



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN
SUPERIOR UNIVERSIDAD DE
ORIENTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
MECÁNICA**

TRABAJO DE DIPLOMA

AUTOR: DAMIAN TAMAYO ORUE

SANTIAGO DE CUBA



Trabajo de diploma

Título: Diseño y construcción de los troqueles para la fabricación de la rejilla.

Autor: Damian Tamayo Orue

Tutor: MSc. Ing. Rafael Chapman Patterson

Curso 2013– 2014.

Santiago de Cuba.

Pensamiento

"Uno no puede tomar las decisiones para el futuro, las decisiones son compromisos con la acción y las acciones se dan siempre en el presente y sólo en el presente. Sin embargo, las acciones en el presente también son la única forma de hacer el futuro".

Peter Drucker.

Agradecimientos

Agradecimientos:

A todas las personas que de una forma u otra aportaron algo a la realización de mi carrera y trabajo de diploma, en especial:

A mis familiares por su apoyo y en especial a mi madre, a mi padre, a mi abuela, mi compañera Darlenis donde nunca faltó la palabra ¡ánimo!

A los profesores, por su aporte para la formación de nuevos profesionales.

A todos mis compañeros de clase y amigos por confiar siempre en mí en especial a Miguel.

RESUMEN

Se realiza una revisión bibliográfica sobre los troqueles, que incluye los materiales para la fabricación de los mismos, proyección, métodos de cálculos y características generales. Se explican los pasos de elaboración de la tecnología de obtención de los troqueles, se diseña la tecnología de fabricación y se obtienen los troqueles para la obtención de rejillas para los fregaderos de la residencia estudiantil de la Universidad de Oriente. La misma fue ejecutada en los talleres de la Facultad de Ingeniería Mecánica, reflejándose en el informe los cálculos de proyección de los elementos diseñados con su respectiva documentación tecnológica. El cálculo económico realizado demuestra los resultados ventajosos que brinda el empleo de este tipo de troquel, además se valora el impacto ambiental de la tecnología propuesta.

Abstract

Abstract

A bibliographic review about TROQUELES, which includes the materials for the constructions of it, projection and calculus methods and general characteristics, was done. The manufacturing steps for the obtaining technology of the TROQUELES is explained, as well, the manufactory technology is designed and the TROQUELES for achieve the grids for the dish washes of the Students Residence of the Oriente University are built. All this work was executed in the Mechanical Engineering Faculty Workshop, where the calculus of the projection in the design elements is including in the report, with all the technological papers. The economic balance done shows the advantage that offer the use of use of this type of TROQUEL, besides the environment impact of the proposal technology is valued.

Índice

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PIEZAS EN FRÍO.....	3
1.1. Máquinas y operaciones más comunes del proceso de conformación en frío.....	3
1.2. Definición y clasificación del proceso de embutido.....	4
1.3. Fuerza de Embutido.....	5
1.4. Redondeos de punzones y matrices.....	6
1.5. Presión del pisador.....	6
1.6. Definición y clasificación del proceso de Corte.....	7
1.7. Fuerza de corte.....	8
1.8. Juego de corte.....	8
1.9. Juego de corte relativo.....	9
1.10. Recuperación elástica.....	9
1.11. Filo de la matriz.....	10
1.12. Vida total de la matriz.....	11
1.13. Fundamento del proceso de punzonado.....	11
1.14. Parámetros de trabajo de los troqueles.....	12
1.15. Consideraciones tecnológicas para el diseño de troqueles corte libre.....	13
1.16. Tarea de diseño de un troquel de corte simple.....	13
1.17. Exactitud de las piezas obtenidas.....	14
1.18. Fijación de las herramientas en el carro de la prensa.....	15
1.19. Troqueles y su clasificación.....	16
1.20. Materiales más utilizados en este proceso de manufactura.....	17
1.21. Materiales recomendados para la fabricación de matrices y punzones.....	18
1.22. Tendencias actuales para la fabricación de troqueles.....	19
1.23. Fundamento del diseño de herramientas apoyadas por programas CAD-CAE....	22
1.24. Ingeniería asistida por computadora (CAE).....	23

CAPÍTULO 2. DISEÑO Y TECNOLOGÍA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS TROQUELES PARA LA ELABORACIÓN DE LA REJILLAS DE LAVAMANOS.....	25
2.1. Ordenamiento y Disposición de corte	25
2.2. Cálculo del desarrollo	25
2.3. Determinación de la fuerza de corte.....	26
2.4. Juego de corte entre punzón y matriz.....	27
2.5. Determinación de la fuerza de embutido	27
2.6. Fuerza de estirado.....	28
2.7. Juego entre Matriz y Punzón	29
2.8. Cálculo del Punzonado.....	29
2.9. Diseño de los elementos del troquel	30
2.10. Tecnología de Tratamiento Térmico.....	33
2.11. Tecnología de fabricación	34
2.12. Troquel de corte y embutido	56
2.13. Troquel de punzonado.....	58
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA EMPLEADOS	59
3.1. Valoración económica.....	59
3.2. Costo de los procesos de maquinado.....	61
3.3. Análisis ambiental de los procesos de manufactura.....	68
3.3.1. Impacto ambiental de los procesos de manufactura	68
3.3.2. Detección de las actividades productivas que producen afectaciones medioambientales	68
3.3.3. Acciones desarrolladas en la estrategia para mitigar los impactos ambientales de los procesos productivos	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍAS	73
ANEXO	

INTRODUCCIÓN

El conformado de metales es empleado a gran escala, a nivel mundial las piezas que se obtienen por procesos de conformación ocupan alrededor del 70 % en las diferentes ramas de la industria mecánica, en la elaboración de automóviles y camiones, aeroplanos, vagones de ferrocarriles, entre otros. Se ha comprobado que su uso, sustituye o reduce el uso de la soldadura como proceso tecnológico y también el uso de elementos de fijación como los tornillos y las tuercas, porque con la conformación se construyen piezas integrales, mejorando el acabado, la resistencia mecánica y la calidad de las mismas.

El conformado de metales incluye varios procesos de manufactura en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas metálicas. La deformación resulta del uso de una herramienta que usualmente es un troquel para formar metales, por tanto, el metal se deforma tomando la geometría del troquel.

Los troqueles son herramientas empleadas para dar forma a materiales a partir de chapas, y en especial para el estampado de metales en frío, aunque se utilizan en un sin número de operaciones de conformado mecánico entre las que figuran el doblado, embutido, corte y extrusión, entre otros, cada uno de los cuales tiene particulares exigencias que depende en gran medida del tipo de máquina a utilizar y las tensiones que se generarán como resultado de la operación, pero en el caso del troquel diseñado se limita al corte, punzonado y embutido de la chapa.

Los troqueles están formados por elementos individuales, punzones y matriz, que se montan en máquinas, las cuales se denominan prensas. La matriz se monta en la mesa y los punzones en el carro de la prensa.

En el Departamento de Manufactura y Materiales perteneciente a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Oriente se cuenta con varias prensas entre ellas la prensa de excéntrica PEDM20, que a través de los años se ha utilizado como material de estudio para la realización de Proyectos de Curso y Trabajos de Diploma, existiendo una variedad de troqueles simples y progresivos en esta área del taller.

La Universidad de Oriente en su sistema de residencia estudiantil tiene una cantidad de 560 habitaciones en la cual, la falta o deterioro de las rejillas para los fregaderos de estos cuartos existe como un problema recurrente. Siendo una cantidad de 560 fregaderos que a su vez crean problema suciedad y filtraciones producto a los salideros de agua en los edificios de la residencia. Por ello, es necesario que se obtenga una herramienta para construcción y/o fabricación de dichas rejillas.

Por lo que **el problema** se define como la inexistencia de la tecnología de fabricación para las rejillas de los fregaderos a través de los procesos de conformación, así como de las herramientas y su documentación tecnológica.

Por lo que el **objeto de estudio** de nuestro trabajo es el proceso de conformación de chapas en frío.

Como **hipótesis** se defiende que: si se realiza el correcto diseño y construcción de los troqueles para la confección de las rejillas, se dará solución a los problemas que presenta la residencia estudiantil.

Por lo que **el objetivo** de nuestro trabajo radica en diseñar y construir los troqueles para la producción de las rejillas de los fregaderos.

Para lograr dichos resultados, se ejecutan las siguientes **Tareas Investigativas**:

- Revisión bibliográfica sobre el tema.
- Proyección constructiva.
- Elaboración de la documentación tecnológica de los elementos del troquel, teniendo en cuenta que se emplearán uno combinado de corte y embutido, y otro de punzonado.
- Seleccionar según la designación de servicio de las herramientas los materiales que conformaran dichas herramientas para su posterior manufactura desde un punto de vista más económico.
- Diseñar los troqueles de corte, embutido y punzonado.
- Construir los troqueles.
- Cálculo del costo total de fabricación.
- Valoración medioambiental de los procesos de manufactura empleados.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROCESO DE CONFORMACIÓN DE PIEZAS EN FRÍO

Introducción

El proceso de conformación en frío es uno de los procesos de manufactura más difundidos en la industria mecánica por su versatilidad, en la fabricación de piezas y accesorios. El principio de este proceso se basa en la deformación plástica del material a conformar que comienza en el punto donde termina el límite elástico y se extiende hasta el punto máximo de carga, es decir, el momento de rotura. Sin embargo no toda esta región es perfectamente plástica; las partes próximas al límite elástico y al momento de rotura pueden considerarse menos plásticas que el punto medio de la denominada región plástica. Un cuerpo es perfectamente plástico cuando conserva toda la deformación producida por la carga que se aplica, después de retirada la misma.

1.1. Máquinas y operaciones más comunes del proceso de conformación en frío

En términos muy generales puede decirse que un troquel es una herramienta de conformar que para realizar su función debe ser montada sobre una máquina herramienta llamada prensa que le brinda la fuerza y movimientos necesarios entre las que se encuentran: [8].

- ✓ Prensa
- ✓ Prensa de excéntrica.
- ✓ Prensa de Husillo
- ✓ Prensas hidráulicas.
- ✓ Tijeras guillotinas.
- ✓ Dobladoras rectas.

Los troqueles pueden ser clasificados atendiendo a las operaciones que realizan en:

- ✓ Corte.
- ✓ Doblado y curvado.
- ✓ Embutido.
- ✓ Bordoneado.
- ✓ enderezado
- ✓ Perfilado.
- ✓ Ribeteado.
- ✓ Engrapado.
- ✓ Punzonado.
- ✓ Acuñado.

De estas operaciones nos referiremos a tres de ellas: corte, embutido y punzonado porque son suficientes para fabricar los artículos (piezas) objeto de la investigación.

Este trabajo se limitará a diseñar y construir dos troqueles, uno combinado de corte y embutido y otro de punzonado.

1.2. Definición y clasificación del proceso de embutido

El embutido consiste en colocar la lámina de metal sobre una matriz y luego presionándolo hacia la cavidad con ayuda de un punzón que tiene la forma en la cual quedará formada la lámina. Figura No.1. 1.

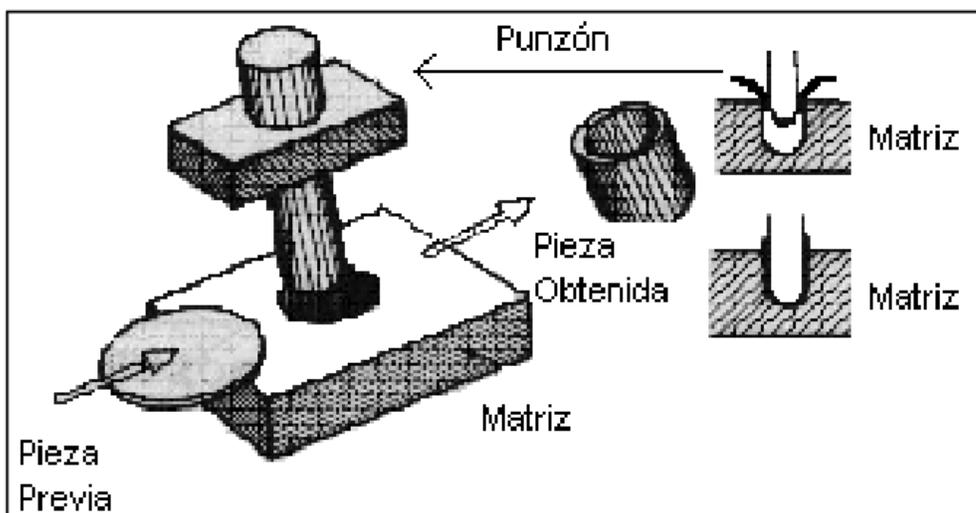


Figura No. 1.1 Proceso de embutido.

La operación de embutido o estirado consiste en transformar una chapa plana de un metal laminado en cuerpo de revolución ó prismático, procediendo para ello

gradualmente mediante una ó más operaciones. Con el simple proceso de embutición, el espesor del material laminado no debe variar, de lo cual se deriva que la superficie de la pieza debe ser, teóricamente, igual a la misma del material de partida, sin embargo en la práctica esto no sucede con exactitud.

Es interesante examinar en principio como se comportan las fibras de la material cuando se somete al proceso de embutición; para ello sencillamente se trazan líneas en sentido radial en un disco, y en la medida que progresa la embutición estas líneas se vuelven paralelas conforme el material pasa alrededor del radio de embutición, las condiciones de estiramiento se favorecen cuando se trabaja con prensa husillo variante esta que no utilizamos porque la profundidad de embutido en nuestro caso son muy pequeñas (<10mm).

