

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	John Edison	
Apellido (s):	Novoa Peñaloza	
Código:	20172375015	
E-mail:	jhonenovoap@gmail.com	
Teléfono fijo:	909 1117	
Celular:	313 453 1699	
Ejecutor 2		
Nombre (s):		
Apellido (s):		
Código:		
E-mail:		
Teléfono fijo:		
Celular:		
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	Diseño de un troquel progresivo para la fabricación del frontal de pestillo de una cerradura	
Duración (estimada):	25 semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño mecánico, resistencia de materiales, tratamientos térmicos, selección de materiales, dibujo de máquinas.	
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)	Víctor Elberto Ruiz Rosas	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)		
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

RESUMEN

El presente trabajo está elaborado con el fin de mostrar la propuesta de grado del diseño de un troquel progresivo para obtener el título de ingeniería mecánica. Este documento contiene una breve introducción acerca del diseño en ingeniería de troqueles. Luego, se expone el planteamiento del problema, el cual explica los motivos del porqué diseñar el troquel. Más adelante, se muestra el estado del arte, en donde se presentan algunos documentos encontrados con relación a diseños de troqueles. Posteriormente, en la justificación, se hace énfasis en las principales razones para elaborar el proyecto, por ejemplo, la principal necesidad de la empresa y los motivos académicos que se relacionan al desarrollar es tipo de diseño. Por otra parte, se plantean los objetivos a cumplir durante la elaboración del proyecto. También, el documento contiene de forma resumida los conceptos más importantes que involucran el diseño de esta herramienta, como los diferentes tipos de troqueles, los componentes más comunes y los diferentes procesos de transformación de chapa que se pueden hacer por troquelado. Además, explica la metodología que se va a seguir durante el desarrollo del proyecto de diseño y se va a mostrar un posible cronograma que resumirá las diferentes actividades a realizar. Por último, se presenta un presupuesto con los posibles gastos y recursos necesarios para el proyecto y una respectiva bibliografía de las fuentes usadas para la elaboración de este documento.

TABLA DE CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1. Estado del Arte	8
1.2. Justificación	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general.....	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. MARCO TEÓRICO.....	13
3.1. Troquelado.....	13
3.2. Componentes de un Troquel	13
3.3. Operaciones de Troquelado	14
Recortado.....	14
Perforación	14
Doblado y conformado	15
Embutido	15
3.4. Clasificación de los Troqueles	16
Clasificación de los troqueles según las piezas producidas	16
Clasificación de los troqueles de acuerdo con el número de estaciones	16
4. METODOLOGÍA.....	19
5. CRONOGRAMA	20
6. PRESUPUESTO	20
7. BIBLIOGRAFÍA	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Frontal de pestillo de cerradura	8
Figura 2. Componentes principales de un troquel.....	13
Figura 3. Operación de recortado	14
Figura 4. Operación de perforado	15
Figura 5. Operación de doblado y conformado	15
Figura 6. Operación de embutido.....	15
Figura 7. Troquel compuesto	17
Figura 8. Troquel progresivo	18
Figura 9. Troquel de transferencia	18

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma	20
Tabla 2. Presupuesto.....	20

0. INTRODUCCIÓN

Una gran variedad de procesos de formado de láminas o chapas metálicas son usados actualmente. Muchos de estos procesos de deformación son utilizados para fabricar partes de aeronaves, automóviles, dispositivos electrónicos, etc. La industria de la chapa metálica es una de las que más se ha desarrollado hasta la actualidad, sin embargo, debido a la creciente demanda y al continuo avance científico y tecnológico, se requiere mejorar y optimizar los procesos de deformación, siendo estos cada vez más complejos con el fin de satisfacer las demandas de productividad y disminuir tiempos y costos.

Los troqueles son una de las principales herramientas mecánicas que se utilizan para los procesos de transformación de chapa metálica. El troquelado comprende procesos de deformación en los que una pieza de metal se forma por medio de herramientas denominadas punzones y matrices. Este proceso de deformación se produce principalmente bajo la acción de esfuerzos de tensión.

