 2 \cdot 3 + 86,88 = 92,88 \text{ mm}$$

$$V_{\text{pieza}} = 1052,247 \text{ mm}^3$$

$$\rho = 7833 \text{ kg/m}^3 = 7,833 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{\text{pieza}} = V_{\text{pieza}} \cdot \rho = 1052,247 \cdot 7,833 = 8242,25 \text{ g}$$

$$V_{\text{formato}} = P \cdot B \cdot e = 39,32 \cdot 92,88 \cdot 2 = 7304,083 \text{ mm}^3 \text{ (para el corte de cuatro piezas)}$$

$$P_{\text{formato}} = \frac{V_{\text{formato}}}{4} \cdot \rho = \frac{7304,083}{4} \cdot 7,833 = 14303,22 \text{ g}$$

$$P_{\text{recorte}} = P_{\text{formato}} - P_{\text{pieza}} = 14303,22 - 8242,25 = 6060,97 \text{ g}$$

$$R = \frac{P_{\text{pieza}}}{P_{\text{formato}}} \cdot 100 = \frac{8242,25}{14303,22} \cdot 100 = 57,62 \%$$

3.4. COMPARACIÓN ENTRE DISPOSICIONES DE CORTE DE CHAPA

Según se desprende de los resultados de la siguiente tabla, existe pues una diferencia importante entre las diferentes disposiciones que hemos calculado. Veamos:

	Disposición de las Piezas						
	Simple (Mod. A)	Simple (Mod. B)	Oblicua	Doble Invertida (Mod. A)	Doble Invertida (Mod. B)	Múltiple (Mod. A)	Múltiple (Mod. B)
Ancho de Banda (A) (mm)	41,1	27	38,35	42,31	51,71	81,62	92,88
Paso (P) (mm)	24	38,1	27,71	41,18	39,32	41,18	39,32
Volumen Formato ($V_{formato}$) (mm ³)	1972,8	2057,4	2125,35	1742,32	2033,23	1680,55	1826,02
Peso Formato ($P_{formato}$) (gr)	15452,94	16115,61	16647,92	13647,63	15926,34	13163,79	14303,22
Peso Recorte ($P_{recorte}$) (gr)	7028,69	7873,36	8405,67	5405,38	7684,09	4921,54	6060,97
Rendimiento (R) (%)	53,33	51,14	49,5	60,39	51,75	62,61	57,62

Es importante destacar que la adopción de una u otra distribución dependerá, no obstante, de otros factores: dimensiones del utillaje resultante, anchos de bobina disponible, capacidad de alimentación del mismo fleje de la matriz, etc. e incidirá directamente en los costes de construcción de los utillajes.

Disposición Simple (Modalidad A). Aunque en un primer momento pueda parecer una disposición antieconómica, ya que desperdiciamos casi la mitad de la banda, en verdad se trata de una opción muy válida. En primer lugar nos permite una producción rápida ya que realizamos una producción continua con unos tiempos muy reducidos entre cada una de las repeticiones, dado que al disponer solamente de los punzones necesarios para obtener una pieza terminada se consigue un centrado directo.

Además al disponer únicamente de una pieza terminada a obtener por golpe no tenemos el problema de tener que disponer de un proceso de calidad minucioso en el que tengamos que observar que todas las piezas que han sido mecanizadas en un golpe cumplen correctamente con las dimensiones.

Por último comentar que este tipo de disposición simple no necesita un seguimiento de mantenimiento tan moderado como otro tipo de matrices.

Disposición Simple (Modalidad B). En esta disposición se cumplirán las ventajas y desventajas que hemos citado en la disposición anterior, la diferencia más significativa es la reducción del ancho de banda en el caso de que dependamos del dimensionamiento de la matriz resultante. También observamos que el aprovechamiento de la banda es similar pero con un ligero porcentaje menor (2,19 %) por lo que en un principio esta disposición es rechazada.

Disposición Oblicua. En la disposición oblicua hemos obtenido un sistema poco rentable ya que no es una disposición correcta para el corte de piezas de mucha anchura, por la enorme pérdida de material que ello supone, por lo que esta disposición es rechazada.

Disposición Doble Invertida (Modalidad A). Es una de las disposiciones más ventajosas ya que, al llevar un doble juego de punzones, la chapa se aprovecha más al rellenar los huecos existentes entre piezas, aparte de cortar dos piezas a la vez por golpe.

Para poder realizar esta disposición nos hemos visto obligados a aumentar el paso entre piezas para que no se solapasen entre ellas y evitar la concentración de tensiones durante el corte de la banda, pero es una decisión válida ya que obtenemos un mayor rendimiento.

También es necesario comentar que al disponer del doble de punzones para obtener el doble de piezas se aumentará el tamaño de la matriz resultante por lo que su fabricación será más costosa y habrá que añadir elementos que en la disposición simple no serían necesarios, también aumentará

levemente el tiempo entre repeticiones y el mantenimiento tendrá que ser mas intensivo para procurar que ambas piezas obtenidas sean idénticas.

Disposición Doble Invertida (Modalidad B). En esta disposición hemos obtenido un sistema menos rentable que en la anterior disposición, ya que no hemos podido reducir el espacio entre piezas para rellenar los huecos existentes. Esta disposición es rechazada.

Disposición Múltiple (Modalidad A). Partiendo de la disposición doble invertida (modalidad A) hemos obtenido la disposición más rentable de todas, ya que hemos omitido una separación entre pieza y borde (b), consiguiendo así un mayor aprovechamiento de la banda.

Al colocar cuatro hileras de juegos de punzones conseguimos en un mismo golpe la obtención de cuatro piezas, este hecho conlleva variaciones en factores a tener en cuenta como: el aumento de tamaño de la matriz, el aumento de tiempo entre repeticiones,

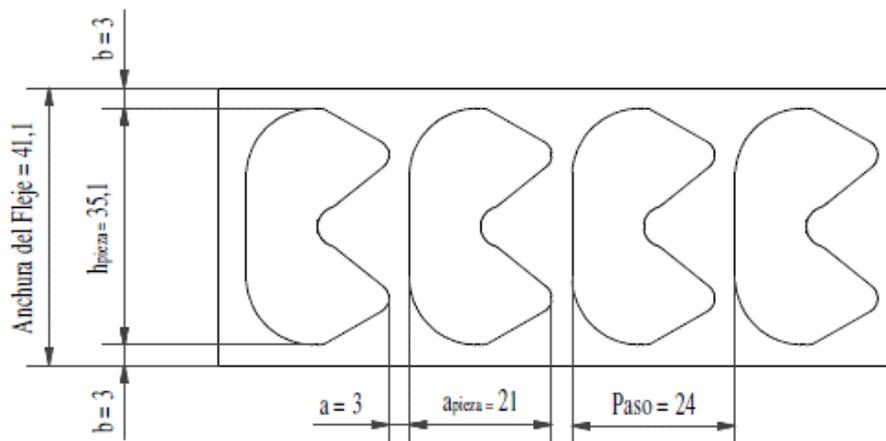
Además al disponer de cuatro piezas terminadas a obtener por golpe tenemos el problema de tener que disponer de un proceso de calidad minucioso en el que tengamos que observar que todas las piezas que han sido mecanizadas en un golpe cumplen correctamente con las dimensiones. Ya que si por cada golpe una de ellas se obtiene con defectos tendremos un fallo en el 25 % de las piezas resultantes.

Aunque puede parecer que es el diseño idóneo con el que proceder a realizar el diseño de la matriz al obtener el mayor rendimiento de banda, hemos de tener en cuenta que hay muchos factores que pueden fallar al aumentar el número de punzones que intervienen. Por lo que en un principio esta disposición es rechazada.

Disposición Múltiple (Modalidad B). En esta disposición se cumplirán las ventajas y desventajas que hemos citado en la disposición anterior, aunque observamos que el aprovechamiento de la banda es similar pero con un ligero porcentaje menor (4,99 %) por lo que esta disposición es rechazada.

Conclusión

Finalmente optaremos por realizar el diseño de la disposición que hemos considerado mejor, siendo:



Disposición Simple (Modalidad A)

4. 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 solo 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 recalado.
- El corte interrumpido.
- El corte fino o corte de precisión.

Existen, no obstante, otros procesos de corte, como el corte de repaso o calibrado. Este procedimiento, aunque no menos importante, no ha sido tratado en este trabajo, pues desde hace cierto tiempo viene siendo sustituido por el corte fino o corte de precisión.

4.1. DEFINICION Y DESCRIPCION DEL PROCESO DE CORTE DE LA CHAPA

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 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.

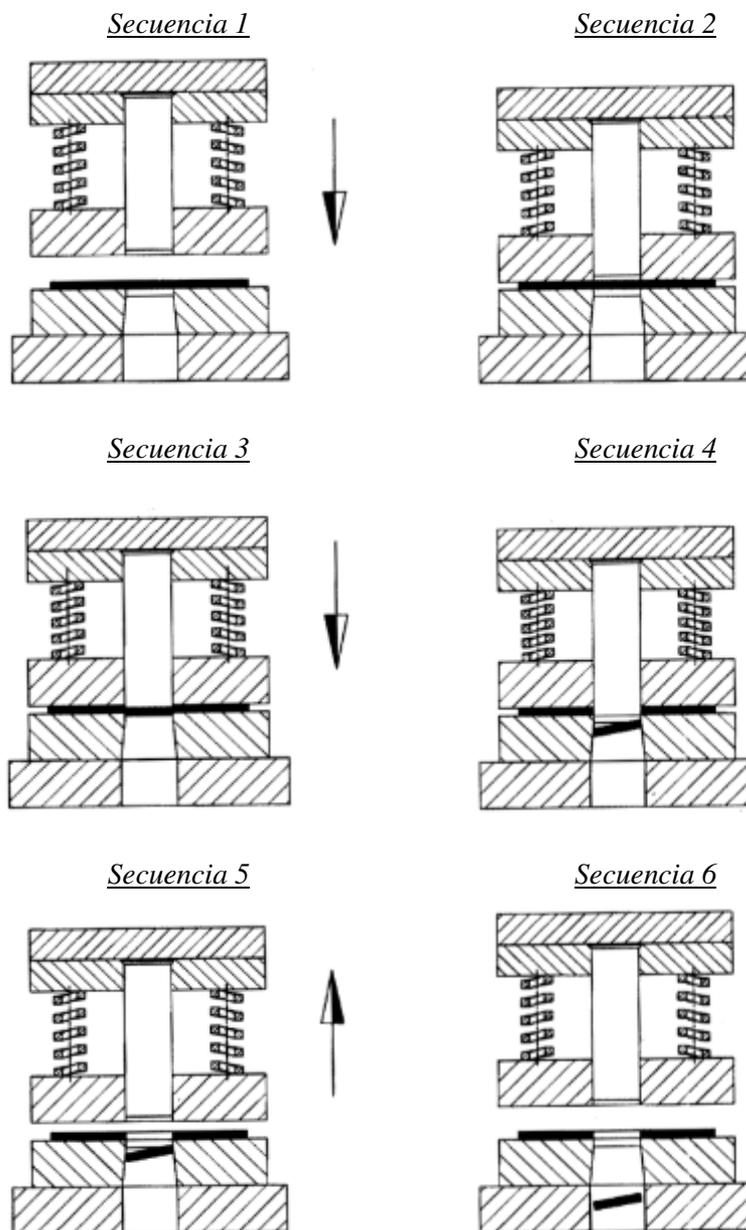
Descripción de un proceso de corte con pisado de la chapa

En este capítulo no se exponen las operaciones de corte al aire y sin pisado de la chapa, por cuanto a que 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 pequeños 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:

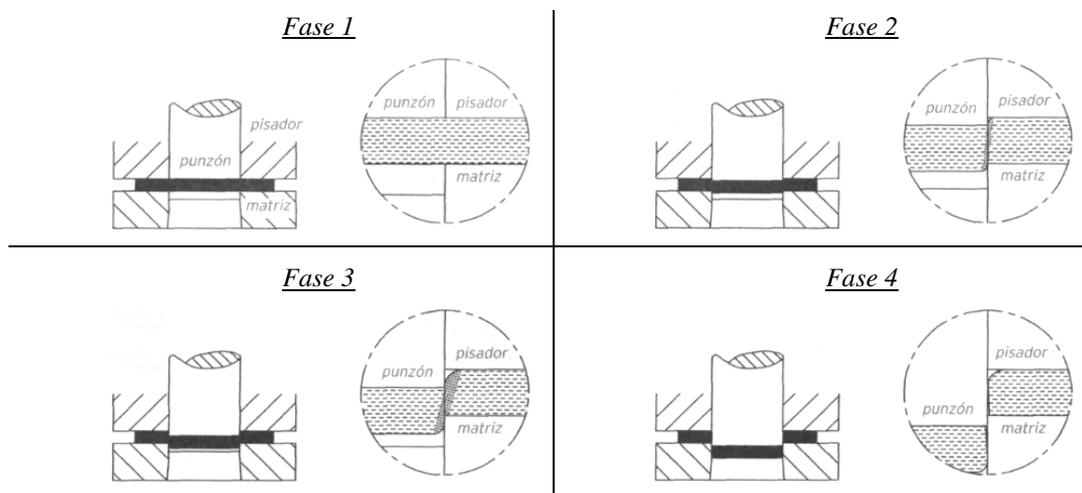
1. Una vez montada la matriz en la prensa y estando en su posición de reposo o punto muerto superior, la chapa a cortar se coloca en la matriz.
2. Al accionar la maquina, el cabezal inicia su carrera de descenso y el pisador ejerce la presión necesaria para sujetar la chapa mientras dure el proceso.
3. 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.
4. Cuando la prensa ha llegado a su punto muerto inferior el punzón se halla alojado dentro de la matriz, habiendo cortado la chapa.
5. 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 este se esconde en el pisador.
6. Al llegar a la posición de reposo, la prensa está lista para iniciar un nuevo ciclo, previamente retirado el material cortado.



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.

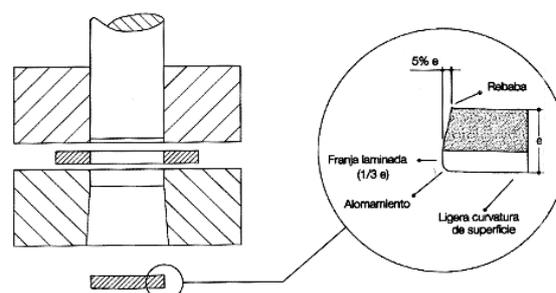
1. El punzón incide sobre la chapa, imprimiendo un esfuerzo perpendicular al sentido de las fibras del material.
2. Al continuar presionando, se produce un endurecimiento del material en la zona de corte por efecto de la compactación del material cercano a los filos de corte del punzón y la matriz.
3. 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 continua formando una única masa.
4. 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, según sea la operación de corte o de punzonado. La franja brillante o laminada se manifiesta hasta el punto donde se produce la rotura de las fibras del material.

En los dos tercios restantes de la pared del material, se produce una zona rugosa debida a la rotura o desgarramiento de éste, formándose un ángulo ficticio con 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 espesor), oscilando sus valores entre unas pocas centésimas y varias décimas de milímetro.



4.2. FUERZAS DESARROLLADAS DURANTE EL CORTE DE LA CHAPA

El corte de una chapa se produce mediante la fuerza generada por la prensa sobre una matriz o útil de trabajo. En consecuencia, para llevar a buen término el desarrollo de un proceso de matrizado, es imprescindible conocer desde un principio todas las componentes que intervienen en dicho proceso.

Los esfuerzos a considerar generados por el corte de la chapa son tres: el esfuerzo de corte o cizallado, la fuerza de extracción del punzón una vez cortada la chapa y la fuerza de expulsión de la pieza que queda alojada en la matriz, una vez matrizada.

Simultáneamente a estas fuerzas, hay que calcular y tener en cuenta los esfuerzos producidos por los sistemas elásticos de algunas matrices, por ejemplo las que disponen de guía flotante, en cuya parte móvil se alojan muelles o cilindros de gas, trabajando todos ellos a compresión.

Fuerza de Corte

Se llama así al esfuerzo necesario para lograr separar una porción de material de una pieza de chapa, mediante cizalladura. La fuerza de corte se expresa en N, aunque habitualmente se han utilizado otras unidades para designar este valor, como por ejemplo kg o Tm.

La fuerza (F_c) necesaria para cortar una pieza de chapa es directamente proporcional a la resistencia a la cizalladura (K_c) de su material, a su perímetro de corte (p) y a su espesor (e). Según lo cual se desprende la siguiente fórmula:

$$F_c = K_c \cdot p \cdot e$$

Siendo:

- F_c → Fuerza de corte o de cizallado (N).
- K_c → Constante o coeficiente de corte del material (N/mm^2).
- p → Perímetro o contorno de corte (mm).
- e → Espesor de la chapa a cortar (mm).

Coefficiente de resistencia a la cizalladura de algunos metales (N/mm^2)

Material	Estado	
	Blando o Recocido	Crudo o Duro
Acero con 0,1% de C	245	313
Acero con 0,2% de C	313	392
Acero con 0,3% de C	353	470
Acero con 0,4% de C	441	549
Acero con 0,6% de C	549	706
Acero con 0,8% de C	706	882
Acero con 1% de C	784	1030
Acero Inoxidable	510	588
Acero al Silicio	441	549
Aluminio	68 - 88	127 - 156
Bronce	313 - 392	392 - 588
Cobre	176 - 215	245 - 294
Duraluminio	215	372
Estaño	29 - 39	-
Latón	215 - 294	343 - 392
Plata	225	245
Plomo	19 - 29	-

Téngase en cuenta al consultar la tabla anterior el estado del material a procesar en el momento de adoptar una constante de corte, pues sus valores aumentan considerablemente según su acritud.

Los fabricantes o proveedores de materiales suelen facilitar las características mecánicas a sus clientes, para que puedan conocer su comportamiento frente a diversos factores y variables que se plantean durante su proceso.

Fuerza de Extracción

Se llama así al esfuerzo que se requiere para separar los punzones del recorte de chapa adherida a los mismos, una vez ha sido efectuado el corte. La fuerza de extracción (F_{ext}) se expresa en N y depende de la naturaleza del material a cortar, de su espesor, de la forma de la figura y del material circundante a su perímetro de corte.

Así, esta fuerza se calcula aplicando un valor porcentual que oscila entre el 2% y el 7% sobre la fuerza de corte del perímetro a cortar. Según lo cual se desprende la siguiente fórmula:

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

Siendo:

- F_{ext} → La fuerza de extracción (N).
- F_c → La fuerza de corte (N).
- $x_{\%}$ → Valor porcentual que depende del tipo de corte a efectuar (%).

El coeficiente a aplicar para el cálculo de la fuerza de extracción de la chapa ($x_{\%}$) depende de la circunstancia de corte que se dé en cada situación, puede ser:

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

En cualquier caso, y ante la duda, es preferible aplicar el coeficiente máximo (7%) para evitar problemas de extracción, especialmente en las matrices que llevan a cabo este cometido mediante sistemas elásticos, como es el caso de las matrices con pisador.

Fuerza de Expulsión

Al finalizar un proceso de corte, la pieza recién cortada tiene tendencia, por expansión o por 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 por el interior de la matriz. Y así sucesivamente, hasta que la primera pieza caiga por gravedad, ante la imposibilidad de quedarse adherida a la vida de la matriz.

Se entiende como vida de la matriz a aquella parte de la misma que, adyacente y perpendicular a su plano de corte, forma el filo necesario para que se produzca el cizallado de la chapa. Esta "vida de la matriz" conserva la medida nominal de la figura a cortar hasta una altura de entre 3 y 5 veces el espesor (e) del material. A partir de este punto, la abertura de la matriz se ensancha, para favorecer la caída de las piezas y/o de los retales y pipas.

Esta adherencia o rozamiento de las piezas en el interior de la matriz representa un esfuerzo adicional a tener en cuenta, al cual llamaremos fuerza de expulsión (F_{exp}), y que debe calcularse sobre un 1,5% del valor de la fuerza de corte. Al igual que las otras fuerzas producidas, la fuerza de expulsión se expresa en N.

Según lo cual se desprende la siguiente fórmula:

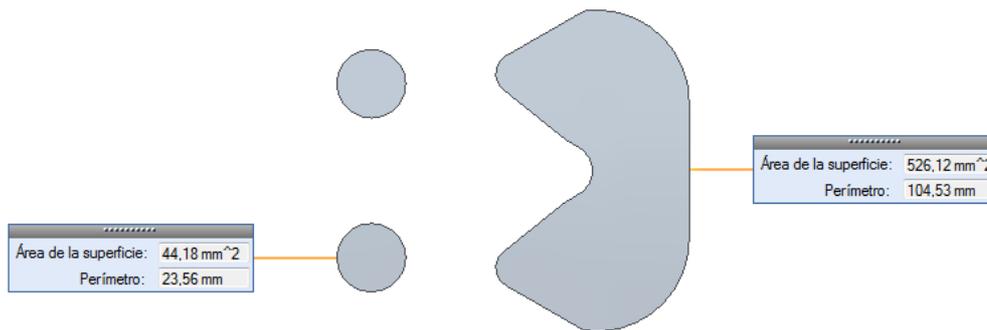
$$F_{exp} = F_c \cdot 1,5\%$$

Siendo:

- F_{exp} → La fuerza de expulsión (N).
- F_c → La fuerza de corte (N).

CALCULO DE FUERZAS

En este apartado procederemos a calcular las fuerzas que intervienen para obtener la pieza en la disposición simple, a continuación una imagen en la que se muestra la colocación de los punzones que intervienen en el proceso de fabricación:



Como se puede observar intervienen tres punzones en la ejecución de la pieza, dos punzones iguales que en la primera etapa de la banda efectuaran los cortes de los dos agujeros interiores que lleva alojados la pieza; además estos agujeros en la banda nos servirán posteriormente para su centrado. Y un punzón que en la siguiente etapa efectuara el corte del contorno del eslabón, obteniendo así la pieza terminada.

Fuerza de Corte

El esfuerzo total del corte en una matriz que disponga de varios punzones resultara de la suma de las fuerzas de corte de cada uno de los punzones. Por lo que en primer lugar realizaremos el sumatorio de los perímetros de corte que intervienen:

$$p_T = 2 \cdot p_1 + p_2$$

Siendo:

- p_T → Perímetro total (mm).
- p_1 → Perímetro del agujero (mm).
- p_2 → Perímetro del eslabón (mm).

Por lo que el perímetro resultante sería:

$$p_T = 2 \cdot p_1 + p_2 = 2 \cdot 23,56 + 104,53 = 151,65 \text{ mm}$$

Como el material que vamos a emplear es una banda de acero con 0,2% de C (blando) de 2 mm de espesor, utilizaremos un coeficiente de resistencia a la cizalladura de 313 N/mm².

Si sustituimos en la formula obtenemos:

$$F_c = K_c \cdot p_T \cdot e = 314 \cdot 151,65 \cdot 2 = 95236,2 \text{ N}$$

Fuerza de Extracción

El coeficiente a aplicar para el cálculo de la fuerza de extracción de la chapa ($x_0\%$) depende de la circunstancia de corte que se dé en cada situación, en nuestro caso emplearemos un 7 %; dado que el corte se efectúa en plena chapa, a modo de punzonado, en donde existe bastante material alrededor del corte, el cual tiene tendencia a quedarse fuertemente sujeto al punzón.

De esta forma obtenemos:

$$F_{ext} = F_c \cdot x_{\%} = 95236,2 \cdot 0,07 = 6666,534 \text{ N}$$

Fuerza de Expulsión

Únicamente debemos calcular sobre un 1,5% del valor de la fuerza de corte, según lo cual obtenemos:

$$F_{exp} = F_c \cdot 1,5\% = 95236,2 \cdot 0,015 = 1428,543 \text{ N}$$

ANÁLISIS DE FUERZAS

A continuación mostramos las fuerzas que hemos obtenido:

Disposición Simple (Modalidad A)	
Perímetro Total (p_T) (mm)	151,65
Fuerza de Corte (F_c) (N)	95236,2
Fuerza de Extracción (F_{ext}) (N)	6666,534
Fuerza de Expulsión (F_{exp}) (N)	1428,543

Como hemos mencionado anteriormente el esfuerzo total de corte que disponga de varios punzones resultara de la suma de las fuerzas de corte de cada uno de los punzones. No obstante, el valor puede reducirse rectificando los punzones a diferente longitud, de forma que estos trabajen escalonadamente.

La fuerza de corte también puede ser reducida rectificando el plano útil de los punzones con cierta inclinación. Así, estos punzones trabajaran penetrando lenta y progresivamente en el material a cortar, a modo de cizalla.

Pero debido a que las fuerzas no son en su totalidad excesivamente elevadas no tendremos en cuenta la modificación de la colocación de punzones con diferentes longitudes o dotar los planos de corte con cierta inclinación. Todos los punzones tendrán la misma longitud y los planos de corte sin inclinación, por lo que la penetración en la banda de todos los punzones será simultanea.

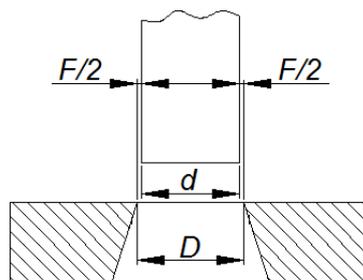
4.3. FRANQUICIA DE CORTE

La franquicia (F) o tolerancia de corte de una matriz es la holgura que se deja entre punzón y matriz de un mismo perfil, con objeto de aliviar la expansión del material, producida por efecto de la presión de los elementos cortantes sobre la chapa. Según lo cual se desprende la siguiente fórmula:

$$F = D - d$$

Siendo:

- F → Franquicia o tolerancia de corte (mm).
- D → Diámetro de la matriz (mm).
- d → Diámetro del punzón (mm).



En un proceso de corte solo pueden producirse piezas de calidad aplicando correctamente los valores de tolerancia entre el punzón y la matriz. Además, aparte del resultado final del producto fabricado, las herramientas de corte pueden sufrir prematuros o, incluso, roturas por la nula o incorrecta aplicación de la franquicia.

La tolerancia o franquicia de corte se aplicara dependiendo del tipo de corte a efectuar sobre la chapa.

Si se trata de cortar el perímetro exterior de una pieza, la matriz deberá tener la medida nominal. Así, habrá que restar el valor de franquicia al punzón y este será más pequeño que la medida de la pieza.

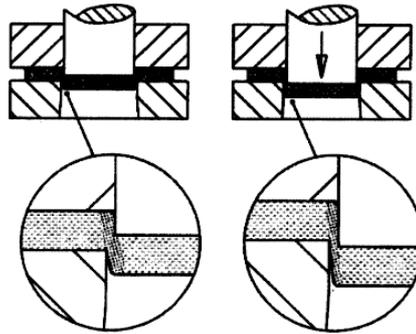
Si se desea hacer un punzonado interior o un entallado en la pieza, el punzón tendrá la medida nominal y a la matriz deberemos sumarle el valor de tolerancia.

A continuación, en la siguiente tabla, se dan unos valores orientativos de las franquicias de corte a aplicar en función de la resistencia del material y de su espesor. De todos modos, es recomendable efectuar algún ensayo previo a la fabricación de la matriz definitiva, pues existen otros factores determinante, como son la acritud del material, su compactación o laminación, o incluso la forma en que ha sido mecanizada la vida de la matriz, que afectan de manera directa al proceso de corte.

Valores de Franquicia (<i>F</i>) o Tolerancia de Corte (μm)				
Espesor (<i>e</i>) del material (mm)	$K_c = 100$ a 250 N/mm^2 (3% de <i>e</i>)	$K_c = 251$ a 400 N/mm^2 (5% de <i>e</i>)	$K_c = 401$ a 600 N/mm^2 (7% de <i>e</i>)	$K_c = 601$ a 980 N/mm^2 (9% de <i>e</i>)
0,2	6	10	14	18
0,3	9	15	21	27
0,4	12	20	28	36
0,5	15	25	35	45
0,6	18	30	42	54
0,7	21	35	49	63
0,8	24	40	56	72
1	30	50	70	90
1,2	36	60	84	108
1,5	45	75	105	135
1,8	54	90	126	162
2	60	100	140	180
2,5	75	125	175	225
3	90	150	210	270
3,5	105	175	245	315
4	120	200	280	360

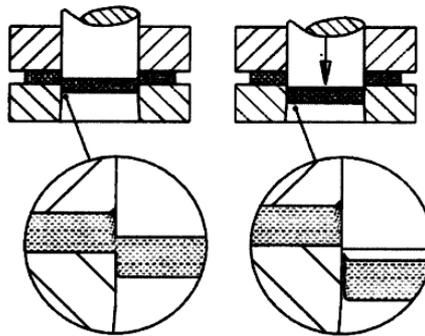
4.3.1. TOLERANCIA DE CORTE EXPLOSIVA

Una tolerancia de corte demasiado grande permite una fluencia excesiva de la chapa entre el punzón y la matriz, de tal forma que no existe la compactación necesaria de las fibras para que se produzca su rotura. Así, las piezas aparecen con un perfil poco definido, con notables rebabas y pequeños desprendimientos de material. Estas partículas metálicas acaban incrustadas alrededor de la arista de corte del punzón y la matriz, provocando melladuras e incluso la rotura de las herramientas cortantes.



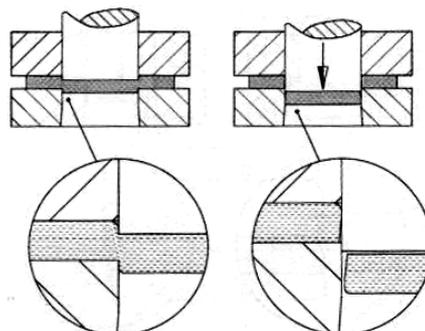
4.3.2. TOLERANCIA DE CORTE INSUFICIENTE

Una tolerancia nula o insuficiente impide la expansión del material presionado entre el punzón y la matriz. De este modo, las piezas matrizadas suelen presentar una excesiva laminación de la pared de corte. Además, por la falta de fluencia de la chapa y el aumento de presión de los elementos de corte se generan fuerzas de sentido radial sobre las herramientas, lo que suele acabar con su rotura.



4.3.3. TOLERANCIA DE CORTE CORRECTA

La aplicación correcta de los valores de tolerancia permite conseguir piezas de perfil perfectamente definido y sin rebabas. Los esfuerzos producidos en una matriz con una tolerancia de corte correcta, no generan desprendimientos de material ni incrustaciones por la expansión del material. La presión del material que se produce sobre las paredes de corte es la adecuada, sin sobreesfuerzos por excesiva laminadura ni holguras inapropiadas o demasiado acusadas.



TOLERANCIA O FRANQUICIA DE CORTE DE LOS ELEMENTOS CORTANTES

En este apartado determinaremos que tolerancias o franquicias de corte deben aplicarse a cada uno de los elementos cortantes (punzones) que dependen del tipo de corte a efectuar sobre la chapa.

Según nos indica la tabla el valor de franquicia (F) para un material de 2 mm de espesor y con un coeficiente de corte (K_c) de 314 N/mm^2 obtenemos una franquicia de $100 \mu\text{m}$ (0,1 mm).

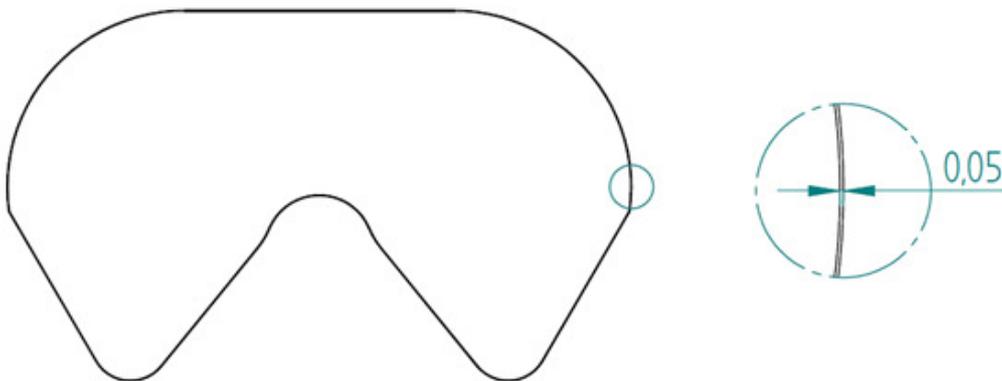
Punzón Eslabón

Para el punzonado del perímetro exterior del eslabón, la matriz deberá tener la medida nominal y restaremos el valor de la franquicia al punzón. Por lo que aplicaremos por todo su perímetro:

$$D_{\text{punzon}} = D_{\text{nominal}} - F$$

Dado que la geométrica del eslabón es compleja, en este punto únicamente mostraremos como quedarían las medidas máximas de este; siendo la largura (35,1 mm) y anchura (21 mm) de la pieza.

- Largura
 - $D_{\text{matriz}} = D_{\text{nominal}} = 35,1 \text{ mm}$
 - $D_{\text{punzon}} = D_{\text{nominal}} - F = 35,1 - 0,1 = 35 \text{ mm}$
- Anchura
 - $D_{\text{matriz}} = D_{\text{nominal}} = 21 \text{ mm}$
 - $D_{\text{punzon}} = D_{\text{nominal}} - F = 21 - 0,1 = 20,9 \text{ mm}$

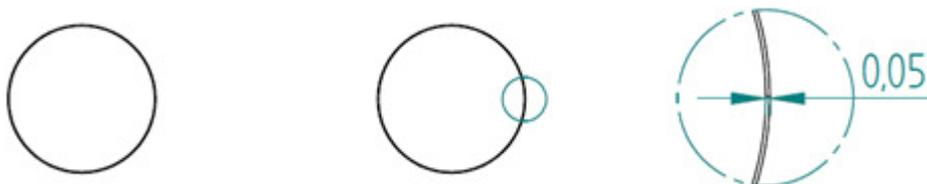


Punzón Agujero Interior

Para el punzonado interior de los agujeros de diámetro 7,5 mm debe tenerse en cuenta que el punzón conserva el diámetro nominal, mientras que al agujero de la matriz deberemos sumarle el valor de la franquicia.

$$d_{\text{punzon}} = d_{\text{nominal}} = 7,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{matriz}} = d_{\text{nominal}} + F = 7,5 + 0,1 = 7,6 \text{ mm}$$



5. CENTRO DE GRAVEDAD

La distribución de los punzones en la matriz no es aleatoria, y no necesariamente debe de coincidir con el centro geométrico de la planta base de la matriz.

Así, los punzones deberán adoptar una posición que coincida con el centro de gravedad del perímetro de corte de la figura, para el caso de un único punzón de corte, o bien, del centro de gravedad resultante de todas las fuerzas de corte que actúan sobre el utillaje, en el caso en que la matriz disponga de varios punzones.

