

2. Tecnología de Producción

Area de Estampado y Troquelado

Tomo II



TOMO II

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA
ESENCIAL PARA LA INDUSTRIA DE
SOPORTE EN MEXICO

TECNOLOGIA DE PRODUCCION

AREA DE ESTAMPADO Y
TROQUELADO

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Santiago de Querétaro, 1999

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA ESENCIAL PARA LA INDUSTRIA DE SOPORTE EN MEXICO.

TECNOLOGIA DE LA PRODUCCION, AREA DE ESTAMPADO Y TROQUELADO.

TECNOLOGIA DEL TRABAJO DE PRENSA

TOMO 2

INDICE	Pag.
1. Trabajo de prensa. Diseño de la automatización.	1
1.1 Tipos de automatización de los trabajos de prensa.	1
1.2 Planeación de la automatización para el trabajo de prensa.	2
1.3 Automatización de uniproseso.	2
1.3.1 Alimentación por cargador.	2
1.3.2 Método de descarga (take out).	5
1.3.3 Tiempo de operación del cilindro neumático.	11
1.4 Automatización de procesos múltiples(modos a).	16
1.5 Automatización de procesos múltiples(modos b).	17
1.5.1 Sistema del trabajo progresivo.	20
1.5.2 Fuerza de tensión y de agarre de la curva del material en rollo.	21
2. Diseño del troquel progresivo.	23
2.1 Pasos a seguir para el diseño del troquel y su diagrama de flujo.	23
2.2 Detalles del diseño del proceso.	25
2.3 Revisión del plano del producto.	26
2.4 Flujo del producto en el trabajo.	27
2.5 Desglose del proceso.	28
2.6 Diseño detallado del proceso 1.	28
2.7 Diseño detallado del proceso 2.	29
2.8 Diseño de la estructura del proceso.	30
2.9 Diseño del proceso del trabajo 1.	30
2.10 Diseño del proceso del trabajo 2.	31
2.11 Diseño del plano de ensamble.	32
2.12 Diseño del plano de ensamble (continuación).	33

3. Antes de estudiar el troquel progresivo.	34
3.1 Consideraciones del herramental para operaciones manuales.	34
3.1.1 Forma del material para el trabajo.	34
3.1.2 Método de alimentación manual.	34
3.1.3 Estructura del troquel.	35
3.1.4 Condiciones de la operación de prensa.	39
3.1.5 Tipos de trabajo de prensa.	40
3.1.6 Modo de optimización del material.	41
3.2 Tope para registrar la posición del troquelado ida y vuelta.	45
4. Elementos básicos utilizados en los herramentales progresivos.	46
4.1 Estructuras.	46
4.1.1 Estructuras básicas.	48
4.1.2 Fijación del herramental.	49
4.2 Diseño de la guía de materiales.	50
4.2.1 Placa botadora móvil.	50
4.2.2 Placa botadora fija.	51
4.2.3 Placa botadora móvil.	51
4.2.4 Detalles sobre la guía del perno elevador.	51
4.2.5 Precauciones en cuanto a la colocación.	52
4.2.6 Modo de empleo del elevador.	52
4.2.7 Detalles sobre la placa botadora fija.	53
4.3 Tope inicial.	53
4.3.1 Tope inicial.	53
4.3.2 Tope inicial con el perno elevador.	54
4.4 Punzón piloto.	55
4.4.1 Piloto fijo.	55
4.4.2 Piloto móvil.	55
4.4.3 Piloto directo.	55
4.4.4 Formas de la punta del punzón piloto.	56
4.4.5 Condiciones para el uso del punzón piloto.	60
4.5 Guía de empuje.	59

4.6	Cortador lateral.	60
4.6.1	Modo de empleo del cortador lateral.	61
4.6.2	Modo de empleo del perno de la placa botadora.	63
5.	La prueba del material y el formado del mismo por prensa.	64
5.1	Tipo de la deformación en el trabajo de prensa y el modo de defectos.	64
5.2	Influencia que tiene el atributo del material sobre defectos de formación de prensa.	65
5.3	Defectos típicos en productos prensados y sus contra medidas.	67
6.	Herramental tipo tandem.	75
6.1	Trabajo progresivo sencillo.	75
6.1.1	Forma de pensar el plano del arreglo.	75
6.1.2	Distribución de la silueta. (optimización de la tira).	76
6.1.3	Desglose del proceso y distribución de la tira.	77
6.1.4	Diseño de la estructura de la máquina.	78
6.1.5	Diseño del componente.	83
7.	Condiciones para la distribución en tira.	85
7.1	Bases para la distribución en tira.	85
7.2	Diseño del punzón de corte externo (out cut).	87
7.3	Medidas para el punto de encuentro (matching).	90
7.4	Medidas contra el registro de residuos.	93
7.5	Trabajo de partes extremadamente pequeñas.	95
7.6	Micro trabajo.	96
7.7	Trabajos de barrenos con chaflán prensado.	98
7.8	Trabajo de ranurado (slit) y chaflán prensado.	99
8.	Pruebas mecánicas para la materia prima.	101
8.1	Pruebas de tensión para obtener los valores de n y r.	101
8.2	Obtención de la extensión total después de la prueba.	103
8.3	Obtención del valor r.	104
8.4	Obtención del valor n.	105
8.5	Calculo del rebote spring back.	109
9.	Troquel progresivo de doblado.	110

9.1	Trabajo de doblado progresivo.	110
9.1.1	Forma de pensar el plano del arreglo.	110
9.1.2	Dobleza de ambos lados.	118
9.1.3	Dobleza de ambos lados especial.	118
9.1.4	Desarrollo de la silueta de doblez z.	120
10.	Dobleses cuadrado y redondo.	122
10.1	Dobleza cuadrado.	122
10.1.1	Distribución en tira.	123
10.1.2	Estructura de la matriz.	124
10.2	Dobleza redondo.	126
10.2.1	Trabajo del doblez redondo.	126
10.2.2	Trabajo de enrollado.	130
10.2.3	Método para utilizar el "cam slide".	134
11.	Principio a considerar para diseñar el nivelador.	135
11.1	Determinación del diámetro del rodillo.	135
11.1.1	Numero de rodillos del nivelador.	135
11.1.2	Determinación del diámetro del rodillo.	135
11.2	Torque propulsor y fuerza motriz.	138
12.	Rebote (spring back) en el doblez de barras.	141
12.1	Momento de doblez.	141
12.2	Esfuerzo de doblez.	141
12.3	Fuerza de trabajo.	141
12.4	Rebote (spring back).	142
13.	Troquel progresivo para embutido (drawing progressive die).	143
13.1	Forma de tomar la silueta y posición del piloto.	143
13.1.1	Sistema de reloj de arena (hour glass system).	143
13.1.2	Sistema de hendidura de lanza (lance system).	144
13.2	Distribución de la tira (lance sytem).	145
13.3	Dirección vertical del trabajo.	146
13.4	Estructura del herramental.	149
13.5	Embutido de cilindro con cejas (ejemplo de trabajo de embutido).	150

13.6 Embutido de cilindro con cejas (en caso del embutido profundo).	157
13.7 Embutido del cilindro sin ceja.	161
13.7.1 Embutido somero.	161
13.7.2 Embutido profundo.	164
14. Embutidos especiales.	169
14.1 Embutidos especiales.	169
14.1.1 Embutido revertido I .	169
14.1.2 Embutido revertido II.	172
14.2 Embutido cónico.	174
14.3 Embutido cuadrado.	176

Capítulo 1

Diseño de la automatización del trabajo de prensa.

1.1 Tipos de automatización de los trabajos de prensa.

- Automatización de proceso sencillo (cargar-descargar).
- Automatización de procesos múltiples o combinados.
 - a) Trabajo progresivo.
 - b) Trabajo de transfer (incluye robots).

La figura 1-1 muestra de forma esquemática los puntos importantes del círculo del cigüeñal.

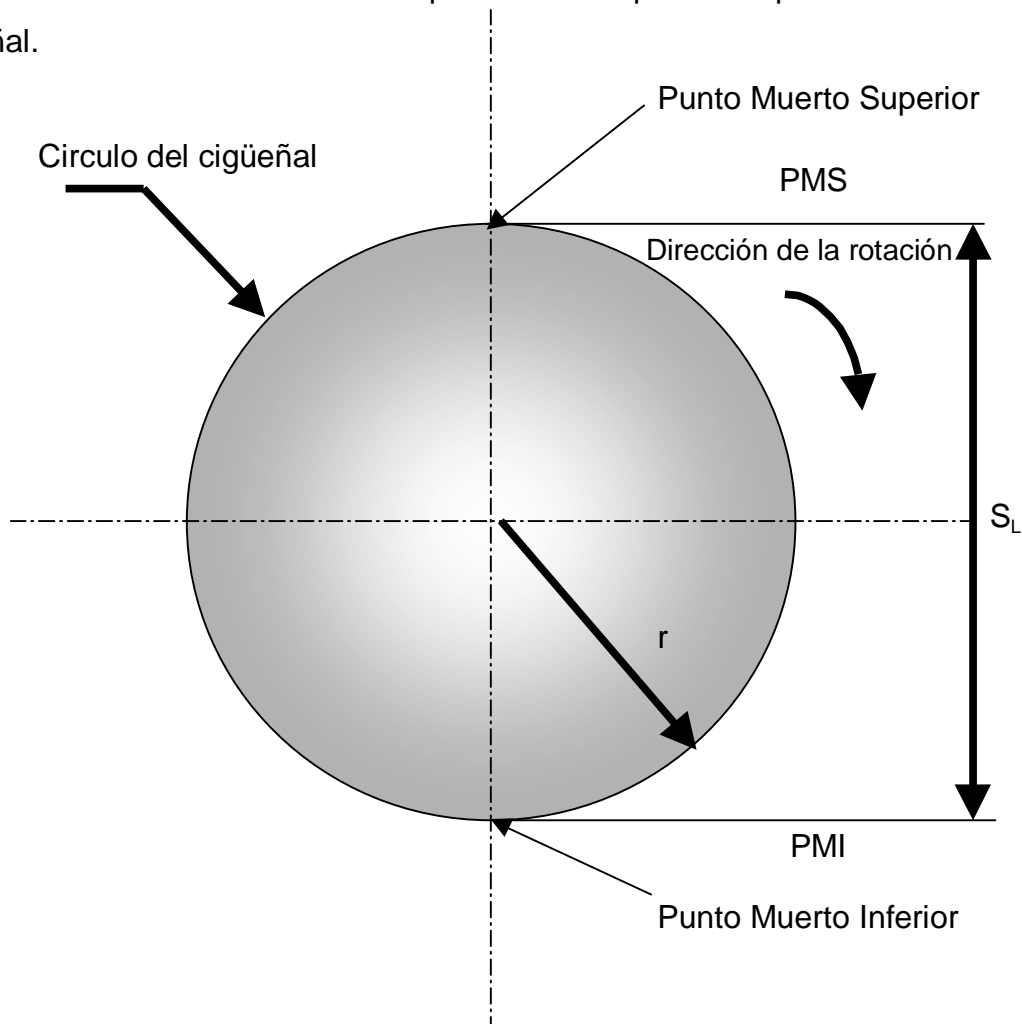


Figura 1-1. Círculo del cigüeñal.

1.2 Planeación de la automatización para el trabajo de prensa.

Para establecer las condiciones de alimentación se hace el diseño sobre el círculo del cigüeñal y se deciden las condiciones de operación, generalmente como siguen:

- Operación continua.
- Operación continua limitada.
- Sistema "press master" y sistema "feed master".

1.3 Automatización de uniproceto.

1.3.1 Alimentación por cargador (cargar).

- Alimentación por empuje ver figura 1-2.

El rango de aplicación para este tipo de cargador es con siluetas cortadas, con espesor mínimo de 0.6 mm.

El grado de inclinación debe ser se acuerdo al rango de $15^\circ < \alpha^\circ < 30^\circ$

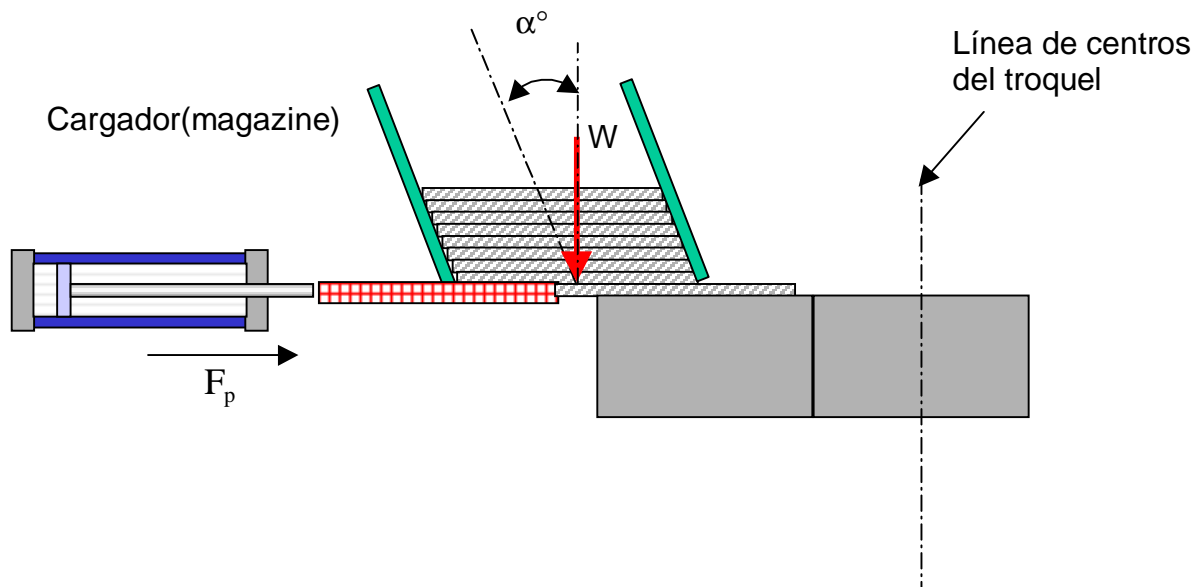


Figura 1-2 Sistema de alimentación por empuje.

Se calculan la condiciones dinámicas de acuerdo a la siguiente formula:

$$F_p = \mu W \cos \alpha^\circ \text{ (Kgf)}$$

b) Alimentación por apilado (stacker).

Se utiliza para materiales delgados y que se puedan mover por magnetismo, según figura 1-3.

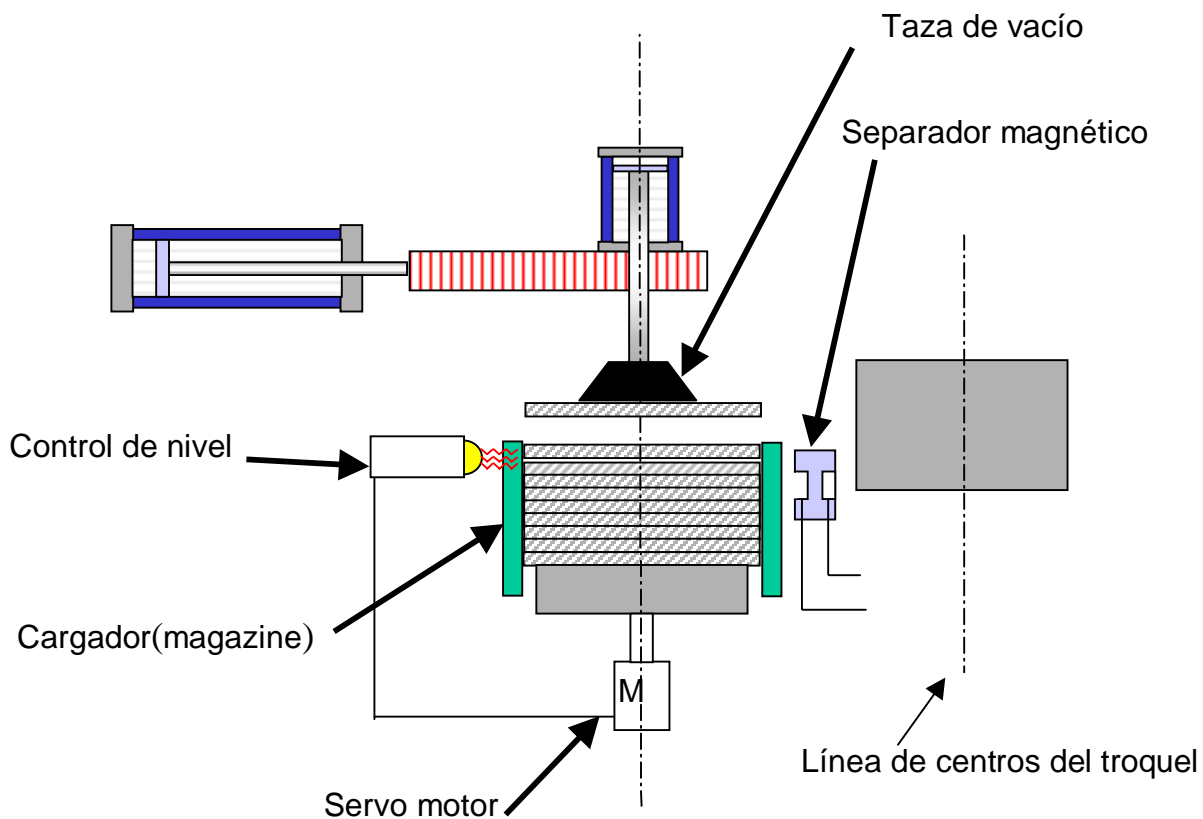


Figura 1-3 Sistema de alimentación por apilado.

c) Tiempo de alimentación:

Tiempo en el cual se utiliza el movimiento del cigüeñal de la prensa para preparar y alimentar el material de trabajo y el cual puede ser en forma adelantada o en forma posterior y de la cual se presenta a continuación en la figura 1-4.

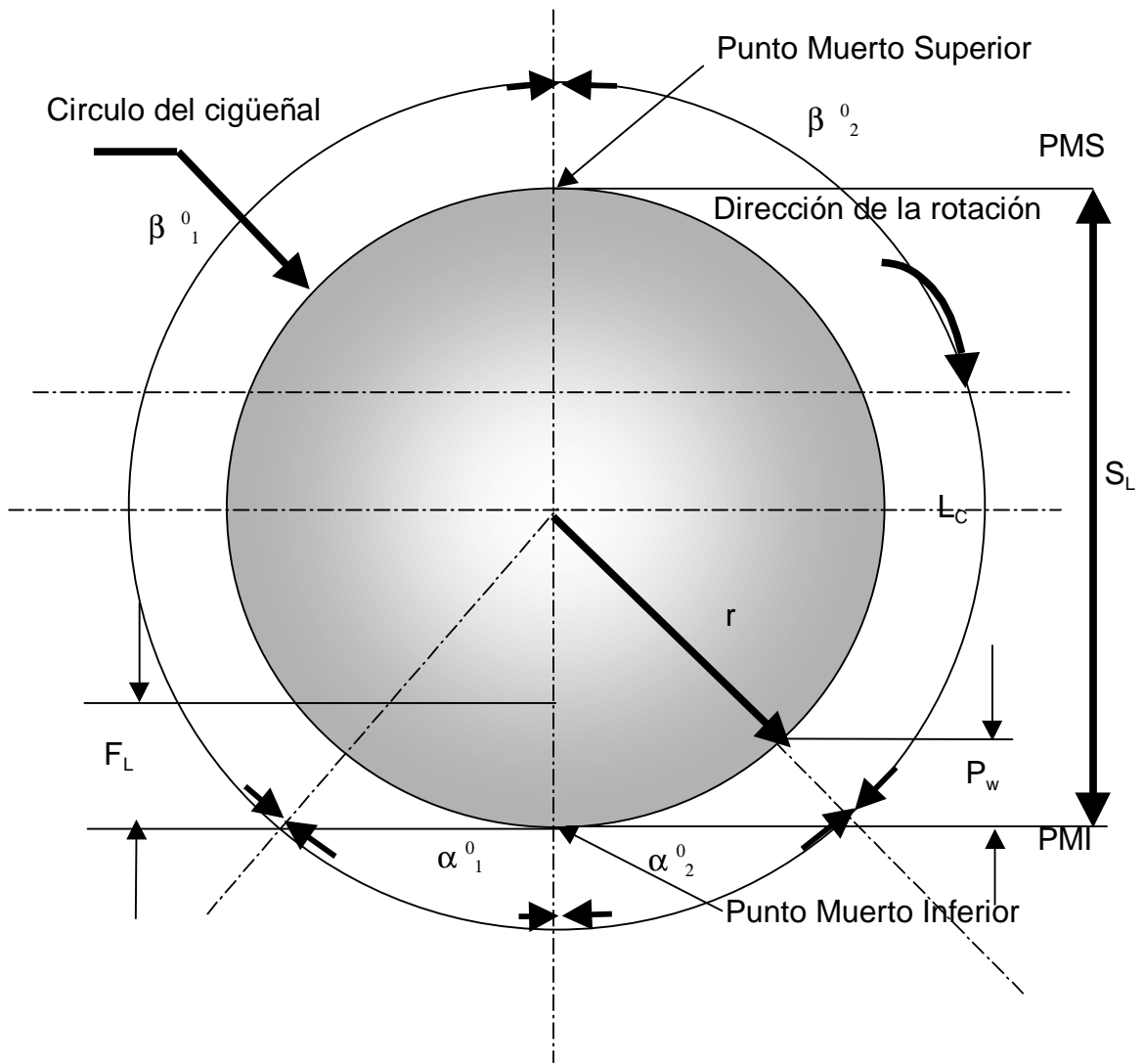
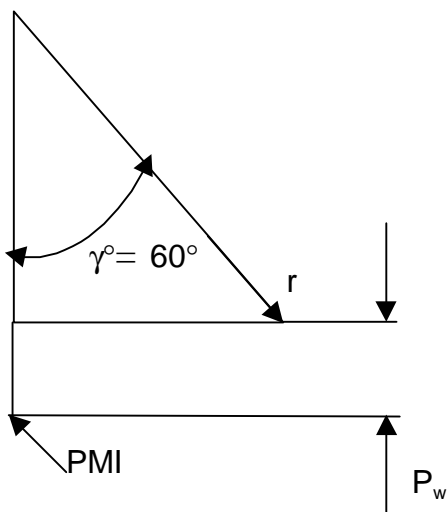


Figura 1-4 Sistema del tiempo de alimentación.

P_w = altura de trabajo

F_L = Nivel de alimentación aproximadamente 1/5 de S_L



$$P_w = r (1 - \cos \gamma) = 0.5 r$$

$$r = \frac{S_L}{4}$$

$$P_w = 0.5 \left(\frac{S_L}{2} \right) = \frac{S_L}{4}$$

•

1.3.2.-Método de descarga (take out).

- a) Expulsión por aire para piezas con un máximo de 100 gf. El cual se presenta a continuación en la figura 1-5 y figura 1-6.

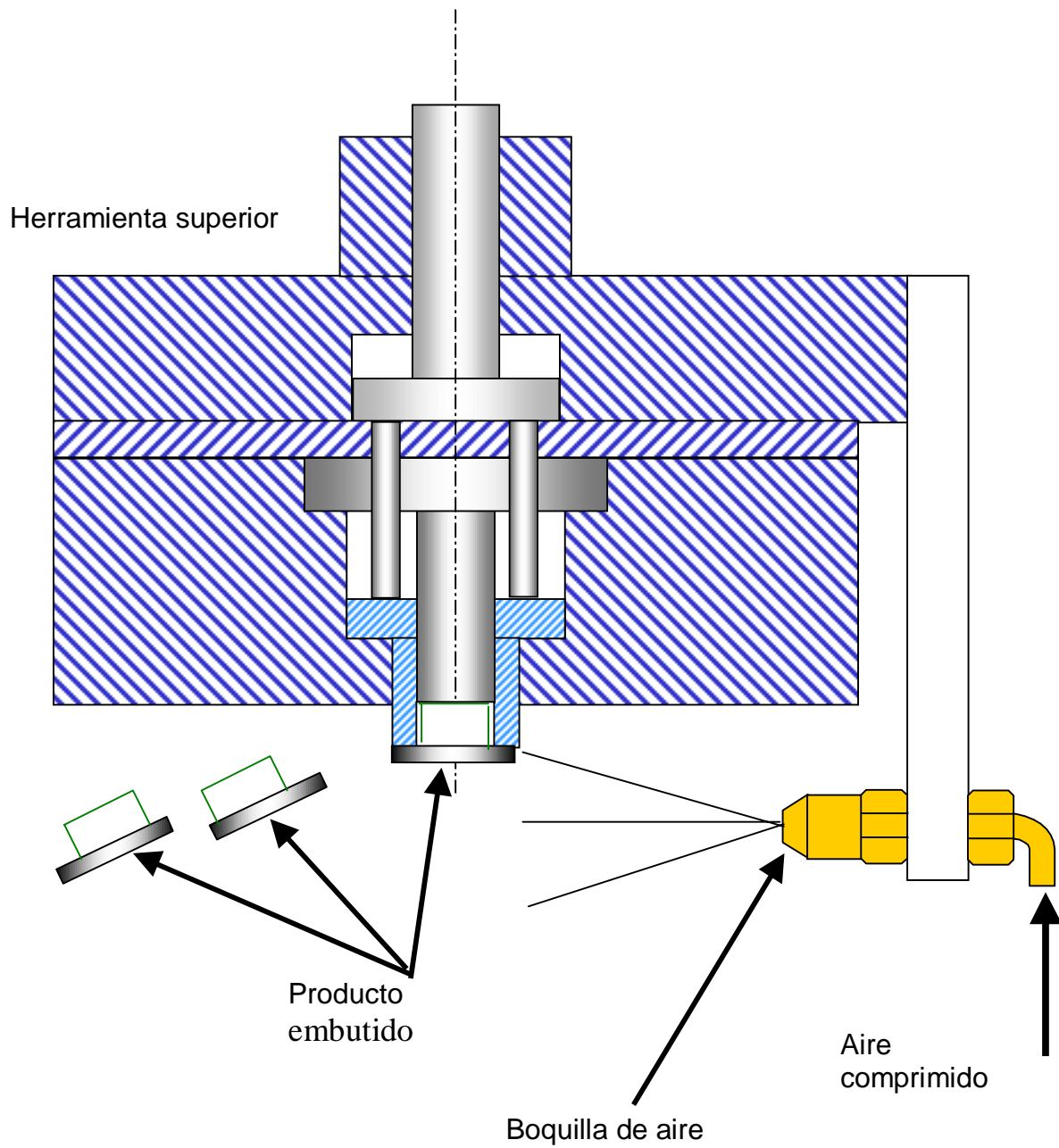


Figura 1-5 Sistema de expulsión por aire.

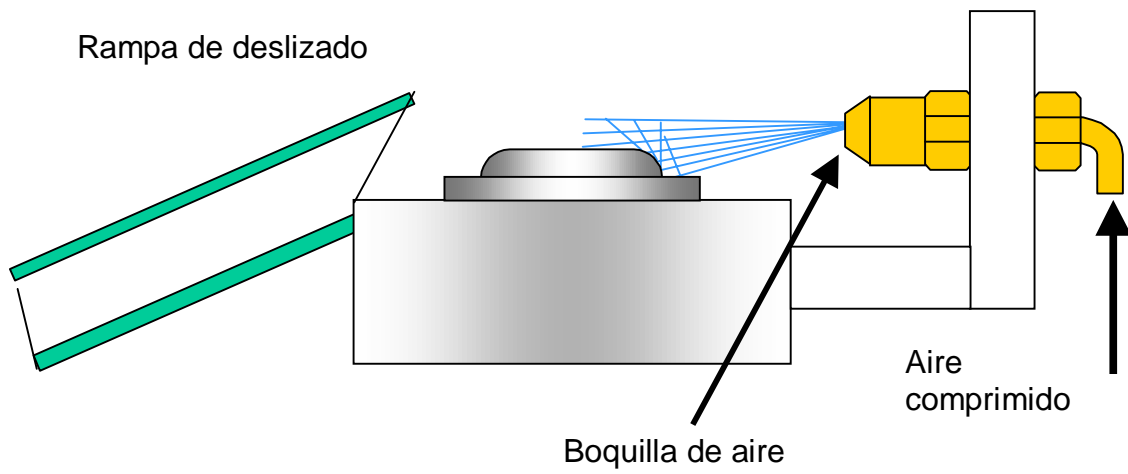


Figura 1-6 Sistema de expulsión de aire con rampa de deslizamiento.

Forma de las boquillas.

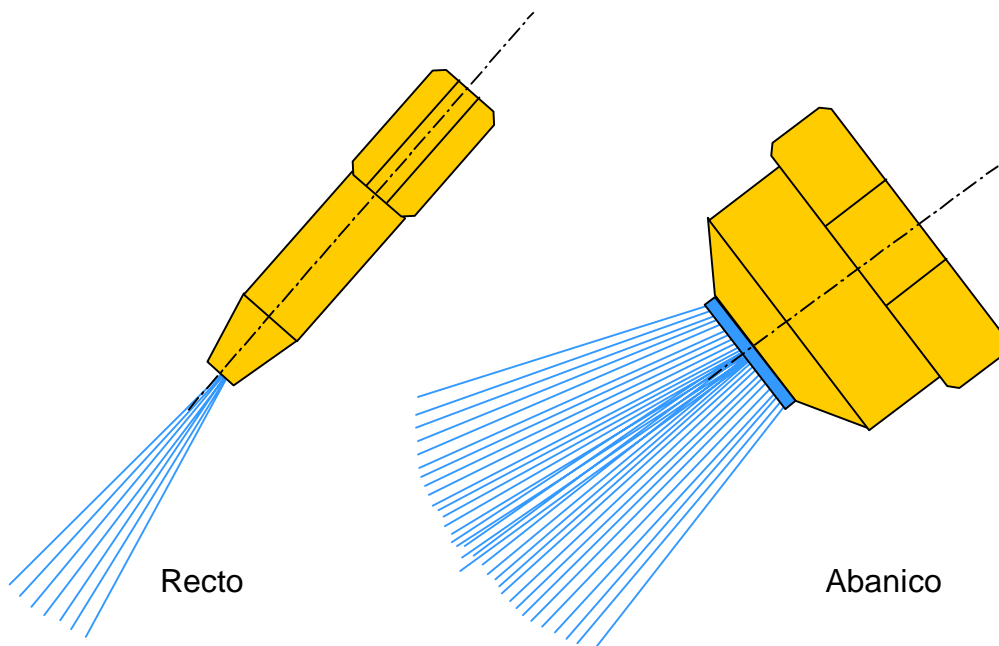


Figura 1-7 Forma de las boquillas.

b) Descargadores.

- Descargador mecánico con rampa botadora y deslizador el cual se presenta en la figura 1-8.

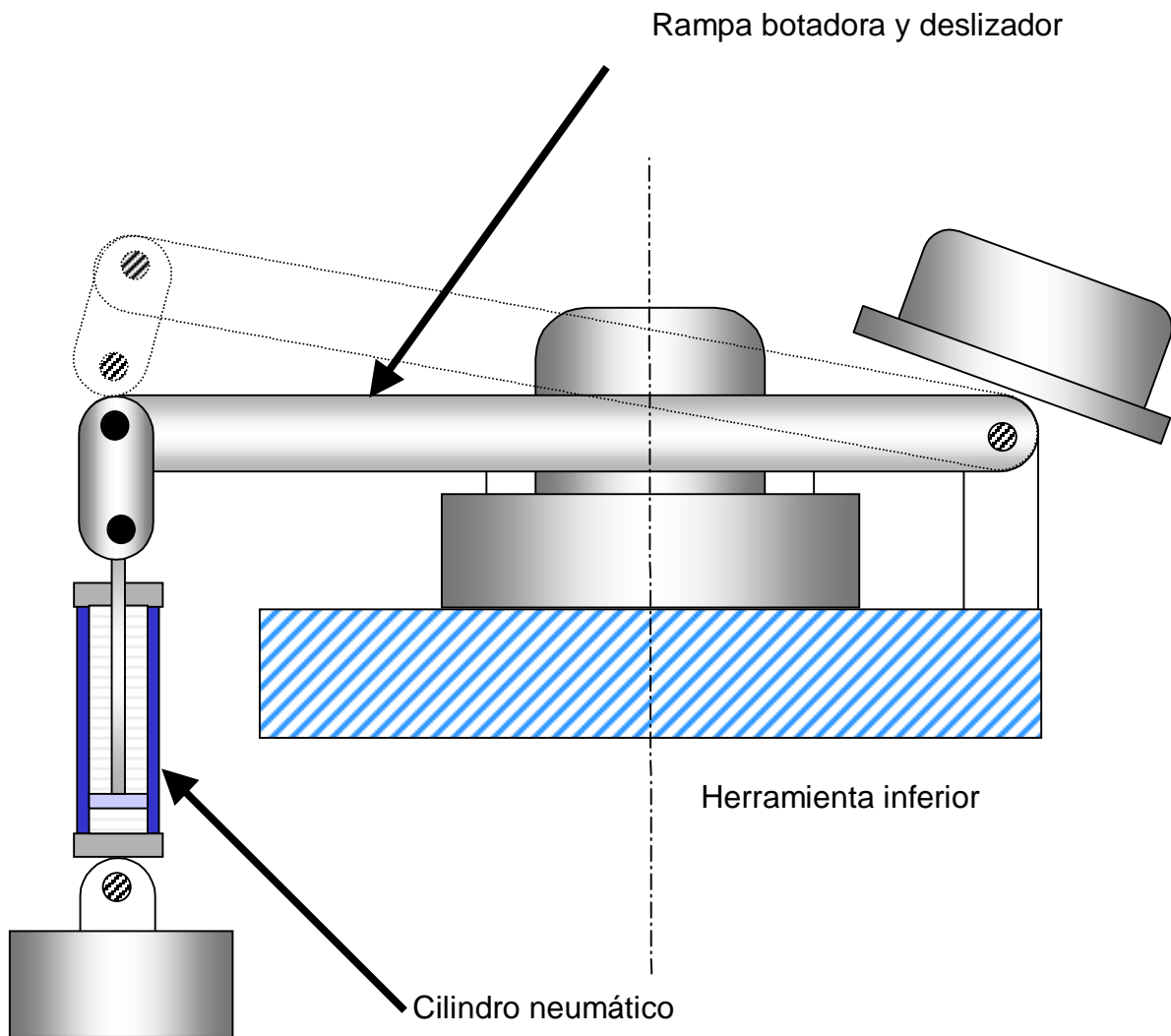


Figura 1-8 Descargador mecánico.

- Descargador mecánico con pistón neumático ver la siguiente figura 1-9.

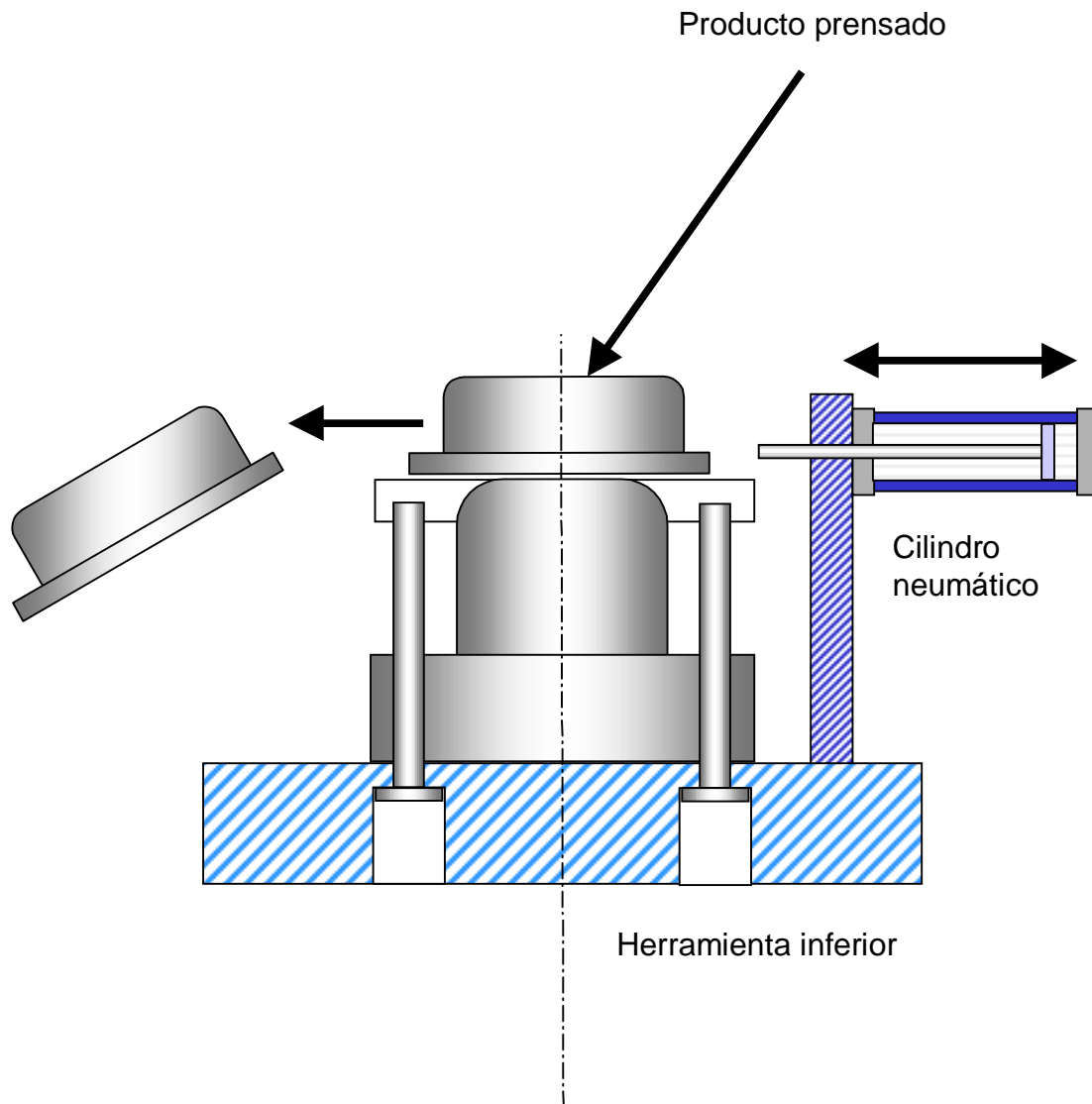


Figura 1-9 Descargador mecánico con pistón neumático.

- Descargador de rampa deslizadora con pistón neumático en la figura 1-10.

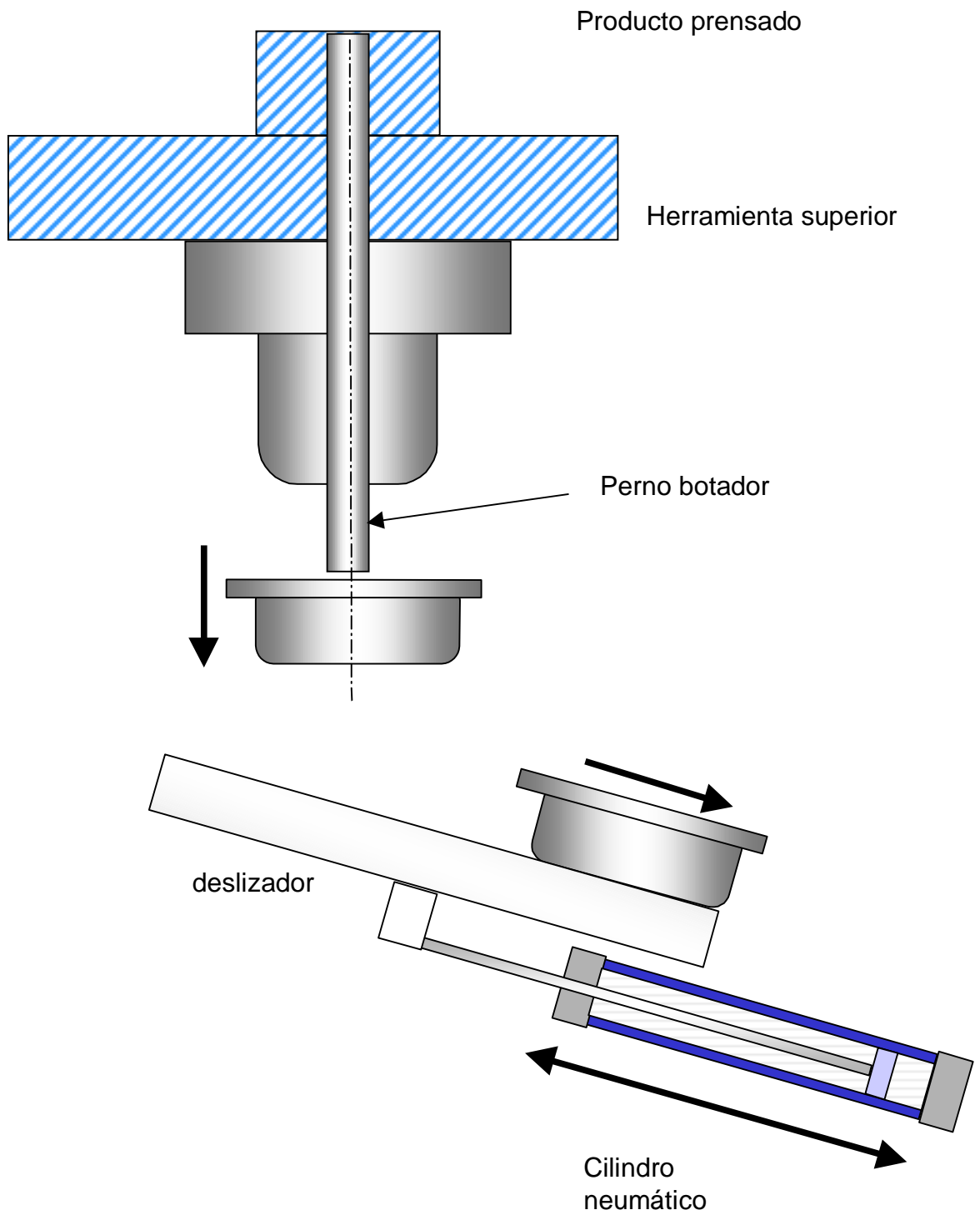


Figura 1-10 Descargador de rampa deslizadora con pistón neumático.

c) Tiempo de descarga : Tiempo en el cual se utiliza el movimiento del cigüeñal de la prensa para descargar y alimentar el material de trabajo y el cual puede ser en forma adelantada o en forma posterior y de la cual se presenta a continuación un esquema figura 1-11 .

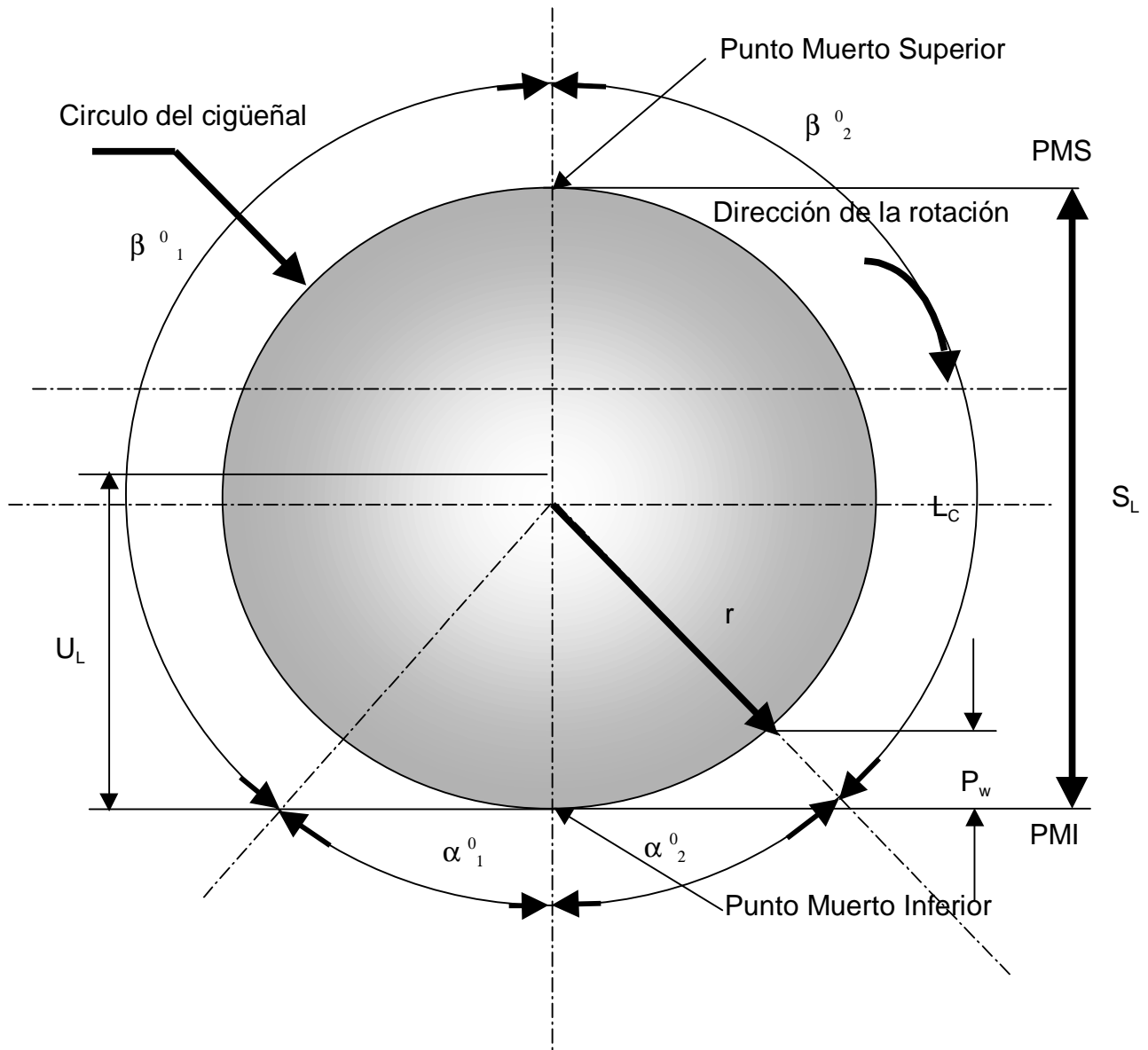
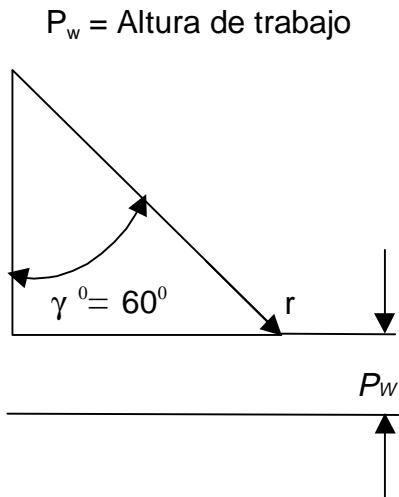


Figura 1-11 Sistema del tiempo de descarga.



$$P_w = r (1 - \cos \gamma) = 0.5 r$$

$$r = \frac{S_L}{4}$$

$$P_w = 0.5 \left(\frac{S_L}{4} \right) = \frac{S_L}{4}$$

1.3.3 Tiempo de operación del cilindro neumático.

a) Especificaciones del cilindro neumático ver figura 1-12.

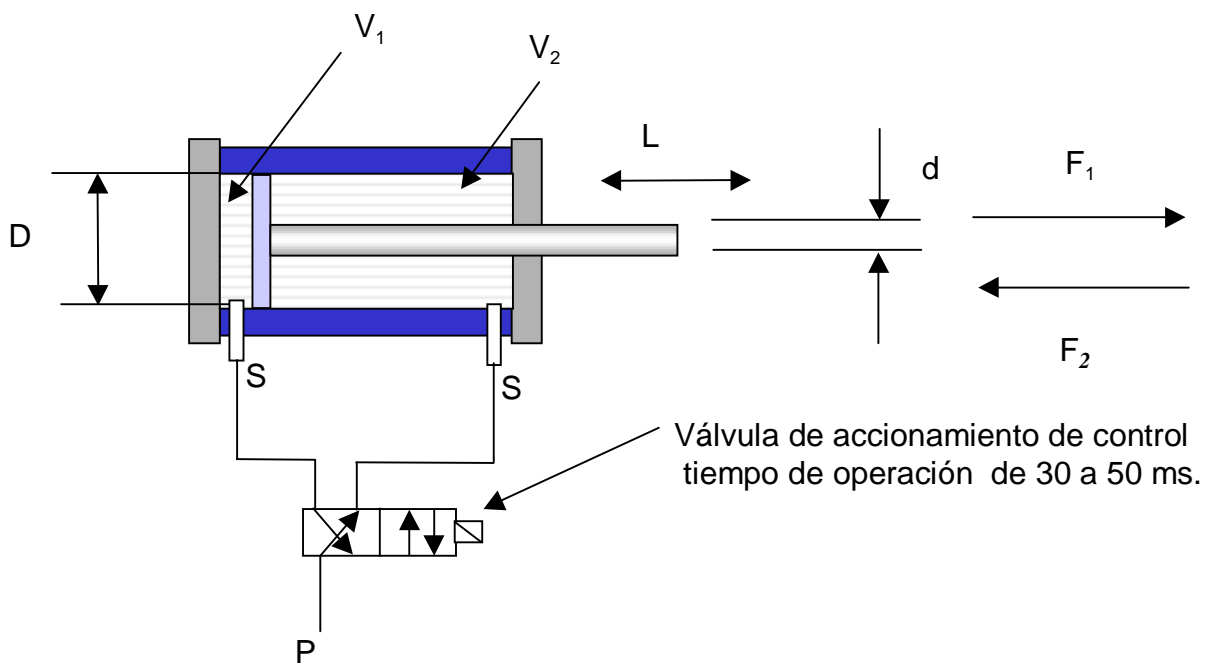


Figura 1-12 Especificaciones del cilindro neumático.

V_1 : Volumen del cilindro al avance

V_2 : Volumen del cilindro en retroceso.

S : Sección transversal del conducto de alimentación y desfogue del cilindro. (mm^2)

L: Carrera de trabajo a recorrer por el vástago del cilindro. (cm.)

P : Presión de trabajo. (kgf./cm^2)

D: Diámetro del cilindro. (cm.)

d: Diámetro del vástago (cm.)

F_1 : Fuerza de accionamiento en el avance. (kgf)

F_2 : Fuerza de accionamiento en el retroceso(kgf)

b) Salida teórica y velocidad.

$$F_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 \cdot p) \quad \text{Kgf.} \quad \text{Avanzar}$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)p \quad \text{Kgf.} \quad \text{retroceso}$$

Velocidad máxima = 1000 mm/s

Velocidad común = entre 20 y 500 mm/s

c) Método de propulsión ver en la siguiente figura 1-13.

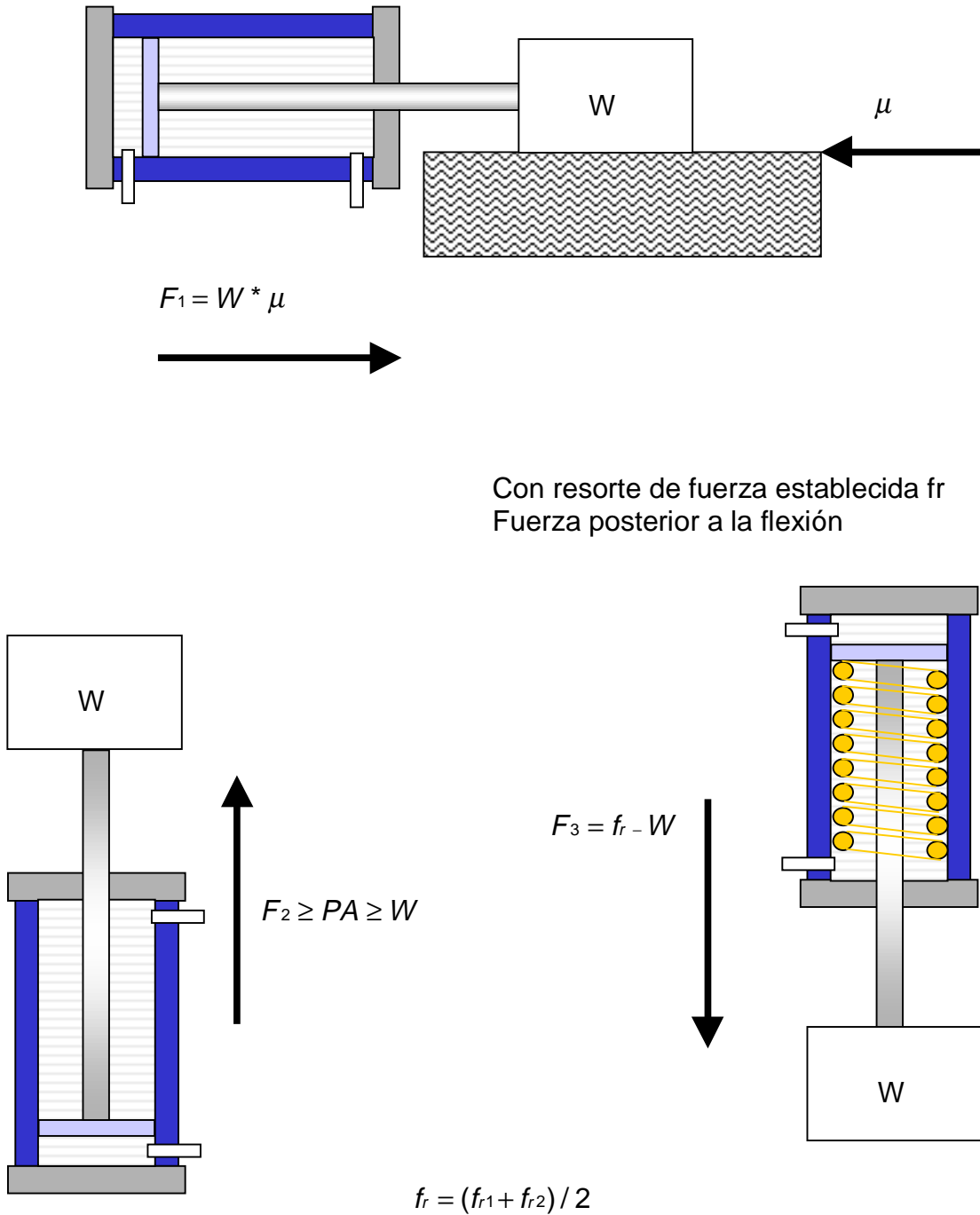


Figura 1-13 Diseño de método de propulsión.

Tiempo de transportación

$$T_1 = \frac{KV_1}{S} (s)$$

$$T_2 = \frac{KV_2}{S} (s)$$

Razón de carga : L_w

$$L_w = \frac{W\mu}{F_1} * 100(\%)$$

$$L_w = \frac{W}{F_2} * 100(\%)$$

$$L_w = \frac{f_r - W}{F_3} * 100(\%)$$

K: Coeficiente de propulsión.

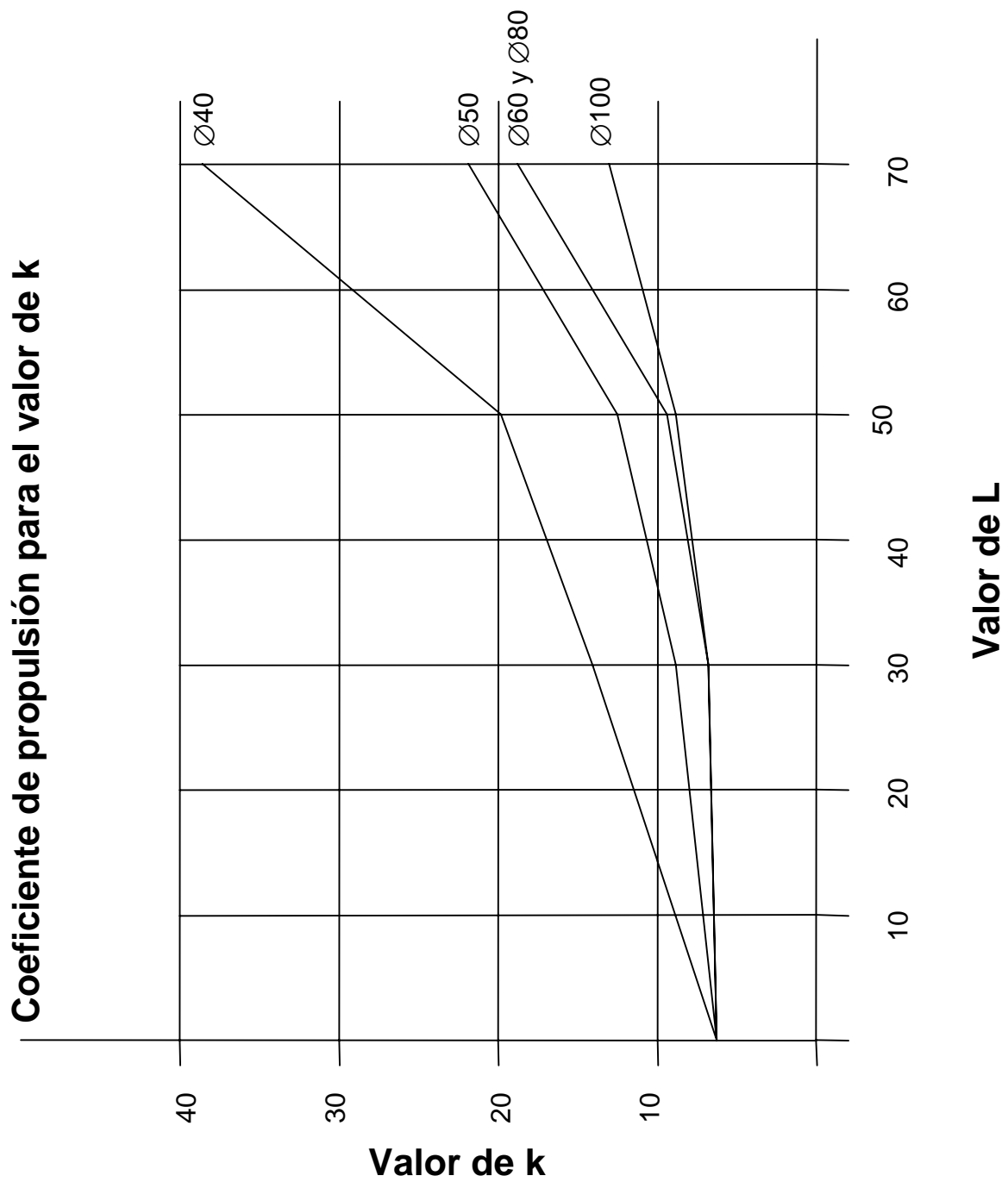
μ : Coeficiente de fricción seco 0.2 , mojado 0.1

S: Area de corte del orificio del pistón.

Tabla 1.1 presenta los valores de K

Diámetro del cilindro (mm)		40	50	60	80	100
Lw (%)	0	6.26	6.26	6.26	6.26	6.26
	30	14.08	8.86	6.78	6.78	6.78
	50	19.82	12.52	9.39	9.39	8.86
	70	38.60	21.91	18.78	18.78	13.04

Tabla 1.1 Valores del coeficiente de propulsión. Valor K



Las líneas indican el tamaño del diámetro del cilindro.

Gráfica 1-1 Coeficiente de propulsión para el valor de "K"

1.4 Automatización de procesos múltiples(modos a).

- Base del trabajo progresivo.

a) Mecanismo del trabajo ver en la siguiente figura 1-14.