El diseño de troqueles es una rama importante de la ingeniería de herramientas. Es un proceso complicado que relaciona muchas variables y que requiere de mucha exactitud. El diseño de estas herramientas depende de las características del material de la pieza a troquelar, las condiciones y geometría de la pieza, la mecánica de la deformación plástica, el equipo utilizado (Prensa) y los requisitos del producto terminado. Estos factores influyen en la selección de la geometría, dimensiones y el material de los componentes de la herramienta. Debido a la complejidad de muchas operaciones de deformación de chapa metálica, es necesario recurrir a modelos de diversos tipos, como software CAE (Ingeniería asistida por computadora), para diseñar estos dispositivos.

El presente documento mostrará la propuesta para la elaboración de un proceso de diseño de un troquel progresivo para la fabricación de una pieza de cerradura. Se

presentará el planteamiento total del problema, algunas de las investigaciones elaboradas anteriormente con relación a diseños de troqueles, los motivos por el cual se quiere elaborar el proyecto, los objetivos que se quieren cumplir, los conocimientos que involucran la ingeniería mecánica que se relacionan al desarrollo del diseño de la herramienta, la metodología y las actividades que se van a seguir, un cronograma y, por último, el presupuesto destinado a la elaboración del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía Allegion Colombia S.A.S es una empresa dedicada a la fabricación y venta de productos para la seguridad de accesos, es decir, cerraduras residenciales y comerciales, cierrapuertas, candados, barras antipánico y otros productos más. Allegion es una empresa multinacional irlandesa que maneja 27 marcas de productos y se encuentra en más de 130 países.

Esta empresa transfiere información de sus productos a sus diferentes sucursales y a veces es necesario fabricar las partes dentro de cada una de estas. El proceso de fabricación que se emplea para la elaboración de la mayoría de las piezas que conforman estos productos, debido a que se fabrican en chapa metálica, es por medio del troquelado.

Esta empresa ha diseñado sus herramientas a partir del conocimiento y habilidad de sus técnicos. Estas personas diseñan y fabrican los troqueles con base a su experiencia, es decir, sus diseños son desarrollados de forma empírica. Las áreas de esta empresa que involucran ingeniería están más centradas a fortalecer la productividad, esto significa que no existe un departamento especializado en el diseño de herramientas y simplemente cuentan con la capacidad de sus técnicos y con poco personal que dominan algún software de diseño asistido por computador. Algunas veces se requiere subcontratar a empresas especializadas en la fabricación de componentes mecánicos para que se encarguen del diseño y fabricación de los troqueles, debido a que la capacidad instalada solo alcanza para la reparación y el mantenimiento de las herramientas.

Con base en lo anterior, esta empresa va a empezar a producir una nueva cerradura en Colombia y es necesario diseñar los troqueles para elaborar cada una de las piezas que conforman el producto, debido a que cada parte de la cerradura necesita de una herramienta diferente. En este sentido, surge la necesidad de realizar el diseño de uno de estos troqueles para fabricar el frontal de pestillo de esta

cerradura, aplicando conocimientos de metodologías de diseño mecánico, ingeniería de troqueles y herramientas informáticas CAE.

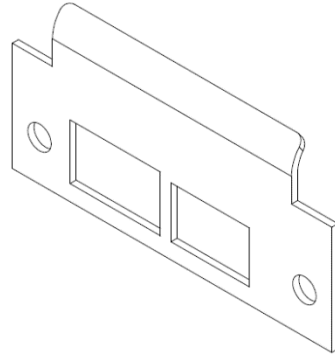


Figura 1. Frontal de pestillo de cerradura

1.1. Estado del Arte

En la información y textos encontrados se encuentran algunos trabajos relacionados al presente estudio que sirven de base para el desarrollo del proyecto.

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, los estudiantes de ingeniería mecánica Cindy Lorena Sarmiento Beltrán y Daniel Camilo Velásquez, en su monografía “*Diseño de un troquel coaxial doble para la producción de la pieza tapa betún 30g-36g y uso exclusivo de la prensa (Alfons Haar P15) en la empresa Incoltapas S.A.*” [6], plantearon un diseño de un troquel coaxial doble para ampliar la capacidad de producción y disminuir costos de mano de obra en la producción de una tapa metálica de betún.