La correcta colocación de los punzones con respecto de los demás elementos que componen el conjunto de la matriz evita empujes laterales, desequilibrios de las masas en movimiento y esfuerzos de componente irregular que repercuten directamente sobre los elementos de guía y, en el peor de los casos, sobre los elementos cortantes del utillaje.

La posición del centro de gravedad de las fuerzas de corte desarrolladas sobre un utillaje puede calcularse gráficamente por trazado de un polígono funicular, o bien, analíticamente, por el teorema de Varignon. No obstante, la mayoría de programas de CAD utilizados en el diseño de los utillajes, junto a otros paquetes de software específicos, para el diseño de matrices, permiten determinar fácilmente dicha posición.

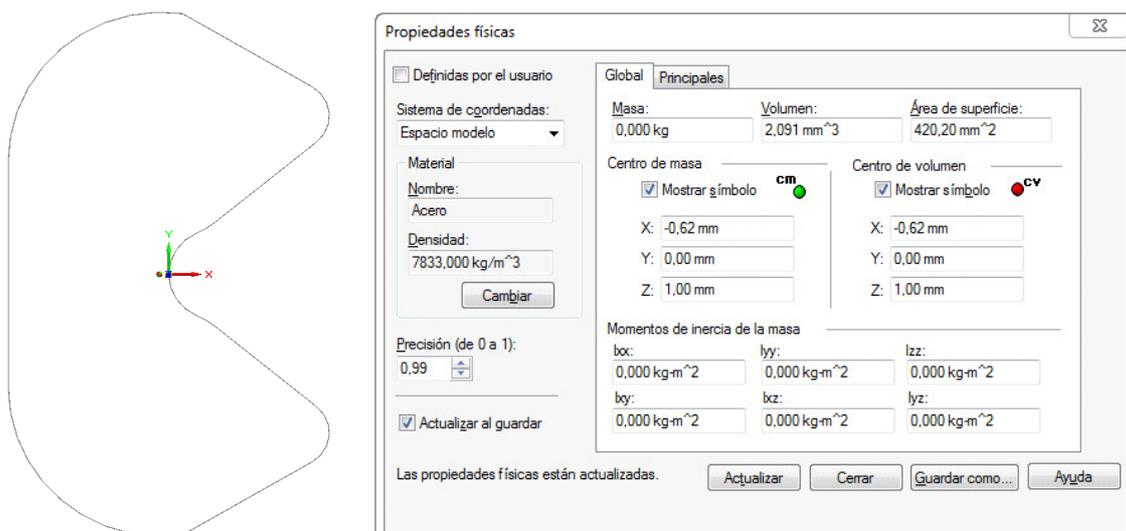
Posicionamiento del Centro de Gravedad

En este apartado determinaremos la posición del centro de gravedad del conjunto de punzones que son empleados en nuestras distribuciones. Para ello utilizaremos un programa de diseño CAD para después verificar los resultados obtenidos mediante el cálculo analítico.

En primer lugar definiremos el centro de gravedad de cada uno de los punzones por separado.

En el caso del punzón del agujero interior, al tratarse de una circunferencia uniforme, el centro de gravedad del punzón se encontrara en el mismo centro de la circunferencia.

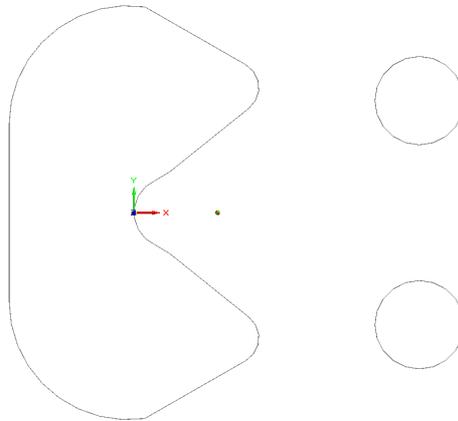
Pero en el caso del punzón con la forma del eslabón, nos será más complicado definir su centro de gravedad debido a la complejidad de su perímetro. Para localizarlo emplearemos un programa de diseño CAD y obtenemos los siguientes resultados:



También resaltamos a continuación el valor de los perímetros de los punzones que emplearemos para el posterior cálculo analítico del centro de gravedad:

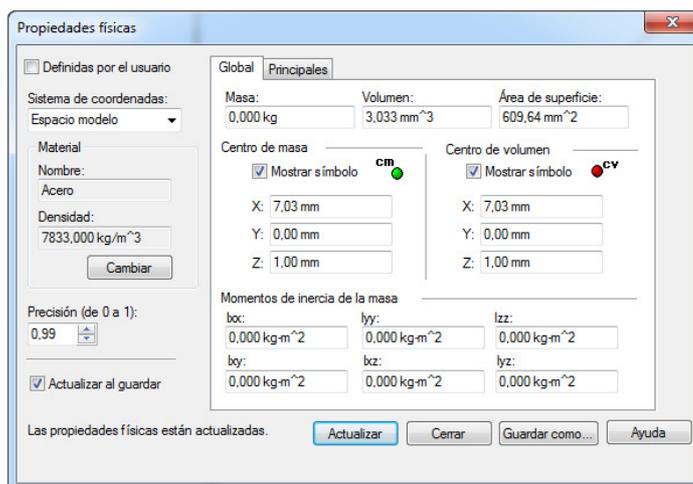
- Punzón Eslabón: 104,53 mm.
- Punzón Agujero Interior: 23,56 mm.

En la distribución simple disponemos de 3 punzones que intervienen en la fabricación de la pieza, realizando la distribución de los punzones como hemos estudiado anteriormente obtenemos lo siguiente:



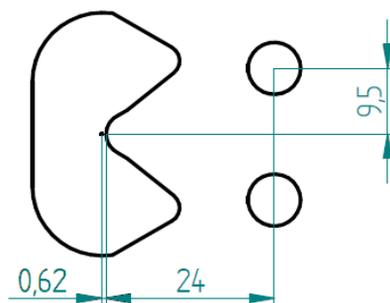
Hemos previsto donde quedaría aproximadamente el centro de gravedad y se ha colocado el origen en el perímetro interior del punzón con la forma del eslabón, dado que al ser el punzón más grande es donde más próximo se encontrara el centro de gravedad.

Obtenemos los siguientes resultados:



Podemos observar por los resultados que el centro de gravedad se encontrara centrado con respecto del Y, ya que en ese eje se cumple la simetría geométrica de la disposición de los punzones, mientras que en eje X se encontrara ligeramente desplazado (7,03 mm) respecto al punzón con la forma del eslabón.

A continuación realizaremos los pasos para obtener, mediante el cálculo analítico, el centro de gravedad y así verificar los datos obtenidos.



Para encontrar la posición del centro de gravedad en el eje X se utilizará la siguiente ecuación:

$$\sum p_x \cdot cdf_x = p_t \cdot X$$

Siendo:

- p_t → Perímetro total (mm).
- p_c → Perímetro de cada punzón (mm).
- X → Posición en el eje X del origen (mm).
- cdf_x → Centro de gravedad de cada punzón en el eje X (mm).

Para encontrar la posición del centro de gravedad en el eje Y se utilizará la siguiente ecuación:

$$\sum p_y \cdot cdf_y = p_t \cdot Y$$

Siendo:

- p_t → Perímetro total (mm).
- p_y → Perímetro de cada punzón (mm).
- Y → Posición en el eje Y del origen (mm).
- cdf_y → Centro de gravedad de cada punzón en el eje Y (mm).

Utilizando las ecuaciones anteriores y los perímetros para cada punzón se obtiene:

$$X = \frac{104,53 \cdot 0 + 23,56 \cdot 9,5 + 23,56 \cdot (-9,5)}{151,65} = 0 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{104,53 \cdot (-0,62) + 23,56 \cdot 24 + 23,56 \cdot 24}{151,65} = 7,03 \text{ mm}$$

El centro de gravedad de los punzones está situado en la posición (0 / 7,03) respecto al centro de la placa matriz, lugar donde lo situaremos.

6. MATERIALES DE CONSTRUCCION

6.1. ACEROS

Uno de los aspectos más importantes en la construcción de utillajes, y en su posterior puesta a punto y funcionamiento, tiene que ver con la aplicación y el uso de los materiales más adecuados para cada herramienta, con el fin de completar con éxito un proceso productivo. El conocimiento de las propiedades físico-mecánicas de los aceros, como material de base utilizado en la construcción de utillajes, y de los elementos de aleación que con ellos se combinan ayudara al matricero a mejorar la fabricación de las herramientas y sus prestaciones, pudiendo llegar a superar en ocasiones la rentabilidad prevista inicialmente.

Una vez analizados los principales factores condicionantes para la elección de los aceros, la valoración final y su aplicación en cada utillaje suele resultar la mayoría de las veces bastante subjetiva.

DESCRIPCION, MATERIALES Y DUREZAS DE LAS MATRICES CON PISADOR			
Denominación	Nº Material	Equivalencias según Normas	Dureza
Portamatrices	1.1730	F114, F1142, C45W3, CK45, 1148	650 N/mm ²
Matriz de Corte	1.2379	F520A, F5211, X155CRVMo12.1, D2	62 ± 1 HRc
	1.3343	F550A, F5603, S652, M2	64 ± 1 HRc
	1.3344	F5605, S653, AISI M3/2	64 ± 1 HRc
Guías de Banda	1.1730	F114, F1142, C45W3, CK45, 1148	Según tratamiento
	1.2842	F5229, 90MnCrV8, O2	
Placa Pisadora	1.1730	F114, F1142, C45W3, CK45, 1148	650 N/mm ²
	1.2842	F5229, 90MnCrV8, O2	58 ± 1 HRc
Placa Portapunzones	1.2842	F5229, 90MnCrV8, O2	58 ± 2 HRc
	1.2510	F522, F5220, 90 CWV2, 105MnCrW4, O1	56 ± 2 HRc
Sufridera	1.2842	F5229, 90MnCrV8, O2	58 ± 2 HRc
	1.2510	F522, F5220, 90 CWV2, 105MnCrW4, O1	56 ± 2 HRc
	1.2344	F5318, X40CrMoV5.1, H13	54 ± 2 HRc
Punzón de Corte	1.2379	F520A, F5211, X155CRVMo12.1, D2	62 ± 1 HRc
	1.3343	F550A, F5603, S652, M2	64 ± 1 HRc
	1.3344	F5605, S653, AISI M3/2	64 ± 1 HRc

El uso de las tablas de materiales pretende ser una ayuda en la toma de decisiones sobre el material más adecuado para cada caso. Aunque se basan en la experiencia, estas tablas deben utilizarse como un elemento de guía y no como una norma, pues no existen aplicaciones iguales, sino similares, en el ámbito de la construcción de matrices.

Algunas calidades de aceros de uso común, los aceros indeformables al temple y los aceros aleados son los materiales más utilizados en la fabricación de las distintas partes que componen un utillaje. Estos aceros están formados por hierro (Fe) y carbono (C) como elementos de base, además de contener otros elementos de aleación que les confiere una mejora sustancial de sus propiedades.

El manganeso, el silicio, el cromo, el níquel, el molibdeno, el vanadio, el tungsteno, el aluminio, el boro y el titanio, entre otros, son los elementos de aleación más usuales en los aceros utilizados para la construcción de matrices.

Veamos, a continuación, la influencia que pueden tener en los aceros para matrices los distintos elementos que pueden entrar en su composición:

- Carbono (C)
 - Al aumentar la proporción de carbono aumenta la capacidad de temple.
 - Como elemento fundamental que acompaña al hierro en los aceros, el carbono aumenta la dureza y resistencia de los aceros, pero disminuye su ductibilidad y resiliencia.
- Manganeso (Mn)
 - Favorece la forjabilidad y contrarresta los efectos perjudiciales del azufre.
 - Además, en proporciones mayores, disminuye las propiedades magnéticas del acero.
- Silicio (Si)
 - Disminuye la ductilidad del acero.
 - Aumenta la dureza, resistencia, elasticidad y mejora las propiedades magnéticas.
- Cromo (Cr)
 - La presencia del cromo reduce la maquinabilidad del acero, aunque produce un aumento de su dureza, resistencia y elasticidad, además de favorecer la cementación.
- Níquel (Ni)
 - Favorece el temple y proporciona una alta resistencia a la corrosión.
 - Mejora notablemente las propiedades mecánicas, aumenta la resistencia, tenacidad y ductilidad de los aceros.
- Molibdeno (Mo)
 - Facilita la penetración del temple.
 - Mejora las propiedades mecánicas.
 - Favorece la resistencia a la corrosión.
 - Favorece la resistencia de los aceros a temperaturas elevadas.
- Vanadio (Va)
 - Su presencia mejora la calidad de los aceros.
 - Aumenta su resistencia, su tenacidad y su forjabilidad en caliente.
- Tungsteno (W)
 - Es el elemento básico de los aceros rápidos.
 - Mejora la resistencia y la tenacidad de los aceros.
 - Ayuda a conservar la dureza y resistencia a la corrosión a temperaturas elevadas.
- Aluminio (Al)
 - Favorece la nitruración de los aceros.
- Cobre (Cu)
 - En pequeñas proporciones, aumenta la resistencia a la corrosión.
- Azufre (S)
 - Favorece el mecanizado.
 - Perjudica las propiedades mecánicas de resistencia y tenacidad.
- Fósforo (P)
 - Favorece la colada, en piezas fundidas.
 - Perjudica las propiedades mecánicas de los aceros.
- Plomo (Pb)
 - En pequeñas proporciones, aumenta la maquinabilidad de los aceros.
- Boro (B)
 - En pequeño porcentaje, aumenta la dureza.
 - Mejora la templabilidad de los aceros suaves.
- Titanio (Ti)
 - Desoxidante, afina el grano y mejora la conformación de los aceros microaleados.
- Niobio (Nb)
 - Favorece la resistencia a la corrosión de los aceros.

El hecho de elegir una calidad de acero adecuada para cada aplicación concreta es cada vez mas importante, a medida que se incrementan los requisitos o solicitudes que deberá cumplir. Esencialmente, el utillaje ha de tener una resistencia al desgaste suficiente y no debe fallar por una rotura prematura de alguno de sus componentes.

Además, cabe recordar también otros muchos factores que repercutirán en el rendimiento del utillaje:

- Diseño del Utillaje
 - Tamaño del mismo.
 - Complejidad de la herramienta.
 - Radios, taladros, esquinas y espesores proyectados.
- Material de Trabajo
 - Tenacidad y ductilidad.
 - Dureza, cantidad, tamaño y dureza de los carburos.
- Tratamiento Térmico
 - Precalentamiento.
 - Medios de enfriamiento.
 - Tratamiento y recubrimiento de superficies.
 - Relación de la temperatura de revenido con el tiempo.
 - Relación de la temperatura de austenización con el tiempo.
- Fabricación del Utillaje
 - Mecanizado.
 - Rectificado.
 - Pulido.
- Material a Procesar
 - Dureza.
 - Calidad.
 - Espesor.
 - Ductilidad.
 - Recubrimiento superficial.
- Condiciones de Producción
 - Estabilidad.
 - Lubricación.
 - Tolerancia del utillaje.
 - Velocidad de la prensa.
- Mantenimiento del Utillaje
 - Rectificado, pulido, limpieza, etc.

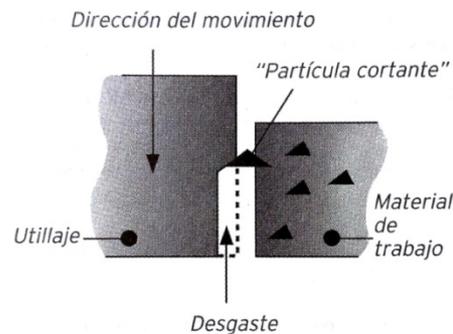
Paralelamente, es conveniente analizar las causas de degradación más comunes en los troqueles y matrices, conocidas también como mecanismos de fallo. Estas causas son:

- Abrasión.
- Adhesión.
- Fatiga de superficie.
- Deformación plástica.

Abrasión

La abrasión o desgaste abrasivo consiste en el arranque de partículas microscópicas del material de la herramienta. Se produce cuando el material a matricular es duro, o bien, cuando algunas partículas duras del mismo material (óxidos o carburos) rayan las aristas o la superficie de trabajo de los elementos activos del utillaje.

En la siguiente imagen se puede observar la representación esquemática del desgaste abrasivo, donde las partículas duras del material a matricular erosionan la superficie del elemento activo del útil.



Las propiedades que un acero debe poseer para ofrecer una buena resistencia al desgaste abrasivo son:

- Elevada dureza.
- Gran cantidad de carburos.
- Alta dureza de los carburos.
- Gran tamaño en la formación de los carburos.

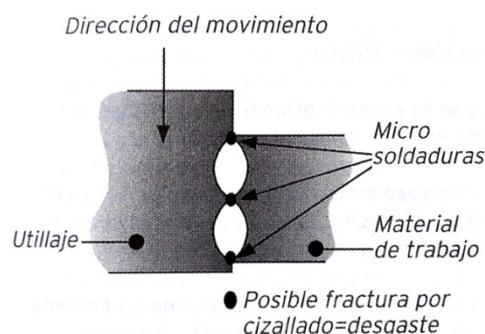
Adhesión

La adhesión o desgaste adhesivo consiste en la soldadura en frío de mínimas partículas (microsoldaduras) del material a matricular sobre la superficie de trabajo de los elementos activos del utilillaje. Estas partículas, generalmente, proceden de los picos de rugosidad de la herramienta.

Posteriormente a producirse una microsoldadura, esta se va desprendiendo y se lleva consigo pequeños fragmentos del material de la herramienta. De este modo, una pérdida continuada puede representar un desgaste importante y, en consecuencia, un daño irreparable para el utilillaje. Por otra parte, los fragmentos que se desprenden pueden pegarse al material de trabajo y causar simultáneamente un desgaste abrasivo en las partes activas del útil.

El desgaste adhesivo también puede ser origen de posibles melladuras. Los pequeños fragmentos desprendidos de la herramienta y las microgrietas producidas comienzan a unirse y a tener más profundidades. Se inicia una fase de desgaste a gran escala (melladuras), que puede desencadenar la rotura total del elemento en cuestión.

En la siguiente imagen se puede observar la representación esquemática del desgaste adhesivo de una matriz, donde pueden verse las microsoldaduras producidas por el movimiento relativo entre el elemento activo del útil y el material de trabajo.



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

Las principales propiedades que debe tener un acero para ofrecer una buena resistencia al desgaste adhesivo, son:

- Elevada dureza.
- Alta ductilidad.

Además de las propiedades mencionadas, deberá existir un bajo coeficiente de fricción entre el material de construcción de los elementos activos de la matriz y el material a trabajar.

Hay que considerar también que no todos los materiales de trabajo causan un único tipo de desgaste. Con frecuencia se produce un desgaste mixto, esto es, en parte abrasivo y en parte adhesivo.

Fatiga de Superficie

La fatiga de superficie de las herramientas se manifiesta inicialmente en forma de pequeñas melladuras, después de que la herramienta haya estado en servicio por un periodo de tiempo relativamente corto. En la superficie de trabajo del utillaje aparecen pequeñas grietas cuyo crecimiento acaba, finalmente, en el desprendimiento de pequeñas partículas de material.

A continuación se muestran una representación esquemática y una imagen real de una sección de material que ha sufrido fallo a fatiga, donde se pueden observar:

- La zona de inicio. Formación de microgrietas a partir de algún esfuerzo aplicado.
- La propagación de grietas. Algunas de las microgrietas comienzan a crecer (marcas de playa).
- La rotura. Se produce rotura final cuando el componente no resiste el esfuerzo aplicado.



Para mejorar la resistencia contra las melladuras se recomienda el uso de aceros de alta ductilidad, los cuales dificultan la aparición y el crecimiento de grietas y melladuras.

Deformación Plástica

La deformación plástica aparece cuando se ha excedido el límite de elasticidad de la herramienta, causando daños o cambios de forma en la superficie del utillaje.

La dureza del acero a utilizar será la propiedad a considerar para evitar la deformación plástica de la herramienta. No obstante, habrá que vigilar también su tenacidad, siendo esta característica inversamente proporcional a la primera.

Existen otras causas de degradación en los utillajes, como las roturas de las herramientas y la adherencia del material de trabajo, cuyos motivos dependen de otros factores.

La rotura es un mecanismo de fallo que tiende a ocurrir de forma espontánea y normalmente significa que la herramienta deberá ser reemplazada. La propagación de grietas de manera inestable es la causa principal de esta degradación.

Como solución, se recomienda trabajar con aceros de elevada tenacidad microestructural. En contra de lo que uno pueda pensar, trabajar con materiales de menor dureza no es una buena solución, pues ello va en decremento de la resistencia a otras causas de degradación.

La adherencia del material de trabajo es una causa de degradación que aparece con el uso de materiales metálicos blandos y adhesivos. Normalmente, aparece como un crecimiento gradual de pequeños fragmentos del material que se desprenden y adhieren a las superficies de trabajo del utillaje. Un bajo coeficiente de fricción entre la superficie de trabajo del utillaje y el material a procesar ayudara a prevenir los problemas de adherencia.

Propiedades Críticas de los Aceros para Matrices

En términos generales, la dureza, la tenacidad, la resistencia a las distintas causas de degradación, la deformación debida a los tratamientos térmicos y, por supuesto, las propiedades asociadas a las condiciones de mecanizado vienen a representar las principales propiedades y características a tener en cuenta en la elección de un acero para matrices.

La dureza y la tenacidad del acero a elegir vendrán determinadas por el riesgo de roturas y por la resistencia a algunas de las causas de degradación explicadas anteriormente. Además, habrá que tener en cuenta la cantidad de piezas a fabrica, para series muy largas se recomienda el uso de aceros de alto rendimiento, a fin de obtener una economía optima en la herramienta.

Por otra parte, las series cortas pueden realizarse con calidades de acero de baja aleación.

El riesgo de roturas dependerá básicamente de:

- El tipo de aplicación.
- El diseño y el tamaño del utillaje.
- La geometría de la pieza a fabricar.
- El espesor y la dureza del material a procesar.

La resistencia que un acero para matrices ofrece contra las causas de degradación o mecanismos de fallo varía de acuerdo con cada calidad, puesto que cada una de ellas cuenta con distintas propiedades criticas. A su vez, estas propiedades se determinan básicamente por la composición química y por el método utilizado para la fabricación del acero.

La deformación de los aceros debida a los tratamientos térmicos se manifiesta a partir de las tensiones propias del mecanizado, de las tensiones derivadas del cambio de temperatura por el mismo tratamiento y de las tensiones de transformación de la microestructura del acero.

Las tensiones del mecanizado se pueden reducir dando un tratamiento de estabilizado al utillaje, después de haber realizado un mecanismo importante. Las tensiones térmica también pueden ser minimizadas realizando las fases de calentamiento y enfriamiento de los aceros lenta y progresivamente, sin variaciones de temperatura demasiado bruscas.

Sin embargo, los cambios dimensionales debidos a las tensiones de transformación de la estructura ocurridos durante los procesos de temple y revenido, son difíciles de evitar. En ese caso, la mejor opción que tenemos es la de seleccionar aquellas calidades de acero de menor deformación, conocidos como "aceros indeformables al temple", aun a riesgo de perder con esta elección facultades tan relevantes como la dureza y la tenacidad.

De las principales operaciones de mecanizado, las que más influencia ejercen sobre los aceros, modificando o pudiendo modificar su superficie, son los procesos de rectificado y los procesos de mecanizado por electroerosión.

Rectificado

El hecho de utilizar las técnicas correctas de rectificado dará siempre una influencia positiva tanto en la fabricación del utillaje como en su posterior rendimiento.

Las tensiones creadas localmente en la superficie de los utillajes, debidas a la combinación de altas temperaturas juntamente con la fricción y la presión ejercidas por la muela durante la operación de rectificado, pueden reducirse a un mínimo del siguiente modo:

- Utilizando abundante cantidad de refrigerante.
- Restringiendo la presión de la muela, esto es, rebajando la profundidad de pasada.

Las herramientas fabricadas con aceros de elevada aleación que han sido revenidas a bajas temperaturas son particularmente sensibles durante las operaciones de rectificado. En estos casos, deberá tenerse un cuidado especial. Como norma general, cuanto más duro es el acero a rectificar más blanda deberá ser la muela a utilizar, y viceversa. La explicación es muy simple, pues en materiales de elevada dureza interesa que la muela "desprenda" el grano con mayor facilidad, renovándose y evitando así que sus aristas se queden romas. De ese modo, se mantiene el grano cortante y afilado.

Bajo condiciones de rectificado desfavorables, el acero para herramientas puede verse afectado del modo siguiente:

- Se reduce la dureza superficial (quemadura de revenido), esto afecta negativamente la resistencia al desgaste del acero.
- Puede ocurrir un retemplado de la superficie rectificada, lo cual podría desembocar en la formación de grietas de rectificado y problemas de melladuras o rotura del utillaje.
- Se introducen severas tensiones que incrementan el riesgo de rotura.

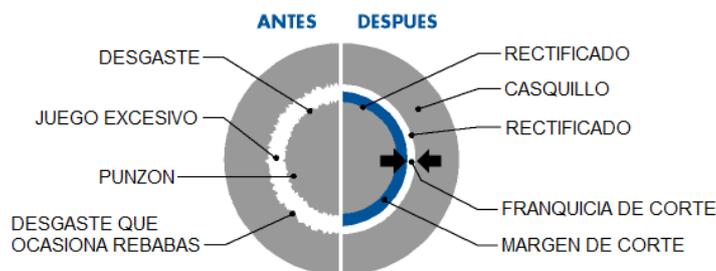
Después de realizar un rectificado de desbaste, es importante realizar un rectificado de acabado, a fin de eliminar la capa superficial que contiene tensiones. También resulta factible eliminar las tensiones de rectificado mediante una operación de estabilizado.

Las marcas de rectificado en la superficie de trabajo de las herramientas también pueden causar problemas durante su etapa de servicio, pues:

- Son creadores potenciales de tensiones y conducen a melladuras, e incluso roturas.
- Pueden causar adherencias, especialmente si dichas marcas son transversales a la dirección del flujo del metal.

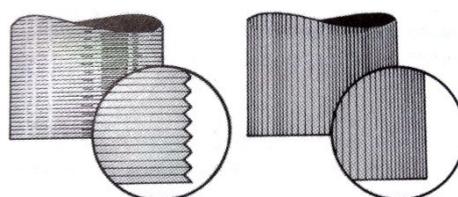
Cuando el acabado de la superficie de la herramienta es rectificado, todo indicio de rebabas en los filos de corte deberá ser eliminado, para evitar así cualquier posibilidad de melladuras en las aristas cortantes, especialmente al inicio de fabricación de una serie. Esta observación es especialmente importante en el corte de materiales de poco espesor con herramientas de elevada dureza.

En la siguiente imagen se muestra una representación del estado de un punzón y un casquillo sometidos a una serie de ciclos de trabajo, antes y después de haber sido rectificadas:



La vida del utillaje puede verse incrementada de forma significativa si las superficies de trabajo pueden ser rectificadas según la dirección de penetración o flujo de metal, a continuación vemos:

- A la izquierda, punzón rectificado cilíndricamente, con el consiguiente aumento del riesgo de desconches, melladuras y desprendimientos.
- A la derecha, punzón rectificado longitudinalmente: la suave penetración de este y su acción de arranque aumentan la vida del punzón.



Mecanizado por Electroerosión

El proceso de electroerosión por hilo simplifica el corte de formas complicadas en bloques de acero templado. Estos aceros siempre contienen tensiones y, cuando se eliminan grandes cantidades en una sola operación, el material puede acabar sufriendo distorsiones o incluso existe la posibilidad de rotura de la pieza.

El problema de la formación de grietas se encuentra normalmente en secciones transversales relativamente gruesas, por encima de los 50 mm de espesor. En algunos casos, estos riesgos pueden ser reducidos tomando las siguientes precauciones:

- Reducir el nivel general de tensiones en la pieza por medio de un revenido a alta temperatura, ello asume la utilización de una calidad de acero con alta resistencia al revenido.
- Es importante realizar un temple correcto y un doble revenido. Para grandes secciones, se recomienda un tercer revenido.
- Mecanizar la pieza de manera convencional, si fuera posible, y, antes de realizar el tratamiento térmico, darle una forma aproximada a la final.
- Realizar varios taladros en la zona a eliminar y conectarlos mediante cortes antes del tratamiento térmico.

La capa superficial retemplada que ha sido producida por la electroerosión por hilo es relativamente fina y puede compararse, mas bien, a un electroerosionado de acabado. No obstante, a menudo es lo suficientemente gruesa como para causar problemas de melladuras o roturas, especialmente en utillajes de formas geométricas más sensibles y con altos niveles de dureza.

Es recomendable realizar al menos un corte de repaso después del corte de desbaste, aunque, de todos modos, para conseguir las tolerancias dimensionales requeridas en este tipo de trabajos suelen realizarse hasta tres cortes de repaso.

6.2. METAL DURO

El metal duro es un producto pulvimetalúrgico, generalmente formado por una mezcla de distintos carburos de muy elevada dureza.

A continuación se nombran los compuestos de uso más común para la fabricación de los metales duros:

- Carburo de tungsteno (WC).
- Carburo de titanio (TiC).
- Carburo de tantalio (TaC).
- Carburo de Niobio (NbC).

El aglomerante utilizado para aglutinar estos carburos es principalmente el cobalto (Co). De todos modos, se podría fabricar un metal duro sin necesidad de un elemento aglutinante, pues los carburos mencionados son solubles unos respecto a otros.

La principal aplicación de los metales duros se halla en el campo de la fabricación de herramientas de corte por arranque de viruta. No obstante, en las últimas décadas, la utilización de los metales duros ha ido tomando fuerza en el ámbito de la matricería, siendo en la actualidad un material insustituible para la construcción de utillajes de alta producción, o bien para el procesado de determinados tipos de chapa.

En términos generales, se estima que la producción de piezas mediante utillajes cuyos elementos han sido fabricados en metal duro es aproximadamente 20 veces superior entre dos afilados consecutivos a la producción de piezas con utillajes cuyos elementos han sido construidos en acero.

En los procesos de corte y punzonado, el metal duro se utiliza para la fabricación de los punzones y matrices de los utillajes destinados al mecanizado de series largas.

También, y de modo general, la construcción de matrices segmentadas o partidas ha adoptado esta clase de material por su sencillez de recambio frente a los elevadores índices de rentabilidad obtenidos.

La fabricación de los metales duros se desarrolla según las siguientes fases:

- Producción del polvo.
- Prensado.
- Sinterizado.
- Tratamiento del producto semiacabado.
- Recubrimiento (opcional).

De todos modos, el matricero solamente participa en el tratamiento del producto semiacabado, esto es, en el mecanizado de la pastilla elaborada según una geometría solicitada bajo plano. La naturaleza de los metales duros y su elevada dureza únicamente permite el mecanizado por:

- Rectificado.
- Electroerosionado.
- Pulido.
- Lapeado.

Las partículas duras que forman los carburos del metal duro tienen un tamaño que generalmente oscila entre 1 y 10 μm , aunque pueden ser mayores, representando entre un 70 y un 97 % del volumen de material.

La composición y las características de los metales duros varían de modo considerable, determinándose las calidades existentes por el tipo y el tamaño de los carburos, por el tipo y la proporción de la sustancia aglomerante, por la técnica de fabricación y por su propia calidad.

Las calidades del metal duro recomendadas para la fabricación de matrices y punzones para el corte y punzonado de la chapa son las siguientes:

TABLA DE CALIDADES DE METAL DURO PARA EL CORTE Y PUNZONADO DE LA CHAPA			
Denominación	Medidas	Chapa de Acero y Chapa Magnética	Chapa de Cobre
Punzón	$\varnothing < 7 \text{ mm}$	HB 30F	HB 20F
	$\varnothing \text{ entre } 7 \text{ y } 35 \text{ mm}$	GB 15	
	$\varnothing > 35 \text{ mm}$	GB 15 / GB 20	
Matriz	$\varnothing < 3 \text{ mm}$	HB 30F	HB 20F
	$\varnothing \text{ entre } 3 \text{ y } 35 \text{ mm}$	GB 15	
	$\varnothing > 35 \text{ mm}$	GB 20	

Rectificado y Erosionado de los Metales Duros

Siempre que se utilice la muela apropiada y una refrigeración adecuada, las operaciones de rectificado de los metales duros no presentan mayores inconvenientes que los derivados de la sujeción o amarre de las piezas.

Sin embargo, existen unas pautas a seguir para llevar a buen término los procedimientos de electroerosión sobre estos materiales, cuyos principales problemas se presentan:

- Por el uso de intensidades demasiado altas.
- Por avances igualmente elevados.
- Por una mala limpieza de la zona de trabajo.
- Por unos valores de conducción demasiado altos.
- Por reacciones electroquímicas.
- Por ataque electroquímico a la superficie.

Como soluciones, se recomienda:

- Mantener el dieléctrico en un valor de pH entre 7 y 8.
- Mantener los valores de conducción $< 10 \mu\text{S/cm}$ (preferiblemente $5 \mu\text{S/cm}$).
- Mantener una temperatura constante durante el proceso de 20°C .
- Mantener limpio el dieléctrico y cambiar frecuentemente los filtros.
- Mantener la zona de trabajo limpia de micropartículas mediante "mini-inyección".
- Utilizar agua desionizada.

Otros consejos a tener en cuenta en los procesos de electroerosión son los siguientes:

- Desmagnetizar el metal duro antes y después del erosionado.
- Efectuar después del corte de desbaste dos cortes de repaso, por lo menos, con objeto de minimizar o eliminar la "capa blanca".
- Mantener el metal duro en contacto con el dieléctrico en un espacio de tiempo tan corto como sea posible, secando la pieza erosionada una vez finalizada la operación.

6.3. TRATAMIENTO TERMICO, TERMOQUIMICO Y RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL

Como acabamos de ver, las nuevas aportaciones en cuanto a materiales de construcción han venido a sustituir en los últimos años a aquellos aceros genéricos, cuyas propiedades permitían su uso y aplicación polivalente, con unas restricciones y especificaciones mínimas. De ese modo, una calidad concreta de material tiene actualmente un único campo de aplicación, viniendo a resolver un requerimiento específico de tal aplicación.

Junto a la correcta elección de los materiales de construcción, uno de los aspectos más relevantes en la construcción de utillajes es el tratamiento que debe darse a dichos materiales, previamente y una vez mecanizados, para que puedan cumplir con los requisitos más exigentes, en cuanto a características físico-mecánicas, y permitan garantizar, de ese modo, una productividad lo más óptima posible.