1.3. Fuerza de Embutido

La limitación que impone la resistencia de la sección continua al fondo de la chapa al valor de la relación de embutido, hace que muchos libros ofrezcan como fórmula para calcular la fuerza del embutido la expresión:

$$F = n * \pi * d_1 * s * \sigma_u \quad (\text{Ec: } 1)$$

Generalmente se pueden embutir en un solo paso, piezas cuya profundidad de embutido sea menor ó igual a la mitad del diámetro para el caso de pequeñas dimensiones y un tercio del diámetro en caso de piezas de grandes dimensiones.

El número de operaciones necesarias para obtener una pieza cilíndrica se determina por la siguiente expresión:

$$m = \frac{d_0}{d_1} \leq 0.6 \quad (\text{Ec: } 2)$$

Donde para calcular d_0 se determina por la siguiente expresión:

$$D_0 = \sqrt{(d_1^2 - d_2^2) + 2\pi r(d + 0.7r) + (4dh) + 2\pi r(d + 1.3r) + (d^2)} \quad (\text{Ec: } 3)$$

1.4. Redondeos de punzones y matrices

Los redondeos del borde de la matriz desempeñan un gran papel en el proceso, pues su influencia se hace sentir sobre:

- Las tensiones y por tanto, la fuerza de embutir.
- El valor de la relación de embutido.
- El peligro de formación de arrugas y grietas.

En la literatura [6], según la cual el radio de redondeo de la matriz es calculado siempre como:

$$r_z = 0.8\sqrt{(d_0 - d_1)s_0} \quad (\text{Ec:4})$$

El radio de redondeo del punzón r_p tiene también importancia primaria para el proceso, pues para valores pequeños, aumenta considerablemente la disminución del espesor de la chapa en la zona peligrosa.

$$\frac{s}{d_0} \geq 0.6\% \quad r_p = r_z \quad (\text{Ec: 5})$$

1.5. Presión del pisador

Es preciso atribuir gran importancia a la presión ejercida por el pisador durante el proceso de embutido. De ser esta insuficiente, aparecerá arruga y si su valor llegase a ser excesivo puede provocar estiramientos indeseados y eventualmente la rotura de la chapa. Como presión correcta se acepta aquella para la que las arrugas dejan de aparecer y se recomienda que sea:

$$P = d_1 * \pi * S_s * K_s \quad (\text{Ec: 6})$$

1.6. Definición y clasificación del proceso de Corte

El corte se define como la operación básica que persigue como fin la separación de partes de una pieza a lo largo de superficies perpendiculares a la misma [7]. Figura No. 1.2.

Según la norma NC 09 - 01 la operación de corte se divide en varias operaciones simples como son:

- ✓ Corte simple
- ✓ Punzonado
- ✓ Recortado
- ✓ Corte periférico
- ✓ Repasado
- ✓ Rotura

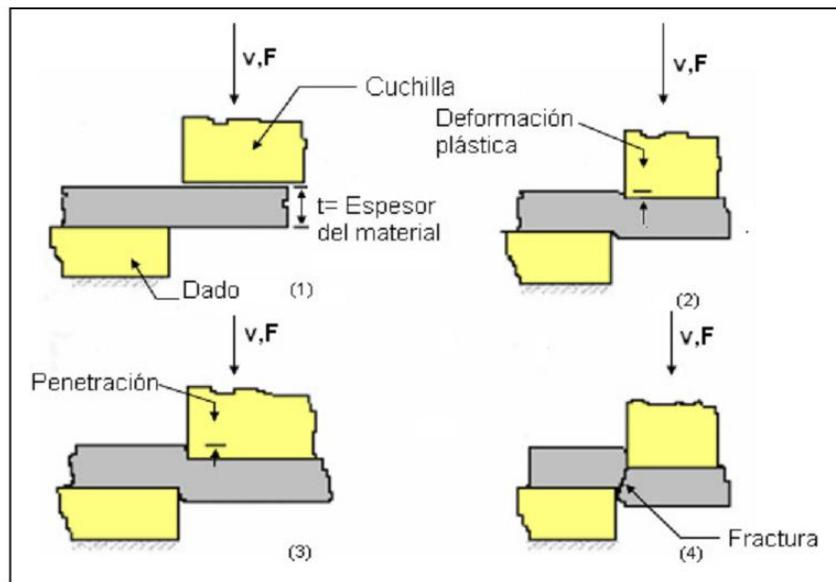


Figura 1.2. Proceso de Corte.

En esta operación cuando observamos el desarrollo de la misma vemos que el borde cortante al descender, ejerce una presión continuada sobre la chapa a cortar; oponiéndose a este esfuerzo la reacción propia del material hasta el momento en

que el esfuerzo de compresión originado por el borde cortante es superior a la resistencia propia del material y se separa la pieza metálica, el material sufre antes de ser cortado, una deformación elástica, ya que las fibras del mismo tienden a estirarse progresivamente, conforme el punzón va aumentando su acción; sin embargo, al rebasarse el límite de elasticidad las fibras son cortada, y cuando la pieza está libre experimenta una rápida recuperación elástica y queda adaptada por sus bordes al agujero de la matriz.

1.7. Fuerza de corte

Para este tipo de operación la fuerza de corte se determina mediante la ecuación general:

$$F = 1.3R_m * S * L \tag{Ec 7}$$

1.8. Juego de corte

Se define como juego de corte (u) la diferencia que debe existir entre el diámetro de la matriz y el del punzón para realizar el proceso de corte. En general, el valor del juego de corte suele expresarse de dos maneras, la cual como encierra gran importancia tecnológica en el corte de chapas, ejerce gran influencia sobre la calidad del producto, los valores de fuerza y trabajo necesarios y por ende, sobre la durabilidad de las herramientas [7].

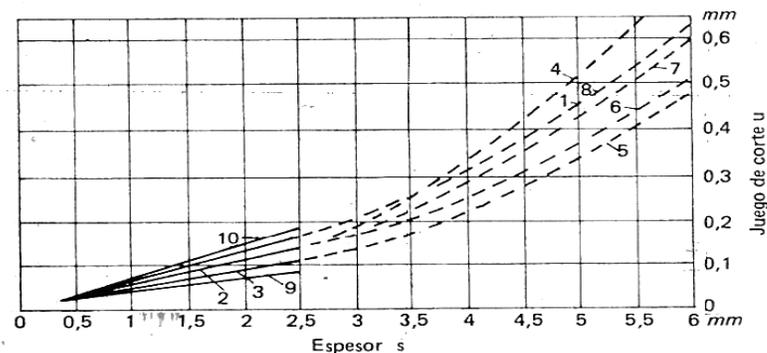


Figura 7.10 Gráfico para la determinación del juego de corte de diferentes materiales en función de su espesor: 1, acero de embutición; 2, chapas para transformadores, de bajo contenido de silicio; 3, chapa para transformadores, con alto contenido de silicio; 4, chapa de acero corriente; 5, latón blando; 6, latón semiduro o duro; 7, cobre; 8, cobre semiduro o duro; 9, aluminio puro; 10, duraluminios.

Figura 1.3. Gráfico para determinación del juego de corte.

La colocación del juego de corte depende de si se quiere punzonar o recortar una pieza, en forma general se acepta que:

- Los perfiles exteriores de piezas recortadas quedan a la medida de la matriz.
- Los agujeros en las piezas que han sido punzonadas quedan a la medida del punzón.

Lo anteriormente expuesto implica que para el recortado se fijan anteriormente las medidas de la matriz, se determinan luego las del punzón al restarle a aquellas el valor del juego de corte. El mismo principio orienta que en el caso del punzonado se deben fijar primero las dimensiones del punzón y calcular posteriormente las de la matriz, sumándole a aquellas el juego de corte.

La tolerancia de la dimensión a obtener debe ser tenida en cuenta para que, a pesar del inevitable desgaste de las herramientas, las dimensiones de las piezas se mantengan en lo posible dentro de los valores permitidos en lo que a proceder se ejemplifica a curvas por separado para los casos de recortado y punzonado.

1.9. Juego de corte relativo

Este parámetro establece la relación del juego de corte entre el espesor del material expresado en porcentaje, forma parte en la tolerancia resultante en el punzonado sobre el de corte de chapas en el valor de la recuperación elástica, depende según estudios realizados solo de la dureza del material a punzonar y el juego de corte relativo.

1.10. Recuperación elástica

En el caso del punzonado la recuperación elástica del agujero, luego de la retirada del punzón, es un nuevo factor que solo depende de la dureza del material y del juego de corte relativo (u_0) [8].

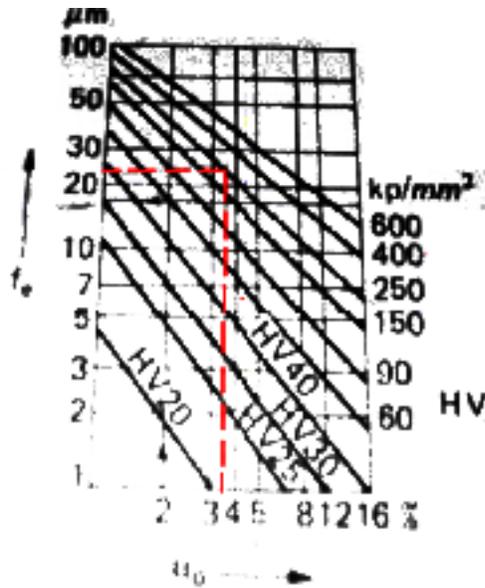


Figura 1.4. Gráfico para el cálculo de la recuperación elástica (f_e) en función del juego de corte relativo (u_0) y la dureza del material.

1.11. Filo de la matriz

En general se trabaja con dos tipos de filos diferentes, se acepta el filo de tipo A para espesores pequeños y que requieren de valores de fuerza de corte menor.

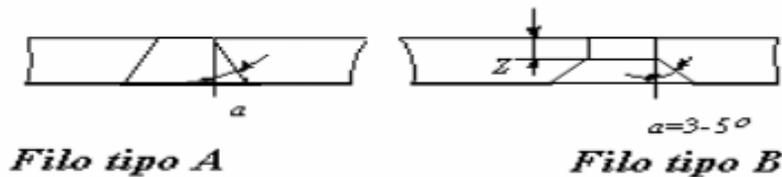


Figura 1.5. Tipos de filos de la matriz más difundidas en los procesos.

Dentro de la matriz el elemento más importante por su función es el filo aunque las opiniones sobre cual tipo de filo debe de utilizarse no son unánimes, en el caso del segundo tipo B es el que se incluye en el trabajo de construcción de las herramientas de corte, en el cual se busca mayor durabilidad en el filo.

A continuación se muestra una tabla comparativa de los parámetros de diseño geométrico del filo de la matriz y la altura a rectificar para el afilado de las matrices de los troqueles:

Tabla 1.1.: Parámetros de diseño geométrico del filo de la matriz y la altura a rectificar para el afilado de las matrices de los troqueles.

Matriz de filo tipo B			
Espesor chapa S (mm)	Superficie de corte(Z)	Angulo de salida del filo(α)	Altura a eliminar a (mm)
0.25 – 0.70	3 – 5	1 – 3	0.15
0.8 – 2	5 – 7	3 – 5	0.20

Estos valores de altura para ser rectificadas son recomendados en cada afilado de la matriz, nos da la idea de cuanto puede ser afilada una matriz si se desea obtener un rendimiento óptimo y así contribuir en la práctica en la vida útil del elemento cortante, como calidad del corte en el perfil de las chapas cortadas.

1.12. Vida total de la matriz

Se calcula a partir de la cantidad de piezas que se produce por afilado y el número de afilado que permite. Para el filo tipo B el número de afilados permisible se extrae dividiendo la magnitud (Z) entre la altura a eliminar (a) de la tabla 1.2; para el caso del trabajo propuesto no se calculará porque se acepta con características con régimen de trabajo moderado, o sea en producciones individuales y eventuales.

1.13. Fundamento del proceso de punzonado

En el punzonado se cortan láminas sometidas a esfuerzos cortantes, desarrollados entre un punzón y una matriz, se diferencia del cizallado ya que este último solo disminuye el tamaño de lámina sin darle forma alguna. El producto terminado por el proceso de corte puede ser la lámina perforada o las piezas recortadas (Ver Figura No. 1.6.).

Los parámetros que se tienen en cuenta en el punzonado son la forma y los materiales del punzón y la matriz, la velocidad y la fuerza de punzonado, la lubricación, el espesor del material y la holgura entre el punzón y la matriz. La

determinación de la holgura influirá en la forma y la calidad del borde cortado. Entre mayor holgura exista el borde cortado será más burdo y provocará una zona más grande de deformación en la que el endurecimiento será mayor.

La altura de las rebabas se incrementa al aumentar la holgura. Los bordes de herramientas que han perdido el filo contribuyen también a la formación de rebabas, que disminuye si se aumenta la velocidad del punzón.

En algunas operaciones de punzonado, la lámina perforada suele acumularse entre la porción recta de la matriz, ejerciendo una fuerza de empaquetamiento que se opone a la fuerza de punzonado. Por esta razón, la fuerza de punzonado debe ir aumentando conforme se realicen más operaciones.