Para iniciar el proceso de diseño, ellos realizaron una matriz QFD para poder escoger las principales necesidades del cliente, enfocarse en ellas y convertirlas en requerimientos de diseño. Este diseño de troquel coaxial doble se basa en el troquel coaxial simple que actualmente trabajaba en esta empresa. En el proceso de diseño se calcularon la fuerza de corte, tolerancias de corte y otros requerimientos en base al material de la tira, la disposición en esta y las especificaciones de la prensa. Los diseños de los componentes del troquel (matrices, punzones, expulsos, porta

punzones, entre otros) se basaron en las geometrías que ya se tenían en el troquel coaxial simple. Todo el modelado CAD de la herramienta se hizo en Solid Edge. Hicieron un análisis de elementos finitos estático estructural con ANSYS. Por último, mostraron cotizaciones para la fabricación de algunos de los componentes del troquel.

Miguel Ángel Archundia López, en su tesis de grado “*Diseño y manufactura de un troquel de corte con fines didácticos*” [1] para optar por el título de ingeniero mecánico en la Universidad Nacional Autónoma de México, desarrolla el diseño y fabricación de un troquel de corte progresivo de dos pasos para que sea utilizado como recurso educativo para los estudiantes de esa misma universidad.

En su trabajo, el autor inicia su escrito abordando los conceptos fundamentales del troquelado, enfatizando en los principios de corte y los factores que están involucrados en este proceso. Más adelante, describe los principios básicos que se deben tener presentes para diseñar los elementos más importantes que constituyen un troquel, como lo son la matriz, punzón, pisadores, entre otros. Por otra parte, se desarrolla paso a paso el diseño y los cálculos correspondientes de los elementos del troquel, usando el programa Siemens NX como herramienta de apoyo. Se muestra la geometría seleccionada, las fuerzas necesarias para realizar el proceso, el diseño de la tira a troquelar, el dimensionamiento de la matriz, el diseño del punzón, la tolerancia entre matriz y punzón, así como otros parámetros básicos del troquel. Por último, explica cómo se realizó el proceso de manufactura del troquel, los materiales utilizados, el tipo de maquinado empleado, algunos parámetros de corte y las herramientas utilizadas. Se describe el proceso de ensamble de todos los elementos y las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento de la herramienta.

Manoj Balakrishnan y Jason Cherian Issac, en su artículo llamado “*Design of the Multi-Stage Progressive Tool for Blanking a Sheet Metal Component*” [2], publicado

en la revista *The International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* describen el proceso de diseño de un troquel progresivo de solo corte para fabricar un componente en lámina metálica.

Este documento empieza con el diseño de la tira de material, donde se describe el procedimiento para buscar la disposición más adecuada para que el porcentaje de aprovechamiento de la materia prima sea el más alto posible. Escogen entre tres posibilidades (acomodando la pieza horizontal, vertical o inclinada), los autores calculan que la disposición horizontal es la más óptima de las tres. Más adelante, se muestra el procedimiento para calcular las fuerzas de corte, tolerancia de corte, la fuerza de expulsión y la carga total que debe ejercer la prensa. También, describen la forma de calcular el espesor de las matrices y diferentes placas en base a las fuerzas anteriormente halladas. Se realiza una descripción del procedimiento de diseño de los componentes del troquel, como lo son las matrices, placas guías, punzones, placa expulsora, y otros. Muestran el cálculo del centro de presión de la herramienta. Explican el procedimiento para seleccionar los componentes normalizados del troquel, como los tornillos, pasadores y columnas. Finalmente, se muestra el ensamble final del troquel y se resumen las consideraciones dimensionales finales.

Zhi-Xin Jia, Hong-Lin Li, Xue-Chang Zhang, Ji-Qiang Li y Bo-Jie Chen, en su artículo denominado “*Computer-aided structural design of punches and dies for progressive die based on functional component*” [4], publicado en la revista *The International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, presenta el desarrollo de una herramienta computacional para el diseño estructural de punzones y matrices para un troquel progresivo que se utiliza para fabricar el núcleo de un motor eléctrico.

