



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y
ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MORDAZA
DE UNA DIRECCIÓN EN ECUADOR

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ

Autores

Iván Patricio Gárate Condo

Javier Ignacio Toromoreno Gálvez

Director

Ing. Mateo Coello Salcedo

CUENCA – ECUADOR

2020

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres quienes siempre estuvieron conmigo pendientes de mi carrera profesional y con todo su amor me apoyaron. A mi hermana Anita por creer en mí y brindarme su apoyo cuando todo parecía no tener sentido. A mi tía Janeth, a mis hermanas Isabel, Lucy y Anita por su apoyo, por sus palabras de aliento y sus consejos.

Y por supuesto a mi querida Universidad, a cada uno de mis catedráticos a mi compañero de investigación y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Iván Patricio Gárate Condo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme la vida y sabiduría para alcanzar este logro, a mi madre por su valentía, guía y dedicación a lo largo de mi vida y darme la oportunidad de empezar mis estudios.

Agradezco profundamente a mi esposa por su constante apoyo en estos años y darme el ánimo en los momentos más difíciles, a mis hermanas y sobrinas por su amor y apoyo incondicional durante mi carrera universitaria, a mi compañero de investigación, a cada uno de los catedráticos de mi Universidad, al Ing. Mateo Coello por su guía, apoyo y conocimientos para la culminación de este trabajo y aporte para mi desarrollo profesional.

Javier Ignacio Toromoreno Gálvez

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada principalmente a Dios, por brindarme la vida y permitirme llegar a este proceso importante en mi etapa profesional. A mis Padres, por ser el pilar fundamental, por haberme inculcado siempre el estudio y por demostrarme siempre su cariño, amor y apoyo incondicional, a mis hermanas Lucy, Isabel y en especial a mi hermana Anita que siempre estuvo conmigo apoyándome en todo este proceso de vida universitaria.

A esa persona especial que está en los brazos de DIOS, con quien prometimos festejarlo pues ¡Bárbara, lo hice!

A mis sobrinos y a mis sobrinas y a todas esas personas que de alguna manera estuvieron conmigo.

Iván Patricio Gárate Condo

DEDICATORIA

Quiero dedicar el esfuerzo y dedicación de mi desarrollo profesional a mi madre por su ejemplo, guía y fortaleza a lo largo de mi vida, a la memoria de mi padre que está presente en mi corazón

A mi esposa por su gran amor incondicional, paciencia y ser el pilar más importante para alcanzar esta meta lo logramos, a mis hermanas y sobrinas por su constante cariño y amor.

¡Este logro también es de ustedes!

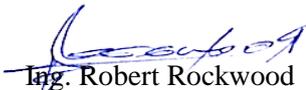
Javier Ignacio Toromoreno Gálvez

EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MORDAZA DE 1 DIRECCIÓN EN ECUADOR

Resumen

El presente trabajo de investigación evaluó la factibilidad técnica y económica para la producción nacional de la mordaza de 1 dirección para latonería, se realizó un estudio técnico de diseño, económico y estructural de materiales; además se verificó si se cuenta con la infraestructura, tecnología y maquinaria necesaria para la manufactura de esta herramienta, con la finalidad de proveer al mercado una mordaza de 1 dirección para latonería que cumpla con las características técnicas, calidad y garantía para el usuario final; la investigación se realizó mediante un análisis de campo para evidenciar la demanda de la herramienta y el costo de la misma que se encuentra en el mercado nacional, además de la aceptación de parte de las empresas que actualmente la comercializan a una mordaza de fabricación nacional reduciendo tiempo y costos de importación. La investigación realizada indica que la manufactura de la herramienta no es factible debido al costo que implica la producción de la misma.

Palabras clave: Diseño mecánico, Mordaza de 1 dirección, Mercado, Manufactura, Ecuador.