En este apartado se exponen, valga como información, las principales aplicaciones de los tratamientos térmicos, de los tratamientos termoquímicos y de los recubrimientos superficiales en el ámbito de la matricería (no solo para los procesos específicos de corte y punzonado).

Los tratamientos térmicos tienen por objeto proporcionar a los productos metalúrgicos, especialmente a los aceros, determinadas propiedades y características mecánicas, por medio de un calentamiento y un enfriamiento adecuados. La dureza o la elevada resistencia al desgaste, la tenacidad, la resistencia a la rotura o la inalterabilidad de medida son algunas de las propiedades y características mecánicas que pueden ser mejoradas mediante esta clase de tratamientos. Los tratamientos térmicos más utilizados en matricería son el temple, el revenido, el recocido y el normalizado o estabilizado. En los tratamientos térmicos no existe ningún tipo de aportación material al producto objeto del tratamiento.

Los tratamientos termoquímicos permiten mejorar algunas de las propiedades físico-químicas de los aceros mediante la aportación de material de algún elemento químico, por medio de un calentamiento y de un enfriamiento posterior, el cual llega a impregnar superficialmente el material de base, es decir, el acero. La cementación, la nitruración y la nitrocarburation son algunos de los tratamientos termoquímicos más utilizados en la fabricación de herramientas para matrices. Los principales elementos químicos de aportación a los aceros tratados son el carbono (C), el nitrógeno (N), o ambos.

Siguiendo algunas pautas referentes a la temperatura de proceso, los tratamientos termoquímicos y los tratamientos térmicos pueden aplicarse de manera combinada. Como norma general a seguir para el orden de aplicación de los tratamientos, se procederá a llevar a cabo en primer lugar el tratamiento que deba efectuarse a mayor temperatura.

Por último, los recubrimientos superficiales forman parte de una tecnología relativamente reciente, según la cual, y mediante la aportación de una capa fina de un elemento de elevada dureza sobre la herramienta, son mejoradas sustancialmente algunas de las propiedades mecánicas de los materiales recubiertos.

6.3.1. TRATAMIENTOS TERMICOS

La finalidad de los tratamientos térmicos, en general, es proporcionar a los aceros unas propiedades físico-mecánicas determinadas, tales como la dureza, tenacidad, resistencia, estructura y tamaño de grano, etc.

Antes de tomar una determinación sobre el tratamiento térmico más adecuado para cada herramienta, de los cuales se da una breve explicación a continuación, es conveniente considerar algunos problemas que pueden aparecer asociados a la aplicación de dichos tratamientos, y muy especialmente en los tratamientos de temple:

- Distorsión.
- Carburación.
- Descarburación.
- Cambios dimensionales.
- Precipitación de carburos en límite de grano.

Los problemas de distorsión y de cambios dimensionales de las herramientas, con sus posibles soluciones, se exponen en el apartado de materiales de construcción de los utillajes.

En cuanto a la descarburación o pérdida porcentual de carbono (C) en superficie, es importante que las herramientas a tratar estén protegidas contra la oxidación.

En la actualidad, el temple en hornos de vacío representa la solución ideal para que la superficie de los aceros no se vea afectada. Recordemos que la descarburación significa, en términos generales, una pérdida de resistencia al desgaste de los aceros.

Como efecto contrario, la carburación es el resultado de la aparición de carbono (C) en la superficie del acero cuando el medio de protección de las herramientas durante el tratamiento de temple contiene carbonos libres. Así, en la superficie del utillaje se forma una capa dura y frágil, con el consiguiente aumento de riesgo de melladuras o roturas.

Por último cabe la posibilidad de que se produzca una precipitación de carburos en límite de grano si el proceso de enfriamiento del acero se ha llevado a cabo con demasiada lentitud. Las consecuencias son una pérdida de dureza y de tenacidad final.

Temple

Esencialmente, el temple es un tratamiento térmico que tiene por objeto endurecer y aumentar la resistencia de los aceros. El tratamiento de temple bien realizado afina el grano del material confiriéndole unas mejores características, pues:

- Aumenta la resistencia a la rotura.
- Disminuye el alargamiento.
- Aumenta el límite elástico.
- Disminuye la tenacidad.
- Aumenta la dureza.

Los componentes de los utillajes de corte y punzonado a los cuales se aplica este tratamiento son aquellos que necesitan de una elevada resistencia al desgaste y a la deformación: matrices, punzones, placas pisadoras, casquillos de corte y también casquillos de guía, pilotos centradores...

Las condiciones de aplicación del tratamiento de temple dependen de la clase de acero a tratar, de la forma y volumen de la pieza y de la dureza que se quiera conseguir, obviamente dentro de las posibilidades de la calidad de acero tratada.

En ocasiones será necesario someter las herramientas a más de un tratamiento de temple. Este proceso se conoce también con el nombre de "temple secundario".

Revenido

El revenido es un tratamiento térmico complementario al temple que tiene como finalidad reducir las tensiones internas ocasionadas por aquel y mejorar las características del material, reduciendo su fragilidad, aunque a cambio de una ligera pérdida de su dureza.

El proceso de revenido:

- Disminuye la dureza.
- Aumenta la tenacidad.
- Aumenta el alargamiento de los aceros.

La operación de revenido requiere las mismas fases que la operación de temple, pero difiere en que el calentamiento de la pieza se efectúa a una temperatura bastante inferior a su temperatura bastante inferior a su temperatura crítica de temple. En cualquier caso, los fabricantes de aceros son los mejores consejeros para indicarnos según el tipo de acero y el uso que debemos darle, el tratamiento térmico más adecuado y su correcto procedimiento.

Sin entrar en detalles de aplicación del proceso, se verifica como recomendable la aplicación de más de un revenido a la herramienta tratada. En algunas calidades de material, como algunos aceros rápidos obtenidos por proceso pulvimetalúrgico, es totalmente necesaria la aplicación de hasta tres revenidos consecutivos para poder lograr sus mejores propiedades.

Recocido

El recocido es un tratamiento térmico que tiene como objeto ablandar el acero, regenerar la estructura de los aceros que han sido sobrecalentados o, simplemente, eliminar las tensiones internas aparecidas en los aceros sometidos a fuertes cargas de mecanizado. Existen diversos tratamientos de recocido según sea su finalidad, cuyas principales diferencias de proceso radican en la relación temperatura/tiempo y medio de enfriamiento.

En la construcción de herramientas para la deformación de la chapa, los tratamientos de recocido suelen aplicarse a aquellas piezas ya templadas y revenidas en las cuales es necesario el retoque o la reparación.

Normalizado o Estabilizado

Es un tratamiento térmico cuyo proceso es semejante al recocido. La finalidad del normalizado consiste en proporcionar al acero una estructura y unas características físico-químicas similares a las que tenía dicho acero antes de ser mecanizado. El normalizado libera a los aceros de las tensiones producidas durante el mecanizado, con lo cual se aplica como tratamiento previo al temple, para evitar posteriores distorsiones y cambios dimensionales.

En matriceria, se hace imprescindible la aplicación de este tratamiento en aquellas piezas que han sido sometidas a grandes desbastes o arranques de viruta, o cuya forma respecto del material de partida pueda resultar objeto de tensiones.

6.3.2. TRATAMIENTOS TERMOQUÍMICOS

Cementación

La cementación es un tratamiento termoquímico que tiene por objeto el endurecimiento de la superficie de una pieza sin modificación de su núcleo. El tratamiento de cementado se realiza mediante la adición de carbono sobre la superficie de la pieza a endurecer, con la posibilidad añadida de someter dicha pieza a un temple posterior. De ese modo, la superficie del acero poseerá un porcentaje de carbono (C) ligeramente superior al de su propia masa, lo que se traduce en una mayor dureza superficial.

La cementación encuentra aplicación en todas aquellas piezas que deban poseer una gran resistencia al desgaste por rozamiento; es el caso de las guías de banda, topes de retención, columnillas elevadoras, rodillos para elementos de acción lateral...

El tratamiento de cementación de un acero es lento: el carbono ira penetrando en la superficie de la pieza a razón de 0,1 a 0,2 mm por hora de tratamiento, una vez la herramienta a tratar haya alcanzado la temperatura adecuada (ligeramente superior a la de temple). El espesor de la capa a cementar se recomienda que no sea superior a 1,6 mm aproximadamente (para mayores espesores habrá que valorar la posibilidad de un tratamiento de temple con su posterior revenido).

Los aceros con débil contenido en carbono son apropiados para la cementación, puesto que ello resta fragilidad después de dicho tratamiento. Los aceros con elevado porcentaje de cromo (Cr) también son apropiados para los tratamientos de cementación, pues este elemento acelera la velocidad de penetración del carbono.

Nitruración

La nitruración es un tratamiento termoquímico cuyo objetivo consiste en proporcionar dureza superficial a piezas de aceros especiales, por absorción de nitrógeno mediante calentamiento, en medios adecuados que desprendan este gas.

El proceso se desarrolla sometiendo un acero en contacto con gas de amoniaco a una determinada temperatura, con lo cual el nitrógeno liberado por el amoniaco forma nitruros de hierro (Fe_4N y Fe_2N), una combinación de gran dureza, aunque muy frágil. El tratamiento de nitruración permite alcanzar durezas muy elevadas, superiores a 68 HRc, dependiendo siempre de la calidad del acero.

La nitruración se aplica a piezas sometidas a fuertes rozamientos y cargas elevadas. En corte y punzonado, suelen nitrurarse los casquillos-guía, las guías de banda y las columnillas elevadoras para utillajes progresivos, así como los patines de acción lateral y las levas utilizadas en los grandes cortantes y troqueles de punzonar y recortar.

La ventaja de la nitruración reside, aparte de la gran dureza superficial obtenida, en no tener que dar tratamiento de temple posterior (los tratamientos térmicos de temple y revenido deben realizarse antes del nitrurado).

Como curiosidad, cabe mencionar la lenta velocidad de penetración del nitrógeno (N) en el material, aproximadamente 0,01 mm por hora. El tratamiento puede durar hasta 90 horas.

Como medidas de precaución, debe evitarse la nitruración de piezas con aristas vivas o filetes delgados, puesto que en estos casos la absorción de nitrógeno se produce por ambos lados, de modo que no queda núcleo alguno de material tenaz.

Tampoco es conveniente el nitrurado de los aceros al carbono, puesto que al penetrar el nitrógeno con demasiada rapidez acaba saltando la capa dura.

Carbonitruración

La carbonitruración es un tratamiento termoquímico que, de modo similar al cementado y el nitrurado, se aplica a los aceros para mejorar su dureza superficial, y cuyo elemento adicional consiste en un compuesto realizado a base de sales de cianuro (CN). El endurecimiento de la capa superficial de la pieza se logra por la acción combinada del carbono y del nitrógeno, y de algún otro elemento químico añadido. El tratamiento de carbonitrurado requiere el temple y revenido posterior de las piezas tratadas.

La capa dura obtenida después del tratamiento de carbonitruración suele ser más fina que la obtenida mediante nitruración, posee una mayor tenacidad y propiedades lubricantes. Además, la aplicación de este tratamiento reduce la adherencia entre los punzones y el material de trabajo.

Algunos de los elementos utilizados en la construcción de utillajes de corte y punzonado sobre los cuales se recomienda efectuar un tratamiento de carbonitruración son: tornillos o pernos limitadores, determinados punzones de corte para el corte de materiales finos y adhesivos, columnas-guía, columnillas elevadoras...

6.3.3. RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES

Deposición Física de Vapor

La deposición física de vapor o PVD es una tecnología según la cual se aplica un recubrimiento por deposición de una capa fina de material sobre la herramienta a tratar. Dicha deposición se realiza actualmente en alto vacío a temperaturas inferiores a los 500 °C. La composición de la capa varía en función de las características que se quieran obtener: bajo coeficiente de fricción, mayor dureza, resistencia a la temperatura, etc. Las capas de uso más común en el recubrimiento de componentes para matrices son compuestos de TiN y TiCN, aunque existen otras muchas.

Los recubrimientos PVD se realizan después de los tratamientos térmicos de temple y revenido, con lo cual, y para evitar pérdidas de dureza y otras deformaciones, los elementos a recubrir deberán estar contruidos con aceros cuya temperatura de revenido sea superior a los 500 °C.

Las aplicaciones de los procesos de PVD en el ámbito de la matricería son factibles en las herramientas para procesos de punzonado, troquelado de precisión o corte fino y en operaciones diversas de conformado de la chapa y extrusión.

Los recubrimientos PVD proporcionan a las herramientas una mayor resistencia al desgaste y una mayor resistencia a la corrosión, ejerciendo un efecto barrera entre el útil y el material a trabajar.

Respecto al desgaste abrasivo de los utillajes, la elevada dureza de los recubrimientos impide la penetración de partículas duras en la superficie del útil.

En los procesos de desgaste por adhesión, las propiedades cerámicas de los recubrimientos reducen la soldadura en frío. En las causas de degradación por fatiga de superficie, gracias al menor coeficiente de fricción y la ínfima tendencia a la adherencia, los útiles recubiertos sufren menos esfuerzos, lo cual resulta altamente positivo para la vida del útil.

Algunos de los recubrimientos para el desarrollo de los procesos de punzonado y conformado son:

- TiN. Recubrimiento estándar para cargas bajas y medias, cuya principal característica es la buena protección contra la soldadura en frío.
- TiCN. Recubrimiento ideal para cargas altas con una buena protección contra la soldadura en frío y el desgaste abrasivo.
- CrN. Recubrimiento con buena protección contra la soldadura en frío en el trabajo del cobre.
- TiAlN. Recubrimiento para cargas altas en materiales de elevado límite elástico.

No obstante, no todas las superficies mecanizadas son adecuadas para la aplicación de un recubrimiento. La aplicación de un recubrimiento sobre una superficie idónea requiere, además, una observación y una preparación minuciosa de dicha superficie.

Superficie Rectificadas

La rugosidad (R_z) deberá ser menor que el espesor del recubrimiento. Además, se deben:

- Utilizar muelas reavivadas, cortantes.
- Evitar la formación de martensita de rectificado.
- Evitar grietas de rectificado.
- Eliminar las rebabas.

Superficies Electroerosionadas

Normalmente se pueden recubrir las superficies electroerosionadas solamente después de un tratamiento previo, según el cual debe procederse a la eliminación de la zona fisurada en caso de útiles poco cargados, y a la eliminación completa de la capa blanca en caso de útiles mediana y altamente cargados. Téngase en cuenta que el rendimiento del útil es inversamente proporcional al valor de la rugosidad (R_a) de la superficie.

La intensidad del tratamiento previo dependerá del número de repasados durante la electroerosión. Se considera favorable una rugosidad superficial de $R_a < 0.5 \mu\text{m}$ para los útiles de punzonado. En electroerosión, y con diversos repasos, se pueden obtener valores de rugosidad R_a de entre 0,6 y 0,7 μm , con la consiguiente reducción de la capa blanca.

Estos valores de rugosidad no son todavía los más adecuados para asegurar unas buenas condiciones de trabajo de las herramientas de punzonado. Tales superficies podrían ser recubiertas, aunque no es recomendable. El microgranallado abrasivo o arenado mejora aun más la rugosidad superficial de las herramientas. En todo caso, la capa blanca y la zona endurecida únicamente podrán ser completamente eliminadas mediante una operación de rectificado.

Las recomendaciones a seguir para realizar un posterior recubrimiento PVD de las herramientas son las que se citan a continuación:

1. Conocer la causa de degradación o mecanismo de fallo predominante del útil.
2. Conocer al menos las características de las capas más habituales y más experimentadas.
3. Consultar a los técnicos que capa o variante de la misma puede ser la más idónea para resolver un problema.

Con objeto de evitar recubrimientos defectuosos, es recomendable la observación de algunas pautas para la correcta preparación de las herramientas a recubrir:

- Solo se pueden recubrir piezas metálicas.
- La temperatura de revenido de los aceros para fabricar la herramienta deberá ser superior a los 500 °C. Los aceros para trabajos en frío deben tener, al menos, tres revenidos a la temperatura de temple secundario.
- Los materiales de aportación para soldadura, si los hubiere, no deben contener cadmio ni zinc. El punto de fusión del material de aportación debe ser superior a los 600 °C y la soldadura no debe presentar rechupes ni restos de fundentes.
- La dureza del material de la herramienta a recubrir deberá ser, como mínimo, igual a la que tendría la pieza sin recubrimiento.
- Los orificios interiores pueden ser recubiertos hasta una relación diámetro/profundidad igual o superior a 1:1.
- No presentar para el recubrimiento piezas atornilladas o montadas a presión. Presentar las piezas a recubrir por separado.
- La superficie de las piezas debe ser metálica brillante, sin residuos de rectificado, sin residuos de agentes de pulido, sin capas blancas de electroerosión y sin chorreado de bola de vidrio.
- Las piezas a recubrir no deben tener recubrimientos tales como níquel, cromo, zinc, ni estar fosfatadas, nitruradas, pavonadas, etc.
- Las piezas deben estar exentas de residuos tales como: óxido, pintura, agentes de limpieza, virutas de mecanizado, polvo de rectificado o chorreado, sales de temple en orificios y roscas, restos de embalaje.
- No deben existir rebabas en las aristas de corte.
- Las piezas deben estar ligeramente engrasadas para protegerlas del óxido.

Respecto al estado de la superficie de las piezas a recubrir, el rendimiento de las herramientas recubiertas es mayor cuanto menor sea la rugosidad de las superficies funcionales. Los recubrimientos PVD no alteran la rugosidad de la superficie.

En la siguiente tabla se indican las causas de degradación más comunes y las acciones a realizar para contrarrestarlas.

Tipo de degradación	Propiedades requeridas	Localización de la degradación	Actuación sobre...
Deformación plástica	Resistencia a la compresión	Substrato	Acero + Tratamiento térmico
Rotura	Tenacidad	Substrato	Acero + Tratamiento térmico
Abrasión	Dureza	Superficie	Acero + Tratamiento térmico + Recubrimiento
Adhesión	Bajo coeficiente de rozamiento	Superficie	Acero + Tratamiento térmico + Recubrimiento

Deposición Química de Vapor

Además de los recubrimientos de PVD existen otros métodos de recubrimiento, como la deposición química de vapor o CVD. La diferencia con los primeros reside principalmente en la temperatura de aplicación del proceso, el cual se lleva a cabo entre 800 °C y 1100 °C.

Una vez realizado el recubrimiento, la herramienta necesita un tratamiento de temple y revenido posterior, con el consiguiente riesgo de deformaciones geométricas y dimensionales. Por otra parte, estos recubrimientos tienen un espesor superior a 5 µm, una estructura granular gruesa y una rugosidad superior a los recubrimientos PVD. Esta realidad impone a los recubrimientos de CVD ciertos límites en la práctica, por lo que no suelen utilizarse en el ámbito de la construcción de matrices.

La tabla comparativa de las características principales de los recubrimientos PVD y CVD que se expone a continuación nos dará una idea sobre las principales diferencias entre ambos procesos.

	PVD	CVD
Temperatura de proceso	450 °C	1000 °C
Tratamiento térmico	Antes de recubrir	Después de recubrir
Deformación	Ninguna deformación, con un tratamiento térmico realizado correctamente	Deformación en razón del tratamiento térmico de las cargas térmicas
Rugosidad del recubrimiento	Como el sustrato	R _Z aproximadamente 2 µm
Trabajo posterior	En general, no es necesario	Pulido intenso necesario
Recubrimientos interiores	Espesor disminuyendo sobre las caras interiores	Posible

7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LAS MATRICES DE CORTE

Una vez definidos los distintos conceptos básicos del ámbito de la deformación de la chapa sin arranque de viruta y sabiendo, mediante el cálculo realizado en los anteriores apartados, los factores que intervienen durante la operación de corte, a continuación, abordaremos las particularidades y detalles constructivos de las matrices de corte.

Existen numerosas posibilidades en cuanto a sistemas y características de construcción de las herramientas de corte. No obstante, este capítulo centra su atención en los elementos comunes a la mayoría de las matrices para la fabricación de nuestra matriz.

7.1. PLACAS BASES O PLACAS PORTAMATRIZ

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.

Los elementos que componen la parte fija de la matriz van fijados mediante tornillos y pasadores sobre la placa base. Además, en los útiles de mayor tamaño, la placa base es utilizada para el anclaje de los distintos elementos de transporte, como cáncamos, ganchos o tirantes elevadores.

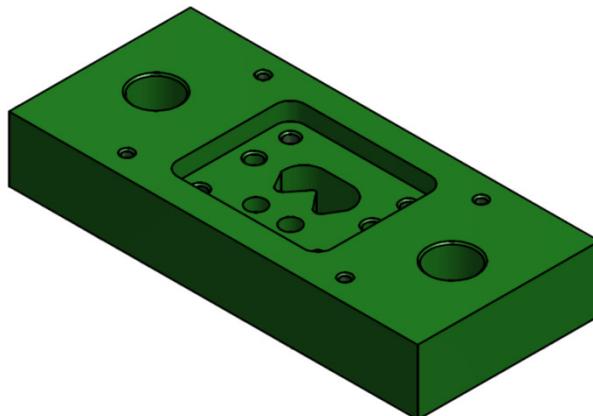
En el caso que el utillaje vaya guiado mediante columnas, sus alojamientos se practican sobre la placa base inferior. Como veremos más adelante, esta placa forma parte de los llamados armazones de columnas, constituyendo un subconjunto del utillaje, cuya misión es la de guiar y absorber posibles desalineaciones del útil respecto a la prensa.

Las placas bases se fabrican de acero suave y no llevan tratamiento térmico. Aunque en ocasiones suelen construirse en fundición, por lo que muchos fabricantes de normalizados disponen de esta referencia en sus catálogos.

Las dimensiones de la placa base deben adecuarse a las medidas de la matriz. En el caso que sobre la placa base vayan montadas unas columnas-guía, deberá observarse con especial esmero la distancia o luz entre las mismas, pues de ello depende la zona útil de trabajo. Habitualmente, los utillajes se embridan a la prensa sobre la placa base, cuya anchura es mayor que el bloque formado por la parte fija del útil, disponiendo así de un área mayor para la ubicación de los distintos elementos.

Los espesores de esta placa oscilan entre los 20 y los 50 mm para las matrices que no disponen de columnas-guía. Si la placa base lleva alojadas estas columnas, los espesores de la placa van desde los 30 hasta los 60 mm, en este último caso para las matrices de mayores dimensiones.

Mejor que la aplicación de cualquier fórmula para hallar el espesor de la placa, cuyo resultado no sería del todo correcto, puesto que las formulas contemplan únicamente los esfuerzos de corte, se aconseja hacer uso de las tablas de medidas que comercializan los fabricantes de normalizados, cuyos valores tienen en cuenta, además, la rigidez de la placa según sus propias dimensiones.



PLACA BASE SUPERIOR

Esta placa constituye el soporte sobre el cual van enclavados mediante tornillos y pasadores, formando un único bloque, todos los elementos de la parte móvil del utillaje: la placa portapunzones, la sufridera, el vástago de sujeción a la prensa, los casquillos de guía y en algún caso, los propios punzones.

En matrices de pequeño tamaño, la base superior lleva un agujero roscado para sujetar el utillaje, mediante un vástago o espiga, al cabezal de la prensa. Este agujero roscado se halla situado en una coordenada que representa el centro de gravedad de todas las fuerzas que se producen sobre el útil durante el proceso de matrizado.

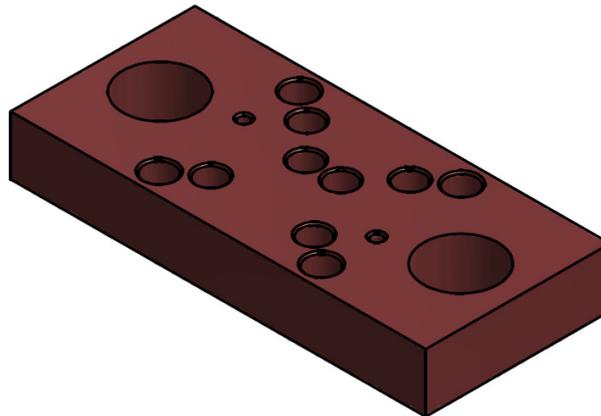
Las matrices de mayor tamaño no suelen llevar vástago y van embridadas al carro o mazo de la prensa, sobre esta placa, teniendo en cuenta la posición del centro de gravedad según unas marcas practicadas en el lateral del utillaje. En estos útiles, además, la base superior es utilizada para el anclaje de cáncamos, ganchos o tirantes elevadores apropiados para su transporte.

Cuando el utillaje vaya guiado mediante columnas y casquillos-guía, los alojamientos de estos casquillos se practican sobre la base superior, adoptando una posición fija por ajuste forzado o sujetos mediante unas uñetas atornilladas, a modo de bridas.

Al igual que la placa base inferior, este elemento se construye en acero suave y no lleva tratamiento térmico.

Las dimensiones de la base superior, salvo excepciones, suelen ser idénticas a las de la placa base inferior. Los espesores de esta placa oscilan entre los 20 y los 50 mm para las matrices que no disponen de casquillos-guía. Cuando la base lleve alojados estos casquillos, los espesores de la placa van desde los 30 hasta los 60 mm, en este último caso para las matrices de mayores dimensiones.

De manera similar a las circunstancias que intervienen en la decisión de adoptar uno u otro espesor en la construcción de la placa base inferior, se aconseja hacer uso de las tablas de medidas normalizadas de los portamatrices que comercializan los fabricantes.



Dimensiones

Los portamatrices homologados se fabrican en una amplia gama de medidas y, para el caso de portamatrices o armazones de fundición, pueden encontrarse en el mercado bajo diversas formas, con posibilidad de adaptar cada una de ellas a la solicitud o requerimiento específico de cada matriz.

Las matrices que no requieren grandes esfuerzos ni excesiva precisión se montan sobre portamatrices de dos columnas. Las matrices que deben producir grandes series y las matrices que trabajan con una franja de tolerancias muy estrecha se montan sobre portamatrices de cuatro columnas. Si el trabajo a realizar o el tamaño del utillaje lo precisan, puede dotarse al armazón de columnas de un número superior de elementos de guía y con una disposición diferente.

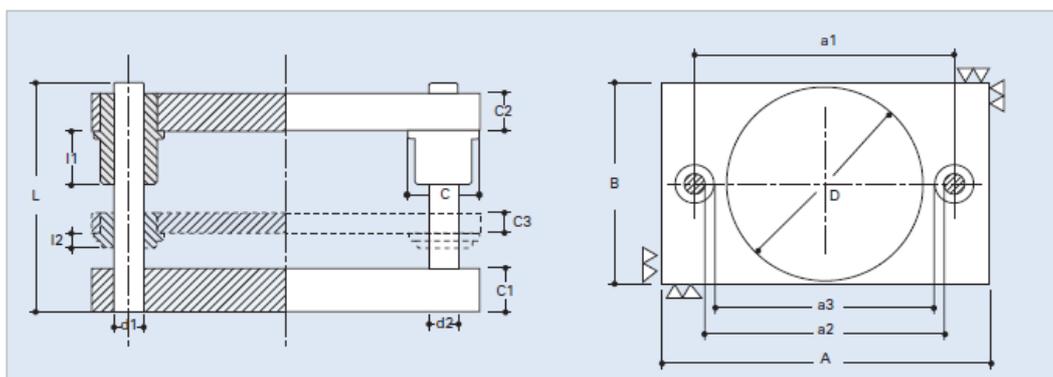
Para los portamatrices de cuatro columnas, la posición ideal de las columnas se halla en cada una de las cuatro esquinas, de manera que dispongan el máximo de luz o distancia entre columnas para el paso de la chapa. En los portamatrices de dos columnas, pueden ubicarse centradas, cruzadas o atrasadas. En esta última posición, aunque el bloque portamatrices tiene menos rigidez y una mayor posibilidad de pandeo, disponemos de mayor espacio para el manejo de la chapa a matricular.

Para evitar el montaje invertido de los útiles, en los portamatrices de cuatro columnas suelen montarse dos columnas de diámetro ligeramente menor (unos 2 mm), las cuales determinan la posición de la parte fija respecto a la parte móvil. Opcionalmente, y para grandes series de piezas o movimientos de carrera corta de la parte móvil, el sistema de guiado de las bases de columnas puede dotarse con jaulas de bolas, elementos que trabajan por rodadura y cuya aplicación mejora el deslizamiento entre las columnas y los casquillos-guía.

En ocasiones, como en nuestro caso, los bloques portamatrices constan de una tercera placa intermedia que tiene la misión de alojar mediante un encaste la placa guía que hace las veces de pisador.

Una vez que hemos previsto el diseño de la banda, se realizara la selección del bloque portamatrix empleando un catalogo de un fabricante de elementos normalizados de matriceria de la empresa CYEM para escoger aquel que mejor se adapte a nuestro diseño.

Sus dimensiones y tolerancias se muestran a continuación:



Nº	Dimensiones				Espesores			Col./Casq.				Sup. Útil					
	A	B	a ₁	a ₂	C ₁	C ₂	C ₃	d ₁	d ₂	L	c	l ₁	l ₂	a ₃	x	A	D
5	225	100	163	138	37	32	23	24	25	140	48	45	18	115	x	100	100

Tolerancias del Bloque Portamatrix

	<p>PARALELISMO PLACAS</p> <p>0,01 x 100 mm</p>		<p>PARALELISMO MONTAJE</p> <p>0,015 x 100 mm</p>
	<p>TOLERANCIA AGUJEROS</p> <p>CABEZA H6</p>		<p>ENTRECENTROS</p> <p>+ 0,01 mm</p>
	<p>PERPENDICULARIDAD COLUMNA MONTAJE</p> <p>0,015 x 100 mm</p>		<p>CILINDRADA COLUMNA</p> <p>0,0013 x 100 mm</p>

Material de Fabricación

Cuando se trata de matrices de pequeñas y medianas dimensiones podemos emplear acero suave o semiduro de construcción o armazones normalizados de fundición. Para matrices de tamaño grande siempre es más barato y práctico utilizar fundición.

Los materiales más utilizados son los siguientes:

- 1.1141 (F111) / 1.1730 (F114). Para matrices de pequeño tamaño.
- 1.1158 (F112) / 1.1730 (F114). Para matrices de mediano tamaño.
- Fundición. Para matrices de gran tamaño.

Además de tener en cuenta el tamaño también hemos de tener en cuenta la productividad de la matriz.

Como hemos señalado anteriormente, esta matriz será diseñada para producciones elevadas por lo que se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero no aleado, muy económico y universal, de medio-alto porcentaje de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70-90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Mecanizado

En nuestro caso, el mecanizado de la placa base inferior se realiza partiendo de una placa portamatriz normalizada donde posteriormente se mecanizaran:

1. La cajera para alojar la placa matriz.
2. El alojamiento de salida para las pepitas y la pieza terminada.
3. Los agujero roscados y mandrinados para los elementos de fijación.

Proceso de mecanizado:

1. Ajustar origen de coordenadas.
2. Mecanizado y limpieza de cajera.
3. Mecanizado de figuras de corte.
4. Mecanizado de agujeros.
5. Roscado y mandrinado de agujeros.
6. Montaje de componentes.

Acabados y Tolerancias

En general, el dimensionado de la base inferior conviene que sea bastante generoso, puesto que ha de resistir fuertes impactos y estará sometida a esfuerzos de todo tipo.

Los valores principales que ha de tener son los siguientes:

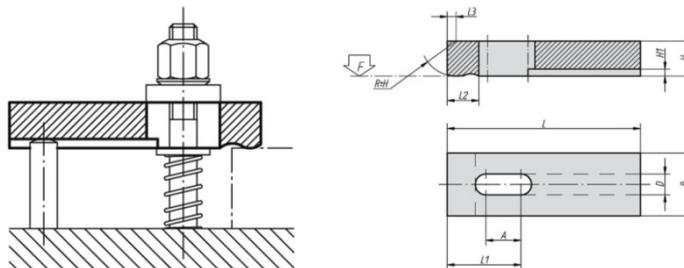
1. Medidas adecuadas para su fijación en la prensa.
2. Espacio suficiente para acceder a todos los elementos que lleve montados.
3. Espesor adecuado al esfuerzo que deba soportar.
4. Paralelismo de 0.01 mm entre sus dos caras.
5. Planitud de 0.015 mm x 100 mm en toda la superficie de trabajo.
6. Perpendicularidad de 0.015 mm entre las columnas y la base.
7. Rectificado de las caras de trabajo.

Fijación en Prensa

El amarre de las placas bases a la prensa generalmente se realiza con 2 o más tornillos y bridas que deben dejarla inmóvil sin permitir ningún movimiento o desplazamiento. Ya sabemos que la función de la brida de amarre dentro del útil es bastante secundaria y forma parte de los accesorios que debemos tener a nuestro alcance para poner el útil a punto de fabricar piezas.

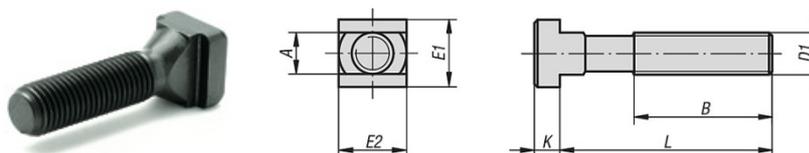
Si bien es verdad que la función de las bridas de sujeción es secundaria, no por ello deja de ser imperativa su inclusión. En principio, mediante su apriete, nos pega materialmente la superficie de la placa de base con la mesa de la prensa, inmóvilizándonos completamente toda la parte inferior del útil, dispuesto para recibir la entrada de los punzones.

La brida de amarre está acompañada de tornillos y calces, formando un pequeño conjunto, que se sitúan en los extremos del troquel, como podemos apreciar en la siguiente imagen:

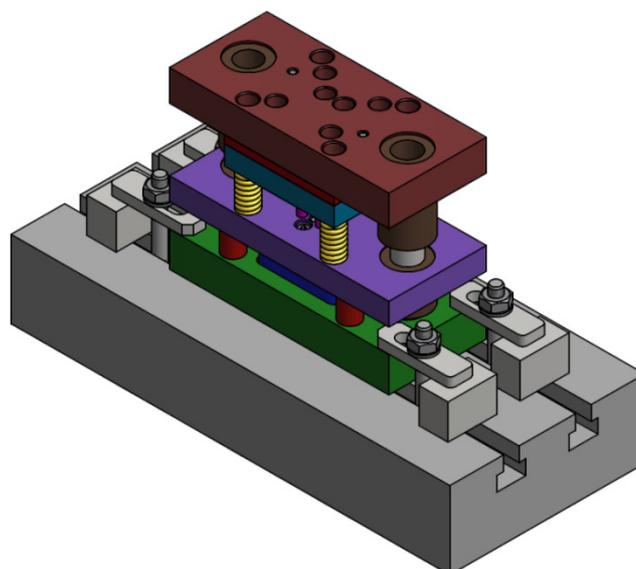


El sistema de amarre con tornillos es imprescindible en cualquier tipo de troquel, su función básica en todos los casos es fijarlo y sujetarlo de forma que quede fijo a la prensa. Podemos encontrar diferentes tipos de tornillos, tanto en tamaño como en materiales, que se adapten a todas las características del troquel o de la prensa.