1.14. Parámetros de trabajo de los troqueles

Los troqueles de corte están formados por piezas individuales, punzón y matriz, que se instalan en conjuntos separados. El punzón es una pieza de configuración maciza con sección similar al corte que se desea obtener, mientras que la matriz posee esta misma forma, pero en forma de agujero y con dimensiones ligeramente superiores a las del punzón. [7].

La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando una deformación inicial en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura del material, por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada (Figura 1.6.).

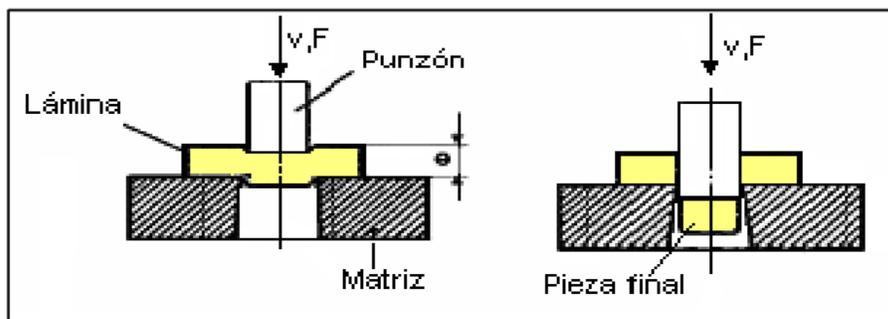


Figura 1.6 Proceso de recortado.

1.15. Consideraciones tecnológicas para el diseño de troqueles corte libre

Para la construcción de los troqueles, se estuvo en cuenta la característica técnica de la prensa que se tomó como referencia a la hora de hacer el correspondiente diseño (fascículo de práctica de laboratorio de conformación de metales).

Estas herramientas, de manera general se estructuran como se muestra en la figura 1.7. De manera que el cuerpo A se hace más grande que el diámetro de la pieza B en algunos casos y el radio C proporciona al soporte la suficiente rigidez para evitar la desviación del punzón al entrar en contacto con la tira de material.

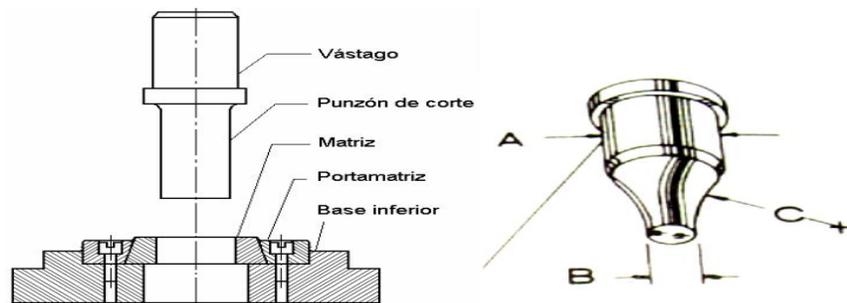


Figura 1.7. Elementos de un troquel de corte libre.

No obstante encontramos matrices y punzones que no son enterizos, sino que están compuestos por dos o más piezas formando pequeños ensambles como se muestra en la figura 1.8.

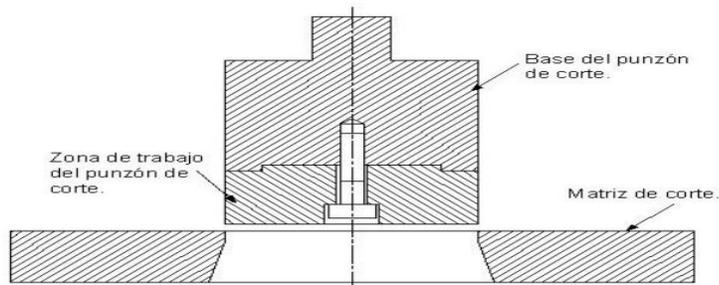


Fig. 1.8. Troquel de corte, con punzón compuesto.

1.16. Tarea de diseño de un troquel de corte simple

La forma ideal de recibir el encargo de fabricación de un troquel de corte determinado es mediante el acompañamiento de un plano de la pieza a elaborar,

donde se incluyan todas sus medidas, así como las desviaciones, forma y tolerancias.

Muchas veces como es el caso del trabajo realizado es de la forma siguiente:

1. Muestra de pieza ya fabricada por conformado, fundición, maquinado.
 - ✓ muestra de dibujo de una pieza fabricada por otro proceso, ejemplo de este caso, el más empleado es por maquinado.
 - ✓ confeccionar el rediseño de la pieza, de forma que cumpla todos los requerimientos de exactitud en el trabajo requerido.
2. Cálculos constructivos.
3. Disposición de corte.
 - ✓ Economía del material.
 - ✓ materiales específicos y disponibles.
 - ✓ la cantidad de pieza a producir.
 - ✓ Sentido de laminado de chapa.
4. Situación de los punzones.
5. Determinación del valor de la fuerza requerida por el troquel y la posición de su resultante.
6. Cálculo de juego de corte.
7. Determinación de las dimensiones de los elementos cortantes teniendo en cuenta el desgaste.

1.17. Exactitud de las piezas obtenidas

La exactitud de las piezas obtenidas por corte libre depende de la calidad de las guías de la prensa en que se monte el troquel aunque en este caso no es un factor determinante porque las piezas a obtener tienen amplias tolerancia [8].

1.18. Fijación de las herramientas en el carro de la prensa

En el caso del trabajo propuesto, para realizar el diseño de los troqueles de corte y embutido y el de punzonado para una máquina ya existente en lo que el primer paso sería estudiar el pasaporte de ella referente a sus características técnicas sobre:

- a) Fuerza nominal de la máquina.
- b) Forma de sujeción de los troqueles y dimensiones que se emplean.
- c) Distancia máxima mesa carro.
- d) Longitud de carrera.

En la mayoría de estos casos sobre el caso de corte, la elección de tipo de prensa se efectúa a partir de la fuerza máxima, dejando un margen de seguridad considerable mayor de un 20 %.

La exactitud con que se van a diseñar las herramientas de corte las dan las tolerancias de fabricación expuestas en las normas cubanas respecto a clases de exactitud.

Una primera clase de valores pequeños que debe de usarse en casos que así lo exijan. El productor debe darse cuenta que las tolerancias mientras menores sean, imponen mas trabajo y exactitud de elaboración y le acortan la vida a los troqueles, pues a estos le está permitido un desgaste menor.

La segunda clase de exactitud será la de corriente, se emplearon medidas de tolerancias para el caso de conformado de corte en la que va a tratar el trabajo [3].

Una vez tomadas todas las determinaciones previas y efectuados todos los cálculos complementarios necesarios, se puede pasar al diseño del troquel y sus partes componentes.

Resulta igualmente favorable al trabajo la existencia de varias normas cubanas que regulan, desgraciadamente no siempre con igual maestría, muchos de los posibles componentes de nuestro troquel.

El fin aquí perseguido será brindar solamente información complementaria, ideas y recomendaciones y fuentes a consultar para el diseño.

1.19. Troqueles y su clasificación

El proceso de corte en el punzonado, recortado y corte periférico se realiza con ayuda de herramientas de una forma determinada, los llamados troqueles de corte, que son en este caso determinantes, contrario al caso de corte libre, a la hora de dar forma a la pieza y pueden ser montados sobre distintas máquinas (prensas) para realizar su trabajo.

Los troqueles de corte formados por herramientas individuales, los punzones y la matriz, que se montan en conjuntos separados.

Un punzón es una herramienta maciza con sección o perfil similar al corte que se desea obtener, mientras que la matriz posee esta misma figura pero en forma de agujero y con dimensiones ligeramente superiores (ver más adelante) a las del punzón.

Tabla1.2.: Cuadro comparativo de acuerdo a las operaciones que realizan los troqueles de corte

Criterio de comparación	Clasificación	Características
<i>De acuerdo a los elementos que le sirven de guía</i>	<i>De corte libre</i>	<i>El punzón se mueve respecto a la matriz utilizando como guía solo las propias del carro de la prensa.</i>
	<i>Con placa guía</i>	<i>Los punzones se desplazan respecto a la placa guía que se ajusta a su forma exterior y que va unida siempre al conjunto inferior a que pertenece la matriz.</i>
	<i>Con armazón de columnas</i>	<i>El conjunto cortante, que puede incluir placa guía, va montado sobre el nuevo conjunto formado por dos bases, una inferior, en al que se insertan las columnas,</i>

		<i>generalmente dos, y otra superior en la que se encuentran los bujes que se deslizan sobre estas columnas.</i>
De acuerdo a las operaciones simples que realizan	Simple	Realizan una sola operación simple.
	Progresivos	Realizan más de una operación simple sobre la pieza que conforman, pero en forma escalonada (progresiva) en sucesivas carreras de la prensa.
	Combinados	Realizan más de una operación simple sobre la pieza, pero simultáneamente (en una sola carrera de la prensa).

Debe decirse que los troqueles de corte libre que son objeto de nuestro estudio, son herramientas sencillas y deben utilizarse exclusivamente para casos de fabricación de piezas de poca precisión y en pequeñas series.

En los procesos de corte y embutido también se utilizan troqueles que se montan comúnmente sobre prensas, aunque también existen otras máquinas y dispositivos capaces de realizar esta operación.

1.20. Materiales más utilizados en este proceso de manufactura

Las operaciones de conformado son aquellas en las que se transforma un material de partida de un componente con una aplicación determinada, ya sea cambiando su forma o bien alguna de sus propiedades físicas o mecánicas. Estas operaciones vendrán dadas por el tipo de material y por sus características, pero también por las propiedades que se esperan del producto final a fin de que cumplan correctamente los requisitos solicitados.

Los materiales más comunes son:

- Aceros laminados con 0,1% de C hasta 1% de C.
- Aceros laminados inoxidables.
- Bronce.
- Aluminio.



Siendo este el seleccionado por sus propiedades anticorrosivas

1.21. Materiales recomendados para la fabricación de matrices y punzones

Según [2] los aceros herramientas se dividen en cuatro categorías:

- 1- De baja templabilidad (principalmente al carbono).
- 2- De alta templabilidad (aleados).
- 3- Para matrices (troqueles).
- 4- Rápidos.

Para la conformación en frío, el acero de que se fabrican las herramientas debe poseer gran dureza (mayor a 58 HRC), que asegure su resistencia al desgaste por rozamiento, aunque la tenacidad, la dureza, y la resistencia a la compresión tienen también una importancia primordial sobre todo para los punzones. En una serie de casos la elevada dureza (superior a 62 HRC) proporciona también una mayor estabilidad en el trabajo. Para este tipo de herramienta se utilizan aceros con menos de 1 % de contenido de carbono en estado de martensita revenido a baja temperatura.

Otros requisitos como son el diseño y mecanizado de la herramienta, estabilidad dimensional después del tratamiento, número de piezas a fabricar, problemas de corrosión, etc. También deben tenerse en cuenta; ya que, igualmente, condicionan el comportamiento de las herramientas en servicio.

Resumiendo, no se trata en modo alguno de que las herramientas tengan un número elevado de propiedades y características, sino que estén aseguradas, en un grado satisfactorio, aquellas fundamentales –resistencia al desgaste, tenacidad, dureza y resistencia a la compresión, necesarias para una aplicación correcta de la herramienta en servicio [6].

1.22. Tendencias actuales para la fabricación de troqueles

En la elaboración de piezas para troqueles encuentran empleo todas las máquinas herramientas convencionales con desprendimiento de partículas, existen otras sin embargo que son de uso muy común para el caso específico de troqueles.

Entre las máquinas que son de existencia habitual en los talleres de elaboración de troqueles podemos citar en primer lugar las sierras sinfín de metales (figura 1.9.). Su principio de funcionamiento es similar al de las empleadas desde hace muchos años en la elaboración de madera y, como aquellas, permiten seguir, con relativa exactitud, un contorno preestablecido (trazado sobre la placa, habitualmente).



Figura 1.9. Sierra sinfín de metales con alimentación hidráulica.

Los sinfines para metal poseen normalmente facilidades de corte, soldadura, tratamiento térmico y acabado de la banda de corte, pues debe recordarse que la cinta debe ser abierta y soldada cada vez que se va a cortar un contorno interior cerrado, caso normal de las partes a elaborar para troqueles.

Versiónes modernas incluyen hasta instalaciones que facilitan la alimentación. Así la sierra sinfín mostrada en la figura 1.10 incluye una alimentación hidráulica de la chapa lo que reduce enormemente el esfuerzo físico del operario. En esta misma figura son visibles, en la columna de la máquina, las facilidades normales antes mencionadas para tratar la cinta de corte.

Un tipo de máquina muy moderna para trabajos similares, con distinto principio, son las electro erosivas por hilo.



Figura 1.10. Máquina CNC electro erosiva capaz de cortar hasta 600 *mm* de espesor.

En estas máquinas se emplea el principio electro erosivo - descarga de corriente de gran intensidad, dentro de un medio aislante, entre la pieza que se elabora y un electrodo herramienta-, lo que provoca una gran elevación de la temperatura de la primera fundiéndola localmente.

En este caso la herramienta es un fino hilo metálico que corre continuamente mientras la pieza va siguiendo un contorno preestablecido.