Ing. Robert Rockwood
Coordinador de Carrera



Ing. Mateo Coello
Director de Tesis



Javier Toromoreno Gálvez
Estudiante



Iván Gárate Condo
Estudiante

EVALUATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY FOR THE PRODUCTION OF ONE-WAY CLAMP FOR BRASSWARE IN ECUADOR

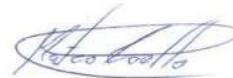
Abstract

This research evaluated the technical and economic feasibility for a national production of a one-way clamp for brassware. A technical study about the economic and structural design of materials was carried out. In addition, it was verified that the infrastructure, technology and machinery necessary for the manufacture of this tool existed in Ecuador to probe to the market that a one-way clamp for brassware, meets the technical characteristics, quality and guarantee for the users. The research was carried out through a field analysis to show the demand of the tool and its cost in the national market. It was also shown the acceptance of companies that currently sell nationally manufactured clamps, reducing import time and costs. The results indicates that the manufacture of the tool is not feasible due to the cost involved in its production.

Keywords - Mechanical design, one-way clamp for brassware, marketplace, manufacturing, Ecuador.



Ing. Robert Rockwood
Coordinador de Carrera



Ing. Mateo Coello
Director de Tesis



Javier Toromoreno Gálvez
Estudiante



Iván Gárate Condo
Estudiante



EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN DE MORDAZA DE 1 DIRECCIÓN EN ECUADOR

Iván P. Gárate C.; Javier I. Toromoreno G.

Universidad del Azuay,

Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

ivanpgc@hotmail.com; javtor_@hotmail.com

mfcocello@uazuay.edu.ec, efernandez@uazuay.edu.ec, ftorres@uazuay.edu.ec

Resumen- El presente trabajo de investigación evaluó la factibilidad técnica y económica para la producción nacional de la mordaza de 1 dirección para latonería, se realizó un estudio técnico de diseño, económico y estructural de materiales; además se verificó si se cuenta con la infraestructura, tecnología y maquinaria necesaria para la manufactura de esta herramienta, con la finalidad de proveer al mercado una mordaza de 1 dirección para latonería que cumpla con las características técnicas, calidad y garantía para el usuario final; la investigación se realizó mediante un análisis de campo para evidenciar la demanda de la herramienta y el costo de la misma que se encuentra en el mercado nacional, además de la aceptación de parte de las empresas que actualmente la comercializan a una mordaza de fabricación nacional reduciendo tiempo y costos de importación. La investigación realizada indica que la manufactura de la herramienta no es factible debido al costo que implica la producción de la misma.

Palabras clave: Diseño mecánico, Mordaza de 1 dirección, Mercado, Manufactura, Ecuador.

Abstract- This research evaluated the technical and economic feasibility for a national production of a one-way clamp for brassware. A technical study about the economic and structural design of materials was carried out. In addition, it was verified that the infrastructure, technology and machinery necessary for the manufacture of this tool existed in Ecuador to probe to the market that a one-way clamp for brassware, meets the technical characteristics, quality and guarantee for the users. The research was carried out through a field analysis to show the demand of the tool and its cost in the national market. It was also shown the acceptance of companies that currently sell nationally manufactured clamps, reducing import time and costs. The results indicates that the manufacture of the tool is not feasible due to the cost involved in its production.

Keywords - Mechanical design, one-way clamp for brassware, marketplace, manufacturing, Ecuador.

I. Introducción

El sector automotriz es una importante rama en la actividad económica del país tanto en el transporte público y privado, generando de diversas maneras ingresos por impuestos, aranceles y aportando con puestos de trabajo, de acuerdo al Plan Toda una Vida [1] menciona de acuerdo a la producción industrial nacional en el capítulo 5 indica: “Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos nacionales, como también la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para generar valor agregado y procesos de industrialización en los sectores productivos con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación”.