En primer lugar, los autores explican que la forma de fabricación tradicional del núcleo del motor es engorrosa, muy ineficiente y que se presentan muchos errores; y que al usar troqueles progresivos aumenta considerablemente la eficiencia del proceso y la calidad de las piezas. El objetivo de este documento es desarrollar una

herramienta computacional para seleccionar punzones y matrices en base a componentes funcionales del software Solidworks, es decir, que a partir de una librería de componentes que posee la empresa encargada de fabricar los núcleos de los motores, se puedan seleccionar y agregar de forma automatizada al modelado del troquel.

Los autores organizan la librería y dividen los punzones y matrices en tres grupos: normalizados, semi normalizados y no normalizados. Lo que pretenden es que a partir de la geometría y del tipo de operación que se quiere troquelar, se puedan seleccionar los punzones y matrices de acuerdo con la configuración que se seleccione, además, que estos componentes se generen e inserten al ensamble del troquel automáticamente. Asimismo, que se modifique el modelado de los otros elementos que componen el troquel de forma automática. En el documento se muestran diferentes ejemplos de selección de punzones y matrices que se adecuan en base a las operaciones que se quieren realizar, por ejemplo, se muestra la generación automática del punzón y matriz para una operación de perforado basada en una geometría circular presente en la tira del material. Por último, los autores especifican que esta herramienta solo sirve para generar punzones y matrices de perforado y recortado, pero que se puede ajustar para que también sirva para hacer otro tipo de operaciones.

1.2. Justificación

Se busca diseñar un troquel progresivo para fabricar el frontal de pestillo de una cerradura que todavía no se fabrica en Colombia. La justificación principal del diseño se basa en que esta empresa no diseña sus herramientas con base a conocimientos de ingeniería, lo que conlleva a que se fabriquen herramientas que muchas veces no funcionen correctamente desde un inicio y que sea necesario modificarlas recurrentemente hasta que funcionen adecuadamente. Estas modificaciones requieren de un gasto considerable, debido a que se desperdician materiales, se rompe o se desgasta prematuramente la herramienta, se requiere rediseñar los

componentes y es necesario volver a comprar la materia prima para fabricarlos, se aumenta el costo hora-máquina de las diferentes máquinas herramientas que se utilizan para fabricar las piezas y cualquier otra alteración se refleja en gastos excesivos que podrían evitarse. El diseñar un troquel con bases de ingeniería de troqueles y herramientas informáticas CAE disminuirían considerablemente los posibles errores de diseño, manufactura y ensamble que se pudieran presentar.

Por otra parte, diseñar un troquel es un ejercicio interesante en el cual se implementaría varias ramas de la carrera de ingeniería mecánica. Por ejemplo, se aplican conocimientos en áreas de resistencia de materiales, diseño mecánico, selección de materiales, tratamientos térmicos y dibujo de máquinas, además, se podrían implementar herramientas de análisis de elementos finitos, es decir, que el diseño de este tipo de dispositivos agrupa de forma adecuada varios conocimientos aprendidos durante la carrera. También, se requiere profundizar en el estudio de diseño de este tipo de herramientas, lo cual fortalece las competencias de investigación y diseño de la persona que lo realice.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar un troquel progresivo para la producción en chapa metálica del frontal de pestillo de una cerradura

2.2. Objetivos específicos

- Establecer parámetros y restricciones de diseño de acuerdo con el material y geometría de la pieza, volumen de producción y capacidad instalada
- Plantear el diseño conceptual de la tira de material y el diseño del troquel con base a las restricciones y parámetros establecidos

- Realizar el diseño de detalle y cálculos técnicos requeridos para el dimensionamiento, selección de materiales y características de los componentes del troquel
- Diseñar con herramientas CAD el modelado del troquel y los planos de fabricación, y validar la funcionalidad de la herramienta por medio de simulaciones
- Elaborar una estimación del costo de diseño y fabricación de los componentes de la herramienta

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Troquelado

Se define como troquelado al conjunto de operaciones con las cuales, sin producir viruta, se somete a una lámina metálica plana a ciertas transformaciones con el fin de obtener una pieza de forma geométrica propia. Normalmente estas operaciones se ejecutan en prensas y se utiliza una herramienta denominada troquel.