Las máquinas comerciales actuales cuentan todas con sistemas CNC de programación que permite prefijar, cada día de forma más fácil, el movimiento relativo pieza-alambre, inclusive para figuras de gran complejidad. La existencia de este programa, unida a la de varios dispositivos de seguridad para el caso de ocurrencia de imprevistos (por ejemplo rotura del alambre) posibilitan su trabajo continuo sin la presencia de operarios.

La forma y dimensiones de la herramienta, un alambre redondo que puede ser tan fino como pocas décimas de milímetro, permite la elaboración de casi cualquier forma pasante, lo que ha ampliado el universo de posibilidades de los diseñadores y constructores. Las enormes ventajas de las máquinas electro erosivas por hilo han hecho que se incremente su número y potencia, así como su peso relativo dentro del total de máquinas que emplean el principio [6].

Otra variante de elaboración con sistemas de control similares y auge creciente es el corte con chorro de agua a altas presiones (Figura 1.11.).



Figura1.11.: Corte por chorro de agua a alta presión.

Sus promotores le señalan, entre otras varias, ventajas de mayor productividad respecto a la electroerosión por hilo y un más amplio campo de empleo industrial pues su empleo se extiende a materiales no conductores y hasta de la industria alimenticia.

Los costos de una instalación de corte por agua se sitúan como muy inferiores a los de una instalación de corte láser para fines similares y no se le sitúan límites de altura máxima de corte, aunque se tienen reportes de hasta 200 mm con presiones de trabajo del orden de los 400 MPa .

Para el corte de metales el método exige el empleo de abrasivos junto con el agua a presión donde el empleo de abrasivos son proyectados por chorro de agua a presiones de un orden cercano a los 400 MPa , los métodos modernos descritos tienden a minimizar y hasta eliminar la necesidad de las labores de ajustes finales en los troqueles, tan habituales en otros tiempos, e inclusive llegan a hacer innecesarias hasta labores de control final por la posibilidad de programar las posiciones y movimientos con exactitudes del orden de los micrómetros [6].

1.23. Fundamento del diseño de herramientas apoyadas por programas CAD-CAE

Los sistemas CAD se utilizan para generar modelo determinado para un producto.

Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y las formas de cada componente, almacenadas como dibujos bi o tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los datos dentro de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo.

Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto.

Verifica si una pieza será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros.

Ventajas que ofrece el sistema de diseño asistido por computadora (CAD)

- ✓ Posibilidad de corregir errores en fase de diseño.
- ✓ Ahorro de tiempo y aumento de la productividad ante las posibles modificaciones de la pieza.
- ✓ Facilidad de uso de la herramienta, respecto a los sistemas de dibujo tradicionales.
- ✓ Mayor calidad y precisión en los productos, mejorando la imagen de la empresa y aumentando la cantera de clientes.
- ✓ Mejora de la comunicación con el equipo de trabajo y con los clientes y la presentación del producto.
- ✓ Disminución de costos y elevado retorno de la inversión.

1.24. Ingeniería asistida por computadora (CAE)

La ingeniería asistida por computadora permite realizar la modelación integrando sus propiedades, condiciones a las que está sometido, materiales, etc. De esta forma, las herramientas CAE existentes ofrecen la posibilidad de combinar ecuaciones matemáticas con elementos gráficos, observando con ello el comportamiento de la pieza o la estructura diseñada, en aspectos tan diversos como: deformaciones, resistencia, características térmicas, vibraciones, etc. Para ello es necesario pasar de la geometría creada en un entorno CAD al sistema CAE.

Ventajas que ofrece:

- ✓ Ahorro de tiempo y dinero.
- ✓ Optimización del diseño.
- ✓ Reducción de costos, debido a que los productos son probados previamente a su fabricación.
- ✓ Análisis de piezas de gran complejidad.
- ✓ Entrega rápida de los nuevos diseños (alta productividad).
- ✓ Posibilidad de corregir errores en la fase de diseño.
- ✓ Productos con mayor calidad y precisión (más competitivos).

Las herramientas CAE, trabajan con el método de elementos finitos (MEF), es un método de cálculo de ayuda al diseño.

CAPÍTULO 2. DISEÑO Y TECNOLOGÍA PARA LA FABRICACIÓN DE LOS TROQUELES PARA LA ELABORACIÓN DE LA REJILLAS DE LAVAMANOS

Introducción

En este capítulo abordaremos los cálculos constructivos que son aquellos que se realizan como paso previo al diseño de los troqueles, cuya influencia es determinante en este diseño de construcción y la forma posterior de emplearlo.

2.1. Ordenamiento y Disposición de corte

Por disposición de corte u ordenamiento de las piezas es la forma en que se colocan las mismas sobre la cinta o tira de chapa a partir de la cual se van a obtener. Para realizarlo se debe tener en cuenta:

1. La cantidad de piezas a producir.
2. La economía de material.
3. Los materiales disponibles.

Una primera decisión, teniendo en cuenta este factor, es decir que nuestros troqueles serán sencillos, es decir se fabricará una pieza por carrera.

Para la realización del ordenamiento, en esta variante que se emplea, es imprescindible la fijación de dos parámetros:

- La separación entre piezas debe ser como mínimo igual al espesor de la chapa que se corta, pero siempre mayor de un milímetro y rara vez debe sobrepasar un valor de 1,5 este espesor.
- La distancia pieza-borde es corrientemente igual a 1,5 veces el espesor de la chapa pero siempre mayor de 1,5 *mm*.

Siguiendo los criterios recomendados elegimos una separación entre piezas de 1 *mm* y una distancia pieza-borde de 1,5. El material disponible para el trabajo se encuentra en forma de chapas de 1 x 2*m*.

2.2. Cálculo del desarrollo

Se concibe el recortado y embutido de la rejilla de los fregaderos se realiza en una carrera de trabajo del troquel. Entonces para tiras de 1000 *mm* de longitud con dimensiones de chapa de 1000*mm**2000*mm* y conociendo lo planteado por la literatura tenemos que:

El desarrollo de la pieza para embutido se realiza según la ecuación 3:

Donde: D_0 (diámetro del disco para la operación de embutido)

d_1 . Diámetro exterior de la rejilla =70 *mm*

d_2 . Diámetro intermedio de la rejilla = 49 *mm*

d . Diámetro interior de la rejilla =45 *mm*

r . Radio de curvatura = 2 *mm*

Sustituyendo en la (ecuación 3): $D_0 = 83 \text{ mm}$

Ancho de la tira=Ancho de la pieza + 2 (1,5S)

$$D_0 = 83 + 2(1.5 * 0.8)$$

$$D_0 = 85.50 \text{ mm}$$

Por lo tanto la cantidad de tiras para la posición en esta dimensión es:

$$1000 = \frac{2000}{84} = 23 \text{ tiras}$$

2.3. Determinación de la fuerza de corte

Para determinar la fuerza que se necesita para realizar el corte del disco para el embutido se hace por la (ecuación 7):

Donde:

Rm= Resistencia ultima del material (560 *MPa*)

Tabla 7.2 [1]

s= Espesor de la chapa (0.8 *mm*)

L= perímetro de la pieza a cortar (260.75 *mm*)

Sustituyendo en la (ecuación7) tenemos que la **F= 151860.8N**

El tipo de filo a utilizar en esta operación es del tipo B con un (α) – ángulo inclinación de las cuchillas de ($15^\circ \div 20^\circ$) por lo planteado en epígrafe (1.6).

2.4. Juego de corte entre punzón y matriz

Luego de esto se realiza el cálculo del juego de corte entre punzón y matriz, para el caso del recortado según la bibliografía (1) las piezas toman su medida de la matriz; por tanto esta será la herramienta principal, en nuestro caso se desea recortar una pieza de 0.8 mm de espesor, de diámetro $\Phi 83$ mm con una tolerancia h11, es decir:

$$\text{Ø}83 \text{ h}11 = \text{Ø} 83 \begin{matrix} 0 \\ -0,16 \end{matrix}$$

Se escoge para la medida nominal de la matriz $\text{Ø}82,85$ mm (podía ser hasta 82,84 mm) y si tomamos un juego de corte de 0,1 mm (aproximadamente el 7% del espesor del material a cortar), tendríamos que al punzón le corresponde una medida de:

$$\text{Ø punzón} = \text{Ø matriz} - \text{juego de corte} = 82,85 - 0,1$$

$$\text{Ø punzón} = 82,75 \text{ mm.}$$

En este caso vemos que la matriz puede desgastarse, teóricamente, hasta 0,15 mm y las piezas recortadas seguirán dentro de su campo de tolerancia.

2.5. Determinación de la fuerza de embutido

Debido a la vigorosidad de ciertas embuticiones en las que el diámetro de la pieza es muy grande en relación con la altura de la misma; es preciso efectuar la transformación en más de una operación debiendo determinar con la mayor exactitud posible la relación diámetro profundidad, para cada una de las operaciones intermedias que deben efectuarse antes de obtener la pieza acabada.

Generalmente se pueden embutir en un solo paso piezas cuya profundidad de embutido sea menor o igual a la mitad del diámetro para el caso de pequeñas dimensiones y un tercio del diámetro en caso de piezas de grandes dimensiones.

La fuerza necesaria para el embutido se determina por la (Ecuación: 1).

Donde:

n = Es el coeficiente para diferente relación de embutido (0.86)

d_1 = Diámetro del embutido (45 mm)

s = Espesor de la chapa (0.8 mm)

σ_u = Resistencia ultima del material (65 kg/mm²)

Sustituyendo en la (Ecuación: 1) tenemos que la **F= 6318.93 N**.

El número de operaciones necesarias para obtener una pieza cilíndrica se determina por la (Ecuación: 2).

Donde:

$d_0=83$ mm.

$d_1=42$ mm.

Sustituyendo en la (Ecuación: 2) tenemos que $=0.5 < 0.6$

Esto significa que con un paso es suficiente para obtener la profundidad de embutido que exige la pieza a conformar.

2.6. Fuerza de estirado

La fuerza necesaria para el estirado se determina por la (Ecuación: 6).

Donde:

d_1 : Diámetro de la pieza después de embutida.

S_s : Espesor de la pared estirada, es decir, la diferencia entre el espesor de la pared antes y después del embutido.

K_s : Presión específica que depende del material, resistencia y cantidad de estirado.

Para el acero de bajo contenido de carbono $K_s = (1,8-2,25) K_v$.

Para el acero con 0,1% de carbono $K_z = 32$ kg/mm² (ver tabla II pág. 22 [4]).

Sustituyendo en la (Ecuación: 6) tenemos que **P = 24310 N**.

2.7. Juego entre Matriz y Punzón

El juego entre Matriz y Punzón de embutido normalmente es igual al espesor de la chapa a embutir pero se recomienda por la literatura consultada [4] que es conveniente aumentar un 20% con el fin de permitir que el material se adapte bien a la forma del punzón y además evitar excesos de fricción que pueda originar ralladuras y marcas en la pieza embutida; además con esto disminuye la posibilidad de que los materiales no tengan un calibrado riguroso evitándose posibles roturas ó agarramientos en las herramientas.

Radio de redondeo de la matriz se determina por la (Ecuación: 4).
Donde:

$$d_o = 83 \text{ mm}$$

$$d_1 = 42 \text{ mm}$$

$$S_o = 0.8 \text{ mm}$$

Sustituyendo en la (Ecuación: 4): $r_z \approx 4 \text{ mm}$

El radio de redondeo del punzón se determina por la (Ecuación: 5).

Donde:

$$S_o = 0.8 \text{ mm}$$

$$D_o = 83 \text{ mm}$$

Sustituyendo en la (Ecuación: 5) tenemos que $0.9\% \geq 0.6\%$ por lo tanto:

$$r_p = \approx 4 \text{ mm}$$

2.8. Cálculo del Punzonado

Ya sabemos que en las piezas que han sido punzonadas, el tamaño de los agujeros lo determinan los punzones, igualmente se comprende que su desgaste disminuye la dimensión de trabajo.

El nuevo caso se reduce ahora a fijar la medida nominal de la herramienta cerca o en la mayor medida permisible del agujero. En el caso del punzonado, además del razonamiento anterior, debe verificarse una condición extra: la contracción que se opera en el agujero a la salida del punzón. Esta contracción es producto de la recuperación elástica del material y su efecto se hace muy evidente si tratamos de separar manualmente una pieza del punzón que la acaba de elaborar.

En este caso se desea realizar un punzonado de diámetro $\varnothing 6$ H11 en una pieza cuyo material tiene una dureza de 200 HV. Determinar las dimensiones de las herramientas si el juego de corte elegido es 0,05 s y $s=0.8$ mm.

$$\varnothing 6 \text{ H11} = \varnothing 6 \begin{matrix} +0,13 \\ 0 \end{matrix}$$

La recuperación elástica del agujero se determina con la ayuda de la figura 1.8, donde a partir de la dureza HV 250 y $u_0 = u/s = 5\%$, será aproximadamente 0,018 mm.

Así se escoge para el punzón (herramienta principal en este caso) un diámetro de $\varnothing 6,14$ (6,13 + 0,1).

Como el juego de corte es de 0,05 s, su valor definitivo será $0,05 * 0.8 = 1$ mm y la matriz tendrá entonces:

$$\varnothing \text{ matriz} = \varnothing \text{ punzón} + \text{juego} = \varnothing 6,18 \text{ mm.}$$

Todas las medidas nominales deben ser afectadas por las tolerancias de fabricación correspondientes, las cuales dependen de los medios de fabricación disponibles. Es importante recordar que las mismas no deben afectar los razonamientos hasta ahora efectuados.