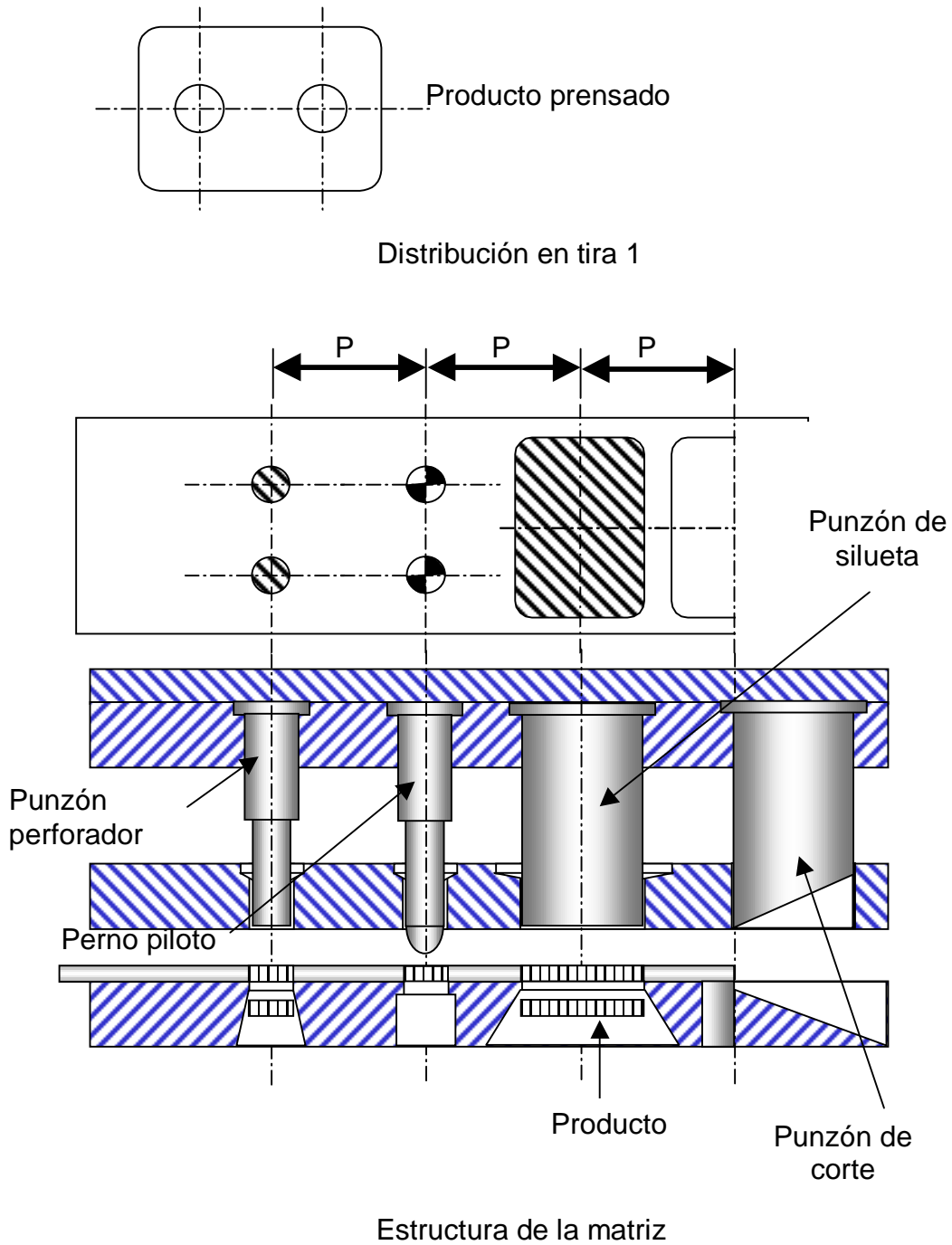
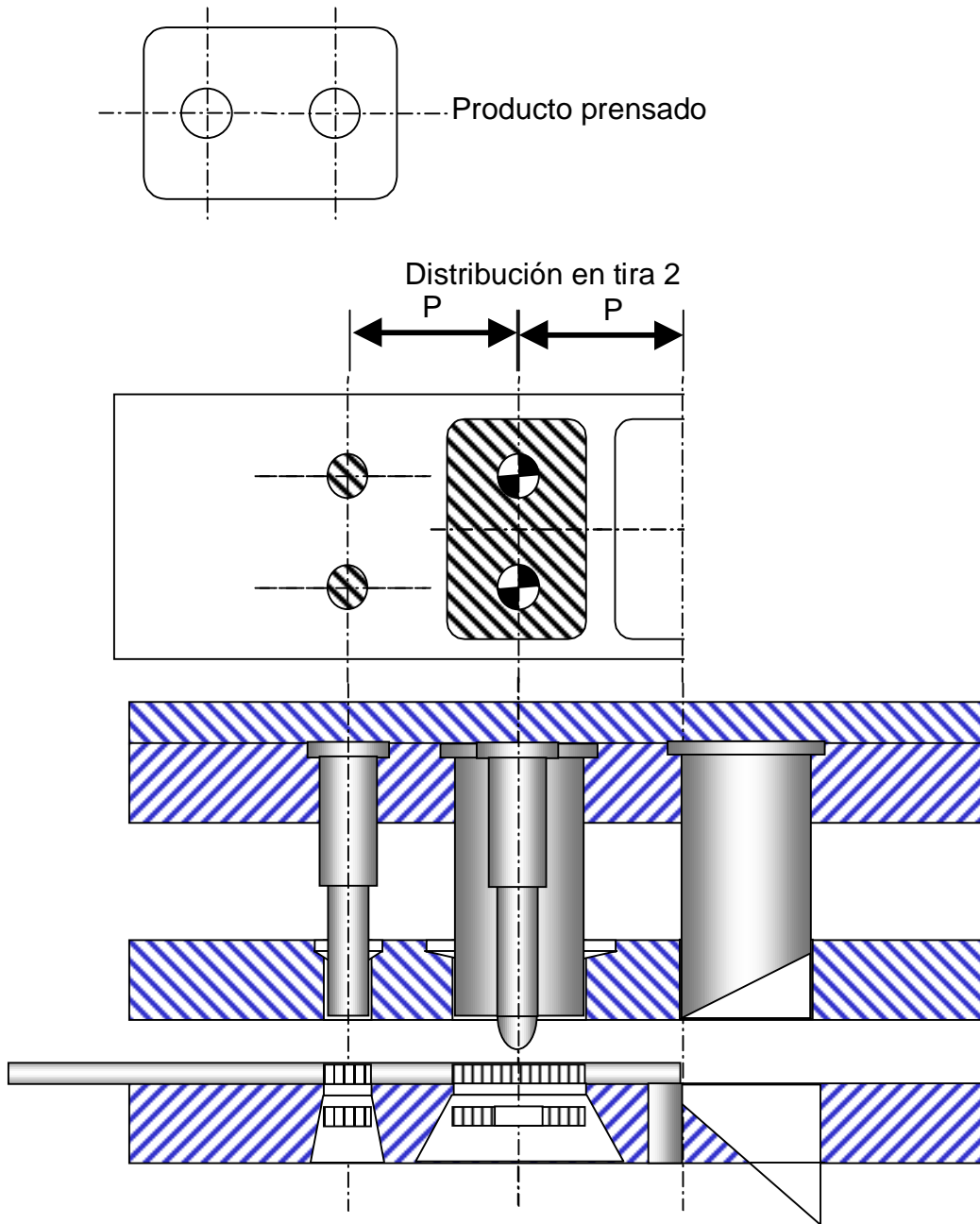


Figura 1-14 Automatización de procesos múltiples.

1.5 Automatización de procesos múltiples(modos b).

- Base del trabajo progresivo.

a) Mecanismo del trabajo, ver en la siguiente figura 1-15.



Estructura de la matriz

Figura 1-15 Automatización de procesos múltiples.

b) Tiempo de operación y longitud de carrera del trabajo progresivo, ver siguiente figura 1-16.

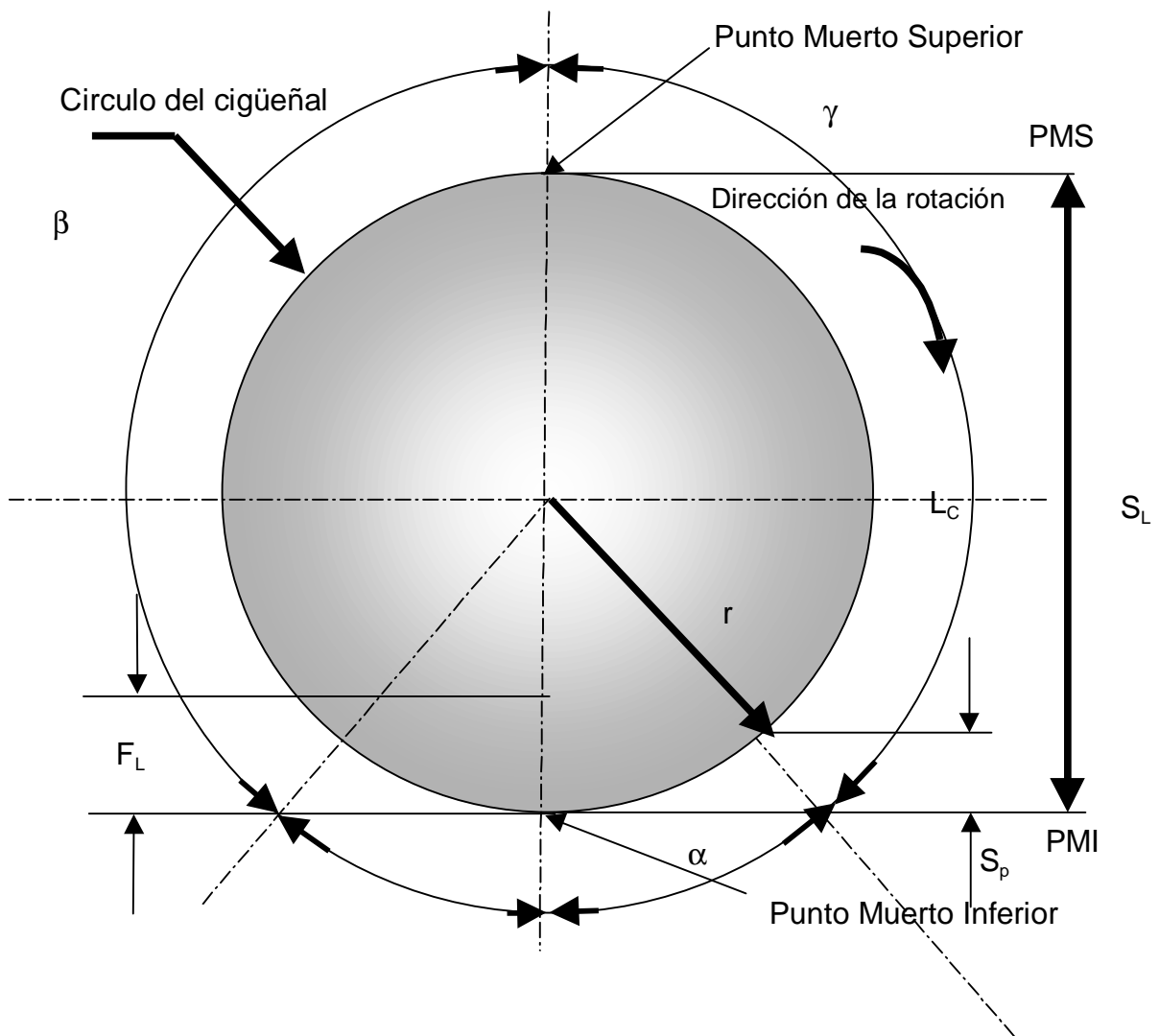
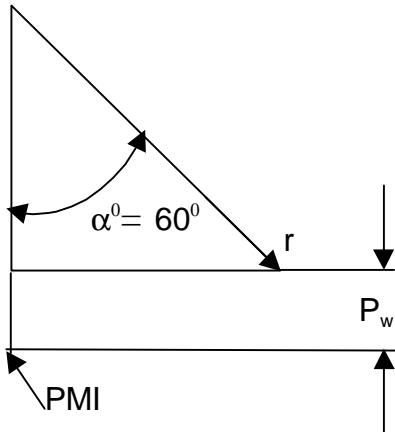


Figura 1-16 Tiempo de operación y longitud de la carrera.

P_w = Altura del trabajo.

F_L = Nivel de alimentación aproximadamente 1/5 de S_L .



En donde :

S_L : Longitud de la carrera.

S_p : longitud del trabajo.

β : ángulo de alimentación máximo 120° .

γ : Angulo de retorno máximo 120° .

α : ángulo de liberación máxima 60° .

r : Radio del cigüeñal.

PMS: Punto muerto superior.

PMI: Punto muerto inferior.

$$S_p = r(1 - \cos \alpha) = 0.5 r$$

$$r = \frac{S_L}{2} \quad \therefore \alpha = 60^\circ$$

$$S_p = r(1 - 0.5) = 0.5r$$

$$\frac{S_p}{S_L} = \frac{0.5r}{2r} = \frac{1}{4}$$

$$\therefore S_p = \frac{1}{4} S_L > \frac{1}{5} S_L$$

1.5.1 Sistema del trabajo progresivo.

a) Operación automática :

Uso del material en rollo :

Cuando el espesor es menor a 2 mm. ver la siguiente figura 1-17.

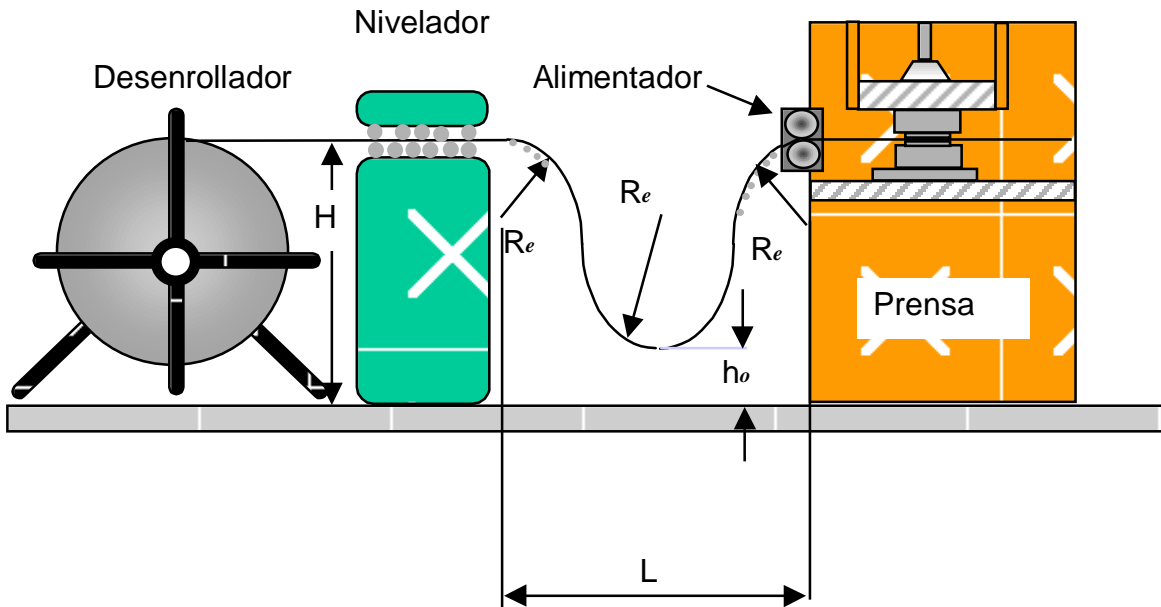


Figura 1-17 Sistema del trabajo progresivo en material de rollo.

Condiciones del nivelador es indispensable para laminas más de 0.4 mm. De espesor en adelante y el limite en la longitud del nivelador es:

Para laminas con espesores entre 0.4 a 3.0 mm. Menor a 1,500 mm.

Para laminas con espesores entre 3.0 a 6.0 mm. Menor a 2,000 mm.

E = coeficiente del modulo de elasticidad.

σ_e = Esfuerzo de rendimiento = 0.8

t = espesor de la lámina.

1.5.2 Fuerza de tensión y agarre de la curva del material en rollo.

Ver en la siguiente figura 1-18.

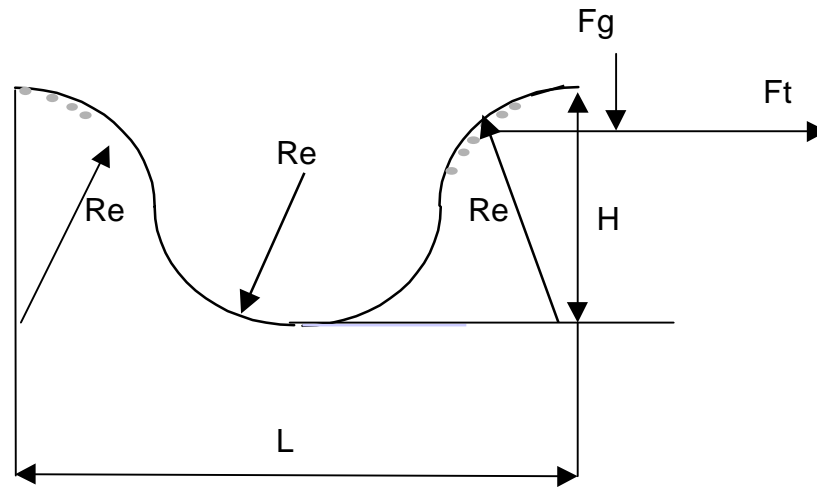


Figura 1-18 Fuerza de tensión y de agarre de la curva del material en rollo.

$$R_e \geq \frac{Et}{2\sigma_c}$$

$$h_o \geq 100$$

$$L \geq 4R_e \sqrt{\frac{H}{R_e} - \left(\frac{H}{2R_e}\right)^2}$$

La fuerza de tensión Ft, considerando la curva como una catenaria

$$F_t = \left(\frac{L}{2}\right)^2 \left(\frac{W}{2H}\right) + WH \text{ (Kgf)}$$

en donde :

W: Peso de la lámina por unidad (kgf./cm.)

$$W = \gamma \cdot t \text{ (kgf/cm.)}$$

γ = Peso específico del material (kgf/cm^3).

Para el acero ($7.8 \times 10^{-3} \text{ kgf./cm}^3$.)

l: Ancho del material (cm.)

t: Espesor del material (lámina) (cm.)

La fuerza de agarre F_g

$F_g \geq 2 \cdot \mu \cdot Ft$ (kg.f)

μ es el coeficiente de fricción 0.2

Capítulo 2

Diseño del troquel progresivo

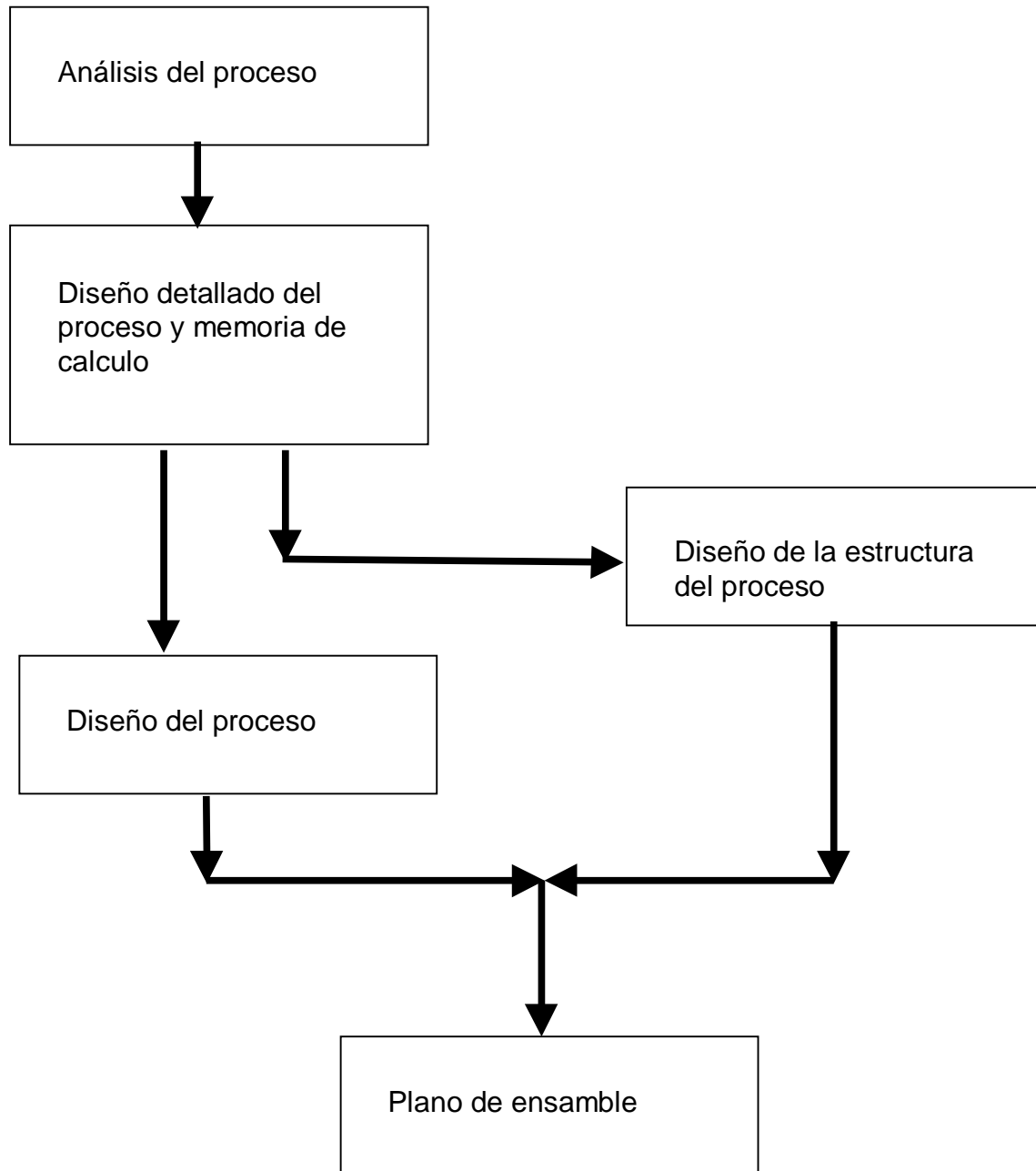
2.1 Pasos a seguir para el diseño del troquel y su diagrama de flujo ver en el esquema 2.1.

Revisión del plano del producto	Captar las características del producto y los puntos clave en el trabajo.
Concepto del diseño del troquel	De las características del producto y los puntos clave en el trabajo se establece el plan de diseño de la herramienta.
Plano de arreglo	Determinar el valor de las metas de acuerdo a las dimensiones y tolerancias indicadas en el plano del producto.
Desarrollo de la silueta	Desarrollar la forma tridimensional del producto y llevar el desarrollo a una silueta plana.
Diseño de los pasos y proceso del trabajo.	Analizar y estudiar los elementos sobre el trabajo de prensa contenidos en la forma del producto y decidir los tipos de procesos de prensa, métodos y secuencia para satisfacer forma y dimensiones y cumplimiento de las tolerancias.
Diseño del plano de ensamble	Diseño final del ensamble del troquel considerando el contenido de los análisis anteriores y la secuencia de los pasos y procesos.
Diseño de partes y de detalle.	Dibujar cada una de las partes con sus correspondientes dimensiones y tolerancias y la memoria de calculo si se requiere .
Elaboración de la lista de partes y materiales	Listar todas las partes y materiales para determinar si se fabricaran o se compraran como componentes estándar así como definir sus características finales como dureza , tipo de material tratamiento térmico y la definición del numero de parte correspondiente en el plano de ensamble y su numero que le corresponda en el diseño de detalle.

Esquema 2-1 Pasos a seguir para el diseño del troquel.

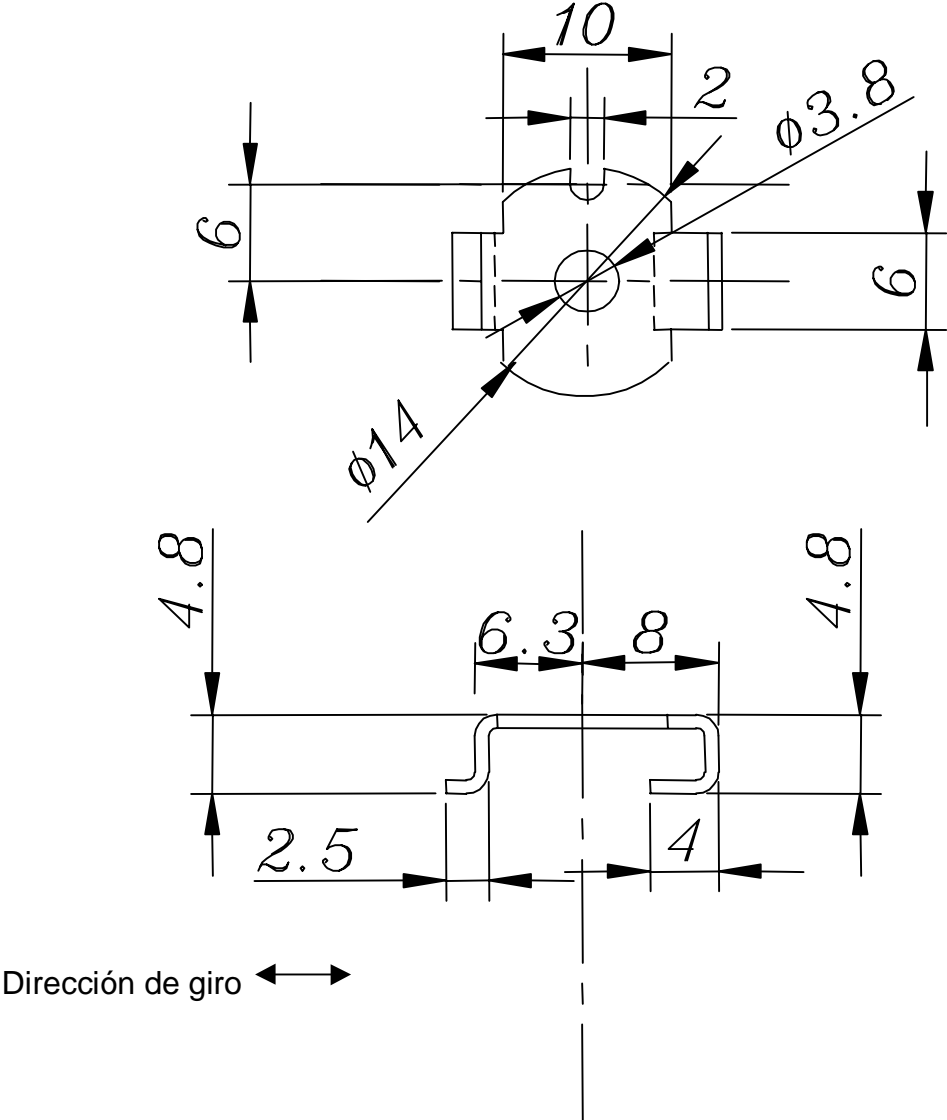
2.2 Detalles del diseño del proceso esquema 2-2.

- Diagrama de flujo:



Esquema 2-2 Detalles del diseño del proceso.

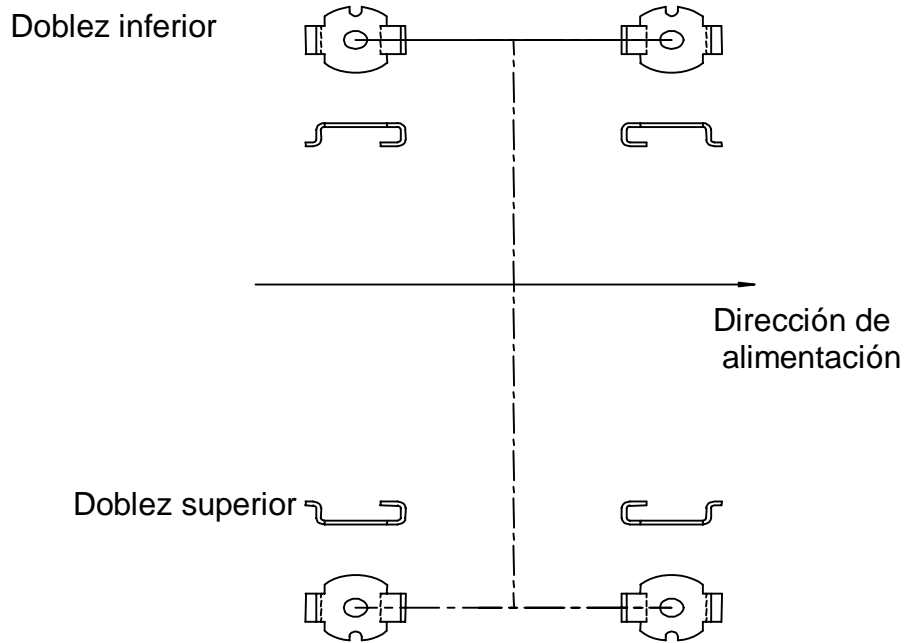
2.3 Revisión del plano del producto ver figura 2-1.



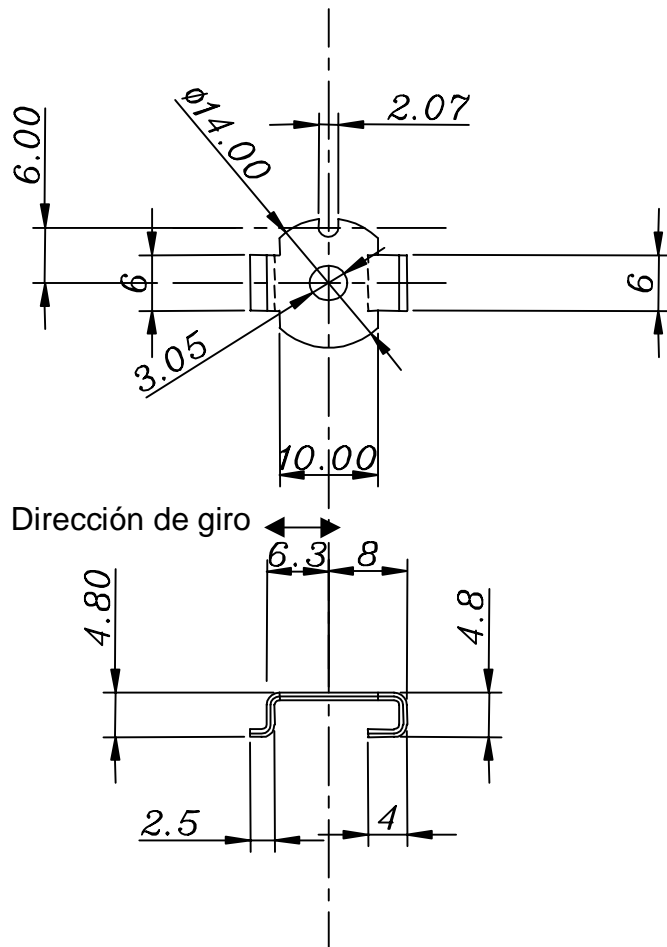
Plano del producto

Figura 2-1 Revisión del plano del producto.

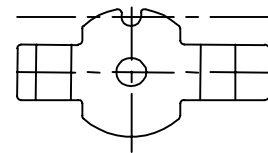
2.4 Flujo del producto en el trabajo ver figura 2-2.



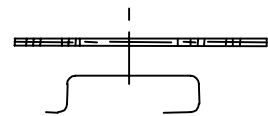
Plano del arreglo, determinar el valor "target" del trabajo.



Plano de desarrollo
Conocer la forma de la silueta



Plano de desarrollo



Dibujo lateral del dobléz

Figura 2-2 Flujo del producto en el trabajo.

2.5 Desglose del proceso ver figura 2-3

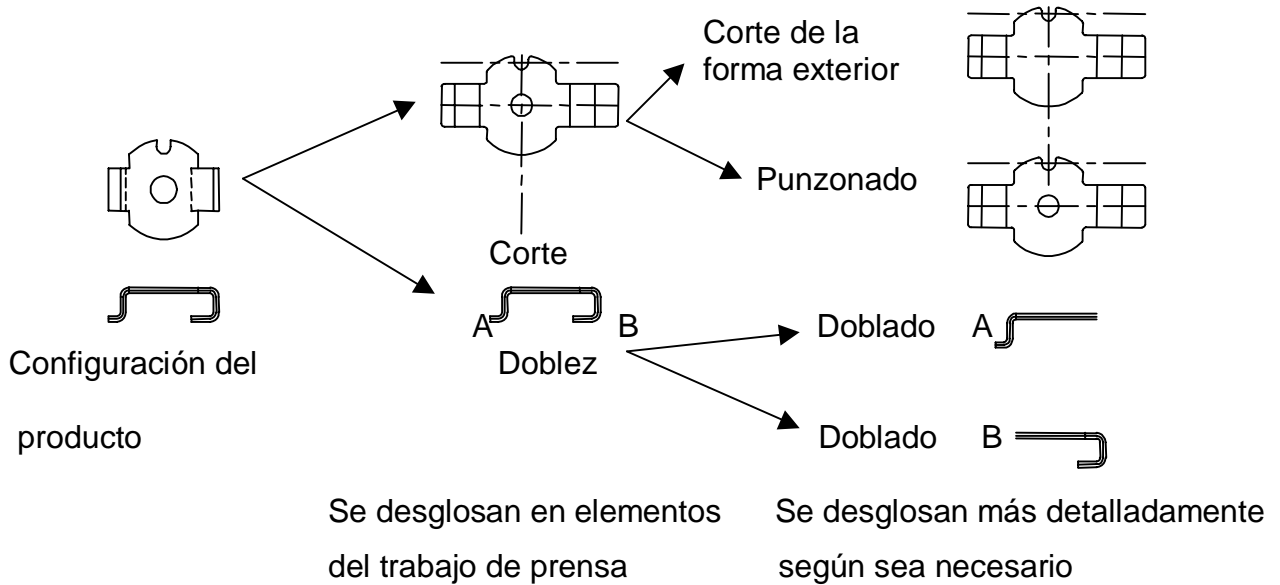


Figura 2-3 Desglose del proceso.

2.6 Diseño detallado del proceso 1 ver figura 2-4.

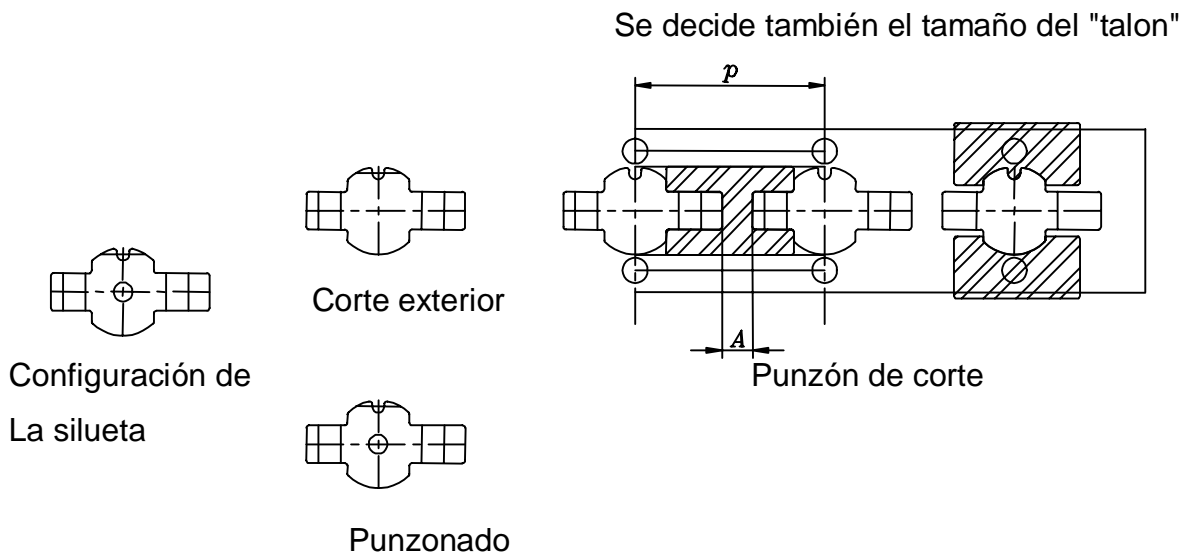


Figura 2-4 diseño detallado del proceso 1.

2.7 Diseño detallado del proceso 2 ver figura 2-5.

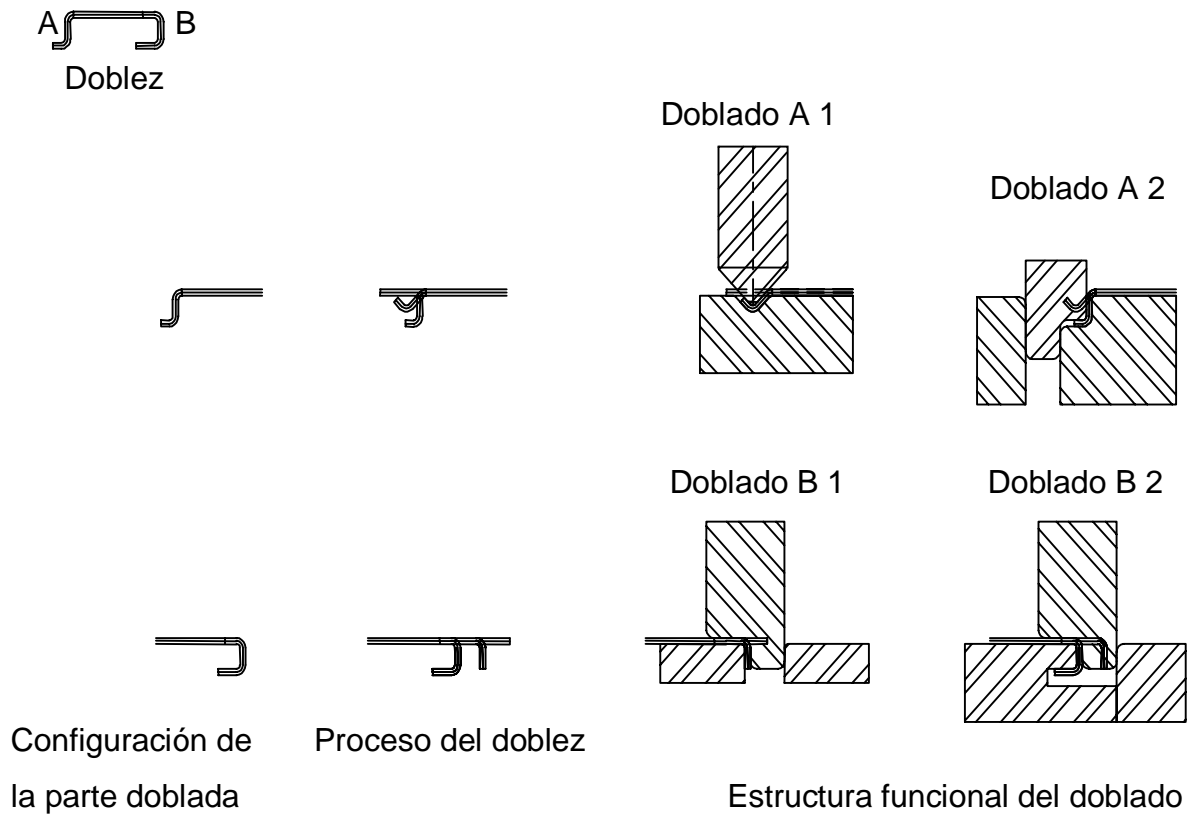


Figura 2-5 Diseño detallado del proceso 2.

2.8 Diseño de la estructura del proceso ver figura 2-6.

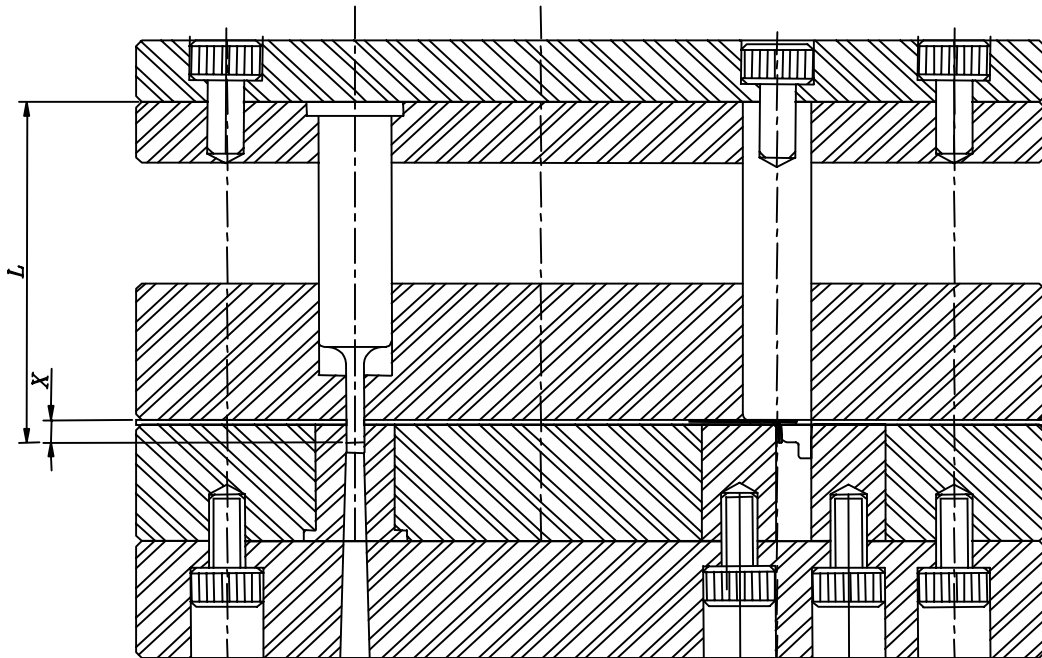


Figura 2-6 Diseño de la estructura del proceso.

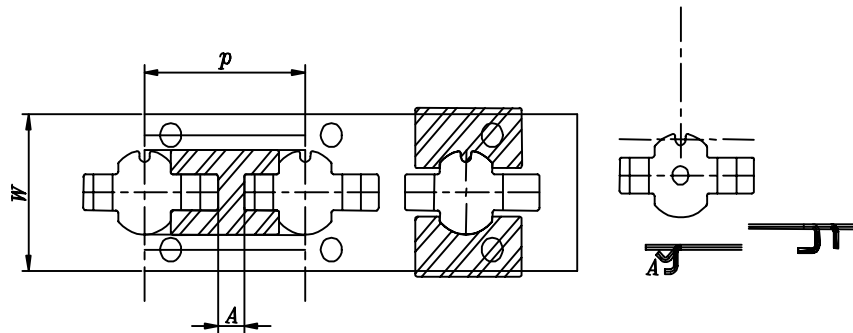
Se puede establecer automáticamente la longitud del punzón del dobléz a partir de la longitud del punzón de corte (L), de la profundidad de la penetración (X) y el diseño del proceso 2.

Decidir la longitud estándar (L) del punzón de corte.

Determinar la profundidad estándar (x) de la penetración del punzón dentro de la matriz.

2.9 Diseño del proceso del trabajo 1 ver figura 2-7.

Forma obtenida del diseño detallado del proceso.



1. Trazar las línea central y las líneas de paso.
2. Copiar las formas obtenidas en el diseño detallado del proceso.

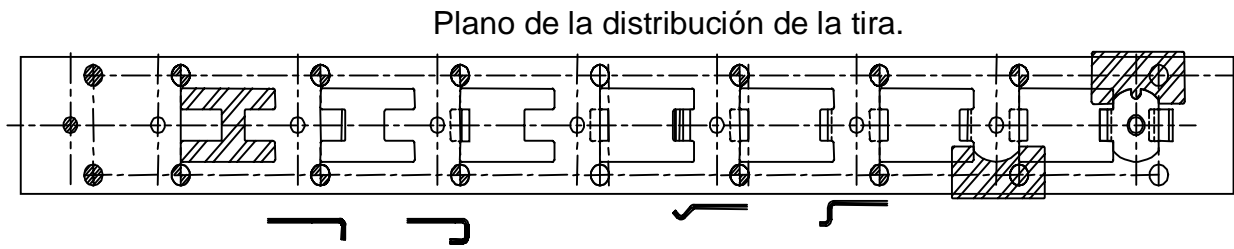
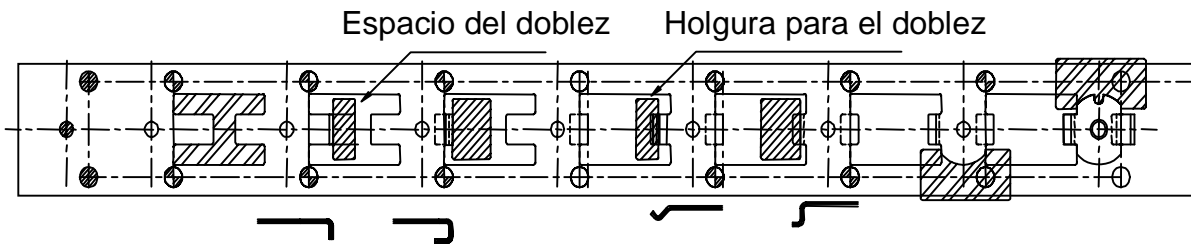


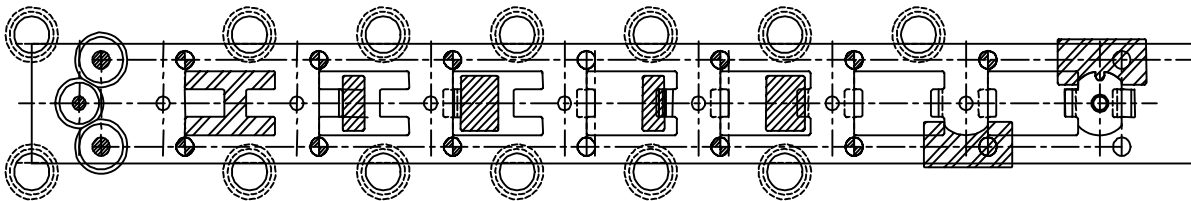
Figura 2-7 Diseño del proceso del trabajo 1.

2.10 Diseño del proceso del trabajo 2 ver figura 2-8.

Plano de distribución de la tira.



Plano de distribución de la matriz



Dejar lo necesario para la fundición del troquel y eliminar lo innecesario del plano de la distribución de la tira.

Agregar las cosas como el elevador de la cinta para completar las partes necesarias para el trabajo.

Figura 2-8 Diseño del proceso del trabajo 2.

2.11 Diseño del plano de ensamble ver figura 2-9.

Decidir el tamaño de la placa con base en la distribución de la matriz y realizar el diseño del tornillo, de la guía interior y la posición de los pernos de registro y la posición de pernos guía y bujes guía.

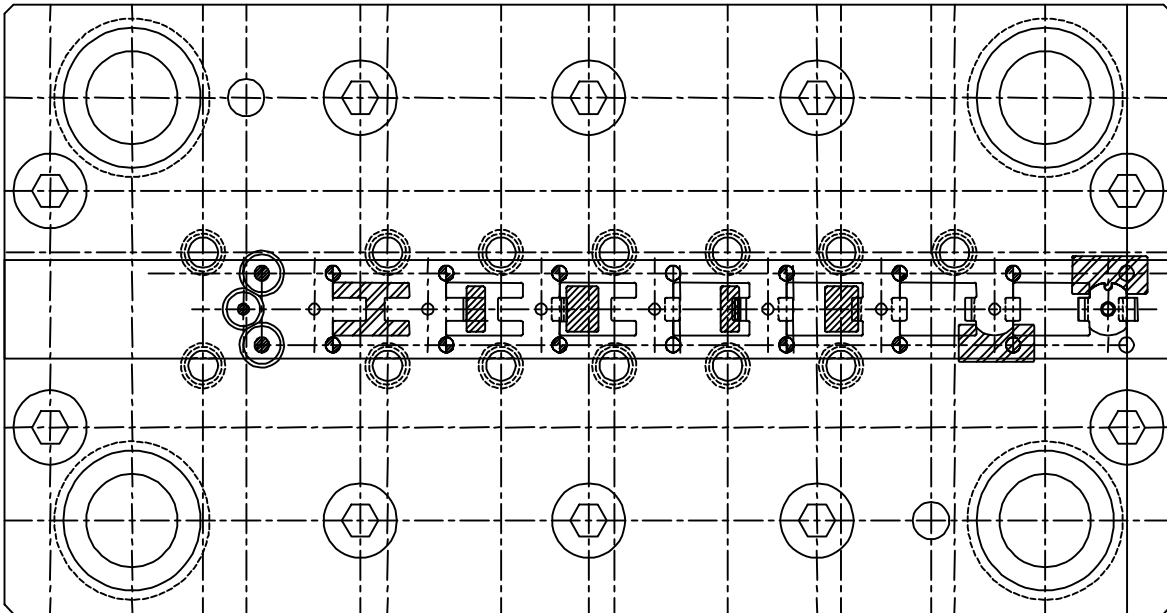


Figura 2-9 Diseño del plano de ensamble.

2.12 Diseño del plano de ensamble (continuación) ver figura 2-10.

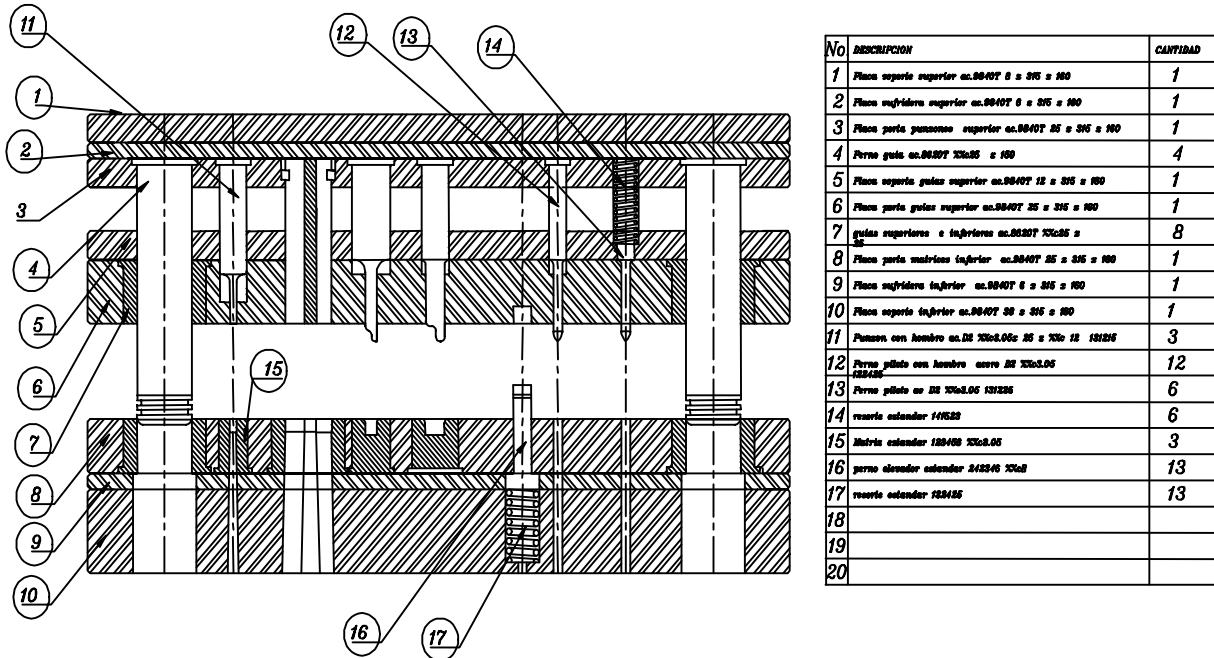


Figura 2-10 Diseño del plano de ensamble.

Es bueno dejar un plano elaborado en forma estándar mostrando las partes de uso común ya que el diseño de las partes como matrices individuales y de punzones con formas particulares de cada proceso requieran de mayor tiempo pero con este plano se puede iniciar la fabricación de un troquel y así mismo realizar una cotización que nos presente todo el proceso y se deberá estimar el tiempo que se requiriera para la fabricación y de los punzones y matrices de proceso particular no así cuando es posible adquirir los punzones y matrices estándar y que ya cuentan con dimensiones definidas por el fabricante. El cuadro de referencia de materiales se presenta como una muestra pero la falta definir tipo de tratamiento al que se deberá someter cada pieza.

Capítulo 3

Antes de estudiar el troquel progresivo

3.1 Consideraciones del herramental para operaciones manuales.

Condiciones del herramental para operaciones manuales se recomienda hasta para 3 pasos ya que de 4 pasos en adelante es muy difícil mantener la precisión de los movimientos.

3.1.1 Forma del material para el trabajo.

- a) Material en rollo... Si el espesor es mayor 0.4mm. pasarlo por el nivelador.
- b) Material en tira.

3.1.2 Método de alimentación manual.

- a) Método de empuje (alimentación ida y vuelta).
- b) Método de jalado.

3.1.3 Estructura del troquel ver en la siguientes figuras 3-1,3-2,3-3.

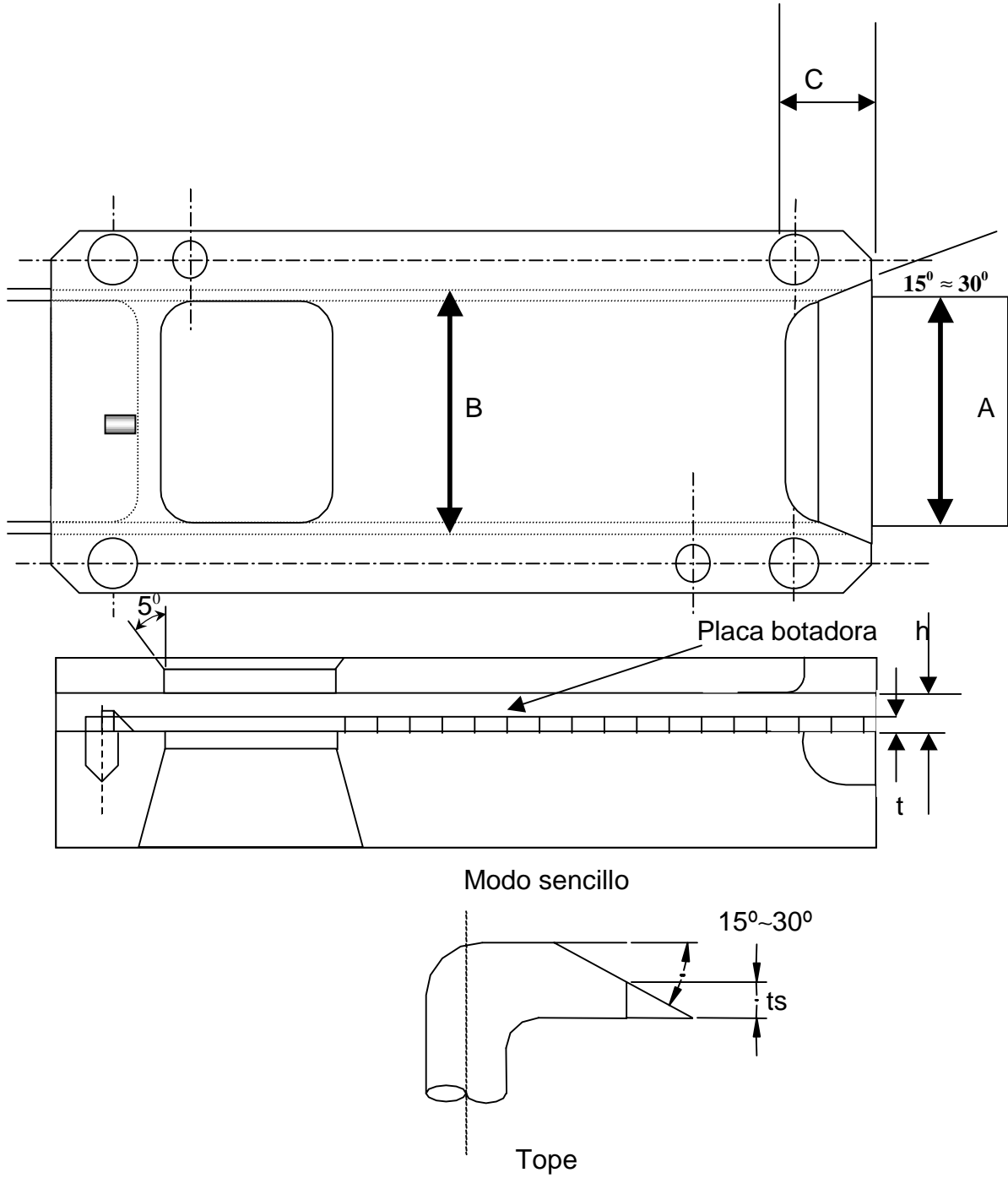


Figura 3-1 Estructura del troquel.

En donde :

A: ancho del material (mm.)

t: Espesor del material (mm.)

$$B = A + (0.5 \sim 1) (\text{mm})$$

$$C = (5 \sim 10) (\text{mm})$$

$$t_s = (0.3 \sim 0.8) t (\text{mm})$$

$$h = 0.5 + 2 t (\text{mm})$$

Exclusivamente para trabajo manual.

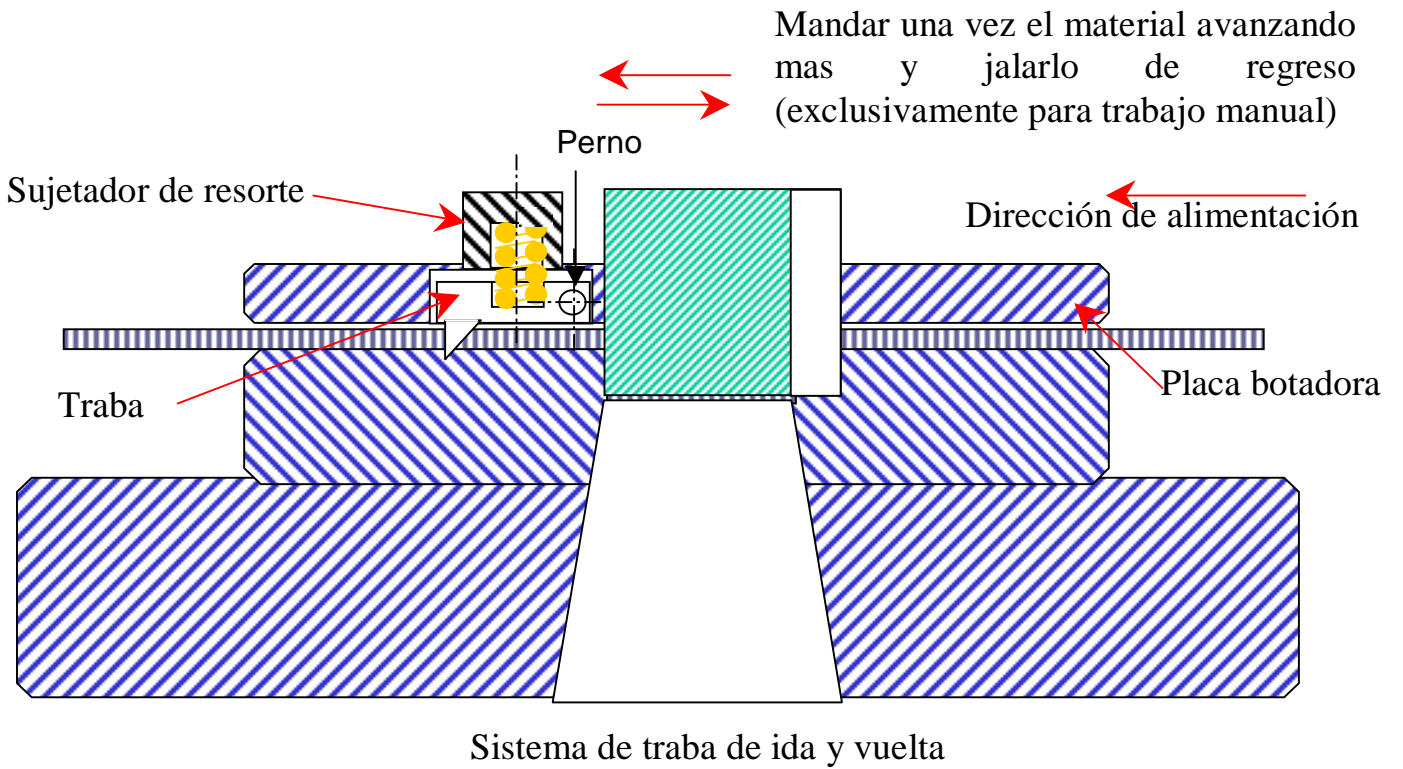
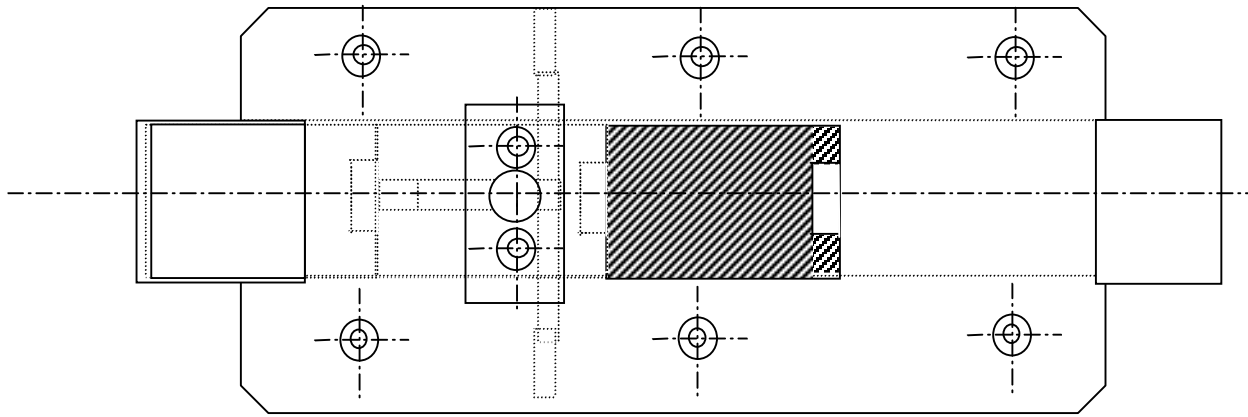


Figura 3-2 Estructura del troquel. (sistema de traba)

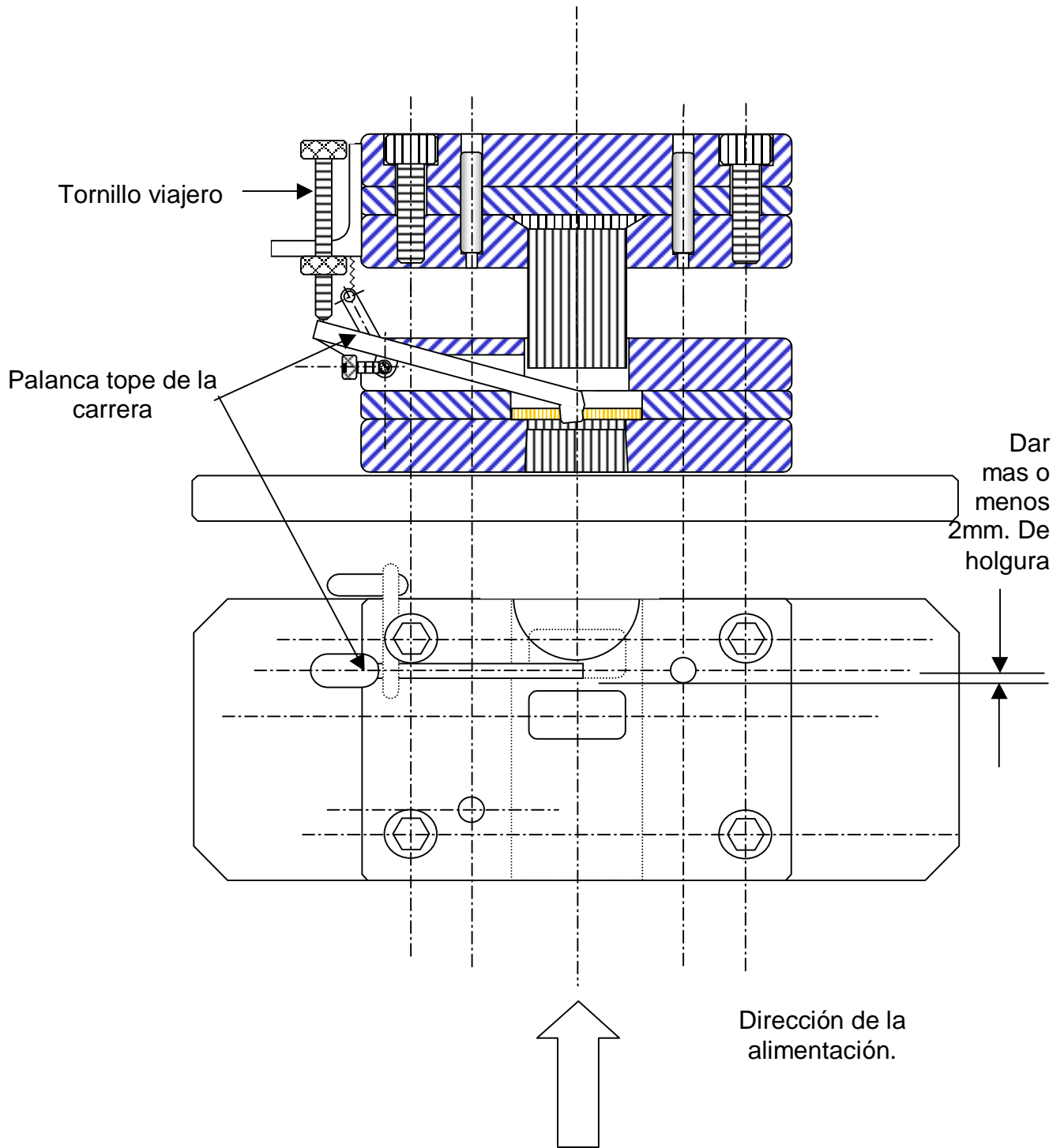


Figura 3-3 Estructura del troquel. (sistema autostop)

3.1.4 Condiciones de la operación de la prensa.

- Prensa:

- a) Longitud de carrera $S_L \geq 30$ mm.