Las cabezas de los tornillos van alojadas en la ranura del plato o mesa de la prensa, apareciendo en el útil la zona de la caña y la rosca en unos canales mecanizados para tal fin en la brida de fijación.



A continuación se muestra un posible embridado de la placa base inferior de la matriz:



Como podemos observar en la imagen anterior el sistema de fijación consta de:

- Tornillos de amarre con sus respectivas tuercas y arandelas.
- Bridas de acero de construcción al carbono (semisuave o semiduro).
- Taco de apoyo en acero de construcción al carbono (semisuave o semiduro).

Este conjunto de amarre formado por la brida y sus piezas anexas, puede tener variada índole y fisonomía como corresponde a un elemento carente de toda normalización difundida con carácter universal. Lo más práctico y económico sería normalizar unas formas y medidas para mantenerlas fijas para facilitar el trabajo de puesta a punto del troquel por parte del operario de producción.

De todas formas, no importa qué sistema de amarre empleemos, siempre y cuando de la sensación de fortaleza y rigidez para darnos la seguridad de un buen funcionamiento.

7.2. PLACA MATRIZ

La placa matriz, junto con los punzones, es la parte más importante de un utillaje. Esta 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 se fabrica generalmente en acero indeformable al temple, con tratamiento térmico posterior. En ocasiones puede ser construida también en otros materiales de dureza similar o superior, como, por ejemplo, en metal duro.

Diseño de la Placa Matriz

En función del tipo de herramienta a construir, del contorno de la pieza, de sus propias dimensiones y del número de piezas a producir, la placa matriz podrá ser mecanizada entera o de una pieza, en varias piezas, partida o en segmentos, con postizos, y formada a base de casquillos o pastillas encastables.

Matriz entera. Está formada por una sola pieza o placa cuyas dimensiones máximas alcanzan los 300 mm. Las matrices enteras de dimensiones superiores dificultan su propio tratamiento térmico. El perímetro de corte de estas matrices suele presentar formas simples, sin entradas ni prominencias.

Matriz de varias piezas. Está constituida por distintas piezas, ajustadas entre sí, formando, una vez montadas, el perímetro de corte de la pieza a matricular o bien la secuencia completa de operaciones de un utillaje progresivo. Este tipo de matrices es el más apropiado para el corte de piezas de grandes dimensiones o para el proceso continuo de la chapa en útiles progresivos.

Matriz partida o de segmentos. Es un tipo de matriz formada por varias piezas. La diferencia está en que la matriz partida se construye en varias partes o segmentos, para obtener de forma sencilla un perímetro de corte complejo, con entradas y protuberancias de pequeñas dimensiones. Además, según esta construcción, resulta mucho más fácil el rectificado de las paredes adyacentes a las aristas de corte, puesto que la rectificadora de perfiles no puede trabajar formas interiores.

Matriz con postizos. Es una matriz constituida por una placa matriz entera, donde se han encastrado pequeñas partes postizas, correspondientes al perímetro de corte, normalmente de perfil débil o comprometido y, por lo tanto, de fácil desgaste o rotura. De ese modo, en caso de reparación, solo es necesaria la construcción y recambio de esta parte, con el consiguiente ahorro de tiempo y material de construcción de toda la placa.

Matriz de casquillos o pastillas encastables. Este sistema de construcción consiste en el encaste de distintos casquillos o pastillas de materiales de alta dureza, postizos todos ellos, sobre una placa matriz cuyo material es de menor calidad. La utilización de casquillos y de plaquitas postizas permite la construcción de matrices de elevada resistencia, sin necesidad de fabricar toda la placa

de un material de calidad superior. Además, los casquillos suelen estar normalizados, con lo cual su sustitución puede hacerse de manera rápida y sencilla.

Una vez que hemos estudiado las distintas posibilidades de las que disponemos para diseñar nuestra placa matriz, escogeremos el modelo de matriz entera, ya que obtenemos las siguientes ventajas:

- Facilidad de mecanizado.
- Minimiza el riesgo de roturas.
- Facilita el tratamiento térmico.
- Disminución de las dimensiones.
- Secuencia de pasos de corte conjunta.

Dimensiones

Las dimensiones de la placa matriz, especialmente su espesor, son calculadas a menudo mediante formulas cuyo valor resultante arroja datos referentes al espesor mínimo de la placa, para que no se produzca la rotura:

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

Siendo:

- e_{matriz} → El espesor mínimo de la placa matriz (mm).
- F_c → La fuerza de corte (daN).

Recordemos que nuestra fuerza de corte necesaria para el funcionamiento de la matriz en prensa será de 95236,2 N, por lo que el espesor de la matriz resultante será:

$$e_{matriz} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{F_c} = 0,6 \cdot \sqrt[3]{95236,2} = 12,718 \text{ mm}$$

Según la fórmula anterior, la distancia mínima que debe haber desde una arista de corte hasta el borde de la matriz será:

$$a_{matriz} = 1,5 \cdot e_{matriz}$$

Siendo:

- $a_{min. matriz}$ → La distancia mínima (mm).
- e_{matriz} → El espesor mínimo de la placa matriz (mm).

Si sustituimos en la formula anterior obtenemos:

$$a_{matriz} = 1,5 \cdot e_{matriz} = 1,5 \cdot 12,718 = 19,077 \text{ mm}$$

De todos modos, siempre que sea posible, es aconsejable adoptar valores superiores a los calculados. El ahorro inicial que supone la construcción de piezas a medidas muy ajustadas suele acabar con frecuencia en roturas y otras averías que no hacen sino que aumentar los tiempos muertos y, en consecuencia, los costes de producción. Téngase en cuenta que, por regla general, los materiales y los elementos normalizados que se utilizan en la construcción de un utillaje representan tan solo entre un 8 y un 10 % de los costes del útil.

En la práctica, y dependiendo del material a cortar, de su espesor, del perímetro de corte y del tamaño de la placa matriz, los espesores más utilizados en matrices de tamaño medio oscilan entre los 15 y los 40 mm. Valga como regla para el corte de materiales de hasta 3 mm de espesor la aplicación de la siguiente fórmula:

$$e_{matriz} = 15 \cdot e$$

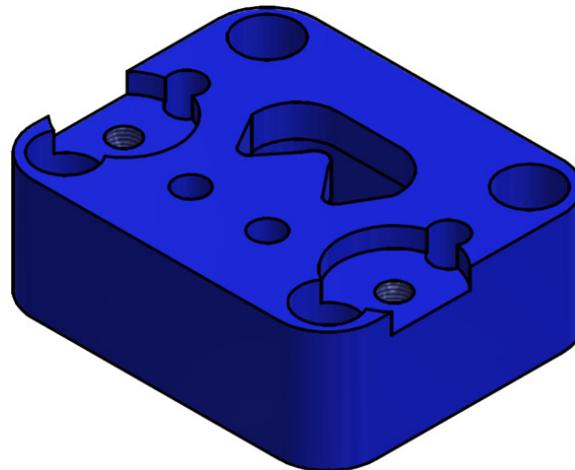
Siendo:

- e_{matriz} → El espesor de la placa matriz (mm).
- e → El espesor de la chapa (mm).

Si el espesor de la chapa para la fabricación por estampación es de 2 mm obtenemos:

$$e_{matriz} = 15 \cdot e = 15 \cdot 2 = 30 \text{ mm}$$

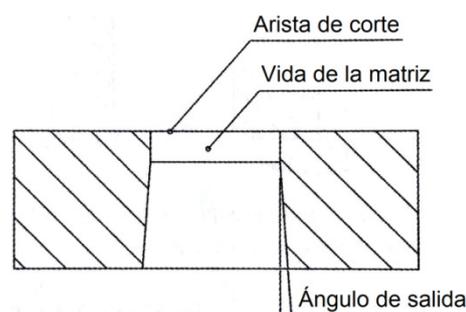
La homologación de los útiles, sobre todo a efectos de reglaje de prensas, aconseja la fabricación de matrices cuya altura, una vez montada, sea igual o similar para todos los utillajes. De ese modo se evita tener que regular la altura del cabezal de la maquina en cada cambio de matriz.



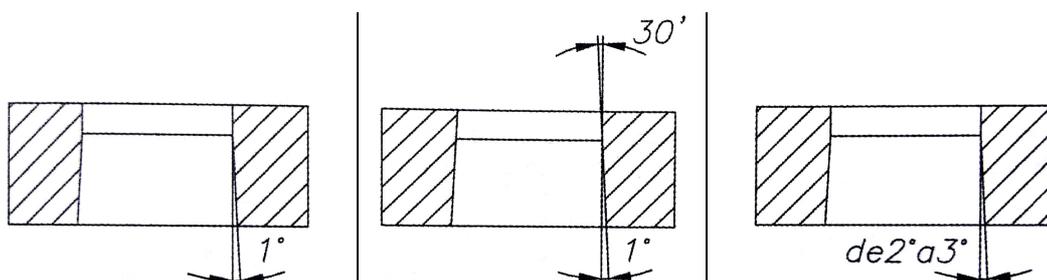
En una matriz, el agujero donde ajusta el punzón, llamado también perímetro de corte, es pasante y tiene cierta conicidad o ángulo de salida, para que puedan caer las piezas o los recortes de material sobrante. A la parte cilíndrica del agujero de la matriz se le llama "*vida de la matriz*", precisamente porque es la parte útil, que podrá ser reafilada hasta que desaparezca el perímetro de corte definido. La parte cónica no es menos importante, aunque no intervenga directamente en el corte, pues de su forma de construcción depende la correcta evacuación de las piezas y los recortes.

Las paredes verticales que conforman el perímetro de corte de la vida de la matriz acostumbran a tener unas medidas de entre 4 y 8 mm. La medida menor se utiliza en matrices con poca producción y la mayor en matrices con mayor producción.

En la siguiente imagen se muestra la sección de una matriz en la que se pueden apreciar la vida de la matriz, la arista de corte y el ángulo de salida o desahogo.



A continuación mostraremos que existen varias formas de mecanizado de la vida de la matriz y del ángulo de caída de piezas, dependiendo del tipo de material a cortar, de su espesor y del número de piezas a producir.



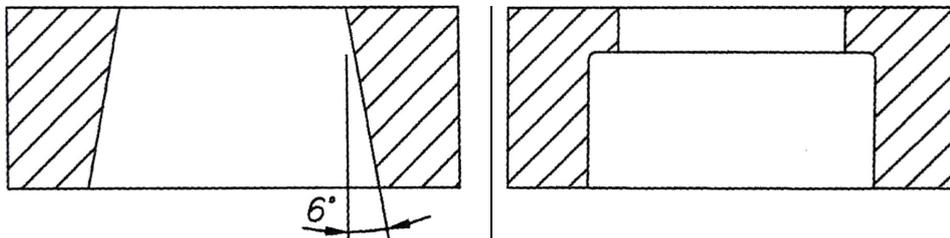
Para el corte de materiales de espesor y coeficiente de cizalladura medios, se recomienda un ángulo de salida de 1° (*figura izquierda*).

En el caso de tener que cortar materiales de elevado coeficiente de corte, es conveniente mecanizar la vida de la matriz con una inclinación de $0,5^\circ$ para facilitar la expansión del material mientras se produce el cizallado de la chapa. Para el ángulo de salida puede adoptarse 1° de inclinación (*figura central*).

Finalmente, el corte de materiales blandos y mayor espesor aconseja la aplicación de valores de entre 2° y 3° de inclinación (*figura derecha*).

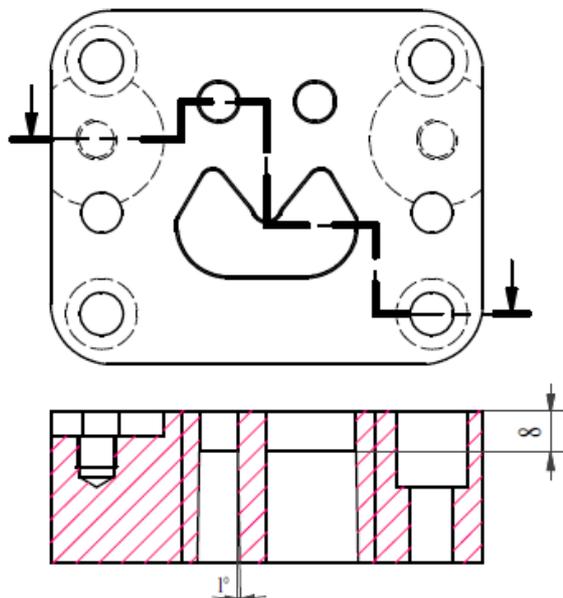
Como regla general, y exceptuando el caso de materiales duros, cuanto mayor sea el espesor de la chapa y menor su coeficiente de corte, el ángulo de salida deberá ser más pronunciado.

Deben descartarse la aplicación de ángulos de valor elevado (entre 5° y 6°) o el mecanizado escalonado en la parte posterior de la matriz como métodos de fácil evacuación de las piezas, pues no hacen sino debilitar la matriz, con el consecuente aumento de averías por rotura o por melladuras en los filos de corte.



Actualmente, la electroerosión por hilo y el rectificado de perfiles aportan soluciones no demasiado complejas en cuanto a la fabricación de la geometría de corte y de la evacuación de piezas en las matrices. La aplicación en los útiles de corte de aperturas o ángulos de caída de piezas de valor muy ajustado permite optimizar el funcionamiento de los utillajes y su mantenimiento.

En nuestro caso hemos decidido realizar una vida de la matriz de 8 mm, para dotar a la placa matriz de una larga vida útil, dado que esta matriz tendrá una alta productividad de piezas y un ángulo de salida de 1° , ya que es el más recomendable para la evacuación de los retales de chapa que se producirán durante el funcionamiento de la matriz, evitando así cualquier problema por obturación del agujero. La caída de las pipas en bloques o columnas perfectamente alineadas o superpuestas verifica la correcta ejecución del agujero de desahogo de la matriz.



Mecanizado

El mecanizado de la placa matriz se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm aprox. en todas sus caras. En el caso de la placa matriz, una vez limpias y escuadradas sus caras se procederá al vaciado interior de la placa.

Mecanizado de la placa matriz o cajera:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de cajera o regatas.
4. Rebaje de figuras.
5. Mandrinado de agujeros.
6. Tratamiento térmico.
7. Rectificado de caras.
8. Montaje y ajuste de segmentos.

Material de Fabricación

Materiales de construcción:

- 1.1158 (F-112). Para placas de tamaño grande.
- 1.1730 (F-114). Para placas de tamaño mediano.
- 1.2379 (F-521). Para placas de tamaño pequeño.

En cualquiera de los ejemplos anteriores siempre habrá que considerar otros factores, por ejemplo:

- Matriz de mucha o poca producción.
- Vida total de la matriz.
- Matriz pequeña o grande.
- Tamaño de los segmentos.

En el caso de matrices o placas matrices hechas para cortar directamente sobre su superficie los materiales más apropiados pueden ser:

- 1.2842 (F-522) (Tem. y Rev. HRc. 60-62). Matrices de poca producción.
- 1.2379 (F-521) (Tem. y Rev. HRc. 60-62). Matrices de mediana producción.
- 1.3344 (F-5605) (Tem. y Rev. HRc. 62-64). Matrices de alta producción.

Como hemos señalado anteriormente, esta matriz será diseñada para producciones elevadas por lo que se decidirá elegir un acero 1.3344 (F-5605), que consiste en un acero rápido al molibdeno (Mo = 5%) recarburado (alto en carbono) de altas prestaciones mecánicas, que aleados al cromo, níquel, molibdeno, vanadio y wolframio nos ofrecen elevadas resistencias mecánicas. Es un acero adecuado para la fabricación de herramientas que trabajan por corte, choque, fatiga o desgaste tales como matrices, punzones y útiles.

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química								
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Pb	Otros
1,10	≤ 0,40	≤ 0,45	4,20	-	5,00	3,00	-	W = 6,00 ÷ 6,70

Tratamientos Térmicos		
Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido Blando	850 - 900	Horno a 10 °C / hora (hasta 700 °C)
Estabilizado	600 - 700	Lento (hasta 500 °C)
Temple	Precalentamiento: 450 - 500 Austenización: 1050 - 1180	Horno al vacío Baño de Martemple
Revenido	540 - 560	Aire

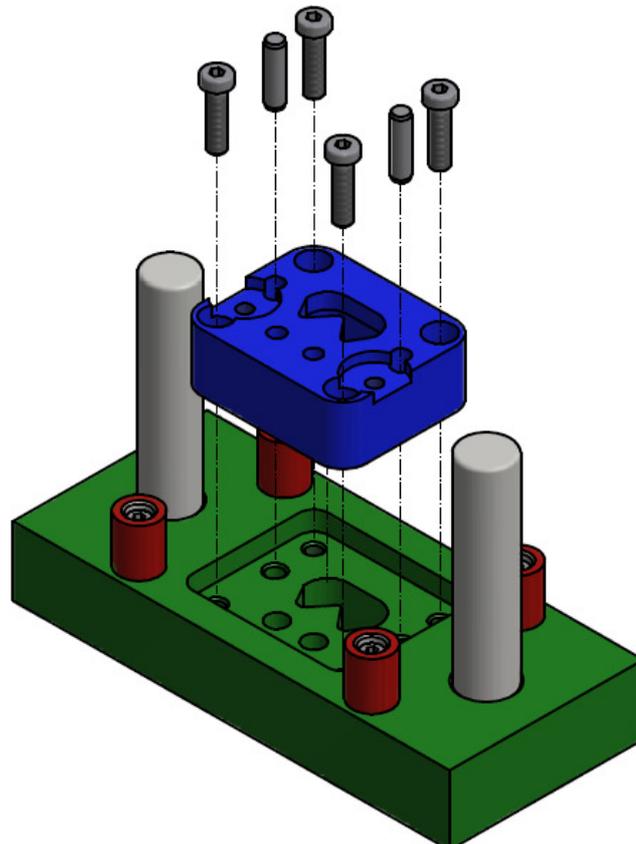
Para su tratamiento térmico se efectuara en primer lugar el proceso de temple que se comenzara con un calentamiento previo de 450-500 °C , seguido de un proceso de austenización a 1050-1080 °C y su posterior enfriamiento, por último se realizara un triple proceso de revenido a 560 °C (± 1 HRc) durante una hora, la placa matriz deberá enfriarse hasta alcanzar la temperatura ambiente entre los revenidos, para obtener una dureza de 62-64 HRc..

Los cambios dimensionales en longitud, anchura y espesor que se pueden dar una vez que hemos sometido a la placa matriz a los procesos de temple y revenido se encuentran entre 0,03 - 0,13 %.

Hemos de tener en cuenta que al ejecutar el mecanizado de las figuras de corte de la placa matriz por electroerosión con el material templado y revenido, deberá finalizar con un electroerosionado fino, por ejemplo con baja corriente y alta frecuencia. Para obtener un rendimiento óptimo de la superficie electroerosionada debería pulirse o rectificar el utillaje y revenirlo a una temperatura unos 25°C por debajo de la temperatura original de revenido.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje de la placa matriz sobre la placa base inferior:

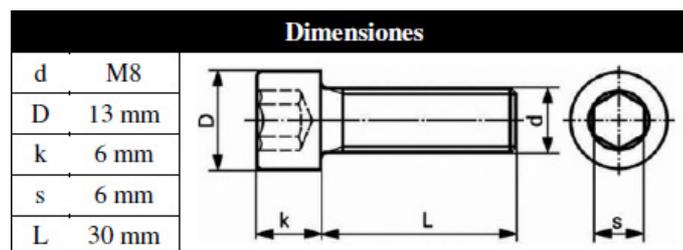


El montaje de la placa matriz se realizara sobre una cajera mecanizada en la placa base inferior que registrara la posición de la placa matriz. Para evitar posibles movimientos o desplazamientos de la placa matriz se optara por colocar dos pasadores que ajustaran la posición y cuatro tornillos que la fijaran, con lo que conseguiremos:

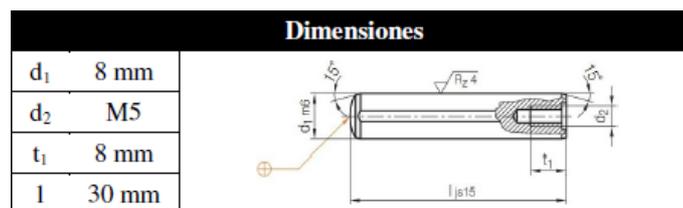
- Orientar correctamente las figuras mecanizadas en la matriz con respecto a los punzones.
- Evitar las deformaciones ocasionadas por los esfuerzos que deba aguantar la placa base inferior.

Las características técnicas de los elementos de fijación son las siguientes:

Tornillo Allen - M8 x 16 - ISO 4762 - 8.8



Pasador Cilíndrico - Ø6 x 30 - ISO 8735



7.3. GUIAS DE BANDA O GUIAS LATERALES

Consisten en dos reglas de acero endurecido mediante un tratamiento termoquímico, cuyo espesor es ligeramente superior al del fleje a matricular. Esta reglas van enclavijadas paralelas entre si y su posición se halla entre la placa matriz y el extractor-guía o la placa pisadora, en el caso de matrices de guía flotante.

En ocasiones, las guías laterales tienen una longitud superior al bloque del utillaje. Este exceso de longitud, por la parte de entrada del fleje de material, sirve para alinear y guiar mejor la banda de material a trabajar. Para evitar la caída de la cinta por gravedad se dispone entre las dos guías un travesaño, solidario a estas, y que sirve también para darles rigidez. Para facilitar la entrada del fleje se mecaniza en la pared lateral de contacto de la guía un chaflán a 30°, ligeramente redondeado y sin aristas.

En las matrices con pisador, el perfil de las guías de banda adoptara la forma adecuada para que no pueda salirse el fleje de material, cuando, durante un ciclo de trabajo, la parte móvil este separándose de la parte fija. Unas uñas postizas de retención de la banda también son otra posible solución para evitar este hecho. Téngase especial atención en el momento de ajustar la anchura de las guías, pues no pueden interferir bajo ningún concepto en la zona de trabajo de la placa de pisado.

Dimensiones

Las dimensiones de las guías de banda se proyectan en base a la anchura y la longitud de la placa matriz, ajustándose a la misma y teniendo en cuenta el ancho del fleje que deberán guiar. En el caso de que estas reglas sobresalgan de la matriz, para guiar mejor la banda, es recomendable adoptar

una longitud no superior al 30% de la longitud de la matriz. Esta medida dependerá también del espesor de material y de la anchura del fleje a trabajar.

El espesor de las guías laterales tendrá un valor en torno a 3 veces el espesor de la chapa, según se trate de chapa fina o gruesa, adoptando como mínimo un valor de 3 mm. En el caso de construcción de matrices con guía flotante, téngase en cuenta la pestaña de retención del fleje para proyectar el espesor de las guías a una medida ligeramente superior.

$$e_{guías} = 3 \cdot e$$

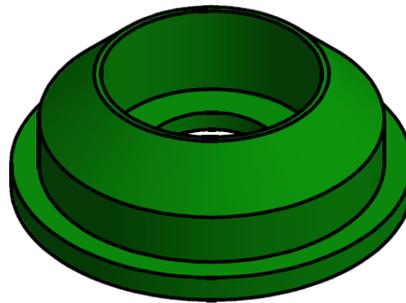
Siendo:

- $e_{guías}$ → El espesor de las guías (mm).
- e → El espesor del fleje (mm).

Si el espesor de la chapa para la fabricación por estampación es de 2 mm obtenemos:

$$e_{guías} = 3 \cdot e = 3 \cdot 2 = 6 \text{ mm}$$

En el diseño de fabricación de nuestras guías banda hemos optado por una opción más sencilla que el montaje de una regleta que guíe la banda durante todo el recorrido por el interior de la matriz, nuestro sistema de guiado consistirá en un rodete a cada lado de la entrada del troquel que posicionara la banda únicamente en su tramo inicial para su posterior ejecución del proceso de corte. Hemos de comentar que esta opción es válida ya que nuestra matriz es de un tamaño pequeño en el que solo intervienen dos operaciones de corte para la obtención de la pieza final.



Además de llevar los rodetes para impedir el movimiento longitudinal de la banda, se incorporara al sistema de guiado un rodamiento de bolas que bloqueara el movimiento transversal de la banda y facilitara el flujo continuo de la banda al troquel.

Material de Fabricación

Los materiales más adecuados para su construcción son:

- 1.1730 (F-114) (Nitrurado Temp. y Reven. HRc.48-50). Reglas de tamaño pequeño.
- 1.2842 (F-522) (Temp. y Reven. HRc.54-56). Reglas de tamaño grande.

Como hemos señalado anteriormente, esta matriz será diseñada para producciones elevadas por lo que se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero no aleado, muy económico y universal, de medio-alto porcentaje de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70-90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Considerando que las reglas de guiado del tipo 1.1730 (F114) (Nitrurado Temp. y Reven. HRc.48-50) sean de espesores pequeños, es aconsejable que el tratamiento termoquímico se realice a baja dureza y antes del mecanizado, de esta forma se podrán evitar las deformaciones y el necesario rectificando posterior. Dado que nuestro sistema de guiado no es convencional, hemos decidido no optar por el tratamiento.

Mecanizado

En casi todos los casos, el mecanizado de las reglas se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de 5 mm aprox. en todas sus caras. Este excedente ha de servir para su limpieza y escuadrado en máquina herramienta.

El mecanizado de las reglas guía se realiza de la siguiente forma:

1. Corte de material.
2. Limpieza de impurezas.
3. Escuadrado de caras
4. Mecanizado de agujeros.
5. Rebajes.
6. Rectificado y montaje.

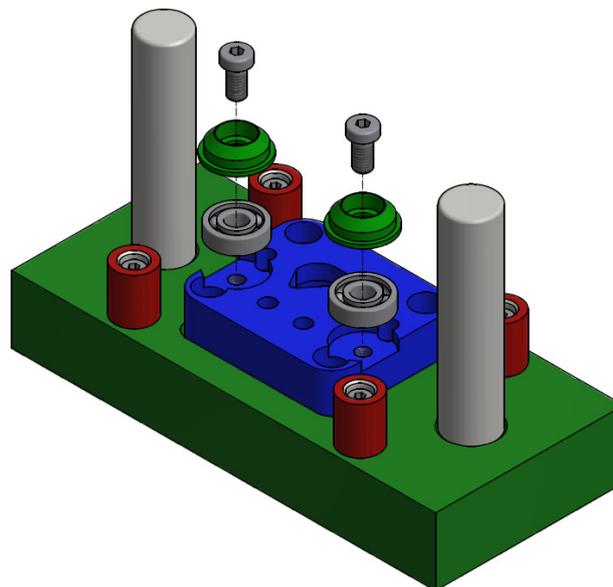
Acabados y Tolerancias

Las características de acabado son:

- Planitud de las superficies de apoyo de ≤ 0.20 mm por 100 mm de longitud.
- Espesor y altura adecuado a la función que deba realizar.
- Material con buena resistencia al desgaste.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje del sistema de guiado de la banda:



El montaje de los rodets guía banda se realiza sobre unos alojamientos mecanizados en la placa matriz, se colocara cada uno de los rodets sobre un rodamiento de bolas que permitirá el movimiento de rotación de los rodamientos durante los ciclos de trabajo de la matriz, con lo que conseguiremos:

- Obtener una mayor vida útil de las guías banda.
- Evitar enganches durante el enhebrado de la banda.
- Facilitar el paso continuo de la banda durante todo el proceso de trabajo.

A continuación especificamos las características técnicas del rodamiento que emplearemos:

Rodamiento de Bolas - SKF 6000

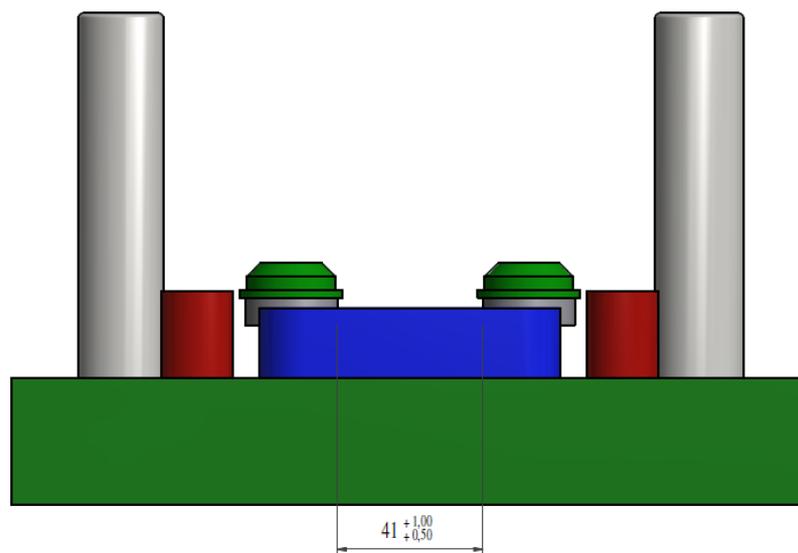
Dimensiones	
d	10 mm
D	26 mm
B	8 mm
d ₁	14,8 mm
D ₂	22,6 mm
r ₁₋₂	0,3 mm

Para evitar el resto de movimientos y desplazamientos, optaremos por colocar un tornillo que fijara la posición del rodete y el rodamiento. Las características técnicas del tornillo son las siguientes:

Tornillo Allen - M8 x 16 - ISO 4762 - 8.8

Dimensiones	
d	M8
D	13 mm
k	8 mm
s	6 mm
L	16 mm

Las características de mecanizado, acabado y montaje de los rodetes no debe ocasionar dificultades, si bien la separación entre los dos rodetes una vez montados deberán permitir el avance de la banda, para lo cual, dicha separación siempre será superior a la anchura en (+ 0,5 mm aprox.). Esta holgura o tolerancia se deja con el fin de que la banda no quede frenada en su interior debido a posibles curvaturas, rebabas u otras deficiencias que pueda tener.



Por lo general, la tolerancia que a la que nos referíamos anteriormente acostumbra a dejarse entre 0,5 y 1 mm dependiendo de las características de la matriz, del tipo de material, de su anchura, de su espesor, etc.

7.4. PLACA EXTRACTOR-GUÍA O PLACA PISADORA

Es una placa común a todos los utillajes de corte, aunque dependiendo del tipo de matriz cumple distintas funciones. Las cabezas de los tornillos que sujetan los elementos de la parte fija entre si se hallan alojados en esta placa. De este modo, el matricero tiene fácil acceso a ellos para el desmontaje del útil, una vez retirada la parte móvil.

En las matrices de corte con guía fija, durante el movimiento rectilíneo alternativo de los punzones, estos se mantienen alineados con el corte de la matriz. En el momento del retroceso de los punzones, la chapa adherida a su perímetro topa contra la placa extractor-guía y la chapa se desliza longitudinalmente por el punzón hasta su total extracción.

En las matrices con pisador o de guía flotante, además de las funciones anteriormente descritas, esta placa tiene la misión de sujetar la chapa durante el movimiento de trabajo de los punzones. El sistema elástico montado en la parte móvil del utillaje es el encargado de que la placa pisadora presione sobre la chapa a matricular y ceda en el momento en que la prensa ejerce una presión superior al valor de carga del mecanismo flotante.

En ambos tipos de matrices, los punzones se hallan alojados en esta placa mediante un ajuste de deslizamiento suave, sin holgura, y, bajo ningún concepto, deberán salir de su alojamiento durante su carrera de trabajo.

Existen, sin embargo, dos formas de proceder en el momento de proyectar y construir la placa guía en una matriz con pisador. En el primer caso, la placa flotante carece de guía alguna respecto al bloque portamatrices y mantiene su posición gracias a la rigidez del montaje formado por los punzones, tornillos limitadores y resortes del sistema elástico. El otro método, mucho más preciso, consiste en dotar a la matriz de una placa intermedia, guiada mediante columnas en el mismo armazón y encastando en un rebaje de dimensiones apropiadas una segunda placa de material más resistente, en la cual se habrán mecanizado los distintos alojamientos de los punzones.

Dimensiones

Las dimensiones de la placa extractor-guía en longitud y en anchura son las mismas que las de la placa matriz, exceptuando aquellas matrices que están dotadas de una placa intermedia, guiada mediante columnas. En ese caso, la placa tiene las mismas dimensiones que la placa base. El espesor de la placa depende principalmente de la longitud de los punzones, de las dimensiones del utillaje y del espesor de material a cortar.

Así, para el espesor de la placa extractor-guía, puede adoptarse la siguiente fórmula:

$$e_{\text{extractor-guia}} = 0,3 \cdot l_{\text{punzones}}$$

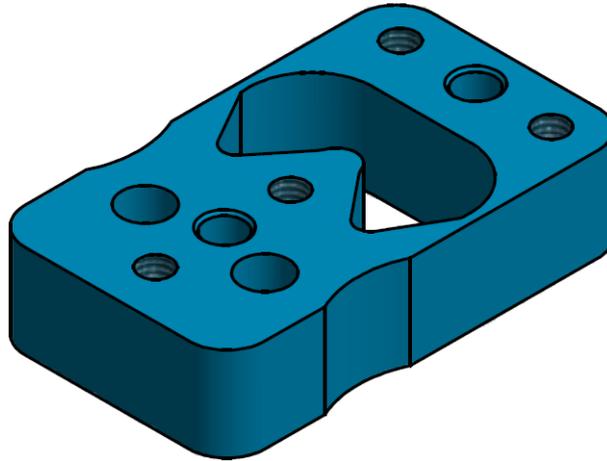
Siendo:

- $e_{\text{extractor-guia}}$ → El espesor de la placa (mm).
- l_{punzones} → La longitud de los punzones (mm).

Si la longitud de los punzones para la fabricación por estampación es de 78 mm obtenemos:

$$e_{\text{extractor-guia}} = 0,3 \cdot l_{\text{punzones}} = 0,3 \cdot 78 = 23,4 \text{ mm}$$

En nuestro caso, tendremos en cuenta que nuestra matriz está dotada de una placa intermedia, por lo que el espesor calculado tendrá que ser la suma de espesores de la placa pisador y la placa intermedia. Para obtener un mayor margen de seguridad en el pisado de la banda aumentaremos ligeramente el espesor obtenido en el cálculo.