2.9. Diseño de los elementos del troquel

Para el diseño de los troqueles de corte, embutido y punzonado se utilizó el programa de diseño CAD SolidWorks. Las ventajas del uso de este tipo de paquete informático están que proporcionan:

- a. Facilidad y comodidad de diseño, con alto porcentaje de éxito.
- b. Predicción del comportamiento de las piezas sin la necesidad de prototipos.

- c.* Ahorro de tiempo y dinero.
- d.* Aumento en la percepción de la respuesta a la carga del producto.
- e.* Optimización del diseño.
- f.* Reducción de costos, debido a que los productos son probados previamente a su fabricación.
- g.* Análisis de piezas de gran complejidad.
- h.* Entrega rápida de los nuevos diseños (alta productividad).
- i.* Posibilidad de corregir errores en la fase de diseño.
- j.* Productos con mayor calidad y precisión (más competitivos).

En la figura 2.1. podemos observar el esquema del troquel de corte y embutido, esta herramienta consta del vástago, punzón de corte y matriz de embutido (1), matriz de corte (2) y el punzón de embutido (3) que va alojado en el porta punzón (4), elementos fundamentales para realizar la pieza. Con función secundaria existen dos sistemas, el primero cumple la función de accionar el prensa chapa (5) y está compuesto de un tornillo de tensión (6) con su tuerca (7), de 2 disco (8) en el cual se aloja un muelle (9) y en uno de los discos presenta 3 guías (10), el segundo sistema cumple la función que cuando la pieza se queda atascada este la libera de la matriz de embutido y está compuesto de un botador(11), el se acopla en un tornillo (12).

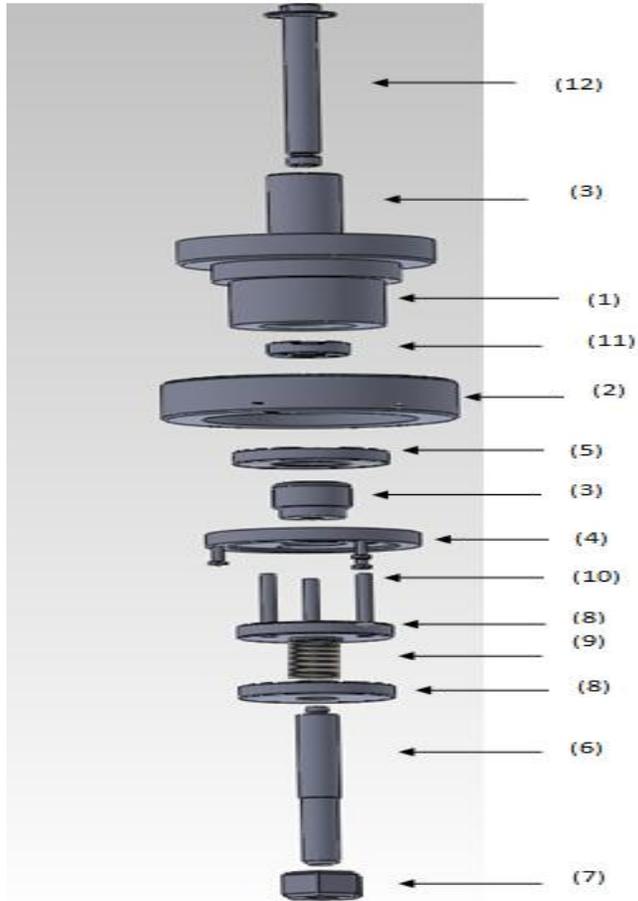


Figura2.1.: Despiece del troquel de corte y embutido.

El esquema del troquel de punzonado se muestra en la figura 2.2., el mismo tiene la función de realizar los agujeros a la pieza después de realizado el corte y embutido, esta herramienta consta como elementos fundamentales para realizar la pieza, de los punzones (1) y de la matriz de punzonado (2), en este se presentan otros componentes como son las base inferior (3) y superior (4), el vástago (5), la placa endurecida (6), porta punzón (7), la guía (8) y los tornillos de fijación (9).

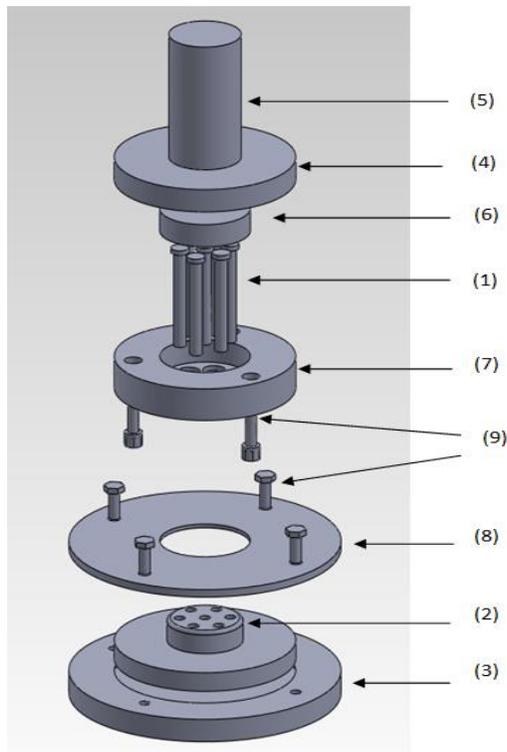


Figura2.2.: Despiece del troquel de punzonado.

2.10. Tecnología de Tratamiento Térmico

En el presente epígrafe se lleva a cabo la tecnología de tratamiento térmico de cada una de las piezas, la cual tiene su fundamento en la determinación del cálculo del tiempo óptimo de calentamiento que se entiende por tiempo de calentamiento (T_c) y tiempo de permanencia (T_p), los cuales son de suma importancia para la temperatura y el tiempo para cada uno de los tratamientos térmicos empleados.

En el caso de las temperaturas, éstas fueron seleccionadas en función del contenido de carbono y sus elementos de aleación, y los tiempos en dependencia de la configuración geométrica de las piezas. Debido a que con un tiempo de calentamiento inferior al óptimo, no se alcanza la temperatura de tratamiento necesario, ni el estado de austenización requerido para la transformación, y en caso que sea superior el tiempo de calentamiento ocurre la descarburización.

Para la determinación del tiempo de calentamiento se utiliza el método práctico propuesto por [Teoría y Tecnología del Tratamiento Térmico] de Francisco Martínez

Pérez, cuyas expresiones dependen de la menor dimensión a través de la cual se transfiere calor en la pieza.

2.11. Tecnología de fabricación

En la carta de ruta se establece el contenido y la consecutividad para la realización de las operaciones tecnológicas del proceso de manufactura. Además, se incluye información acerca del equipo tecnológico (tipo y modelo), a utilizar en cada operación tecnológica, utillajes (dispositivos, herramientas de corte, medios de medición), calificación del operario y tarifa salarial, normas de tiempo (de preparación y por unidad), así como la cuantía en salario y otros datos de interés.

A continuación se da a conocer la carta tecnológica correspondiente, con los datos antes mencionados. Se incluye el contenido y orden lógico para llevar los pasos tecnológicos y auxiliares en que se divide la operación tecnológica de torneado.

Se dan a conocer datos de los parámetros del régimen de corte (profundidad de corte, avance, velocidad), así como del tiempo principal calculado y estimado por paso tecnológico.

Cartas

Grupo de manufactura Universidad de oriente		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
				Denominación de la pieza				Etapas de elaboración				
				Matriz de Corte				DT				
				Pieza en bruto primaria								
Denominación y grado	Código	Unidad Medida	Masa Pieza	Código Tipo	Perfil y dimensiones	Cantidad	Masa	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material		
	-	Kg.	-		Barra Ø 160 x35	1	-					
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.	Norma Rend.		Cant. Trab.	Cant. De piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC		
				Cargo u oficio		Grupo escala salarial	Unidad, norma	Cuánta de salario		TU (min.)		
005	Corte	Segueta mecánica	Hoja de segueta, cinta métrica.									
010	Torneado	Torno universal de cilindrar y roscar	Pie de rey, micrómetro									

015	Taladrado	Taladradora vertical	Pie de rey						
020	Tratamiento térmico Temple (1050c ⁰) Revenido (200c ⁰) Enfriamiento en aceite	Horno de cámara	Tenazas, peto, guantes, espejuelos protectores cuba de aceite						
025	Rectificado	Rectificadora cilíndrica exterior	Micrómetro						
030	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad

Croquis					Número				Denominación de la operación					
					Taller	Sección	Operación		Pieza en bruto					
					Denominación y grado del material		Masa de la pieza		Pieza en bruto					
					Acero X12M				Perfil y dimensiones	Dureza	Masa			
									Barra					
									Ø160 x 35					
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo			Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)						
					1			Torno universal de cilindrar y roscar						
					Utillaje tecnológico, código, denominación		Plato autocentrante de 3 mordazas				Refrigerante			
		Llave de plato				Aceite emulsionado								
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regímenes de corte			TP	TA	
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám.(m m)	Longitud (mm)			S	n	V			
1	Colocar al plato, centrar y fijar			pie de rey 150 mm	Ø 160	35						1		
2	Refrentar A en Ø 160		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	2	1	0.6	250	30	1.23	0.6	

3	taladrar Ø 15		Broca Ø 15	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	7.5	1		250	manual	1.52	0.8
4	retaladrar Ø 25		Broca Ø 25	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	5	1		250	manual	1.52	0.8
5	retaladrar Ø 35		Broca Ø 35	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	5	1		250	manual	1.52	0.8
6	retaladrar Ø 45		Broca Ø 45	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	5	1		250	manual	1.52	0.8
7	retaladrar Ø 55		Broca Ø 55	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	5	1		250	manual	1.52	0.8
8	Cilindrar interior hasta Ø 84 hasta una longitud de 35		cuchilla T15K6 45°	pie de rey 150 mm	Ø 160	35	4	7	0.8	500	34	2.18	1.9
9	Cilindrar interior de acabado hasta Ø84.5 hasta una longitud de 35		cuchilla T15K6 45°	pie de rey 150 mm	Ø 84	35	4	7	0.8	500	34	0.91	0.6
10	Invertir pieza												0.95
11	Colocar al plato, centrar y fijar			pie de rey 150 mm	Ø160							1	
12	Refrentar en Ø 160		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø160	82	1	1	0.8	250	34	1.23	0.6
13	Cilindrar interior hasta Ø 116 hasta una longitud de 12		cuchilla T15K6 45°	pie de rey 150 mm	Ø 84.5	12	4	4	0.8	250	34	1.96	0.8
14	Desmontar pieza												

Grupo de manufactura Universidad de oriente		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
				Denominación de la pieza				Etapas de elaboración				
				Punzón de corte y matriz de embutido				DT				
				Pieza en bruto primaria								
Denominación y grado	Código	Unidad Medida	Masa Pieza	Código Tipo	Perfil y dimensiones	Cantidad	Masa	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. De aprov. del material		
	-	Kg.	-		Barra Ø 140 x 153	1	-					
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.	Norma Rend.	Cant. Trab.	Cant. De piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC			
				Cargo u oficio	Grupo escala salarial	Unidad, norma	Cuantía de salario		TU (min.)			
005	Corte	Segueta mecánica	Hoja de segueta, cinta métrica.									
010	Torneado	Torno universal de cilindrar y roscar	Pie de rey, micrómetro									
015	Tratamiento térmico Temple (1050 c ⁰) Revenido (200c ⁰)	Horno de cámara	Tenazas, peto, guantes, espejuelos protectores cuba con aceite									

020	Rectificado	Rectificadora cilíndrica exterior	Micrómetro						
025	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad

Croquis					Número				Denominación de la operación				
					Taller	Sección	Operación	Denominación de la operación					
							Torneado						
					Denominación y grado del material		Masa de la pieza		Pieza en bruto				
					Acero X12M		Barra Ø140 x 153		Perfil y dimensiones	Dureza	Masa		
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo			Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)					
					1			Torno universal de cilindrar y roscar					
Utilaje tecnológico, código, denominación		Plato autocentrante de 3 mordazas					Refrigerante						
		Llave de plato					Aceite emulsionado						
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regímenes de corte			TP	TA
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám. (mm)	Longitud (mm)			S	n	V		
1	Colocar al plato, centrar y fijar			pie de rey 150 mm	Ø 140	200						1	
2	Refrentar A en Ø 140		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 140	71	2	1	0.8	250	40	0.18	0.6

	con acabado IT10												
3	Taladrar agujero con Ø 10		broca Ø10	pie de rey 150 mm	Ø 140	160	5	1	0.6	500	34	0.33	0.19
4	Retaladrar agujero con Ø 18.5		broca Ø 18.5	pie de rey 150 mm	Ø 140	160	9.25	1	0.6	500	34	0.33	0.19
5	Retaladrar agujero con Ø 30		broca Ø 30	pie de rey 150 mm	Ø 140	160	5.75	1	0.6	500	34	0.33	0.19
6	Retaladrar agujero con Ø 40		broca Ø 40	pie de rey 150 mm	Ø 140	160	5	1	0.6	500	34	0.33	0.19
7	Cilindrar interior hasta Ø 43.96 hasta una longitud de 24		cuchilla T15K6 45°	pie de rey 150 mm	Ø 140	24	4.3	10	0.8	250	40	2.05	0.6
8	Cilindrar de acabado Ø 43 hasta Ø 43.96 a una longitud de 24		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 140	24	0.96	1	0.8	500	40	0.23	0.14
9	Realizar radio 4		cuchilla de forma	pie de rey 150 mm	Ø43.96		4	1	0.8	500	40	0.5	0.30
10	Cilindrar en Ø 140 hasta Ø 139 a una longitud de 160		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 140	160	0.5	1	0.8	450	40	1.5	0.30
11	Cilindrar (1) en Ø 139 hasta Ø 100 a una longitud de 62		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 139	62	2	10	0.8	450	40	3.25	0.30
12	Cilindrar(2) en Ø 100 hasta Ø 84.6 a una longitud de 45		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 100	45	2	4	0.8	450	40	2.86	0.30