En este estudio se analizará la factibilidad para la producción de una mordaza de 1 dirección para latonería, ya que en el Ecuador se importa este tipo de herramientas que se utiliza en los centros de colisiones de latonería y pintura, esta necesidad se da debido al crecimiento del parque automotor lo que deriva en incremento de colisiones a nivel país, estos datos se corroboran según datos oficiales de las entidades públicas:

Según la “Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA), en el 2017, en el mundo se fabricaron 73,4 millones de automóviles y 23.84 millones de camiones, en los últimos 10 años, la industria automotriz tuvo un incremento de 25% de producción.” [2]

Teniendo en cuenta estos datos como referencia en “Ecuador en el 2018 el sector automotor creció un 31% en relación al 2017 y cerró el mercado con 137 615 unidades vendidas, siendo los de origen chino, mexicano, colombiano y europeo los que tuvieron mayor crecimiento en el mercado automotor”. [2]

La Agencia Nacional de Tránsito (ANT) en su Anuario de Estadísticas de Transporte de 2018

indica que: “se alcanzó la cifra de 25 530 siniestros en las vías del país, con una disminución de 11,9% con respecto de 2017; con mayor detalle indica que en promedio se reportaron 2.128 siniestros mensuales durante el 2018”. [3]

Se toma como referencia la marca más vendida en el país que según AEADE es Chevrolet; por lo tanto, en los últimos años en los concesionarios MIRASOL S. A. los vehículos que ingresan por colisiones al taller de latonería son 236 cada dos meses, esto nos da una idea de la demanda que existe en los talleres autorizados como en los talleres particulares. [4] Mismos que cuentan con herramientas especializadas para realizar estos trabajos.

En la actualidad, en el mercado ecuatoriano no existe un fabricante de la mordaza de 1 dirección para latonería; por lo tanto, no se pudo obtener mayor información sobre trabajos relacionados, procesos de manufactura o norma que avale la producción de esta herramienta, por tal motivo, frente a esta necesidad se ha visto apropiado analizar la factibilidad técnica y económica para la fabricación de esta herramienta especializada, en lo que concierne a diseño mecánico, propiedades de material, proceso de manufactura y costos de materiales y producción. Para determinar esto se ha realizado encuestas a empresas que importan estas herramientas para saber su aceptabilidad para adquirir una que sea manufacturada en el país y así reducir costos de importación.

Por lo expuesto anteriormente se tiene previsto analizar costos de adquisición de equipos para forjado, materia prima, nave industrial, herramientas y equipos de cómputo y físicos que permitan fabricar esta herramienta y otras de similares características, pero con diferentes aplicaciones, de tal manera que sea rentable la inversión a realizar.

Finalmente se tiene un análisis comparativo de los resultados obtenidos para determinar si los costos de fabricación de la mordaza de 1 dirección para latonería son adecuados, para el presente trabajo se ha tomado como referencia una mordaza que se comercializa en el mercado, de la cual se tomó el modelo, material, diseño mecánico y proceso de manufactura.

• Proceso de manufactura

Según UDDEHOLM en su ficha técnica para acero de herramientas para forja, que el acero debe tener características como resistencia al calor y al desgaste a temperaturas elevadas que son más importantes que la capacidad de soportar la carga por impacto, sin embargo, se debe optimizar la tenacidad del impacto y la ductilidad en relación a la resistencia al desgaste, sobre todo al tratarse de matrices de mayor tamaño. [5]

Los procesos de manufactura por forja de herramientas, por lo general se llevan a cabo de dos maneras; la primera es “Forjado de matriz abierta que es una operación más simple de forjado donde se pueden hacer piezas pequeñas como clavos hasta propulsores de barcos, este tipo de forjado se representa mediante una pieza de trabajo sólida colocada entre dos matrices planas y cuya altura se reduce por compresión, proceso conocido como *recalcado* o *forjado de matriz plana*”. [6]

La segunda manera y la que se va a implementar es este trabajo es el “Forjado por matriz de impresión y de matriz cerrada, proceso en el cual la pieza de trabajo toma la forma de la cavidad de la matriz mientras se va forjando entre dos matrices con forma; por lo general este proceso se lleva a cabo a elevadas temperaturas”. [6]

A continuación, la Figura 1 indica el proceso de manufactura que se va a analizar en este trabajo.