Respecto al ajuste que deben tener los punzones dentro de sus alojamientos en la placa pisador, se suele recomendar una ligera holgura, para evitar excesivos roces por una mala alineación de los punzones. Por ello el ajuste G7/h6 que se aplicara entre ambos elementos será un ajuste limitado, ya que se pretende que las piezas se posicionen con precisión en caso de velocidades moderadas y presión en la pieza macho.

A continuación mostramos el ajuste que obtenemos al aplicar las dos medidas límites para cada uno de los elementos, según norma ISO 286, tomando como referencia el punzón de 7,5 mm, siendo estas:

- Punzón - 7,5h6:
 - Medida Máxima (d_{max}): 7,5 mm.
 - Medida Mínima (d_{min}): 7,491 mm.
- Agujero - 7,6G7:
 - Medida Máxima (D_{max}): 7,614 mm.
 - Medida Mínima (D_{min}): 7,605 mm.

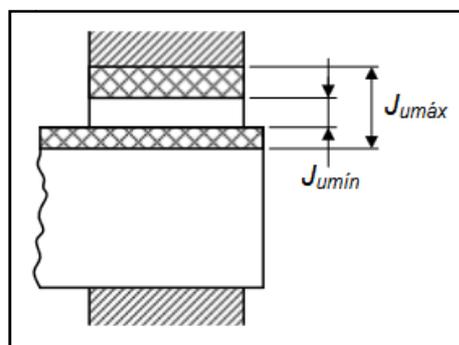
El ajuste oscilara entre dos valores extremos que serán:

- Juego mínimo (J_{min}). Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Obtenemos apriete, dado que la diferencia es positiva.

$$J_{min} = D_{min} - d_{max} = 7,605 - 7,5 = 0,105 \text{ mm} = 105 \mu\text{m}$$

- Juego maximo (J_{max}). Es la diferencia entre la medida maximo del agujero y la medida minima del eje. Obtenemos juego, dado que la diferencia es positiva.

$$J_{max} = D_{max} - d_{min} = 7,614 - 7,491 = 0,123 \text{ mm} = 129 \mu\text{m}$$



Material de Fabricación

La placa extractor-guía se fabrica en acero suave en las matrices de guía fija o en las matrices cuyo número de piezas a cortar no sea muy elevado. En las matrices de guía flotante o con pisador, esta placa se fabrica en acero indeformable al temple, con tratamiento térmico, en el caso de tener que cortar determinados tipos de material o un elevado número de piezas.

Materiales más aconsejables para su construcción:

- 1.1730 (F-114) o 1.2842 (F-522). Para placas de tamaño pequeño.
- 1.1730 (F-114) o 1.1158 (F-112). Para placas de tamaño mediano.
- 1.1158 (F-112) o Fundición. Para placas de tamaño grande.

Dado que se trata de una placa de un tamaño reducido se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero no aleado, muy económico y universal, de medio-alto porcentaje de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70-90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Tratamientos Térmicos		
Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido Blando	670 - 710	0,15 - 0,40
Recocido Globular	710 °C / 6 Horas 670 °C / 8 Horas	10 °C / Hora (Hasta 650 °C)
Temple	840 - 860	Agua o Aceite
Revenido	500 - 650	Aire

Como hemos señalado anteriormente, esta matriz será diseñada para producciones elevadas por lo que se decidirá aplicar el tratamiento térmico una vez se mecanice la placa, será necesario un rectificado posterior.

Para su tratamiento térmico se efectuara en primer lugar el proceso de temple que se comenzara con un calentamiento previo de 650 °C, seguido de un proceso de austenización a 840-860 °C y su posterior enfriamiento para obtener una dureza de 60-62 HRc..

Mecanizado

El mecanizado de la placa pisador se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm en todas sus caras. Este excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de sus caras.

El mecanizado de la placa pisador se realiza de la siguiente forma:

1. Corte de material.
2. Limpieza y de escuadrado de caras.
3. Punteado y taladrado agujeros.
4. Mecanizado de alojamientos para punzones.
5. Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
6. Mandrinado y roscado de agujeros.
7. Tratamiento Térmico.
8. Rectificado de caras de apoyo.

Acabados y Tolerancias

Existen varias disposiciones sobre la construcción de las placas pisadoras, puesto que estos elementos no tienen una normativa de carácter universal capaz de ser válida para todo tipo de matriz. Cada situación requiere su propia valoración y en función de ello se ha de diseñar y dimensionar la placa.

Medidas y tolerancias de acabado:

- Paralelismo de ≤ 0.005 mm entre caras.
- Planitud de ≤ 0.005 mm por 100 mm en la cara de pisado.
- Perpendicularidad de ≤ 0.005 mm entre la cara de pisado y punzones.
- Ajuste G7/h6 para guía y punzones.
- Fuerza de extracción entre 7 y 10% de la fuerza de corte.

Fijación en la Matriz

Como se puede observar en la imagen de la derecha, el montaje del conjunto formado por la placa pisador y la placa intermedia se realizara sobre la placa portapunzones, alojando en su interior los punzones de corte.

Para fijar y permitir el movimiento o desplazamiento de la placa intermedia en uno de sus ejes se optara por colocar cuatro tornillos limites que ajustaran la posición de aproximación de la placa pisador, para dimensionar la longitud de los tornillos limites se debe tener en cuenta la longitud de los resortes empleados y la profundidad de la caja de la placa base superior.

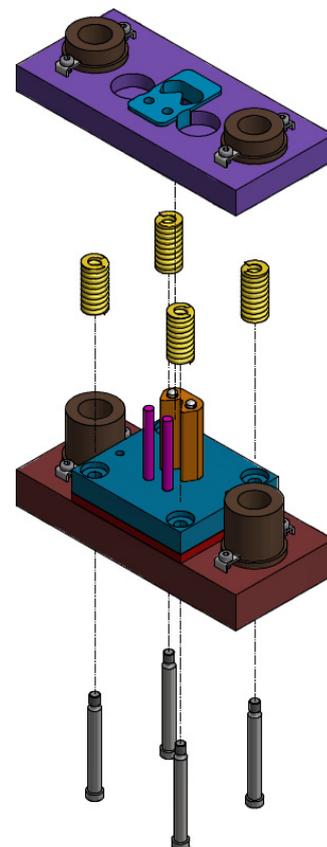
Para obtener la presión que debe ejercer la placa pisadora sobre la banda, se colocaran los resortes correspondientes para que retorne a su posición de reposo. El resorte siempre queda guiado mediante el tornillo limitador que sujetara la placa intermedia desde la placa base superior.

Hemos calculado anteriormente el juego existente entre los punzones y la placa pisador con un ajuste G7/h6, obteniendo una holgura de 0,1 mm, por lo que una vez montado tendremos una holgura entre ambos elementos de 0,05 mm por todo su perímetro. Teniendo esto en cuenta, al realizar el montaje deberemos verificar que el ajuste es correcto, comprobando que la placa intermedia está alineada y no se encuentra inclinada por una descompensación de la presión que ejercen los resortes sobre la placa intermedia.

Las características técnicas del tornillo limite son las siguientes:

Tornillo Limite - M8 x 70 - ISO 4762

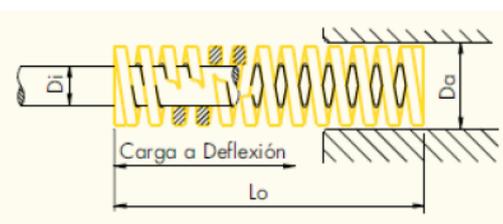
Dimensiones	
d ₁	10
d ₂	M8
d ₃	16 mm
l ₁	70 mm
l ₂	13 mm
l ₃	7 mm



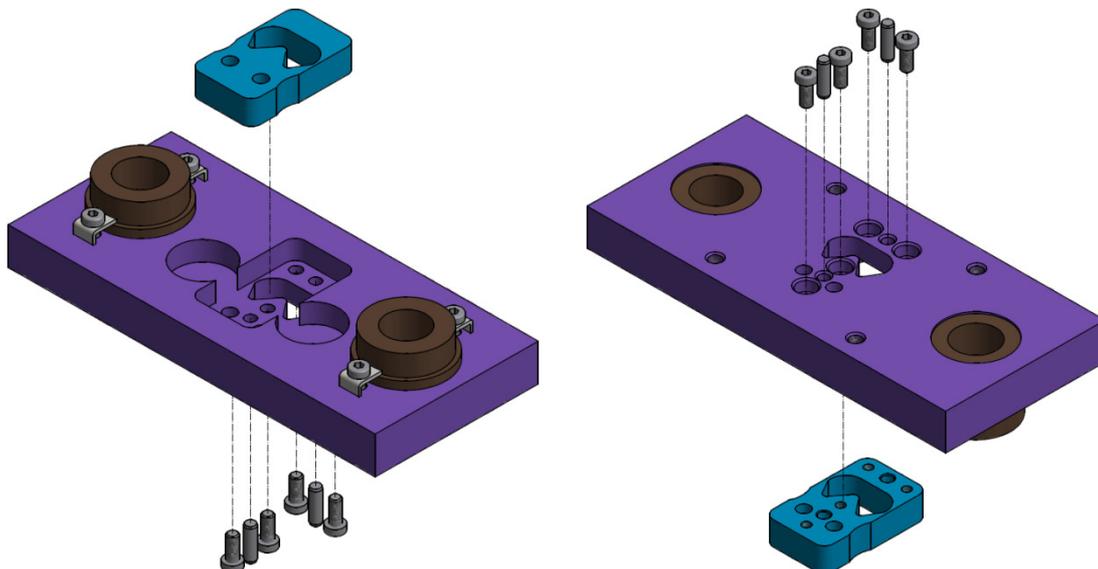
Las características técnicas del resorte son las siguientes:

Resorte de la Serie G (Amarillo) - Carga Extrafuerte - Ø20 x 44

Dimensiones	
Diámetro del Orificio	20 mm
Diámetro de Varilla	10 mm
Longitud	44 mm
Rigidez	149 N/mm
Deflexión 25%	1639 N → 11 mm
Deflexión Máxima	2012 N → 13,5 mm



En las siguientes imágenes se muestra el montaje de la placa extractor-guía sobre la placa intermedia:



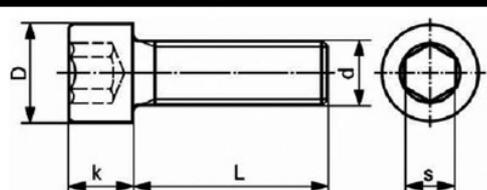
El montaje de la placa pisadora se realizara sobre una cajera mecanizada en la placa intermedia que registrara la posición de la placa pisadora. Para evitar posibles movimientos o desplazamientos de la placa extractor-guía se optara por colocar dos pasadores que ajustaran la posición y cuatro tornillos que la fijaran, con lo que conseguiremos:

- Guiar correctamente los punzones, evitando su posible pando.
- Mantener plana la banda antes, durante y después de efectuar el proceso de corte.

Las características técnicas de los elementos de fijación son las siguientes:

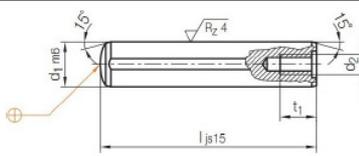
Tornillo Allen - M6 x 14 - ISO 4762 - 8.8

Dimensiones	
d	M6
D	10 mm
k	6 mm
s	5 mm
L	14 mm



Pasador Cilíndrico - Ø6 x 20 - ISO 8735

Dimensiones	
d_1	6 mm
d_2	M4
t_1	6 mm
l	20 mm



7.5. PLACA PORTAPUNZONES

La placa portapunzones es un componente de la parte móvil de la matriz que lleva alojadas los punzones, de forma que se desplazan solidarios a la misma según el movimiento rectilíneo alternativo de trabajo que describe la máquina. Se construye en acero suave y no lleva tratamiento térmico.

Existen diversos métodos de anclaje y posicionado de los punzones en la placa. Los principales condicionantes 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.

Debe ser descartado cualquier método incapaz de asegurar con eficacia la inmovilidad de los punzones en sus alojamientos. Algunos sistemas de anclaje de fácil y rápida ejecución, mediante tornillos o prisioneros, representan en ocasiones verdaderos quebrantos para los utillajes, por cuanto a su facilidad de desprendimiento de su propio alojamiento y también por su deficiente alineación respecto a los distintos elementos del utillaje.

Dimensiones

En principio, podemos decir que el porta punzones no tiene unas medidas estándares a las que debemos construirlo. Sus medidas dependen de la cantidad y tamaño de punzones que deba alojar y en general sus medidas exteriores acostumbran a ser las mismas de la placa matriz y la placa pisadora.

El espesor de la placa portapunzones depende de la longitud de los punzones, adoptándose los siguientes valores:

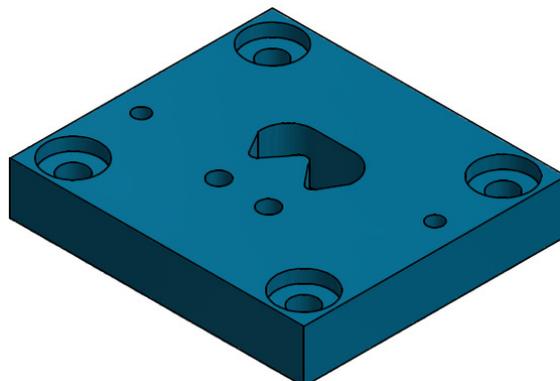
$$e_{portapunzones} = 0,25 \cdot l_{punzones}$$

Siendo:

- $e_{portapunzones}$ → El espesor de la placa portapunzones (mm).
- $l_{punzones}$ → La longitud de los punzones (mm).

Si la longitud de los punzones para la fabricación por estampación es de 78 mm obtenemos:

$$e_{portapunzones} = 0,25 \cdot l_{punzones} = 0,25 \cdot 78 = 19,5 \text{ mm}$$



Para obtener un mayor margen de seguridad en el pisado de la banda aumentaremos ligeramente el espesor obtenido en el cálculo.

Respecto al ajuste que deben tener los punzones dentro de sus alojamientos en la placa portapunzones, existe un punto de discusión según el cual, en opinión de algunos matriceros, es conveniente que estos punzones entren ajustados a golpe de maza en sus respectivos alojamientos.

Otro criterio recomienda un ajuste deslizante o, incluso, una ligera holgura, para evitar y corregir posibles agarrotamientos debidos a la mala alineación de los agujeros en que se hallan alojados los punzones. Se recomienda esta última opción, utilizada por la mayoría, excepto en los casos de anclaje de punzones de mayor tamaño, que se sujetan mediante tornillos a la base superior. Por ello el ajuste H7/h6 que se aplicara entre ambos elementos será un ajuste de posicionamiento con juego, proporciona cierto apriete, es adecuado para posicionar piezas estacionarias, pero pueden montarse y desmontarse fácilmente.

A continuación mostramos el ajuste que obtenemos al aplicar las dos medidas límites para cada uno de los elementos, según norma ISO 286, tomando como referencia el punzón de 7,5 mm, siendo estas:

- Punzón - 7,5h6:
 - Medida Máxima (d_{max}): 7,5 mm.
 - Medida Mínima (d_{min}): 7,491 mm.
- Agujero - 7,5H7:
 - Medida Máxima (D_{max}): 7,515 mm.
 - Medida Mínima (D_{min}): 7,5 mm.

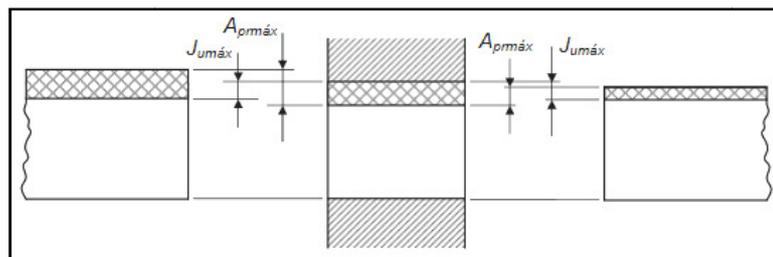
El ajuste oscilará entre dos valores extremos que serán:

- Juego mínimo (J_{min}). Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Obtenemos un ajuste de interferencia, dado que la diferencia es nula.

$$J_{min} = D_{min} - d_{max} = 7,5 - 7,5 = 0 \text{ mm} = 0 \mu\text{m}$$

- Juego máximo (J_{max}). Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje. Obtenemos juego, dado que la diferencia es positiva.

$$J_{max} = D_{max} - d_{min} = 7,515 - 7,491 = 0,024 \text{ mm} = 24 \mu\text{m}$$



Material de Fabricación

El material empleado para la construcción de los portapunzones es el acero suave al carbono. Cuando deseemos que los punzones vayan ajustados con apriete y en consecuencia con exactitud y rigidez, nos interesa más construirla en acero de más resistencia y tenacidad, tal como el acero semiduro.

Pese a la gran exactitud que han de tener los vaciados donde se han de alojar los punzones, así como un buen control geométrico y dimensional, el porta punzones nunca se somete a tratamiento térmico de temple y revenido, pues, en ningún caso ha de soportar desgaste por rozamiento o fatiga.

Desarrollo

Los materiales más adecuados son:

- 1.1730 (F-114) / 1.2842 (F-522). Para placas de tamaño pequeño.
- 1.1158 (F-112). Para placas de tamaño mediano.
- 1.1141 (F-111). Para placas de tamaño grande.

Dado que se trata de una placa de un tamaño reducido se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero no aleado, muy económico y universal, de medio-alto porcentaje de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70-90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Para una correcta selección del material con el que construir el porta punzones, también son importantes otros aspectos, como por ejemplo:

- Producción de la matriz.
- Tamaño de la matriz.
- Tamaño de punzones.
- Dificultad de mantenimiento.
- Dificultad de mecanizado.
- Peso de las placas.

Mecanizado

Dado que los punzones van holgados en la placa pisador, el alojamiento de los punzones los realizaremos con un ajuste de H7/h6 en el portapunzones. En este caso se exige un buen ajuste y guiado de los punzones en la propia placa portapunzones, no se requerirá de ningún tipo de acabado especial.

El mecanizado se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de 3 a 5 mm aprox. en todas sus caras. Este excedente ha de servir para su posterior limpieza y escuadrado de todas sus caras.

El mecanizado del portapunzones se realiza de la siguiente forma:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de figuras.
4. Erosionado de alojamientos (penetración o hilo).
5. Mandrinado y roscado de agujeros.
6. Rectificado de caras.
7. Montaje de componentes.

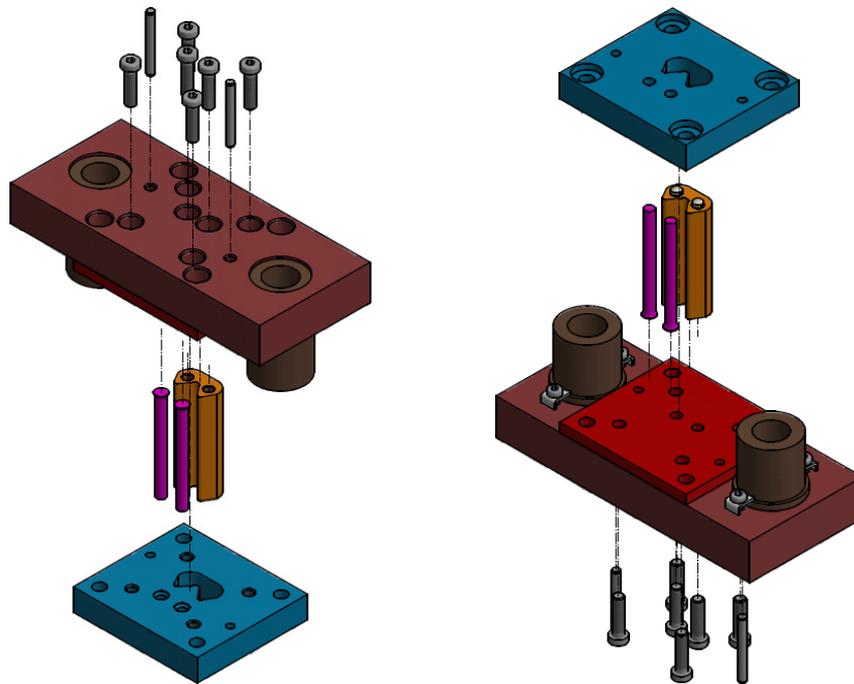
Acabados y Tolerancias

Las características de acabado son:

- Planitud de ≤ 0.005 mm por 100 mm en las caras de apoyo.
- Paralelismo de ≤ 0.005 mm entre las dos caras.
- Perpendicularidad de ≤ 0.005 mm entre los punzones y la cara de apoyo.
- Ajuste H7/h6 entre placa y punzones.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje de la placa portapunzones:



El montaje de la placa portapunzones se realizara sobre la sufridera, previamente habiendo alojado en su interior los punzones. La fijación y posicionamiento del portapunzones a la base superior se hace por medio de tornillos y pasadores, teniendo especial cuidado en guardar un total paralelismo y perpendicularidad entre los punzones y sus respectivos alojamientos en la placa matriz.

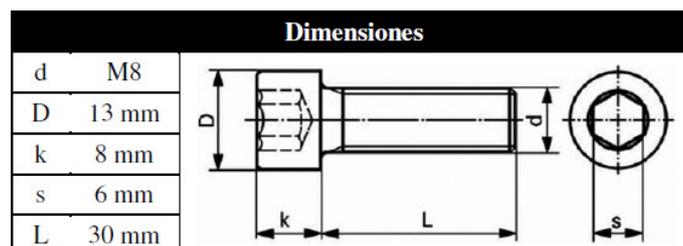
La cantidad y diámetro de los tornillos con que sujetamos la placa depende de las dimensiones de la misma y de las fuerzas de extracción a que este sometida durante el conformado.

En el amarre de esta placa es muy utilizada la fijación superior, es decir, cuando los tornillos van de arriba para abajo, roscados a la propia placa portapunzones, de esta manera cuando deseemos desmontar la placa tendremos más facilidad de maniobra. Además así evitaremos averías con respecto a la posible caída de la tornillería sobre el resto de los componentes que componen la matriz.

Para evitar posibles movimientos o desplazamientos de la placa portapunzones se optara por colocar dos pasadores que ajustaran la posición y cuatro tornillos que la fijaran.

Las características técnicas de los elementos de fijación son las siguientes:

Tornillo Allen - M8 x 30 - ISO 4762 - 8.8



Pasador Cilíndrico - Ø6 x 20 - ISO 8735

Dimensiones	
d ₁	6 mm
d ₂	M4
t ₁	6 mm
l	50 mm

7.6. SUFRIDERA O PLACA DE APOYO

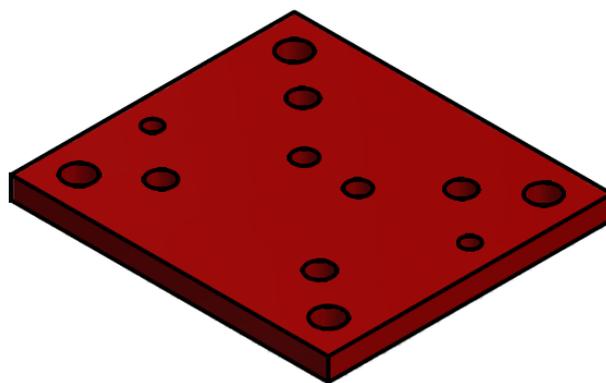
Esta placa se utiliza como apoyo para evitar el recalado o clavado de los punzones en la placa base superior, o también para evitar el hundimiento de los casquillos de corte u otros insertos postizos de una matriz en la placa base inferior. Cabe recordar que las bases se fabrican generalmente en acero suave o en fundición y que, por lo tanto, son elementos de resistencia limitada para soportar el esfuerzo de choque que se produce durante el matizado de la chapa.

La sufridera se construye en acero indeformable al temple y lleva tratamiento térmico. Su aplicación es imprescindible en matrices cuyos procesos productivos sean de tirada mediana o larga, aunque constituye un elemento opcional en los utillajes destinados a la producción de pequeñas series o al matizado de materiales blandos.

Dimensiones

No existe una fórmula válida para calcular el espesor de la placa sufridera. Por regla general, se utilizan placas de acero de espesores comprendidos entre los 8 y los 16 mm. El tamaño de la placa y su resistencia a la deformación en cierta forma, dictan el espesor de material a utilizar; no obstante, debe descartarse la idea de fabricar la placa sufridera en chapa o pletina de acero de poco espesor, pues el impacto característico de cualquier operación de matizado provocaría rápidamente su rotura, mas aun teniendo en cuenta su fragilidad, por tratarse de un acero templado.

Igualmente hay que rechazar el concepto de construir pastillas postizas, a modo de sufridera, cuya superficie sea ligeramente superior a la del punzón a apoyar. La experiencia demuestra que, por la poca base que poseen, acaban definitivamente cediendo de manera similar a los punzones.



Material de Fabricación

El requisito imprescindible en todas las placas sufrideras es que estas estén construidas con un material lo más tenaz posible o bien que estén templadas para resistir los impactos mencionados.

Los materiales y tratamientos más apropiados son:

- 1.2842 (F-522) (Temp. y Revenido HRc.56- 58). Para tamaños pequeños.
- 1.2550 (F-524) (Temp. y Revenido HRc.56- 58). Para tamaños medianos.
- 1.1730 (F-114) (Bonificado). Para tamaños grandes.

Considerando que las sufrideras de gran tamaño puedan deformarse, es aconsejable que el tratamiento térmico a baja dureza se realice antes de su mecanización con el fin de evitar las deformaciones posteriores del temple y el necesario rectificado posterior.

Dado que se trata de una placa de un tamaño reducido se decidirá elegir un acero 1.2842 (F522), que consiste en un acero semiduro de máximas prestaciones mecánicas, que aleados al Cromo, Níquel, Molibdeno y Vanadio nos ofrecen elevadas resistencias mecánicas. Es adecuado para la fabricación de herramientas que trabajen por corte, choque, fatiga o desgaste tales como matrices, punzones y útiles.

Es un acero alto en manganeso ($Mn = 2,00\%$), de baja aleación; con buena resistencia de corte, aceptable templabilidad y buena estabilidad de medidas en el tratamiento térmico.

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química								
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Pb	Otros
0,90	2,00	0,25	0,40	-	-	0,10	-	-

Tratamientos Térmicos		
Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido	745 - 775	Aire
Temple	760 - 820	Aceite
Revenido	175 - 265	Aire

Para su tratamiento térmico se efectuara en primer lugar el proceso de temple que se comenzara con un calentamiento previo de 650°C , seguido de un proceso de austenización a 800°C y su posterior enfriamiento en aceite, por último se realizara un doble proceso de revenido a 200°C para obtener una dureza de 60-62 HRc.

Mecanizado

El mecanizado de las placas sufrideras se realiza partiendo de material en bruto el cual lleva un excedente de unos 5 mm aprox. para limpiar posteriormente.

El mecanizado se realiza de la siguiente forma:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de posibles figuras.
4. Templado y revenido.
5. Rectificado de caras.

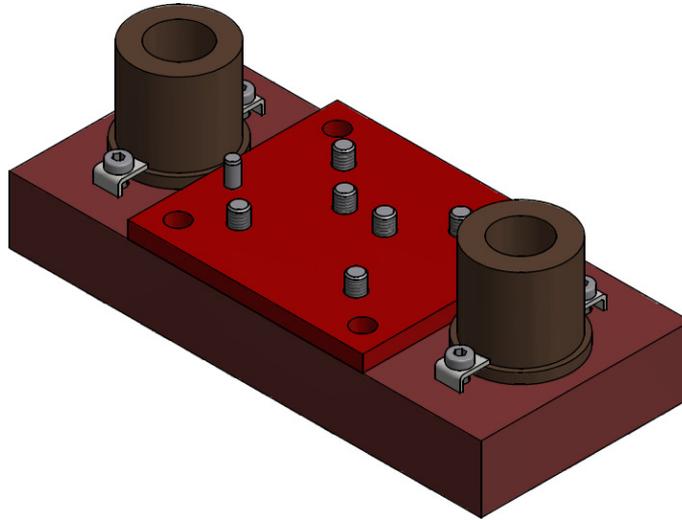
Acabados y Tolerancias

Las características de acabado son:

- Paralelismo de ≤ 0.005 mm entre caras.
- Planitud de ≤ 0.005 mm x 100 mm de sus caras.
- Medidas exteriores generosas.
- Espesor entre 8 y 18 mm.
- Rectificado de las caras de apoyo.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje de la placa portapunzones:



El montaje de la sufridera se realizara sobre la placa base superior. El posicionamiento de la sufridera se realiza a través de los elementos de fijación de la placa portapunzones a la base superior.

7.7. 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 optimo de los punzones, es preciso que sus extremos estén perfectamente afilados, sin melladuras ni cantos romos. Los punzones se fabrican normalmente en acero templado, aunque en determinados casos pueden ser utilizados materiales de mayor dureza.

Por norma general, la arista de corte de los punzones está formada por el plano longitudinal del punzón y por su plano de corte, habiendo entre ambos planos un ángulo de 90° . No obstante, existe la posibilidad de reducir considerablemente el esfuerzo de cizalladura afilando el plano de corte de tal manera que no forme una perpendicular a la pared del punzón. Así, durante su penetración en la chapa, el corte se realiza de manera progresiva, con lo cual la incidencia del filo del punzón en el material cortado es mucho más suave.

Aun así, cabe observar que el recorte obtenido adopta la forma del plano de corte del punzón, a modo de estampado, debido al esfuerzo que ejerce sobre el material antes de producirse el mismo corte. En consecuencia, hay que descartar estas clases de afilado si la sección del punzón corresponde al perímetro de la pieza y no al perímetro del recorte o pipa.

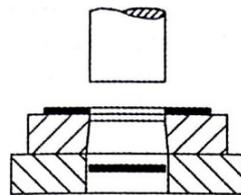
Las operaciones de corte y punzonado cuyos punzones no estén afilados según un plano perpendicular a su eje deberán realizarse siempre con la chapa pisada, para evitar su deformación o cualquier movimiento fortuito durante el proceso.

Su diseño y construcción tendrán que reunir las mejores condiciones de calidad y acabados para facilitar las transformaciones y la propia vida de la matriz. El perfil de los punzones cortantes que lleve la matriz siempre serán igual a la geometría de las piezas que han de fabricar, pero tanto en estos como en los de doblar o embutir deberán dimensionarse de forma apropiada a las características de su trabajo.

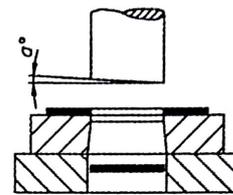
Las características más importantes son:

- Buena sujeción y posicionamiento en la matriz.
- Dimensionado acorde a las fuerzas a que está sometido.
- Buenos materiales de construcción.
- Adecuados tratamientos térmicos.
- Buenos acabados.

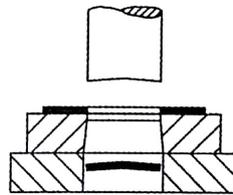
A continuación se muestran diversas formas de afilado de punzones donde puede verse también la deformación sufrida por el recorte como consecuencia de la presión ejercida durante el proceso:



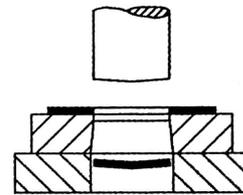
Corte Plano



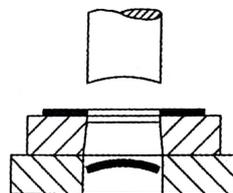
Corte de Tijera



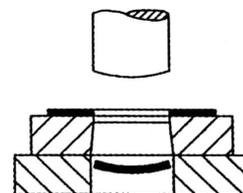
Corte de Tijera Doble



Corte de Tijera Doble Invertida



Corte Cóncavo



Corte Convexo

Como sucede en la construcción de matrices de corte, la forma compleja o comprometida del perímetro a cortar nos puede aconsejar la construcción de punzones en varias partes o piezas, ajustadas entre sí. Sin embargo, y por razones obvias, el uso generalizado de la electroerosión por hilo como método de fabricación de los elementos activos de un utillaje ha propiciado que esta práctica haya quedado hoy día en desuso.

La longitud de los punzones estará condicionada en cierto modo a las dimensiones del utillaje y a los recorridos de la prensa, siendo comunes para matrices de pequeño y mediano tamaño unas longitudes que oscilan entre 70 y 100 mm. En el caso de tener que punzonar o cortar figuras cuyas medidas sean mínimas en relación al espesor a cortar, conviene recordar que, para el caso de punzones cilíndricos:

$$\phi_{\text{punzon}} \geq 1,2 \cdot e$$

Siendo:

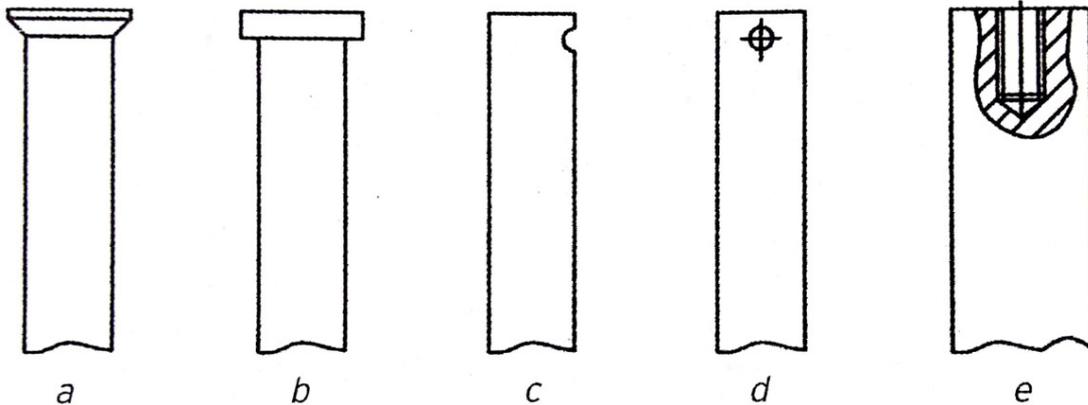
- e → El espesor de la chapa (mm).

En nuestro caso, el punzón que tiene el diámetro mínimo de corte es de 7,5 mm. Por lo que cumplimos muy por encima con la relación entre el espesor de la chapa y el diámetro de corte:

$$\varnothing_{\text{punzon}} = 7,5 \text{ mm} \geq 1,2 \cdot e = 2,4 \text{ mm}$$

En función del sistema de anclaje y de cambio de los punzones, su "cabeza" o terminación de la parte superior se puede construir de diversas formas:

1. Con cabeza, cuya sección longitudinal puede ser cónica (a) o cilíndrica (b). A su vez, dicha cabeza puede ser mecanizada o recalcada. Debe evitarse esta última, pues la compresión de las fibras a que se somete el material del punzón para efectuar el recalcado daña profundamente la estructura del acero, pudiendo acabar con fisuras y con pequeñas melladuras. En el caso de punzones cuya caña tenga la sección cilíndrica, y para mantener la posición correcta de los mismos, se hace imprescindible el uso de chavetas antigiro o de tornillos prisioneros.
2. Con taladros (c) o muescas transversales (d), introduciendo chavetas o pasadores en los mismos. Una variante de este sistema permite el cambio rápido de los punzones, mediante un sistema formado por una bola y un muelle.
3. Con agujeros ciegos roscados (e), sujetando los punzones con tornillos a la base superior.