- b) Número de carreras $n_s \leq 100$ s.p.m.

Material sujeto al trabajo Espesor $t \geq 0.6$ mm.

- Sistema de manejo:

- a) Continuo.

- b) Por ciclo.

- Sistema de operación: a) modo por pedal.

En la siguiente figura 3-4 se presenta una distribución de la operación del frente hacia atrás.

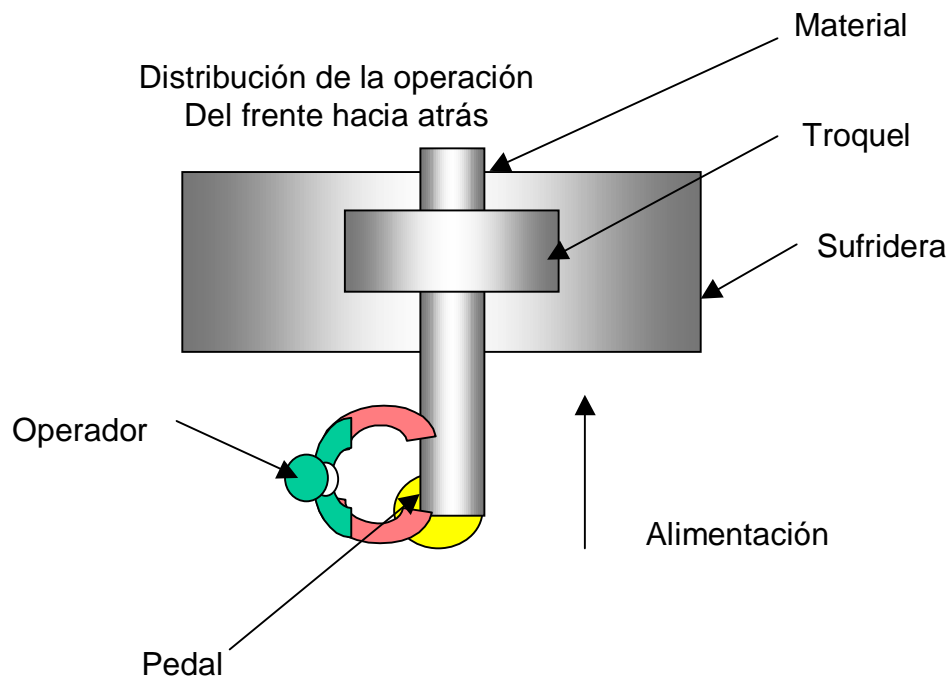


Figura 3-4 Distribución de la operación del frente hacia atrás.

En la siguiente figura 3-5 se presenta una distribución de la operación del izquierda a derecha.

Distribución de la operación
Del izquierda a derecha.

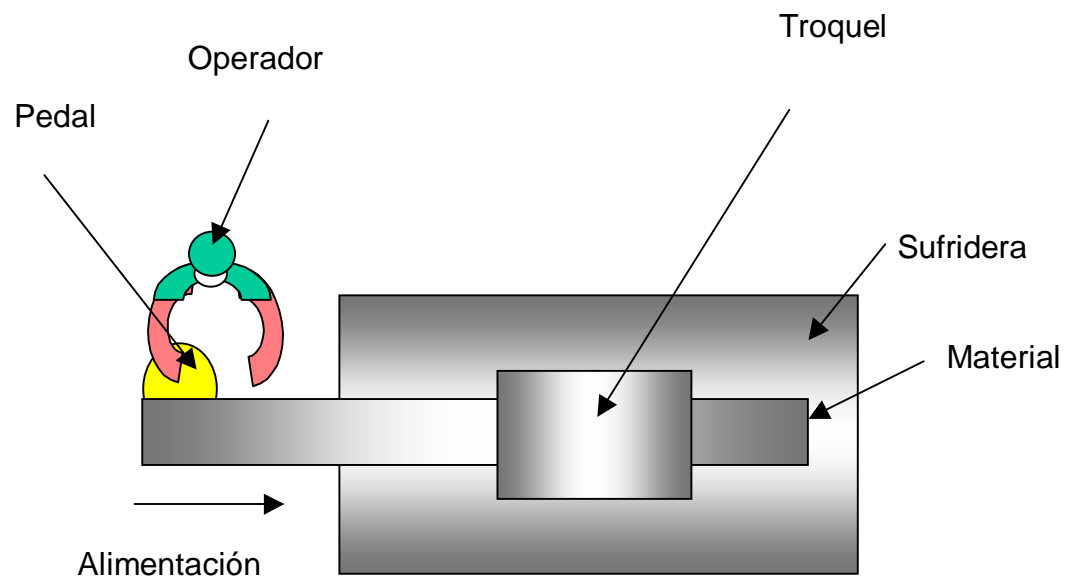


Figura 3-5 Distribución de la operación del izquierda a derecha.

3.1.5 Tipos de trabajo de prensa.

- Limite del ancho del material $A \leq 300$ mm.
- Limite del tamaño del producto prensado $\leq 300 * 300$ mm. (Producto pequeño)
- Tipo de trabajo de prensa. Corte de silueta y dejar caer.

3.1.6 Modo de optimización del material.

Medidas comerciales de hojas de lamina ver en la figura 3-6.

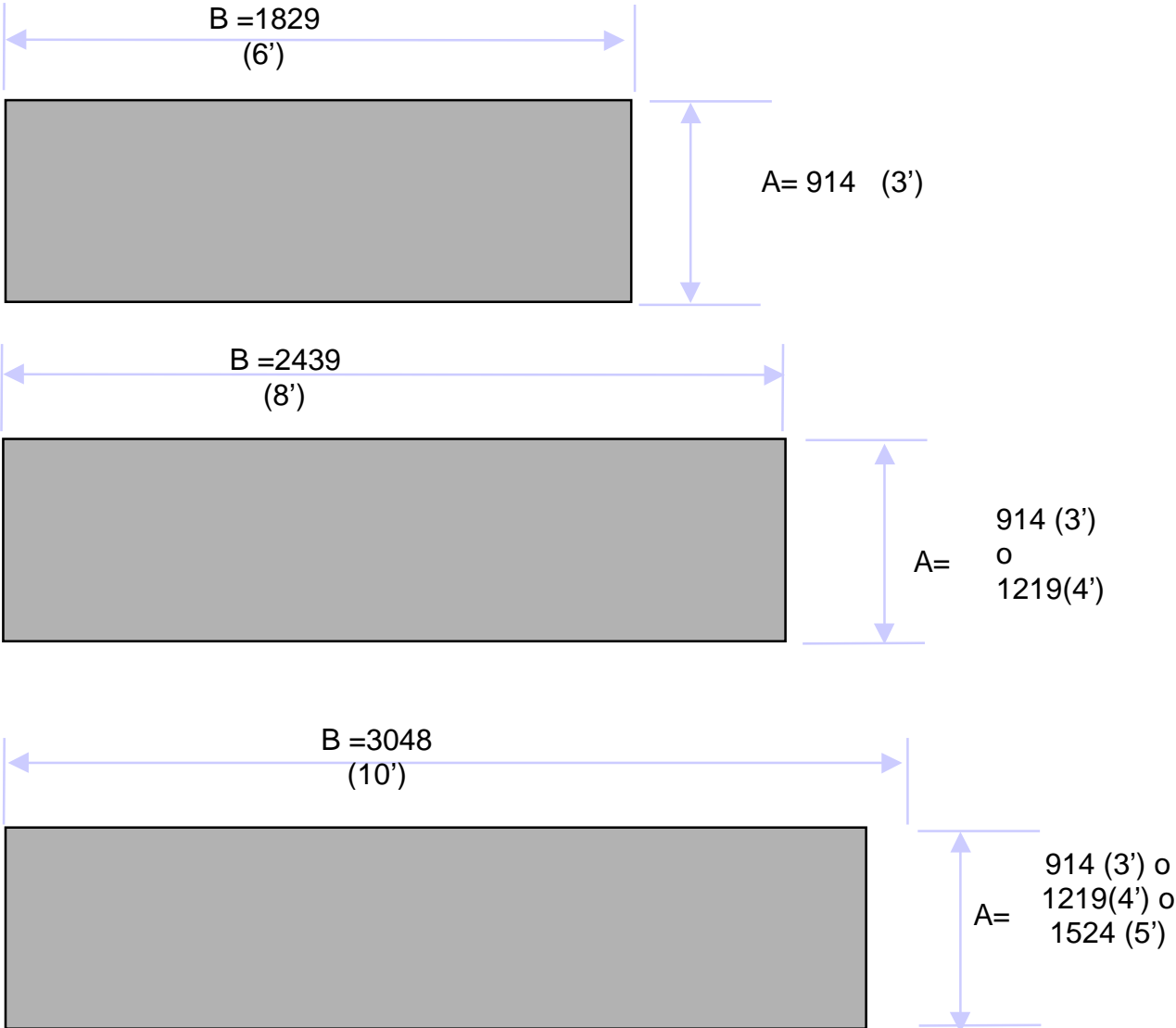
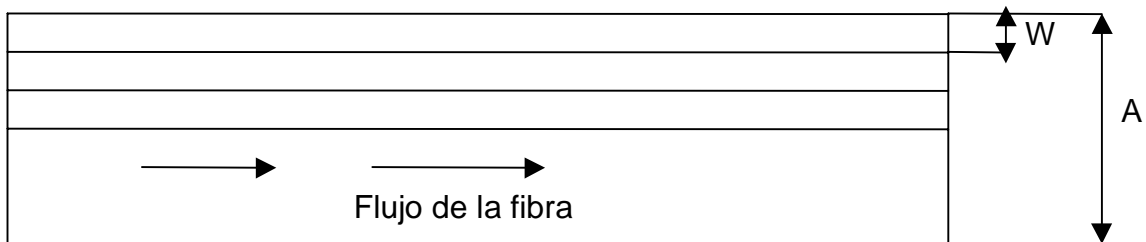


Figura 3-6 Medidas comerciales de hojas de lamina.

Optimización del material en tira



Optimización del material para corte de silueta.

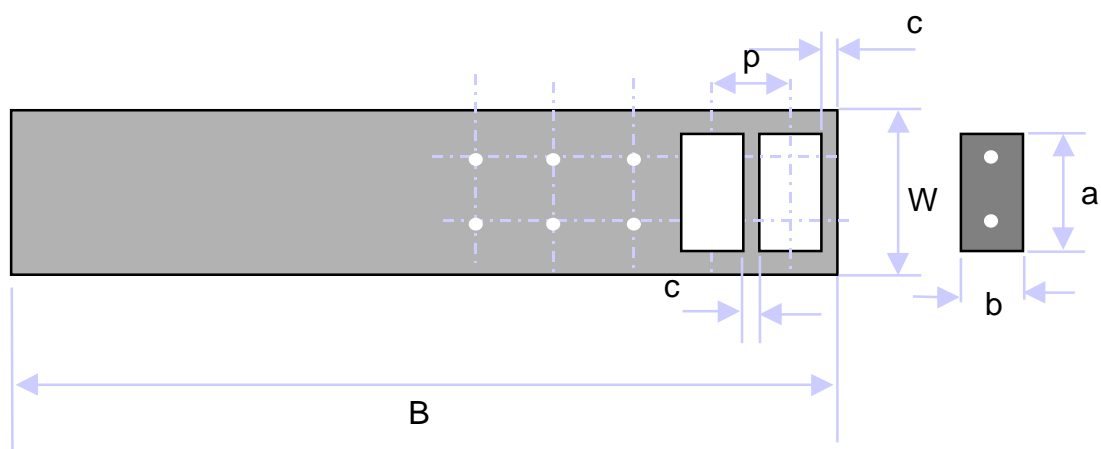


Figura 3-7 Modo de optimización del material en tira.

Número de tiras

$$n_s = \frac{A}{W}$$

Número de utilización

$$n_s = \frac{L}{P_c} \text{ (piezas)}$$

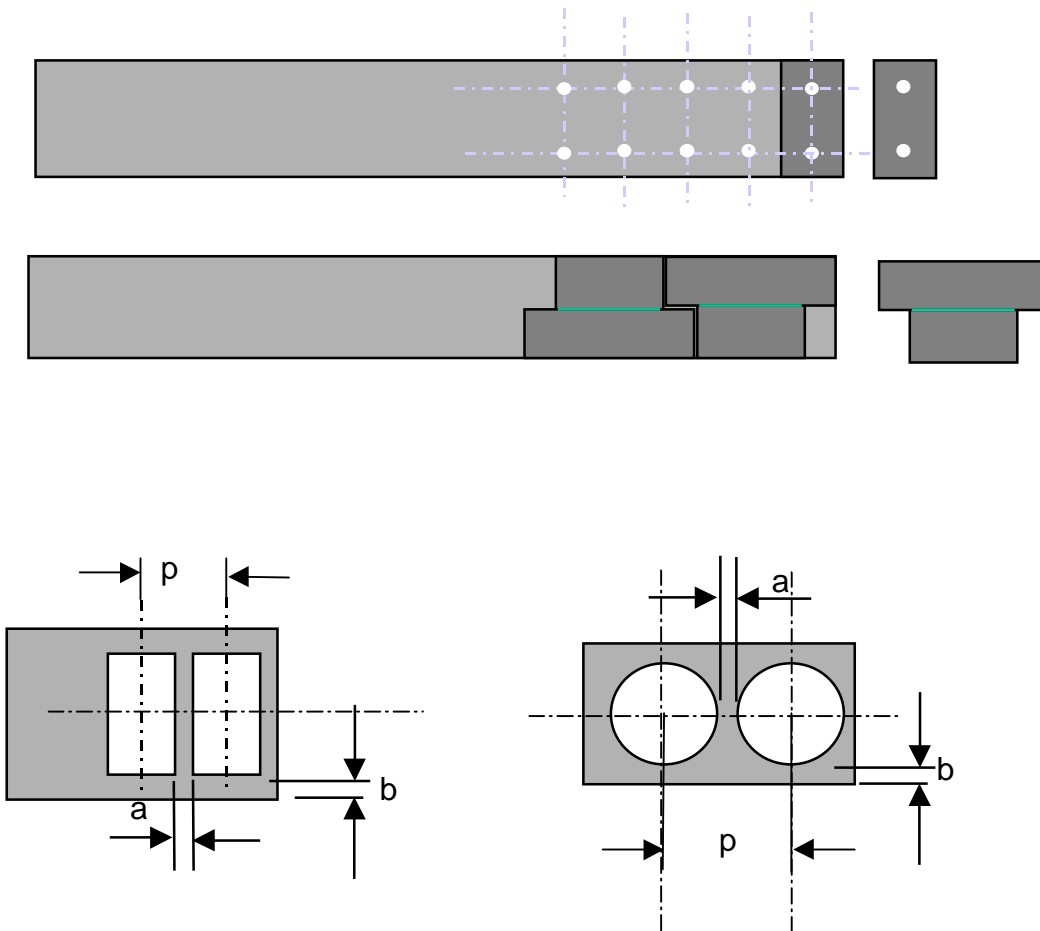
Numero de piezas

$$n_p = \frac{B-C}{P} (\text{piezas})$$

U = Porcentaje de utilización del material.

$$U = \frac{n_s n_p (a.b)}{AB} * 100 (\%)$$

Sin residuo relación 100 %
Modo sin residuos.



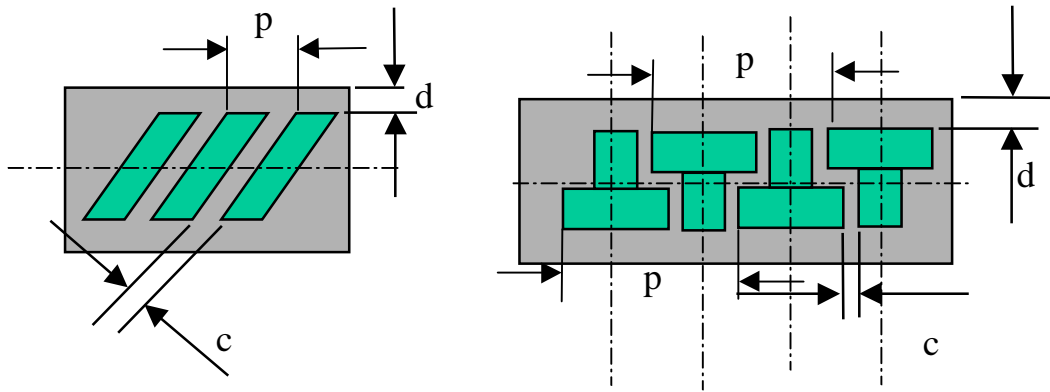


Figura 3-8 Modo de optimización del material de corte de silueta.

Espesor t	Corte de silueta sencillo		Corte de silueta compuesto	
	puente		ancho lateral	
	a (mm)	b (mm)	c (mm)	d (mm)
0.3	1.4	2.3	1.4	2.3
0.5	1.0	1.8	1.0	1.8
1.0	1.2	2.0	1.2	2.0
1.5	1.4	2.2	1.4	2.2
2.0	1.6	2.5	1.6	2.5
2.5	1.8	2.8	1.8	2.8
3.0	2.0	3.0	2.0	3.0
3.5	2.2	3.2	2.2	3.2
4.0	2.5	3.5	2.5	3.5
5.0	3.0	4.0	3.0	4.0

Tabla 3-1 Dimensiones para el puente y ancho lateral del corte de silueta.

3.2 Tope para registrar la posición del troquelado ida y vuelta.

Ver la figura 3-8.

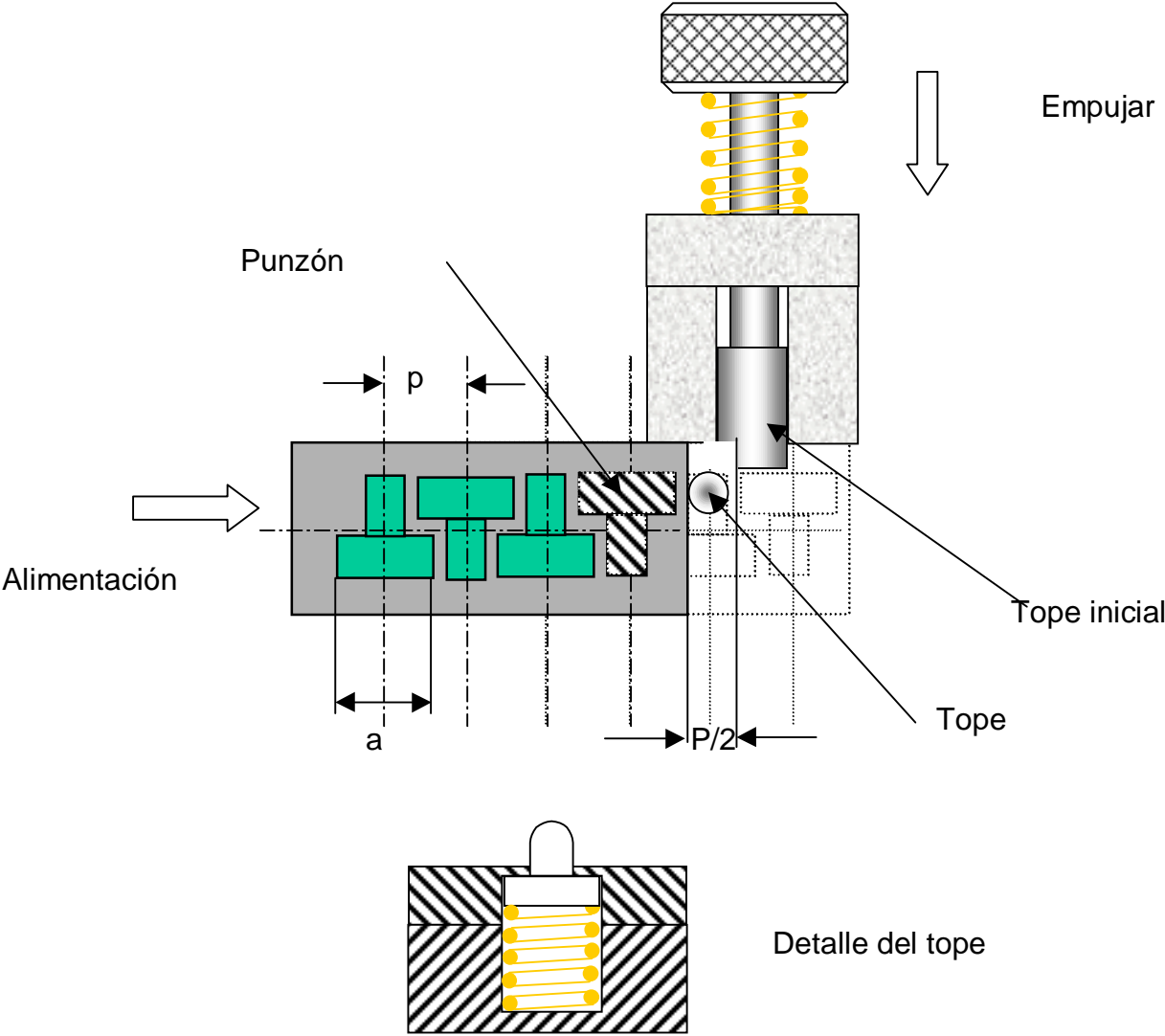


Figura 3-9 Topes para registrar la posición del troquelado ida y vuelta.

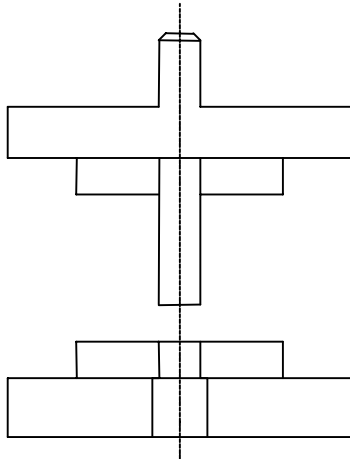
Capítulo 4

Elementos básicos utilizados en los herramentales progresivos.

4.1 Estructuras. Ver la figura 4-1.

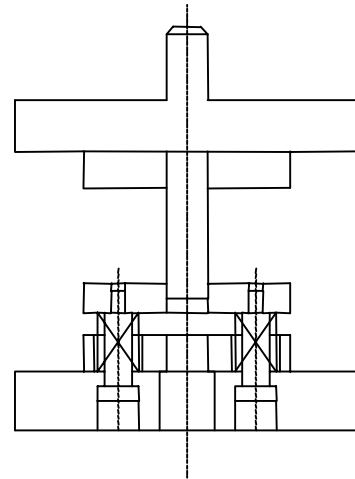
(1) Disposición en orden.

Estructura sin placa botadora



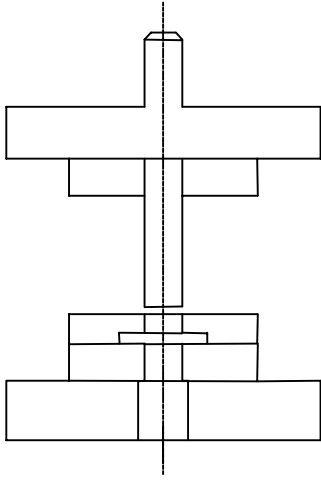
(2) Disposición en orden.

Estructura con la placa botadora del herramental inferior móvil.



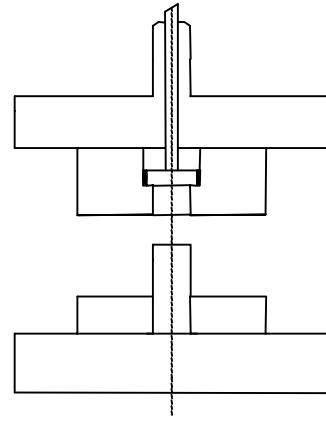
(3) Disposición en orden.

Estructura con placa botadora fija.



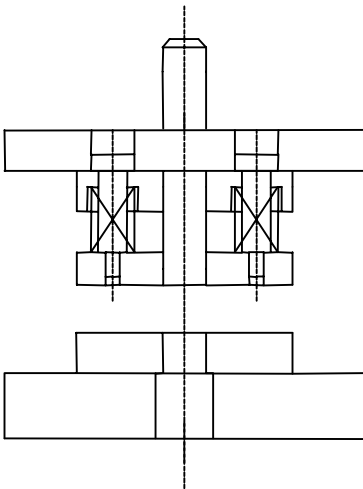
(4) Disposición invertida.

Estructura sin placa botadora.



(5) Disposición en orden.

Estructuras con la placa botadora móvil.



(6) Disposición invertida.

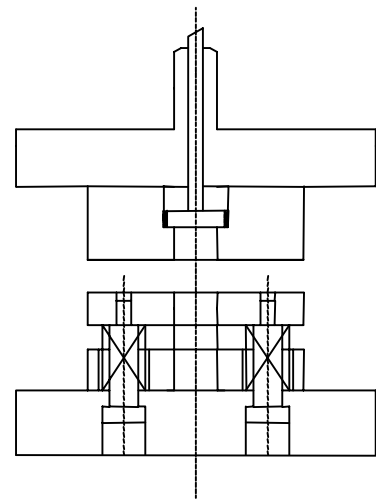
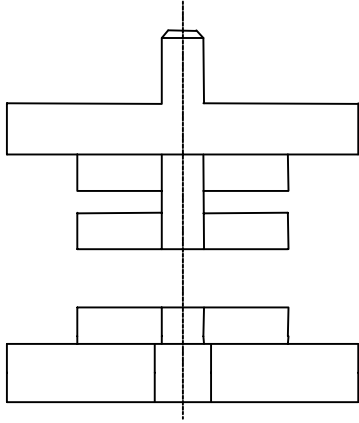


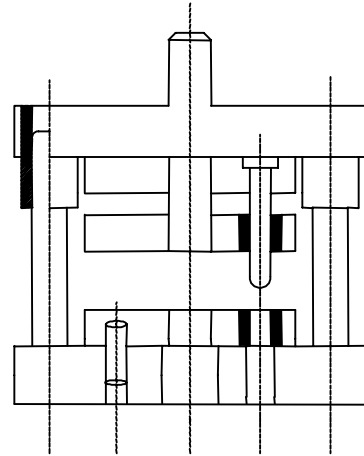
Figura 4-1 Estructuras.

4.1.1 Estructuras básicas, ver la figura 4-2.

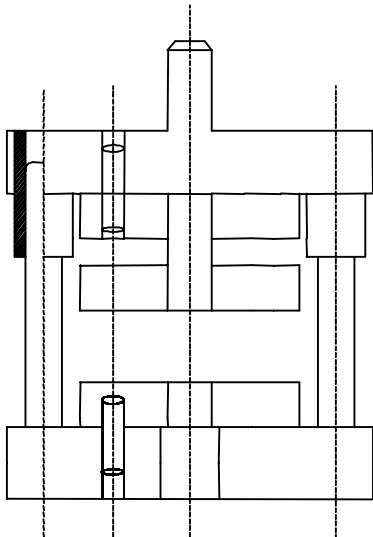
(1) Estructura sin guía.



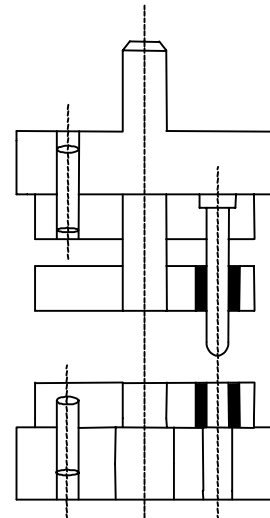
(2) Con guía interna sin perno "dowel" en el herramental superior.



(3) Estructura con guía externa
(Estructura del Die set)



(4) Principalmente de la guía interna sin guía externa.



(5) Con guía interna.

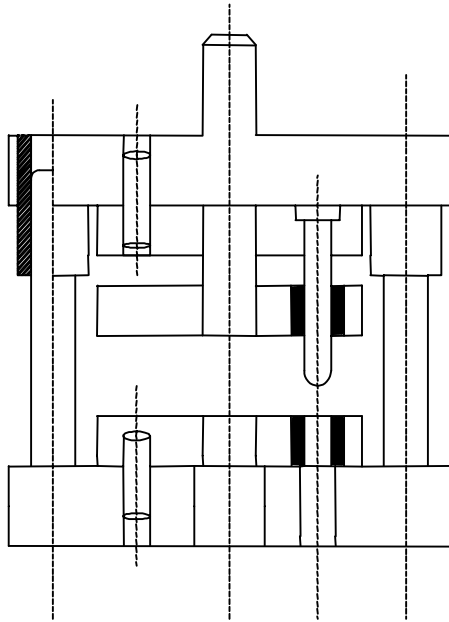


Figura 4-2 Estructuras básicas.

4.1.2 Fijación del herramental.

4.2 Diseño de la guía de materiales. Ver figura 4-3.

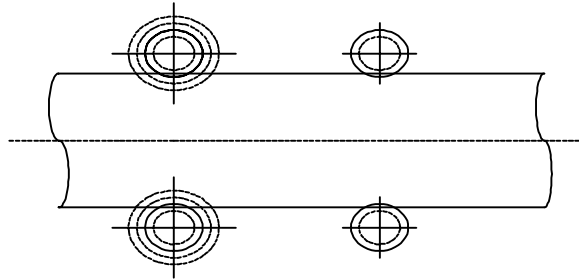
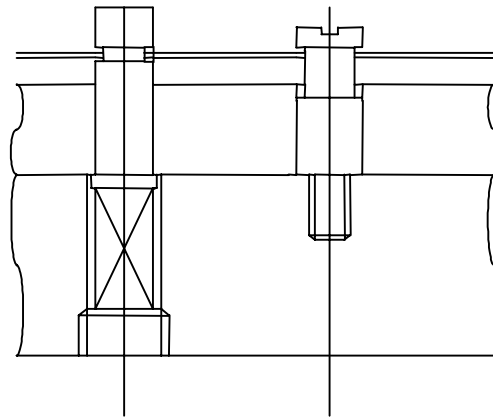


Figura 4-3 Diseño de la guía de materiales.

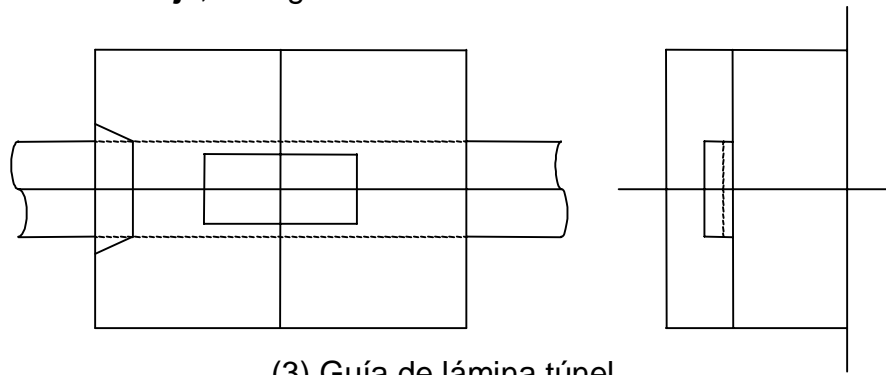
4.2.1 Para placa botadora móvil, ver figura 4.4.



(1) Guía del perno elevador (2) Guía del perno fijo

Figura 4-4 Placa botadora móvil.

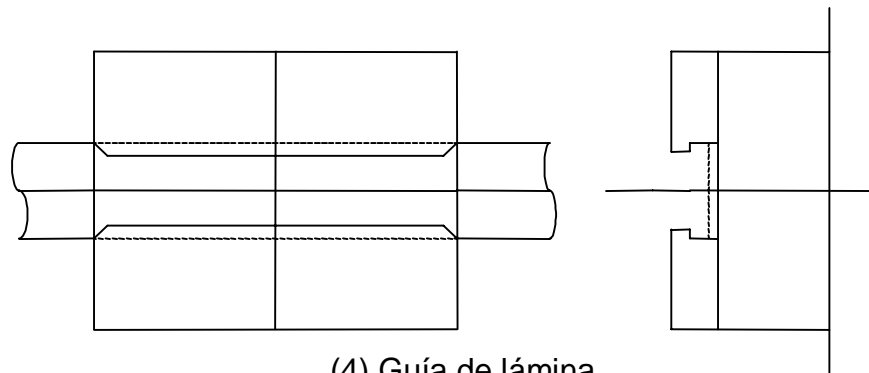
4.2.2 Placa botadora fija, ver figura 4-5.



(3) Guía de lámina túnel

Figura 4-5 Placa botadora fija.

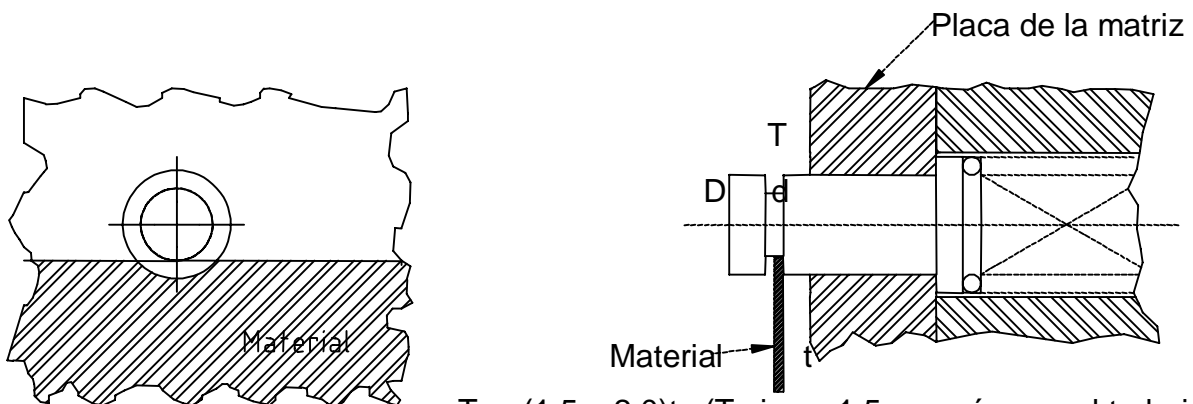
4.2.3 Placa botadora móvil, ver figura 4-6.



(4) Guía de lámina

Figura 4-6 Placa botadora móvil.

4.2.4 Detalles sobre la guía del perno elevador, ver figura 4-7.

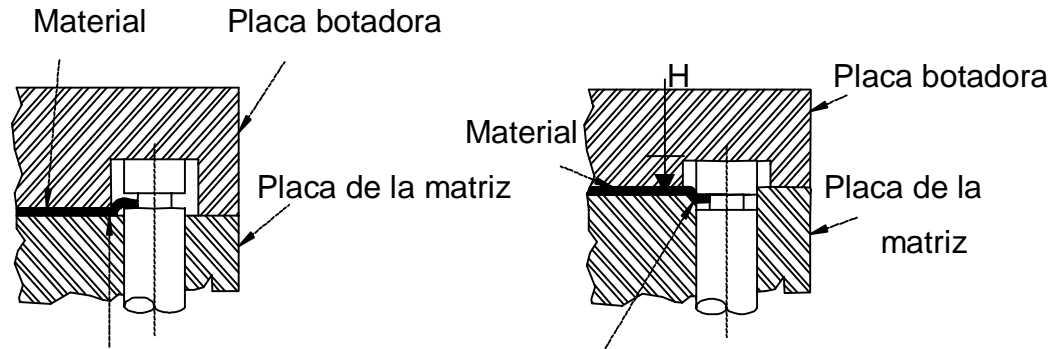


$$T = (1.5 \sim 2.0)t \quad (T_{\min} \text{ es } 1.5\text{mm más que el trabajo}).$$

$$\text{Ø}D - \text{Ø}d = 2\text{mm mínimo}$$

Figura 4-7 Detalles sobre la guía del perno elevador.

4.2.5 Precauciones en cuanto a la colocación, ver figura 4-8.



En caso de un material delgado se deforma por la fuerza del resorte

Corte del material

H (espacio cortado para el asentado): demasiado grande

H (espacio cortado para el asentado): demasiado pequeño

Figura 4-8 Precauciones en cuanto a la colocación.

4.2.6 Modo de empleo del elevador, ver figura 4-9.

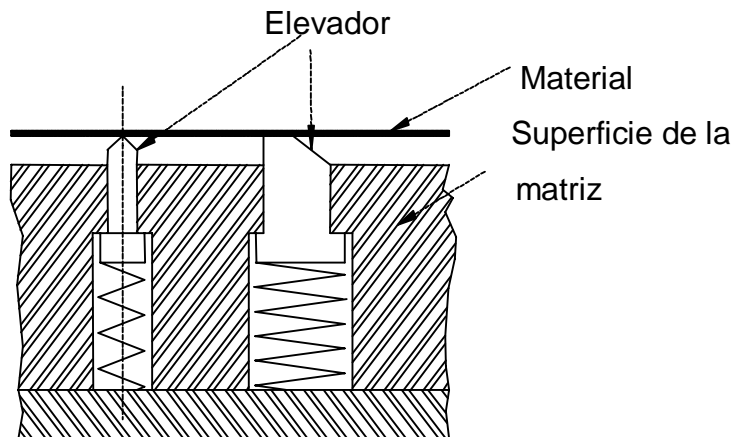
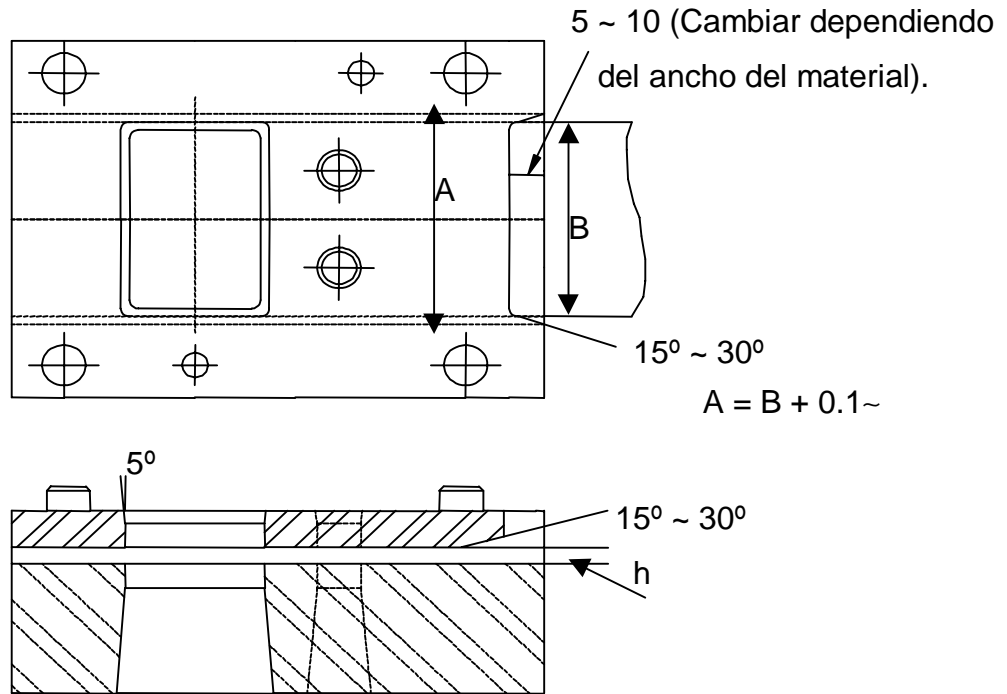


Figura 4-9 Modo de empleo del elevador.

4.2.7 Detalles sobre la placa botadora fija ver figura 4-10.



$h = 0.7 + 1.5t$, t : espesor del material.

Figura 4-10 Detalles sobre la placa botadora fija.

4.3 Tope inicial.

4.3.1 Tope inicial, ver figura 4-11.

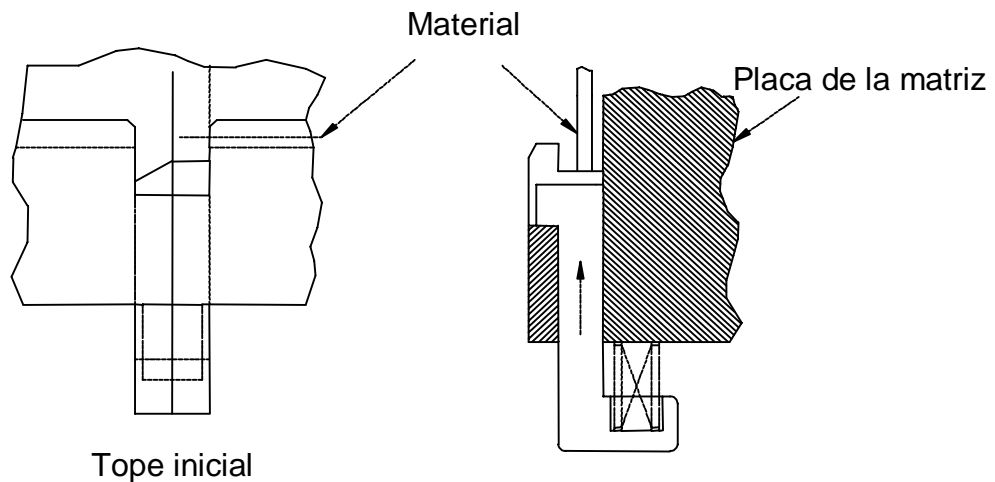
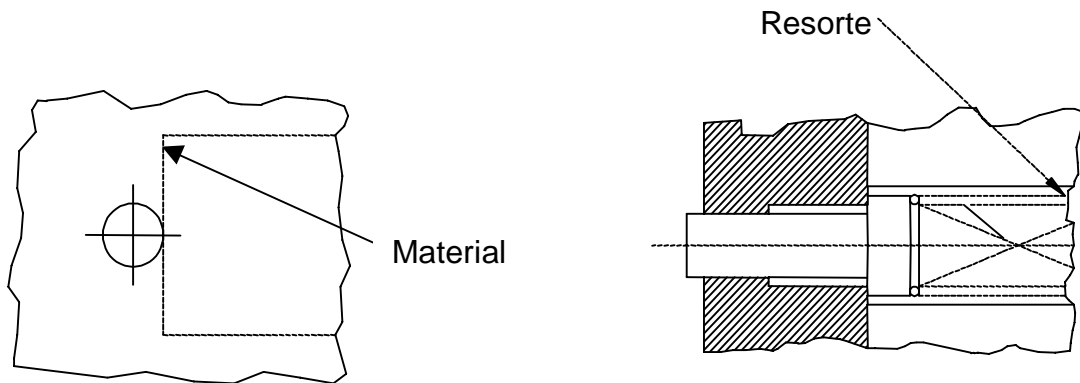


Figura 4-11 Tope inicial.

4.3.2 **Tope inicial con el perno elevador**, ver figura 4-12.



Tope inicial con el perno elevador.

Figura 4-12 Tope inicial con el perno elevador.

4.4 Punzón piloto.

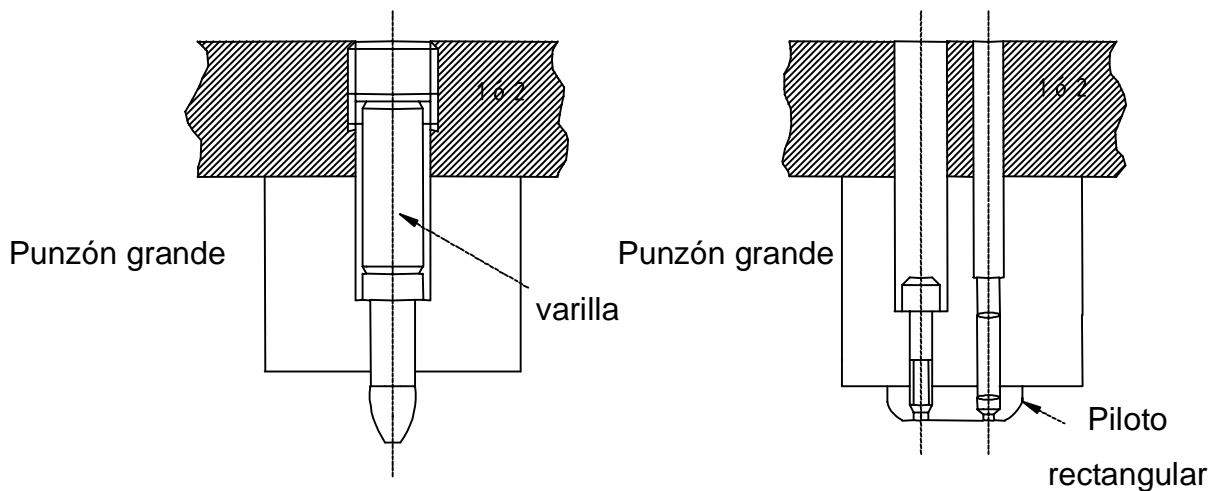
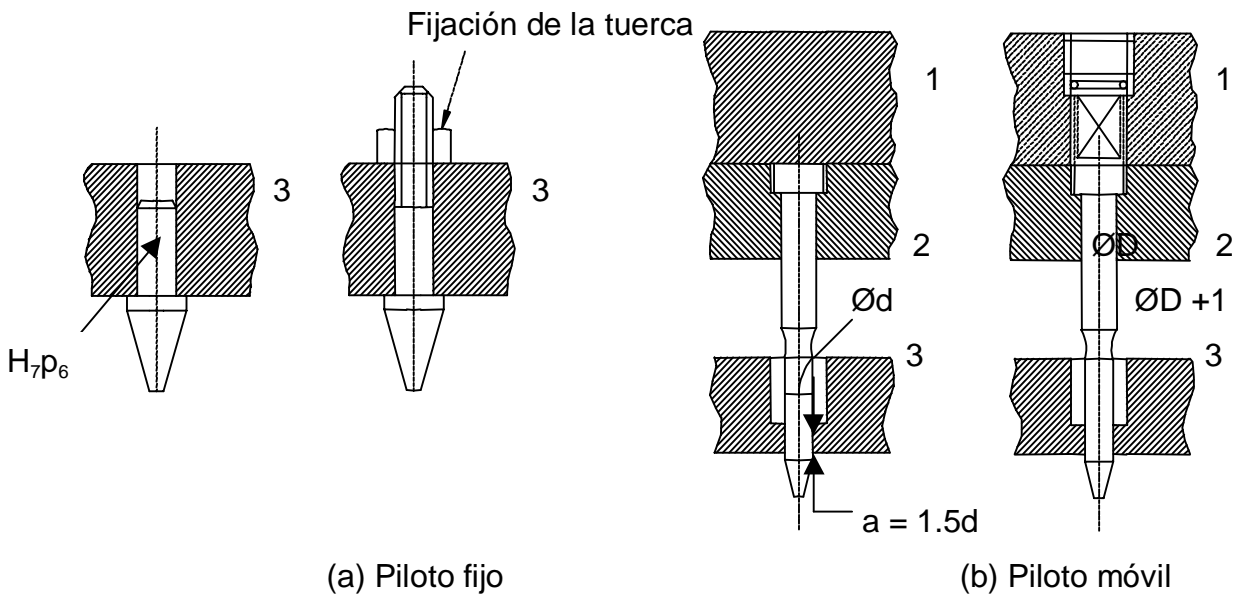
4.4.1 Piloto fijo figura 4-13.

4.4.2 Piloto móvil figura 4-13.

4.4.3 Piloto directo figura 4-13.

Estructura del punzón piloto.

1.Porta punzón, 2.Placa de punzón, 3.Placa botadora



Debe ser fácil de desmontar al rectificar el herramental.

(c) piloto directo.

Figura 4-13 Punzón piloto.

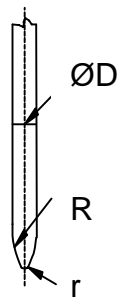
4.4.3 Formas de las puntas del punzón piloto, ver figura 4-14.

Ø nominal	T(mm)
20 ~ 25	12
25 ~ 30	14
30 ~ 35	16
35 ~ 40	18

Tabla 4-1 Diámetros nominales y espesor.

a) forma de bala.

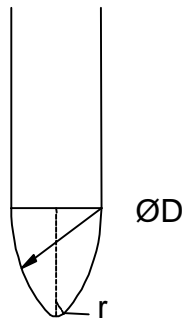
Para diámetro pequeño



$$R = 2 \sim 3D$$

$$r = \frac{1}{4}D$$

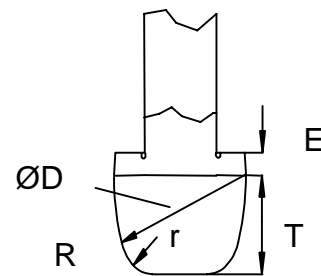
Para diámetro mediano



$$R = D$$

$$r = \frac{1}{4}D$$

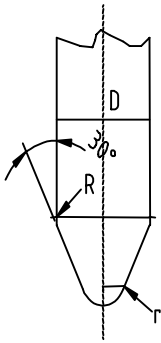
Para diámetro grande



$$R = D$$

$$r = 3 \cong 5 \text{ mm}$$

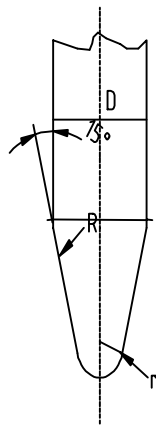
(b) forma de cono de ángulo 30°.



Para diámetros medianos y grandes, para el diámetro grande, la punta debe ser cortada igual que la bala.

$$R = r = \frac{1}{4} D$$

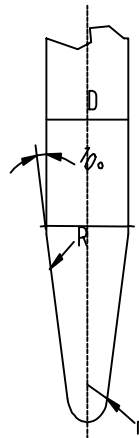
(c) Forma de cono de ángulo 15°



Para diámetros pequeños y medianos, se utiliza para materiales delgados y suaves.

$$R = r = \frac{1}{4} D$$

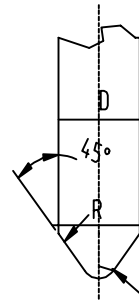
(d) Forma de cono de ángulo 10°



Para diámetros pequeños y medianos, se utiliza para materiales delgados y suaves.

$$R = r = \frac{1}{4} D$$

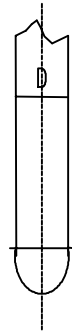
(e) Forma de cono de ángulo 45°



Para diámetros pequeños y medianos, cuando la longitud de carrera es pequeña.

$$R = r = \frac{1}{4} D$$

(f) Semi esférica



Para diámetros pequeños y medianos, cuando la longitud de carrera es pequeña.

Figura 4-14 Formas de la punta del punzón piloto.

Valor de referencia de la longitud de corrección para posicionar ver tabla 4-2

mm (t) Ø del piloto (mm)	0.2	0.4	0.8	1.5	3
3.0	0.05	0.08	0.13	0.-	-
5.0	0.08	0.13	0.20	0.25	-
6.0	0.10	0.20	0.25	0.35	-
8.0	0.12	0.20	0.25	0.40	0.65
10.0	0.13	0.20	0.30	0.50	0.75
13.0	0.15	0.25	0.38	0.75	0.80
19.0	0.15	0.25	0.40	0.80	1.00

t = espesor del material

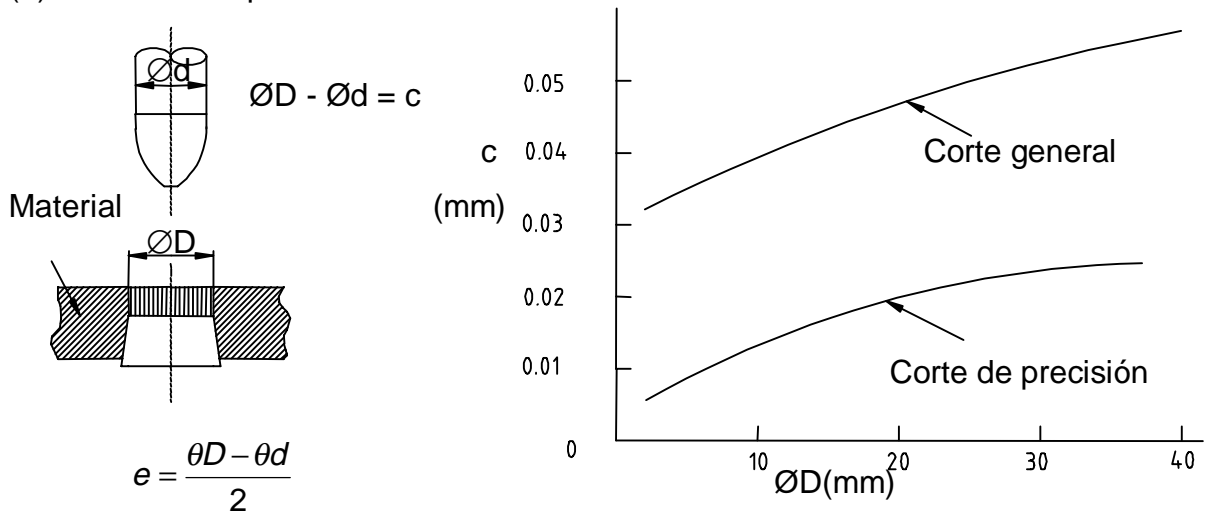
Dureza H_rC 60 ± 2 Cuando se usa S45C, se debe temprar por alta frecuencia.

(acero maleable)

Tabla 4-2 Valor de referencia de la longitud de corrección para posicionar.

4.4.5 Condiciones para el uso del punzón piloto, ver figura 4-15.

(a) Diámetro del piloto



(b) Sobresaliente del piloto

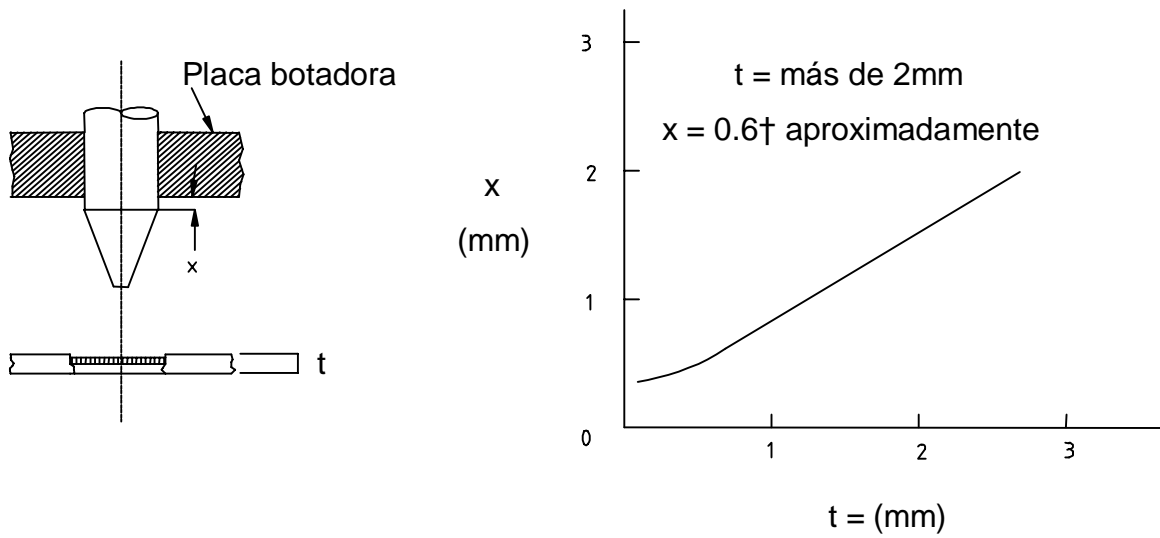
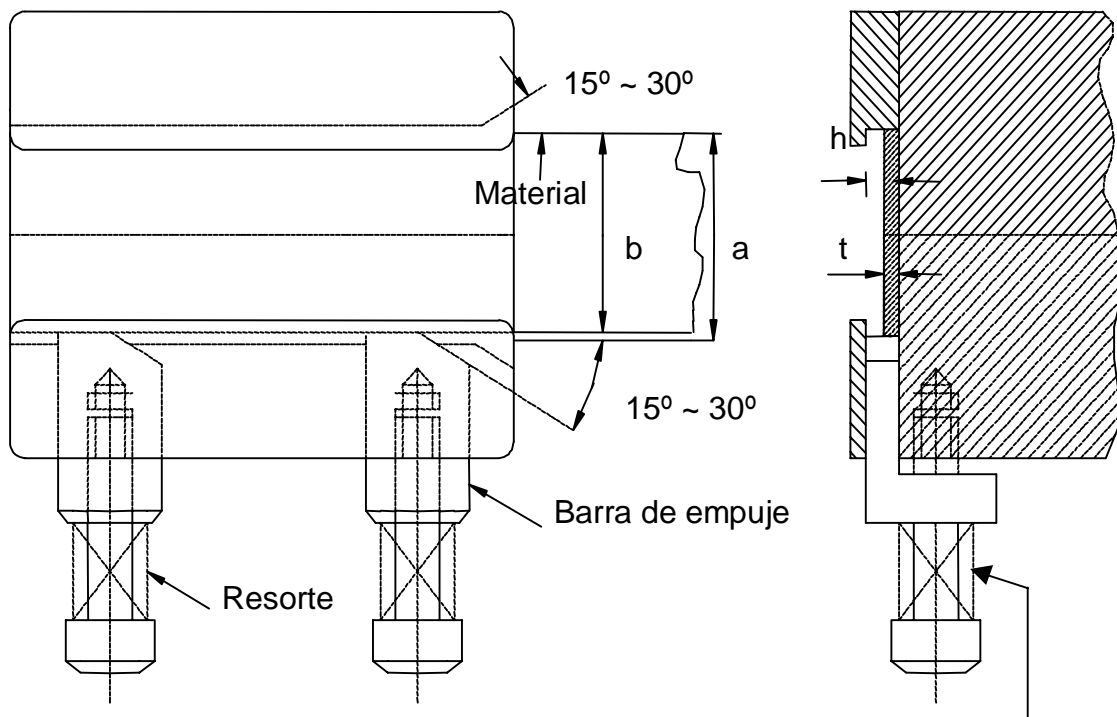


Figura 4-15 Condiciones para el uso del punzón piloto.

4.5 Guía de empuje. Ver figura 4-16.

$$A = b \text{ máximo} + 0.1 \sim 1 \text{ (mm)}, h = (1.5 \sim 2)t$$



Hay que tener cuidado ya que en el caso de utilizar láminas delgadas, éstas se deforman (buckling : pando) si la fuerza del resorte es grande.

Figura 4-16 guía de empuje.