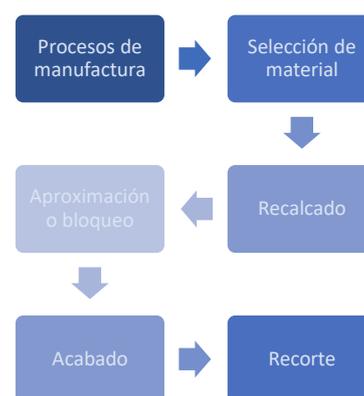


Fig. 1 Procesos de manufactura

Estos procesos se llevan a cabo para la fabricación de elementos y herramientas para operaciones de corte y conformado en frío, como: cizallas, cuchillas, matrices de corte, punzones de corte, cuchillas de dobladoras, rodillos de conformado,

rodillos guías, etc. [7] La mordaza de 1 dirección para latonería es otra herramienta que se fabrica mediante este proceso de forjado en frío debido a las características requeridas.

Se debe utilizar aceros para herramientas que cumplan características de endurecimiento, dureza, resistencia al desgaste y tenacidad, mismas que se obtienen después de someter el acero a un tratamiento térmico hasta una dureza 64 HRC, el fabricante del acero debe agregar materiales como Mn, Fe, Si, Cr, etc.; estos elementos aportan con propiedades necesarias para el acero herramental.[8]

Sin embargo, en el proceso de forjado se presentan diversos defectos que dependen del material, diseño del elemento y técnicas de manufactura, algunos defectos se evidencian en la apariencia de la herramienta mientras que otros perjudican la estructura interna de la pieza fabricada, por lo tanto; se ve la necesidad de conocer los defectos que se presentan en la fabricación mediante este proceso.

La materia prima que se utiliza en muchos casos provoca diferentes defectos como son: proyecciones metálicas, cavidades por contracción, micro porosidades, discontinuidades, superficie defectuosa, etc.; de igual manera el proceso de forja también genera defectos que van de la mano con el tipo de material y las variables del proceso afectando a su resistencia y calidad, algunos de ellos son: agrietado superficial, cavidades y micro porosidades, cabe mencionar que estos defectos que se presentan a nivel estructural se los puede descubrir mediante pruebas de ultrasonido, líquidos penetrantes, partículas abiertas, entre otros. [9]

En la Figura 2 se presenta estos defectos mencionados que se evidencian en la manufactura por forjado.

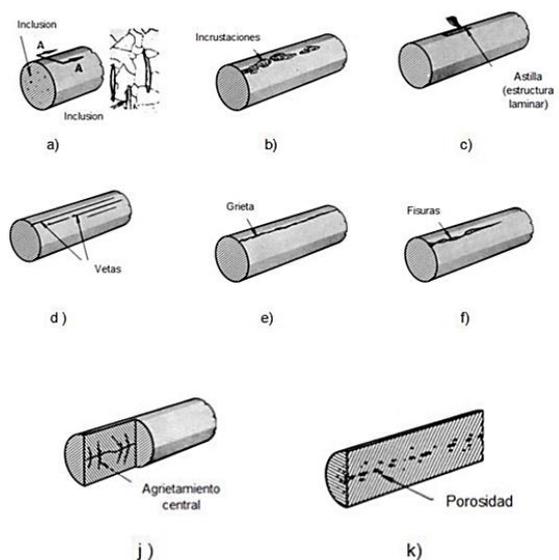


Fig. 2 Defectos comunes de forjado

II. Materiales y métodos

- **Diseño de mordaza de 1 dirección en el mercado**

La empresa JONNESWAY es la principal proveedora de la mordaza de 1 dirección que se comercializa en el Ecuador, entre las cuales existen diferentes mordazas con características diferentes que dependen la exigencia del trabajo que se va a desarrollar, en cuanto a la capacidad de enderezado, sujeción del elemento, ancho de mordaza y dirección de enderezado.