13	Cilindrar(3) en Ø 139 hasta Ø 40 a una longitud de 70		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 139	70	2.5	20	0.8	450	40	4.01	0.30
14	Invertir pieza			pie de rey 150 mm	Ø 139								1
15	Refrentar en Ø 40		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø 40	65	2	1	0.6	250	30	0.2	0.6
16	Desmontar pieza												

Grupo de manufactura Universidad de oriente				Carta ruta				Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos					
								Denominación de la pieza				Etapas de elaboración					
								Punzón embutido				DT					
				Pieza en bruto primaria													
Denominación y grado		Código	Unidad Medida	Masa Pieza	Código Tipo	Perfil y dimensiones	Cantidad	Masa	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material						
		-	Kg.	-		Barra Ø 50x 50	1	-									
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica		Equipo tecnológico		Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.		Norma Rend.		Cant. Trab.		Cant. De piezas simultaneas		Tarifa Escala salarial (\$/h)		Volumen del lote	TPC	
							Cargo u oficio		Grupo escala salarial		Unidad, norma		Cuantía de salario			TU (min.)	
005	Corte		Segueta mecánica		Hoja de segueta, cinta métrica.												
010	Torneado		Torno universal de cilindrar y roscar		Pie de rey, micrómetro												
015	Tratamiento térmico Temple (1050c ⁰)		Horno de cámara		Tenazas, peto, guantes, espejuelos protectores, cuba												

	Revenido (200c ⁰)		de aceite						
020	Rectificado	Rectificadora cilíndrica exterior	Micrómetro						
025	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad		Micrómetro, nivel de burbujas, indicador de carátula.	035	Control de calidad

Croquis					Número				Denominación de la operación				
					Taller	Sección	Operación	Denominación de la operación					
							Torneado						
					Denominación y grado del material		Masa de la pieza		Pieza en bruto				
					Acero X12M		Perfil y dimensiones		Dureza	Masa			
							Barra Ø 50x 50						
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo			Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)					
					1			Torno universal de cilindrar y roscar					
Utilaje tecnológico, código, denominación		Plato autocentrante de 3 mordazas		Refrigerante									
		Llave de plato		Aceite emulsionado									
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regímenes de corte			TP	TA
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám.(mm)	Longitud d (mm)			S	n	V		
1	Colocar al plato, centrar y fijar			pie de rey 150 mm	Ø50	50						1	

2	Refrentar A en Ø 50		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø50	26	2	1	0.6	250	30	0.95	0.6
3	Taladrar agujero con Ø 10.5		broca Ø 10.5	pie de rey 150 mm	Ø50	48	5.25	1		650	manual	1.2	0.19
4	Cilindrar en Ø 50 hasta Ø 42 a una longitud de 48		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø50	48	1.5	6	0.8	450	40	1.48	0.30
5	Cilindrar en Ø 42 hasta Ø 35 a una longitud de 10		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø42	10	2	2	0.8	450	40	1.08	0.30
6	Realizar radio 4		cuchilla de forma	pie de rey 150 mm	Ø42	2	4	1	0.8	450	40	1	0.30
7	Tronzar longitud 36		cuchilla de tronzar	pie de rey 150 mm	Ø35	36	4	3	0.8	450	40	1.02	0.30
8	Colocar al plato, centrar y fijar			pie de rey 150 mm	Ø42	36						1	
9	Refrentar en Ø 35 con acabado IT10		cuchilla T15K6 90°	pie de rey 150 mm	Ø35	18	2	1	0.6	250	34	0.95	0.6
10	Labrar rosca M12x1.5	Porta machos	Macho M12 x 1.5	Tornillo patrón	9	15	1.5	2			manual	1.12	
11	Desmontar pieza												

Grupo de manufactura Universidad de oriente		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
				Denominación de la pieza				Etapas de elaboración				
				Matriz de Punzonado				DT				
				Pieza en bruto primaria								
Denominación y grado	Código	Unidad Medida	Masa Pieza	Código Tipo	Perfil y dimensiones	Cantidad	Masa	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material		
X12M	-	Kg.	-		Ø 110 x L =35		-	1				
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.	Norma Rend.		Cant. Trab.	Cant. De piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC		
				Cargo u oficio	Grupo escala salarial					Unidad, norma	Cuantía de salario	TU (min.)
005	Corte: (cortar la pieza en bruto) hasta L= 50	Segueta mecánica SGK-300	Cinta métrica, punta de marcar, hoja de segueta, dispositivo de apoyo		Ayudante	1	7	1.55 \$/h	1	3 342		
010	Torneado: refrentar, cilindrar de desbaste y semiacabado.	Torno C615	Plato auto centrante de 3 mordazas, broca de centro, punto, cuchillas de Refrentar, y cilindrar, pie de rey	Operario de equipos A		1	1	2.1 \$/h		20		
015	Fresado	Fresadora Universal (6H81)	Fresa de espiga Ø 7 mm broca Ø 6 Pie de rey	Mecánico de Taller A						70.12		
020	Tratamiento térmico Temple (1050c°) Enfriamiento en aceite Revenido (200c°)	Horno de cámara	Tenazas, peto, guantes, espejuelos protectores cuba con aceite									
025	Rectificado	Rectificadora cilíndrica exterior	Micrómetro									
030	Control: controlar las dimensiones funcionales, tolerancias, errores.		Pie de rey, micrómetro.	Operario de equipos B		1	1	2.1 \$/h				

Croquis					Número				Denominación de la operación				
					Taller	Sección	Operación	Denominación de la operación					
					Denominación y grado del material		Masa de la pieza		Pieza en bruto				
					X12M		110x 35		Perfil y dimensiones	Dureza	Masa		
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo			Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)					
								torno					
Utillaje tecnológico, código, denominación		Plato autocentrante de 3 mordazas		Refrigerante									
		Llave de plato		Aceite emulsionado									
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regímenes de corte			TP	TA
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám. (mm)	Longitud (mm)			S	n	V		
1	Colocar al plato, centrar y fijar		indicador de carátula									1,50	1,50
2	Refrentar superficie A		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm	-	-	2	1	0.8	250	34	0.93	0,693
3	Cilindrar en Ø 110 hasta Ø 100 a una longitud de 30		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm	-	-	2.5	2	0.6	500	40	1.23	1.17

4	Cilindrar en Ø 100 hasta Ø 42a una longitud de 12		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm	-	-	3	9	0.6	500	40	1.64	1.20
5	Cilindrar de semiacabado en Ø 46 hasta Ø 42a una longitud de 12		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm	-	-	1	9	0.6	500	40	1.02	1.20
6	Realizar radio 4		Cuchilla de forma	pie de rey 150 mm	-	-	4	1	0.8	250	34	1	0,693
7	Tronzar a una longitud de 22		Cuchilla de tronzar	pie de rey 150 mm	-	-	4	1	0.8	250	34	0.80	0.85
8	Colocar al plato, centrar y fijar		indicador de carátula		-	-						1,50	1,50
9	Refrentar superficie B		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm	-	-	2	1	0.8	250	34	0.93	0,693
10	Desmontar pieza												

Croquis					Número				Denominación de la operación				
					Taller		Sección		Operación				
							015		Fresado				
					Denominación y grado del material			Masa de la pieza		Pieza en bruto			
					X12M				Perfil y dimensiones		Dureza		Masa
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo			Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)					
					Utillaje tecnológico, código, denominación						Refrigerante		
No. Paso tecnológico	Contenido del paso tecnológico	Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		a	i	Regímenes de corte			TP	TA
		Auxiliar	De corte	De medición	Diám.(mm)	Longitud (mm)			S	n	V		
1	Montar, alinear cabezal divisor	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	1
2	Montar broca en cabezal vertical	-	-	Pie de rey	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5
3	Arreglo del cabezal divisor	33/12/22			-	-	-	-	-	-	-	-	3
4	Realizar agujero Ø5.75	-	broca Ø 5.75	Pie de rey	Ø 6	22		1	0.4	200	15	3.35	0.3
	Invertir pieza												1
5	fresar agujero Ø7	-	Fresa Ø 7	Pie de rey	Ø 7	17		1	0.40	200	15	3.35	0.3
6	Verificar medidas	-	-	Pie de rey									0.3
7	Desmontar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

Grupo de manufactura		Carta ruta		Código de la pieza				Código de los documentos tecnológicos				
Universidad de oriente												
				Denominación de la pieza				Etapas de elaboración				
				Punzón de punzonado				DT				
				Pieza en bruto primaria								
Denominación y grado	Código	Unidad Medida	Masa Pieza	Código Tipo	Perfil y dimensiones	Cantidad	Masa	Unidad de normación	Norma de consumo	Coef. de aprov. del material		
Y 10 A	-	Kg.	-		Ø 12 x L =150	7	-	1				
Oper. Nro	Denominación y breve contenido de la operación tecnológica	Equipo tecnológico	Utillaje tecnológico. Herramienta, auxiliar.	Norma Rend.	Cant. Trab.	Cant. De piezas simultaneas	Tarifa Escala salarial (\$/h)	Volumen del lote	TPC			
				Cargo u oficio	Grupo escala salarial	Unidad, norma	Cuantía de salario		TU (min.)			
005	Corte: (cortar la pieza en bruto) hasta L= 683	Segueta mecánica SGK-300	Cinta métrica, punta de marcar, hoja de segueta, dispositivo de apoyo		1	7	1.55 \$/h	1	3			
				Ayudante					342			
010	Torneado: refrentar, cilindrar de desbaste y semiacabado.	Torno C615	Plato auto centrante de 3 mordazas Mazorca, broca de centro, punto perro de arrastre, cuchillas de Refrentar, y cilindrar, micrómetro, pie de rey,	Operario de equipos A	1	1	2.1 \$/h		20			
015	Tratamiento térmico	Horno de cámara	Tenazas, peto, guantes,									

	Temple (780c0) Enfriamiento en agua Revenido (250c0)		espejuelos protectores cuba con salmuera						
020	Rectificado	Rectificadora cilíndrica exterior	Micrómetro						
025	Control: controlar las dimensiones funcionales,.		Pie de rey, micrómetro.	Operario de equipos B	1	1	2.1 \$/h		

Croquis					Número				Denominación de la operación							
					Taller	Sección	Operación									
					Denominación y grado del material			Masa de la pieza		Pieza en bruto						
					Y10A					Perfil y dimensiones		Dureza	Masa			
										12* 550						
					Cantidad de piezas que se elaboraran al mismo tiempo				Equipo tecnológico, (Código, Denominación, No de inventario)							
									Torno							
No. Paso tecnológico		Contenido del paso tecnológico		Herramienta y medio			Dimensiones calculadas		Regímenes de corte			TP	TA			
														Utillaje tecnológico, código, denominación		Plato autocentrante de 3 mordazas
							Llave de plato				Aceite emulsionado					
		Auxiliar		De corte		De medición		Diám. (mm)	Longitud (mm)	a	i	S	n	V		
1	Colocar al plato, centrar y fijar														1,50	1,50
2	Refrentar superficie A									2	1	0.8	250	34	0.93	0,693
3	Cilindrar en Ø 12 hasta Ø 10ª una longitud de 60									1	2	0.6	500	40	1.02	1.17

4	Cilindrar en Ø 10 hasta Ø 6 a una longitud de 50		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm			2	2	0.6	500	40	1.23	1.20
5	Cilindrar en Ø 10 hasta Ø 6 a una longitud de 20		cuchilla P18 90°	pie de rey 150 mm			2	2	0.6	500	40	1.23	1.20
6	Tronzar a una longitud de 75		Cuchilla de tronzar	pie de rey 150 mm			4	1	0.8	250	34	0.5	0.85

2.12. Troquel de corte y embutido



Figura2.4.: Despiece del troquel de corte y embutido.



Figura2.5.: Troquel de corte y embutido.
(Punzón de corte, Matriz de embutido)



Figura2.6.: Troquel de corte y embutido.
(Matriz de corte, punzón de embutido)

2.13. Troquel de punzonado



Figura2.7.: Despiece del troquel de punzonado.