4.6 Cortador lateral ver figura 4-17.

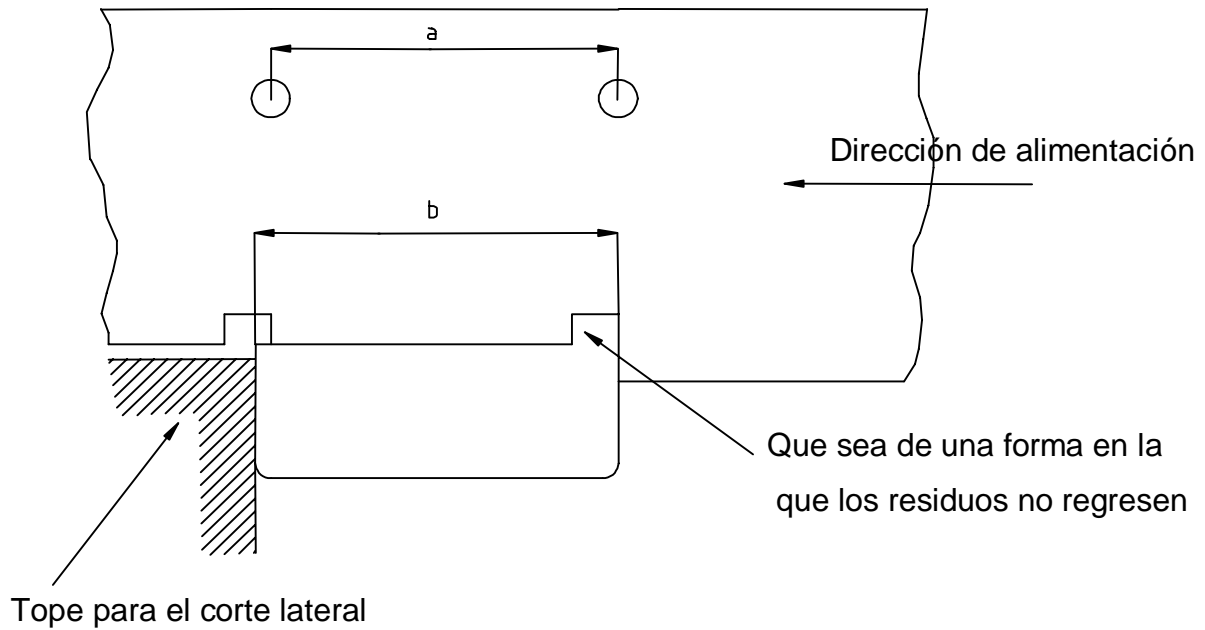


Figura 4-17 cortador lateral.

a : Pitch de alimentación.

b : Longitud del corte lateral.

$$b = a + c$$

∴ "c" debe ser la longitud de corrección que permite posicionar.

4.6.1 Modo de empleo del cortador lateral, ver figura 4-18.

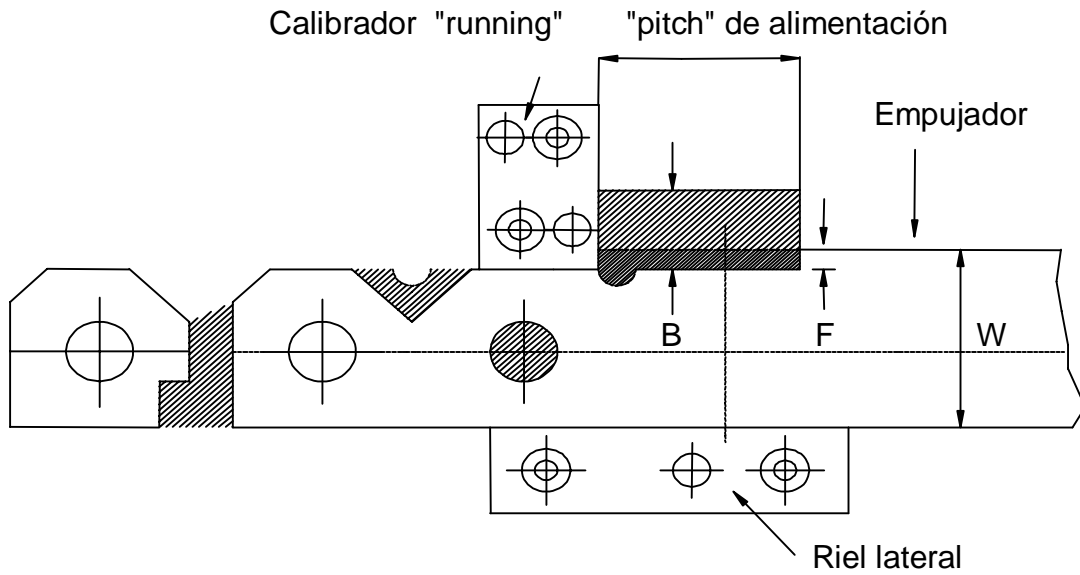
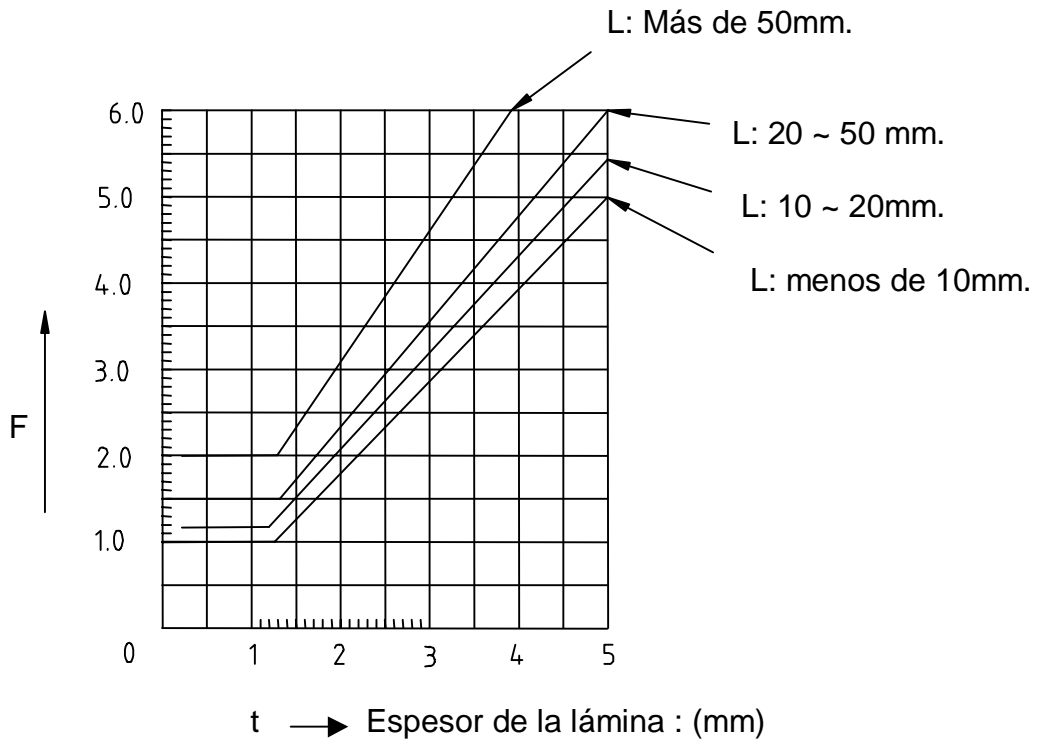


Figura 4-18 Modo de empleo del cortador lateral.

Ver gráfica 4-1 y tabla 4-3 para el cortador lateral.

Longitud del corte lateral L
(Ancho de la tira W)



Gráfica 4-1 Para obtener el recorte F.

"pitch" de alimentación (longitud del corte lateral) L	Ancho B	Altura del punzón H
Hasta 10	6	50 ~ 70
10 ~ 20	8	60 ~ 80
20 ~ 50	10	60 ~ 80
50 ~	12	60 ~ 80

Tabla 4-3 Dimensiones estándar del punzón de corte lateral. Unidad : mm.

Gráfica para obtener el recorte F (se obtiene en el orden de espesor $t \rightarrow L(W) \rightarrow F$).

Si el ancho W de la tira difiere notablemente en dimensiones con L , cada línea de L se considerará con el valor de las líneas de W , se obtendrá F y se deberá promediar el valor de ambas L .

4.6.2 Modo del empleo del perno de la placa botadora, ver figura 4-19.

Nombre	Forma	Forma del cabezal
Perno de tipo tornillo Externo		
Perno de tipo tornillo interno		
Perno de tipo camisa		

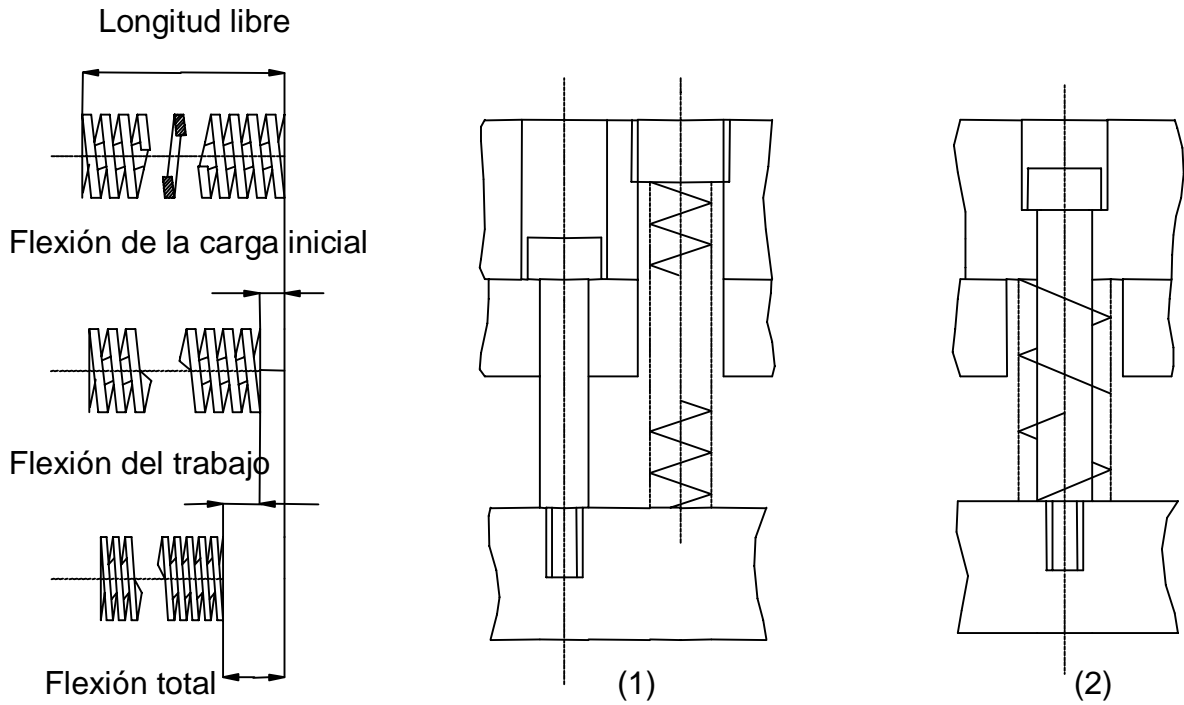


Figura 4-19 Modo de empleo del perno de la placa botadora.

Capítulo 5

La prueba de material y el formado del mismo por prensa.

5.1 Tipo de la deformación en el trabajo de prensa y el modo de defectos.

El formado de hoja metálica por prensa se puede clasificar en los siguientes elementos básicos de acuerdo con el tipo de deformación (estado de distorsión) y el modo de fractura.

- (a) Embutido profundo (deep drawing).
- (b) Formato de expansión (bulding).
- (c) Formado de pestaña estirada (stretch flanging).
- (d) Dobleza (bending).

El trabajo de prensa que realiza las formas complicadas también consiste en la combinación de los diferentes elementos arriba mencionados. La formalidad en el trabajo de prensa se puede apreciar por el desgarre, el defecto de formas y de dimensión. Actualmente, se evalúa por los atributos de resistencia del material identificado mediante la prueba mecánica de tracción del mismo.

5.2 Influencia que tiene el atributo del material sobre efectos de formación de prensa.

A continuación se presenta un cuadro de resumen de la relación que hay entre el atributo del material y la formación de la prensa.

La fractura α se debe a la resistencia del material, ésta generalmente se presenta en el proceso del embutido profundo y en el formado de expansión. La fractura β se debe a la falta de ductibilidad del material y ésta se presenta generalmente en la orilla del formado de pestaña extendida. La marca \odot del siguiente cuadro significa la correlación más estrecha. Existe además cierta correlación entre valores de atributos del material, por lo tanto se puede decir que existen varios valores de otros atributos que afectan a la formación del trabajo de prensa.

A continuación, se presenta una relación de los casos de defectos y sus contra medidas ver la tabla 5-1.




Influencia de atributos del material sobre defectos en formación de prensa.




Defectos en Formado		Valor de atributos del material						Espesor del material	
		Punto de rendimiento (σ_s)	Resistencia de tensión (σ_s)	Extensión total eB	Valor n	Valor r	Módulo de elasticidad E		Deformabilidad máxima
Fractura	Fractura α (embutido profundo)				○	⊙			○
	Fractura α (formado de expansión)		△	⊙	○	△			○
	Fractura β		△	○	△	○		⊙	○
	Fractura por doblez		△	○	△			⊙	⊙
Figura Plana	Arrugas (pestaña).	⊙	△		△	○			○
	Arrugas (cuerpo)	⊙	△		○	○	△		○
	Distorsión del plano	⊙	△		○	△	○		○
	Otros defectos en el plano	○	△		○		△		○
Precisión de la dimensión	Cambio de ángulos	⊙	△		○		△		○
	Pandeo en la pared	⊙	△		○		△		○
	Distorsión	⊙	△		○		△		○
	Pandeo en la línea	⊙	△		○		△		○
	Falta de configuración	⊙	△		○	△	△		○



(Grado de influencia: grande ⊙ - ○ - △ pequeño)




Tabla 5-1 Los casos de defectos y sus contramedidas.




5.3 Defectos típicos en productos prensados y sus contramedidas ver tabla 5-2.




Defectos		Contramedidas	
Ruptura y estrangulación		Formación	Material
	<p>1. - Ruptura del fondo y estrangulación en el formado de expansión y el embutido profundo.</p>	<p>Aumentar el radio del punzón Ajustar el exceso de fuerza del pisador. Optimizar la distribución del material. Ajustar la falta del claro y buscar la óptima centralización</p>	<p>Uniformizar el espesor de la silueta. Aumentar la capacidad del embutido (aumentar los valores de "r" y "n" respectivamente). Aumentar la extensión permanente.</p>
	<p>2. - Ruptura de la esquina de la pared y estrangulación en el embutido rectangular y el formado de expansión.</p>	<p>Aumentar el radio de la esquina o aumentar el número de paso del proceso. Ajustar la presión del pisador y la costilla del embutido. Optimizar la distribución del material. (en particular la esquina). Ajustar el claro y el radio de la matriz en la esquina. Lubricar adecuadamente.</p>	<p>Aumentar la capacidad del embutido (aumentar los valores de "r" y "n" respectivamente). Aumentar la extensión permanente. Disminuir la anisotropía (de la superficie de lámina), o ajustar la dimensión y dirección de la distribución del material. Eliminar la sagregación del material</p>
	<p>3. - Ruptura y estrangulación de la parte del radio de la matriz en el formado de expansión y el embutido profundo.</p>	<p>Aumentar el radio de matriz. Aumentar el radio de la esquina y el de matriz. Ajustar la presión del pisador y la costilla del embutido. Ajustar el claro. Aumentar el número de pasos del proceso y regolpear la parte con el ángulo agudo.</p>	<p>Aumentar el valor de "n" la extensión permanente.</p>


	<p>4. - Ruptura y falta en la orilla en el embutido</p>	<p>Falta del material en la silueta de la esquina y en la orilla.</p>	
	<p>5. - Ruptura y estrangulación en el formado de la pestaña extendida y el aumento en la dimensión del orificio.</p>	<p>Incrementar el número de pasos dividiendo el proceso. Mejorar la superficie de la parte punzonado del orificio.</p>	<p>Aumentar el valor "n" Aumentar la extensión permanente.</p>
	<p>6. - Ruptura y estrangulación en el doblez.</p>	<p>Considerar la dirección de la distribución del material con respecto a la de laminación (la dirección en que el radio mínimo de doblez sea más pequeño). Aumentar el radio de doblez.</p>	<p>Aumentar el valor "n". Aumentar la extensión permanente. Disminuir la anisotropía.</p>

Lesión			
	7. - Desgaste abrasivo, toque el herramental, otras lesiones.	Ajustar suficientemente la centralización, el claro, el acoplamiento y la inclinación del herramental. Eliminar basura y polvo en el piso de producción para evitar la introducción del material extraño en el lubricante.	Estudiar el acabado de la superficie de lámina.
Arrugas			
	8. - Arrugas de la pestaña en el embutido profundo y el formado de expansión	Incrementar la fuerza del pisador. Utilizar el pisador adecuado para el trabajo (embutido de la forma extraordinaria)	Aumentar el valor "n" Disminuir la anisotropía de la superficie. Disminuir la tolerancia del espesor de lámina
	9. - Arrugas del cuerpo en el embutido y el formado de expansión.	Ajustar la dimensión del herramental (el radio de la matriz y el punzón, el claro etc.) Utilizar el pisador si es posible. Aumentar la fricción entre la cara del herramental y el material (aplicar parcialmente el lubricante).	Aumentar el valor "n". Es mejor usar lámina en mate. Disminuir la anisotropía de la superficie. Disminuir la proporción del rendimiento.

	<p>10. - Pocas arrugas en el borde del producto del embutido profundo.</p>	<p>Disminuir el radio de la matriz. Disminuir el claro. Aumentar la fuerza del pisador.</p>	<p>Aumentar el valor "n". Disminuir la anisotropía de la superficie.</p>
	<p>11. - Sobrante del material en el embutido profundo y el formado de expansión. (sobra material por la deformación no uniforme del producto con forma irregular).</p>	<p>Optimizar la dirección del trabajo, la cara del pisador y la forma del punzón. Ajustar el radio de la matriz y del punzón, el claro, la costilla, etc.</p>	<p>Disminuir la anisotropía de la superficie. Aumentar el valor "n". Disminuir la tolerancia del espesor de lámina.</p>
	<p>12. - Arrugas en el formado de pestaña contraída.</p>	<p>Trabajar con el herramental más apretado, más hermético. En la etapa del diseño del producto, reducir la altura de pestaña, aumentar el radio de esquina y el espesor de lámina, etc.</p>	<p>Aumentar el valor de "n"</p>

Deformación por la recuperación de la elasticidad.			
	<p>10. - "oil canning" en el embutido profundo y el formado de expansión</p>	<p>Aumentar la fuerza del material jalando ambos lados del mismo por medio del uso de la costilla auxiliar.</p>	
	<p>14. - Distorsión en el producto de la forma irregular.</p>	<p>Uniformar y fortalecer la fuerza de tensión por el uso de la costilla del embutido, el pisador y el embutido de escala.</p>	<p>Disminuir la deformación (planicidad). Disminuir la anisotropía de superficie.</p>
	<p>15. - Aflojamiento y falta de material en el producto de forma irregular.</p>	<p>Procurar eliminar la deformación no uniforme, adecuando la cara del pisador, la dirección del trabajo, la forma del punzón y de la matriz, el claro y costilla. Optimizar la distribución del material.</p>	<p>Disminuir la anisotropía de superficie. Aumentar la proporción del rendimiento y bajar el punto del mismo.</p>

	<p>16. - Pandeo en el doblado y el formado de pestaña.</p>	<p>Disminuir el radio de la matriz. Aumentar la fuerza de tensión. Realizar el doblado comprimido.</p>	<p>Eliminar el pandeo.</p>
	<p>17. - Spring back (rebote) en el doblado.</p>	<p>Agregar la fuerza de tensión en el proceso de embutido. Realizar el doblado comprimido.</p>	<p>Bajar el punto de rendimiento. Disminuir el valor de "r".</p>
<p>Otros defectos</p>			
	<p>18. - Línea de choque en la pared del producto.</p>	<p>Alinear la unión del radio de la matriz. Ajustar la fuerza de la costilla y del pisador tal que la fuerza llegue a ser mayor al final del proceso.</p>	

	<p>19. - Pandeo ("buckling") en el borde de la formación plástica y la elástica.</p>	<p>Procurar eliminar el esfuerzo bruscamente discontinuado por el ajuste de la dimensión y forma del herramental.</p>	
	<p>20. - Deformación por estirado.</p>	<p>Utilizar el nivelador, etc.</p>	<p>Eliminar el envejecimiento. Eliminar la extensión del punto de rendimiento</p>
 <p>El diagrama muestra un perfil de un embudo. Una línea horizontal superior indica el borde superior. Una línea horizontal inferior indica el fondo del embudo. Una línea punteada horizontal está situada entre el borde superior y el fondo, representando la línea de deformación o expansión.</p>	<p>21. - Hinchado del fondo y la pared de la pieza en el embutido profundo y el formado de expansión.</p>	<p>Modificar la forma del punzón. Aumentar la fuerza de tensión del pisador y de costilla del embutido. Utilizar el cojín fuerte (puede ser la matriz del fondo tocado).</p>	<p>Mejorar la planicidad de la lámina. Eliminar la deformación. Aumentar el valor de "n".</p>




	<p>22. - Hinchado alrededor del fondo de la pieza en el embutido profundo.</p>	<p>Evitar el desgaste del punzón y la matriz. Relocalizar el orificio de ventilación para el aceite o el aire no tapen.</p>	
	<p>23. - Hinchado local de la pieza ("pimple, depot, oil dish, oil canning")</p>	<p>Aplicar aceite adecuadamente evitando que el exceso. Buscar un mecanismo para el escape del aceite. Procurar que no se introduzca objeto extraño entre el material y el herramental. Eliminar rebaba de la cara de corte.</p>	
	<p>24. - "Orejas" alrededor de la orilla de la pieza del embutido profundo. "Oreja" en un lado.</p>	<p>Centralizar el punzón y la matriz, uniformizando el claro. Uniformizar la fuerza del pisador. Optimizar la distribución del material.</p>	<p>Eliminar la anisotropía</p>
	<p>25. - Superficie áspera (cascara de naranja).</p>		<p>Hacer la granulación fina.</p>

Tabla 5-2 Defectos típicos en productos prensados y sus contramedidas.

Capítulo 6

Herramental tipo tandem

6.1 Trabajo progresivo sencillo.

6.1.1 Forma de pensar el plano de arreglo, ver la siguiente figura 6.1.

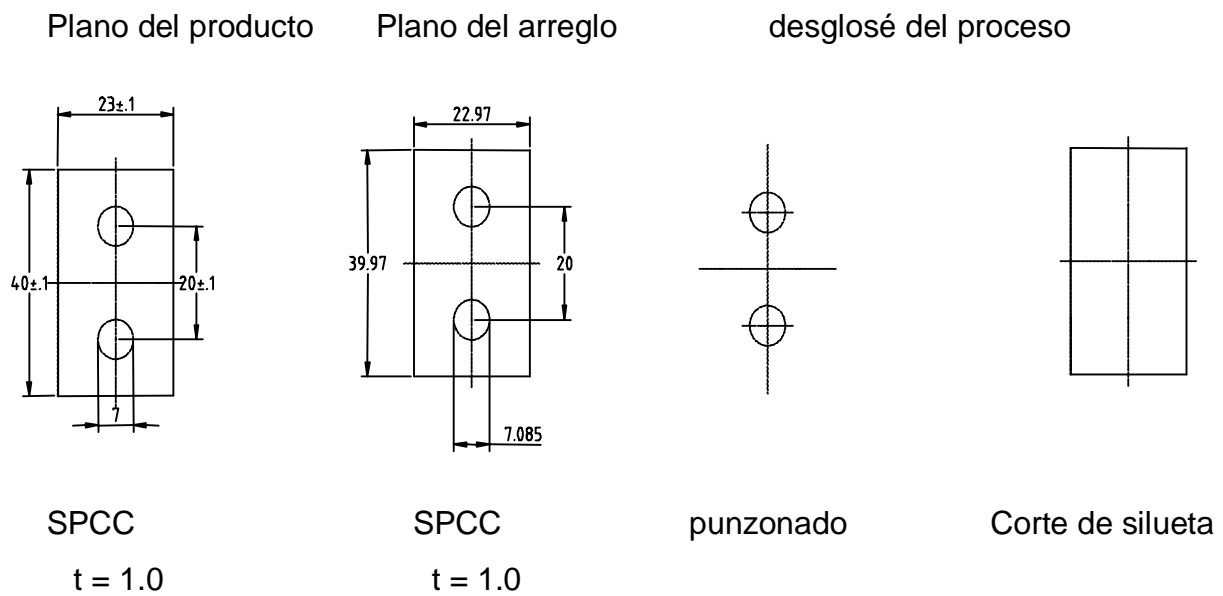
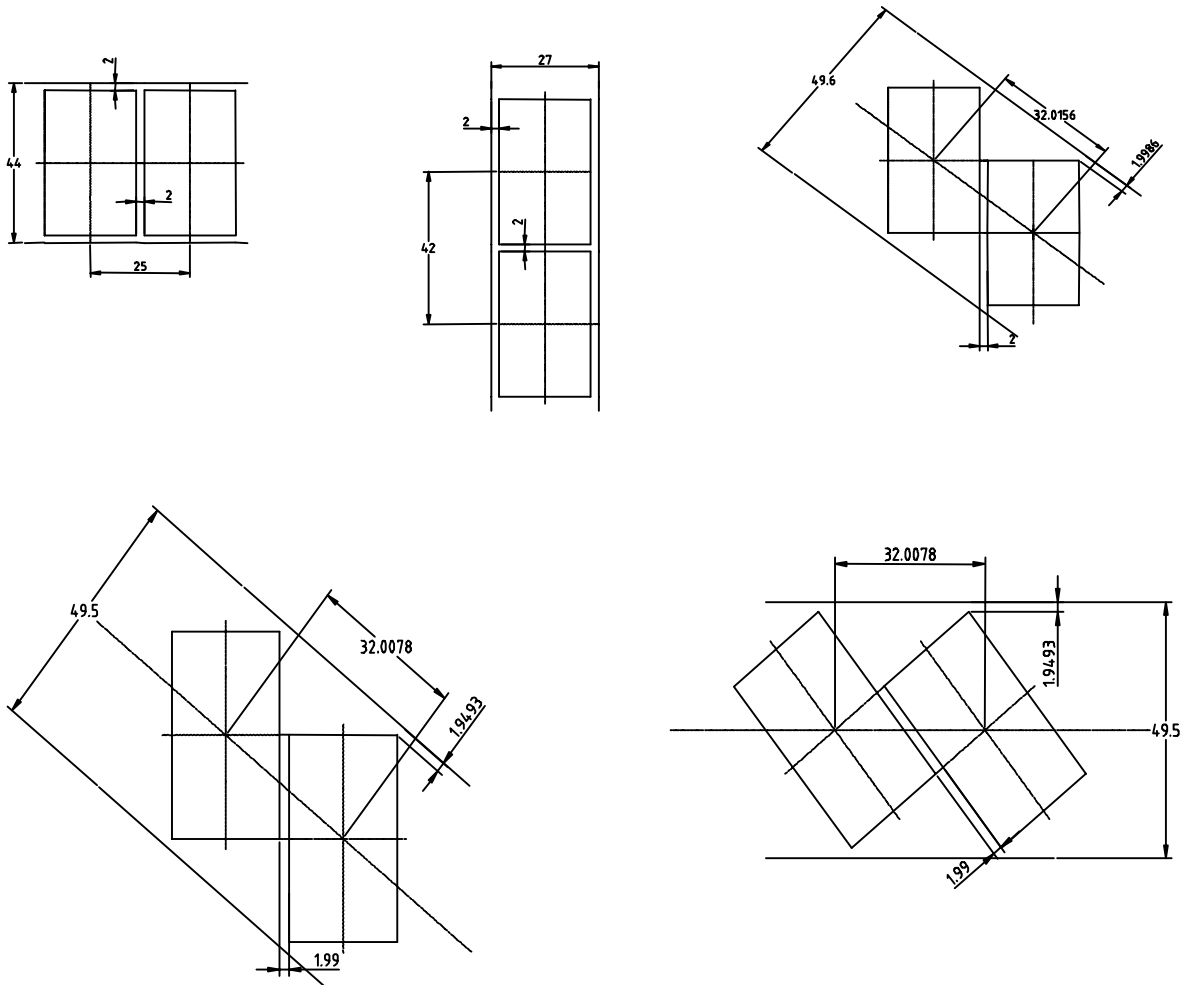


Figura 6.1 Forma de pensar el plano de arreglo.

6.1.2 Distribución de la silueta. (Optimización de la tira) figura 6-2.

Distribución de la silueta



Arreglar el ancho del material y el Pitch de alimentación.

Rotar la línea central para que quede horizontal.

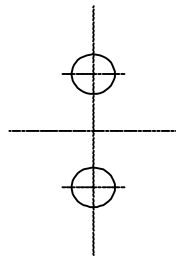
Figura 6-2 Distribución de la silueta.

Distribuir con base en el ancho lateral el "carrier Bridge"

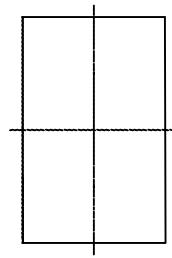
1. Especificar primero el ancho lateral.
2. Ingeniar todas las distribuciones posibles.
3. Especificar el ancho del "carrier bridge".
4. Calcular el área del material.
5. Seleccionar la distribución que obtenga el área más pequeña.

6.1.3 Desglose del proceso y distribución en la tira. Figura 6-3.

Desglose del proceso



Punzonado



Corte de silueta

Distribución en la tira

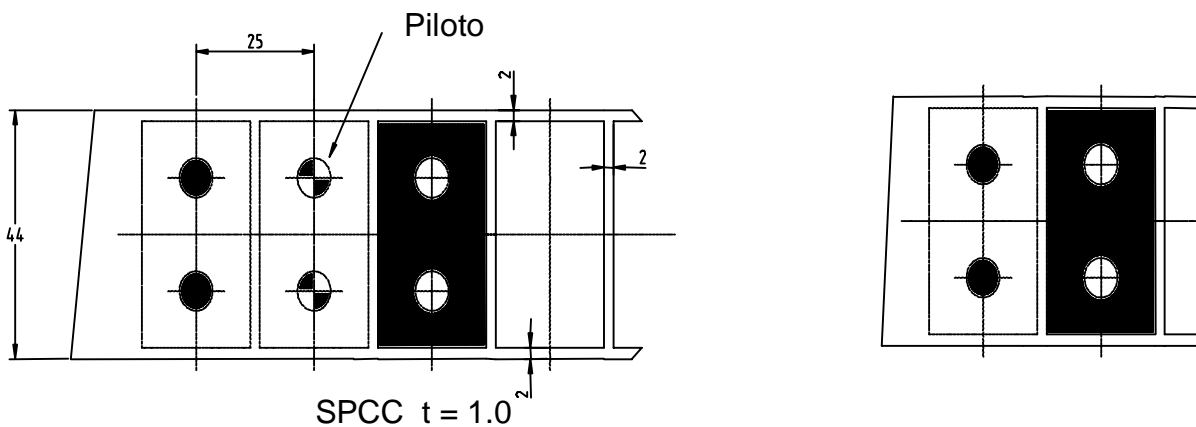


Figura 6-3 Desglose del proceso y distribución en la tira.

Procedimiento para la elaboración del plano:

1. Trazar la línea central y la del pitch.
2. Determinar la posición del punzonado.
3. Establecer la estación del piloto.

4. Colocar el corte de silueta.
5. Dibujar el ancho del material.
6. Elaborar un plano auxiliar para que el contenido del proceso se entienda mejor.
7. Anotar las dimensiones señaladas en el plano.

(nota) El piloto se introduce en la estación posterior al punzonado.

Se puede colocar el piloto en la misma estación del corte de silueta.

6.1.4 Diseño de la estructura de la máquina figura 6-4, 6-5 y 6-6.

Diseño del tamaño de la matriz.

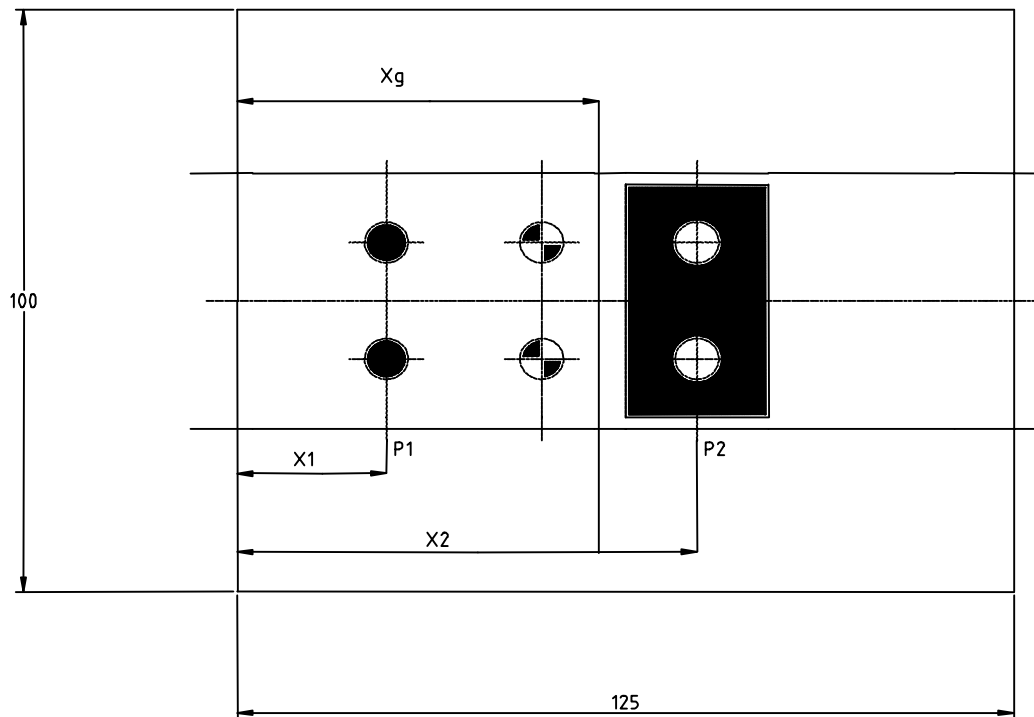


Figura 6-4 Diseño de la estructura del proceso.

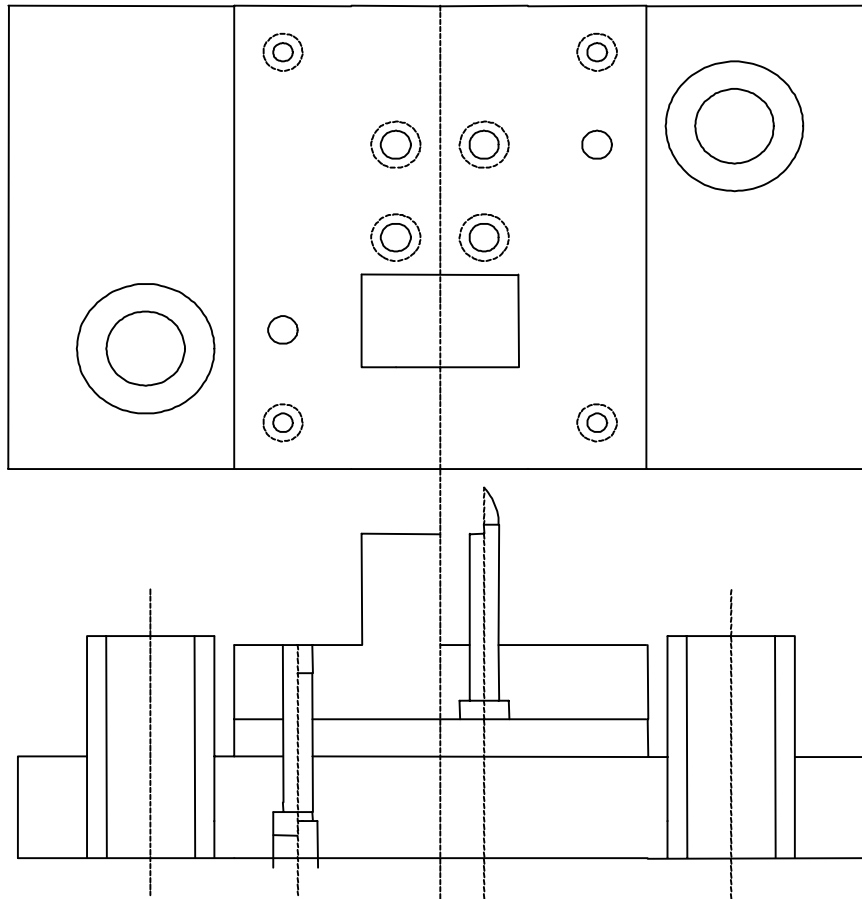
Procedimiento para el diseño:

1. Tomar la suficiente dimensión para la cuchilla y el contorno.
2. Ajustar lo más posible al tamaño estándar de la placa.

(Nota) Se obtiene el centro de la carga X_G del plano de arriba por medio de la fórmula siguiente:

$$X_G = \frac{P_1 \cdot X_1 + P_2 \cdot X_2}{P_1 + P_2} (mm)$$

Herramental superior



Herramental inferior

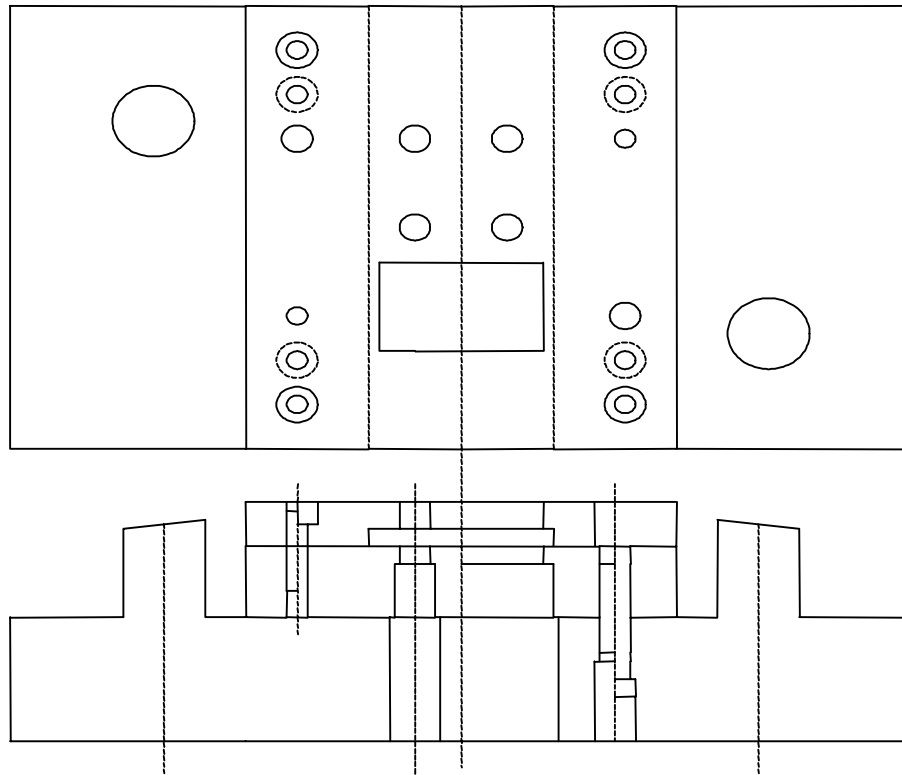


Figura 6-5 Plano de ensamble del herramental superior y inferior.

Procedimiento para el diseño:

1. Elegir el Die set.
2. Colocar los tornillos de cierre y el Dowel pin.
3. Determinar el espesor de la placa.
4. Determinar los detalles de cada uno de los componentes.

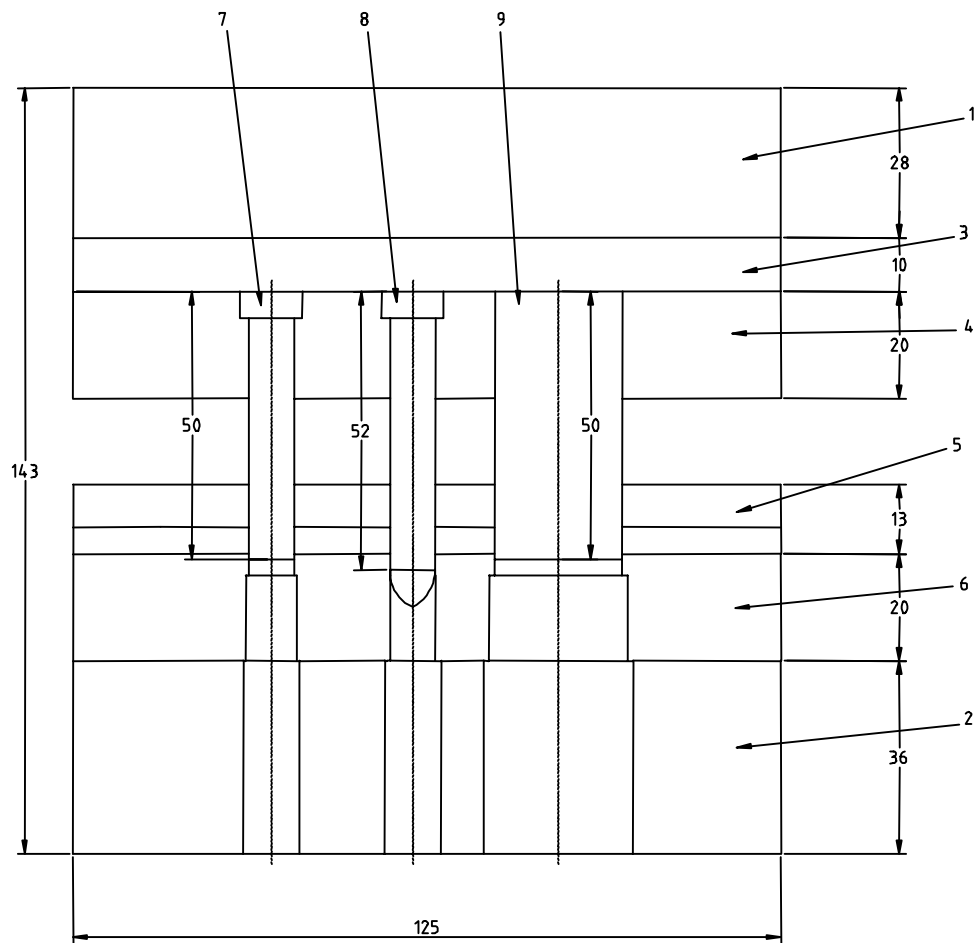


Figura 6-6 Plano de corte del ensamble.

Procedimiento para el proceso:

1. Dibujar el plano de corte del estado en que el herramental esté en el punto muerto inferior.
2. Se utilizan planos de corte parcial en caso de que se dificulte mostrar en uno solo la totalidad.
3. Anotar las dimensiones principales como la altura del herramental.
4. Señalar con "llamadas" (porque el plano de corte demuestra claramente la forma del herramental).
5. Señalar con "llamadas" en el plano en planta si el señalamiento en el plano de corte es insuficiente.
6. Anotar en la tabla de los componentes los puntos necesarios.

(Nota) Será bueno dejar igualada la profundidad de penetración del punzón y la matriz en relación al espesor del material a trabajar.

En la tabla 6-1 se presenta el cuadro de componentes.

No.	Nombre de la parte	Cantidad	Material	Código de la parte/ medidas aproximadas
1	Die set (superior)	1	SS410	SDBO125 X 100
2	Die set (inferior)	1	SS410	SDB0125 X 100
3	Placa de respaldo (sufridera)	1	SK5	125 X 100 X 10
4	Placa de punzón	1	S50C	125 X 100 X 20
5	Placa botadora fija	1	SKS3	125 X 100 X 13
6	Placa de la matriz	1	SKD11	125 X 100 X 20
7	Punzón barrenador	2	SKD11	SPC8 - 50 - P7.07
8	Piloto	2	SKD11	STC8 - 52 - P7.05
9	Punzón del corte de silueta	1	SKD11	40 X 23 X 50

Tabla 6-1 Cuadro de componentes.

Comparación de la norma del material

(JIS)

SS410 ASTM A 284 - 31

SK5 W1 - 8 (AISI)

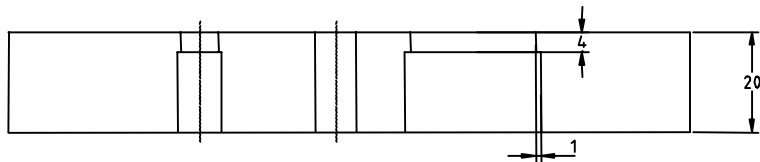
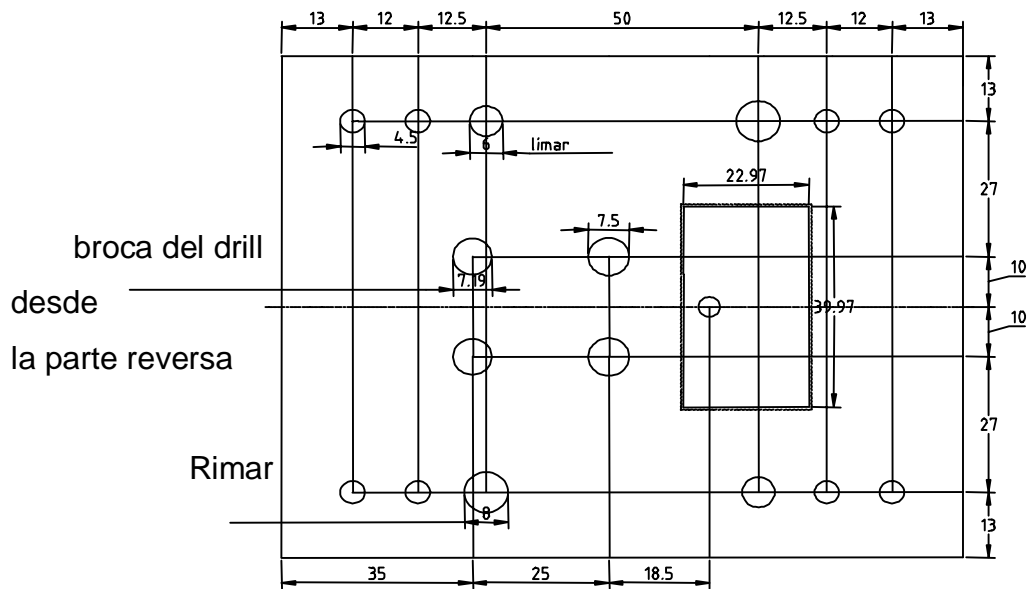
S50C 1049 (AISI)

SKS3 L6 (AISI)

SKD11 D2 (AISI)

6.1.5 Diseño del componente figura 6-7.

1 placa de matriz SKD11 61HRC



1 punzón de corte de silueta SKD11 61HRC



1 placa botadora SKS3 56HRC

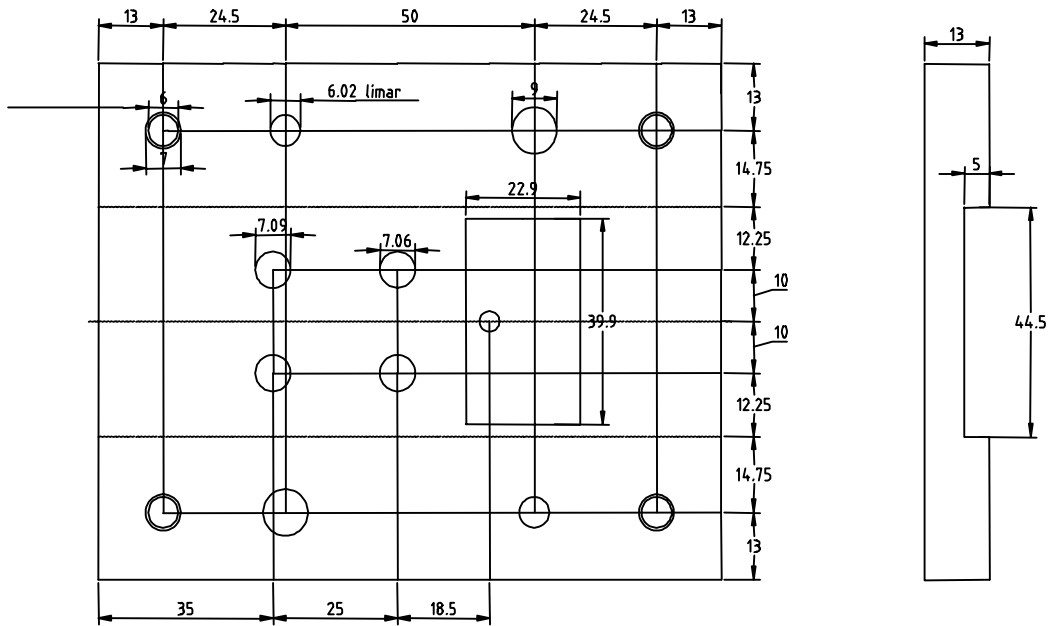


Figura 6-7 Diseño del componente.

Capítulo 7

Condiciones para la distribución en tira

7.1 Bases para la distribución en tira ver las siguientes figuras.

Distribución en la tira básica para el trabajo progresivo de corte.

Se realizan trabajos de punzonado y de corte de silueta. La dirección de la rebaba es opuesta entre los barrenos y la silueta.

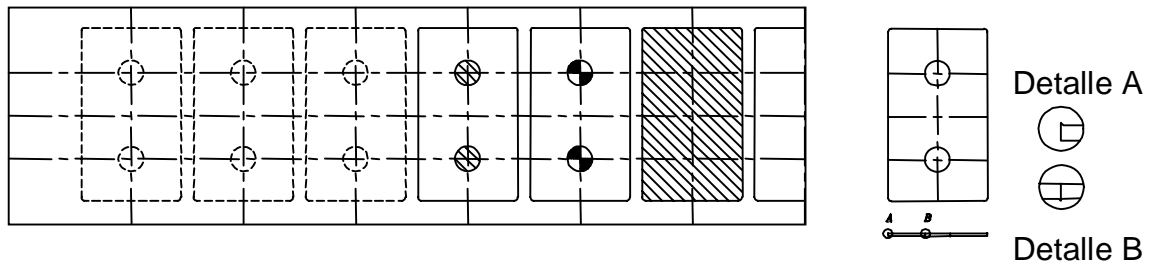


Figura 7-1 Tira básica para el trabajo progresivo de corte.

Cuando existe un corte que no permite obtener la forma de la silueta fácilmente se realizara el trabajo en el punzonado.

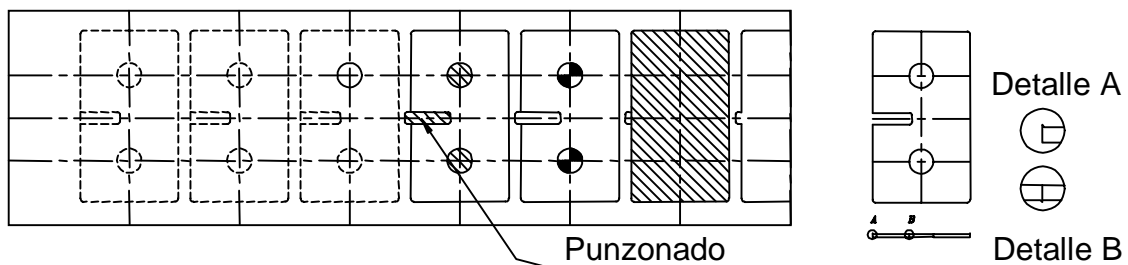


Figura 7-2 Forma de punzonado.

Cuando se desea que la dirección de la rebaba sea en la misma dirección se combina el punzonado de las muescas y los barrenos con la separación del trabajo realizándolo en forma externa (out cut).

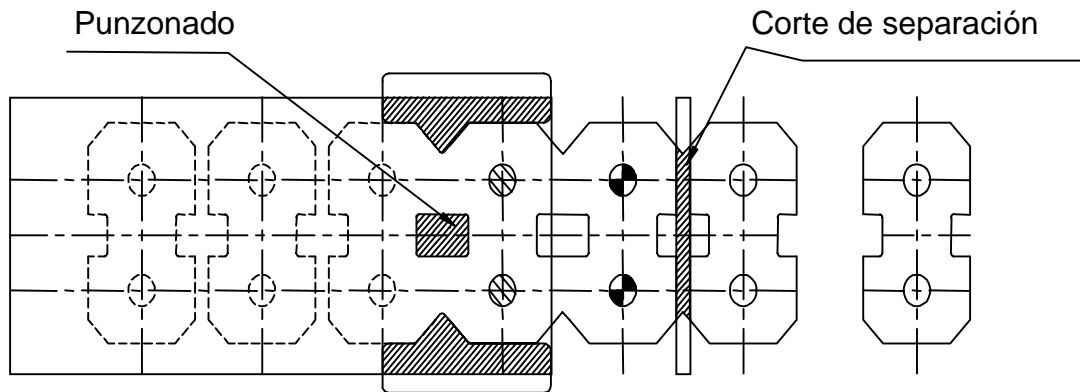


Figura 7-3 Trabajo realizado en forma externa.

La estructura de la placa botadora es similar en los tres casos.

Cuando quiera mejorar el rendimiento del material se realiza el punzonado y corte en deterioro de la calidad del producto. Ya que la dirección de las rebabas del corte se encuentran en sentidos opuestos.

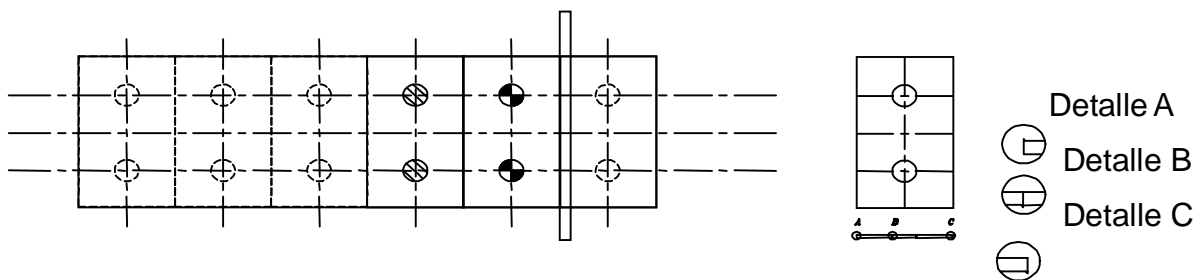


Figura 7-4 Realización de punzonado y corte.

Cuando no se puede realizar solo con el corte se utiliza el punzonado y se realizan los escotes de la forma externa (out cut).

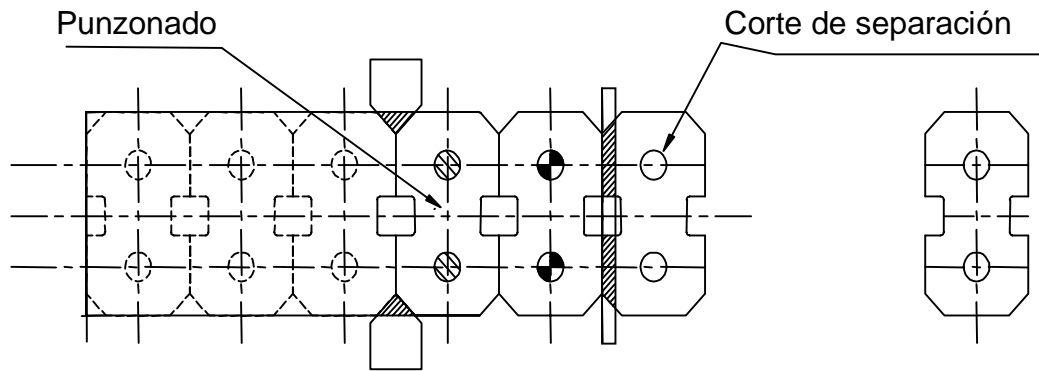
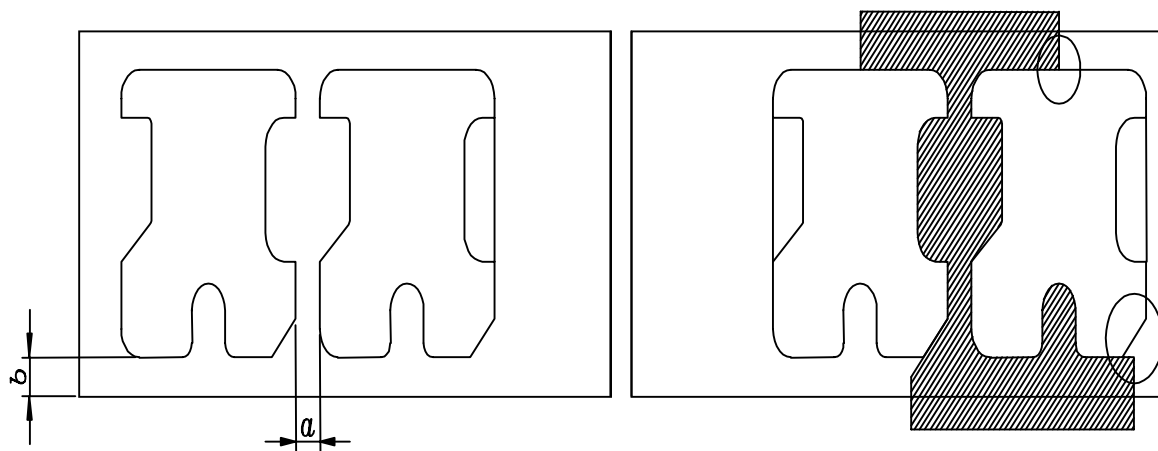


Figura 7-5 Punzonado y realización de los escotes.

7.2 Diseño del punzón de corte externo ver siguientes figuras.

Determinar la distribución de la tira mediante la superposición de la silueta sobre el diseño sobre la misma.



Dimensiones a y b se determinan considerando la fuerza del punzón.

Aparece el punzón de corte como se muestra si con esta forma el punzón y la matriz se considera resistente o la dificultad para maquinaslos se puede utilizar un solo punzón, así mismo con este tipo de corte se presenta una rebaba en la unión de dos cortes consecutivos por lo que también se debe considerar hasta donde sea posible el traslape de dos cortes para disminuir este efecto.

Figura 7-6 Dimensiones a y b considerando la fuerza del punzón.

Como se muestra a continuación aun cuando se modifique la distribución de la silueta sobre la tira continua siendo la misma.

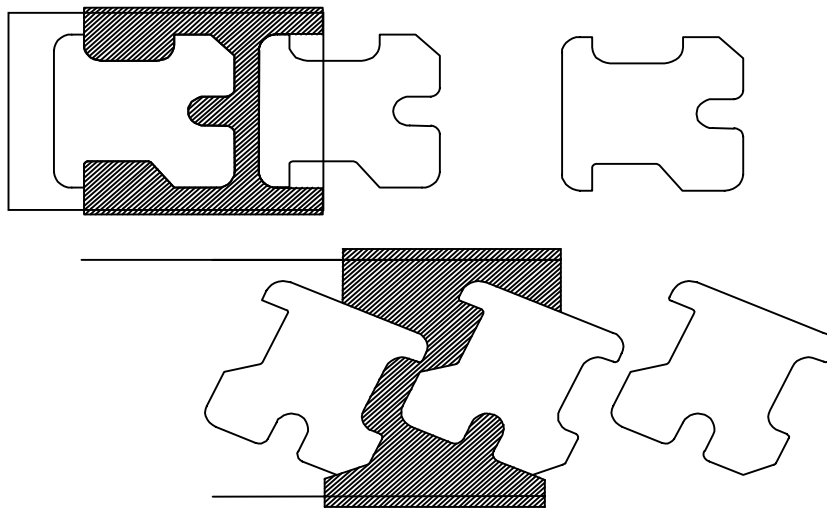


Figura 7-7 Modificación de la distribución de la silueta sobre la tira.

Cuando se presentan problemas con la forma y resistencia del material de punzones y matriz o en la dificultad para el maquinado es conveniente separar los mismos en varias secciones buscando que sea el menor número posible de secciones y el menor número de traslapes de cortes.

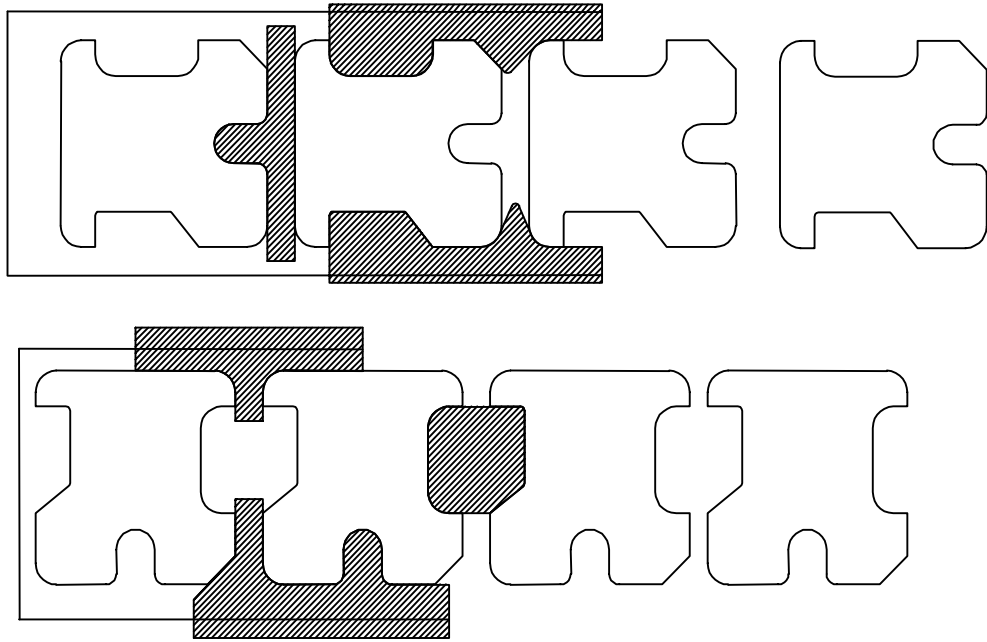
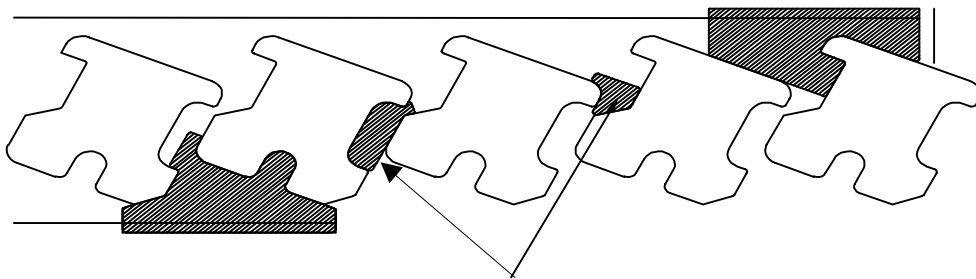


Figura 7-8 Problemas con la forma y resistencia del material.