Para analizar los modelos existentes en el medio se llevó a cabo un estudio de mercado mediante encuestas a diferentes empresas que distribuyen esta herramienta para saber su aceptación ante la adquisición de una mordaza de producción nacional, teniendo como resultado la mordaza de 1 dirección es la más solicitada por los clientes por su diseño, geometría, capacidad de carga y dureza. A continuación, la Tabla 1 indica las características de la mordaza de 1 dirección que existe en el mercado, en la cual se basa este estudio.

Tabla 1. Características de la mordaza de 1 dirección (Catálogo #5 Jonnesway, 2016)

Características mecánicas	
Ancho de mordaza	35 mm
Longitud	220 mm

Profundidad de sujeción	60 mm
Apertura	35 x 40 mm

La Figura 3 indica el modelado de la base de la mordaza de 1 dirección realizada en software para el análisis estructural.

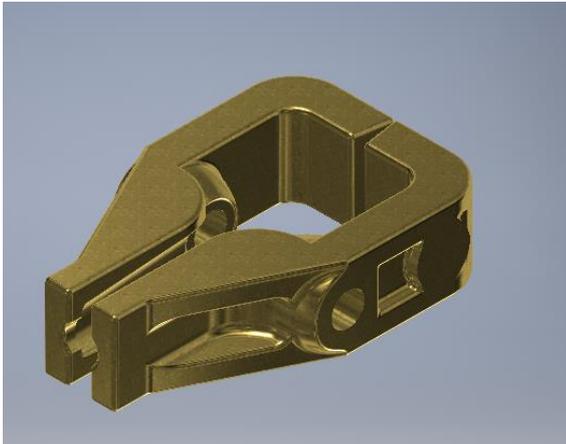


Fig. 3 Modelo de mordaza de 1 dirección

Al contar con el modelo de la mordaza de 1 dirección se toma como referencia las mismas medidas para realizar el modelado de la herramienta en el programa el software Inventor® CAD que proporciona herramientas de diseño mecánico, documentación y simulación de productos 3D. (AUTODESK, 2020)

- **Modelo de las garras de la mordaza de 1 dirección**

La mordaza de 1 dirección consta de dos garras simétricas las que ejercen una sujeción en la carrocería del vehículo y a su vez una fuerza horizontal contraria a la dirección de la deformación igual a la ejercida por la máquina enderezadora que en este caso es de 3 Ton. Las características tomadas para el diseño de la mordaza de 1 dirección utilizada como modelo de la marca JONNESWAY son las siguientes:

- **Diseño de la argolla cónica**

La argolla es un elemento muy importante para el trabajo que desarrolla la mordaza de 1 dirección, la misma transmite la fuerza que aplica la máquina enderezadora permitiendo que la mordaza de 1 dirección aplique la misma a la carrocería deformada, en la Figura 4 se aprecia el modelado de

la misma la cual se basa en las medidas de la existente en el mercado.



Fig. 4 Modelo base de la argolla de la mordaza de 1 dirección.

- **Ensamble de la mordaza de 1 dirección**

Tomando como referencia la mordaza existente en el mercado se realiza el ensamble en el modelado realizado, formando así la mordaza de 1 dirección como se observa en la Figura 5.

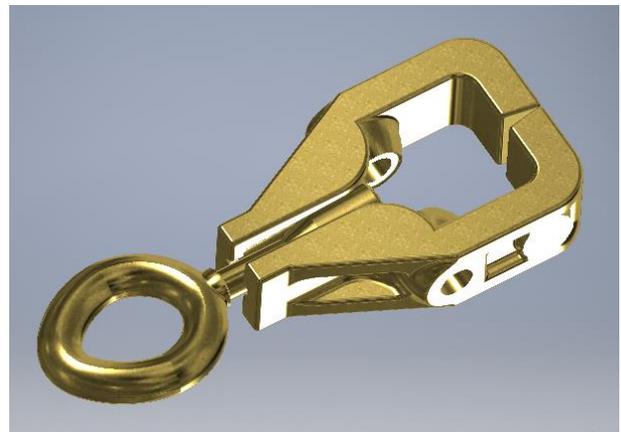


Fig. 5 Modelo de mordaza de 1 dirección.