Figura2.9.: Troquel de punzonado.
(Matriz de Punzonado)

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA EMPLEADOS

3.1. Valoración económica

Ecuaciones utilizadas para el cálculo de los tiempos de los procesos de manufactura:

Tabla 3.1

Gasto para amortizar las máquinas herramientas utilizadas.	Gasto por reparación y mantenimiento.	Gasto por consumo de energía eléctrica.
$C_1 = \frac{1,1 \cdot \alpha \cdot C_m}{100 \cdot 60 \cdot F \cdot \eta} \cdot T_c$	$C_2 = \frac{1,1 \cdot B \cdot C_m}{100 \cdot 60 \cdot F \cdot \eta} \cdot T_c$	$C_5 = \frac{Nm \cdot \varphi_m \cdot C_{kW}}{0,88 \cdot 60} \cdot T_c$
$\alpha = (10 - 16 \%) = 13 \%$ $\eta_{\text{segueta}} = 0,65$ $\eta_{\text{torno}} = 0,65$ $\eta_{\text{Fresadora}} = 0,65$ $\eta_{\text{taladradora}} = 0,65$ $\eta_{\text{Horno}} = 0,65$ $\eta_{\text{Rectificadora}} = 0,65$ $F = 2160$	$B = (4,5 - 5 \%) = 5 \%$ $C_{m \text{ segueta}} = \$ 1144$ $C_{m \text{ torno}} = \$ 3000$ $C_{m \text{ Fresadora}} = \$ 4200$ $C_{m \text{ taladradora}} = \$ 1500$ $C_{m \text{ Horno}} = \$ 1000$ $C_{m \text{ Rectificadora}} = \$ 3500$	$\varphi_m = (0,5 - 1) = 0,7$ $Nm_{\text{segueta}} = 1 \text{ kW}$ $Nm_{\text{Torno}} = 1 \text{ kW}$ $Nm_{\text{Fresadora}} = 1 \text{ kW}$ $Nm_{\text{Taladradora}} = 1 \text{ kW}$ $Nm_{\text{Horno}} = 1 \text{ kW}$ $Nm_{\text{Rectificadora}} = 1 \text{ kW}$ $C_{kW} = \$ 0,2$

$$T_{op} = T_a + T_p \quad (\text{tiempo operativo})$$

$$T_{st} = 0,03 * T_{op} \quad (\text{tiempo de servicio técnico})$$

$$T_{so} = 0,05 * T_{op} \quad (\text{tiempo de servicio organizativo})$$

$$T_{rn} = 0,05 * T_{op} \quad (\text{tiempo de receso normado})$$

$$T_s = T_{so} + T_{st} \quad (\text{tiempo de servicio})$$

$$T_u = T_{op} + T_s + T_{rn} \quad (\text{tiempo unitario})$$

$$T_c = T_u + T_{pc}/N_p \quad (\text{tiempo de cálculo})$$

$$T_{pc} \quad (\text{tiempo preparativo conclusivo})$$

$$N_p \quad (\text{número de piezas})$$

Tabla 3.2. Tasa salarial del operario

Tarifas de salario para los operarios (Top)		\$
Corte	ayudante	1.63
Torneado	Mecánico B	1.95
Fresado	Mecánico B	1.95
Taladrado	Mecánico B	1.95
Tratamiento térmico	Termista A	2.18
Rectificado	Mecánico B	1.95
M. Ajustador	Mecánico B	1.95

Tabla 3.3.: Tiempos de maquinado de los troqueles

Parámetros	Torneado (min)	Tratamiento térmico (min)	Rectificado (min)
T_p	23.68	75	4.59
T_a	12.6	15	4.18
T_{op}	36.28	90	8.77
T_{st}	1.08	2.7	0.26
T_{so}	1.8	4.5	0.43
T_{rn}	1.8	4.5	0.43
T_s	2.88	6.6	0.69
T_u	40.96	99.3	9.89
T_c	80.96	119.3	39.89
N_p	1	1	1
T_{pc}	40	20	30

El costo de producción para la fabricación de la pieza puede expresarse como:

$$C_{pieza} = C_{material} + C_{maquinado} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Costo del material:

$$C_{mat} = P_s * \frac{S_{mt}}{1000} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

$$P_s = V * \delta \quad (\text{Ec. 3.3})$$

$$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times L \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

d - (Diámetro del material en bruto)

L - (Longitud.)

$\delta = 7,84 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ (Peso específico del material)

$$S_{mt} = 2.68 \text{ CUC/kg}$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.4) obtenemos:

$$V = 3077200 \text{ mm}^3$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.3) obtenemos:

$$P_s = 24.27 \text{ kg}$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.2) obtenemos:

$$C_{mat} = 65 \text{ CUC}$$

3.2. Costo de los procesos de maquinado

$$C_{maquinado} = C_{torneado} + C_{tratamiento} + C_{rectificado} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Costo del proceso de torneado:

$$C_{\text{torneado}} = \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a \quad (\text{Ec. 3.6})$$

$$S_o = \sum_{i=1}^m \left(T_{so} \right) * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr} * K_v * K_{ss}$$

Donde:

$$T_{so} = 1.95 \$/h$$

$$T_c = 80.96 \text{ min}$$

$$K_{dr} = 1.0909$$

$$K_v = 1.07$$

$$K_{ss} = 1.08$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.6) obtenemos:

$$S_o = 3.06 \text{ CUP}$$

$$H_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \quad (\text{Ec. 3.7})$$

$$C_1 = \frac{1.11 * a * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

$$a = (10 - 16 \%) = 15 \%$$

$$C_m = 3\,000 \text{ CUP}$$

$$F = 2\,160 \text{ h}$$

$$\eta = 0,65$$

$$T_c = 80.96 \text{ min}$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.8) obtenemos:

$$C_1 = 0.48 \text{ CUP}$$

$$C_2 = \frac{1.1 * B * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c \quad (\text{Ec. 3.9})$$

$B = (4.5 - 5 \%) = 5 \%$ (gasto por reparación)

Sustituyendo en la ecuación (Ec 3.22) obtenemos:

$$C_2 = 0.15 \text{ CUP}$$

$$\bullet \quad C_5 = \frac{N_m * \varphi_m * t_p * C_{kw}}{0.80 * 60} \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Donde:

$N_m = 10 \text{ kW}$ (potencia del motor del torno)

$\Phi_m = (0.5 - 1) = 0.7$ (coef. de utilización de la máquina)

$C_{kw} = 0.2 \text{ CUP/kW}$ (tarifa de pago CUC/kW)

$T_p = 9.18 \text{ min}$ (tiempo principal por piezas)

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.10) obtenemos:

$$C_5 = 0.69 \text{ CUP}$$

Sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.7) obtenemos:

$$H_a = 1.52 \text{ CUP}$$

Entonces, sustituyendo en la ecuación (Ec. 3.6) obtenemos:

$$C_{\text{torneado}} = 4.58 \text{ CUP}$$

- Costo del proceso de tratamiento térmico:

$$C_{\text{tratamiento } T} = \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

$$S_o = \sum_{i=1}^m |t_{so}| * \left(\frac{T_c}{60} \right) * K_{dr} * K_v * K_{ss}$$

Donde:

$$T_{so} = 2.18 \text{ \$/h}$$

$$T_c = 119.3 \text{ min}$$

$$K_{dr} = 1.0909$$

$$K_v = 1.07$$

$$K_{ss} = 1.08$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$S_o = 11.27 \text{ CUP}$$

$$H_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

$$\bullet C_1 = \frac{1.11 * a * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Donde:

$$a = (10 - 16 \%) = 15 \%$$

$$C_m = 1000 \text{ CUP}$$

$$F = 2 \text{ 160 h}$$

$$\eta = 0,65$$

$$T_c = 119.3 \text{ min}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_1 = 0.23 \text{ CUP}$$

$$C_2 = \frac{1.1 * B * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

$$B = (4.5 - 5 \%) = 5 \% \text{ (gasto por reparación)}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_2 = 0.077 \text{ CUP}$$

$$C_s = \frac{N_m * \varphi_m * t_p * C_{kw}}{0.80 * 60}$$

Donde:

$$N_m = 1 \text{ kW}$$

$$\Phi_m = (0.5 - 1) = 0.7$$

$$C_{kw} = 0.2 \text{ CUP/kW}$$

$$T_p = 75 \text{ min}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_s = 0.21 \text{ CUP}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$H_a = 0.52 \text{ CUP}$$

Entonces, sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_{\text{tratamientoT}} = 11.79 \text{ CUP}$$

- Costo del proceso de rectificado:

$$C_{\text{tratamientoT}} = \sum_{i=1}^m S_o + \sum_{i=1}^m H_a$$

$$S_o = \sum_{i=1}^m |t_{so}| * \left(\frac{T_c}{60}\right) * K_{dr} * K_v * K_{ss}$$

Donde:

$$T_{so} = 1.95 \text{ \$/h}$$

$$T_c = 39.89 \text{ min}$$

$$K_{dr} = 1.0909$$

$$K_v = 1.07$$

$$K_{ss} = 1.08$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$S_o = 0.36 \text{ CUP}$$

$$H_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

$$\bullet C_1 = \frac{1.11 * a * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

Donde:

$$a = (10 - 16 \%) = 15 \%$$

$$C_m = 3500 \text{ CUP}$$

$$F = 2 \ 160 \ h$$

$$\eta = 0,65$$

$$T_c = 39.89 \text{ min}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_1 = 0.27 \text{ CUP}$$

$$C_2 = \frac{1.1 * B * C_m}{100 * 60 * F * \eta} * T_c$$

$$B = (4.5 - 5 \%) = 5 \% \text{ (gasto por reparación)}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_2 = 0.09 \text{ CUP}$$

$$C_5 = \frac{N_m * \phi_m * t_p * C_{kw}}{0.80 * 60}$$

Donde:

$$N_m = 1 \text{ kW}$$

$$\phi_m = (0.5 - 1) = 0.7$$

$$C_{kw} = 0.2 \text{ CUP/kW}$$

$$T_p = 4.59 \text{ min}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_5 = 0.013 \text{ CUP}$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$H_a = 0.37 \text{ CUP}$$

Entonces, sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$C_{\text{rectificado}} = 0.73 \text{ CUP}$$

Sustituyendo en la ecuación tenemos como costo de maquinado:

$$C_{\text{maquinado}} = 17.10 \text{ CUP}$$

El costo de producción para la fabricación de punzón de corte y matriz de embutido, sustituyendo en la ecuación

$$C_{PCME} = 64.68 \text{ CUC} + 17.10 \text{ CUP}$$

En la siguiente tabla 3.4 se muestra de forma abreviada los resultado del costo de los componentes de los troqueles, utilizando la formulas antes señaladas y la misma metodología de cálculo.

Piezas	Costo de maquinado	Costo del material
Punzón de corte y matriz de embutido	17.10 CUP	64.68 CUC
Matriz de corte	5.7 CUP	21.12 CUC
Punzón de embutido	2.85 CUP	5.90 CUC
Matriz de punzonado	3.05 CUP	11.98 CUC
Punzones	1.8 CUP	2.49 CUC
total	30.50 CUP	100.27 CUC

Tabla 3.4.: Costo total de los troqueles

3.3. Análisis ambiental de los procesos de manufactura

3.3.1. Impacto ambiental de los procesos de manufactura

En las máquinas que se emplean en la manufactura de materiales, el líquido refrigerante se encuentra en un depósito desde el cual es bombeado hasta su punto de aplicación (entre la pieza sobre la que se actúa y la pieza móvil de la máquina), desde donde nuevamente recircula hacia el depósito. Durante este proceso, se pierde buena parte del producto; parte del mismo se evapora, otra se derrama y otra se pierde con las virutas generadas.

Cuando, debido a su uso continuado, los líquidos refrigerantes pierden sus propiedades y sufren alteraciones en sus características, se convierten en un residuo peligroso que, como tal, debe ser gestionado debidamente por la empresa usuaria. El vertimiento a los sistemas de desagüe producen graves daños en el medio ambiente, pudiendo provocar desastres entre la fauna piscícola debido a su toxicidad. Por ello, deben ser eliminados por gestores de residuos autorizados.

3.3.2. Detección de las actividades productivas que producen afectaciones medioambientales

Según Estrategia Ambiental elaborada por el CITMA y puesta en vigor en junio de 1997, (Identificación de los problemas) que afecta la salud y la calidad de vida de los trabajadores, a través de:

- En el taller de maquinado los residuos de líquido refrigerante van a las cañerías y producen contaminación en la Bahía.
- Los volúmenes de virutas producidos ocupan grandes espacios interfiriendo en el desarrollo del proceso productivo.
- La niebla del líquido refrigerante es perjudicial para la salud.
- Las máquinas afiladoras y la rectificadora producen polvos abrasivos que se esparcen en el taller provocando daños a la salud humana y al resto de los equipos.

- El consumo energético con la utilización solamente de procesos de soldadura manual es alto y la cantidad de de desechos de electrodos es mayor, además de que se generan mayor cantidad de gases.
- El aceite generado del líquido refrigerante que cae al piso se adhiere al mismo.
- No- existencia de un cumplimiento estricto de la disciplina tecnológica.
- Carencia de un sistema de monitoreo de los afluentes y desechos.