Una vez seleccionado el número de punzones se procede a equilibrarlos evitando separaciones innecesarias.



Evitar separaciones innecesarias.

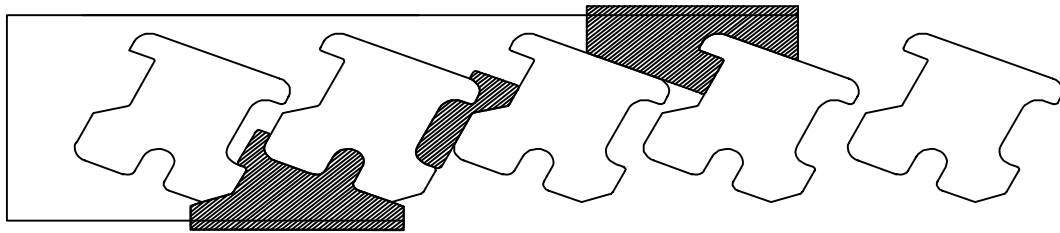


Figura 7-9 Evitar separaciones innecesarias.

7.3 Medidas para el punto de encuentro (maching) ver siguientes figuras.
 Medidas para el punto de traslape de cortes para evitar rebabas en este sitio.
 Esta forma de traslape es la ideal ya que si se aplica en estos sitios no influye en la forma del producto y los problemas de rebaba se reducen.

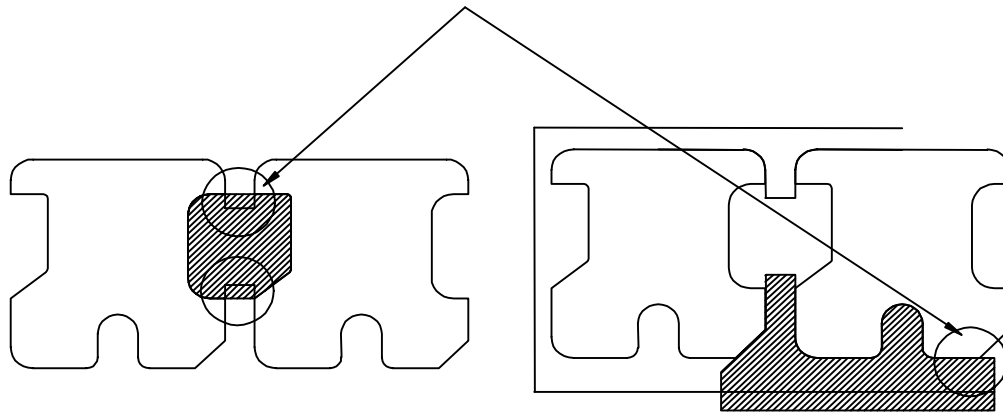


Figura 7-10 Forma de cortes para evitar rebabas en este sitio.

Cuando el encuentro se realiza ya sea con el paso igual al corte P se presentan rebabas como la de la primera parte y si se traslapa por medio del aumento en la dimensión $P+A$ como se presenta en el círculo como el punto de traslape.

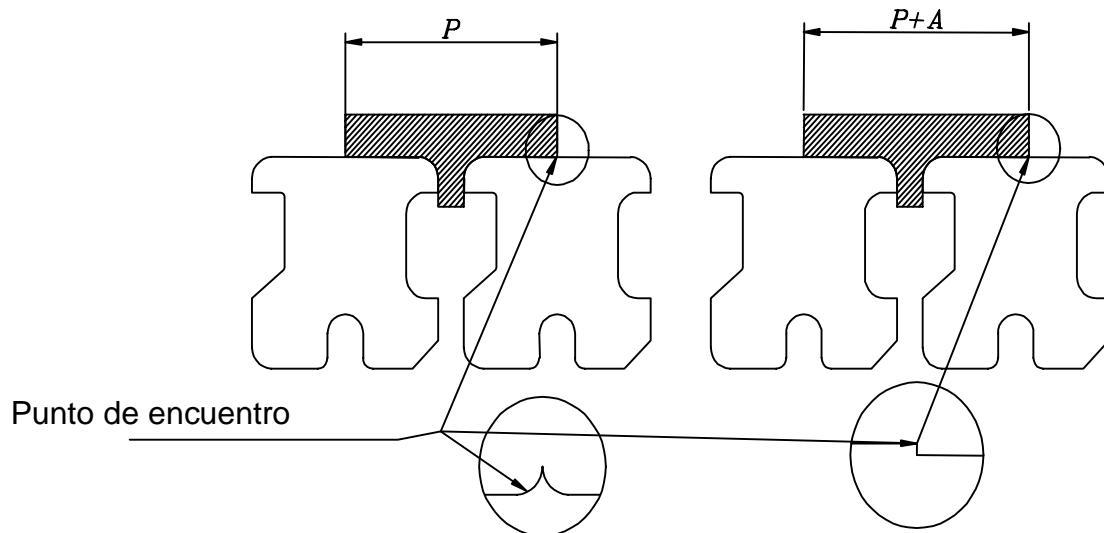
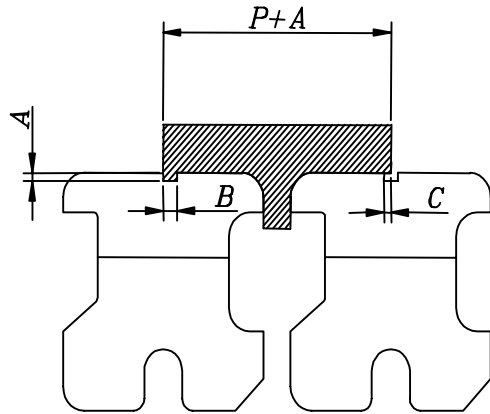


Figura 7-11 Cuando el encuentro se realiza con el paso igual al corte.

Se recomienda en casos rigurosos de control dimensional y de control de las rebabas realizar una pequeña muesca como la que se presenta a continuación lo que nos dará un mejor control de las rebabas en el punto de traslape.



$A > 0.5t$ (mínimo 0.05 mm.)

$B > 1.5t$ (mínimo 0.5mm).

$C < B$

Figura 7-12 Casos rigurosos de control dimensional.

En los traslapes entre los radios y lados de una pieza se presenta el mismo problema de rebaba que en los traslapes por lo que se recomienda realizar una modificación mediante una combinación entre el radio y una línea tangente al mismo con un ángulo que debe ser mayor a 15° no se podrá lograr un radio perfecto pero se elimina el problema de las rebabas.

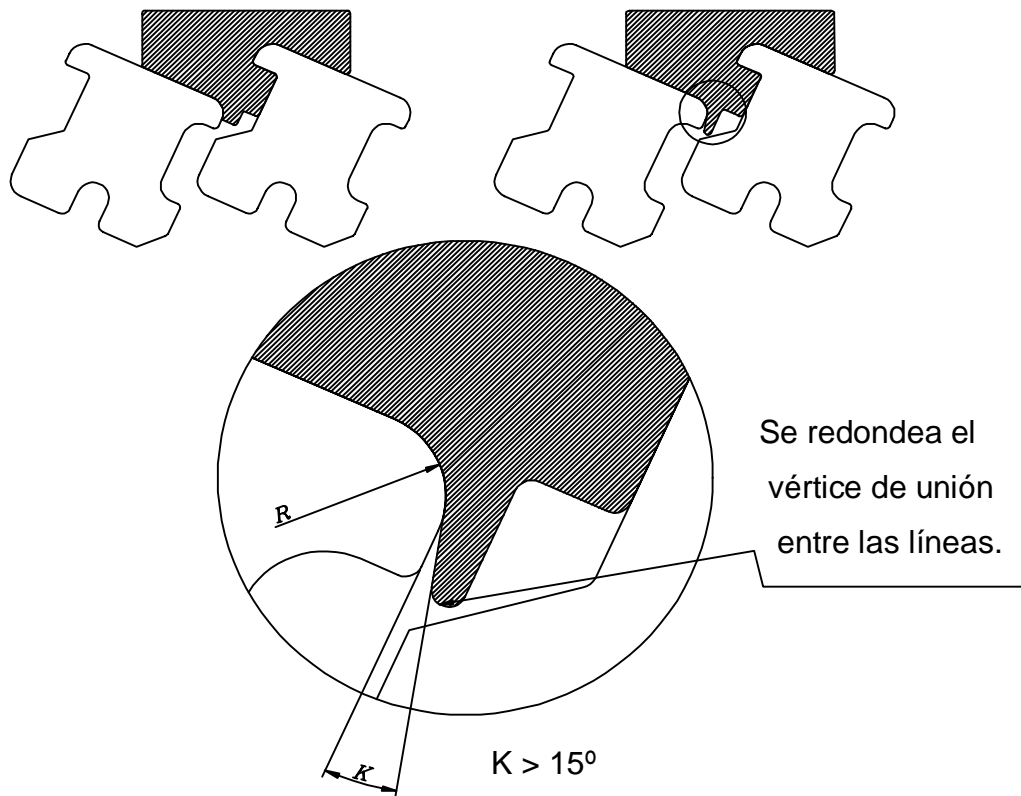


Figura 7-13 Eliminación del problema de las rebabas.

7.4 Medidas contra el registro de residuos ver las siguientes figuras.

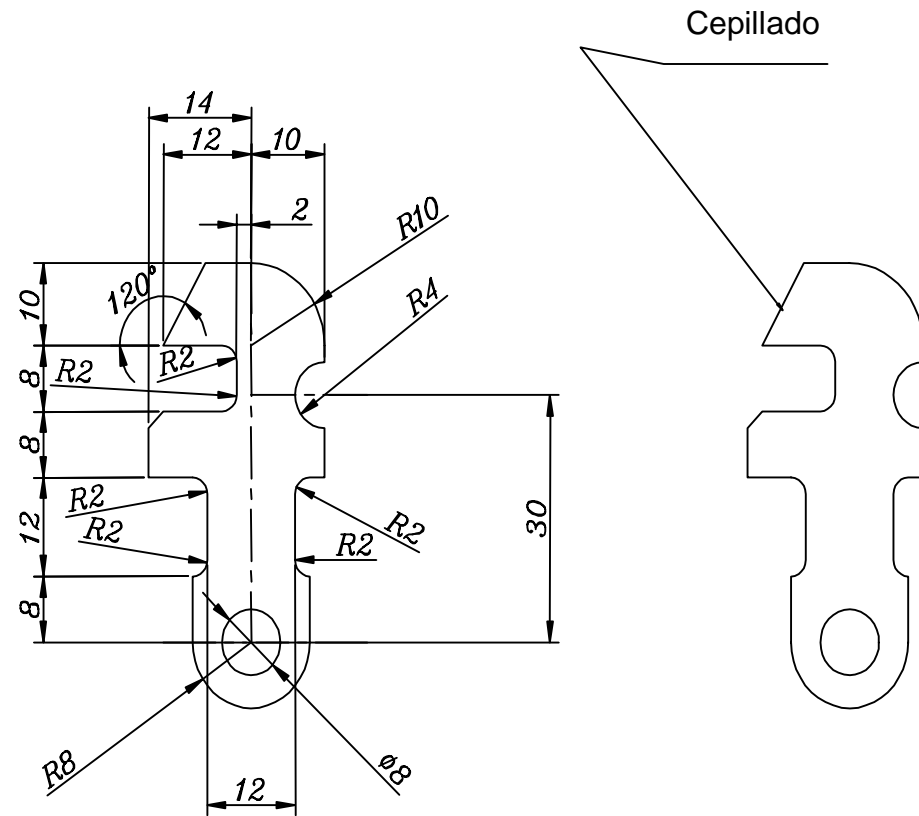


Figura 7-14 Medidas contra el regreso de residuos.

Distribución y forma de los punzones.

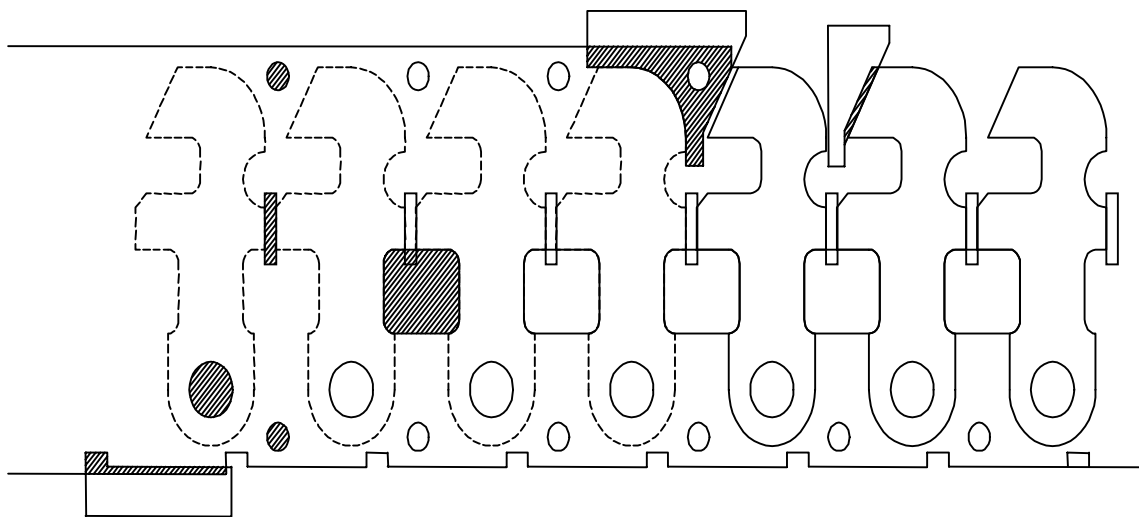
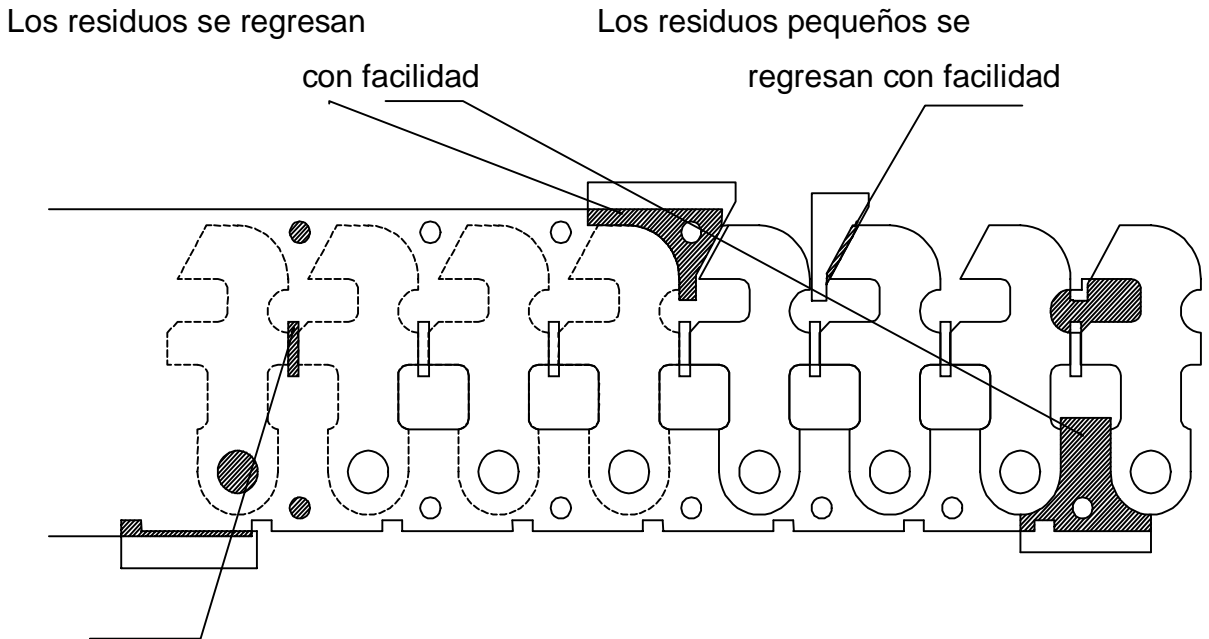


Figura 7-15 Distribución y forma de los punzones.

Distribución de la tira sin medidas para evitar el retorno de los residuos del corte.



El barreno rectangular pequeño tiende a provocar el regreso del material además de la resistencia del punzón.

Figura 7-16 Distribución de la tira sin medidas.

Distribución de la tira con medidas para evitar el retorno de los residuos del corte.

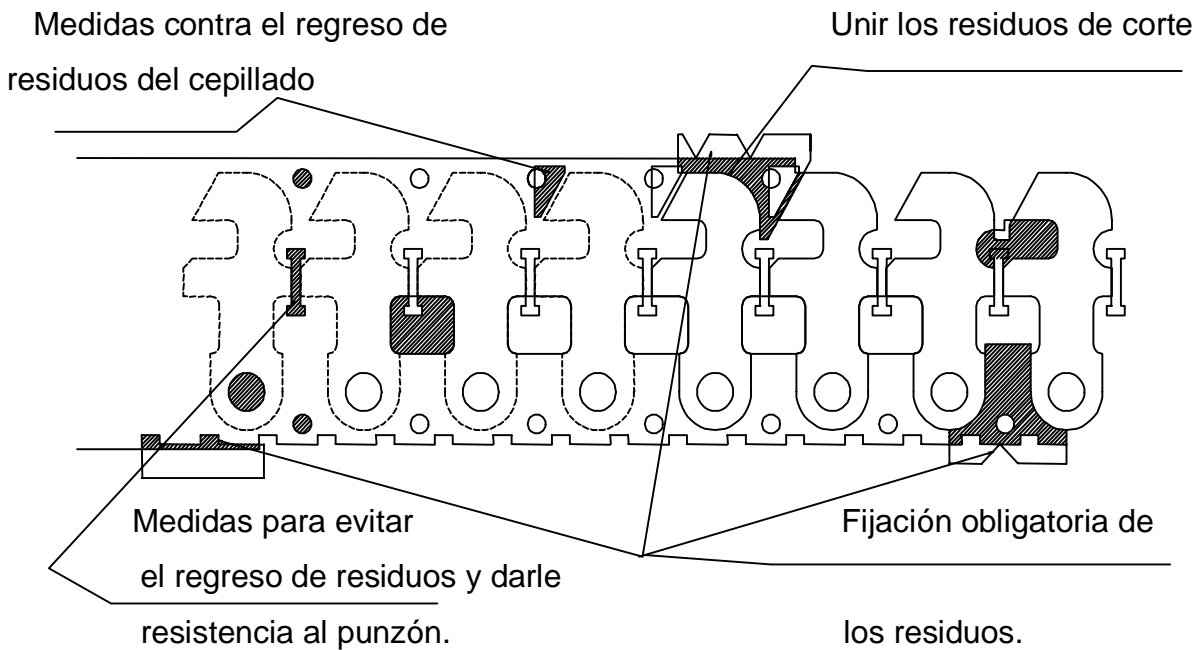
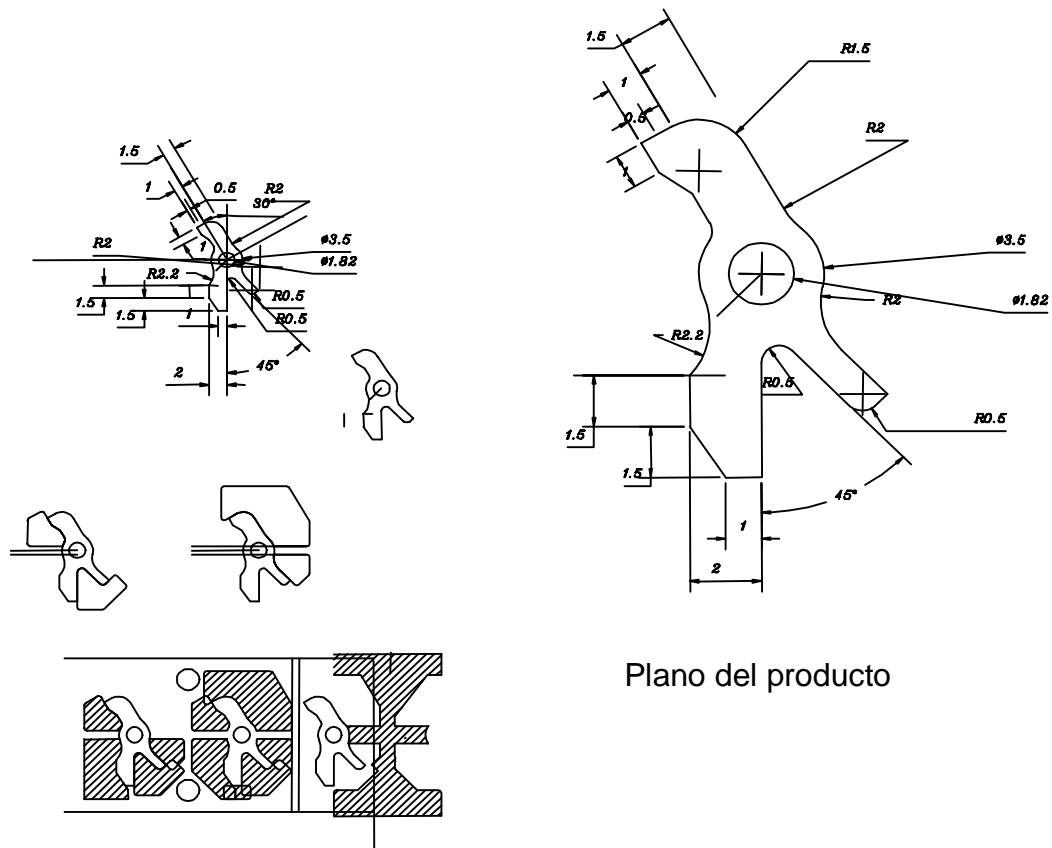


Figura 7-17 Distribución de la tira con medidas.

7.5 Trabajo de partes extremadamente pequeñas ver las siguientes figuras.

Para realizar el trabajo progresivo de partes con dimensiones pequeñas, se debe dar prioridad al sistema del pisador de la silueta y a la alimentación del material.

Enfocando la distribución a permitir un fácil registro y el procesado mas que al rendimiento del material facilitando a la vez el diseño de la matriz y el punzón.



Plano del producto

Forma de los punzones

Figura 7-18 Plano del producto y forma de los punzones.

Distribución en la tira.

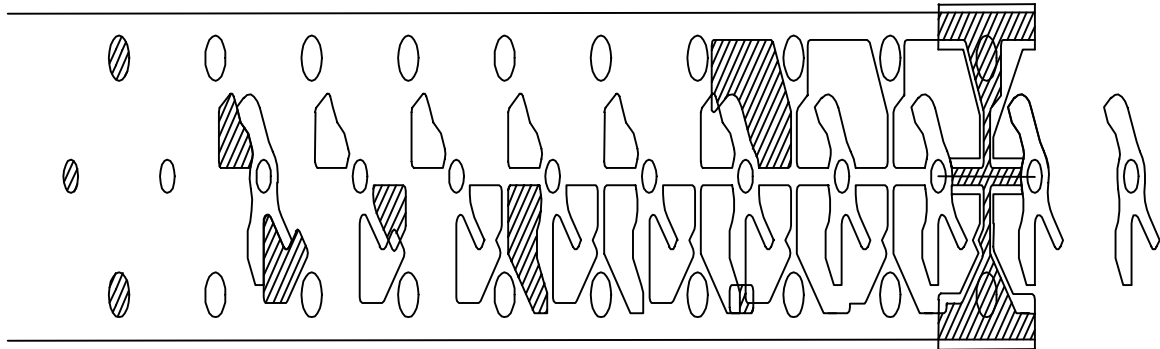
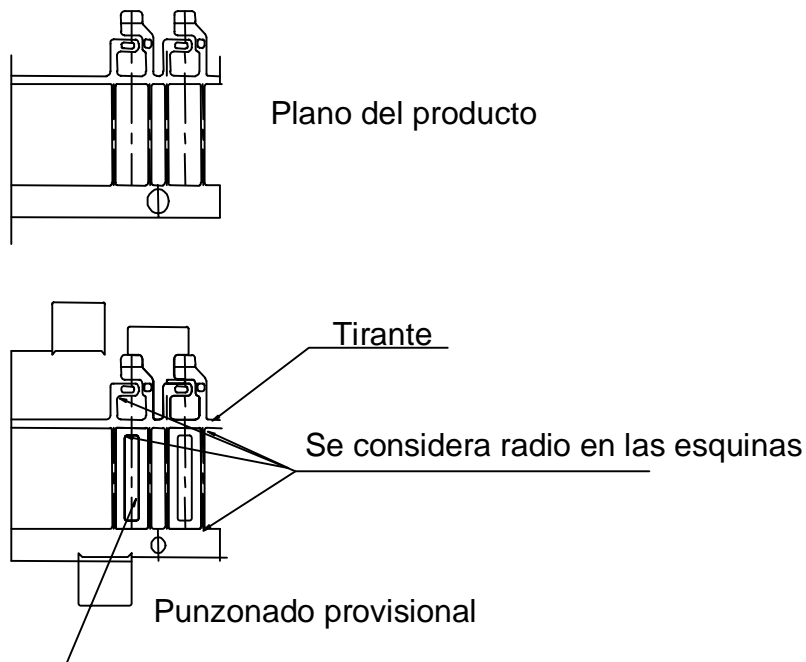


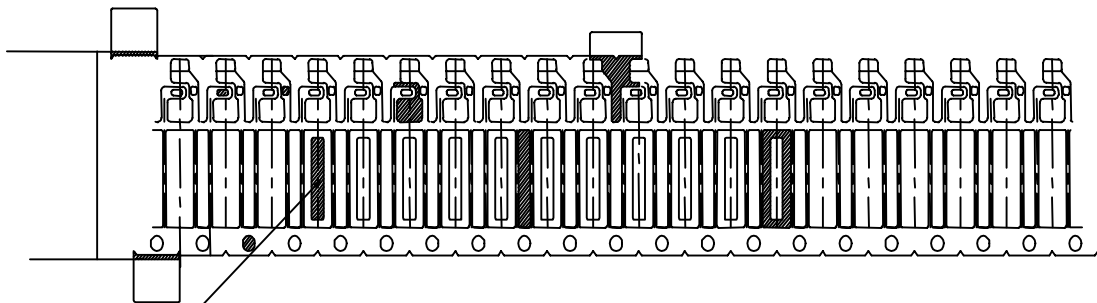
Figura 7-19 Distribución de la tira.

7.6 Micro trabajo ver las siguientes figuras.



Para buscar eliminar que el alambre se tuerza al momento del corte disminuir el claro entre matriz y punzón y aumentar presión sobre el material con la placa botadora y pisador.

Figura 7-20 plano del producto.



Con el punzonado provisional se reduce el empuje que recae sobre la parte del alambre.

Figura 7-21 Punzonado provisional.

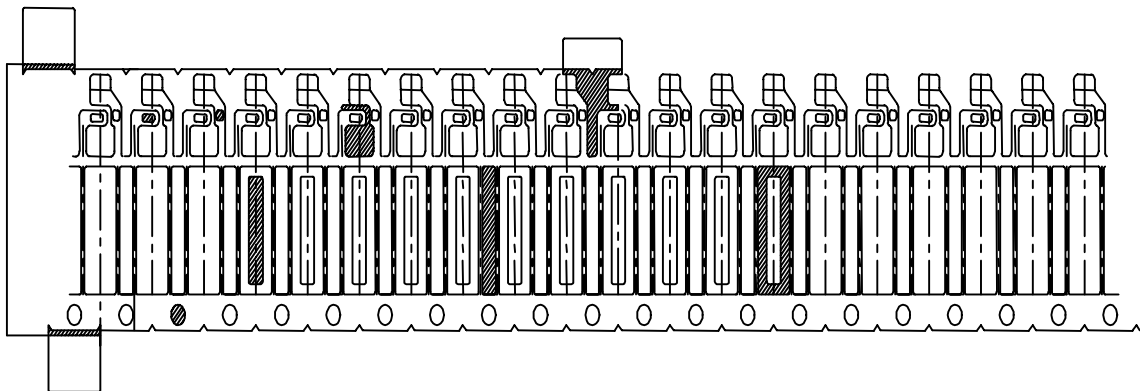


Figura 7-23 Micro trabajo.

7.7 Trabajo de barrenos con chaflán prensado ver las siguientes figuras.

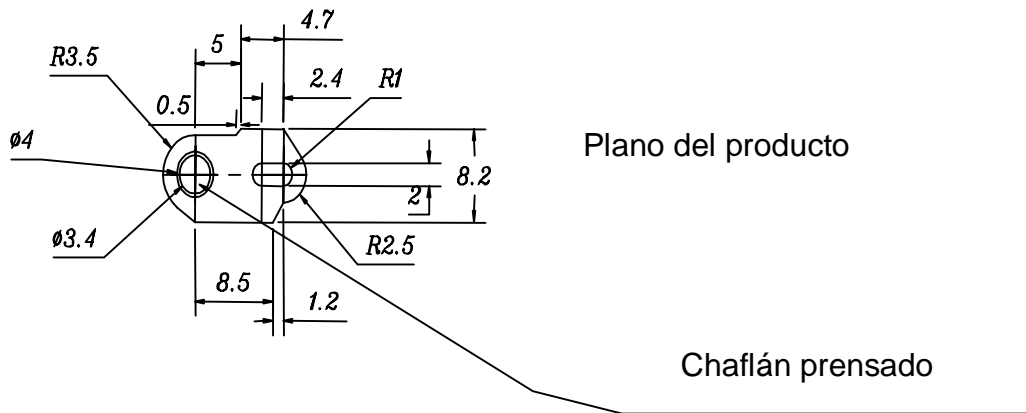


Figura 7-24 Plano del producto.

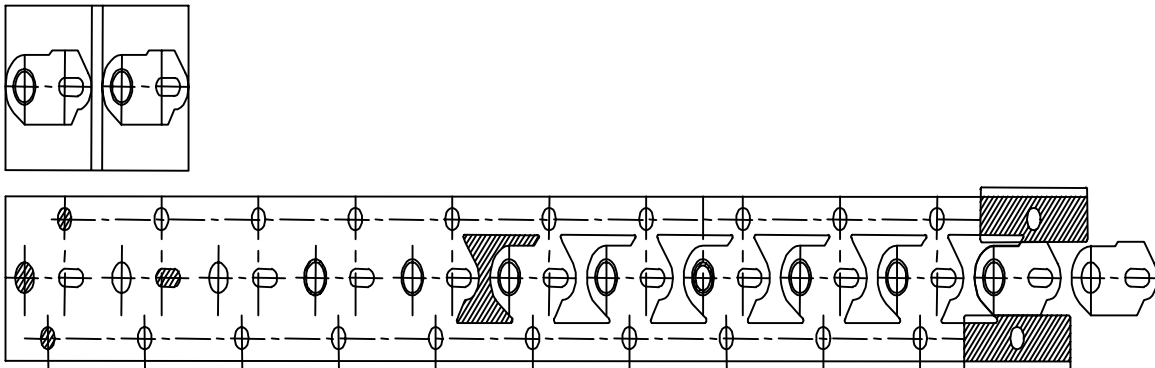


Figura 7-25 Distribución de la tira.

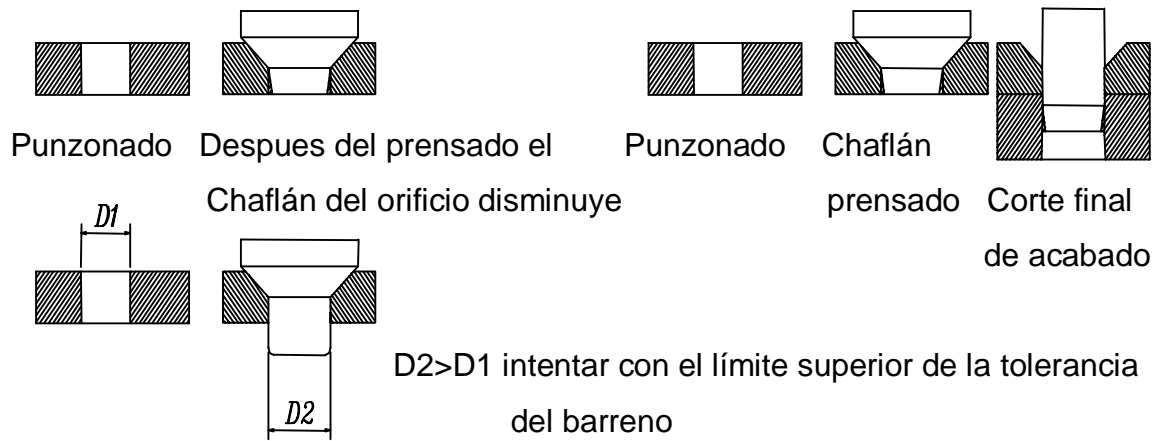


Figura 7-26 Forma de barrenos con chaflan prensado.

7.8 Trabajo de ranurado (slit) y chaflan prensado ver las siguientes figuras.

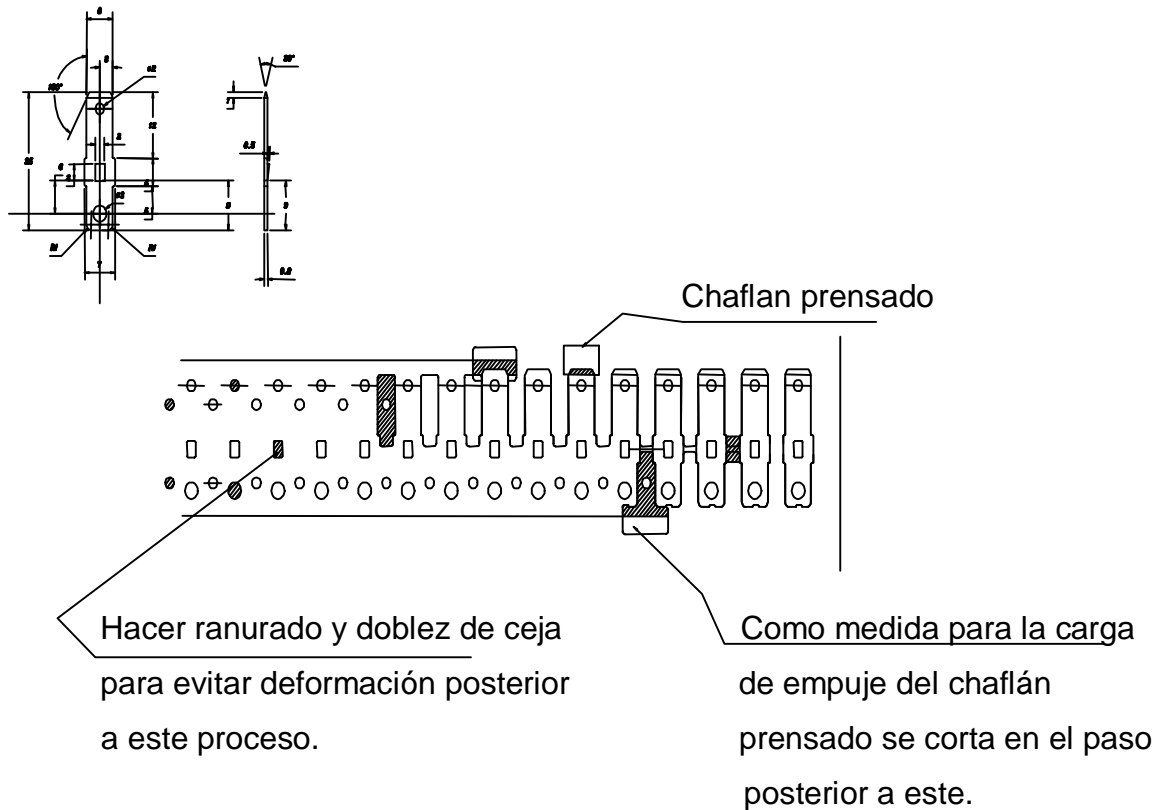


Figura 7.27 Trabajo de ranurado y chaflán prensado.

Precauciones en cuanto al ranurado y formado de la ceja del clip.

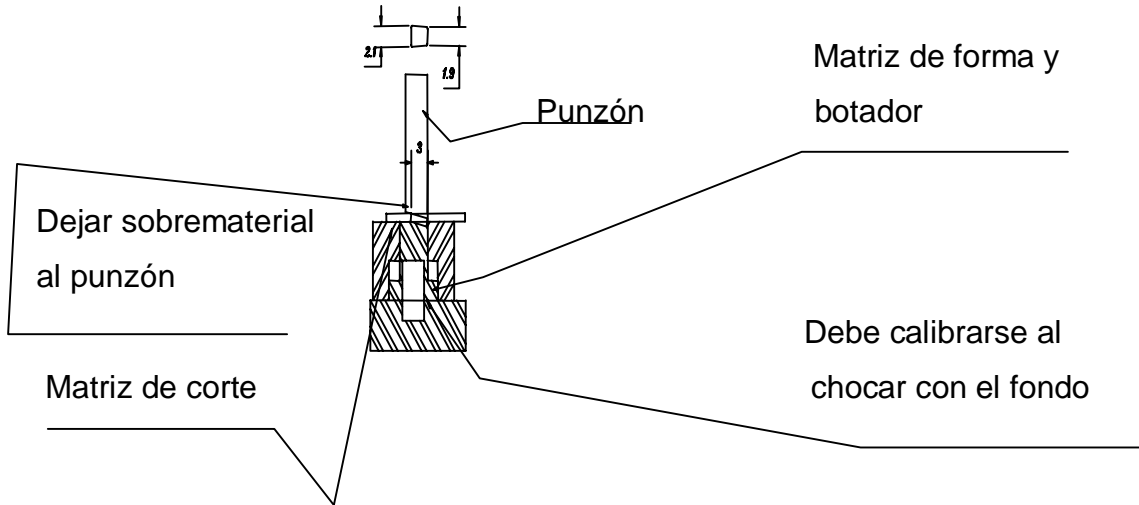
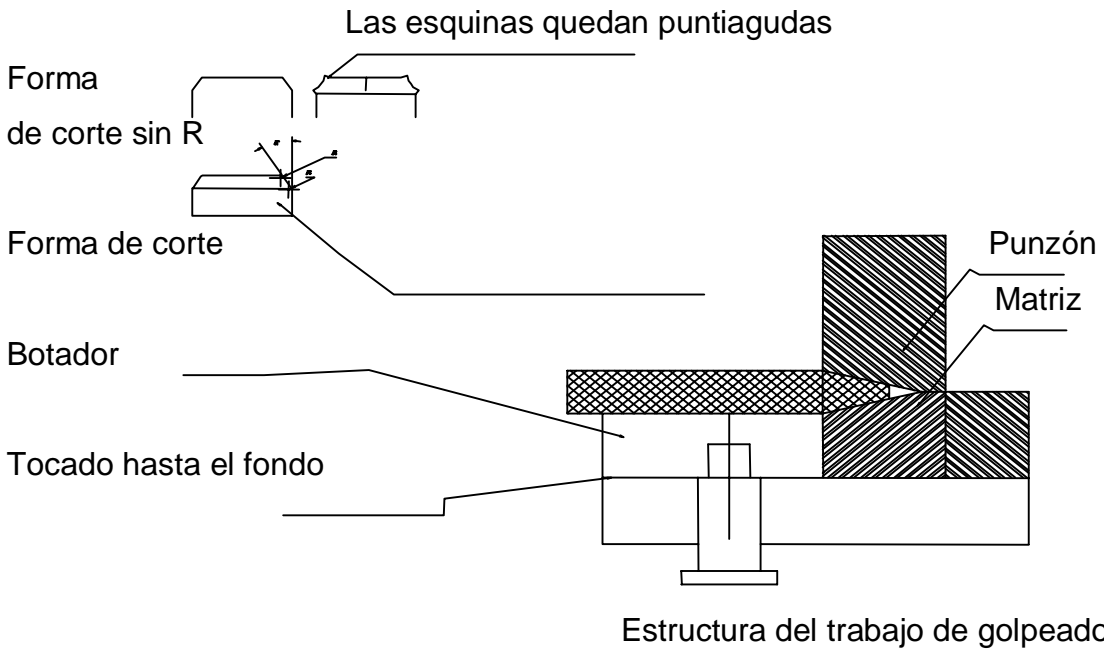


Figura 7-28 Precauciones en cuanto al ranurado y formado de la ceja del clip.



Las esquinas R. Agrandar el tamaño del ángulo (k) más que las medidas del plano.

Figura 7-29 Precauciones en cuanto al chaflán prensado.

Capítulo 8

Pruebas mecánicas para la materia prima

8.1 Valor de n o r en pruebas de tensión.

Valor de r o n en pruebas de tensión en la figura 8.1.

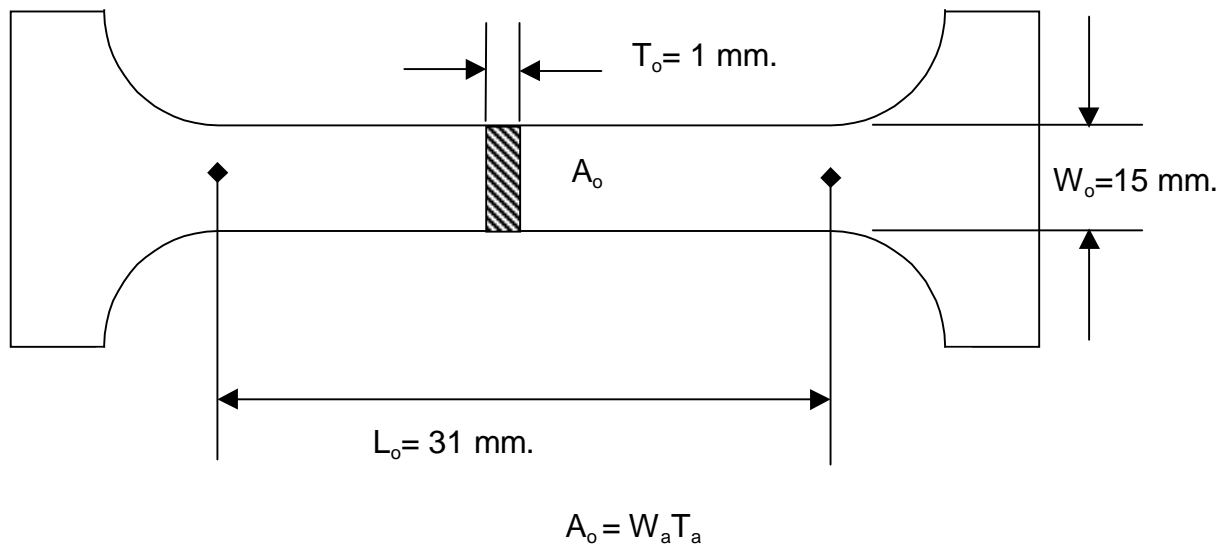
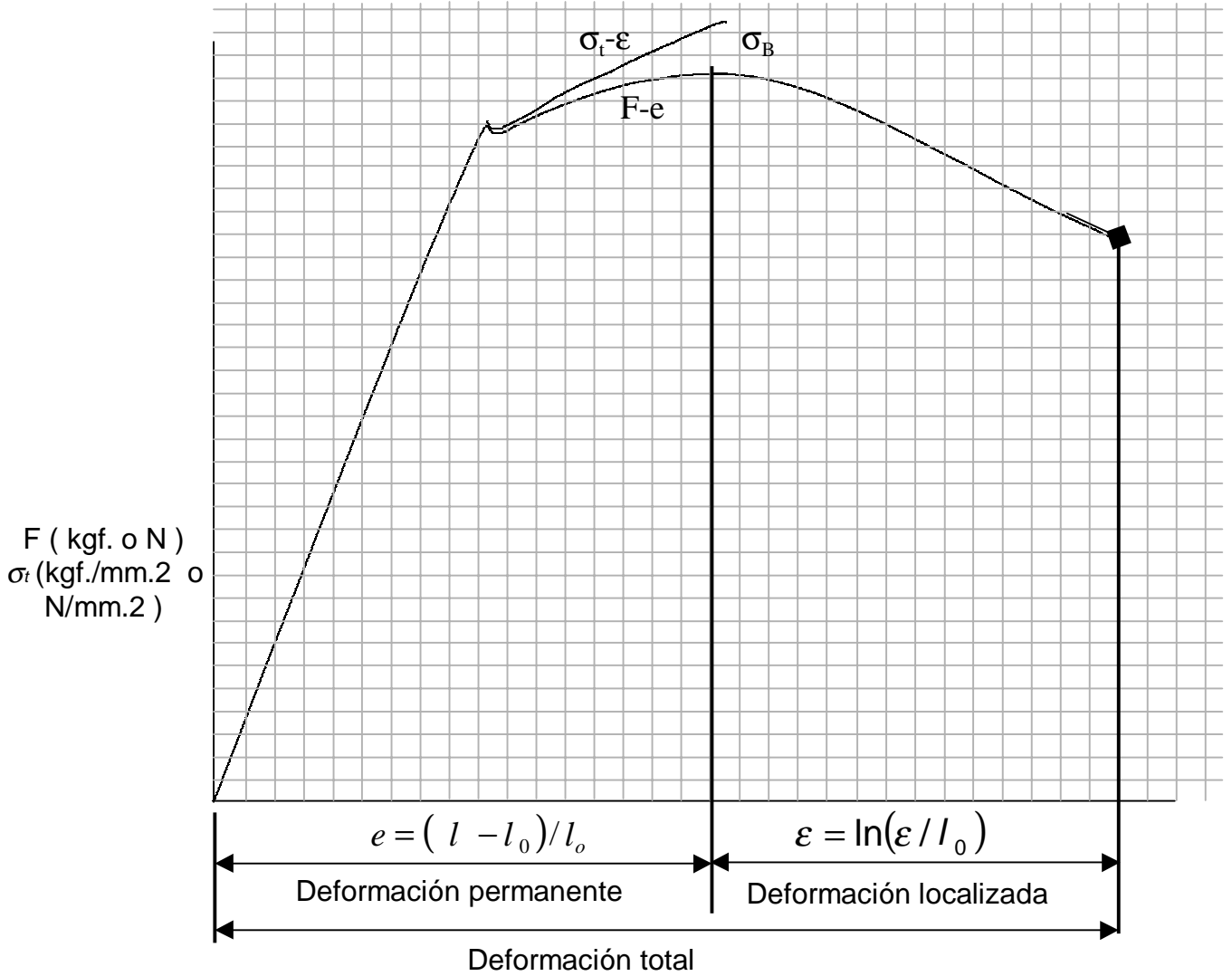


Figura 8.1 Valor de r o n en pruebas de tensión.

En la siguiente gráfica 8.1 se presenta el esfuerzo de tensión máximo del material.



Gráfica 8.1 Esfuerzo de tensión máximo del material.

8.2 Obtención de la extensión total después de la prueba.

Observar en la figura 8.2 la extensión total después de la prueba.

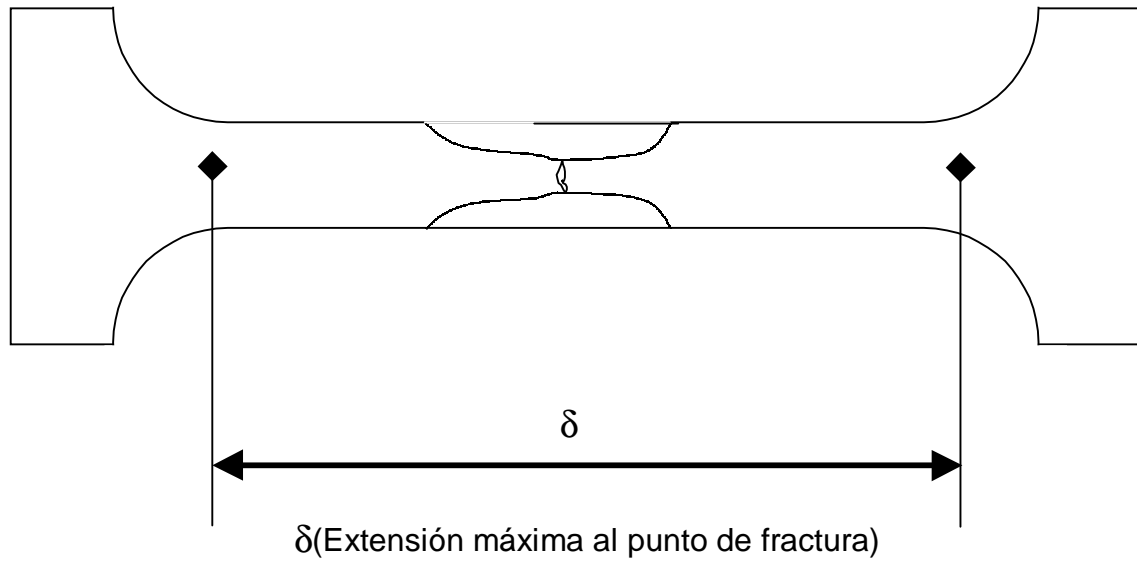


Figura 8.2 extensión total después de la prueba de tensión.

8.3 obtención del valor r.

En la figura 8.3 se encuentra el valor de r (Lankford)

Valor de r (valor de Lankford)

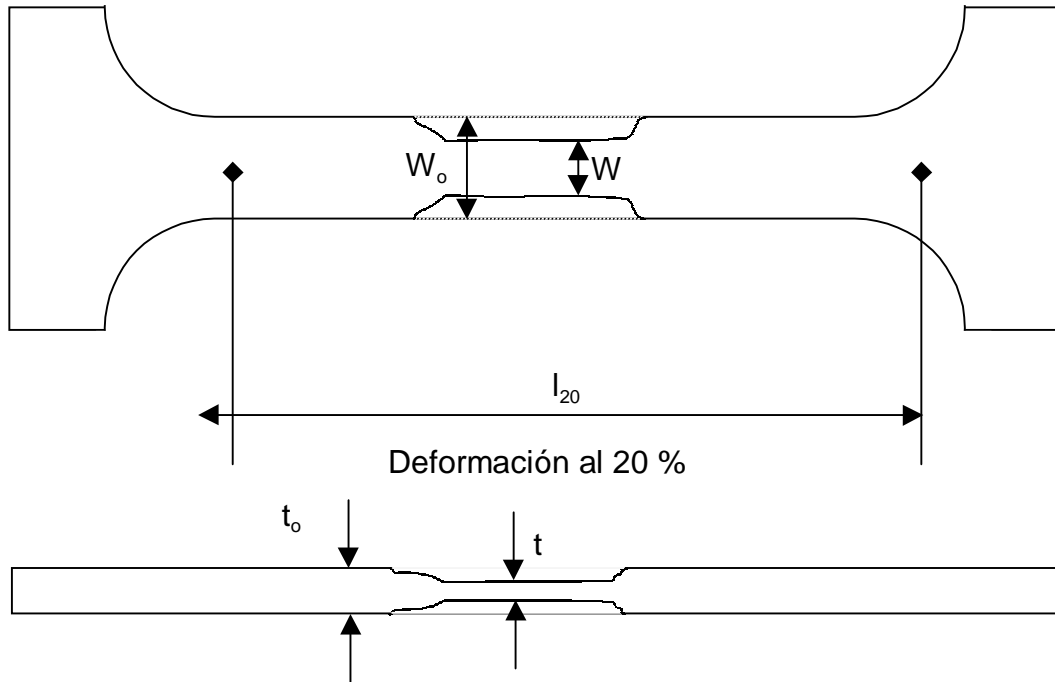


Figura 8.3 Valor de r (valor de Lankford).

$$e_{20} = \frac{(l_{20} - l_0)}{l_0}$$

$$r = (\epsilon / \epsilon_r) = \ln(W_0 / W) / \ln(t_0 / t)$$

$$\bar{r} = (r_0 + 2r_{45} + r_{90}) / 4$$

$$\Delta r = (r_0 + r_{90} - 2r_{45}) / 2$$

8.4 obtención del valor n.

Calculando estos valores tomando 5 puntos en la gráfica se obtienen 5 pares de coordenadas los cuales se grafican en el papel logarítmico y se obtiene el triángulo correspondiente y se determina su pendiente gráfico 8.2, 8.3 y 8.4 y figura 8.4.

$$\begin{cases} \sigma_t = F \varepsilon^n \\ \log \sigma_t = \log F + n \log \varepsilon \end{cases}$$

$$\sigma_t = (F_n l_n) / (A_o l_o)$$

$$\varepsilon = \ln(l_n / l_o)$$

$$\sigma_{t_1} = (F_1 l_1) / (A_o l_o)$$

$$\sigma_{t_2} = (F_2 l_2) / (A_o l_o)$$

$$\sigma_{t_3} = (F_3 l_3) / (A_o l_o)$$

$$\sigma_{t_4} = (F_4 l_4) / (A_o l_o)$$

$$\sigma_{t_5} = (F_5 l_5) / (A_o l_o)$$

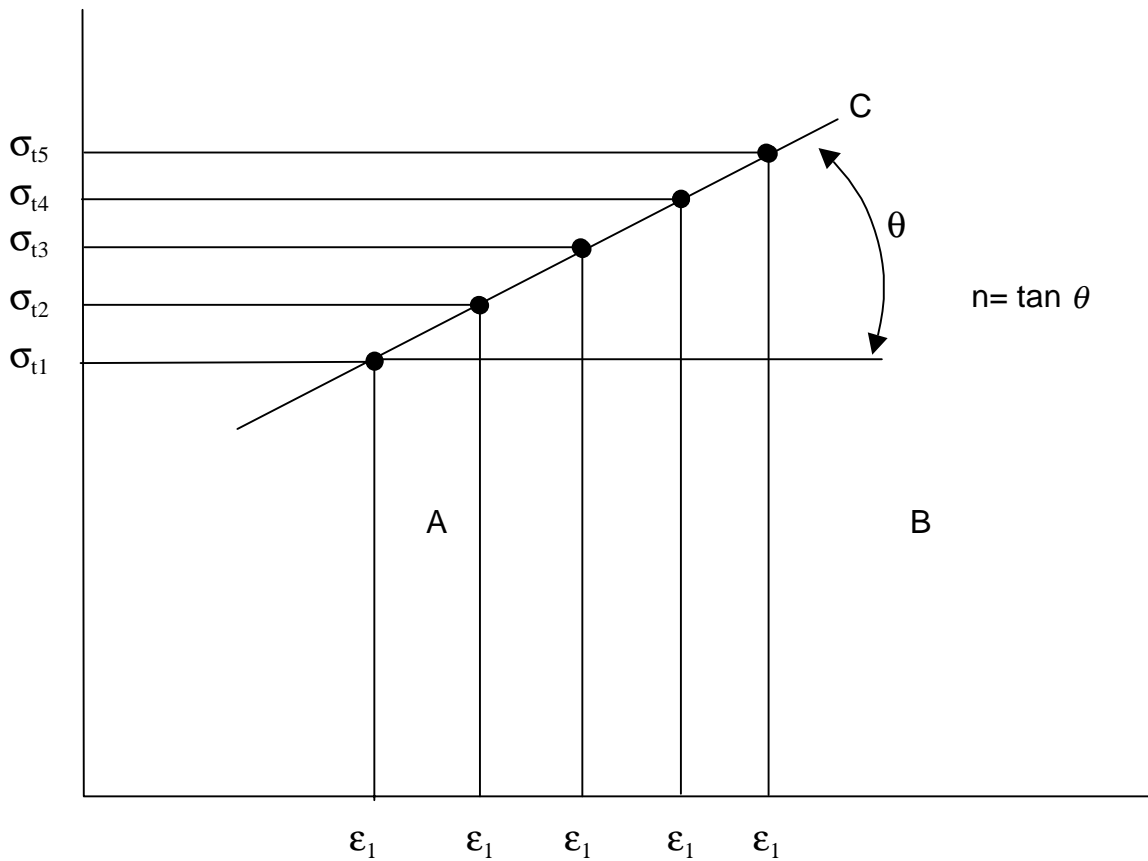
$$\varepsilon_1 = \ln(l_1 / l_o)$$

$$\varepsilon_2 = \ln(l_2 / l_o)$$

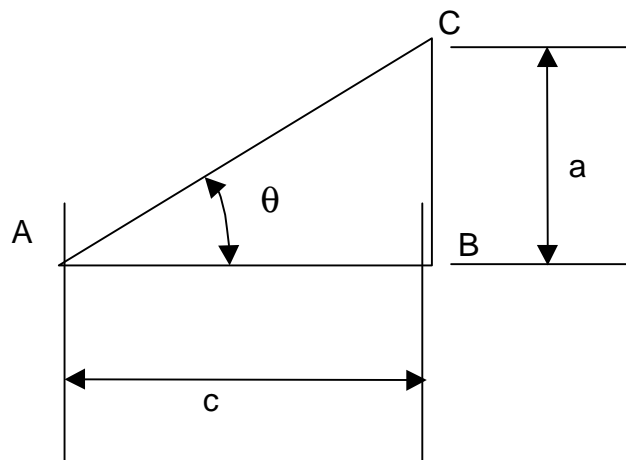
$$\varepsilon_3 = \ln(l_3 / l_o)$$

$$\varepsilon_4 = \ln(l_4 / l_o)$$

$$\varepsilon_5 = \ln(l_5 / l_o)$$



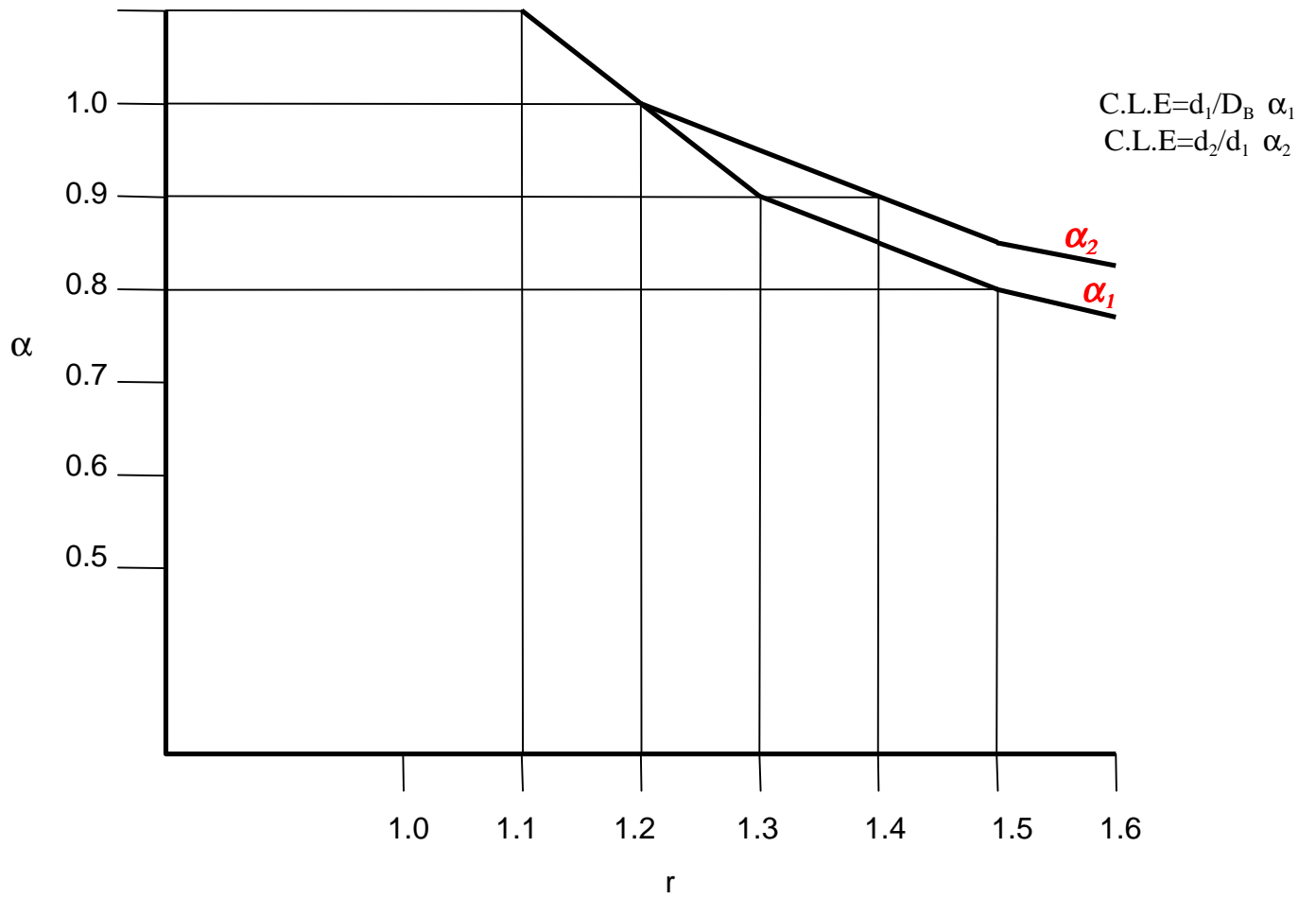
Gráfica 8.2 presenta el gráfico logarítmico.