3.2. Componentes de un Troquel

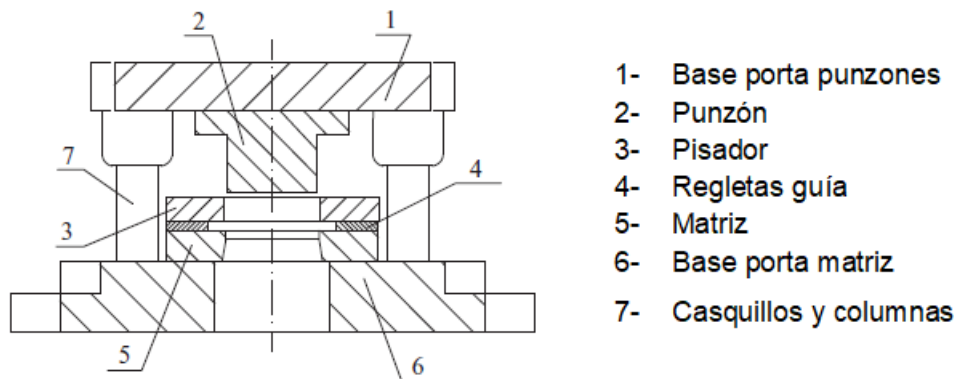


Figura 2. Componentes principales de un troquel

Base porta punzones y porta matriz. Las bases son elementos estructurales del troquel, albergan las herramientas y los otros componentes. Se utilizan para montar el troquel al cabezal y la mesa de la prensa.

Punzón: Es la herramienta que genera presión a la chapa metálica, el punzón y la matriz son los componentes encargados de conformar la pieza de trabajo.

Pisador: La placa pisadora o expulsora separa la tira de material adherida a la periferia de los punzones.

Regletas guía: Las reglas son miembros de acero relativamente delgado con el cual se mantiene el desplazamiento de la tira de material a través de la matriz.

Matriz: La placa matriz es de acero de herramientas templado, junto con el punzón son los elementos que transforman la tira de material gracias a la forma que estos poseen y a la tolerancia existente entre ellos.

Casquillos y columnas: Estos componentes se utilizan para mantener el alineamiento entre los conjuntos superior e inferior del troquel.

Placa porta punzones: Es un bloque de acero de máquinas que retiene los punzones, manteniendo sus cabezas contra la base porta punzones.

Elementos de unión: Esos elementos mantienen fijos los diversos componentes del troquel.

3.3. Operaciones de Troquelado

Recortado

Piezas estampadas con contorno irregular que pueden ser recortadas de la tira. Las operaciones de perforado y embutido deben ser realizadas en la tira antes de la operación de recortado.

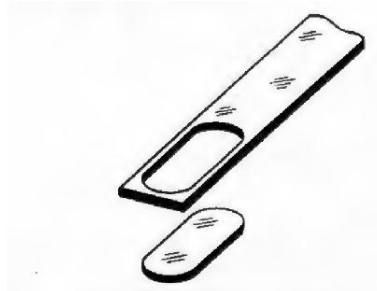


Figura 3. Operación de recortado

Perforación

Las matrices de perforación hacen agujeros en las piezas previamente recortadas, conformadas o embutidas. Frecuentemente es impracticable obtener agujeros antes o durante una operación de conformado porque se deformarán en esa operación [3].

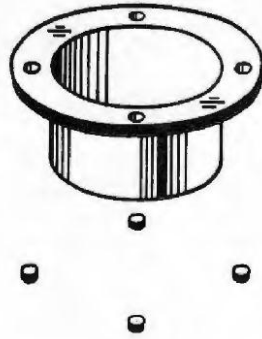


Figura 4. Operación de perforado

Doblado y conformado

Las matrices de doblar realizan doblados sencillos en piezas obtenidas por troquelado. El doblado es sencillo cuando la línea de doblado es recta. Las matrices de doblado son de amplio empleo

Las matrices de conformar producen formas más complicadas en las piezas de trabajo. Las líneas de doblado son curvas en lugar de rectas.