3.3.3. Acciones desarrolladas en la estrategia para mitigar los impactos ambientales de los procesos productivos

1. Vías para minimizar los impactos ambientales

- Preparar el herramental de corte con la geometría adecuada con el objetivo de disminuir el volumen de viruta cortada y diseñar una instalación para el briqueteado de las virutas y su posterior envío a materia prima.
- Introducción del magnetismo con el objetivo de aumentar la eficiencia de los líquidos de corte y su reducción al disminuir los tiempos de elaboración.
- Evitar el derrame de líquidos de corte y una vez que este haya cumplido su ciclo productivo, someterlo a un proceso de reciclado.
- Construir una instalación para el reciclaje de los líquidos de corte y aceite.
- Adquirir el equipamiento necesario para determinar los niveles de gases tóxicos en el ambiente producto de la aplicación de los diferentes procesos.
- Utilización de los medios de protección adecuados por los trabajadores, según puesto de trabajo.
- Aplicación de las medidas de seguridad establecidas por las leyes vigentes.
- Aplicación de procesos de soldadura automática y semiautomática en los casos que se requiera.
- Adquisición y montaje de los medios y equipos necesarios para la purificación del agua.
- Raspado de los pisos de las áreas que así lo requieran.

- Continuar con el mantenimiento de todos los tragantes trampas de grasa.
- 2. Implantación de manera paulatina de las medidas conducentes para la obtención de producciones más limpias.
- Reunir, instruir y responsabilizar a cada uno de los principales gestores de la política y gestión ambiental para el año en curso.
- Realizar planes de medidas que garanticen el cumplimiento de las estrategias para minimizar los principales problemas ambientales de la entidad y lograr el cumplimiento de los principales principios en que se sustenta el trabajo ambiental para la entidad en el año en curso.
- Establecer las bases para no permitir que durante el trabajo específico de la entidad y su vinculación con el trabajo sostenible se incrementen los principales problemas ambientales.

CONCLUSIONES

Se diseñaron los troqueles para la producción de las rejillas de los fregaderos de la residencia estudiantil de la Universidad de Oriente.

Se construyeron los troqueles de corte, embutido y punzonado, así como la documentación tecnológica de cada uno de sus elementos.

Se seleccionaron los materiales que conforman el herramental de corte para su manufactura desde un punto de vista económico.

Se realizó la valoración económica del material y la tecnología de fabricación del molde metálico con un costo ascendente a **30.50 CUP** y **100.27 CUC**, así como la evaluación del impacto que tendrá el proceso tecnológico de fabricación de las piezas sobre el medio ambiente, con propuestas concretas para garantizar un mínimo de contaminación del medio ambiente.

Con la construcción de los troqueles se resuelve un problema existente: la falta o alto nivel de deterioro de las rejillas de los fregaderos en las habitaciones de la residencia estudiantil de la Universidad de Oriente.

RECOMENDACIONES

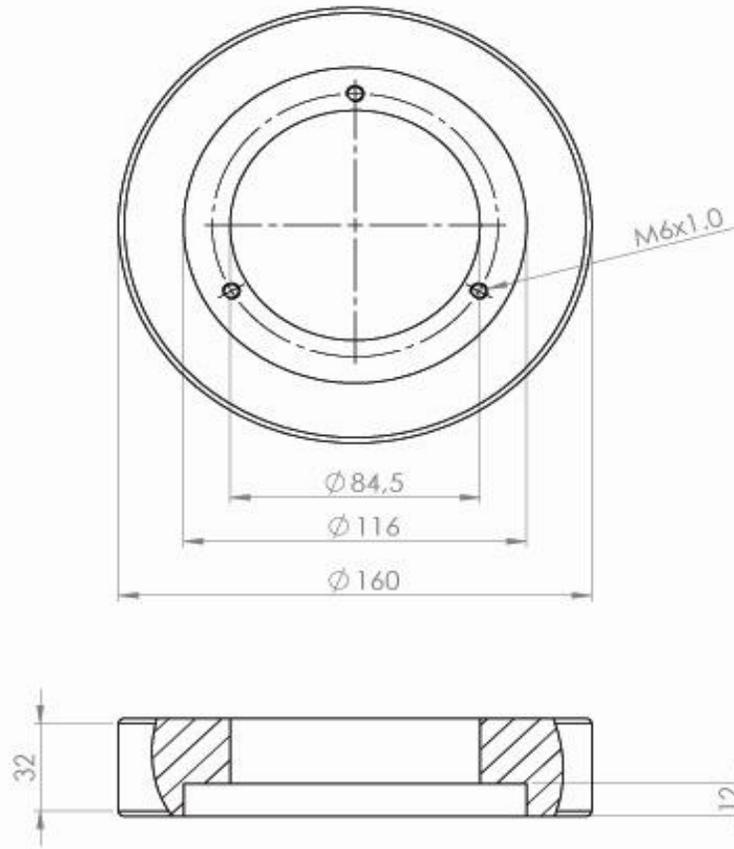
Generalizar el uso de estos troqueles en la fabricación de rejillas para otras instituciones.

Trabajar en el diseño de troqueles de corte, embutido y doblado para su uso en la obtención de una amplia gama de productos deficitarios.

BIBLIOGRAFÍAS

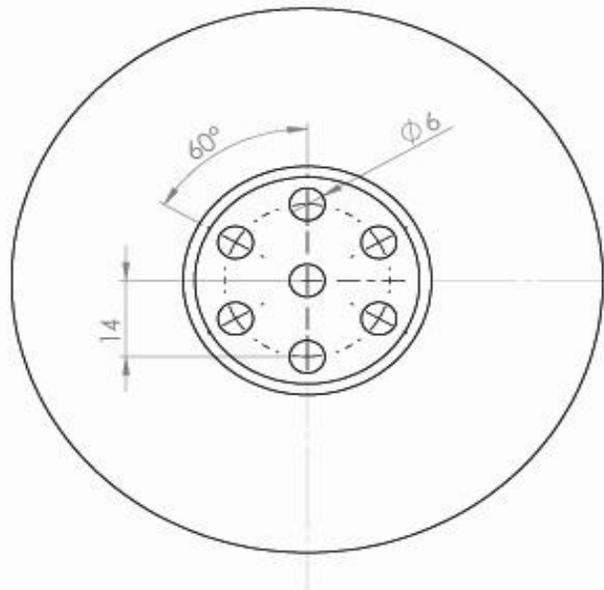
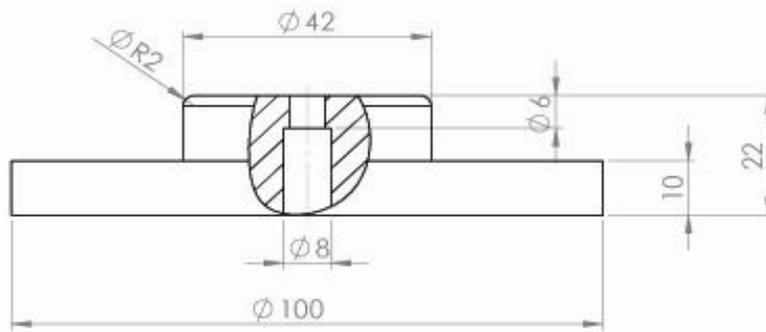
1. Golubev, Y. “Teoría de los mecanismos”, Departamento de ediciones del ISPJAE, 1985 [1]
2. Guliaev A P, Metalografía tomo 2, Editorial MIR, Moscú, URSS, 1978 [2]
3. Colectivo de Autores, “Dibujo Aplicado para Ingenieros”, ISPJAE (Tomos I y II) [3]
4. Filkin M. y Martínez S. “Proceso tecnológico en la construcción de maquinarias”, Universidad de Oriente. [4]
5. Hernández, R., “Metodología de la Investigación”, Editorial Félix, Varela, 2004 [5]
6. Mallo, M, “Diseño y construcción de troqueles para pequeñas y grandes series. Formato digital, Universidad de Oriente, 2005 [6]
7. Mallo, M., “Conformación de metales”, Editorial Pueblo y Educación, 1983 [7]
8. Mallo, M., “Herramientas de Conformar”, Editorial Pueblo y Educación, 1984 [8]
9. Martínez, F. y Gordon, J., “Teoría y tecnología del tratamiento térmico del acero” [9]
10. Stiopin, P.A, “Resistencia de materiales”, Editorial MIR, 1976 [10]
11. <http://html.rincondelvago.com> [11]
12. Paúl Mario Pardo Carrera y Wilber Gracial Rizo, Diseño y construcción de una prensa manual y su herramental, Universidad de Oriente, Julio de 2006 [12]
13. Coello, C. La computación Evolutiva en el contexto de la inteligencia Artificial, LANIA. AC, México, [13]

ANEXO

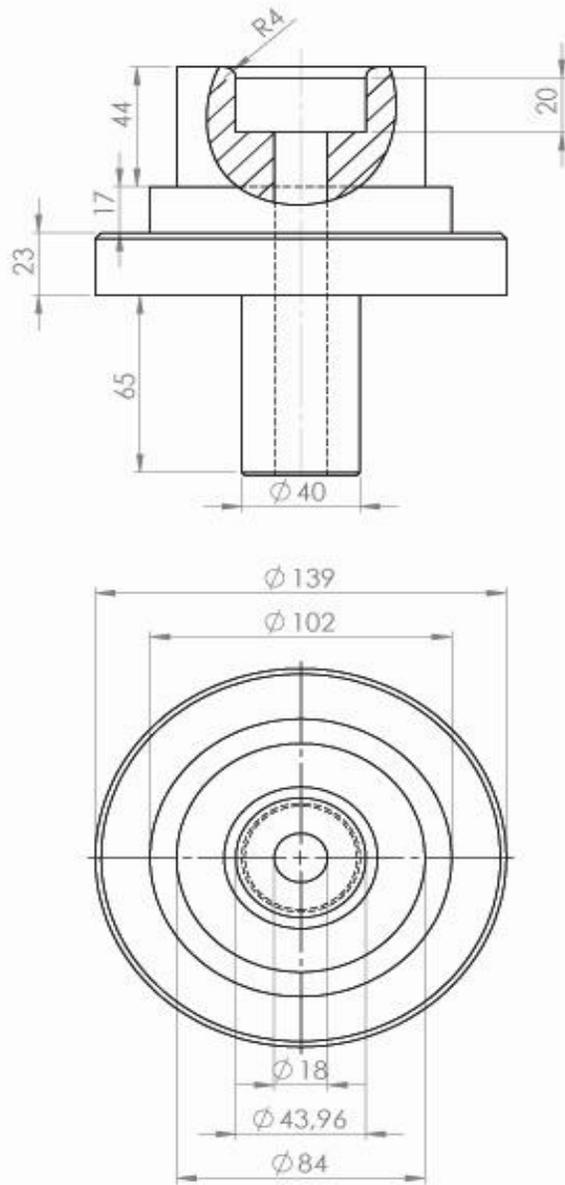


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE:			FECHA:	IBULO:		
DIR.:						
VERIF.:						
APROB.:						
FABR.:						
CALD.:			MATERIAL:	N° DE DIBUJO		A4
			PESO:	ESCALA:	HOJA 1 DE 1	

Matriz de Corte



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS MVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			NOMBRE	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.			FIRMA		Nº DE DIBUJO	
APROB.					Matriz de punzonado	
FABR.					ESCALA: 1/2	
CALID.				MATERIAL:	HOJA 1 DE 1	
				PESO:		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM.
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 MIVAS

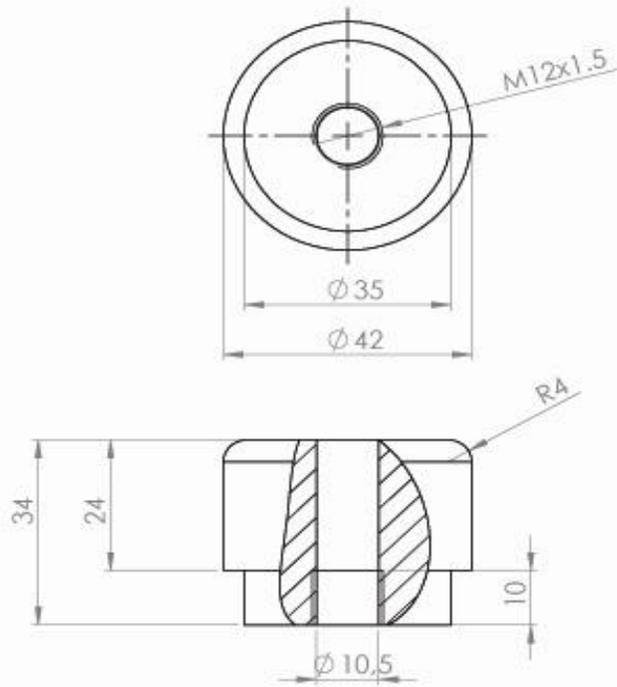
NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

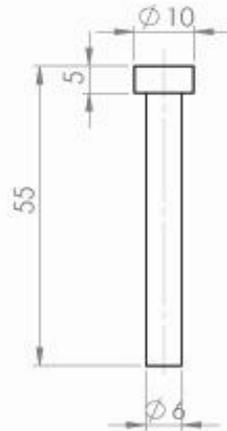
	NOMBRE	FIRMA	FECHA		
DIRIJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					
				MATERIAL:	
				PESO:	

TÍTULO:	
Nº DE DIBUJO	41
ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1

Punzón de corte, Matriz de emb



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS MVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE			FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.					Nº DE DISEÑO Punzón de embutido ⁴	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.						
MATERIAL:				ESCALA: 1:1		
PESO:				HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS MVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.									
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								44	
						PESO:		ESCALA: 1:1	
								HOJA 1 DE 1	

Punzones del punzonado