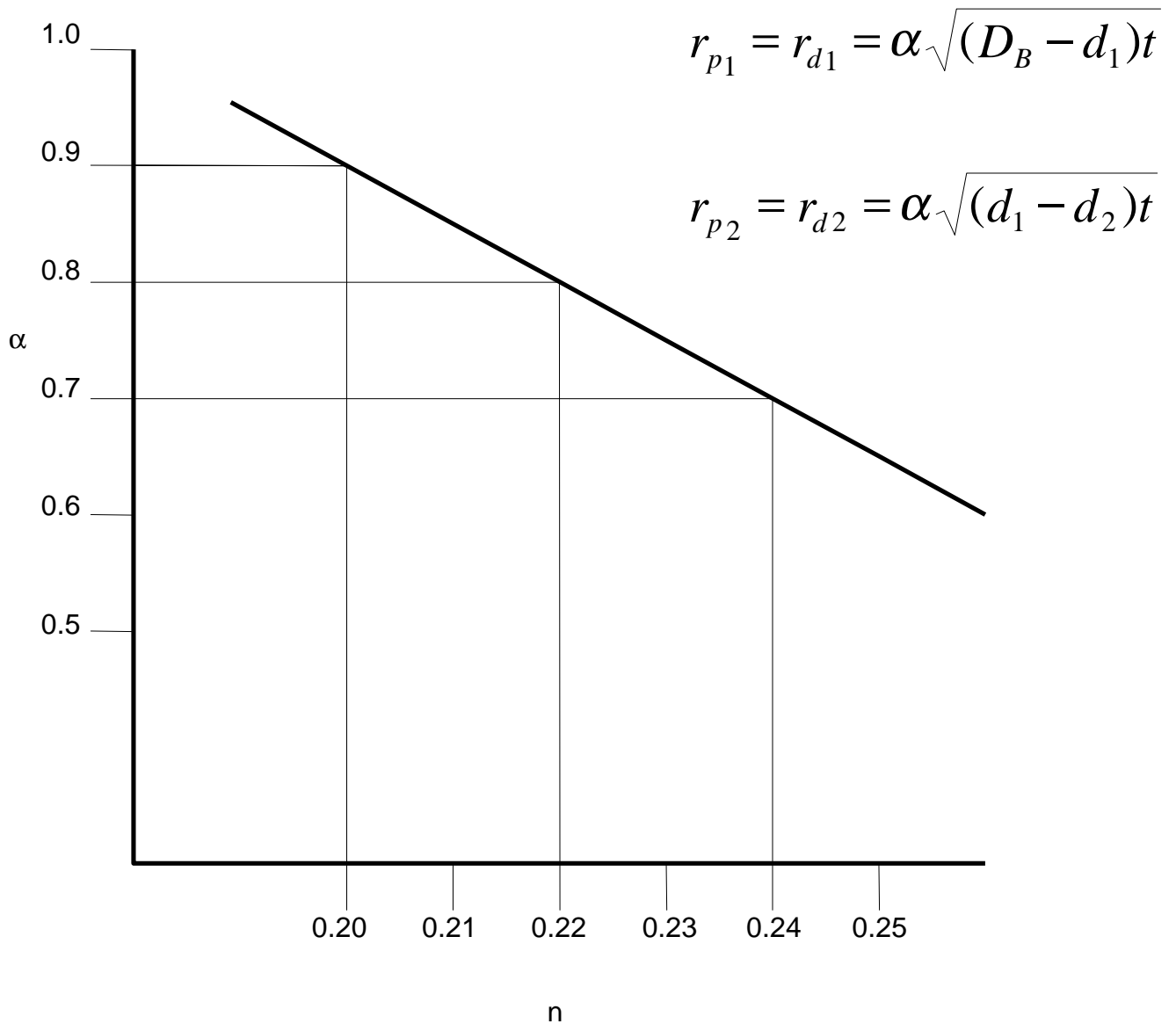
$$\tan \theta = a/c$$

Figura 8.4 Obtención del triángulo correspondiente.

Los valores a y c se toman del gráfico y se mide su longitud en mm.



Gráfica 8.3 valor de r.



Grafica 8.4 valor de n.

8.5 Cálculo de rebote spring back.

$$\rho_s = \frac{\rho}{1 - nf \left(\frac{2P}{t} * \frac{\sigma_o}{E} \right)}$$

$$\sigma_o = \frac{M}{Z}$$

$$M = \frac{E}{P} * I$$

Capítulo 9

Troquel progresivo de doblado

9.1 Trabajo de doblado progresivo.

9.1.1 Forma de pensar el plano del arreglo ver figura 9-1.

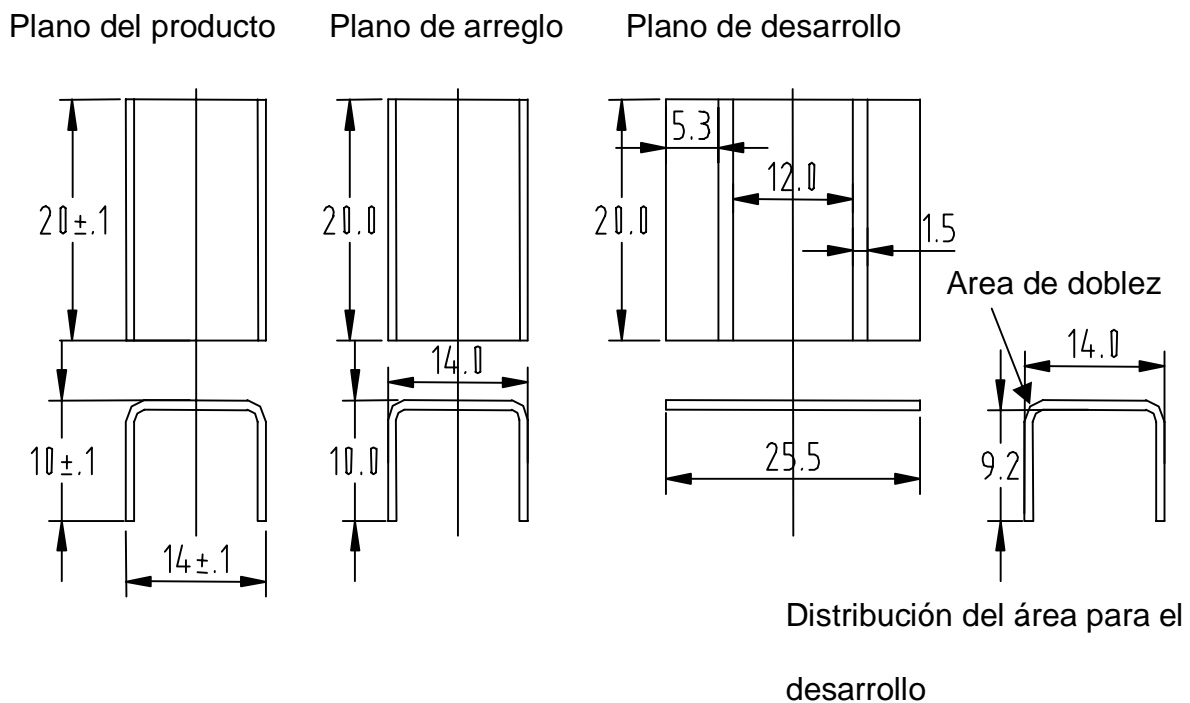


Figura 9-1 Forma de pensar el plano de arreglo.

<Análisis de la dirección del doblaz>

En el trabajo progresivo, dependiendo de si es un doblaz hacia abajo o hacia arriba, la estructura del troquel, la alimentación del material, la altura de la línea de alimentación cambiará.

En los productos en los que se señala la dirección del trabajo, se elige una dirección de doblado para que el troquel sea sencillo de elaborar y fácil de utilizar. Esto se debe dejar decidido en la etapa del concepto del diseño.

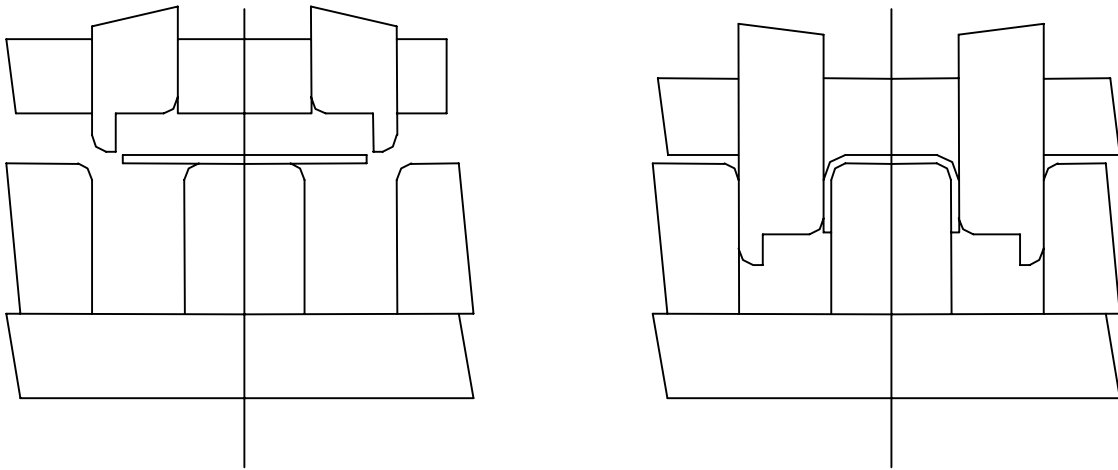


Figura 9-2 Doble hacia abajo.

<Doble hacia abajo>

El doblado empieza desde la superficie de la matriz.

Dependiendo de la altura del doblado se decide la profundidad de penetración del punzón de doblado a la matriz.

La profundidad de penetración y la movilidad de la placa botadora móvil se igualan más o menos.

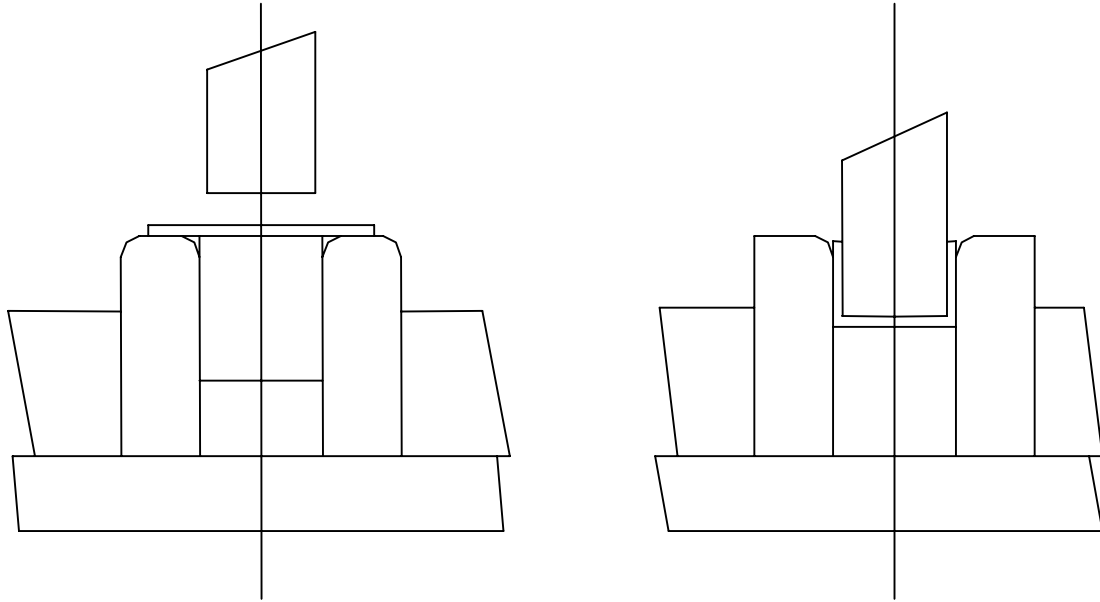


Figura 9-3 Doblez hacia arriba.

El doblado comienza de un nivel más alto que la superficie de la matriz.

Por lo que se convierte en un factor que provoca el movimiento vertical del material.

Y el que este movimiento vertical se evite o se permita, se decidirá por el diseño de la estructura del troquel.

El doblado hacia arriba o hacia abajo no aparece como una gran diferencia en la etapa de la distribución en la tira, pero se debe tener cuidado porque surgen diferencias en la estructura del troquel y en la calidad del producto.

<Distribución en la tira del doblado hacia abajo>

No surgen problemas en el proceso debido a deformaciones del material. Sin embargo, al entrar profundamente el punzón de doblado a la matriz, la cantidad de movimiento de la placa botadora aumenta y hay posibilidades de que la guía del punzón del corte se dañe.

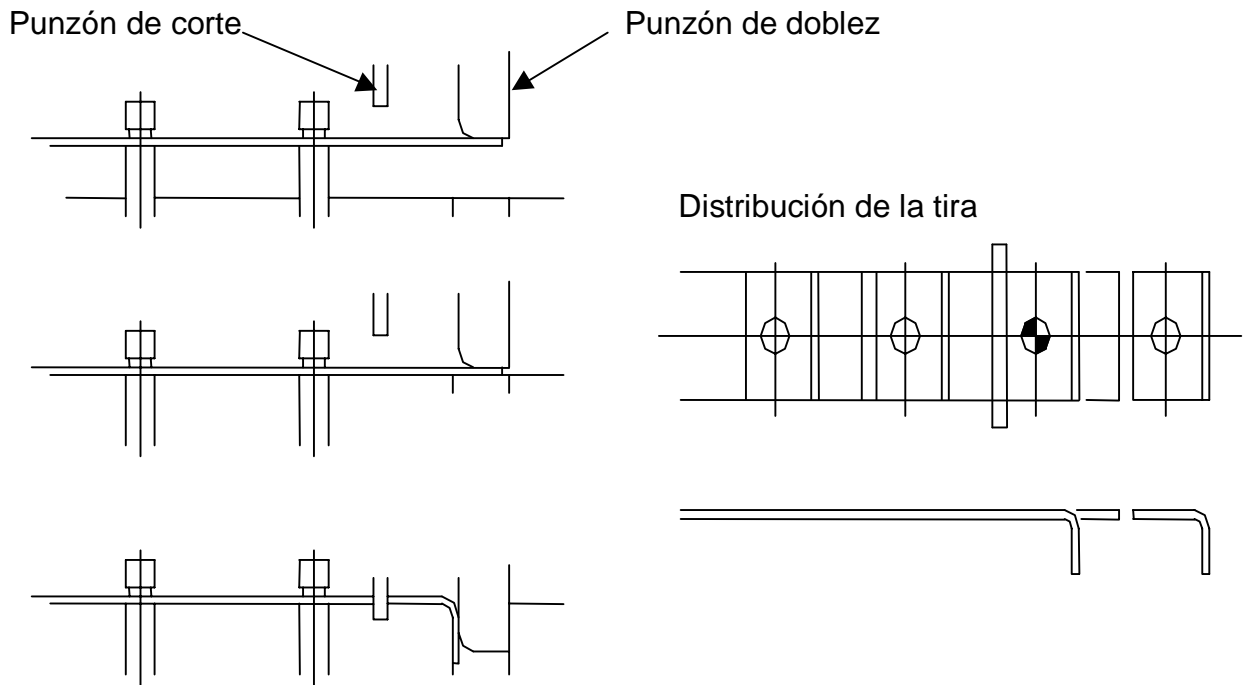
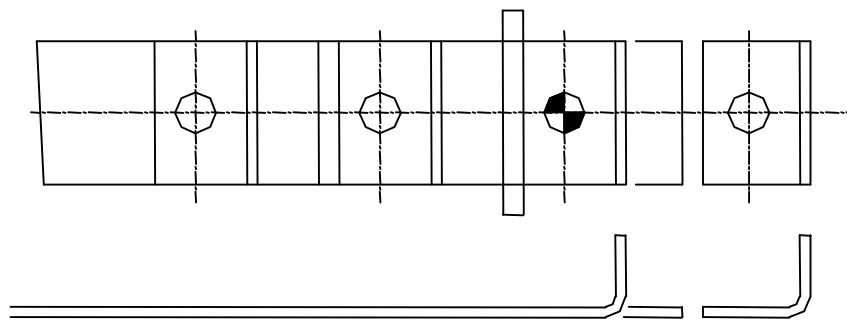


Figura 9-4 Distribución de la tira del doblez hacia abajo.

<Distribución de la tira del doblez hacia arriba>

A medida que el material llega a la superficie de la matriz, el doblez comienza por medio de la parte dobladora de la matriz. Pensándolo de forma convencional, esto no funciona.



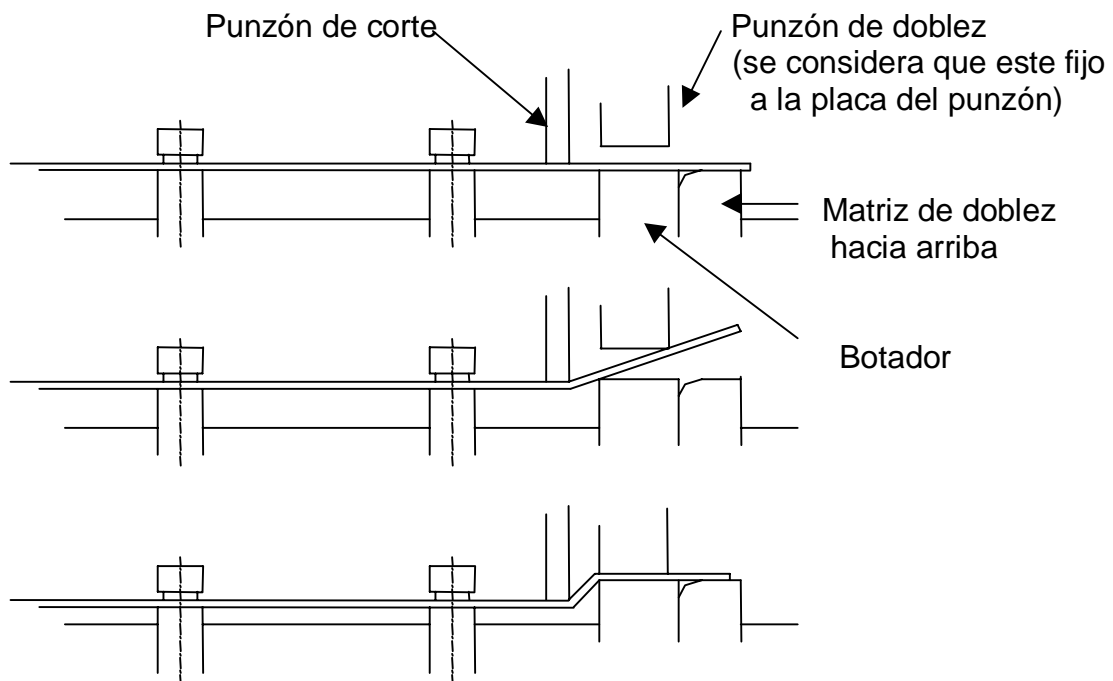


Figura 9-5 Distribución en la tira del doblé hacia arriba.

(nota) Se considera la estructura del troquel como la de la placa botadora móvil.

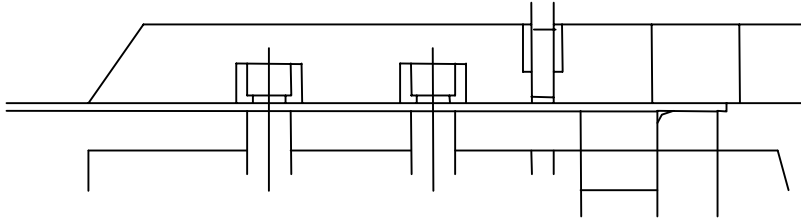
(nota) La punta inferior del punzón más largo debe estar al nivel de la parte inferior de la placa botadora.

Se procesa utilizando la placa botadora móvil como un punzón de doblé.

Según este método:

1. Desde el inicio del proceso hasta el final no hay deformación en el material.
2. Sin embargo, no es para procesos con una gran carga de doblé.
3. Es posible disminuir la cantidad e movimiento de la placa botadora.
4. La placa botadora recibe una carga excéntrica y a veces se inclina.

Inicio del proceso.



Termino del dobléz (después de esto empieza la inclinación)

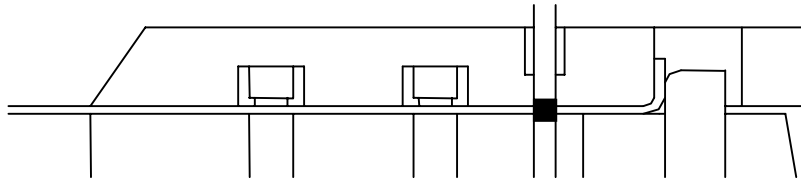


Figura 9-6 Proceso de una placa botadora móvil como un punzón de dobléz.

<Estructura en la que se disminuye la carga a la placa botadora>

1. Se deja al mismo nivel la punta del punzón con la superficie de la placa botadora.
2. Se utiliza el resorte con una presión fuerte.
3. Será bueno que en el punto muerto inferior el punzón llegue al fondo.

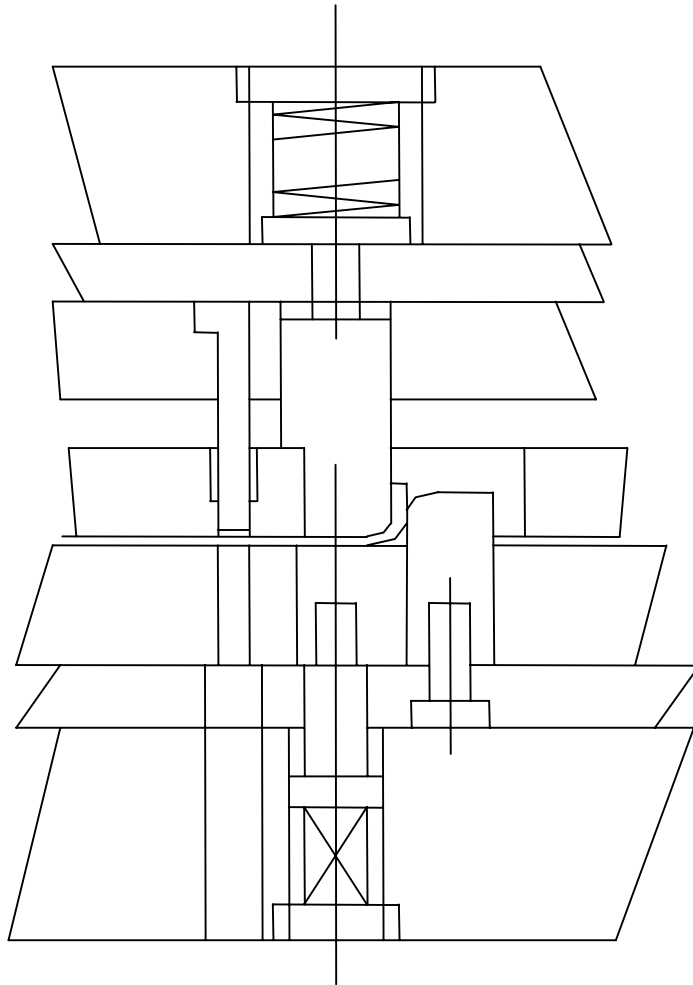


Figura 9-7 Estructura en la que se disminuye la carga a la placa botadora.

<Estructura que permite el movimiento vertical del material>

1. Se utiliza la placa botadora móvil solamente en las partes en las que se necesite presionar el material.
2. Tomando la distancia entre la parte punzonada y la doblada se procura disminuir el grado de inclinación.

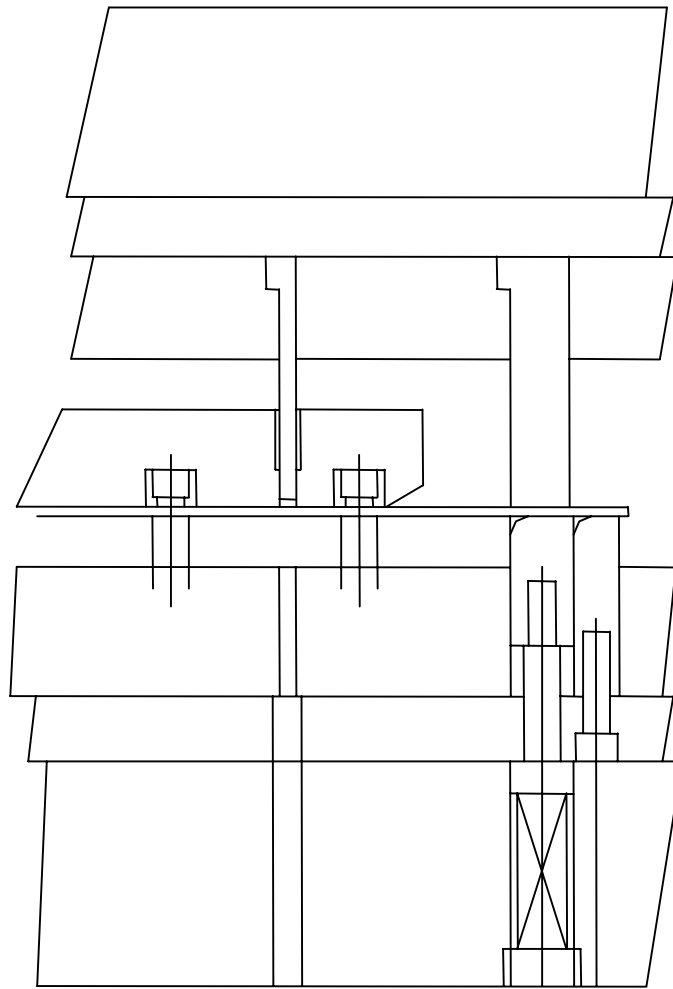
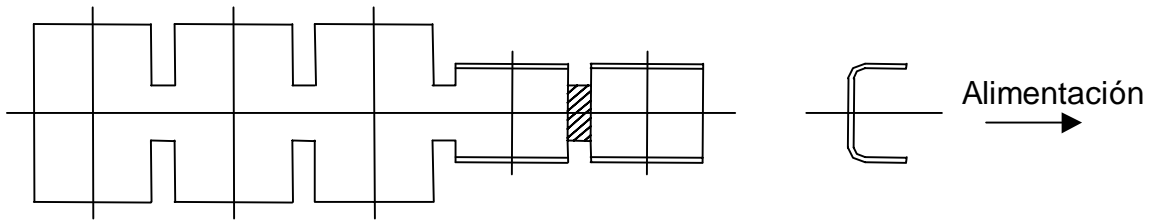
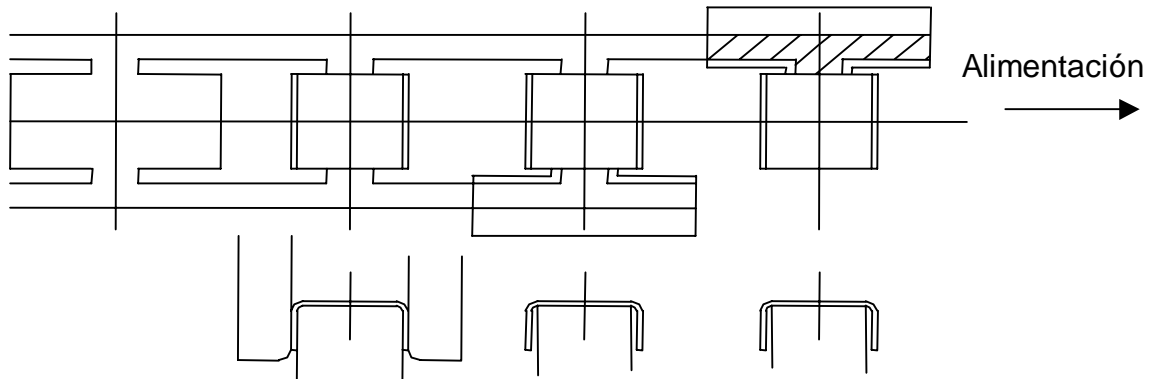


Figura 9-8 Estructura que permite el movimiento vertical del material.

9.1.2 Doblez de ambos lados.



(a) Doblez en ambas direcciones.



(b) Doblez en dirección de la alimentación.

Figura 9-9 Doblez de ambos lados.

9.1.3 Doblez de ambos lados especial.

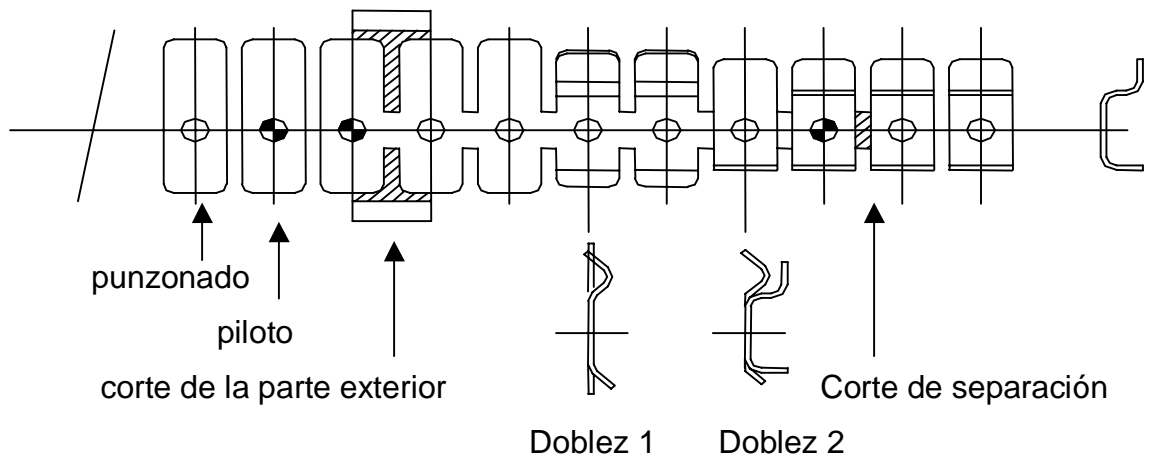
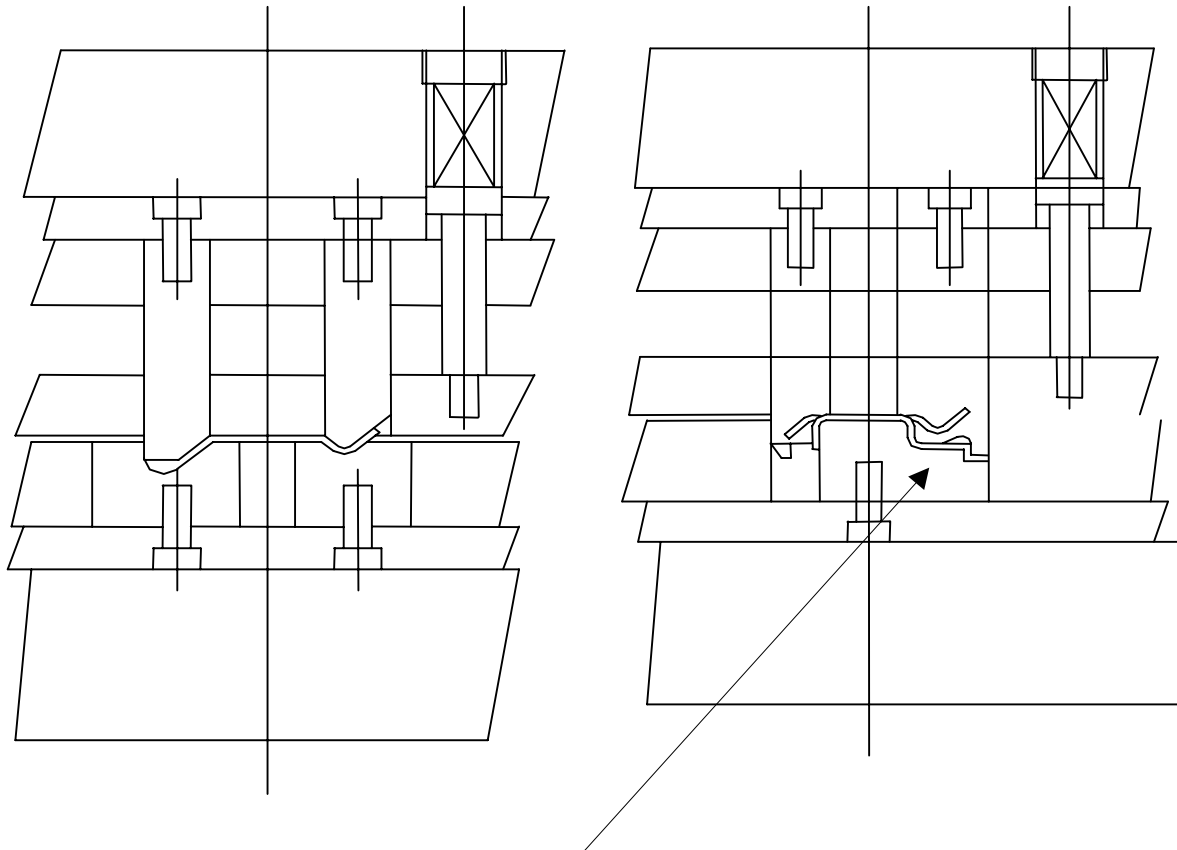


Figura 9-10 Distribución en la tira.

<Estructura del doblé>

En esta etapa se establecen las condiciones necesarias del punzón y la matriz de doblé.



Tener cuidado en la forma anterior al doblé
y en la interferencia del punzón.

Figura 9-11 Estructuras del doblé.

9.1.4 Desarrollo de la silueta de doblez z.

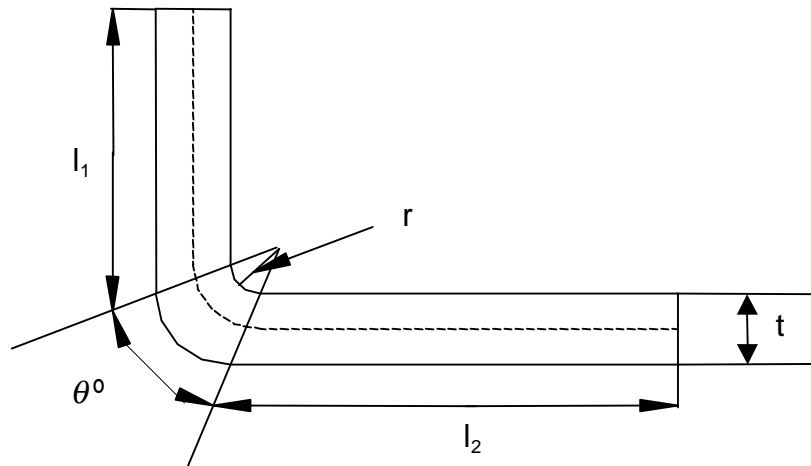


Figura 9-12 Desarrollo de la silueta de doblez z.

$$L = l_1 + l_2 + \frac{\theta^\circ}{180} \pi(r + \lambda t)$$

r/t	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
λ	0.32	0.35	0.38	0.42	0.46	0.47	0.475	0.5

Tabla 9-1 valores de r/t para obtener el valor de λ .

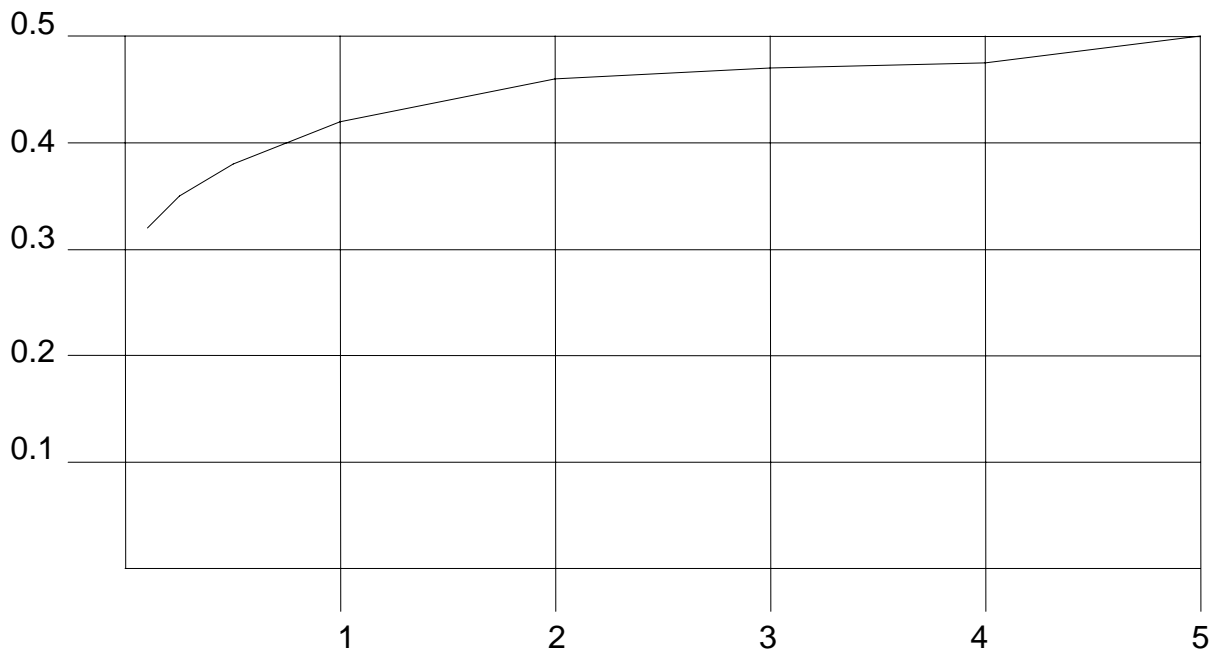


Gráfico 9-1 Valores de r/t contra λ .

Capítulo 10

Dobleses cuadrado y redondo

10.1 Doblez cuadrado ver las siguientes figuras.

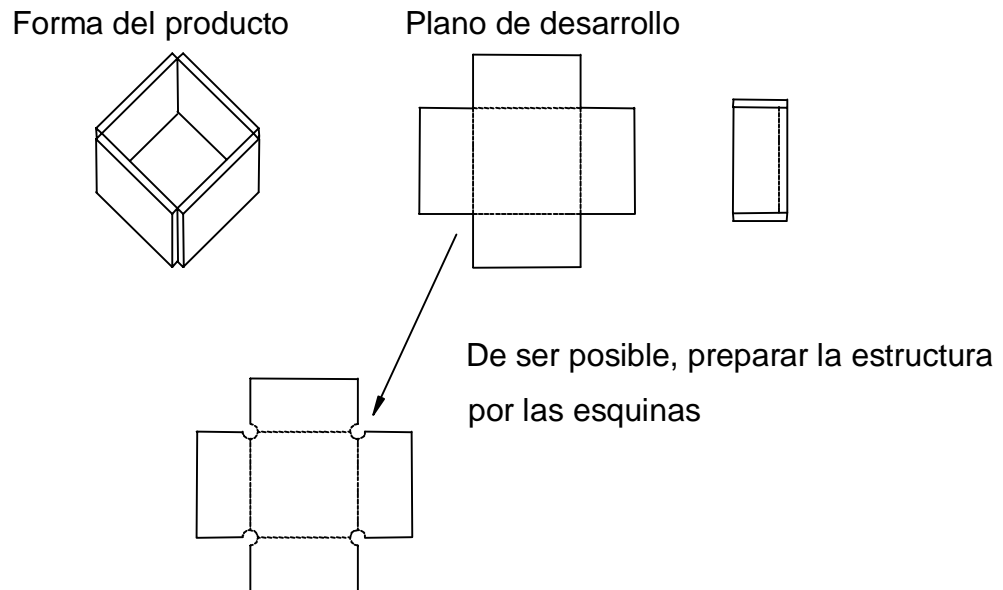


Figura 10-1 Forma del producto y plano de desarrollo.

10.1.1 Distribución en tira, ver figura 10-2.

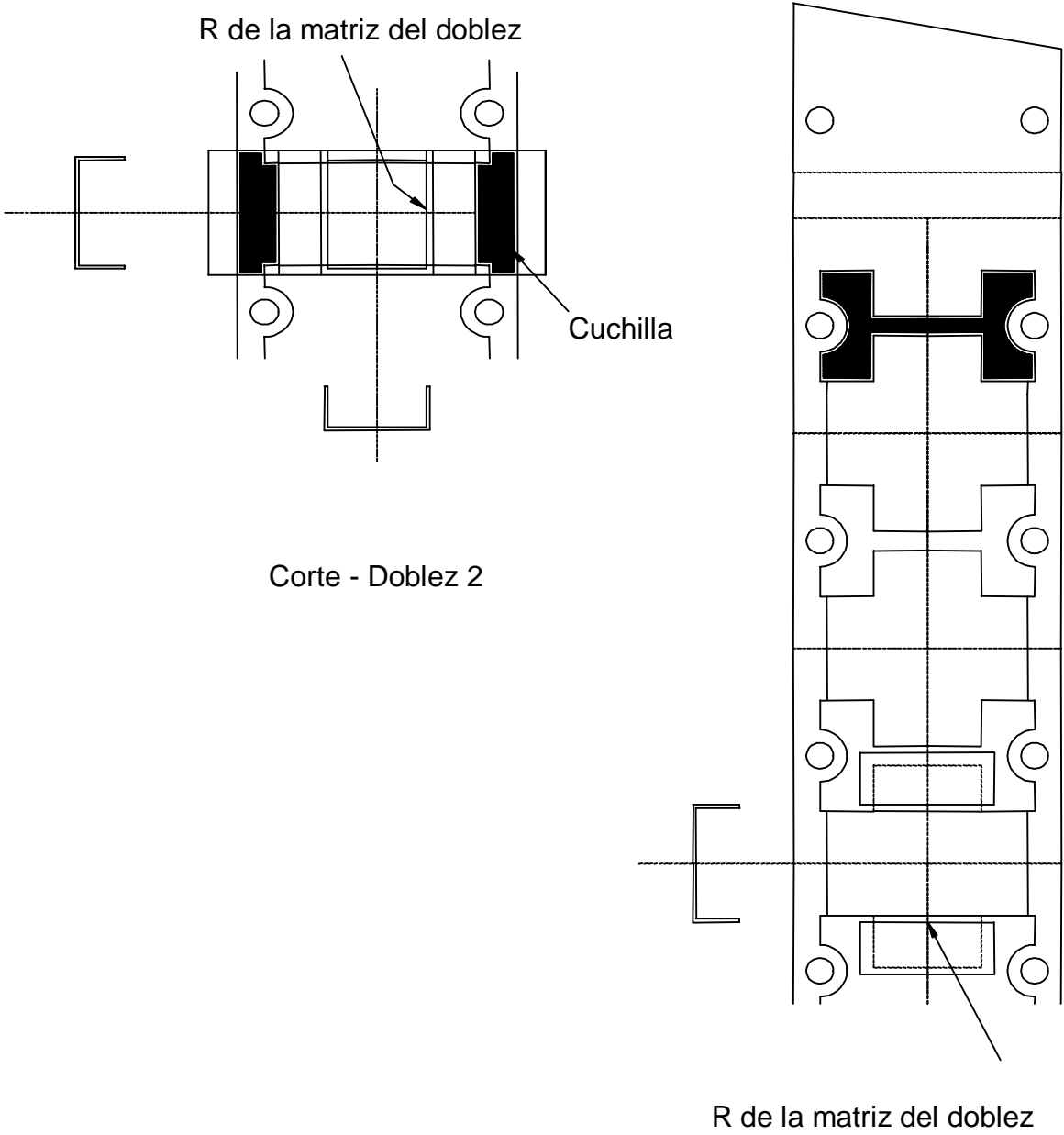


Figura 10-2 Distribución en la tira.

10.1.2 Estructuras de la matriz, ver figura 10-3 y 10-4.

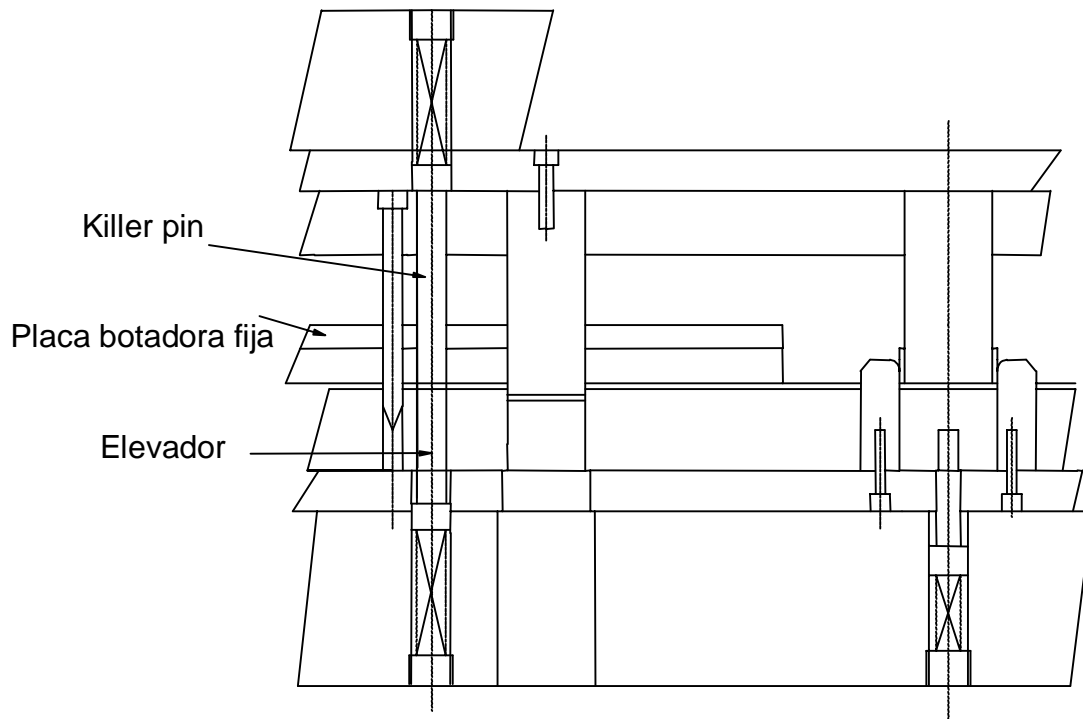


Figura 10-3 Estructura de la matriz doblez 1.

<Doble 1> En la estructura de la placa botadora fija es necesario que de alguna manera el elevador del material sea presionado hacia abajo. En este se utiliza el "killer pin" para realizar dicha función.

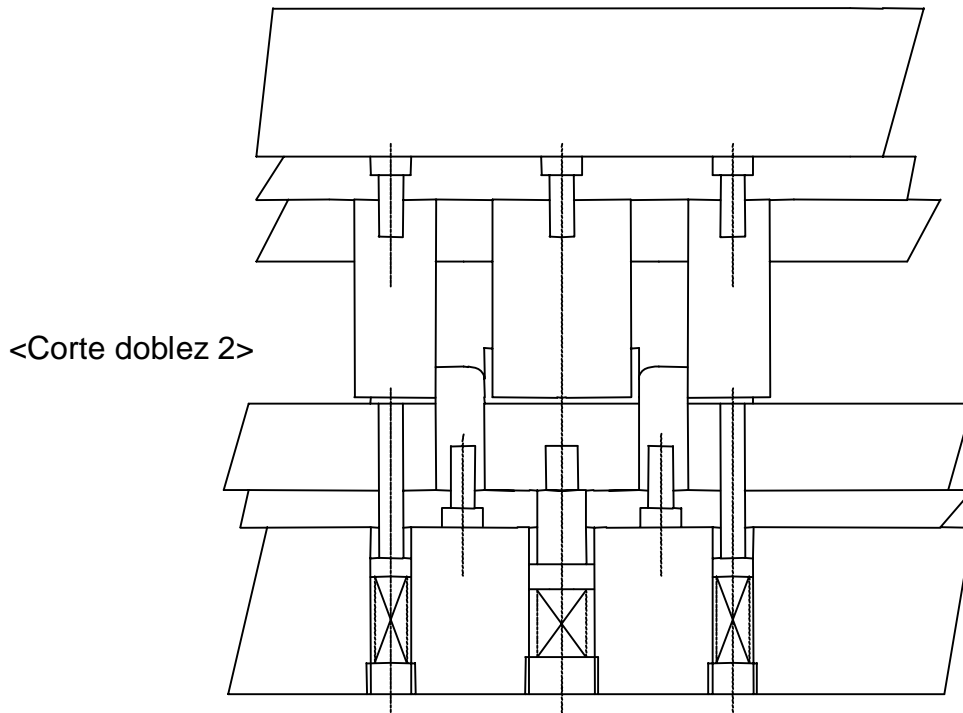


Figura 10-4 Estructura de la matriz doblez 2.

En la estructura del corte y doblez 2, al penetrar profundamente la cuchilla se daña con mayor facilidad.

También es frecuente el problema de que se necesita tomar nuevamente el R del doblez al momento de rectificar el herramental nuevamente.

10.2 Doble redondo. Ver figura 10-5.

Plano del producto

Plano de desarrollo

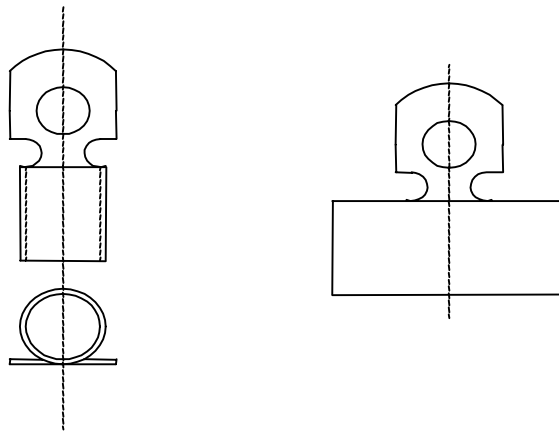
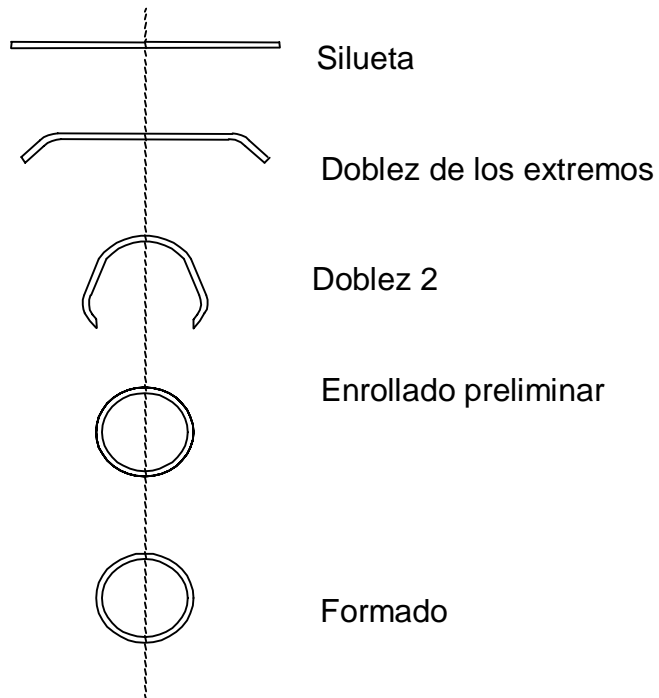


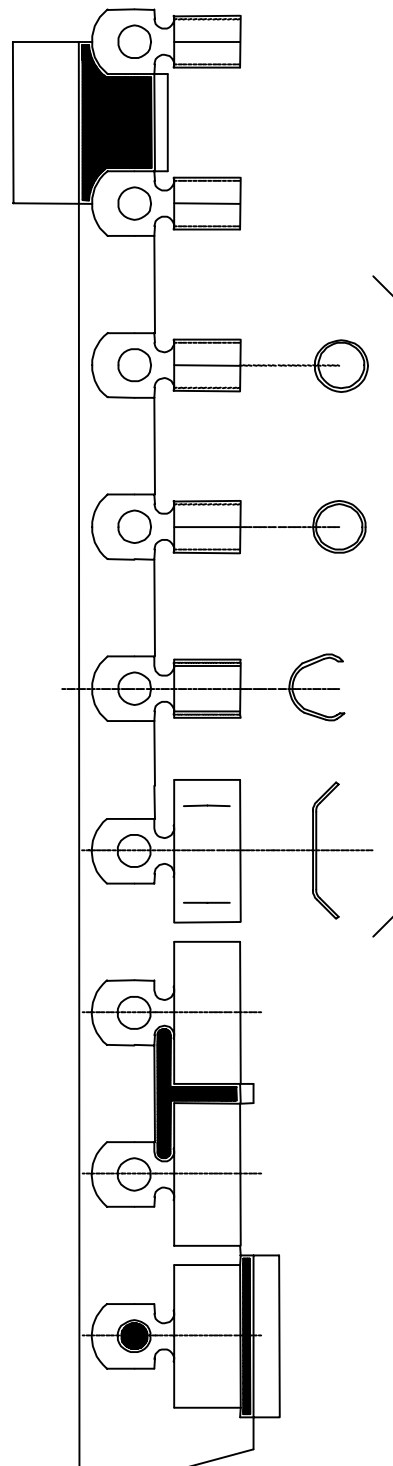
Figura 10-5 Plano del producto y desarrollo.

10.2.1 Trabajo del doble redondo, ver figuras 10-6 y 10.7.

Plano del proceso de doblez



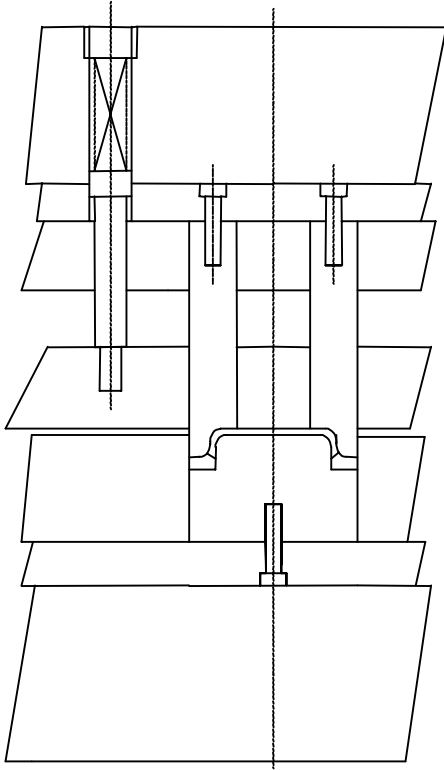
Distribución en la tira



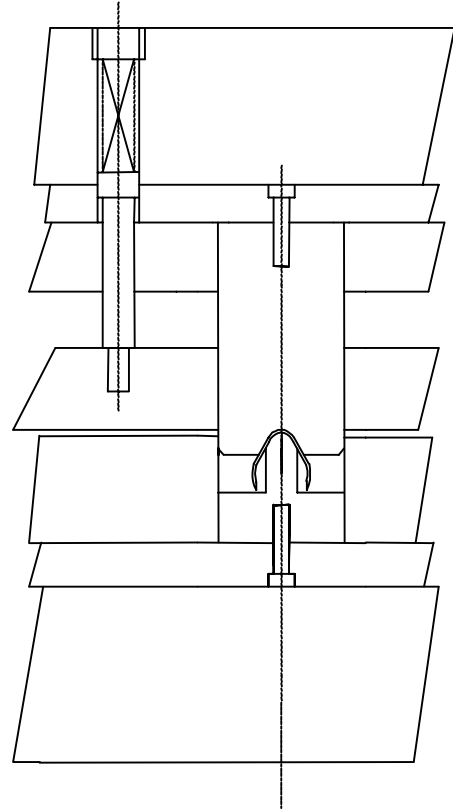
La recolección de productos es más cómoda si se corta y se deja caer en vez de que se corte por fuera. Sin embargo, la dirección de la rebaba será inversa.

Se trata de procesar sin tomar demasiada estación sin trabajo en este espacio.

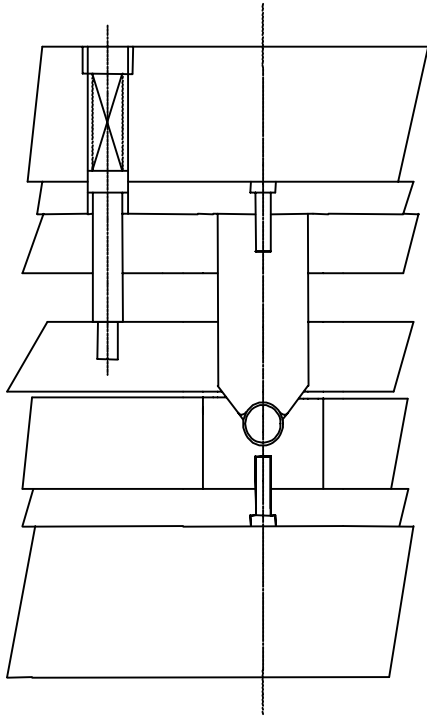
Figura 10-6 distribución en la tira.



<Doble de los extremos>
 el acabado es mejor si el arco de la
 es mayor a 45°.

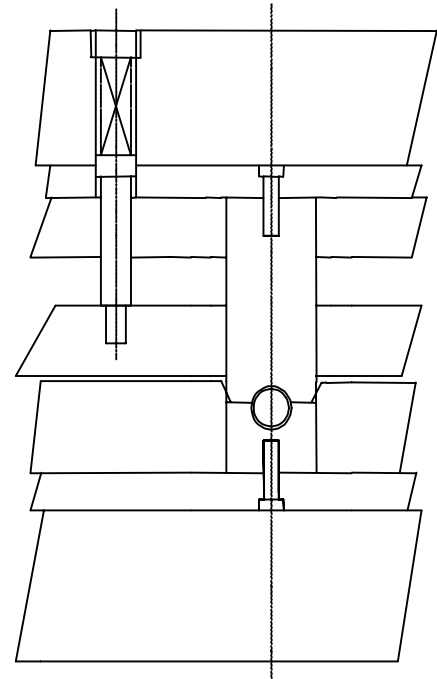


<Doble 2>
 la clave esta en cerrar lo más
 Pequeño posible la punta.



<Enrollado preliminar>

Se diseña para que la punta del doblez 2 quede dentro del R del punzón.



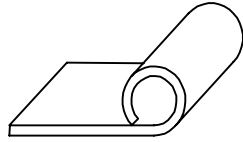
<Formado>

Hacer que la compresión se descargue en la parte exterior de lo que se haya enrollado en forma preliminar.

Figura 10-7 Estructuras para el doblez redondo.

10.2.2 Trabajo de enrollado, ver figuras 10-8, 10-9 y 10-10.

Plano del producto



Desarrollo del producto

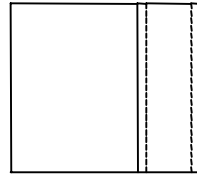
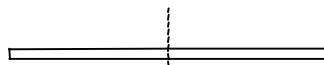
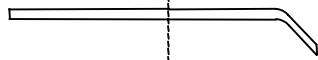


Figura 10-8 Plano y desarrollo del producto.

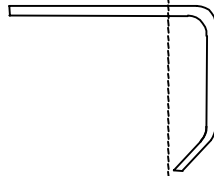
Plano del proceso de enrollado



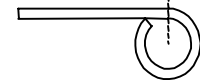
Silueta



Doblez de extremo



Doblez 2



Enrollado

Distribución de la tira

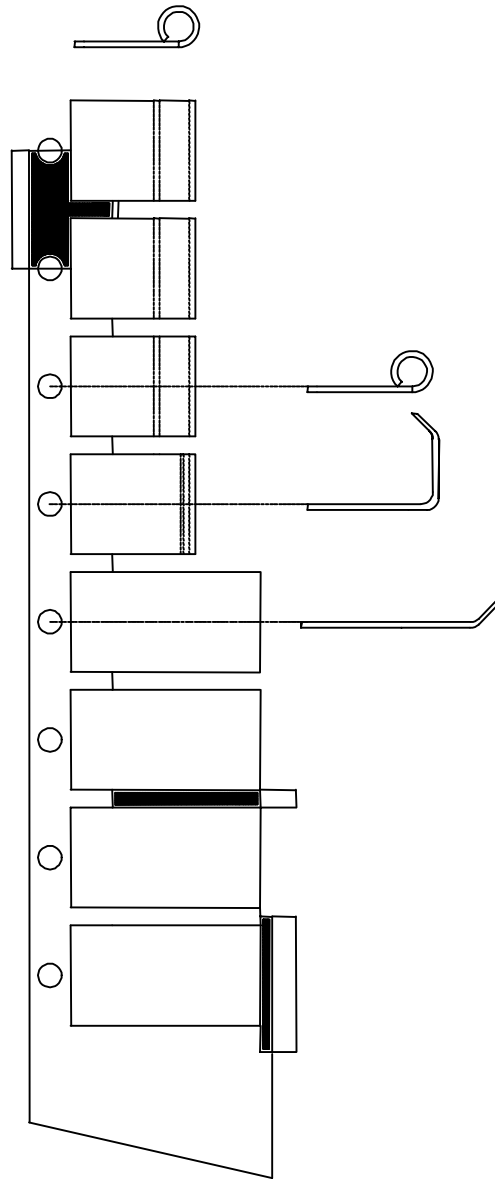
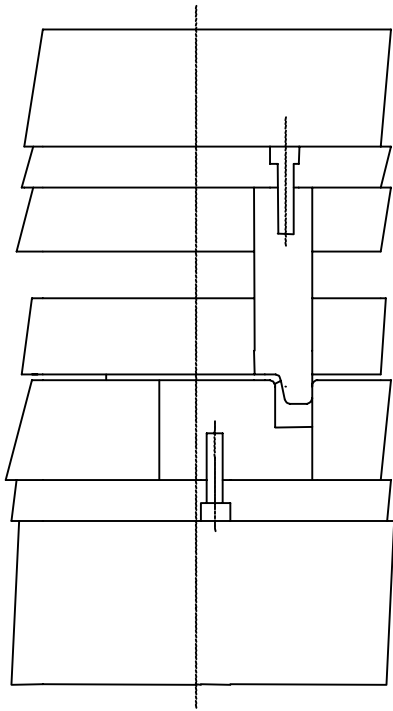


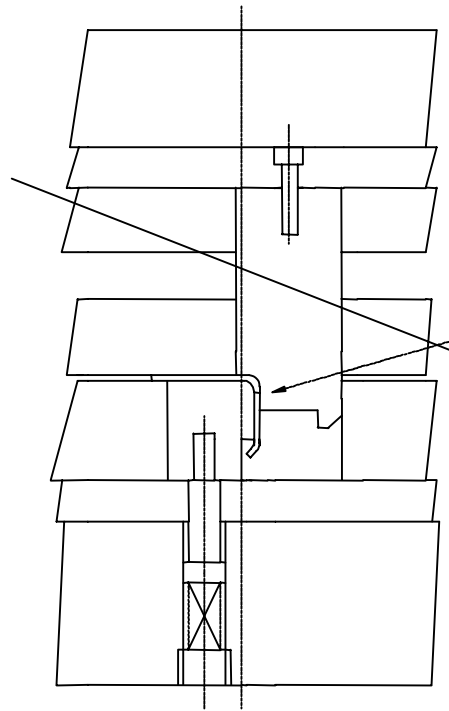
Figura 10-9 Distribución en la tira.