En determinados trabajos con un único punzón, se suele mecanizar en el extremo opuesto al corte una especie de espiga de fijación. Este vástago se sujeta a la parte móvil de la máquina mediante un "vaso" o mango de sujeción dotado de uno o dos tornillos transversales que aprietan sobre la pared lateral de dicho vástago. Este sistema de fijación se desaconseja encarecidamente porque al apretar los tornillos, el eje del punzón pierde su perpendicularidad con el plano de trabajo, dando lugar a una desalineación de los elementos que frecuentemente acaba con desgastes por rozadura o roturas por interferencia de los filos del punzón y de la matriz, debido a las holguras de la máquina.

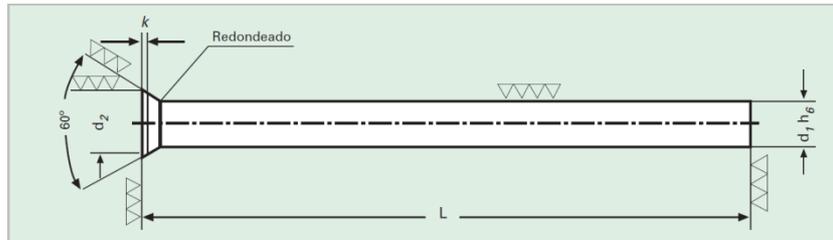
Dimensiones

A la hora de dimensionar nuestros punzones debemos tener en cuenta que en un apartado anterior determinamos que tolerancias o franquicias de corte debían aplicarse a cada uno de los punzones para ajustar su perímetro de corte. Por lo que solo tendremos que tener en cuenta la elección de su longitud.

Punzón Agujero Interior

Para el punzonado interior de los agujeros de diámetro 7,5 mm debe tenerse en cuenta que el punzón conserva el diámetro nominal. A continuación se muestran las dimensiones disponibles de un catalogo de elementos normalizados de matriceria de la marca *CYEM*, en el cual se nos muestra lo siguiente:

Punzón Cabeza Cónica Tipo D - DIN 9861- Ø7,5 x 80



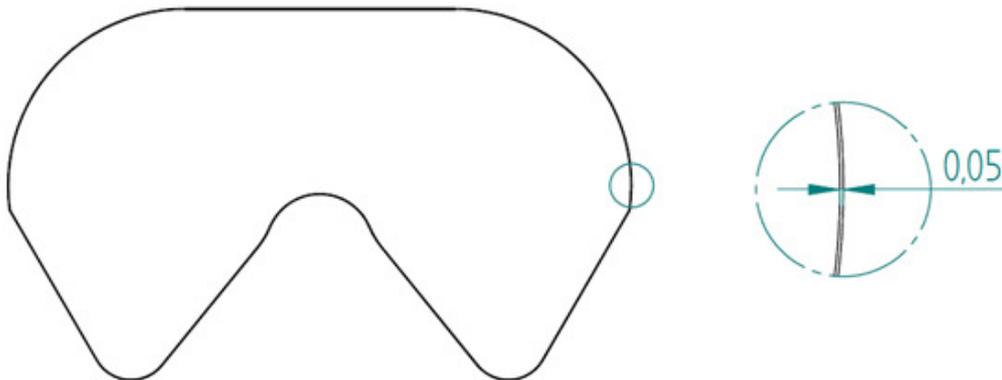
Modelo: Modelo D para perforar según DIN 9861		
Material:	Dureza	
	Vástago	Cabeza
WS (U-13)	62±2 HRC	50±5 HRC
HWS (12%CR)	62±2 HRC	50±5 HRC
HSS	64±2 HRC	50±5 HRC

d1 h6	d2 ±0,1	K+0,2	L			
			(1) 71	(2) 80	(3) 100	(4) 130
7,5 - 8,4	10,0	1,0	•	•	•	•

Punzón Eslabón

Para el punzonado del perímetro exterior del eslabón, la matriz deberá tener la medida nominal y restaremos el valor de la franquicia al punzón. Por lo que aplicaremos por todo su perímetro:

$$D_{punzon} = D_{nominal} - F$$



Material de Fabricación

Ambos punzones serán mecanizados con un acero 1.2842 (F522), que consiste en un acero semiduro de máximas prestaciones mecánicas, que aleados al Cromo, Níquel, Molibdeno y Vanadio nos ofrecen elevadas resistencias mecánicas. Es adecuado para la fabricación de herramientas que trabajen por corte, choque, fatiga o desgaste tales como matrices, punzones y útiles.

Es un acero alto en manganeso (Mn = 2,00%), de baja aleación; con buena resistencia de corte, aceptable templabilidad y buena estabilidad de medidas en el tratamiento térmico.

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química								
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Pb	Otros
0,90	2,00	0,25	0,40	-	-	0,10	-	-

Tratamientos Térmicos		
Tratamiento	Temperatura	Enfriamiento
Recocido	745 - 775	Aire
Temple	760 - 820	Aceite
Revenido	175 - 265	Aire

Para su tratamiento térmico se efectuara en primer lugar el proceso de temple que se comenzara con un calentamiento previo de 650°C, seguido de un proceso de austenización a 800 °C y su posterior enfriamiento en aceite, por último se realizara un doble proceso de revenido a 200 °C para obtener una dureza de 60 -64 HRc.

Mecanizado

El mecanizado del punzón eslabón se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de unos 5 mm aprox. en todas sus caras. En el caso de la placa matriz, una vez limpias y escuadradas sus caras se procederá al mecanizado de la figura.

Mecanizado de la placa matriz o cajera:

1. Limpieza y escuadrado de caras.
2. Punteado y taladrado de agujeros.
3. Mecanizado de la figura.
4. Roscado de agujeros.
5. Rectificado de caras.
6. Montaje y ajuste de segmentos

Acabados y Tolerancias

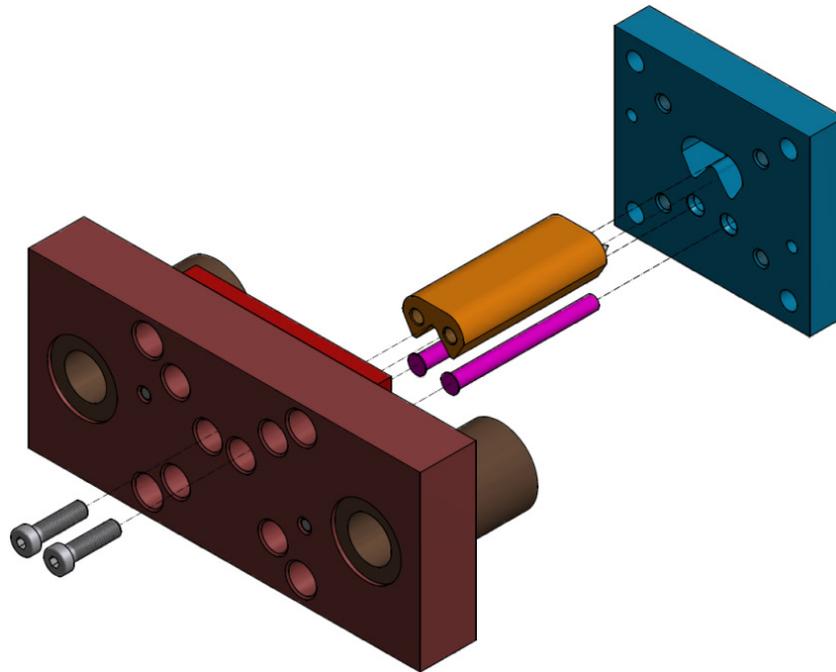
Existen varias disposiciones sobre la construcción de los punzones, puesto que estos elementos no tienen una normativa de carácter universal capaz de ser válida para todo tipo de matriz. Cada situación requiere su propia valoración y en función de ello se han de diseñar y dimensionar los punzones.

Medidas y tolerancias de acabado:

- Tolerancia dimensional en cabeza de alojamiento h6.
- Tolerancia dimensional $\pm 0,01$ mm en el perímetro de corte.
- Tolerancia dimensional de $\pm 0,01$ mm en la largura de cabeza de apoyo.
- Tolerancia dimensional de $\pm 0,05$ mm en la longitud total del punzón.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje de los punzones:



Como podemos observar en la imagen los punzones de ambos agujeros interiores se alojara en el portapunzones sin ningún tipo de elemento de fijación, ya que su cabeza cónica tendrá contacto con los agujeros avellanados para tal efecto en el portapunzones y apoyara en la sufridera.

El punzón eslabón se alojara en el portapunzones, se optara por colocar dos tornillos que fijaran su posición y lo harán apoyar sobre la sufridera.

Las características técnicas del tornillo son las siguientes:

Tornillo Allen - M8 x 50 - ISO 4762 - 8.8

Dimensiones	
d	M8
D	13 mm
k	8 mm
s	6 mm
L	30 mm

7.8. TOPES LIMITADORES DE CIERRE

Consisten en unos prismas o cilindros de acero, enclavados mediante tornillos sobre alguna de las placas del útil, cuya misión es limitar el recorrido de la matriz durante el ciclo de trabajo. De ese modo, se evita que los elementos activos de la parte móvil del utillaje bajen más de lo debido en el momento del cierre.

Aunque en las matrices de corte no se utilizan demasiado, excepto en los procesos de recalado y también en corte interrumpido, los topes limitadores son elementos que resultan imprescindibles en las matrices que ejecutan operaciones de doblado, embutición u otras operaciones de recorrido limitado.

Dimensiones

Las dimensiones de los topes limitadores se proyectan en base al rango de trabajo de la matriz, ajustándose aproximadamente a la altura de corte de los punzones. Hemos de tener en cuenta que en el caso de que la regulación de la prensa se realice por debajo del rango de trabajo se produciría un impacto entre dos o más elementos fijos de la matriz que derivarían en el desgaste excesivo o incluso rotura de los elementos que componen la matriz, gracias al posicionamiento de los topes limitadores esta situación puede ser minimizada o anulada.

Otro servicio que nos puede ofrecer el limitador, es el de asiento de la parte superior o del troquel sobre la inferior, impidiendo que los punzones penetren considerablemente en las cavidades matrices cuando el útil se encuentre en reposo en las estanterías.

La forma con que podemos proyectar y construir los limitadores es muy diversa, aunque en cada caso debemos tener en cuenta el espacio y el diseño del útil afectado. En el diseño de fabricación de nuestros topes limitadores hemos optado por la opción más sencilla, que consistirá en el montaje de cuatro limitadores cilíndricos posicionados alrededor de las columnas guías y apoyados en la superficie de la placa base inferior. Hemos de comentar que esta opción es válida ya que nuestra matriz es de un tamaño pequeño en el que solo intervienen dos operaciones de corte para la obtención de la pieza final.



Material de Fabricación

Los materiales más adecuados para su construcción son:

- 1.1730 (F-114). Topes limitadores de tamaño pequeño.
- 1.2842 (F-522). Topes limitadores de tamaño grande.

Como se trata de unos topes limitadores de pequeñas dimensiones se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero semiduro. Acero muy económico y universal, con un contenido medio de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70 - 90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Mecanizado

No se exige una gran calidad superficial en el mecanizado de los limitadores. Únicamente hemos de tener en cuenta que el paralelismo de las superficies superior e inferior ha de ser correcto para no obstaculizar la perfecta correspondencia de los punzones en la placa matriz.

En casi todos los casos, el mecanizado de los topes limitadores se realiza partiendo de material en bruto con un excedente de 5 mm aprox. en todas sus caras. Este excedente ha de servir para su limpieza y ajuste en máquina herramienta.

El mecanizado de los topes limitadores se realiza de la siguiente forma:

1. Corte de material.
2. Limpieza de impurezas.
3. Mecanizado de agujeros.
4. Rebajes.
5. Rectificado y montaje.

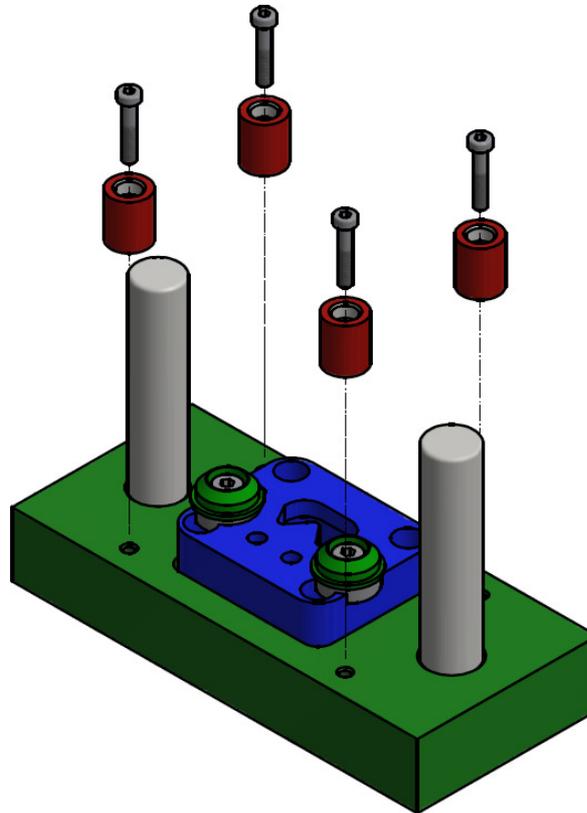
Acabados y Tolerancias

Las características de acabado son:

- Tolerancia de ≤ 0.02 mm de paralelismo entre las caras de apoyo.
- Planitud de las superficies de apoyo de ≤ 0.02 mm por 100 mm de longitud.
- Diámetro y altura adecuado a la función que deba realizar.
- Material con buena resistencia a la compresión.

Fijación en la Matriz

A continuación se muestra una imagen del montaje de los topes limitadores de cierre:

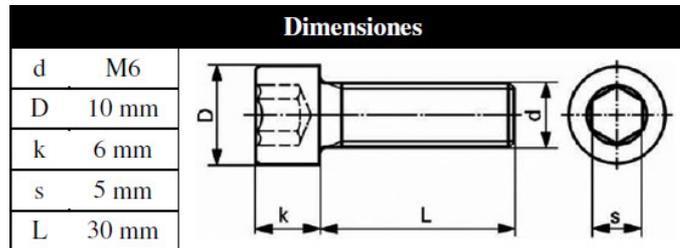


El montaje de los topes limitadores se realiza sobre la placa base inferior, se colocara cada uno de los rodets sobre un rodamiento de bolas que permitirá el movimiento de rotación de las rodets durante los ciclos de trabajo de la matriz, con lo que conseguiremos:

El montaje de los topes limitadores se realizara sobre la placa base inferior y su posicionamiento alrededor de las columnas guías, para evitar su desplazamiento, optaremos por colocar un tornillo que fija la posición de cada uno de los topes limitadores.

Las características técnicas del tornillo son las siguientes:

Tornillo Allen - M6 x 30 - ISO 4762 - 8.8

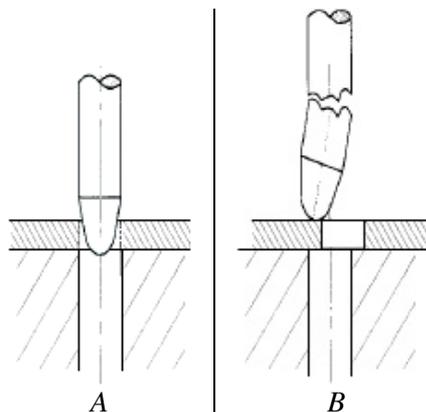


7.9. PILOTOS CENTRADORES

Consisten en unos punzones cuyo extremo ha sido rectificadado en forma cónica o en forma de ojiva. Estos pilotos, situados convenientemente sobre el útil, permiten, en los momentos previos al matizado, el centrado del fleje o de la chapa según la posición deseada. Los pilotos centradores son de mayor longitud que los punzones de corte del utillaje y suelen ser de uso generalizado en las matrices progresivas, para marcar el paso o avance del fleje, y también en el procesado de piezas que previamente han sufrido alguna operación de punzonado.

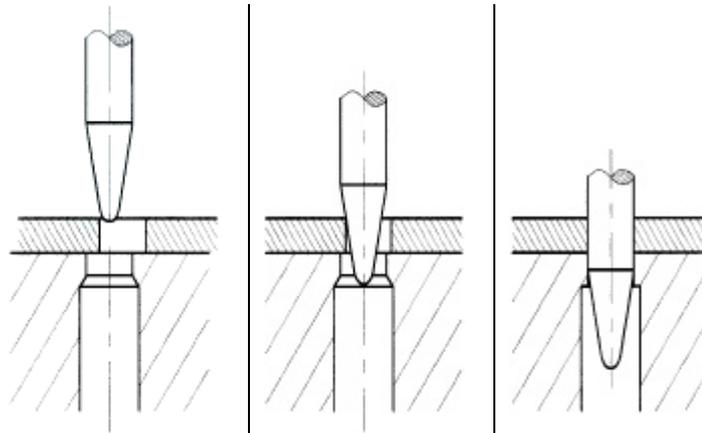
Los centradores, con su punta cónica, tienen como objetivo embocar en los agujeros de la chapa y centrarla antes de que lo hagan el resto de punzones (figura A), de ésta forma se mantiene alineada la tira de chapa antes de su transformación. Para conseguirlo, deben hacerse dos o más agujeros al inicio de la tira que posteriormente servirán para pilotarla a lo largo de la matriz.

Generalmente, estos pilotos centradores van montados en el porta punzones y necesariamente deben sobresalir más que la cara inferior de la placa pisadora, esto último es imprescindible para asegurar que la chapa queda centrada antes de que actúen los punzones. Si los centradores no actúan (figura B) la banda no irá a su sitio, lo que puede producir una deformación de la banda e incluso la rotura del piloto.



Si los agujeros de referencia hechos previamente en la chapa son muy pequeños y en consecuencia requieren unos centradores también muy pequeños, habrá que sopesar la posibilidad de hacer los pilotos ligeramente mechados, o bien escamoteables mediante muelles. De ésta forma se podrá evitar su rotura y los daños colaterales que pudieran ocasionar.

En la siguiente imagen vemos el proceso correcto de centrado de banda mediante punzones o pilotos centradores.



Dimensiones

Las características dimensionales más importantes son:

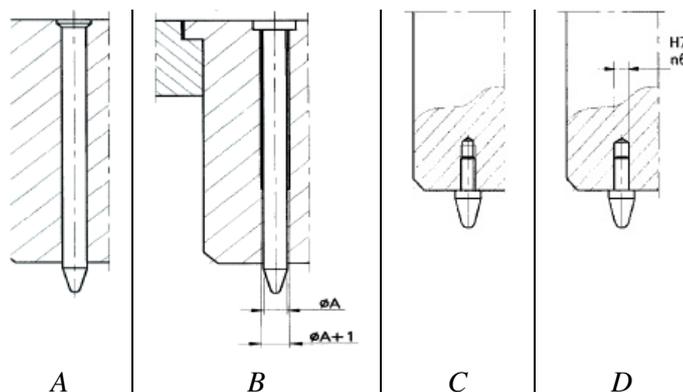
- Medidas exteriores: -0.05 a 0.1 mm menores que el alojamiento.
- Altura de centraje: de 2 a 4 veces el espesor de la chapa.
- Cono de centraje: aprox. 30° - 60°.
- Condición principal, que el centrador sea efectivo antes que el pisador.

Es muy importante saber que siempre que se trabaje con alimentador de banda, es necesario que sus pinzas la liberen durante unos instantes mientras que dura la fase de descenso e introducción de los centradores.

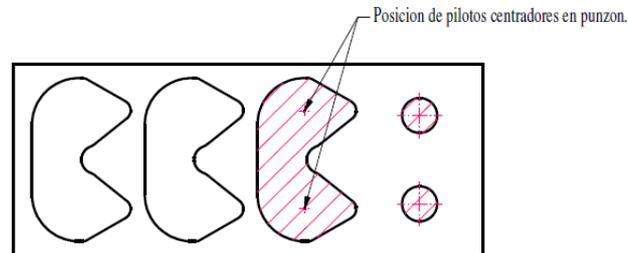
Esta operación tiene su razón de ser, en el hecho de permitir que la banda pueda acomodarse a su emplazamiento mas correcto sin necesidad de vencer la fuerza con que las pinzas la estarán sujetando. Siempre, la abertura de las pinzas debe producirse, desde el momento que la punta del centrador emboca en la chapa, hasta que esta haya quedado totalmente posicionada.

El montaje y sujeción de los pilotos centradores pueden ser múltiples y variadas, desde el montaje más habitual hecho en el porta-punzones hasta algunos de los ejemplos que vemos a continuación:

- El ejemplo *A* nos muestra un centrador montado en otro punzón de mayor tamaño y ajustado en toda su altura.
- El *B* nos muestra el mismo caso, pero esta vez reduciendo la zona de ajuste del centrador mediante un agujero de mayor diámetro hecho en el punzón.
- Los ejemplos *C* y *D* nos enseñan dos formas distintas de sujetar los centradores; el *C* roscando el centrador al punzón central y el *D* ajustando y clavando el centrador contra el mismo punzón.



La situación de estos pilotos dentro de la matriz, ha de ser en una zona del eje de simetría longitudinal de la banda y justamente en el paso siguiente al del corte del agujero previo que se ha de hacer. Este agujero ha de realizarse en el primer paso de la matriz para que en caso de error los pilotos puedan actuar desde el primer momento de la entrada de la banda.



En el diseño de fabricación de nuestros pilotos centradores hemos optado por la opción más sencilla, nuestro piloto centrador consistirá en una varilla cilíndrica calibrada roscada a M8.

Ya que no se trata de un elemento en el que deban controlarse sus acabados y tolerancias podemos tener una mayor libertad a la hora de realizar su mecanizado, siempre siguiendo las específicas características dimensionales que hemos visto anteriormente, por lo que la cabeza tendrá las siguientes dimensiones:

- Medida exterior. Al haber realizado previamente un punzonado de 7,5 mm de diámetro se optará por ajustar la dimensión del centrador a 7,4 mm, de manera que tenga una holgura de 0,05 mm por todo su perímetro.
- Altura de centrado. Como el espesor de la chapa que empleamos es de 2 mm se optará por dimensionar un cono de 6 mm de altura y una circunferencia de 2,5 mm de altura para tener un mayor margen de centrado de la banda.
- Cono de centrado. Optaremos por aplicar un ángulo de 60°.

También se procederá a mecanizar un agujero pasante de 1,5 mm para poder introducir una varilla que permita apretar el piloto centrador cuando se realiza su montaje en el punzón de corte. Hemos de comentar que esta opción es válida ya que nuestra matriz es de un tamaño pequeño en el que solo intervienen dos operaciones de corte para la obtención de la pieza final, por lo que no es necesario un centrado a ambos extremos de la banda.



Material de Fabricación

Los materiales de construcción empleados son:

- 1.1158 (F-112). Para pilotos de forma sin tratamiento.
- 1.1730 (F-114). Para pilotos de forma con tratamiento (HRc.50-54).
- 1.1730 (F-114). Para pilotos con o sin forma (Nitrurados, Tem. y Rev.).
- 1.2842 (F-522). Para pilotos o mascarillas con tratamiento (HRc.52-54).

También se pueden considerar otros factores como por ejemplo:

- Tamaño de los centradores.
- Formas a realizar.
- Tolerancias de la pieza.

Dado que se trata de un piloto centrador sin ninguna particularidad se decidirá elegir un acero 1.1730 (F114), que consiste en un acero semiduro. Acero muy económico y universal, con un contenido medio de carbono con el que se consigue, cuando se temple y se reviene (bonificado), características muy aceptables alcanzando una resistencia media de 70 - 90 Kg/mm².

Sus propiedades se exponen a continuación:

Composición Química					
C	Mn	Si	P	S	Carb. Equiv.
0,40 - 0,50	0,50 - 0,80	0,15 - 0,40	<0,035	<0,035	0,55

Mecanizado

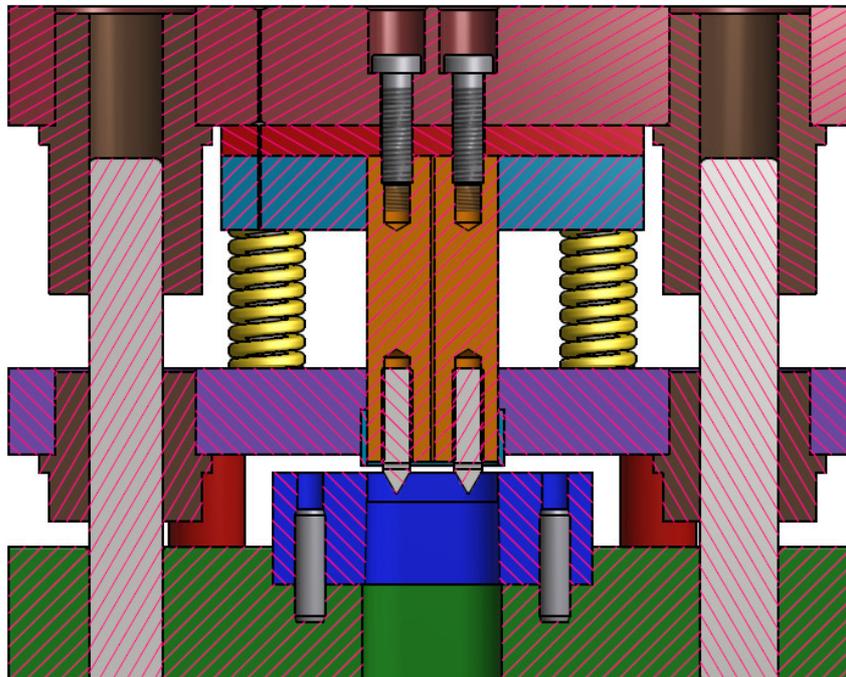
Si son de tipo cilíndrico, como nuestro caso, es recomendable partir de punzones normalizados, se le mecaniza la cabeza de centrado y se rosca a M8 para su posterior montaje en el centrador.

El mecanizado de los centrador se realiza de la siguiente forma:

1. Corte de material.
2. Limpieza de impurezas.
3. Mecanizado de agujeros.
4. Rebajes.
5. Rectificado y montaje.

Fijación en Punzón

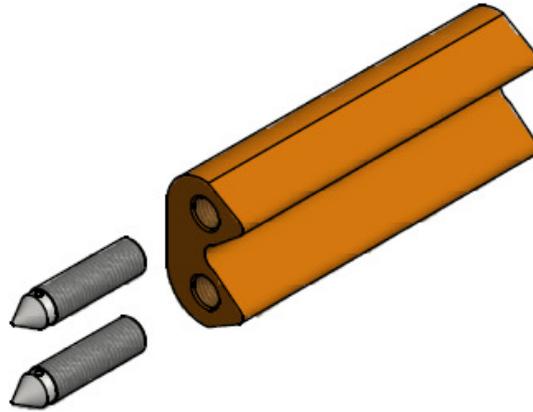
A continuación se muestra una imagen de la posición de los pilotos centradores antes de que los punzones comiencen a descender para cortar la banda:



Como se puede observar en la imagen, los pilotos centradores son los primeros elementos de la parte superior del troquel en tener contacto con la banda. Esto nos asegura que la entrada incorrecta de la banda en la matriz, pueda ser corregida tanto si se trata de un paso excesivo como insuficiente. Sabemos que el alimentador que ejerce la función de avanzar la banda lo hace de forma uniforme y regular, pero en algún caso también cabe la posibilidad de que se produzcan errores.

Puede ocurrir que si el alimentador o el operario de la prensa no realizan el avance correcto, el desplazamiento de la banda no llegará a su sitio y las piezas no cumplirán geometría. La forma de impedir este problema solo puede solucionarse si montamos pilotos centrados y garantizamos un avance correcto de la banda.

En la siguiente imagen se muestra el montaje de los pilotos centradores en el punzón de corte:



Únicamente hemos de comentar que los pilotos se fijaran en el punzón de corte mediante una rosca mecanizada en cada elemento. Recordemos que el punzón lleva mecanizados en cada uno de sus extremos dos agujeros roscados exactamente en las mismas coordenadas, por lo que no se ocasionaría ningún problema durante los ciclos de trabajo de la matriz si se realizara el montaje invertido del punzón.

7.10. ELEMENTOS DE GUIA Y DESLIZAMIENTO Y ELEMENTOS DE RODADURA

Columnas y Casquillos-Guía

Las columnas y los casquillos-guía son piezas cilíndricas que, como su nombre indica, forman parte del sistema de guiado y alineado de un utillaje. De dimensiones robustas y fabricados en acero tratado, de superficie rectificada y lapeada, estos elementos aseguran una perfecta alineación de la parte móvil respecto a la parte fija del útil.

La superficie de deslizamiento de las columnas-guía es completamente lisa, mientras que la misma superficie de los casquillos-guía está dotada de unas ranuras de engrase o patas de araña, que facilitan además la separación y el depósito de diminutas partículas de suciedad que pudieran entrometerse entre columna y casquillo.

En el caso de utilizar elementos de rodadura entre casquillos y columnas, como jaulas de bolas o de rodillos, la superficie de deslizamiento de los casquillos será también lisa y sin ranuras.

Los diámetros y las longitudes de los elementos de guía deben andar en consonancia al tamaño del útil sobre el cual van a montarse, teniendo en cuenta los esfuerzos que soporta, a efectos de que no se produzca pandeo ni vibración alguna que pudiera acabar en gripajes o roturas de dichos elementos de guía. Así, los diámetros más utilizados se hallan en una horquilla de entre 16 mm y 80 mm, aunque para troqueles de gran tonelaje se montan columnas-guía de hasta 160 mm de diámetro.

Los casquillos y las columnas pueden ser lisos o pueden estar dotados de una valona para evitar el desplazamiento axial respecto al alojamiento de la placa en la que ajustan. Otros modelos, incluso, incorporan una rosca dotada de unas tuercas almenadas que bloquean al elemento de guía contra la placa en la que va montado.

Vistos los tipos de columnas y casquillos-guía más utilizados, existen, diversas formas de fijación de estos elementos a los armazones, en función del tipo de utillaje y también del mantenimiento que requiera durante la producción:

1. Mediante ajuste forzado del elemento de guía con el agujero de la placa, cuando no esté previsto del desmontaje frecuente de casquillos o columnas.
2. Por asentamiento de la valona o pestaña que poseen las columnas y los casquillos sobre las placas, con la ayuda de unas ñetas atornilladas que sujetan el elemento de guía, a modo de brida. Este sistema permite el cambio rápido de los elementos, puesto que no es necesario pasar por la prensa para desmontarlos.
3. Mediante rosca en uno de los extremos del elemento de guía, y valona en el otro lado, o también mediante rosca y dos tuercas.
4. Por asentamiento cónico del extremo de la columna en unos casquillos, también cónicos, que van fijados a la placa mediante ñetas con tornillo. Este sistema se utiliza bastante en matrices cuyas columnas deben ser desmontadas con frecuencia.
5. Con tuerca roscada sobre la columna, apretando sobre la placa intermedia del armazón y contra la valona de la misma columna.

En matriceria pesada, es corriente la práctica del ajuste forzado por congelación de las columnas de guía en sus alojamientos. Para conseguirlo se sumergen los elementos en nitrógeno líquido, cuya temperatura crítica es de $-146,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, el cual produce por enfriamiento y posterior congelación una contracción acusada de dichos elementos.

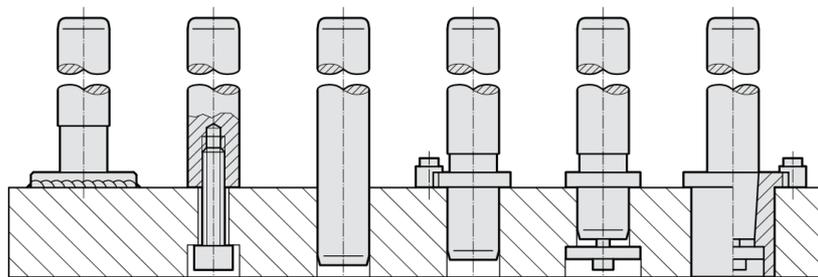
De ese modo, pueden ser montados y ajustados con cierta facilidad, sin sufrir demasiados esfuerzos de presión, en sus respectivos alojamientos.

Una vez realizado el montaje y habiéndose interrumpido el proceso de congelación, los elementos de guía se estabilizan a temperatura ambiente, recuperando así sus dimensiones originales y quedando fuertemente clavados en sus respectivos agujeros.

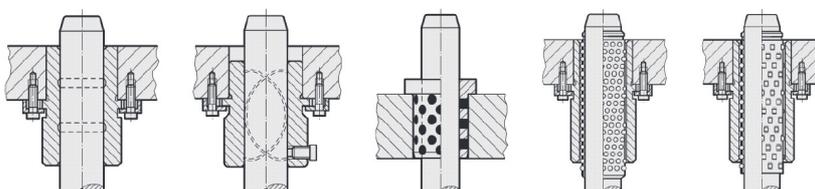
En determinados trabajos, el manejo de la chapa puede verse dificultado por la presencia de las columnas, que pueden entorpecer el paso del material durante el desarrollo del proceso. Por este motivo las columnas-guía se montan en la parte móvil del portamatrices. Únicamente es cuestión de espacio y de operatividad.

En el ámbito de la troquelera, el montaje de columnas y casquillos también se lleva a cabo según esta pauta. Así, el área de trabajo de la matriz queda libre de obstáculos y disminuye notablemente el riesgo de colisión del útil con el formato de chapa, con la pieza matricada o con algún elemento mecánico de transferencia o brazo robotizado.

Columnas Guía



Casquillos Guía



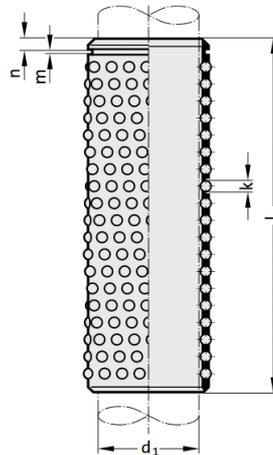
Jaula de Bolas

Son elementos de forma tubular fabricados generalmente en latón, bronce o aluminio, que llevan confinadas en su periferia unas bolas de acero rectificado.