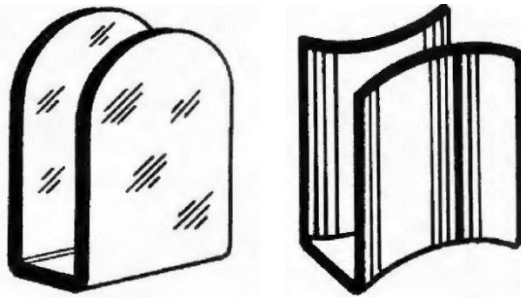


Figura 5. Operación de doblado y conformado

Embutido

Las matrices de embutir transforman las chapas planas de metal en vasijas, cilindros u otras formas estiradas, sometiendo el material a una fuerte deformación plástica [3].

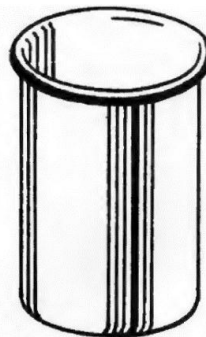


Figura 6. Operación de embutido

3.4. Clasificación de los Troqueles

Clasificación de los troqueles según las piezas producidas

Dependiendo de la cantidad de piezas producidas (altas, medias o bajas) los troqueles se pueden clasificar de la siguiente forma:

Clase A: Estos troqueles se usan solo para producciones altas. Se utilizan los mejores materiales, y todos los componentes o secciones delicadas están cuidadosamente diseñadas para un fácil reemplazo. Poseen una vida útil larga, precisión constante durante todo su funcionamiento y facilidad de mantenimiento. Estas características son independientemente del costo de la herramienta.

Clase B: Estos troqueles son aplicables a cantidades de producción mediana y están diseñados para producir solo la cantidad designada. El costo del troquel en relación con la producción total se convierte en una consideración importante. Se pueden usar materiales más baratos, siempre que sean capaces de producir la cantidad total, y se tiene menos en cuenta el problema de la facilidad de mantenimiento.

Clase C: Estos troqueles representan las herramientas más baratas que se pueden construir y son adecuadas para la producción de piezas de bajo volumen.

Clasificación de los troqueles de acuerdo con el número de estaciones

a) Troquel de una Estación o Coaxial

Los troqueles de única estación pueden ser compuestos o combinados.

Troqueles Compuestos: Un troquel en el que dos o más operaciones de corte se coordinan para producir una pieza en cada golpe de prensa se denomina troquel compuesto.

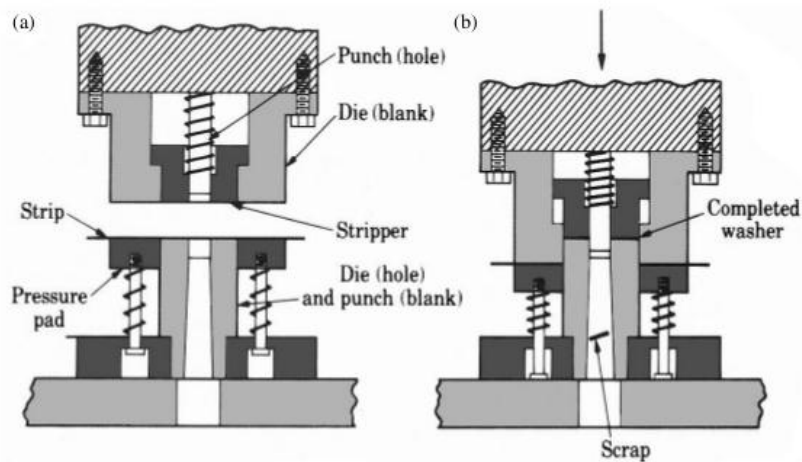


Figura 7. Troquel compuesto

Troqueles Combinado: Un troquel en el que las operaciones de corte y no corte se coordinan para producir una pieza de un golpe de la prensa se denomina troquel de combinado.

b) Troquel de Múltiples Estaciones

Los troqueles de múltiples estaciones están dispuestos de manera que una serie de operaciones secuenciales se coordina con cada carrera de prensa. Dos tipos de troqueles son usados:

Troqueles Progresivos: Un troquel progresivo se usa para transformar tiras de material en piezas completas. Esta transformación se realiza de forma gradual o progresiva mediante una serie de estaciones que cortan, forman y acuñan el material en la forma deseada. Los componentes que realizan las operaciones en el material son únicos para cada parte. Estos componentes están ubicados y guiados en aberturas de corte de precisión en placas, que a su vez están ubicadas y guiadas por pasadores [5].