Se hace un R externo como medida para el "spring back"

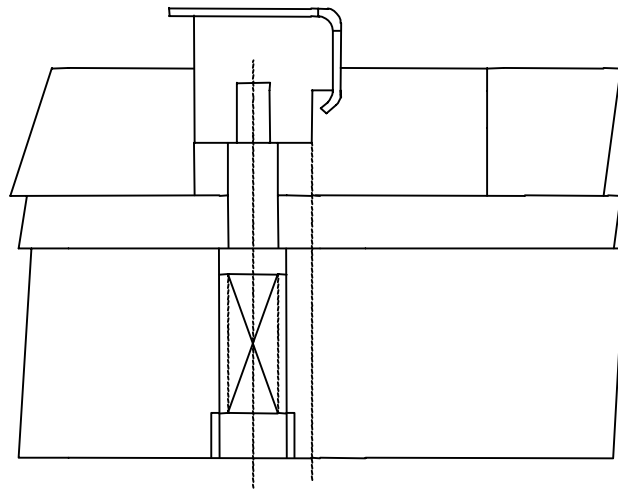
<Doble del extremo>

Es igual al trabajo de redondeado.



<Doble 2>

Se tienen las funciones de la matriz Y el elevador como matriz móvil.



Cuando esta elevada la pieza

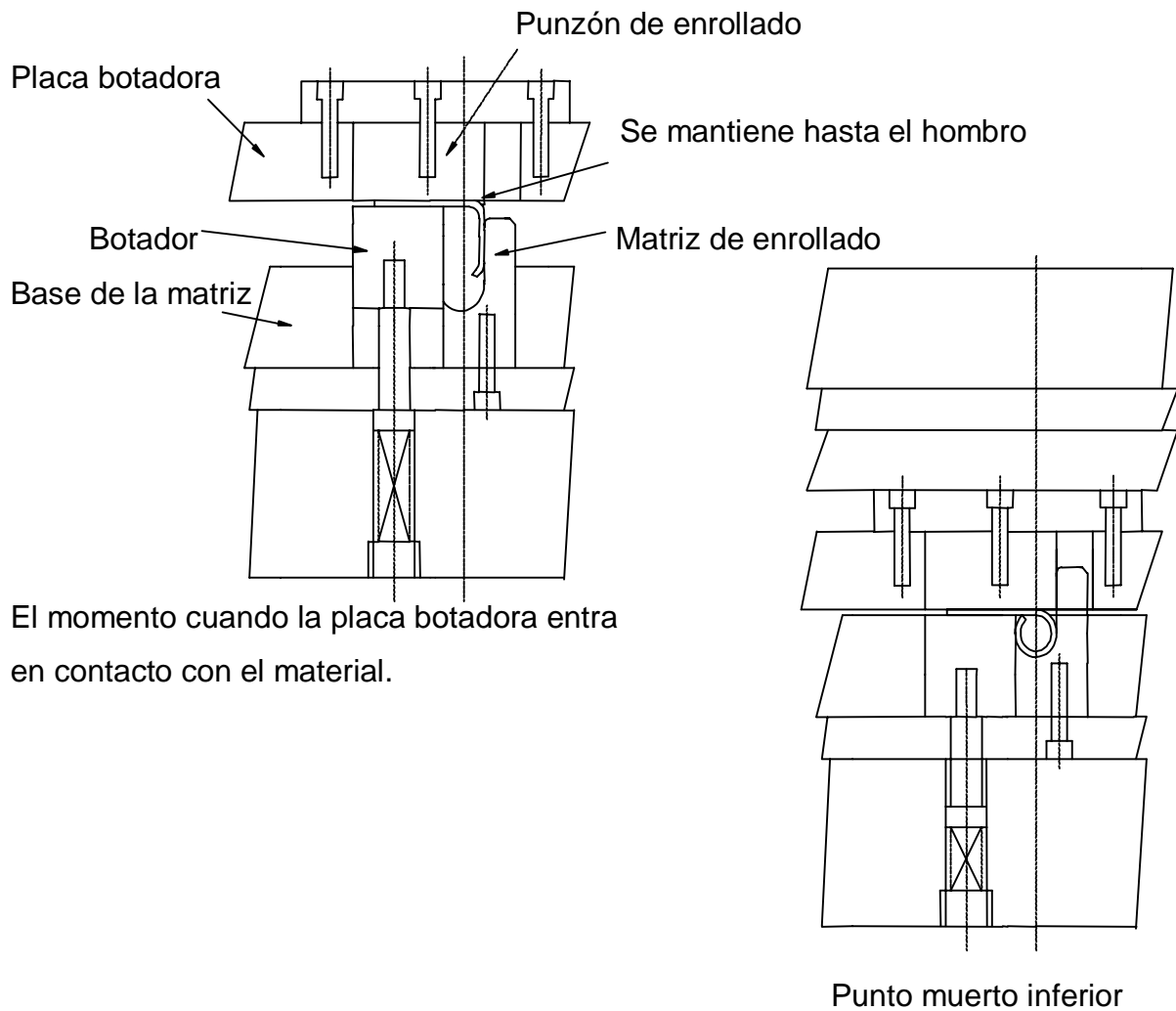
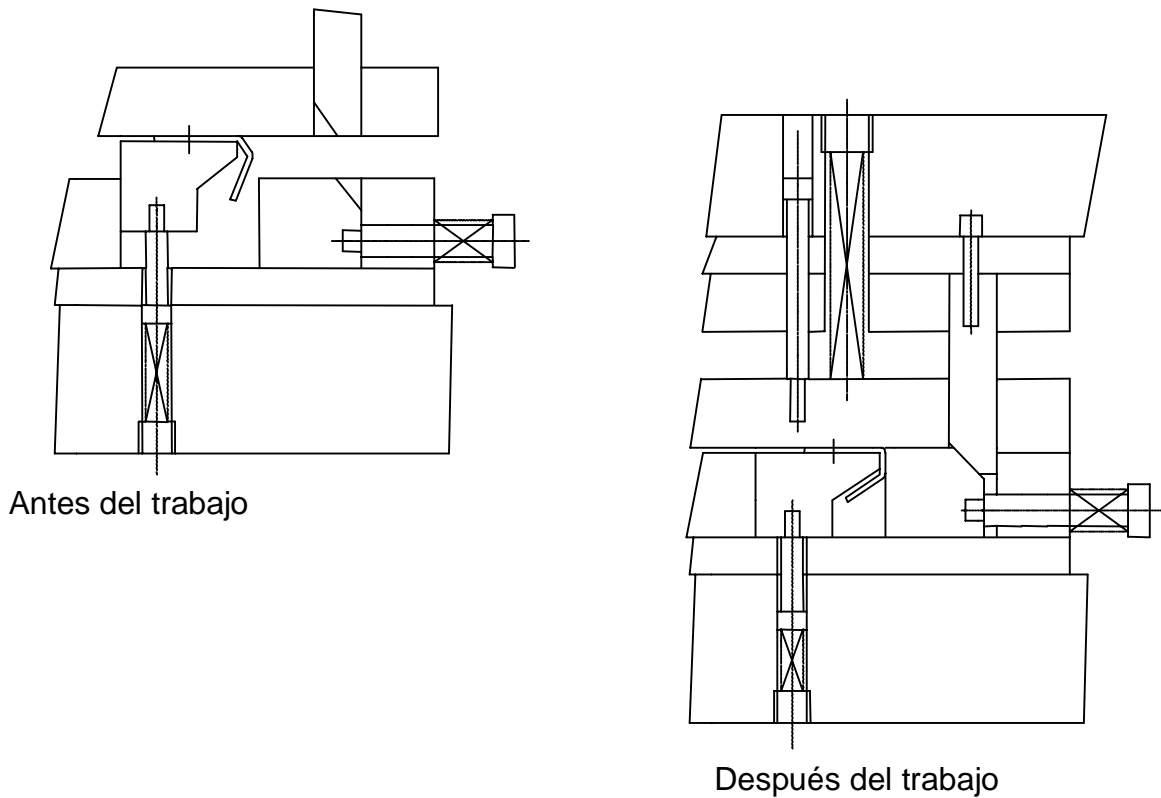


Figura 10-10 Estructuras para el trabajo de enrollado.

10.2.3 Método para utilizar el "cam slide" ver figura 10-11.



Al no resisitir la matriz con el trabajo desde arriba, este es el método de operación de lado utilizando una leva.

Figura 10-11 Método para utilizar el "cam slide"

Capítulo 11

Principio a considerar para diseñar el nivelador

11.1 Determinación del diámetro del rodillo.

11.1.1 Numero de rodillos del nivelador ver figura 11.1.

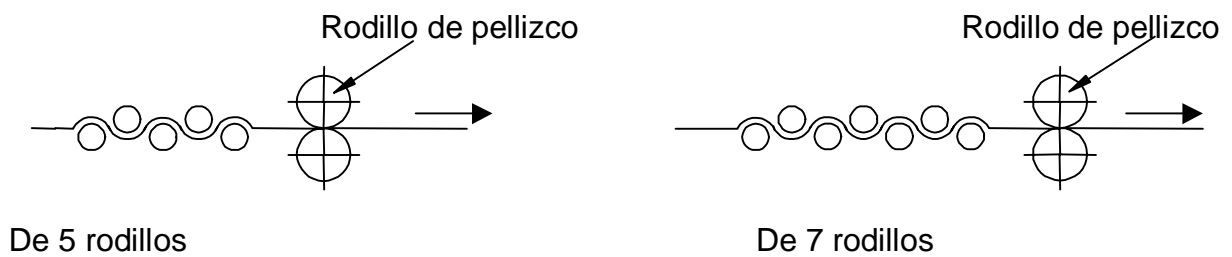


Figura 11-1 Numero de rodillos del nivelador.

11.1.2 Determinación del diámetro del rodillo ver figura 11.2.

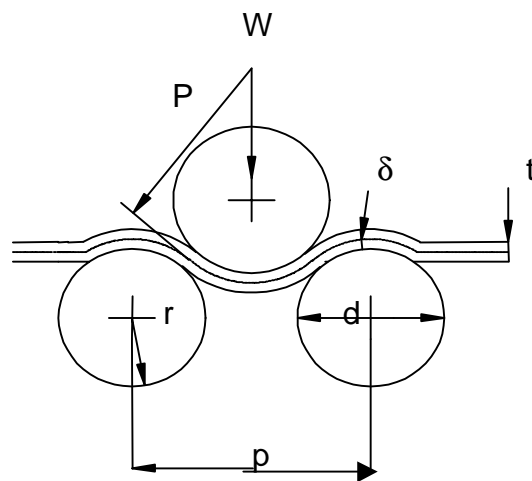


Figura 11-2 Determinación del diámetro de rodillo.

a) Formula para la condición de nivelación.

$$Ry = \frac{2y}{tE} [mm^{-1}]$$

$$Rr = \lambda r Ry [mm^{-1}]$$

En donde:

Ry: curvatura del rendimiento de nivelado [mm^{-1}].

Rr: curvatura del rodillo [mm^{-1}].

E: modulo de elasticidad del material [kgf/mm^2].

T: espesor de la lamina [mm].

λ : coeficiente del nivelador [-], se determina según el espesor de la lamina como se indica en el siguiente cuadro.

Valor de λr

T [mm]	0.2~	0.4~	1.0~	2.0~
λr	6~8	10	20	25

$$r = \frac{1}{Rr} [mm]$$

$$d = zr [mm]$$

En donde:

r: radio del rodillo [mm].

d: diámetro del rodillo [mm].

b) Presión ejercida del rodillo.

Pitch P del rollo del nivelador en uso practico.

$$P = (1.2\sim 1.5) d \text{ (mm)}.$$

$$P = \frac{1}{Ry} * \frac{tE}{2Y} [\text{mm}]$$

$$Ey = \frac{t}{2P} [-]$$

En donde:

P: radio de la curvatura del rendimiento del nivelado.

Ey: rendimiento de la distorsión en husillo simple.

La cantidad de entrada δ [mm] del rodillo y la presión W [kgf] por cada rollo es:

$$\delta = \frac{Eyp^2}{8t} [\text{mm}]$$

$$W = \frac{192 * E * I * \delta}{P^3} [\text{kgf}]$$

En donde:

δ : cantidad de entrada del rodillo [mm].

W: presión ejercida por cada rodillo [kgf].

I: momento secundario de la sección del material [mm⁴].

$$I = \frac{B * T^3}{12} [\text{mm}^4]$$

B: ancho del material [mm].

11.2 Torque propulsor y fuerza motriz.

a) Torque propulsor por rodillo.

$$T_t = \frac{1}{k} Y * B * t^2 [kgf.mm]$$

$$Tt = \frac{Y * B * T^2}{2000} [kgf.mm]$$

En donde:

T't: torque que tiene como unidad kgf .mm.

Tt : torque que tiene como unidad kgf .mm.

B: ancho de la lamina.

K: coeficiente de 2~4, se toma el 2 considerando la seguridad en general.

El de 5 rollos

$$T_5 = 5 Tt$$

El de 7 rollos

$$T_7 = 7 Tt$$

b) Fuerza de propulsión por cada rollo.

$$H = \frac{n * Tt}{716} [HP]$$

$$P = \frac{n * Tt}{974} [KW]$$

En donde.

H. caballos fuerza [HP].

N: numero de rotaciones del rodillo [rpm].

P: energía eléctrica [KW]

El de 5 rodillos

$$H_5 = 5H \text{ [HP]}$$

$$P_5 = 5P \text{ [KW]}$$

El de 7 rollos

$$H_7 = 7H \text{ [HP]}$$

$$P_7 = 7P \text{ [KW]}$$

c) velocidad de alimentación ver las siguientes gráficas.

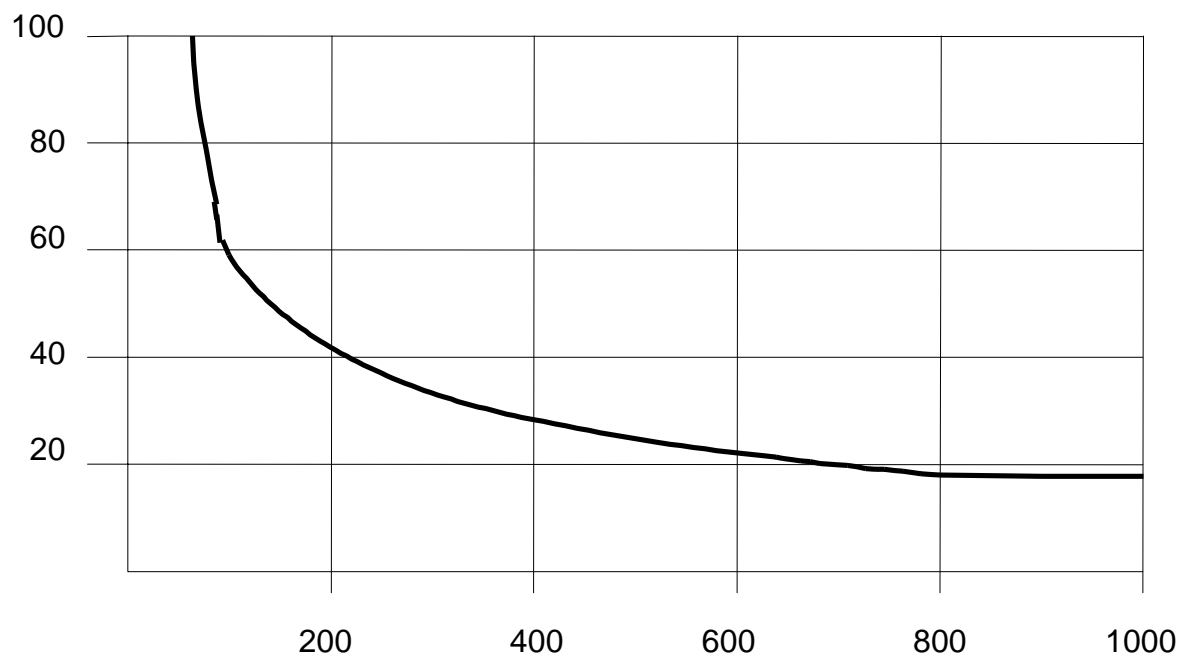


Gráfico 11.1 Para una curva de 180°.

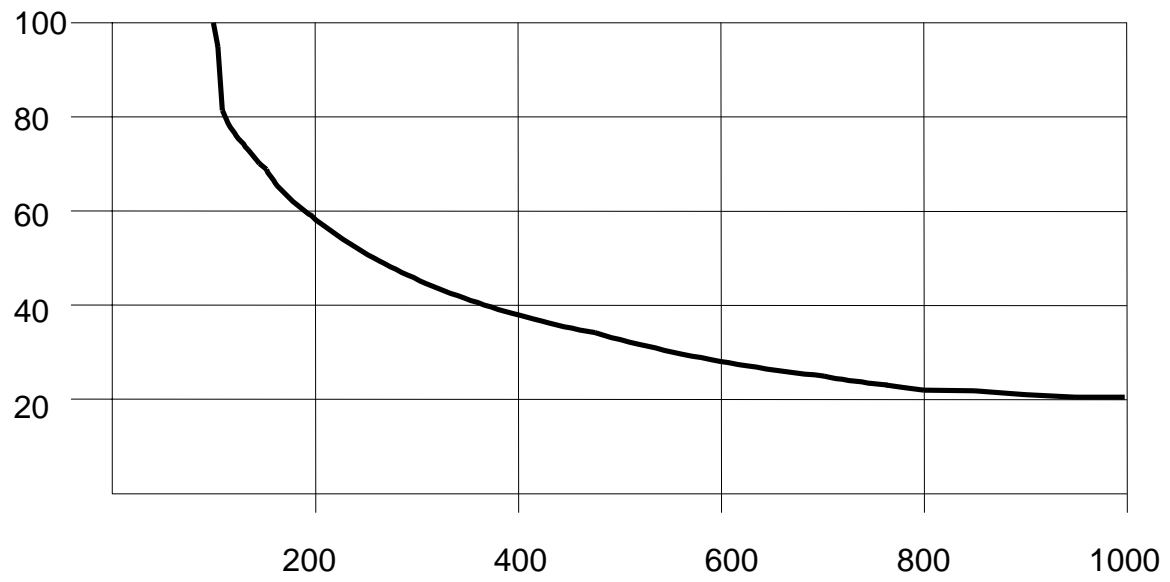


Gráfico11-2 Para una curva de 240°.

Capítulo 12

Rebote (spring back) en el dobléz de barra

12.1 Momento de dobléz.

$$M = \frac{E}{\rho} I [\text{kgf} * \text{mm}]$$

12.2 Esfuerzo de dobléz.

$$\delta = \frac{M}{Z} I [\text{kgf} / \text{mm}^2]$$

12.3 Fuerza de trabajo.

$$P = \frac{\delta b * Z}{\rho} [\text{kgf}]$$

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

$$Z = \frac{\pi d^3}{32} [\text{mm}^3]$$

$$P_s = \frac{P}{1 - \left(\frac{ZP}{\delta} * \frac{\delta v}{E} \right)} [mm]$$

12.4 Rebote (spring back).

$$\sigma_v = YR * \sigma_b$$

Material de acero

En donde, las condiciones son:

$$0.25 > n \geq 0.20,$$

$$100 > F \geq 50 \text{ kgf / mm}^2$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 * \frac{P}{P_s} [deg]$$

$$P_w = P * \frac{\alpha_1}{\alpha_2} [mm]$$

$$B = \alpha_1 * \alpha_2 [deg]$$

$$r_d = (2.5 \sim 3)d$$

Radio mínimo de doblez y radio neutro máximo de doblez.

$$r_{i \min} = d \left(0.0085 \frac{\delta B}{\delta r} + 0.5 \right) [mm]$$

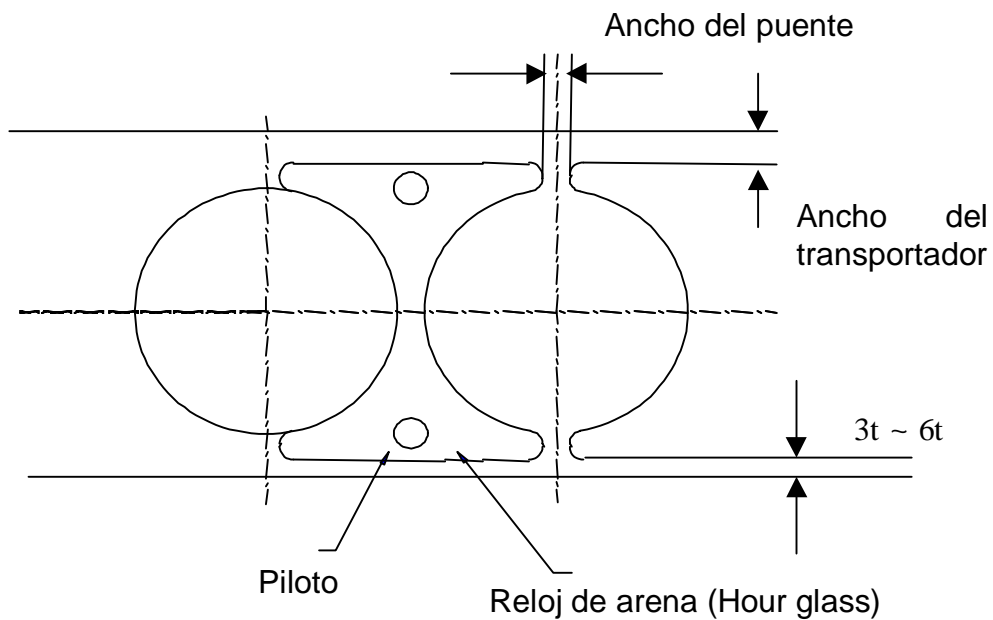
$$P_{\max} = \frac{E * d}{2\delta v} [mm]$$

Capítulo 13

Troquel de embutido progresivo (Drawing progressive die) (Puntos básicos)

13.1 Forma de tomar la silueta y posición de piloto

13.1.1 Sistema de reloj de arena (Hour glass system)



Nota: t = espesor de material

Figura13-1 Distribución de silueta, forma de reloj de arena

Método de reloj de arena (Hour glass), ver figura 13-1

1. Se posiciona la silueta considerando el daño al punzón de reloj de arena.
2. Se determina el ancho del enlace (puente) con el transportador (carrier) ($2+ \sim 4+$).
3. Para disminuir las marcas de golpes al caer las rebabas, se redondean las esquinas.
4. Se determina un ancho del transportador que soporte la alimentación del material. Se procura que el ancho del material quede en un valor razonable de dimensión.
5. El piloto se establece en una parte amplia de la superficie del reloj de arena.

13.1.2 Sistema de hendidura de lanza (Lance slit system)

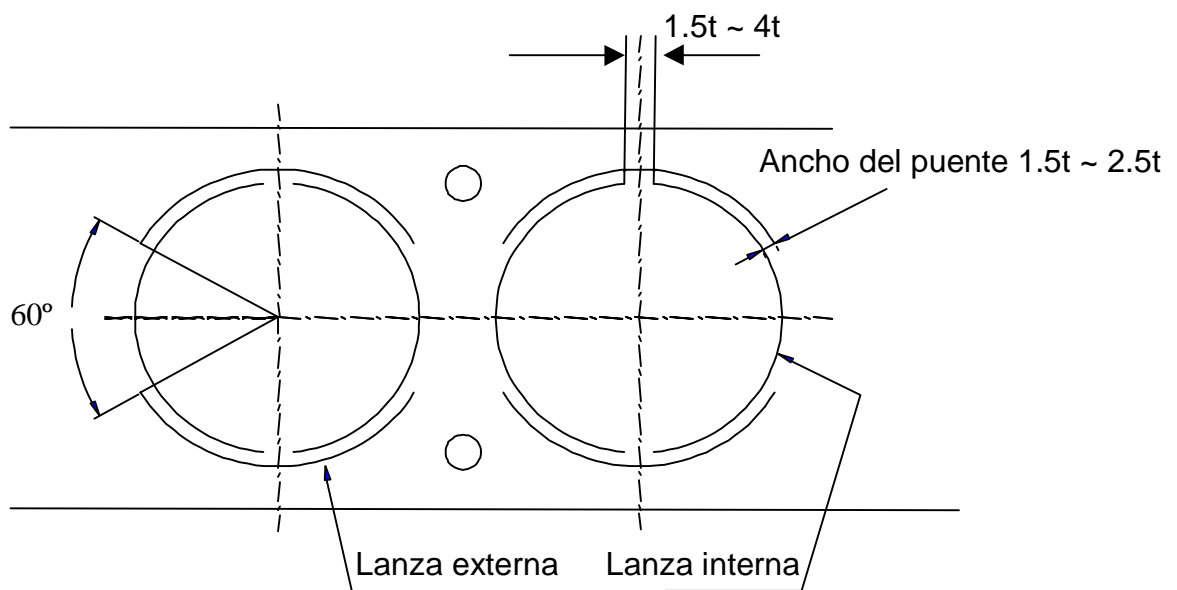


Figura 13-2 Hendidura de lanza

Método de hendidura de lanza (Lance slit system), ver figura 13-2.

1. En las hendiduras de lanza se tienen las sencillas y las dobles. La que aquí se presenta es una lanza doble.

2. Con la lanza doble no ocurren variaciones en el ancho del material o en el pitch de alimentación que trae consigo el embutido.
3. Lo que se indica con 60° es sólo una aproximación, el tamaño se adecua a la facilidad del trabajo.
4. El ancho del puente no debe ser ni muy amplio ni muy estrecho.

13.2 Distribución de la tira

Se establece sin falta entre el primer y segundo embutido una estación sin trabajo, ver figura 13-3.

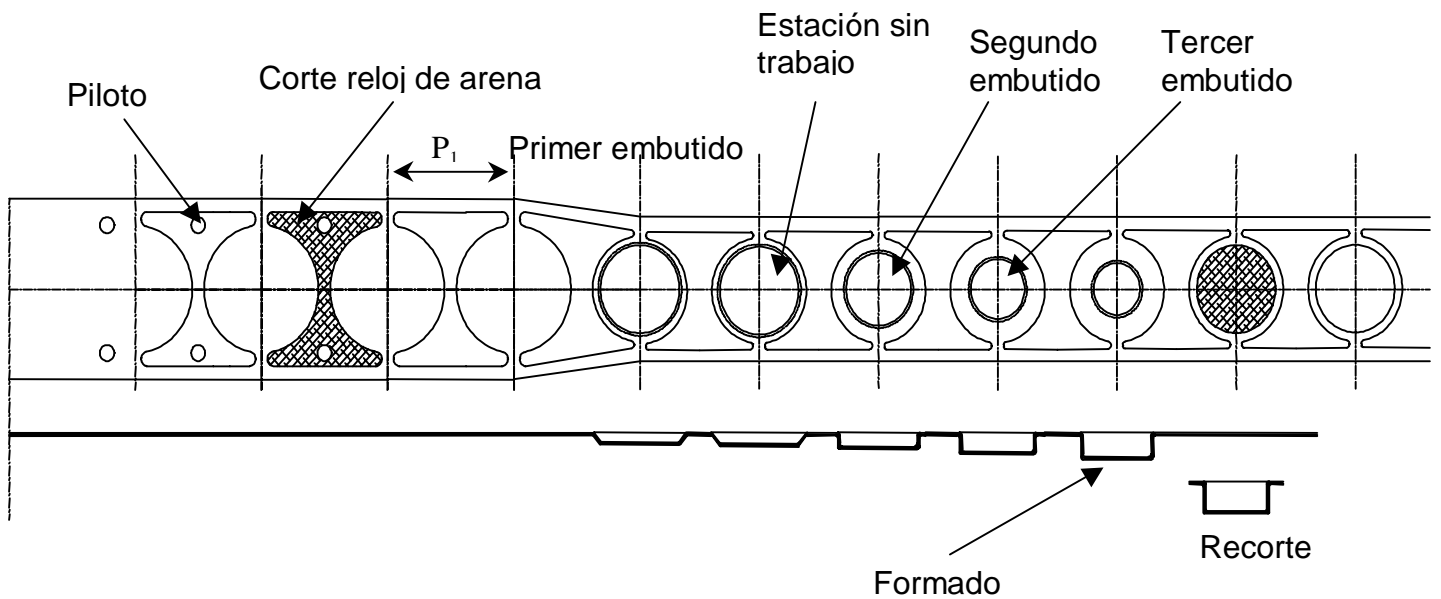


Figura 13-3 Distribución de las estaciones de trabajo

Se resume en forma de una distribución en tira el contenido del análisis y estudios del proceso.

Se puede decir que esta es la distribución en tira más fundamental del embutido.

La silueta se obtiene por el corte de reloj de arena.

En el primer embutido, el ancho del material se reduce, pero el diámetro de la ceja en ese momento se piensa como la dimensión exterior de la ceja del producto en el que el margen de reporte ya esta incluida y se estima el ancho disminuido del material.

El defecto de esta distribución en tira esta en que al mismo tiempo que disminuye el ancho del material se reduce al pitch que se indica en P1, ver figura 13-3 y se hace necesario el ajuste en el herramental.

13.3 Dirección vertical del trabajo

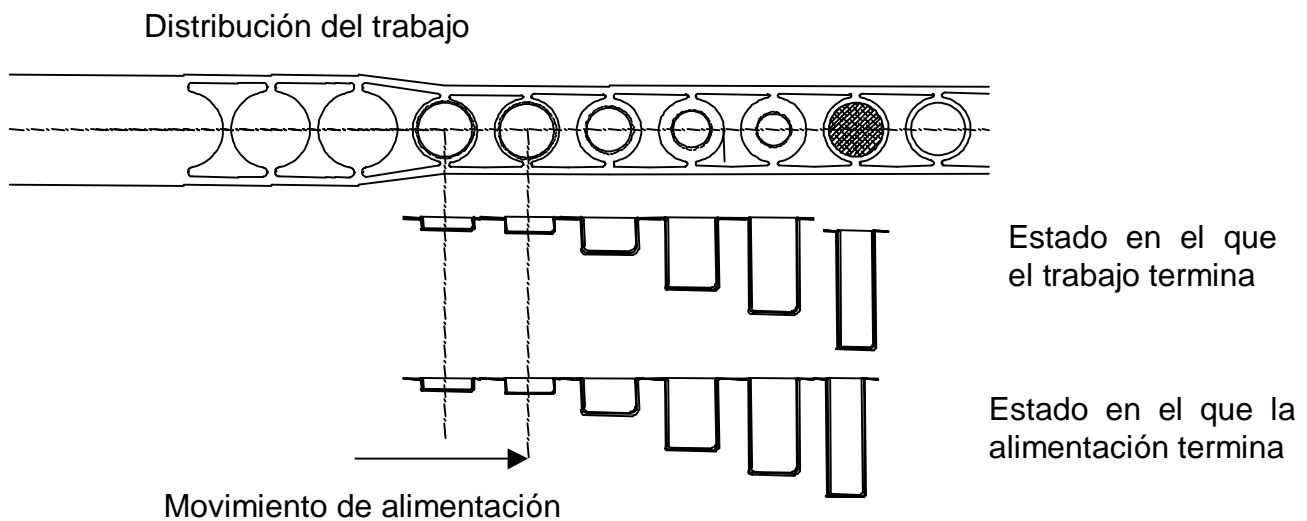


Figura 13-4 Orden del trabajo.

1. Estado en el que el punzón entra en contacto con el material

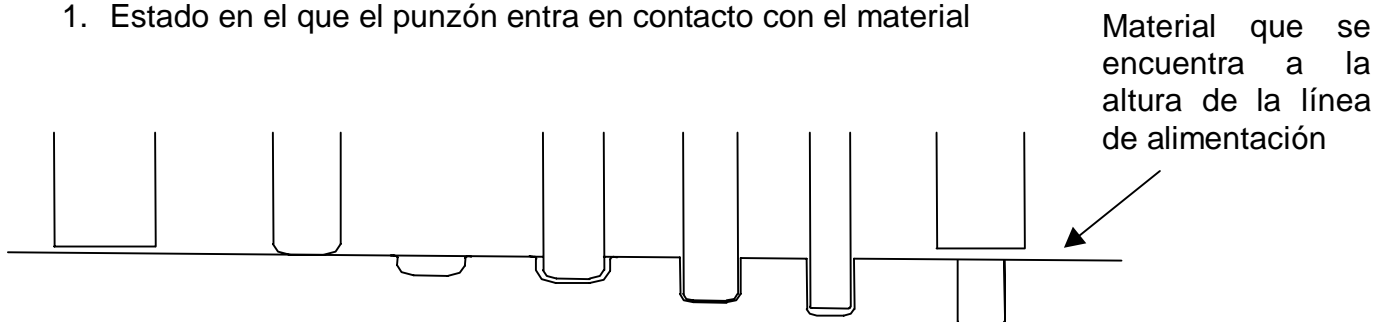


Figura 13-5 Penetración de punzones

El punzón más largo, primero empuja hacia abajo el material, ver figura 13-5.

2. Empuje hacia abajo del material a partir de la altura de la línea de alimentación.

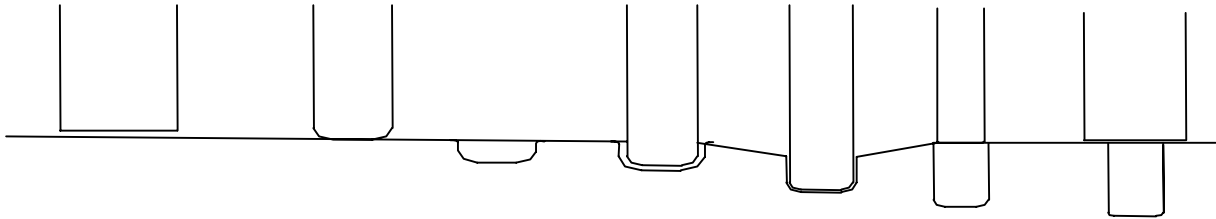


Figura 13-6 Empuje del material a partir de la línea de alimentación

Surge oleaje en el material e inclinación en el producto, ver figura 13-6

3. Momento en que inicia el trabajo

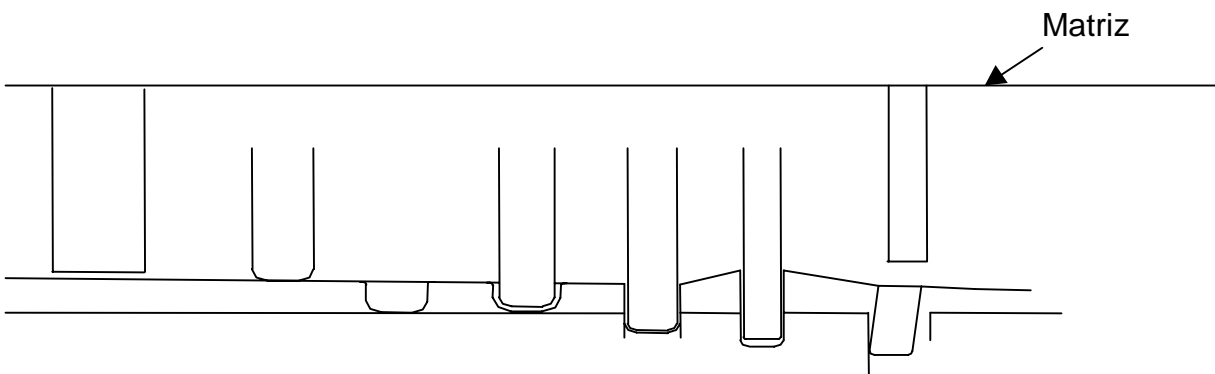


Figura 13-7 Inicio del trabajo

Si en este momento no se corrige la inclinación del producto surgirán desviaciones y/o fisuras, ver figura 13-7.

4. A mitad del trabajo.

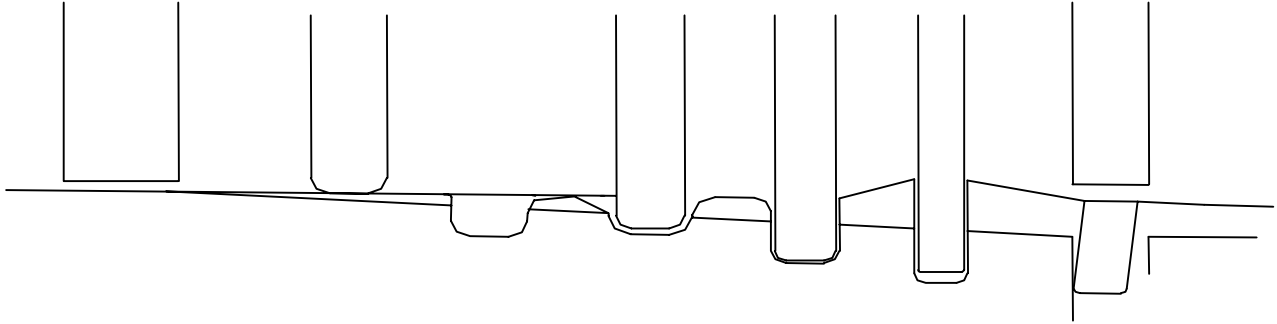


Figura 13-8 Movimiento mezclado

Se observa un movimiento mezclado del empuje hacia arriba debido a la relación entre el material y el trabajo de embudo, ver figura 13-8.

5. Terminación del trabajo (punto muerto inferior)

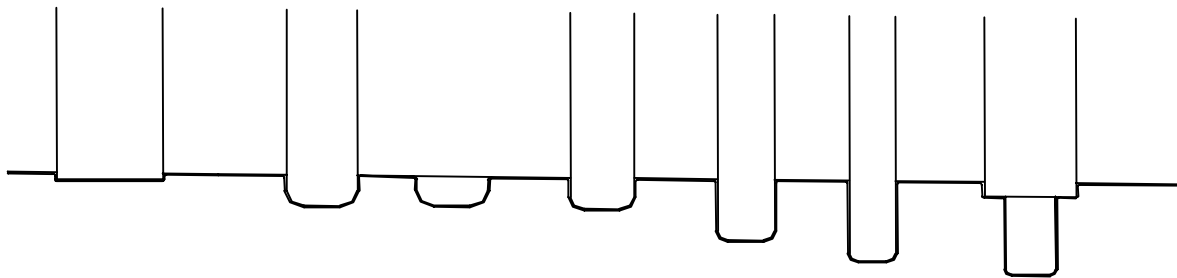


Figura 13-9 Terminación del trabajo

El material con oleaje vuelve a ser plano.

El oleaje surge también en los procesos regresivos.

Lo importante es diseñar el herramental. (su estructura) comprendiendo el proceso intermedio, ver figura 13-9.

13.4 Estructura del herramental

<Estructura de la placa botadora fija>

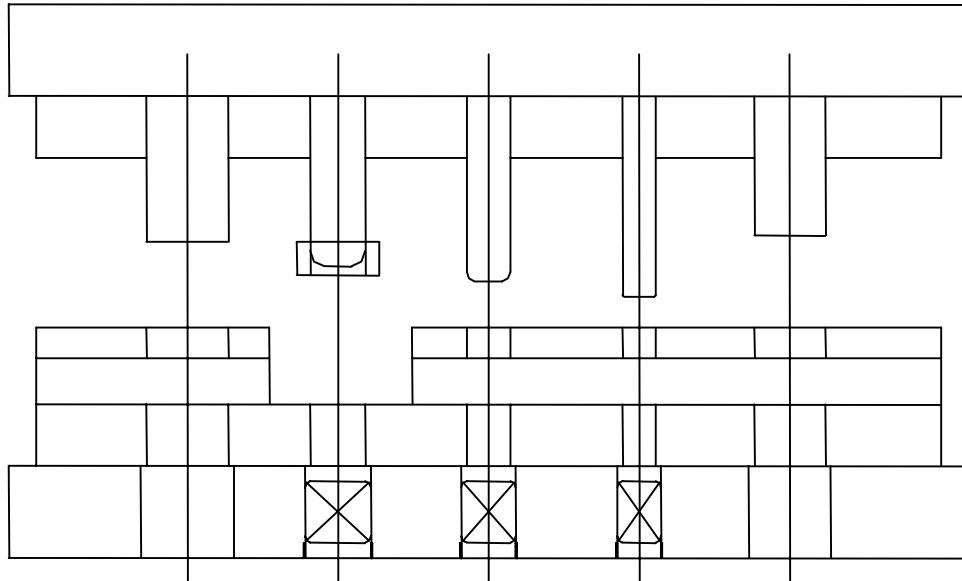


Figura 13-10 Placa botadora fija

<estructura de la placa botadora móvil del herramental inferior >

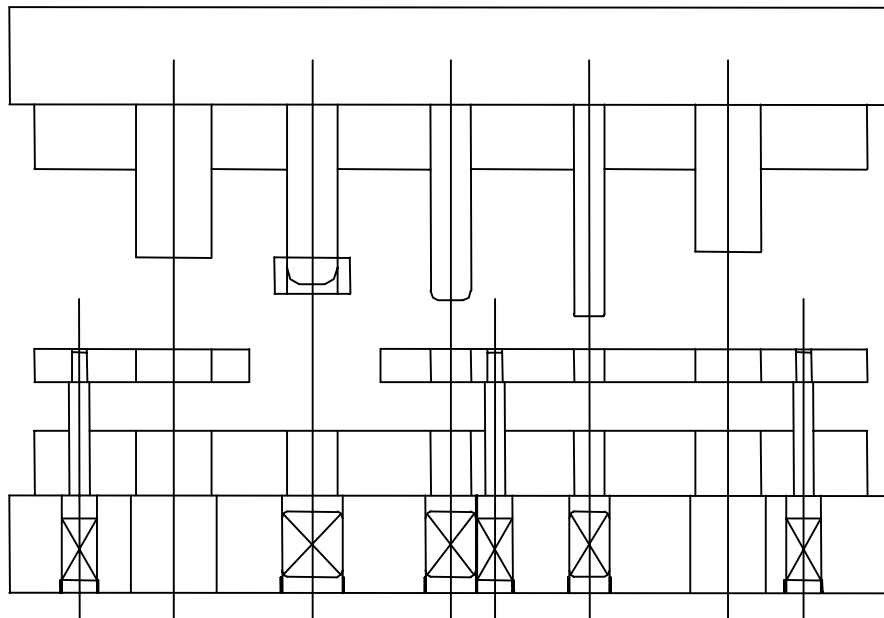


Figura 13-11 Placa botadora móvil

<estructura de la placa botadora móvil (de forma dividida) >

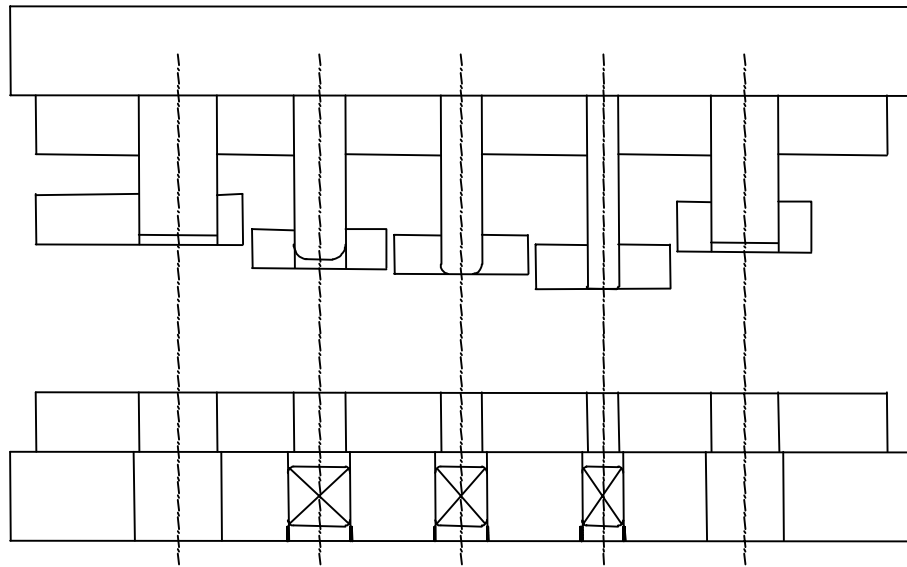


Figura 13-12 Placa botadora móvil forma dividida

<estructura de la placa botadora móvil (de forma unida)>

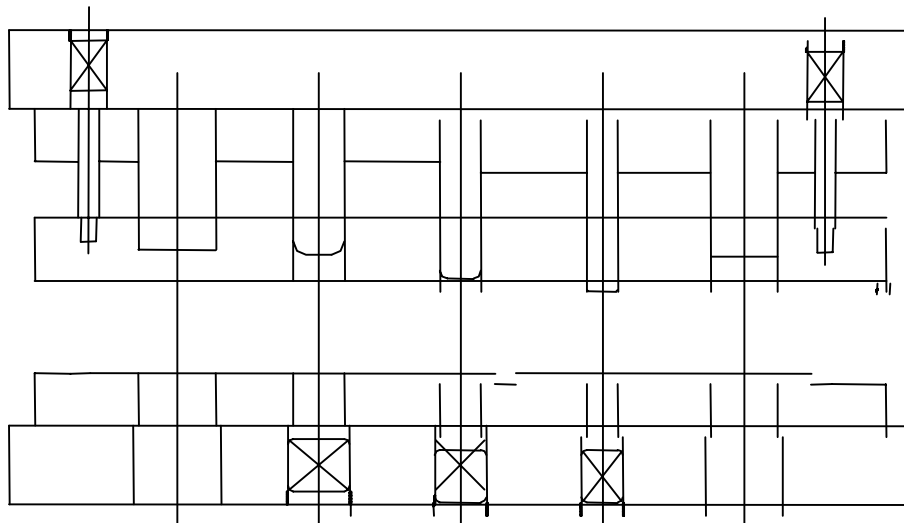
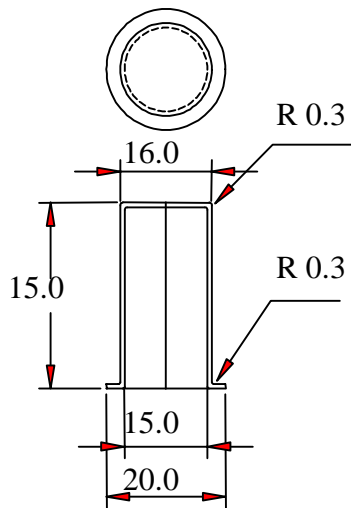


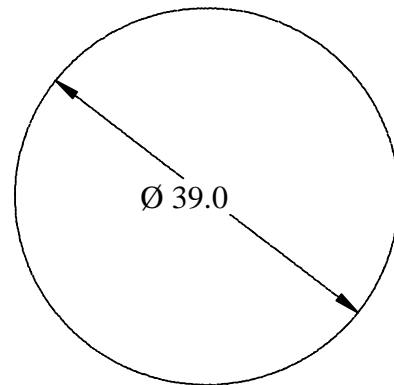
Figura 13-13 Placa botadora móvil forma unida

13.5 Embutido de cilindro con cejas (Ejemplo del trabajo de embutido)

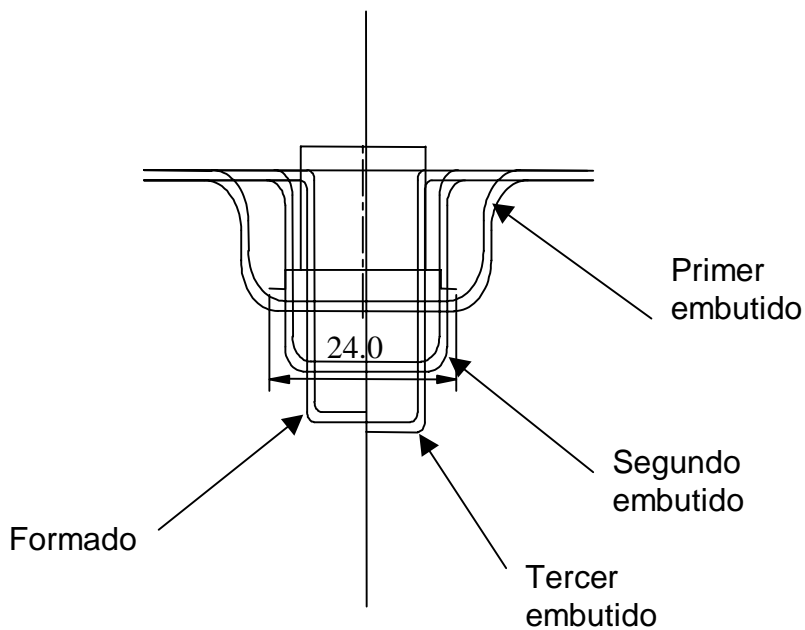
Plano del producto



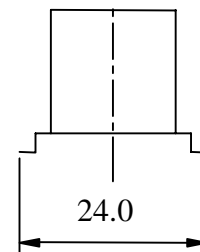
Silueta



Detalles sobre el proceso de embutido



Recorte



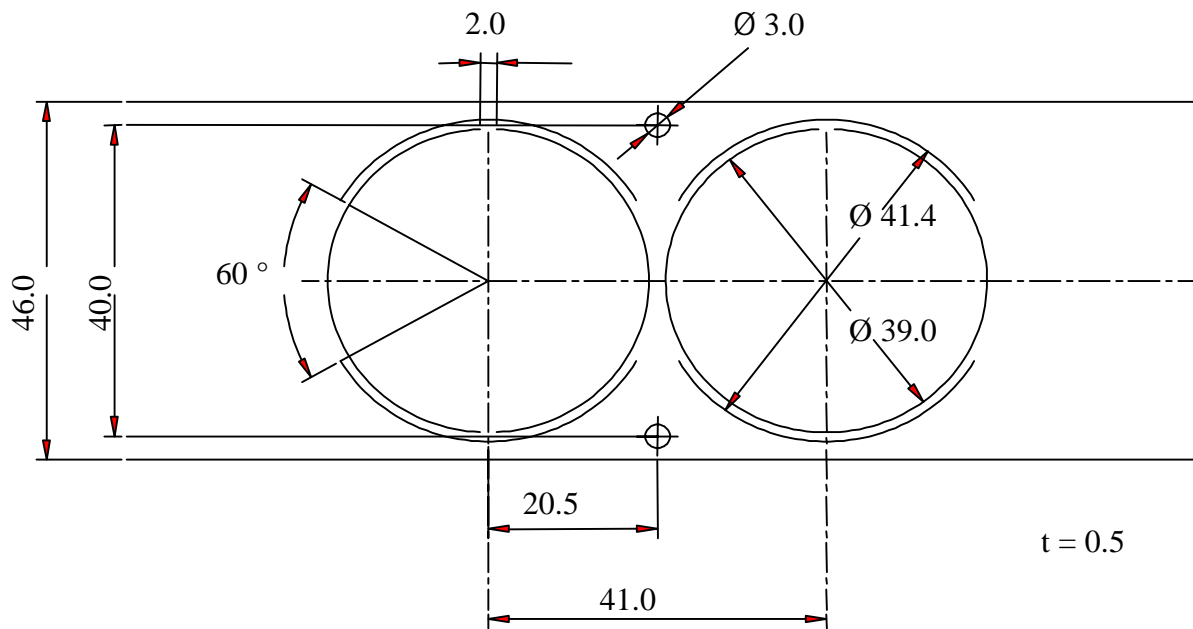
13-14 Trabajo de embutido

Es necesario el proceso de formado debido al radio pequeño del fondo del embutido así como de la ceja.

< Corte de silueta >

Lanza de unión de 2 partes.

Corte de silueta general.



13-15 Corte de silueta doble lanzamiento

Lanza de unión de 4 partes.

Se emplea cuando se desea una estabilidad al ser alta la altura del embutido.

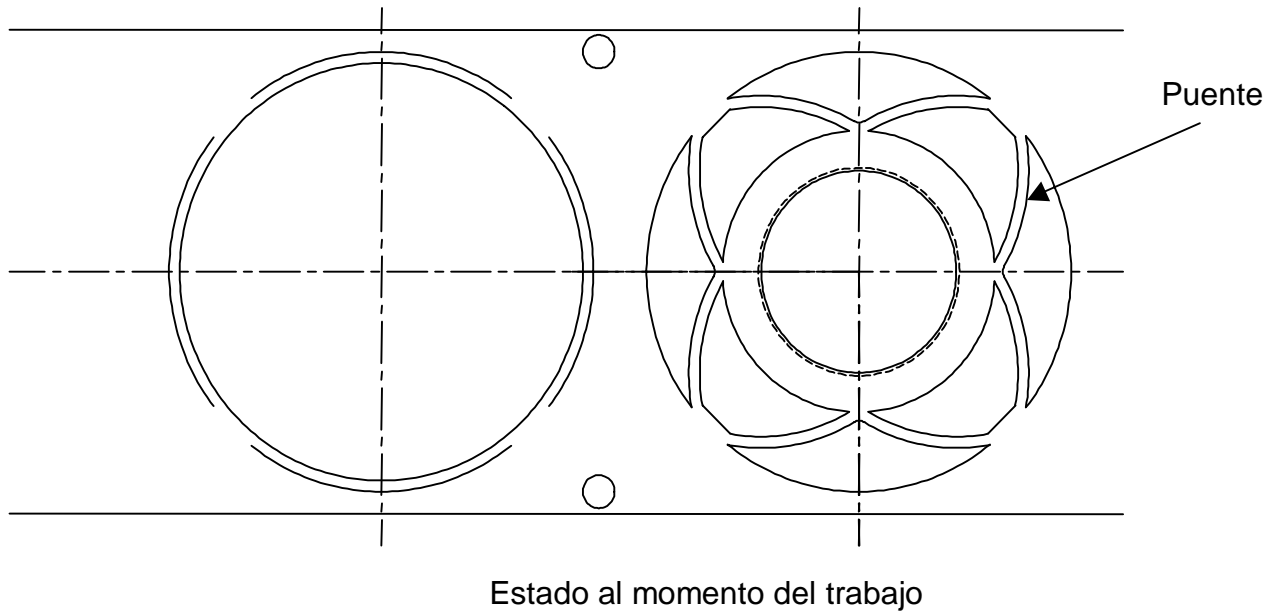


Fig. 13-16 Lanza de unión de cuatro partes

Se establece una estación sin trabajo pensando en el movimiento vertical del material.

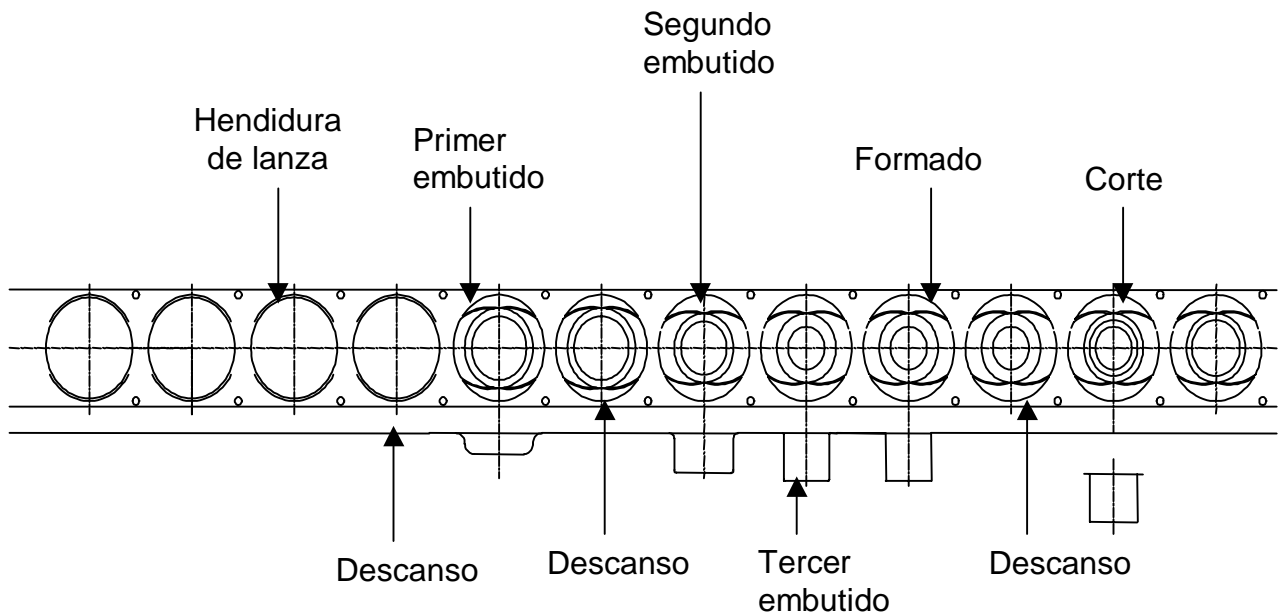


Fig. 13-17 Distribución de la tira para lanza de unión de 4 partes

Si el embutido se profundiza, en proporción al mismo, se genera gran deformación en el contorno de la silueta y surgen figuras en el puente en el corte del reloj de arena y en ocasiones no resulta bien.

Cuando el embutido se profundiza, se recomienda el corte de silueta por medio de la lanza doble, como se muestra.

En este ejemplo se presenta la silueta unida de 2 lugares, pero si existe el temor de que el producto se incline, se une por el puente y la silueta en 4 lugares.

Cuando la lanza es grande se puede trabajar al mismo tiempo el interior y el exterior como se muestra, pero cuando es pequeño, se trabaja en dos procesos.

< Estructura del trabajo simultáneo de la pieza interna y externa >

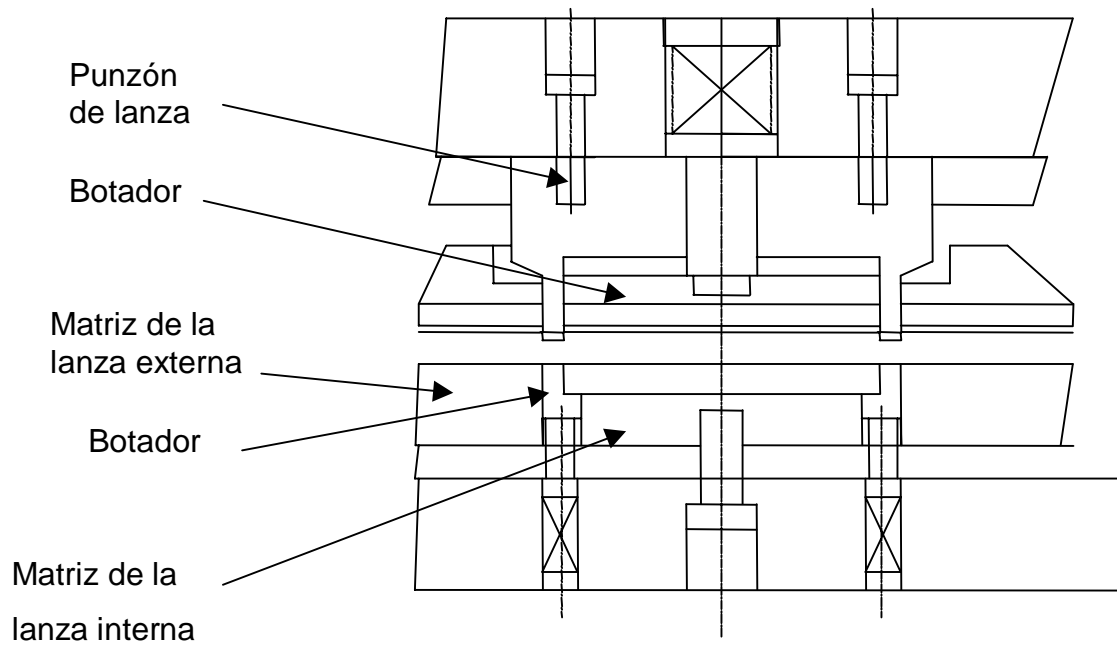


Fig. 13-18 Trabajo simultáneo de la pieza interna y externa.