Las jaulas de bolas se montan entre las columnas y los casquillos-guía y trabajan como elementos de rodadura, disminuyendo notablemente el rozamiento y minimizando el desgaste de los componentes entre sí. De las ventajas de la fricción rodante se obtiene un resultado óptimo cuando las superficies de rodadura son de un rectificado en acabado muy fino y lapeadas.

Las jaulas de bolas se montan preferiblemente en las matrices que trabajan a una elevada cadencia de golpes, de carrera corta, en las matrices destinadas a producir medianas o grandes series de piezas, o bien en los armazones de columnas utilizados en los procesos de corte fino.

En cierto modo, todo elemento guiado por bolas tiene la tendencia a ser algo inestable (contacto mínimo de las bolas), y solamente un sobredimensionado de las guías puede corregir este inconveniente. Para evitar holguras entre los elementos de guía (columnas y casquillos), las jaulas de bolas se montan entre ambos elementos con una pre-carga cuyos valores varían en función del diámetro de las guías.



Valores de pre-carga media según el diámetro de la guía	
De Ø 8 a Ø 12 mm	4 µm
De Ø 15 a Ø 16 mm	De 7 a 9 µm
De Ø 18 a Ø 42 mm	De 9 a 11 µm
De Ø 50 a Ø 80 mm	De 11 a 13 µm

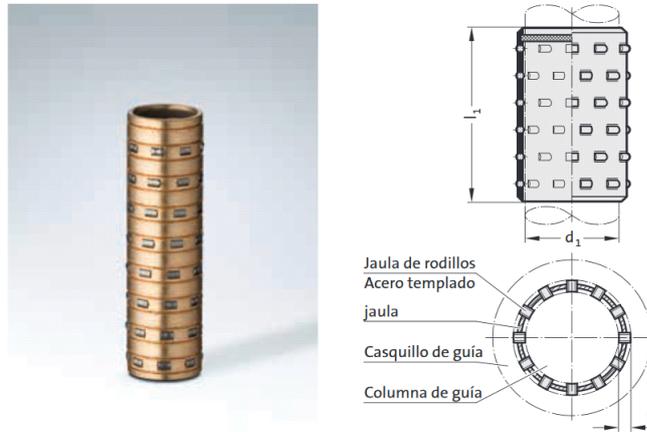
Para el guiado de útiles que trabajan a cadencia muy elevadas, suelen utilizarse jaulas de bolas cuyo tubo está fabricado en material plástico (poliacetal). Gracias a su menor peso, en el movimiento de inversión no se produce ningún deslizamiento de las bolas, principal causa de su desgaste acelerado.

Jaulas de Rodillos

Son elementos de rodadura que llevan insertados en su periferia unos rodillos de acero rectificado. Al igual que las jaulas de bolas, estos componentes tienen la misión de disminuir el rozamiento entre los elementos de guía.

Las jaulas de rodillos admiten cargas superiores en relación a las jaulas de bolas, por lo que se montan en las matrices que deben soportar esfuerzos muy elevados en comparación a su tamaño. Así, gracias a su mayor superficie de contacto, los valores de pre-carga pueden mantenerse sensiblemente más bajos.

Igual que las jaulas de bolas, para evitar holguras entre los elementos de guía (columnas y casquillos) y asegurar su ajuste correcto, las jaulas de rodillos se montan con una pre-carga, aunque de menor valor que las primeras.



Valores de pre-carga media según el diámetro de la guía		
Diámetro hasta...	Con carga estática o movimiento lento	Con carga dinámica o movimiento rápido
Ø 25 mm	2,5 µm	1,5 µm
Ø 30/32 mm	3 µm	2 µm
Ø 40/50 mm	3,5 µm	2,5 µm

Elementos de Guía y Deslizamiento de Bajo Mantenimiento

De un tiempo a esta parte, se está generalizando en el ámbito de la matricería pesada el uso de ciertos elementos fabricados en bronce, con una serie de insertos de grafito que trabajan como lubricante sólido. Casquillos-guía, patines, pletinas de apoyo y placas de deslizamiento son algunos de los productos que componen esta gama de normalizados.

Estos elementos surgieron de la necesidad de hallar una solución a la falta de mantenimiento preventivo al que se veían sometidos los utillajes montados en las grandes líneas de prensas donde demasiadas veces prima la producción sobre el cuidado y el mantenimiento de los equipos. De ese modo, utilizando materiales de bajo coeficiente de fricción y elevado poder lubricante, con un mantenimiento y engrase mínimos, que solventado un problema que con frecuencia era causa de gripajes y otras averías mas graves por anomalías en el guiado de los troqueles.

Como principales ventajas, caben destacar:

- Sus buenas propiedades para un funcionamiento de emergencia.
- La admisión de cargas elevadas a baja velocidad de deslizamiento.
- La posibilidad de empleo en agua o soluciones químicas.
- La tolerancia a altas y bajas temperaturas ambientales.
- La reducción de las vibraciones durante el trabajo.

Los elementos de guía de bajo mantenimiento que se describen en este apartado, están fabricados en una aleación compuesta por Cu (60-65 %), Al (5-7,5 %), Fe (2-4 %), Mn (2,5-5 %) y Sn, el resto. Dicha aleación tiene un coeficiente de fricción entre 0,04 y 0,01. Por lo tanto, el material en cuestión es apropiado para las más exigentes prestaciones a baja velocidad de deslizamiento y grandes cargas superficiales, tanto a elevadas como a bajas temperaturas.

La disposición uniforme de los depósitos de lubricante sólido (grafito) en figuras geométricas superpuestas proporciona una lubricación óptima en el sentido del deslizamiento. Con todo, las mejores condiciones de deslizamiento se obtienen en combinación con materiales templados y rectificadas.

Las superficies deslizantes de las guías rectangulares, así como de pletinas planas y en ángulo son ocupadas en más del 25% por depósitos de lubricante sólido, y las de los casquillos en más del 30%. De todos modos, antes de utilizar los componentes de bajo mantenimiento, las superficies de deslizamiento deben cubrirse de grasa con adición de litio.

Como se ha comentado anteriormente, los elementos de guía y deslizamiento tienen sus principales aplicaciones en troquelera; si bien, de todos los elementos que se exponen en este apartado, los casquillos de guía son prácticamente los únicos que se utilizan para el guiado de utillajes de corte.

Las placas de apoyo y las placas de deslizamiento se usan para el guiado y alineamiento de utillajes de embutición y conformado, según se verá más adelante en el capítulo que trata sobre este tema. A pesar de todo, y con objeto de evitar la dispersión de algunos contenidos, hemos optado por explicar conjuntamente las características comunes de estos elementos.

Además de los elementos de bronce grafitado, existen en el mercado otros productos de características similares fabricados en fundición especial (GG25), también con lubricante sólido, o bien fabricados en acero templado, resultando una alternativa más económica e igualmente válida para algunos de estos trabajos.

ELECCIÓN DEL SISTEMA DE GUIADO Y ALINEADO

Una vez que hemos estudiado todos los sistemas de los que podemos proveer a nuestro utillaje, debemos seleccionar los elementos normalizados que constituirán el sistema de guiado y alineado del troquel y su disposición para obtener la máxima concetricidad posible.

Previamente hemos de comentar que hay otros factores que intervienen en el posicionamiento y centrado entre la placa base superior e inferior del troquel durante los ciclos de trabajo, respecto a la prensa se anularan en lo posible las flexiones en la bancada y la holgura de las guías del cabezal.

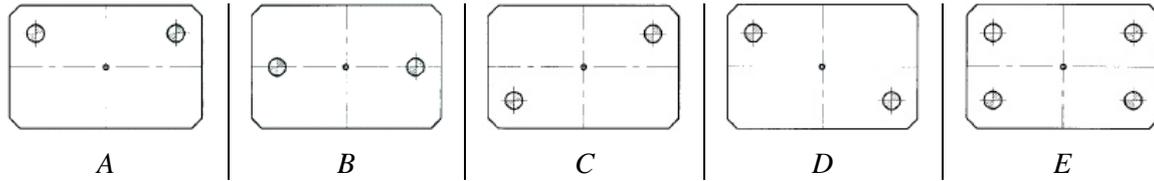
En primer lugar hemos de decidir el número de columnas de guiado que hemos de colocar en la placa base inferior, para ello tendremos en cuenta los siguientes factores básicos:

- Evitar esfuerzos de reacción ante cargas descentradas.
- Condicionamientos de precisión en trabajos del propio troquel.
- Facilitar el ajuste del macho en la matriz, durante el proceso de construcción.
- Facilitar la correspondencia de la parte superior e inferior durante el montaje en prensa.

Disposición del Sistema de Guiado

Una vez que tenemos en cuenta los factores anteriormente comentados, debemos contemplar las distintas posiciones de montaje de los elementos de guiado, siendo:

- Posición *A*. Situación de columnas en la parte posterior.
 - Ventaja. Amplia zona de libre acceso longitudinal y transversal.
 - Inconveniente. Guiado desequilibrado sobre el eje longitudinal.
- Posición *B*. Situación de columnas en la parte central.
 - Ventaja. Zona de libre acceso transversal y un buen centrado de toda la matriz.
 - Inconveniente. Guiado desequilibrado sobre el eje longitudinal y puede cabecear el carro superior en matrices de medianas y grandes dimensiones.
- Posición *C* y *D*. Situación de columnas en diagonal.
 - Ventaja. Amplia zona de libre acceso longitudinal y transversal y guiado muy equilibrado sobre cualquiera de los dos ejes.
 - Inconveniente. No es recomendable para matrices que requieren esfuerzos notables.
- Posición *E*. Situación de columnas en cada una de las esquinas.
 - Ventaja. Ofrece el mejor centrado posible y está indicada para todo tipo de matrices y situaciones. Bueno para medianas y grandes troqueles con esfuerzos notables.

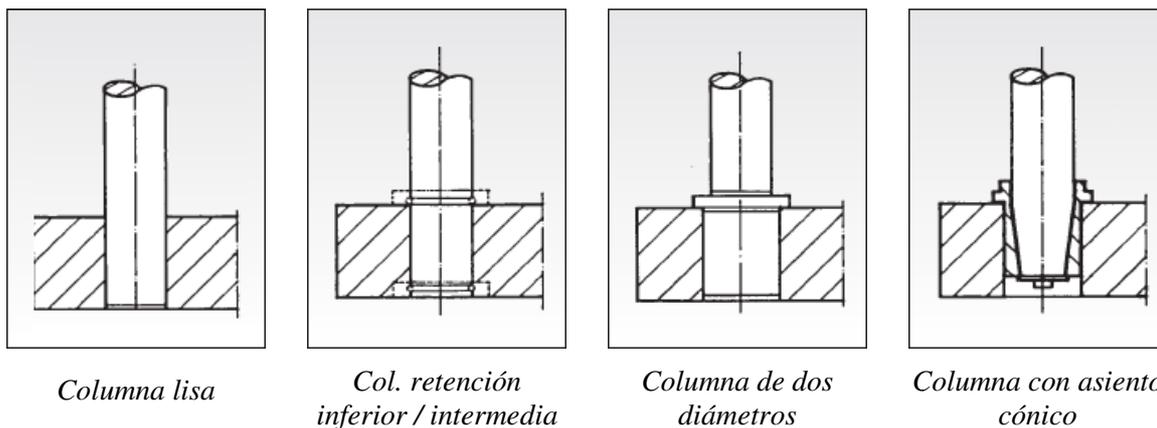


Al observar las diferentes disposiciones que puede adoptar el sistema de guiado, nos decantaremos por la posición B, situación de columnas en la parte central. Esta disposición de dos columnas nos permite obtener uno de los mejores centrados posibles minimizando el número de elementos que intervienen en el guiado y por lo tanto reduciendo su coste.

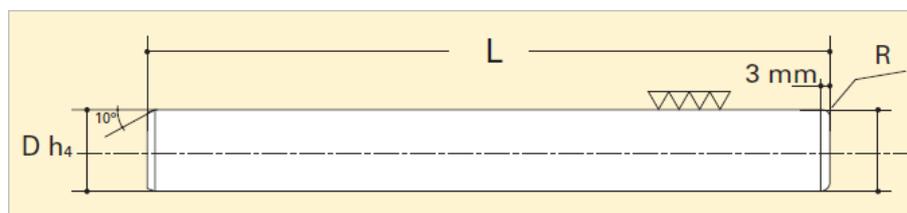
También hemos de comentar que esta opción es válida ya que el dimensionamiento y el diseño que se ha realizado partiendo del centrado desde el centro de gravedad de las distintas fuerzas que intervienen no generan ni empujes laterales, ni desequilibrios de las masas en movimiento, ni esfuerzos de componente irregular que puedan repercutir directamente sobre los elementos de guía.

Columna

A continuación debemos elegir las columnas de un catalogo de elementos normalizados de matriceria de la marca *CYEM*, en el cual se nos muestran los siguientes componentes:



Optaremos por el modelo de columna lisa R.300, se efectuara el montaje de una pareja de columnas de 24 y 25 mm de diámetro y de 140 mm de longitud.



Material: Acero de cementación
Dureza: 60-62 HRc

D	R	LONGITUD																
		110	120	130	140	160	170	180	190	200	212	225	240	260	280	300	320	
24 / 25	5				•	•	•	•	•	•	•	•						

Se trata de un modelo de columna que es totalmente lisa con un diámetro uniforme en toda su longitud, podemos decir que este modelo es el más generalizado ya sea por la sencillez de su construcción o bien por la carencia de problemas que nos ofrece su empleo.

La decisión de colocar columnas con diferente diámetro nos aporta una única posición de montaje entre la parte superior e inferior del troquel, evitando así que el montaje se pueda realizar incorrectamente.

El único inconveniente de este modelo es que cuando se le lubrica no retiene el aceite, ya que no lleva mecanizadas unas ranuras que le permitan estacionar el lubricante durante la operación de trabajo, de esta manera, se imposibilita el autoengrase del casquillo durante el deslizamiento entre casquillo y columna. Aunque también hay que señalar que el mecanizado de estas ranuras en las columnas tienen el pequeño inconveniente de poder alojar en su interior pequeñas partículas de polvo que pudieran dañar su funcionamiento.

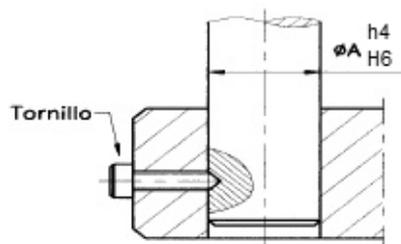
Podemos subsanar estas deficiencias, con el mecanizado de las regatas hechas en el casquillo guía en vez de la columna.

Propiedades

- Material. Fabricada con acero de cementación 1.7264 (F155).
- Tratamiento. Esta templada superficialmente hasta una profundidad de $\geq 1,8$ mm.
- Dureza Superficial. 60 - 62 HRc.
- Tolerancia y Ajuste. Rectificada con una tolerancia de ajuste h6.

Fijación y Montaje

La fijación de las columnas en la placa base inferior será mediante un montaje con posicionamiento de transición o ajuste intermedio, el ajuste que se aplicara entre el agujero mecanizado en la placa y la columna será H6/h4, un compromiso entre el juego y el apriete, como se muestra en la siguiente imagen:



En el caso de ser necesario se pueden utilizar elementos de fijación para garantizar que la columna no pueda moverse del alojamiento en la que es introducido, aunque esto únicamente se realiza cuando se efectúa el recambio de la columna y se observa un leve desgaste del alojamiento.

A continuación mostramos el ajuste que obtenemos al aplicar las dos medidas límites para cada uno de los elementos, según norma ISO 286, tomando como referencia el diámetro de 24 mm, siendo estas:

- Columna - 24h4:
 - Medida Máxima (d_{max}): 24 mm.
 - Medida Mínima (d_{min}): 23,994 mm.
- Placa - 24H6:
 - Medida Máxima (D_{max}): 24,013 mm.
 - Medida Mínima (D_{min}): 24 mm.

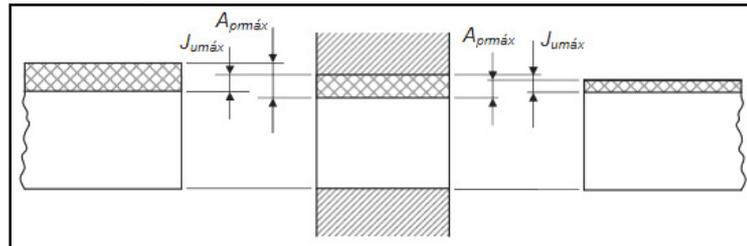
El ajuste oscilara entre dos valores extremos que serán:

- Ajuste máximo (A_{max}). Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Obtenemos un ajuste de transición, dado que la diferencia es nula.

$$A_{max} = D_{min} - d_{max} = 24 - 24 = 0 \text{ mm} = 0 \mu\text{m}$$

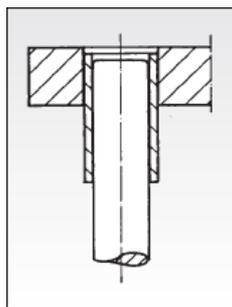
- Ajuste mínimo (A_{min}). Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje. Obtenemos un juego mínimo, dado que la diferencia es positiva.

$$A_{min} = D_{max} - d_{min} = 24,013 - 23,994 = 0,019 \text{ mm} = 19 \mu\text{m}$$

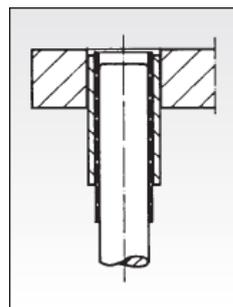


Casquillo

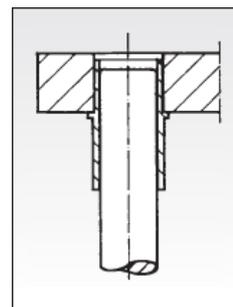
A continuación debemos elegir los casquillos guía de un catalogo de elementos normalizados de matriceria de la marca *CYEM*, en el cual se nos muestran los siguientes componentes:



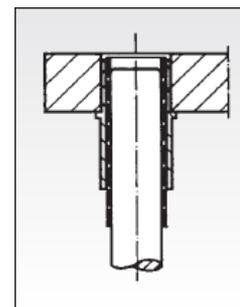
Casquillo liso



Casquillo jaula de bolas



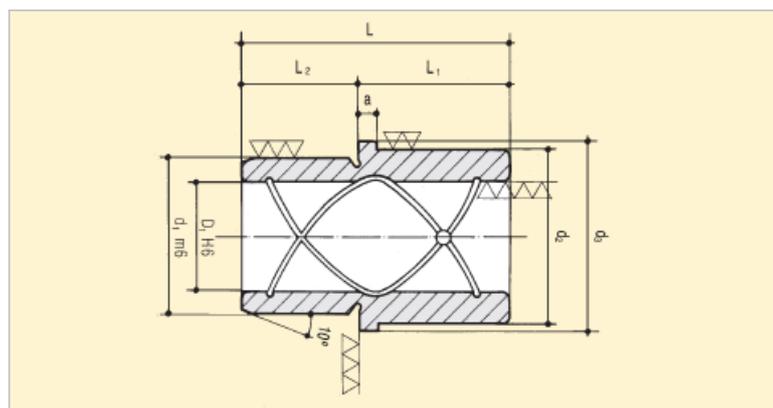
Casquillo con valona



Casquillo jaula de bolas con valona

Para la elección de los casquillos tendremos en cuenta que necesitaremos dos juegos, uno de ellos ira montado sobre la placa base superior y el otro sobre la placa intermedia. Optaremos por el modelo de casquillo con valona R-313 y R-315, obviamente sus diámetros interiores tendrán que corresponder con los diámetros de las columnas seleccionadas anteriormente.

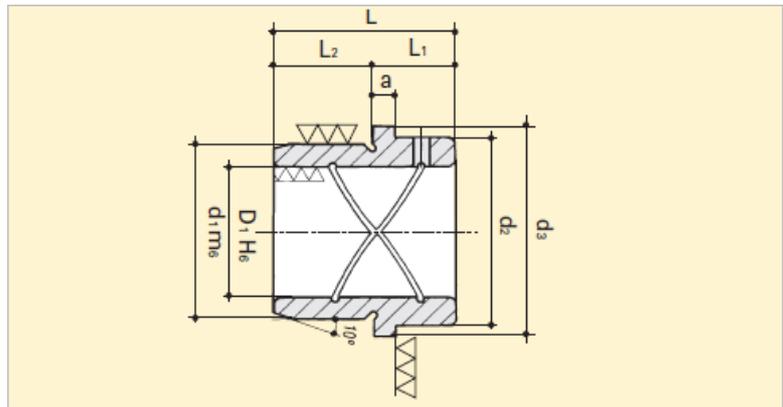
Casquillo con Valona R-313



Material: Acero de cementación
dureza: 60-62 HRC

D ₁	d ₁	d ₂	d ₃	L	L ₁	L ₂	a
24	40	43	48	75	45	30	5
25							

Casquillo con Valona R-315



Material: Acero de cementación
dureza: 60-62 HRC

D ₁	d ₁	d ₂	d ₃	L	L ₁	L ₂	a
24	40	43	48	40	18	22	5
25							

Ambos se tratan de un modelo de casquillo con valona con un diámetro uniforme en toda su longitud, el cual está dotado con regatas para permitir estacionar el lubricante durante la operación de trabajo.

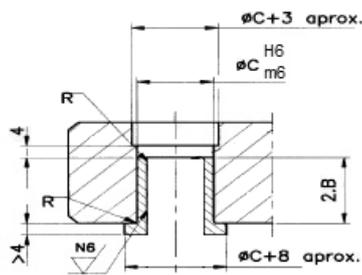
Además este modelo es el más rentable ya sea por la sencillez de su construcción o bien por la carencia de problemas que nos ofrece su empleo.

Propiedades

- Material. Fabricada con acero de cementación 1.7264 (F155).
- Tratamiento. Esta templada superficialmente hasta una profundidad de $\geq 1,8$ mm.
- Dureza Superficial. 60 - 62 HRc.
- Tolerancia y Ajuste. Rectificada con una tolerancia de ajuste h6.

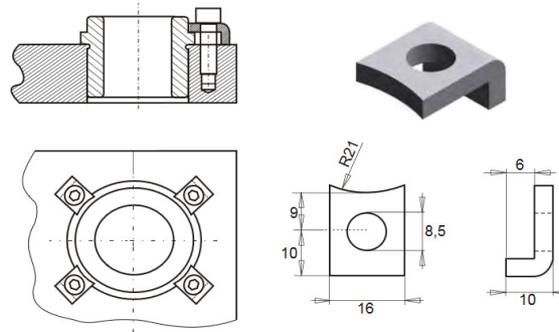
Fijación y Montaje

La fijación de los casquillos, tanto en la placa base superior como en la placa intermedia, será mediante un montaje por posicionamiento de transición o ajuste intermedio, el ajuste que se aplicara entre el agujero mecanizado en las placas y los casquillos será H7/m6, como se muestra en la siguiente imagen:



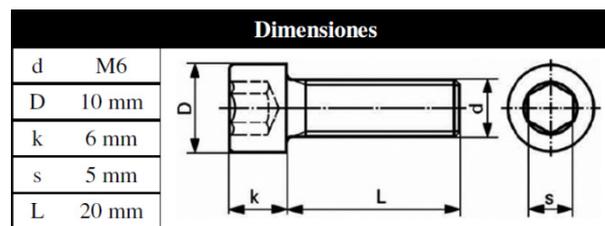
En este caso será necesario la utilización de elementos de fijación para garantizar que los casquillos no puedan moverse del alojamiento en el que son introducidos, para ello disponemos de una gran variedad de elementos normalizados que nos permitirán fijar la posición de los casquillos.

Seleccionaremos unas bridas de fijación H004 de acero 1.1730 (F114) de la marca *ELDRACHER*, en la siguiente imagen vemos sus dimensiones y su montaje en la placa para amarrar el casquillo:



Las características técnicas del tornillo son las siguientes:

Tornillo Allen - M6 x 20 - ISO 4762 - 8.8



A continuación mostramos el ajuste que obtenemos al aplicar las dos medidas límites para cada uno de los elementos de guiado, según norma ISO 286, tomando como referencia el diámetro de 24 mm, siendo estas:

- Casquillo - 24m6:
 - Medida Máxima (d_{max}): 24,021 mm.
 - Medida Mínima (d_{min}): 24,008 mm.
- Placa - 24H6:
 - Medida Máxima (D_{max}): 24,013 mm.
 - Medida Mínima (D_{min}): 24 mm.

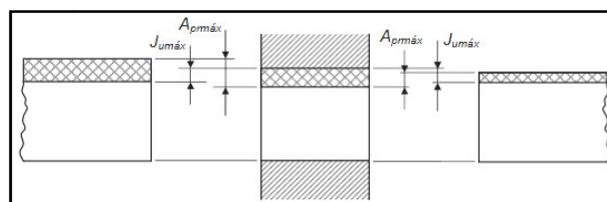
El ajuste oscilara entre dos valores extremos que serán:

- Ajuste máximo (A_{max}). Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Obtenemos apriete, dado que la diferencia es negativa.

$$A_{max} = D_{min} - d_{max} = 24 - 24,021 = -0,028 \text{ mm} = -28 \mu\text{m}$$

- Ajuste mínimo (A_{min}). Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje. Obtenemos juego, dado que la diferencia es positiva.

$$A_{min} = D_{max} - d_{min} = 24,013 - 24,008 = 0,006 \text{ mm} = 6 \mu\text{m}$$



7.11. ELEMENTOS ELASTICOS

Los principales elementos elasticos normalizados utilizados en la construccion de matrices pueden clasificarse, en funcion de su naturaleza, en tres grupos principales:

- Resortes.
- Elastomeros.
- Cilindros de gas.

La utilizacion de una u otra clase de estos elementos vendra determinada por diversos factores, entre los cuales estan el tipo de trabajo a realizar, el esfuerzo y la carrera solicitados, el tipo de utillaje, entre otros aspectos de caracter productivo.

7.11.1. RESORTES

Los resorte o muelles utilizados en matriceria son de tipo helicoidal, trabajan a compresion y tienen su principal aplicacion en las matrices dotadas sistema elastico para pisado de la chapa. No obstante, tambien se utilizan con frecuencia para trabajos de extraccion o expulsion de la chapa. asi como en cualquier movimiento de recuperacion necesario durante el funcionamiento del utillaje.



Igual que otros elementos homologados, los resortes helicoidales no son de uso exclusivo para las herramientas de corte y punzonado, sino que tambien pueden ser utilizados en otros tipos de utillajes u operaciones.

Los resortes para matrices se fabrican en diferentes longitudes y diametros. El cable que se utiliza para la fabricacion de resortes es de seccion prismatica u ovalada, pues con igual diametro y longitud estos resortes transmiten mayores esfuerzos que los muelles cuya seccion del hilo es circular.

Con la finalidad de eliminar tensiones, los resortes son sometidos durante su proceso de fabricacion a un granallado mediante bolas de acero. Ademas, para asegurar el correcto asiento de los muelles en su posicion de trabajo, estan planeados y rectificados en sus extremos.

Los muelles suelen fabricarse en cuatro series que tienen las mismas dimensiones pero distinta seccion de cable y, por lo tanto, diferentes valores de carga y de flecha. Estan codificados por colores normalizados, para facilitar asi su identificacion.

Recomendaciones sobre el montaje y el uso de los muelles

- Seleccionar el resorte a montar en la matriz durante la fase de proyecto, teniendo en cuenta sus limites practicos de actuacion. Esperar hasta que la matriz este construida para determinar los resortes apropiados y el numero necesario, demuestra una falta de prevision que suele incrementar los tiempos muertos, la frecuencia de paradas por averia y las producciones defectuosas.
- Precargar el resorte al 5% de su flecha en el momento de su montaje. De ese modo, se evita la posibilidad de una carga de impacto y el aumento de la frecuencia de vibracion por resonancia, que da por resultado la rotura del muelle.
- Guiar el resorte mediante un orificio y/o una varilla apropiados para reducir la torcedura durante su flexion. Cuando la longitud libre del muelle es mas del triple que su diametro exterior, esta condicion de trabajo es totalmente indispensable.

- Los diámetros de guía del resorte no deben ajustarse a su medida. De esa forma el muelle funciona libremente, exento de rozamientos.
- No mezclar resortes de longitudes o cargas diferentes para un mismo trabajo.
- No alterar las medidas de un resorte cortando espiras o rectificando su diámetro, puesto que ello da lugar a un fallo prematuro del muelle y a un posible deterioro de la matriz.
- Optar por un mayor número de resortes de carga mas ligera y de mayor longitud, puesto que así se trabaja con una deflexión proporcionalmente menor, logrando una mayor duración de los resortes.
- Un buen plan de mantenimiento preventivo contempla el reemplazo de todos los resortes de la matriz, para distribuir las carga uniformemente y mantener un equilibrio correcto de fuerzas. Reemplazar unicamente los resortes rotos o defectuosos no supone jamás ningún ahorro; mas bien, aumenta los tiempos improductivos y multiplica los trabajos de mantenimiento.

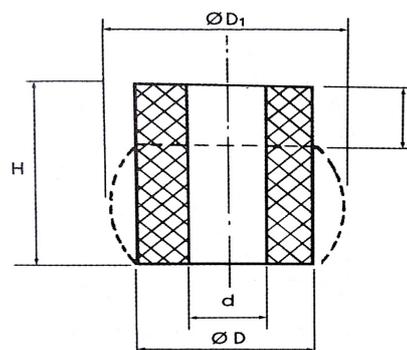
7.11.2. ELASTOMEROS

Los elementos de material elastomero utilizados en la construcción de matrices son unos elementos cuyas propiedades fisico-químicas son muy superiores a las de los cauchos utilizados años atrás para determinados trabajos y ensayos de matriceria.

La dureza de estos materiales (entre 70 y 95 puntos Shore A), su resistencia térmica, su resistencia al envejecimiento, su resistencia al agua, al aceite a los agentes químicos y disolventes hacen de ellos una alternativa muy interesante para el montaje de diversos sistemas elásticos.

Los elastomeros de poliuretano tienen su principal aplicación en aquellos útiles sometidos a cargas elevadas, de carrera y velocidad de trabajo limitadas. La fabricación de troquelera pesada suele utilizar este tipo de elementos elásticos en la construcción de troqueles para series medianas y cortas, como recurso más económico al uso de los resortes helicoidales y, como no, de los cilindros de gas.

En la siguiente imagen se muestra la sección acotada de un elastomero de poliuretano, donde puede verse la deformación resultante de la presión de trabajo.



Donde podemos observar:

- $f \rightarrow$ La corsa o carrera de trabajo.
- $d \rightarrow$ El diámetro del agujero del muelle.
- $D \rightarrow$ El diámetro exterior del muelle libre de cargas.
- $D_1 \rightarrow$ El diámetro de la deformación resultante de la presión de trabajo.

Las principales ventajas de utilización de este tipo de elementos elásticos son:

- Eliminación de roturas.
- Amortiguación de ruidos.
- Elevada resistencia a los esfuerzos violentos.
- Elevada resistencia a los aceites y a las sustancias ácidas y corrosivas.

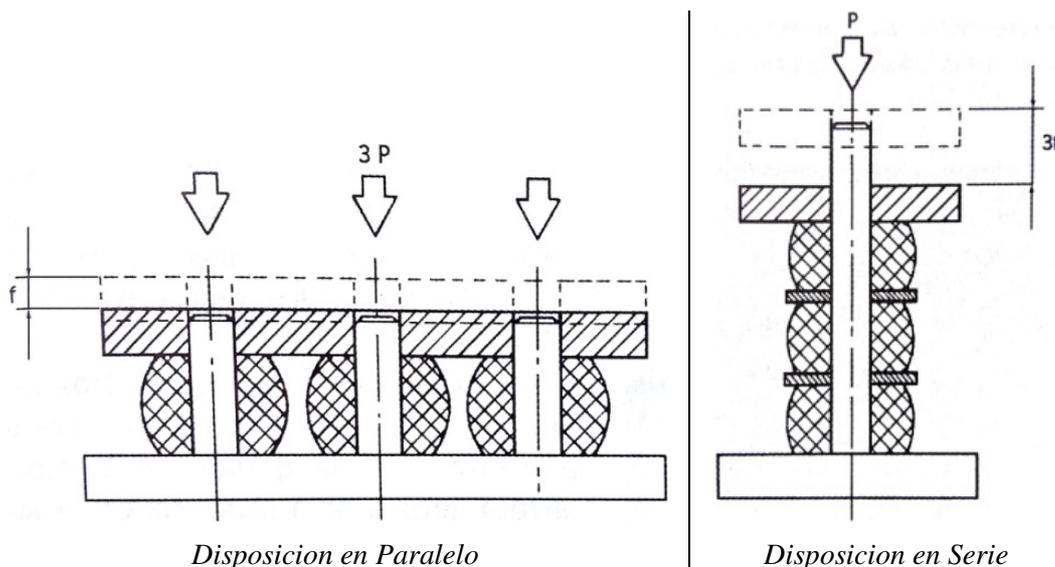
Los elastomeros de poliuretano se suministran en barra o en bloques o tacos preparados segun unas medidas determinadas. En el primer caso, la velocidad de corte a aplicar para su mecanizado sera la recomendada por el proveedor habitual, pudiendo variar en funcion de las características del material y tambien del procedimiento utilizado para efectuar el corte (aserrado, taladrado, torneado, etc).

En caso de utilizar tacos o bloques de poliuretano segun unas medidas predeterminadas deberemos recurrir a la consulta de catalogos de nuestros proveedores habituales. Estos catalogos suelen incluir datos referentes a la dureza del material, a la corsa o carrera del muelle, y al esfuerzo que este es capaz de realizar. Como normas a seguir:

- Es muy importante el uso de elastomeros cuya longitud no sea superior al doble de su diametro.
- La deformacion maxima de los elastomeros, en el mejor de los casos, es aproximadamente un 30% de su longitud libre.
- Es muy importante conocer el diametro (D_1) de la deformacion resultante, despues de haber sometido el muelle a la presion de trabajo. El hecho de no tener en cuenta este aspecto puede acarrear problemas de espacio y, como minimo, presiones laterales y rozaduras entre los distintos elementos de utillaje.
- Para obtener una resistencia mayor, procederemos a montar varios elastomeros en paralelo.
- Para aumentar la corsa o carrera del utillaje podemos recurrir al montaje de varios elastomeros apilados uno sobre otro, insertando entre ellos unas arandelas de separacion. Este montaje no aumenta la presion de los elastomeros, pero si la corsa de trabajo.
- Una vez estando en servicio, el elastomero sufrira un asentamiento de sus fibras, acortandose su longitud entre un 5 y un 7 % aproximadamente, recuperandola paulatinamente durante las 8 o 10 primeras horas de trabajo.