Todo el troquel es accionado por una prensa mecánica que mueve el troquel hacia arriba y hacia abajo. La prensa también es responsable de alimentar el material a través del troquel, progresándolo de una estación a la siguiente con cada carrera.

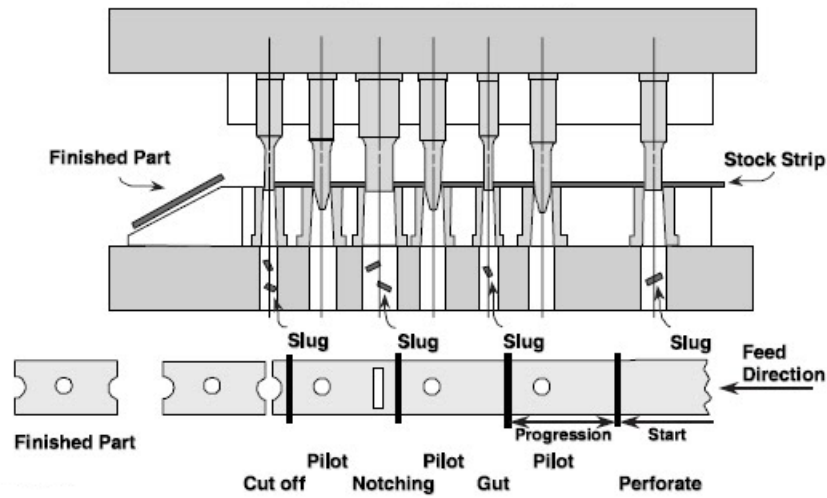


Figura 8. Troquel progresivo

Troqueles de Transferencia: En las operaciones de troquelado de transferencia, piezas individuales recortadas en forma de blanco se mueven mecánicamente estación por estación dentro de un conjunto de troqueles único. Las piezas de trabajo grandes se realizan con líneas de prensas en tándem donde se mueve el material desde prensa a prensa en la que se realizan operaciones específicas [5].