Precauciones para el primer embutido

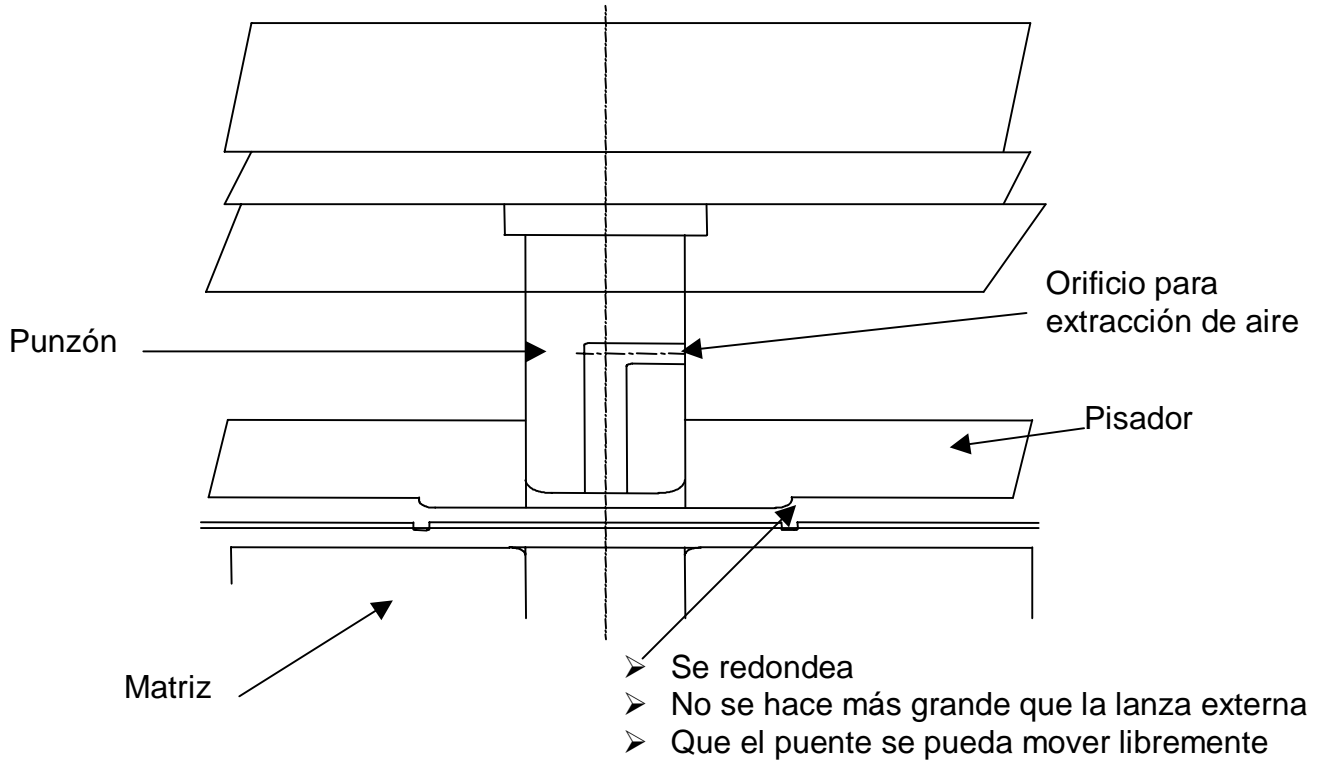
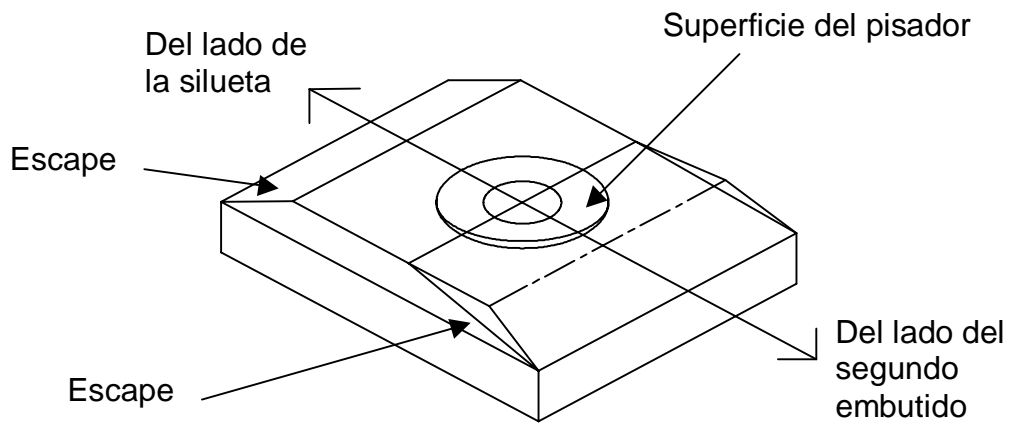


Fig. 13-19 Primer embutido

Precauciones para la placa del pisado de arrugas



Es mejor en forma de línea continua que una punteada

Fig. 13-20 Placa pisadora

13.6 Embutido de cilindro con cejas (en caso del embutido profundo)

plano del producto

Silueta

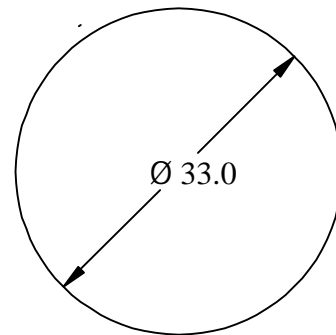
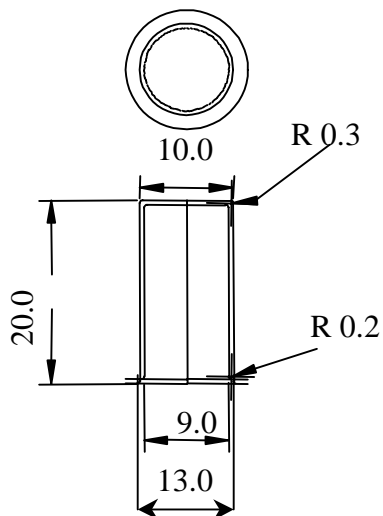
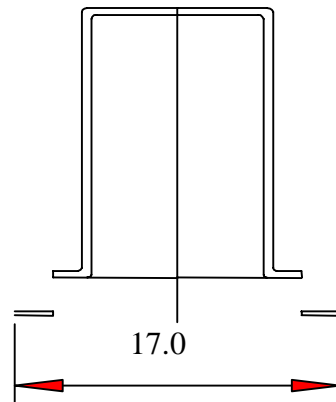


Fig. 13-21 Caso de embutido profundo

Recorte



Corte de silueta

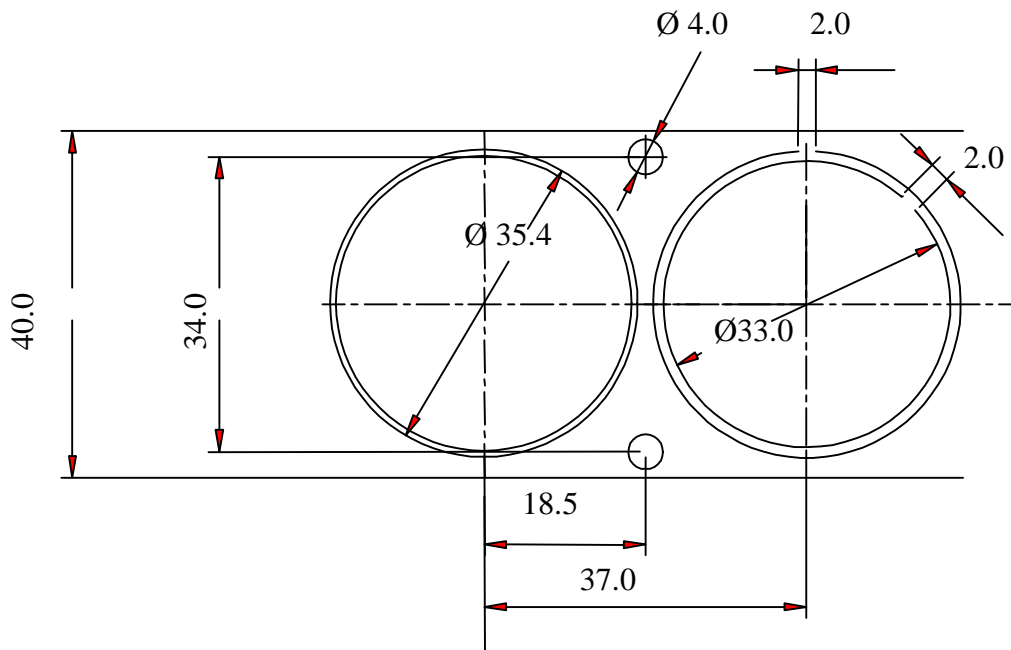


Fig. 13-22 Caso de embutido profundo

Distribución en la tira

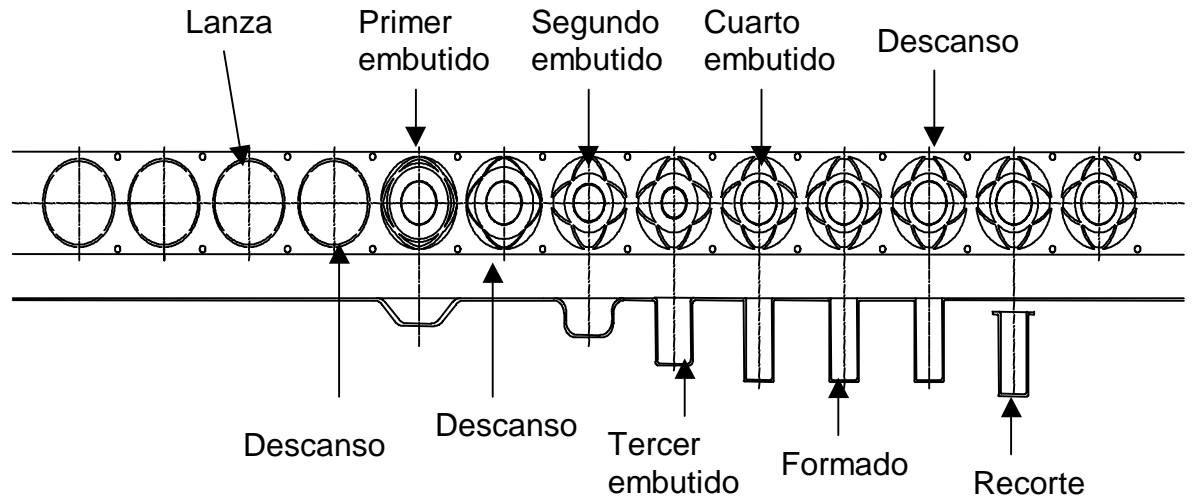
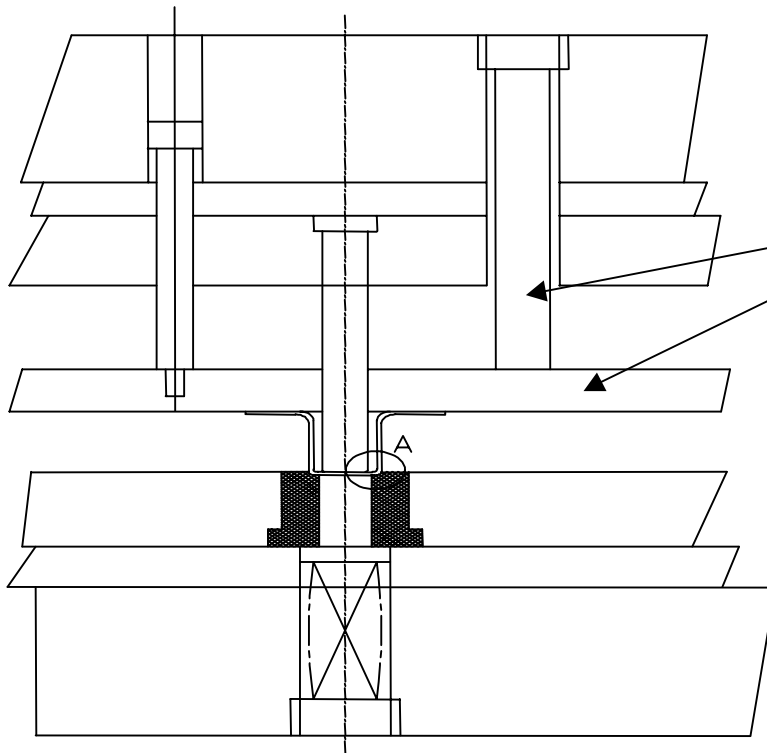


Figura 13-23 Distribución en la tira.

Si se profundiza el embutido, la inclinación del producto en el proceso intermedio llega a ser la causa de los problemas.

Al mismo tiempo que la disminución de la silueta, el movimiento en la dirección vertical es grande y el transportador y puente reciben bastante maltrato. Por esto, el producto en el proceso es susceptible a inclinarse. Es necesario que el transportador y el puente se diseñen cuidando estos puntos. Asimismo, en el diseño del proceso de embutido, la proporción de embutido se modera (se aumenta el valor numérico de la proporción del embutido) para poder trabajar con facilidad.

< Ejemplo de la estructura de embutido medio >



Se debilitan los resortes en la medida de lo posible o se piensa en una estructura en la que no se pise el material con la placa botadora

Fig.13-24 Estructura de embutido medio

Para corregir la inclinación del producto con el radio de la matriz, se baja un poco el botador y se trata de que el radio de fondo del producto se acostumbre al radio de la matriz.

En este momento se oprime el producto con el punzón y es aún mejor si se ingenia para no oprimir el producto con otras placas botadoras.

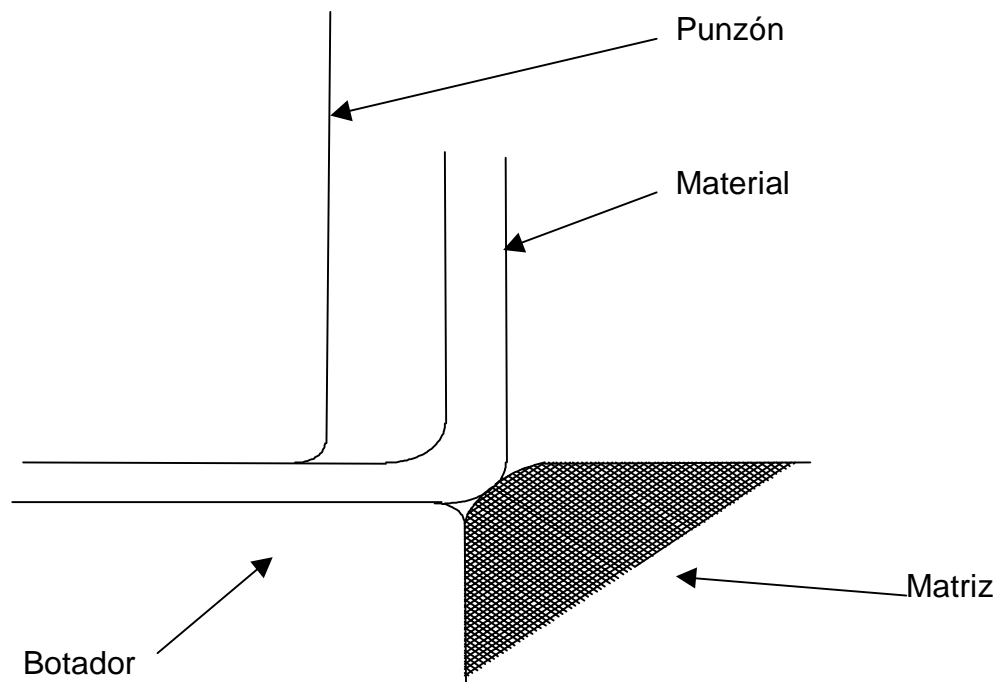


Fig. 13-25 Ampliación de la parte A

13.7 Embutido de cilindro sin ceja.

13.7.1 Embutido somero.

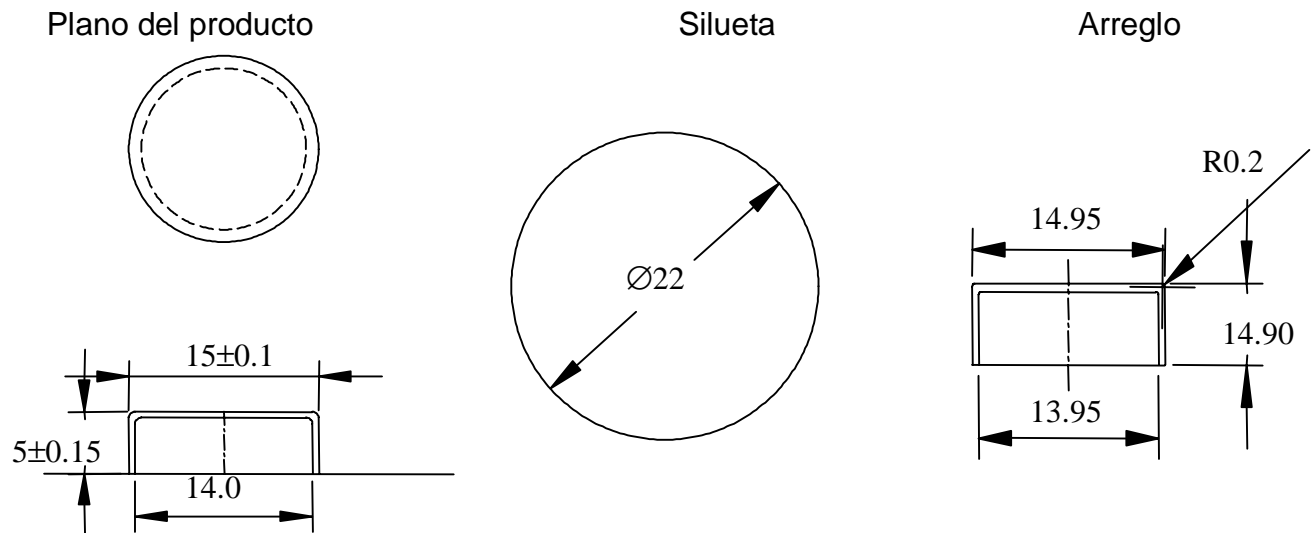


Figura 13-26 Embutido somero.

Si se permite la precisión en la altura del embutido, se puede realizar el trabajo en una sola vez como se muestra en el ejemplo.

Los puntos que deben cuidarse en el diseño del proceso de este trabajo son el realizar el cálculo de la silueta en el centro del espesor del material y que el radio del punzón quede establecido en el valor pequeño dentro de la tolerancia. Al mismo tiempo se establece también una poca altura de embutido.

La razón de esto es para facilitar el ajuste, arreglando (agradando) el radio del punzón cuando la altura del producto salga baja. Si esto se establece al revés, se tendrá que volver a elaborar el punzón y arreglar el radio. En el embutido siempre se debe pensar en un diseño en el que sea sencillo el ajuste para el ajuste del intento.

Corte de silueta

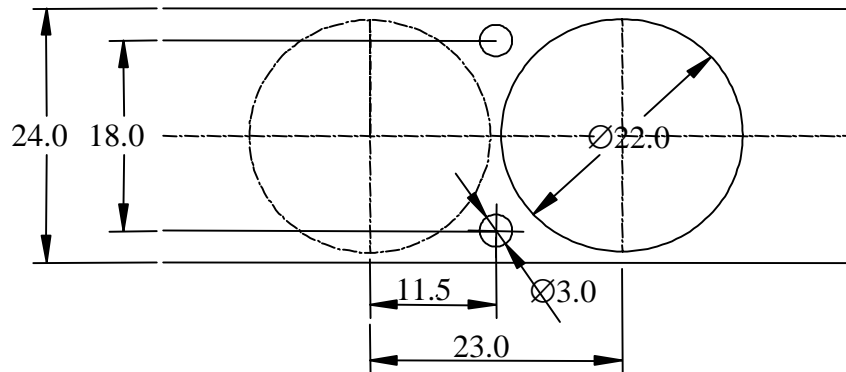


Figura 13-27 Corte de silueta.

Distribución de la tira

Medio punzonado

Separación – Embutido

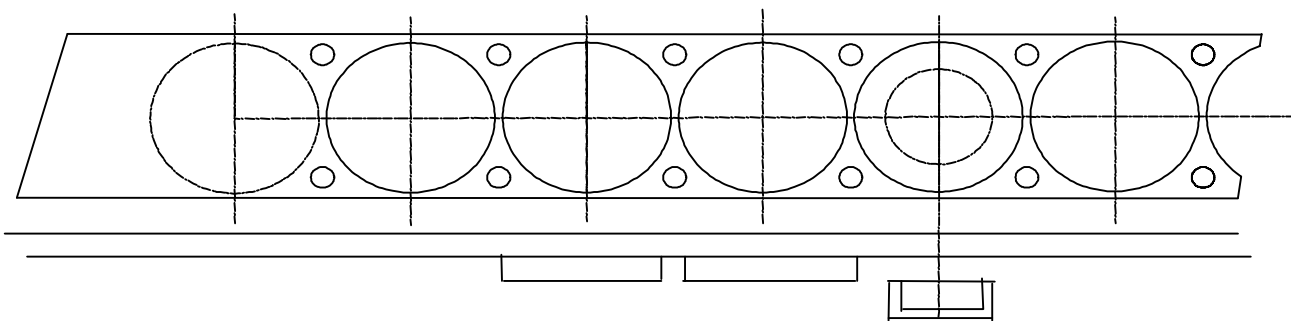
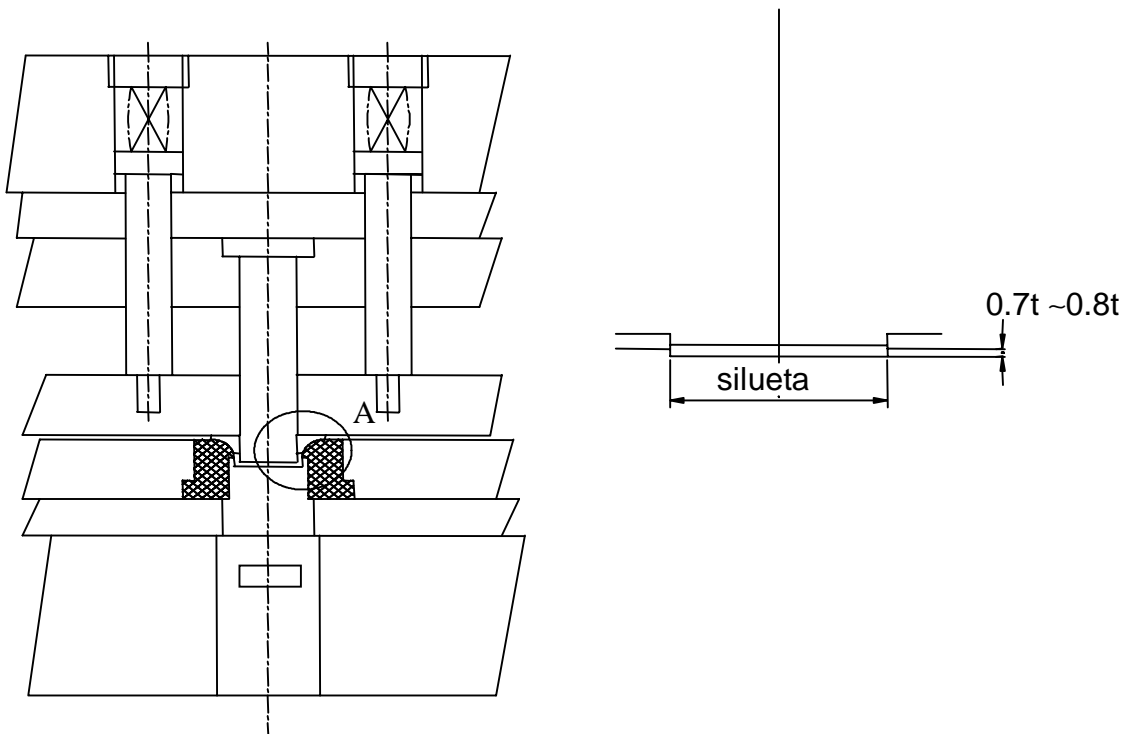


Figura 13-28 Distribución de la tira.

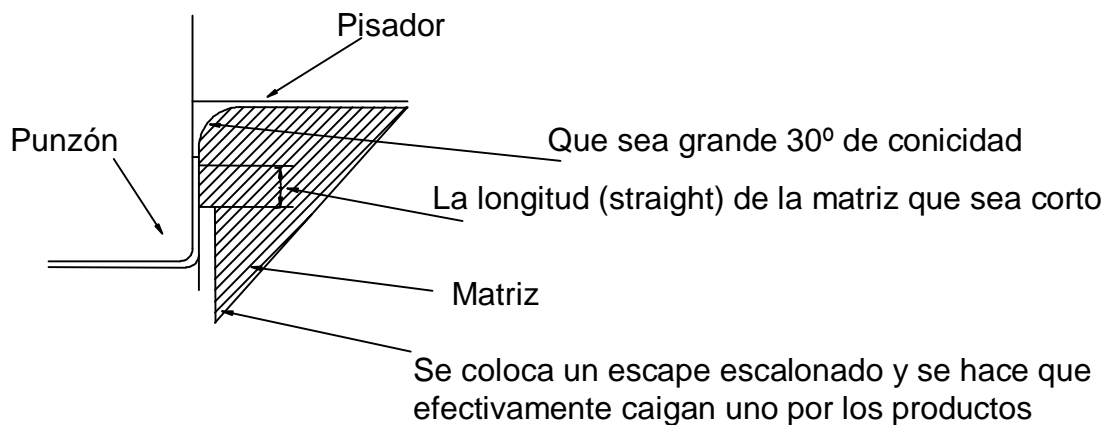
<Ejemplo de separación y estructura del embutido>



<Establecimiento del proceso de medio punzonado>

En el proceso de medio punzonado es favorable que se detenga a la mitad el punzón sin que se punzone completamente como se muestra en la figura anterior.

El "Push-back" propicia los problemas por la caída de la silueta y de las rebabas.

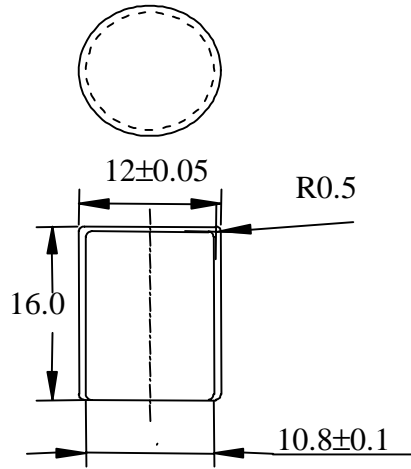


Detalle de la parte A

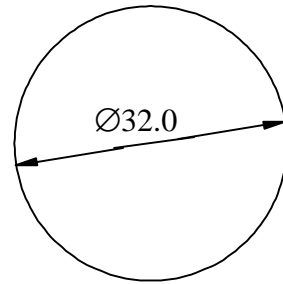
Figura 13-29 Separación y estructura del embutido.

13.7.2 Embutido profundo.

Plano del producto



Silueta



Corte de silueta

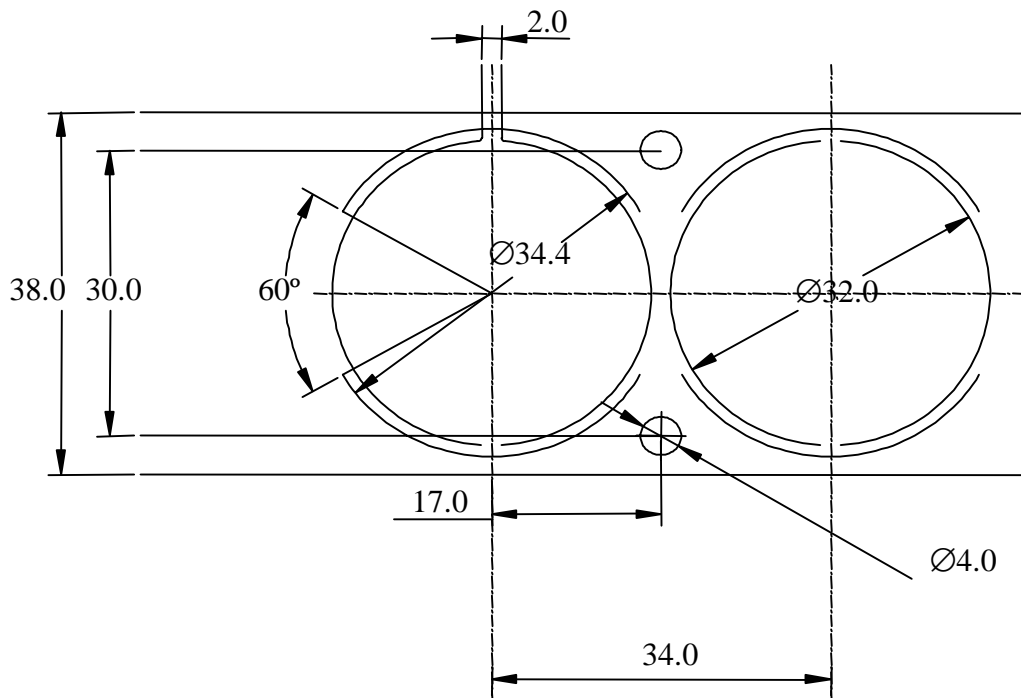
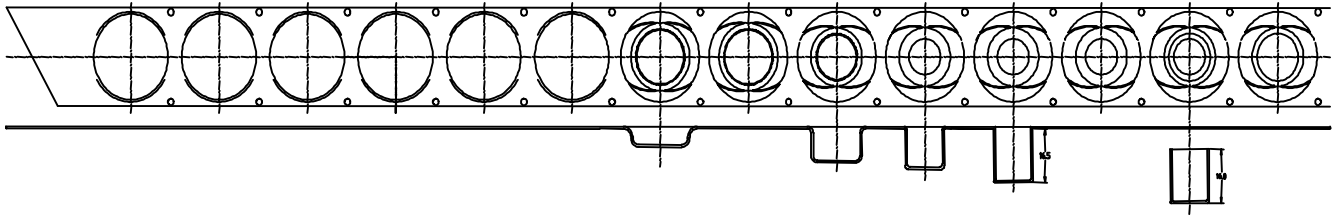


Figura 13-30 Embutido profundo.

Distribución en la tira



Como se baja con el recorte del contorno (pinchtrim)
se embute con altura en el formato

Figura 13-31 Distribución de la tira

En los embutidos sin cejas, el diseño del proceso es relativamente sencillo pero se sufre con el recorte. Este ejemplo es del diseño del recorte de contorno (pinch trimming)

<Ejemplo de la estructura del recorte del contorno>

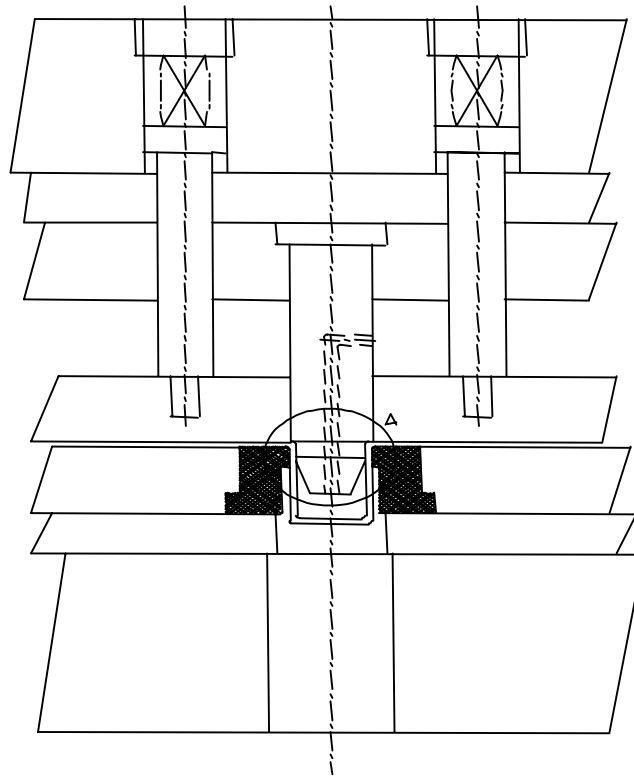


Figura 13-32 Estructura del recorte de contorno.

El recorte del contorno se piensa al igual que el punzonado de acabado, se hace un radio en el lado de la matriz, el punzón se considera como un filo agudo y el claro lo más pequeño posible. Con esto se puede fabricar un producto sin “escalones” en las paredes.

Colocando un radio en la matriz, esta parte desempeña el papel de guía al introducir el producto. Como puntos de precaución, fijar la guía del diámetro interno (para que haya presión hacia el interior no deforme el diámetro). Después del trabajo se expulsa efectivamente el producto uno por uno y no olvidar un orificio de aire para que el producto no se levante junto con el punzón.

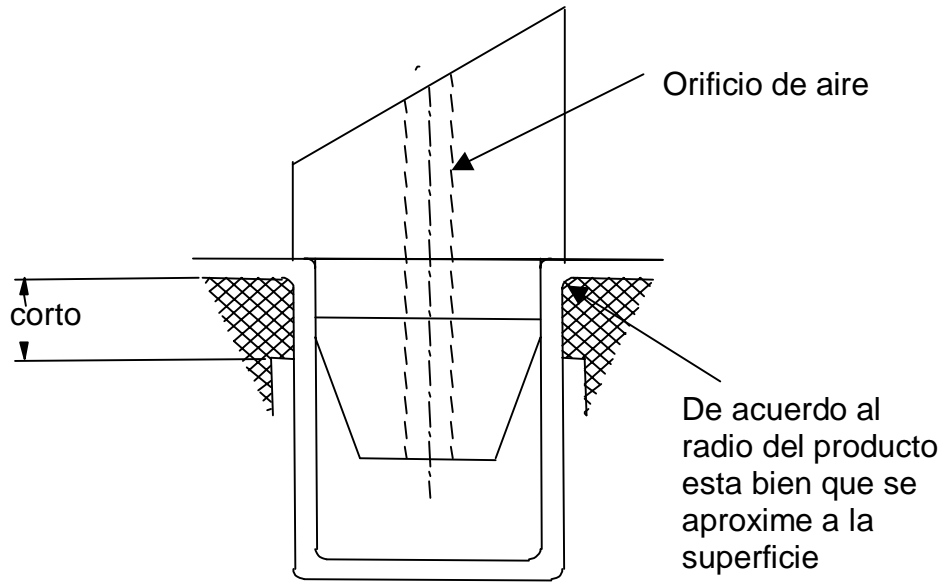


Figura 13-33 Detalle de la parte A.

Capítulo 14

Embutidos especiales.

14.1 Embutidos especiales.

14.1.1 Embutido revertido I

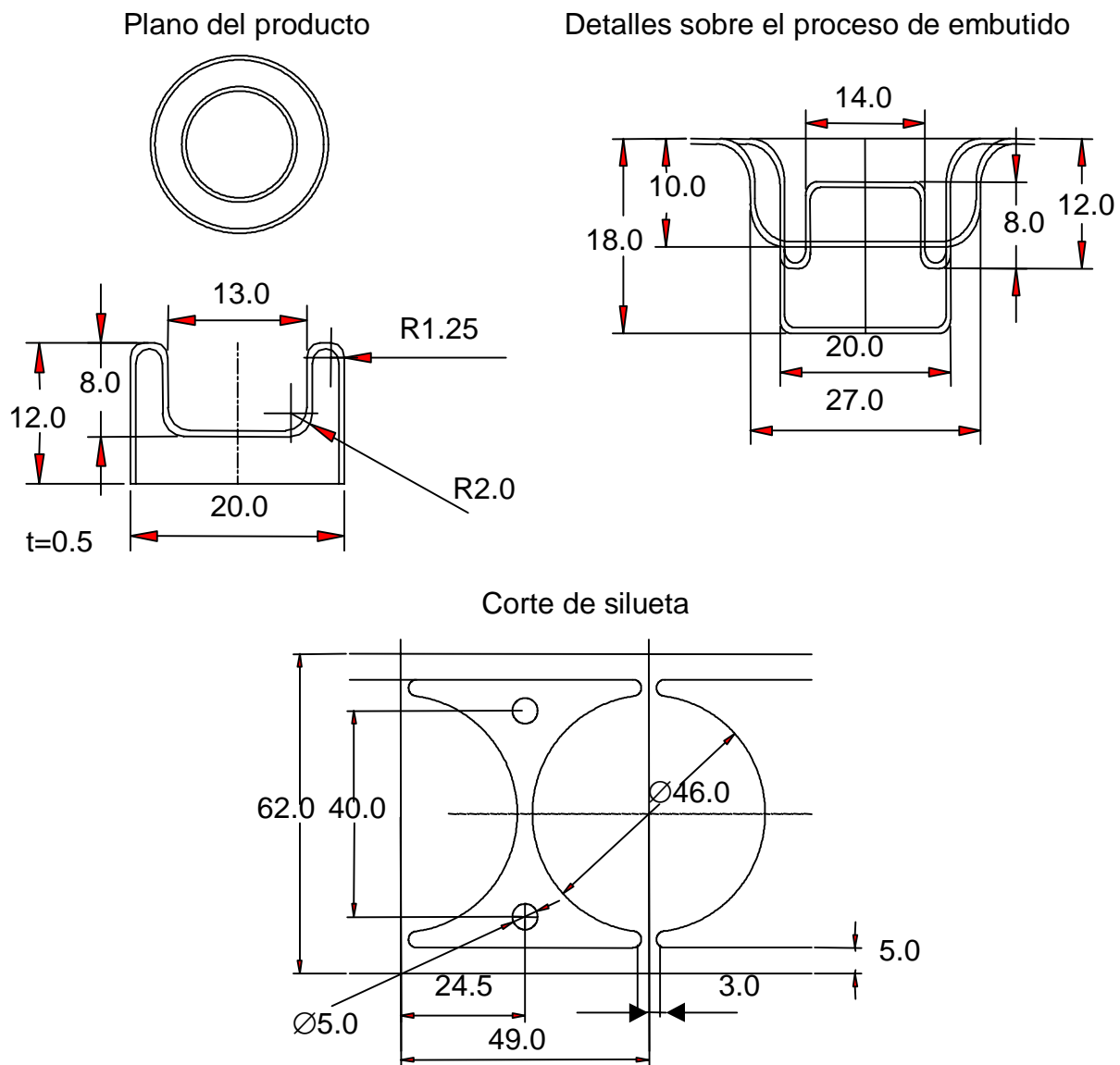


Figura 14-1 Embutido revertido.

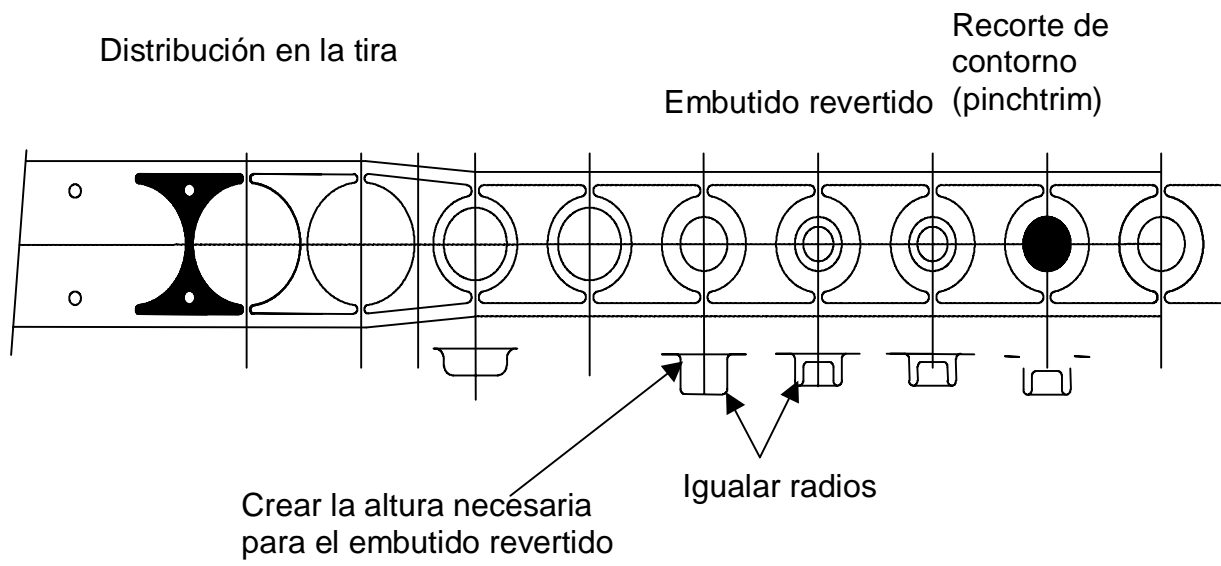


Figura 14-2 Distribución en la tira.

< Ejemplo de la estructura del troquel para el proceso del embutido revertido >

Se dice que al emplear el embutido revertido se reducen los procesos, pero los ejemplos de uso son escasos.

Suele pensarse que la matriz es fácilmente dañada, pero la matriz del embutido revertido en el momento del trabajo es comprimido del exterior al interior por el material y al tener un efecto de respaldo es bastante resistente.

Es aconsejable que en la matriz del embutido revertido, el radio interno del producto (radio del punzón) y el radio del embutido se igualen o se calcule uno aproximado y que se diseñe el proceso tratando de no crear grandes partes planas en la matriz.

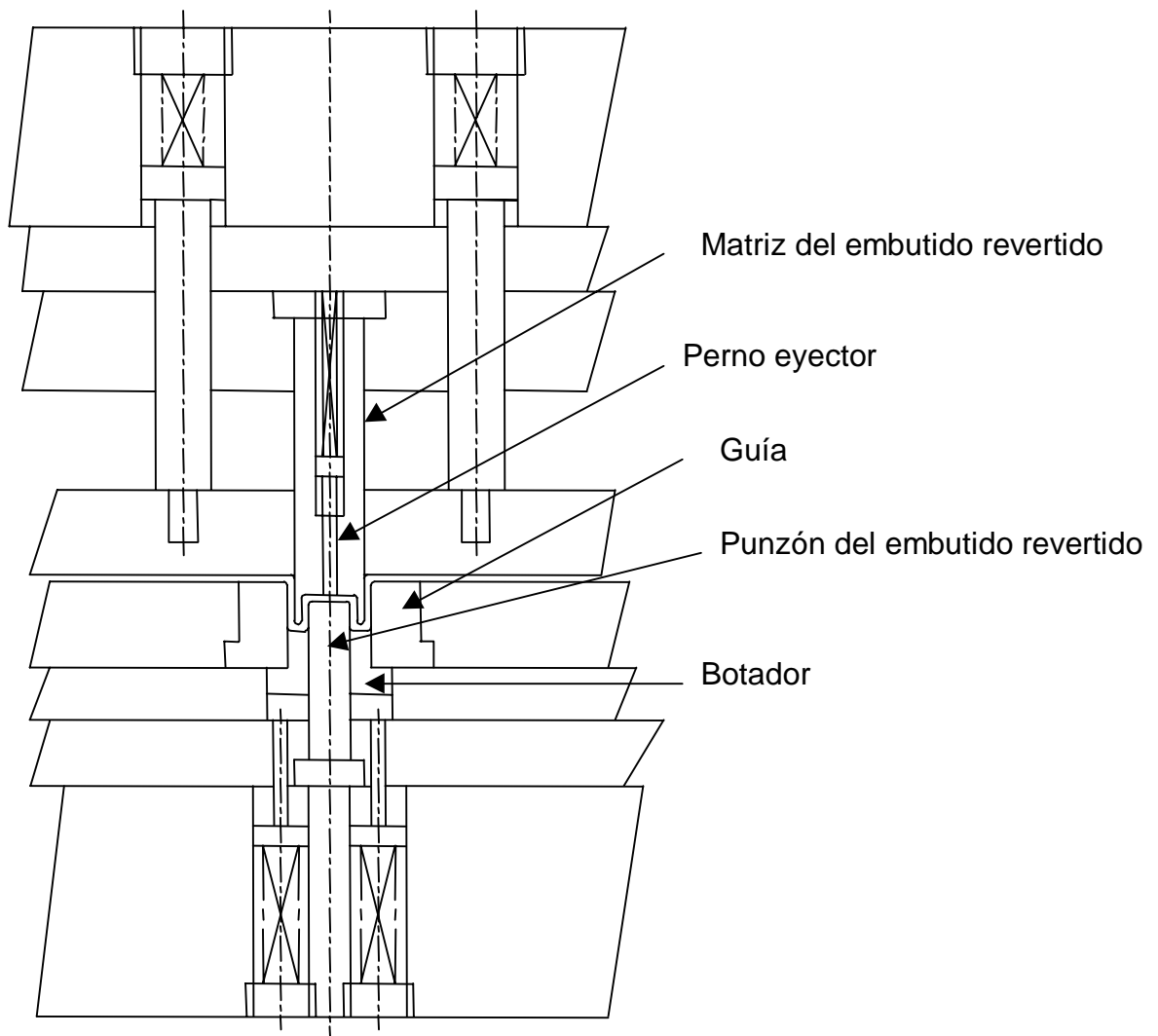


Figura 14-3 Estructura del troquel para el embutido revertido.

14.1.2 Embutido revertido II

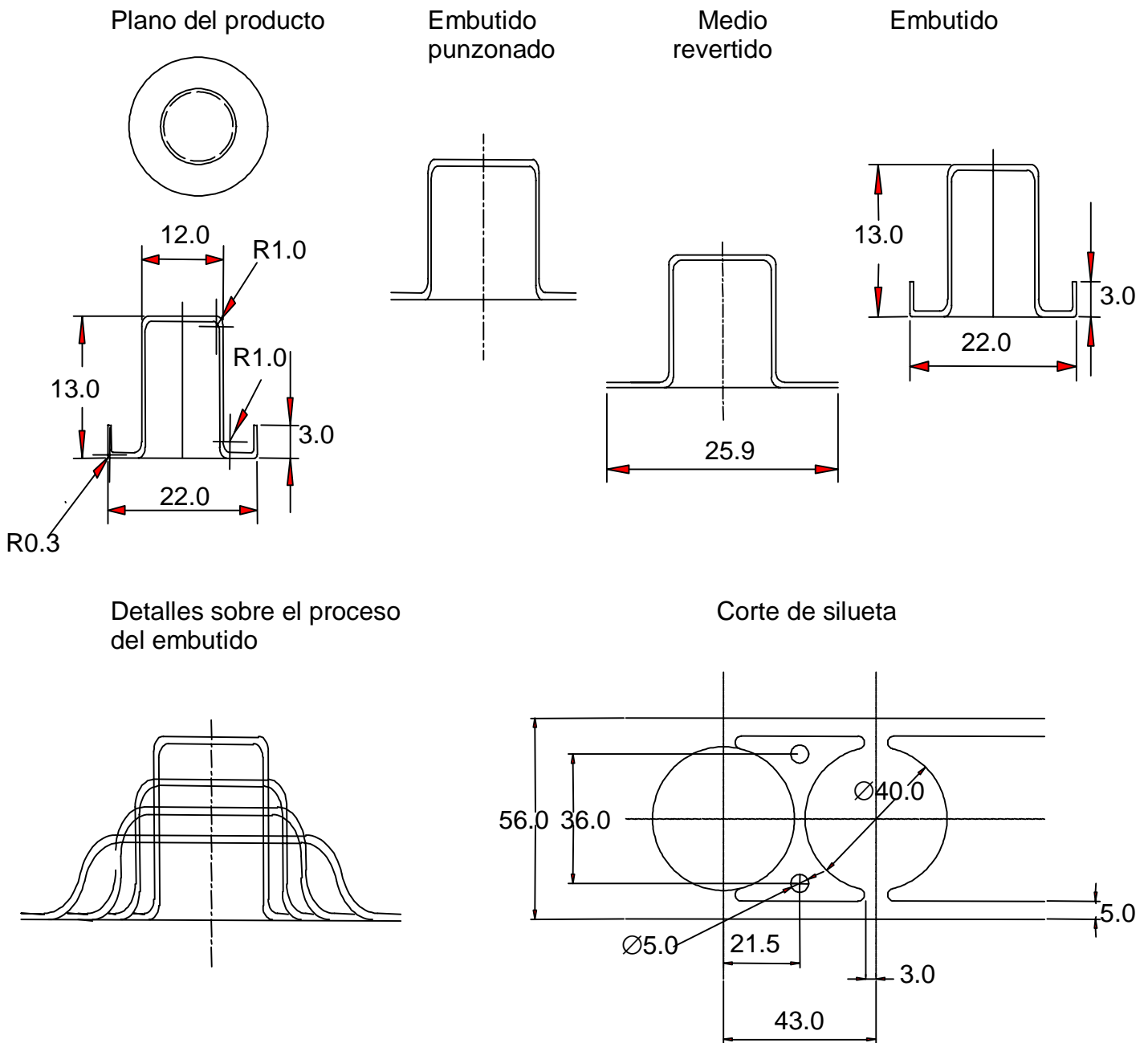


Figura 14-4 Embutido revertido.

Distribución en la tira

Embutido revertido
Medio punzonado

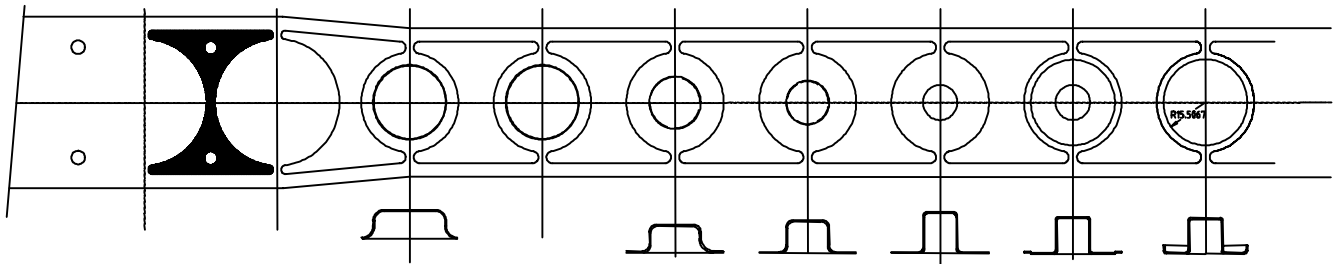
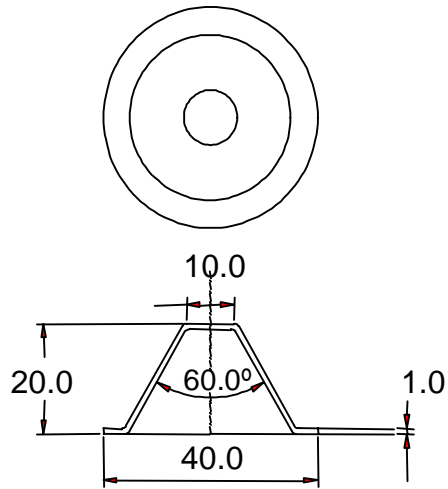


Figura 14-5 Distribución en la tira.

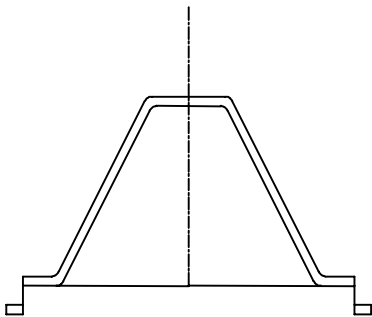
En los productos donde el embutido se encuentra en las orillas de una ceja extensa, no se puede emplear el método presentado en el embutido revertido I. En este tipo de productos, se realiza el embutido de las orillas después de haber embutido con altura en el embutido normal. Lo que se debe cuidar en esta parte es que es difícil realizar un embutido con altura en el exterior ya que la parte de la ceja está endurecida debido al embutido de la parte central.

14.2 Embutido cónico.

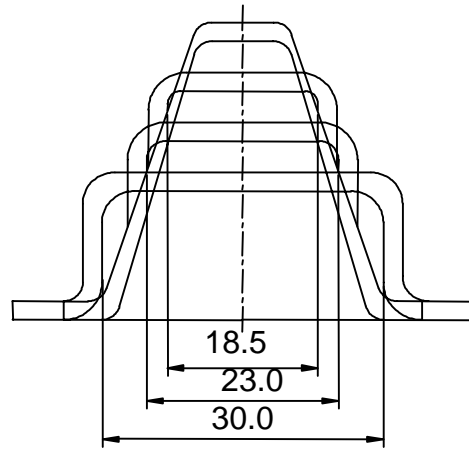
Plano del producto



Recorte



Detalles sobre el proceso de Embutido



Corte de silueta

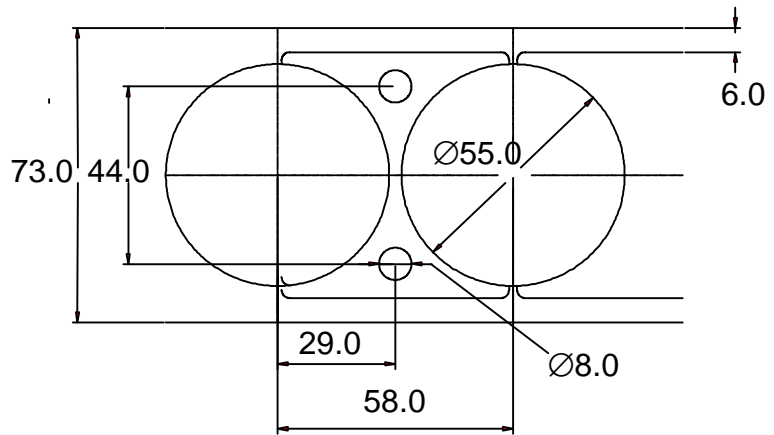


Figura 14-6 Embutido cónico.

Distribución en la tira

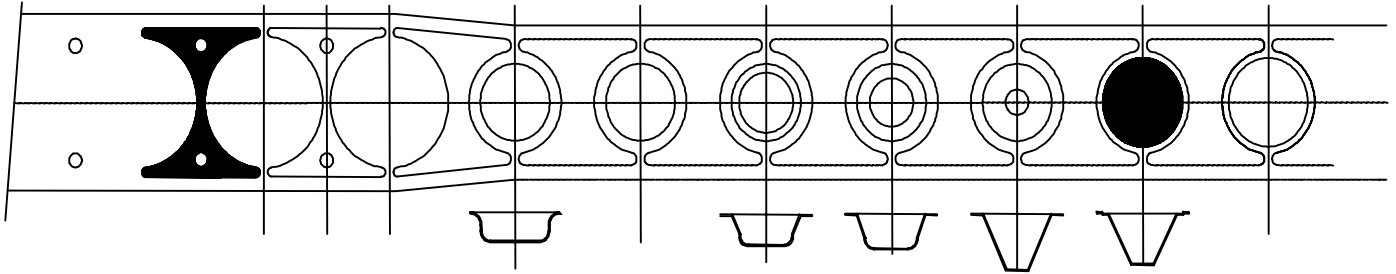


Figura 14-7 Distribución en la tira.

En caso de que el ángulo de conicidad sea grande, si se iguala el radio del hombro (o la abertura) de la matriz y la conicidad del producto se podrá ir formando poco a poco la conicidad al mismo tiempo que se reduce el diámetro.

Con este método se pueden obtener fácilmente productos relativamente buenos y estéticos. En el último proceso se necesitan volver a golpear (restrike).

14.3 Embutido cuadrado.

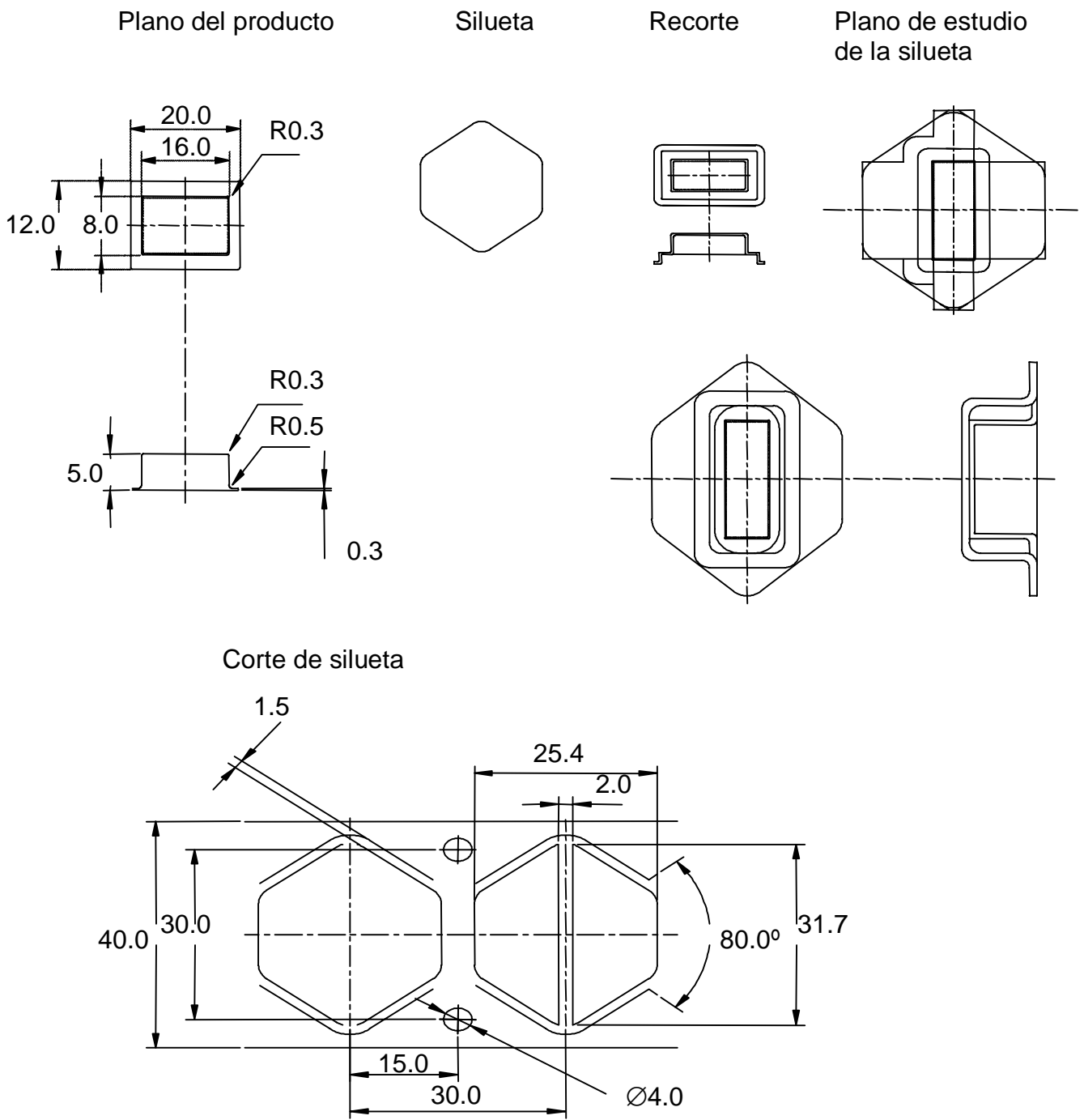


Figura 14-8 Embutido cuadrado.

Detalle sobre el proceso de embutido.

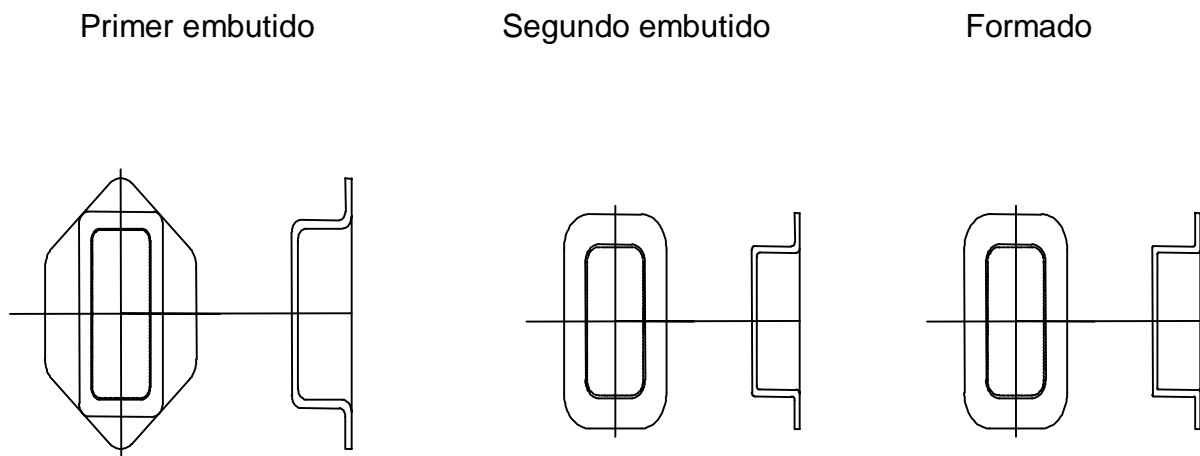


Figura 14-9 Detalle sobre el proceso de embutido.

Distribución en la tira

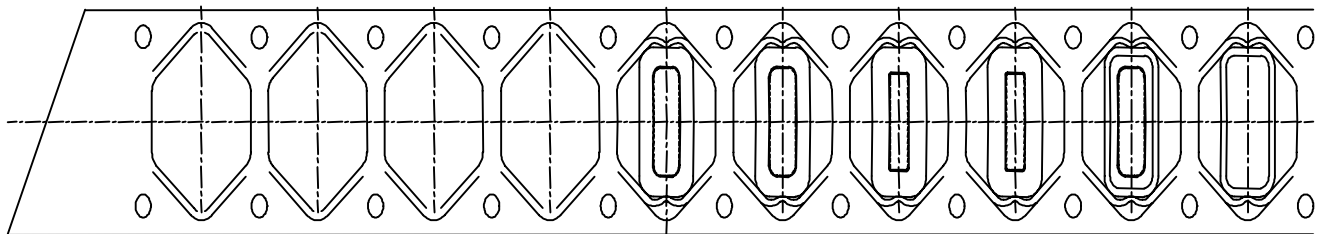


Figura 14-10 Distribución en la tira.

En el embutido cuadrado, los puntos clave son:

- 1) La determinación de la forma de la silueta y
- 2) El establecimiento del proceso de embutido.

Debido a la relación del ancho y largo, el radio de la esquina, etc; la forma de la silueta y el proceso de embutido cambian considerablemente, por lo que es

necesario dejar determinado el método del establecimiento del proceso de acuerdo a la forma.

Se rectifica la forma de la silueta con el cálculo basándose en que la esquina es un embutido redondo y el lado es un dobléz.

En cuanto al embutido, como las esquinas quedan en una condición forzada, los procesos deben determinarse cuidando estas partes.

En productos largos como el que se presenta se deben pensar suponiendo la forma de un cuadrado, tomando un lado más corto como un lado del cuadro.