A continuacion se presentan dos tipos de disposicion de montaje de los elastomeros:

- El montaje de diversos muelles en paralelo tiene por objeto el aumento de la resistencia a la presion de trabajo, en este caso $3P$; siendo P la fuerza efectuada por cada muelle.
- El montaje apilado de varios muelles aumenta la carrera de trabajo admisible, pero la presion de servicio P es la misma que para un solo muelle.



7.11.3. CILINDROS DE GAS

Son unos elementos cilindricos, de cuerpo hueco, aunque compacto, cuyo interior se carga con gas nitrogeno a una presion determinada. En estas circunstancias, al actuar sobre el cilindro una fuerza capaz de vencer la presion que existe en su interior, se produce un esfuerzo de reaccion, de sentido contrario, que permite su uso en aplicaciones similares a las de los resortes helicoidales y elastomeros.

Fundamentalmente, los cilindros de gas se utilizan como elementos elasticos para la transmision de grandes esfuerzos de carrera larga y baja cadencia en espacios reducidos, razon por la cual en los procesos de corte y punzonado su uso el limitado.

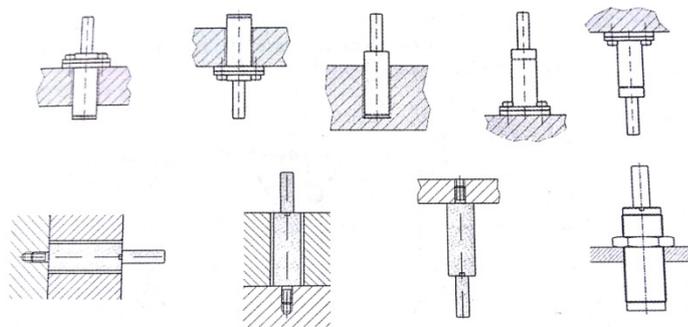
La mayoría de aplicaciones de los cilindros de gas se hallan en el ambito de la matriceria pesada, sobre grandes troqueles, donde los movimientos combinados (especialmente sobre pisadores) albergan algunos de estos elementos elasticos. Sus aplicaciones en corte y punzonado son relativamente puntuales, si bien en troquelaria se utilizan sobre grandes cortantes y tambien en los utiles de corte y punzonado en carros.

Los cilindros de gas poseen varias ventajas sobre los resorte helicoidales, destacando entre ellas la ausencia de pre-carga en su posicion de trabajo, con lo cual empiezan a reaccionar al mas leve movimiento, al contrario que los resortes de cable, que necesitan de una cierta pre-carga (de unos 5 mm) para realizar su trabajo.

Ademas, conectando en serie los cilindros que actuan sobre un mismo elemento, se aseguran errores de alineacion por deflexion anomalas de los componentes elasticos, como pueden ser la rotura de un muelle, su deformacion por sobrecarga o por fatiga, entre otras.

Los cilindros de gas permiten el montaje en cualquier posicion y mediante distintos sistemas de fijacion sobre los utillajes. Usualmente, se montan mediante bridas, roscados a la base que lo mantiene o, simplemente, alojados libremente en unos agujeros practicados para tal efecto.

A continuacion se muestran diferentes opciones de posicion y montaje de cilindros de gas:



Vistas las distintas formas y posiciones de montaje de los cilindros de gas, es conveniente observar las siguientes instrucciones al respecto:

- A ser posible, sujetar el cilindro de gas en el utillaje mediante los orificios roscados en el fondo del cilindro, o mediante los elementos de montaje (bridas).
- El orificio roscado del vástago del cilindro, no debe utilizarse para su sujecion. Dicho orificio esta destinado exclusivamente a operaciones de mantenimiento.
- No se debe montar nunca el cilindro de gas de manera que permita una salida brusca del vástago del embolo desde su posicion comprimida (puede causar daños internos al propio cilindro)
- El montaje del cilindro debe realizarse paralelamente al sentido de la fuerza aplicada.
- La superficie de contacto para accionar el vástago del embolo debe de estar en angulo recto respecto a la carrera del cilindro, y debe tener suficiente dureza como para no hundirse.
- Deben evitarse a toda costa los esfuerzos laterales sobre el cilindro de gas.

 Desarrollo

- Proteger el vástago del cilindro contra daños mecánicos y también su contacto con sustancias líquidas.
- Se recomienda prever una reserva de carrera del 10 % sobre la carrera nominal y, como mínimo, 5 mm.
- La presión máxima de llenado no deberá ser sobrepasada, pues en caso contrario puede disminuir la seguridad del sistema.
- Un exceso de la temperatura de trabajo máxima admitida, puede causar una reducción importante de la vida útil del cilindro.

Los cilindros de gas pueden conectarse entre sí, dejando de ser autónomos y manteniendo los mismos valores de presión en todo el circuito. Estos montajes reciben el nombre de placas colectoras o pulmones de compensación y se utilizan con frecuencia en trabajos de embutición, realizando funciones de pisado de la chapa, a modo de cojín. A través de un panel de control dotado de un manómetro, se puede controlar y variar igualmente la presión de servicio.

Para el montaje de cilindros en serie, formando placas colectoras, pulmones de compensación u otros grupos de trabajo, existen en el mercado una serie de accesorios, sobre todo de valvulería, que vienen a facilitar la construcción de todo tipo de sistemas elásticos, en función del efecto que se desea obtener.

ELECCION DE ELEMENTOS ELASTICOS

En este apartado realizaremos la selección del elemento elástico que emplearemos, nos hemos decantado por un sistema de extracción mediante resortes que emplearemos para la distribución.

El esfuerzo que tienen que soportar los resortes dependerá de la fuerza de extracción, por lo que en primer lugar debemos tener en cuenta la fuerza de extracción que hemos obtenido en uno de los apartados anteriores, siendo esta fuerza:

$$\text{Distribución Simple: } F_{ext} = 6666,534 \text{ N}$$

A continuación realizamos una primera aproximación del número de muelles que se colocaran para la distribución, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$F_{resorte} = \frac{F_{ext}}{N_{resortes}}$$

Siendo:

- F_{ext} → La fuerza de extracción (N).
- F_{muelle} → La fuerza que tiene que oponer cada uno de los resortes (N).
- $N_{resortes}$ → Número de resortes que intervienen durante el funcionamiento de la matriz.

En ambos casos colocaremos los resortes de forma simétrica para distribuir uniformemente el esfuerzo que tengan que soportar.

Para esta distribución se colocaran 4 resortes entre la placa portapunzones y la placa guía punzones con la finalidad de facilitar la extracción de los punzones de la chapa, por lo que obtenemos:

$$F_{resorte} = \frac{F_{ext}}{N_{resortes}} = \frac{6666,534}{4} = 1666,6335 \text{ N}$$

A continuación procederemos a seleccionar unos resortes que pudieran ser los adecuados para las dimensiones de nuestra matriz, de forma que cumplan con los requisitos geométricos. Hemos de tener en cuenta que los resortes tienen que tener una precarga del 5% de su longitud para evitar las circunstancias que pudieran aventajar considerablemente la rotura del muelle.

Escogemos un resorte de 20 mm de diámetro y 44 mm de longitud, por lo que se considerará una precarga de 2,2 mm.

Además la distancia que recorrerá la placa portapunzones respecto de la placa intermedia será de 9 mm, por lo que los muelles se comprimirán esa distancia más la precarga. La compresión de cada muelle será de 11,2 mm.

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:

$$k = \frac{F_{muelle}}{\Delta x}$$

Siendo:

- $\Delta x \rightarrow$ Compresión del Muelle (mm).
- $k \rightarrow$ Constante elástica del muelle (N/mm).
- $F_{muelle} \rightarrow$ La fuerza de tiene que oponer cada uno de los resortes (N).

Por lo que obtenemos:

$$k = \frac{F_{muelle}}{\Delta x} = \frac{1666,6335}{11,2} = 148,8065 \text{ N/mm}$$

A continuación se muestran imágenes de los resortes, fabricados de acuerdo con la norma ISO 10243 con un acero 1.8159 (F143) de un catalogo de la marca CYEM con las dimensiones que hemos elegido anteriormente para comprobar si cumplen los requisitos:

Serie B (Azul) - Carga Media



Diámetro del orificio	Diámetro de varilla	L	Código	Rigidez	Deflexión 25% 3.000.000		Deflexión 30% 1.500.000		Deflexión máxima 37,5%		Deflexión al bloqueo aprox.	
					N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm
20	10	305	B 20 - 025	98.0	6.3	617	7.5	735	9.4	921	10.5	1029
			B 20 - 032	72.6	8.0	581	9.6	697	12.0	871	13.9	1009
			B 20 - 038	56.0	9.5	532	11.4	638	14.3	801	16.6	930
			B 20 - 044	47.5	11.0	523	13.2	627	16.5	784	18.8	893
			B 20 - 051	41.7	12.8	534	15.3	638	19.1	796	23.1	963
			B 20 - 064	32.3	16.0	517	19.2	620	24.0	775	27.5	888
			B 20 - 076	25.1	19.0	477	22.8	572	28.5	715	33.8	848
			B 20 - 089	22.0	22.3	491	26.7	587	33.4	735	39.7	873
			B 20 - 102	19.8	25.5	505	30.6	606	38.3	758	47.3	937
			B 20 - 116	18.1	28.8	521	34.5	624	43.1	780	52.5	950
			B 20 - 127	16.6	31.8	528	38.1	632	47.6	790	56.9	945
			B 20 - 139	15.1	35.0	529	42.0	634	52.5	793	62.1	938
			B 20 - 152	13.2	38.0	500	45.6	600	57.0	750	67.6	889
			B 20 - 305	6.1	76.3	465	91.5	558	114.4	698	143.4	875

Serie R (Rojo) - Carga Fuerte



Diámetro del orificio	Diámetro de varilla	L	Código	Rigidez	Deflexión 20% 3.000.000		Deflexión 25% 1.500.000		Deflexión máxima 30%		Deflexión al bloqueo aprox.	
					N/mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm
20	10	305	R 20 - 025	216	5.0	1080	6.3	1361	7.5	1620	8.3	1793
			R 20 - 032	168	6.4	1075	8.0	1344	9.6	1613	10.9	1831
			R 20 - 038	129	7.6	980	9.5	1226	11.4	1471	12.5	1613
			R 20 - 044	112	8.8	986	11.0	1232	13.2	1478	15.0	1680
			R 20 - 051	94.0	10.2	959	12.8	1203	15.3	1438	17.6	1654
			R 20 - 064	72.1	12.8	923	16.0	1154	19.2	1384	22.6	1629
			R 20 - 076	59.7	15.2	907	19.0	1134	22.8	1361	27.5	1642
			R 20 - 089	50.5	17.8	899	22.3	1126	26.7	1348	31.7	1601
			R 20 - 102	44.2	20.4	902	25.5	1127	30.6	1353	37.5	1658
			R 20 - 115	38.4	23.0	883	28.8	1106	34.5	1325	42.6	1636
			R 20 - 127	34.1	25.4	866	31.8	1084	38.1	1299	45.5	1552
			R 20 - 139	31.0	28.0	868	35.0	1085	42.0	1302	50.1	1553
			R 20 - 152	28.2	30.4	857	38.0	1072	45.6	1286	55.8	1574
			R 20 - 305	15.0	61.0	915	76.3	1145	91.5	1373	114.1	1712

Serie G (Amarillo) - Carga Extrafuerte

Diámetro del orificio mm	Diámetro de varilla mm	L (longitud) mm	Código	Rigidez N/mm	Deflexión 17% 3.000.000		Deflexión 20% 1.500.000		Deflexión máxima 25%		Deflexión al bloqueo aprox.	
					mm	N	mm	N	mm	N	mm	N
20	10	25	G 20 - 025	293	4.3	1260	5.0	1465	6.3	1846	6.9	2022
		32	G 20 - 032	224	5.4	1210	6.4	1434	8.0	1792	9.4	2106
		38	G 20 - 038	177	6.5	1151	7.6	1345	9.5	1682	12.0	2124
		44	G 20 - 044	149	7.5	1118	8.8	1311	11.0	1639	13.5	2012
		51	G 20 - 051	128	8.7	1114	10.2	1306	12.8	1638	16.2	2074
		64	G 20 - 064	99.0	10.9	1079	12.8	1267	16.0	1584	21.2	2099
		76	G 20 - 076	81.7	12.9	1054	15.2	1242	19.0	1552	24.7	2018
		89	G 20 - 089	69.5	15.1	1049	17.8	1237	22.3	1550	28.8	2002
		102	G 20 - 102	60.6	17.3	1048	20.4	1236	25.5	1545	34.8	2109
		115	G 20 - 115	53.0	19.6	1039	23.0	1219	28.8	1526	39.0	2067
		127	G 20 - 127	47.5	21.6	1026	25.4	1207	31.8	1511	43.0	2043
		139	G 20 - 139	43.0	23.8	1023	28.0	1204	35.0	1505	45.3	1948
		152	G 20 - 152	39.0	25.8	1006	30.4	1186	38.0	1482	50.4	1966
		305	G 20 - 305	21.2	51.9	1100	61.0	1293	76.3	1618	103.5	2194
		4.1 x 3.8										

Podemos obtener los siguientes datos para validar si el resorte seleccionado de cada serie cumple con las dimensiones que hemos prefijado, nos queda:

$$\Delta x_{azul} = \frac{F_{muelle}}{K_{azul}} = \frac{1666,6335}{47,5} = 35,087 \text{ mm} > 18,8 \text{ mm}$$

$$\Delta x_{rojo} = \frac{F_{muelle}}{K_{rojo}} = \frac{1666,6335}{112} = 14,8806 \text{ mm} > 15 \text{ mm}$$

$$\Delta x_{amarillo} = \frac{F_{muelle}}{K_{amarillo}} = \frac{1666,6335}{149} = 11,1854 \text{ mm} < 13,5 \text{ mm}$$

Como hemos podido observar en las tablas de cada uno de los resortes, el único que cumple con los requisitos anteriormente calculados es un resorte de la serie G (amarillo) - carga extrafuerte:

Diámetro del orificio mm	Diámetro de varilla mm	L (longitud) mm	Código	Rigidez N/mm	Deflexión 17% 3.000.000		Deflexión 20% 1.500.000		Deflexión máxima 25%		Deflexión al bloqueo aprox.	
					mm	N	mm	N	mm	N	mm	N
20	10	44	G 20 - 044	149	7.5	1118	8.8	1311	11.0	1639	13.5	2012

7.12. ELEMENTOS DE FIJACIÓN

Podemos decir que durante la operación de conformado de la matriz (cortar, doblar, embutir, aplanar, etc.), los elementos activos de la matriz han de estar debidamente sujetos para que nada pueda moverse o desplazarse. En muchos casos existen fuerzas no deseables que pueden actuar negativamente en contra del troquel y de las piezas, algunas de estas fuerzas son:

- Fuerzas longitudinales de compresión y tracción, las primeras originadas por la resistencia del material y las segundas al ser extraído este de los punzones.
- Fuerzas horizontales de expansión, originadas por el impacto de los machos sobre la matriz que tienden a desplazarla según la resultante de las diferentes fuerzas que actúan sobre ella.

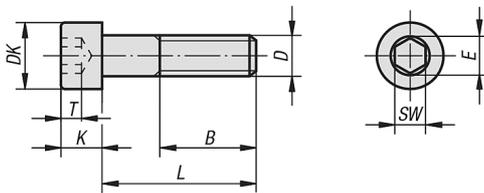
Para contrarrestar unas y otras fuerzas hemos de prever en nuestro útil la colocación de unos órganos de fijación y posicionamiento que mantengan la matriz adecuadamente sujeta durante su trabajo. Este menester lo veremos adecuadamente cumplido utilizando unos elementos de fijación y amarre como son los tornillos y pasadores.

Tornillos

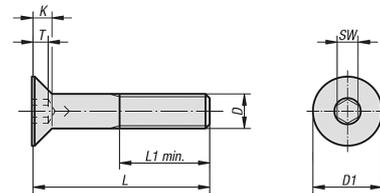
Los elementos de fijación que normalmente se utilizan en matricería son tornillos de rosca métrica de cabeza cilíndrica allen, aunque en ocasiones, y por el mínimo espesor de los elementos a sujetar, se utilizan también tornillos allen de cabeza cilíndrica de altura reducida, o tornillos allen de cabeza cónica. Los tornillos utilizados en matricería se fabrican en acero diferentes calidades.

El tipo de tornillo más utilizado en matricería es el tornillo allen ISO 4762 con hexágono interior y cabeza cilíndrica. La forma y dimensiones de estos tornillos la tenemos normalizada, siendo este modelo y el de cabeza cónica ISO 10642 los que mejor se adaptan a las necesidades de las matrices. Se fabrican en diferentes longitudes y los podemos encontrar en cualquier catálogo desde M3 a M22.

Son fabricados por estampación en frío y laminado de rosca, y el material utilizado es aceros al carbono, muy adecuados para resistir fuertes cargas de tracción y para ser montados en zonas de poco espacio.



*Tornillo Cabeza Cilindrica con Hexagono Interior
(ISO 4762)*



*Tornillo Cabeza Conica con Hexagono Interior
(ISO 10642)*

Los tornillos allen no han de ir templados sino todo lo contrario, pues si bien tendríamos más resistencia perderíamos resiliencia y aumentaría la fragilidad, los hilos de rosca quebrarían con facilidad y su funcionalidad quedaría mermada.

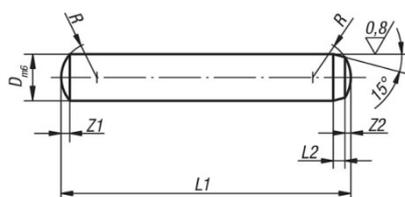
La consecución de la rosca se hace por laminación en frío y sin arranque de viruta, lo que le da una cohesión molecular a la masa altamente resistente. El hexágono interior para el asentamiento de la llave se obtiene también por estampado en frío, lo cual le da gran resistencia y rigidez.

Pasadores o Clavijas

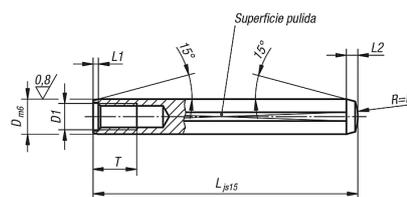
Consisten en unas varillas o columnillas cilíndricas, de acero templado y rectificado. Estos elementos son utilizados para posicionar e inmovilizar las piezas implicadas en los esfuerzos de expansión mencionados anteriormente; no obstante, en ciertos casos, estas fuerzas son muy elevadas y para asegurarnos los encajaremos en una placa o cajera que hará las funciones de reacción. De esta manera, no obligamos a los pasadores a soportar totalmente las fuerzas de expansión, sino que es la propia placa cajera la que se encarga de hacerlo. En este detalle podemos apreciar la importancia que tiene el dimensionar adecuadamente el diámetro de los pasadores de posicionamiento.

Los pasadores cilíndricos de posicionamiento los encontramos normalizados en cualquier proveedor de normalizados. En todos los casos, su forma es casi la misma y los más comunes son:

- Pasadores cilíndricos macizos (ej. ISO 8734).
- Pasadores cilíndricos con rosca interior (ej. ISO 8735).



Pasador Cilindrico (ISO 8734)



Pasador Cilindrico (ISO 8735)

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

Los del segundo grupo se utilizan para el posicionado de piezas con agujeros ciegos o bien, para el posicionado de diversos elementos pesados de troquelera (en donde es muy engorroso el volteo de las herramientas). Estos pasadores llevan practicados un agujero roscado en su eje, cuya finalidad es la de poder extraer el pasador del alojamiento ciego. Además, se les mecaniza un pequeño plano a lo largo de sus superficie lateral, para favorecer la salida del 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 alguna.

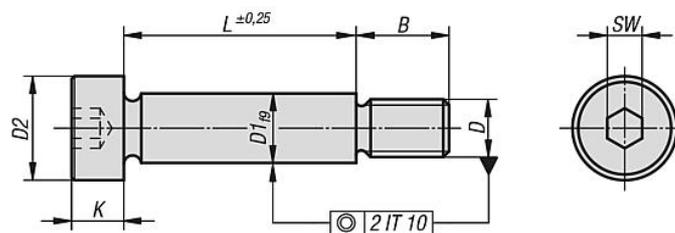
El modo de operación es el siguiente: el extractor de clavijas está dotado de una tija con un adaptador cuyo extremo lleva una rosca, la misma que tenga el pasador, al cual será enroscado. La empuñadura del extractor no es más que un casquillo deslizante sobre una varilla mediante el cual el operario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

Los agujeros para el alojamiento de los pasadores debemos mecanizarlos cuidadosamente poniendo especial atención a las tolerancias de acabado. En primer lugar deben puntearse y agujerarse a una medida inferior de su nominal (aprox. 2 - 3 mm), después repararlos a la medida de acabado (menos 0.25 mm) y finalmente mandrinarlos a la medida nominal.

En caso de no disponer de medios que garanticen la exactitud entre el posicionamiento de unos y otros agujeros, lo más adecuado es proceder a agujerear varias placas entre sí y posteriormente posicionarlas prácticamente en la matriz.

Tornillos Limitadores

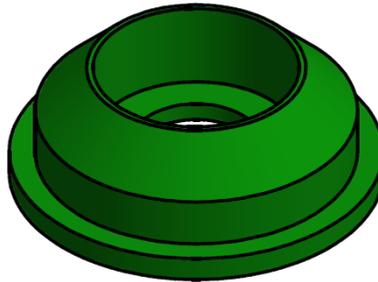
Son unos tornillos fabricados en acero tratado y rectificado que se utilizan como guía de los elementos elásticos (resortes helicoidales) de las matrices con pisador. A la vez, cuando la matriz está abierta, son los elementos responsables de mantener la parte móvil del utillaje formando un solo bloque.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



Tornillo Limite (ISO 7379)

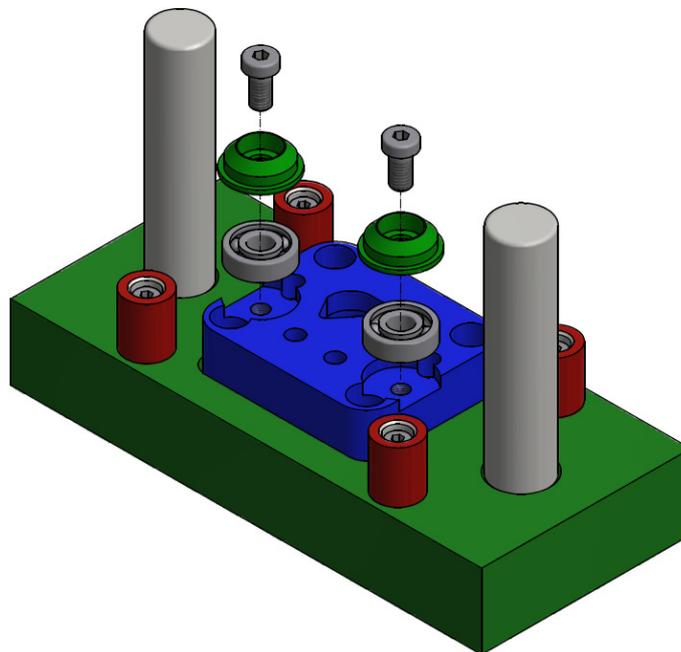
IMPLEMENTACIÓN NOVEDAD

En este proyecto hemos querido llevar a cabo la innovación del sistema de guiado de la banda en el troquel. En el diseño de fabricación de nuestras guías banda hemos optado por una opción más sencilla que el montaje de una regleta que guíe la banda durante todo el recorrido por el interior de la matriz, nuestro sistema de guiado consistirá en un rodete a cada lado de la entrada del troquel que posicionara la banda únicamente en su tramo inicial para la posterior ejecución del proceso de corte. Hemos de comentar que esta opción es válida ya que nuestra matriz es de un tamaño pequeño en el que solo intervienen dos operaciones de corte para la obtención de la pieza final.



Además de llevar los rodetes para impedir el movimiento longitudinal de la banda, se incorporara al sistema de guiado un rodamiento de bolas que bloqueara el movimiento transversal de la banda y facilitara el flujo continuo de la banda al troquel.

A continuación se muestra una imagen del montaje del sistema de guiado de la banda:



El montaje de los rodetes guía banda se realiza sobre unos alojamientos mecanizados en la placa matriz, se colocara cada uno de los rodetes sobre un rodamiento de bolas que permitirá el movimiento de rotación de los rodamientos durante los ciclos de trabajo de la matriz, con lo que conseguiremos:

- Obtener una mayor vida útil de las guías banda.
- Evitar enganches durante el enhebrado de la banda.
- Facilitar el paso continuo de la banda durante todo el proceso de trabajo.

TRABAJO FUTURO

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 conveniente montar elementos normalizados allí donde las características de la matriz lo permita aunque su coste sea ligeramente superior al de la pieza fabricada.

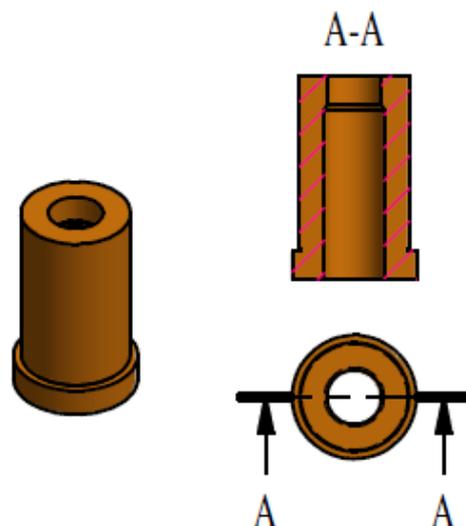
El campo de aplicaciones de los productos normalizados es cada vez mayor, debido en gran parte al ahorro de tiempo que representa el comprarlos ya fabricados a medida en vez de tenerlos que mecanizar nosotros mismos.

Por ello, como una de los posibles mejoras a suplementar en el estado actual del proyecto de la matriz, se podría incorporar el uso de casquillos de corte para realizar los punzonados interiores de diámetro 7,5 mm. Algunas de las ventajas de incorporar estos elementos normalizados son:

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

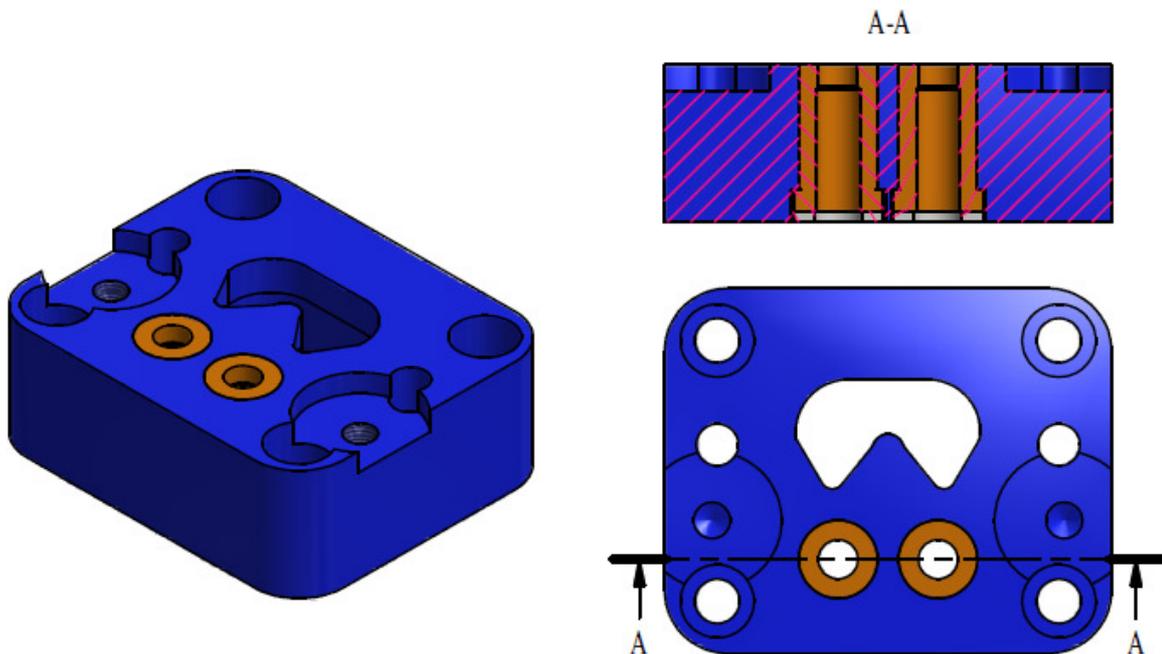
En placas matrices donde se efectúan punzonados o grupos de punzonados distanciados o por el contrario muy próximos, podemos ahorrar construir toda la placa en el material específico que como sabemos ha de ser, principalmente, de buena calidad e indeformable, para confeccionarla en material de otra calidad menos cara y de menor responsabilidad como puede ser en acero de construcción al carbono, tipo semiduro; en estos casos insertamos postizos en la zonas correspondientes a los punzonados, en material adecuado al de las matrices propiamente dichas.

Esta solución además de ofrecernos cierta economía de material, nos resulta muy practica a la hora de corregir cualquier deficiencia producida durante la operación de trabajo del útil.



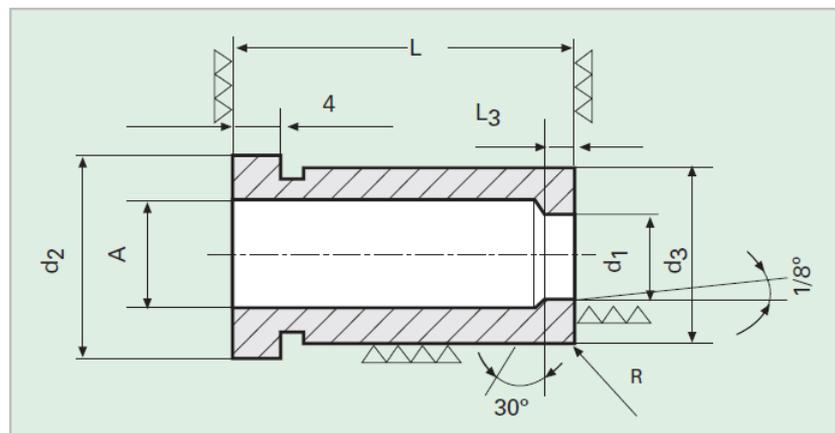
El proceso de fabricación de los casquillos de corte en la incorporación a una placa matriz puede ser como detallamos a continuación, en primer lugar mecanizamos los casquillos totalmente, incluyendo el tratamiento térmico de temple y revenido y el rectificado de los diámetros interior de trabajo y el exterior de ajuste. Después cepillamos la placa alojadora y mandrinamos los taladros para el alojamiento de los casquillos; una vez alojados estos en la placa, rectificamos todo el conjunto por ambas caras con el fin de asegurar una completa alineación.

En la siguiente imagen se muestra la inserción de los casquillos de corte en la placa matriz:



Al igual que los punzones, los casquillos de corte homologados se fabrican en una amplia gama de formas y medidas, siendo los casquillos de perímetro de corte circular los más utilizados. Los sistemas de fijación a la placa son los mismos que se utilizan para los punzones. A continuación hemos elegido los casquillos de corte con valona de un catalogo de elementos normalizados de matriceria de la marca *CYEM*, que presenta las siguientes características técnicas:

Casquillo de Corte con Valona Modelo B - DIN 172- Ø7,5 x 28



Material:	Dureza
WS	60± HRC
HSS	64± HRC

d ₁ H ₈	d ₃ k ₆	d ₂	A _{s,1}	R	L ₃	Escalonado	L	
							20	28
7,1 - 8	15	17	d ₁ + 0,7	0,8	4	0,10	•	•

El ajuste H7/k6 que se aplicara entre el casquillo de corte y el alojamiento mecanizado en la placa matriz será un posicionamiento de transición o ajuste intermedio, es decir, un posicionamiento de precisión, un compromiso entre el juego y la interferencia.

A continuación mostramos el ajuste que obtenemos al aplicar las dos medidas límites para cada uno de los elementos, según norma ISO 286, tomando como referencia el diámetro de 15 mm, siendo estas:

- Casquillo de Corte - 15k6:
 - Medida Máxima (d_{max}): 15,012 mm.
 - Medida Mínima (d_{min}): 15,001 mm.
- Placa Matriz - 15H7:
 - Medida Máxima (D_{max}): 15,018 mm.
 - Medida Mínima (D_{min}): 15 mm.

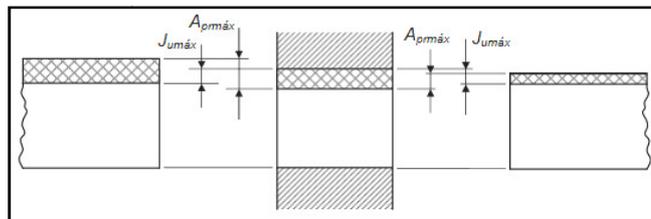
El ajuste oscilara entre dos valores extremos que serán:

- Ajuste máximo (A_{max}). Es la diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje. Obtenemos apriete, dado que la diferencia es negativa.

$$A_{max} = D_{min} - d_{max} = 15 - 15,012 = -0,012 \text{ mm} = -12 \mu\text{m}$$

- Ajuste mínimo (A_{min}). Es la diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje. Obtenemos juego, dado que la diferencia es positiva.

$$A_{min} = D_{max} - d_{min} = 15,018 - 15,001 = 0,017 \text{ mm} = 17 \mu\text{m}$$



BIBLIOGRAFÍA

- Diseño de matrices de J.R. Paquin.
- Tratado de matriceria de Antonio Florit.
- Estampado en frío de la chapa de Mario Rossi.
- Profundos conocimientos en matriceria de J. Blanco A.
- Estampado y prensado a máquina de J. Billigmann y H.D. Feldmann.
- Centro tecnológico ASCAMM:
 - Mantenimiento de matrices.
 - Defectos en piezas matrizadas.
 - Técnicas de corte y punzonado.
 - Descripción y análisis de matrices.
 - Introducción a la tecnología de las matrices.



Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	125	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	27	páginas

La Almunia, a 9 de Febrero de 2018

Firmado: Daniel Martínez Orna



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:
424.17.49

Director:
Eugenio Eladio
Martínez Asensio

Fdo:

Título TFG:

Diseño de una Matriz

Autor:

Daniel Martínez Orna

09/02/2018



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:
424.17.49

Director:
Eugenio Eladio
Martínez Asensio

Fdo:

Título TFG:

Diseño de una Matriz

Autor:

Daniel Martínez Orna

09/02/2018



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

Diseño de una Matriz

Matrix Design

424.17.49

Autor: Daniel Martínez Orna
Director: Eugenio Eladio Martínez Asensio
Fecha: 09/02/2018