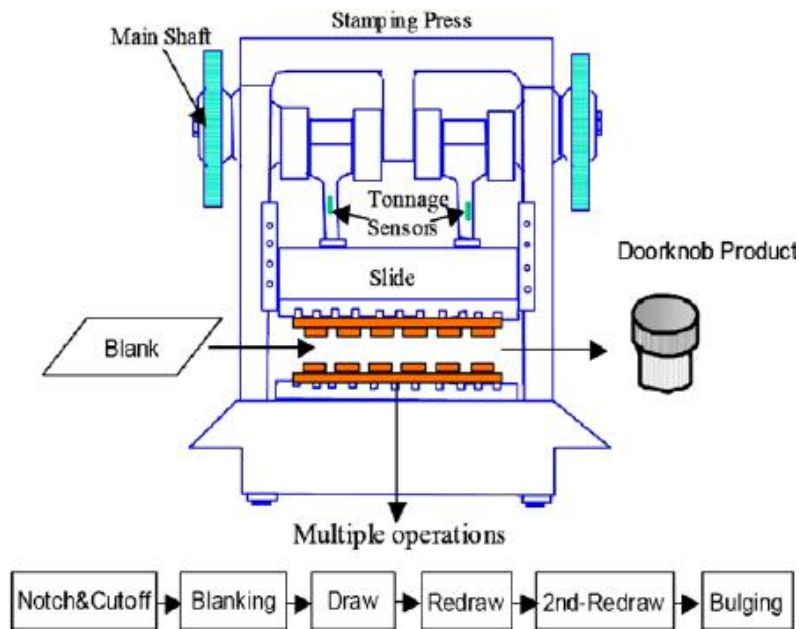


Figura 9. Troquel de transferencia

4. METODOLOGÍA

- *INVESTIGACIÓN PRELIMINAR:* Se buscará la información inicial necesaria para empezar el diseño del troquel. Se requiere el modelado y plano de la pieza a troquelar, especificación técnica de la materia prima y cantidad de piezas/mes estimadas. Se necesitará hacer una visita a la compañía para revisar las especificaciones de las posibles prensas que se pudieran utilizar.
- *PLANTEAMIENTO PREVIO:* Se plantearán propuestas iniciales de disposiciones de tira de material y configuraciones de punzones. Se buscará escoger la más adecuada de acuerdo con las especificaciones planteadas.
- *CÁLCULOS INICIALES:* Se va a calcular la fuerza de corte, fuerza de extracción, capacidad de la prensa, tolerancias de corte, centro de presión y cualquier otro cálculo necesario antes de modelar el troquel.
- *MODELADO:* Se empezará a realizar el modelado de los componentes del troquel en un software CAD. Se utilizará un complemento del mismo software que está especialmente diseñado para el modelado de este tipo de herramientas.
- *DISEÑO COMPONENTES:* Durante el modelado, será necesario realizar los cálculos técnicos necesarios para determinar las geometrías y dimensionar los componentes del troquel a partir de los cálculos iniciales.
- *SELECCIÓN Y ADECUACIÓN DE MATERIALES:* Posteriormente se elegirán los materiales que aseguren la durabilidad y el buen funcionamiento de la herramienta, se escogerá cualquier otra característica que favorezca la durabilidad de los componentes.
- *ANÁLISIS FUNCIONAL:* Se utilizará una herramienta de análisis de elementos finitos para analizar el comportamiento, verificar el funcionamiento y condiciones de algunas de las piezas del troquel. También, se realizarán análisis de movimiento donde se verificará la correcta interacción entre componentes.

- **DISEÑO FINAL:** Se realizarán los reajustes necesarios al diseño, se seleccionarán elementos normalizados y se darán los detalles finales de la herramienta, como lo son los planos de fabricación.
- **COTIZACIÓN:** Se elaborará una estimación de los costos de diseño y fabricación de la herramienta.

5. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	SEMANAS																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	■	■																							
PLANTEAMIENTO PREVIO			■	■																					
CÁLCULOS INICIALES				■	■	■	■																		
MODELADO					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DISEÑO COMPONENTES					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
SELECCIÓN Y ADECUACIÓN DE MATERIALES											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
ANÁLISIS FUNCIONAL															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
DISEÑO FINAL																					■	■	■	■	■
COTIZACIÓN																								■	■

Tabla 1. Cronograma

6. PRESUPUESTO

El presupuesto mostrado a continuación presenta factores económicos con relación al tiempo dedicado a la elaboración del proceso de diseño del troquel y NO al costo de elaboración este.

INSUMOS	PRECIO UNITARIO (\$)	HORAS SEMANA	PRECIO TOTAL APROXIMADO	FUNTE DE FINANCIAMIENTO
TRANSPORTE	2100	17	892500	PROPIA
TRABAJO ESTUDIANTE (HORA)	15000	15	5625000	PROPIA
TRABAJO TUTOR (HORA)	80000	2	4000000	UNIVERSIDAD DISTRITAL
PAPELEO	100	NO APLICA	50000	PROPIA
VALOR TOTAL			10567500	

Tabla 2. Presupuesto

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Archundia López, M. Á. (2015). *Diseño y manufactura de un troquel de corte con fines didácticos*. Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México .
2. Balakrishnan, M., & Issac, J. C. (2014). Design of the Multi-Stage Progressive Tool for Blanking a Sheet Metal Component. *The International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 875-881.
3. Boljanovic, V. (2014). *Sheet metal forming and die design* . New York : Industrial Press Inc.
4. Jia, Z.-X., Li, H.-L., Zhang, X.-C., Li, J.-Q., & Chen, B.-J. (2010). Computer-aided structural design of punches and dies for progressive die based on functional component. *The International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 837–852.
5. Paquín, J. R., & Boljanovic, V. (2006). *Die design fundamentals*. New York: Industrial Press Inc.
6. Sarmiento Beltrán, C. L., & Velásquez, D. C. (2016). *Diseño de un troquel coaxial doble para la producción de la pieza tapa betún 30g-36g y uso exclusivo de la prensa (Alfons Haar P15) en la empresa Incoltapas S.A.* Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.