- **Modelado de la herramienta en software**

El modelado de la herramienta se lo realiza en el programa Altair HyperWorks, este programa permite centrarnos en la pieza simulada tal como se la va a fabricar, aplicando los parámetros de esfuerzo y cargas a los que va a estar sometida, como son: esfuerzos de compresión, tensión y último que va a soportar y cargas de tensión aplicadas; teniendo en cuenta que la geometría va a sufrir deformaciones y cambios estructurales internos en diferentes planos de la pieza como son en: x, y y z;

por lo tanto, se aplicó rígidamente en los agujeros para simular el esfuerzo que va a soportar el perno roscado, además se aplica una fuerza en el extremo donde trabaja la parte cónica simulando el trabajo desarrollado por la máquina enderezadora.

Bajo estos parámetros se aplicaron en el modelo y además se realizaron las siguientes consideraciones mecánicas al elemento. La tabla 2 indica las propiedades mecánicas del material que va a ser utilizado en el probable manufacturado de la herramienta.

Tabla 2. Propiedades del material

Propiedad	Valor
Módulo de Young (GPa)	210 000
Relación de Poisson	0.3
Esfuerzo de cedencia (MPa)	80 769.2
Esfuerzo último (MPa)	423.2

El elemento fue mallado con 2500 elementos finitos tipo *Volume Tetra* de geometría triangular debido a los rígidamente aplicados, no se presentaron fallas en el mallado realizando el análisis de elementos finitos sometidos a las cargas que debería soportar la mordaza de 1 dirección tal como se observa en la Figura 6, en la cual se aprecia de color rojo la simulación de la carga de 3 Ton aplicada en la mordaza de 1 dirección.

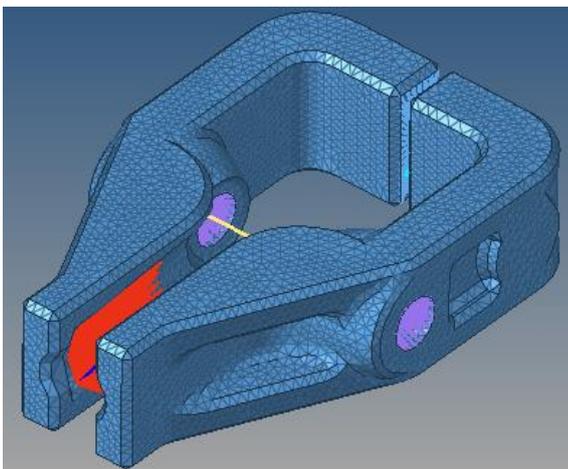


Fig. 6 Mallado de la mordaza de 1 dirección

A) Proceso de Manufactura

El proceso de manufactura a llevarse a cabo es de forjado en frío debido a que este proceso se realiza a una temperatura entre 550 a 950°C y ofrece un excelente acabado superficial y mejores tolerancias dimensionales que en el forjado en caliente; además

que su velocidad de producción es de entre 10 a 40 piezas por minuto, lo que es beneficioso para el tema de costos de producción. [5]

Según [10], para obtener las tolerancias del herramental se deben tomar en cuenta los siguientes datos: el material del herramental, desgaste del dado y las medidas principales de la pieza final deseada; además señala que las tolerancias tanto largo y ancho deben ser $\pm 0.003\text{mm}$ por cada mm incluyendo diámetros.

Estos deben ser tomados en cuenta en las operaciones de preformado, proceso en el que se distribuye el material apropiadamente de manera que ocupe todas las regiones de la matriz para obtener la pieza final deseada. [11]

En el forjado con dado cóncavo se acumula en un área localizada, en cambio en el forjado con dado convexo se retira el material de un área definida. Por consiguiente, mediante un proceso de aproximación se da la forma a la herramienta de la argolla y los orificios para el perno roscado, luego se elimina la rebaba mediante una operación conocida como cortado de rebaba. [6] El proceso de forjado se lleva a cabo siguiendo los pasos que se detallan a continuación en la Figura 6.

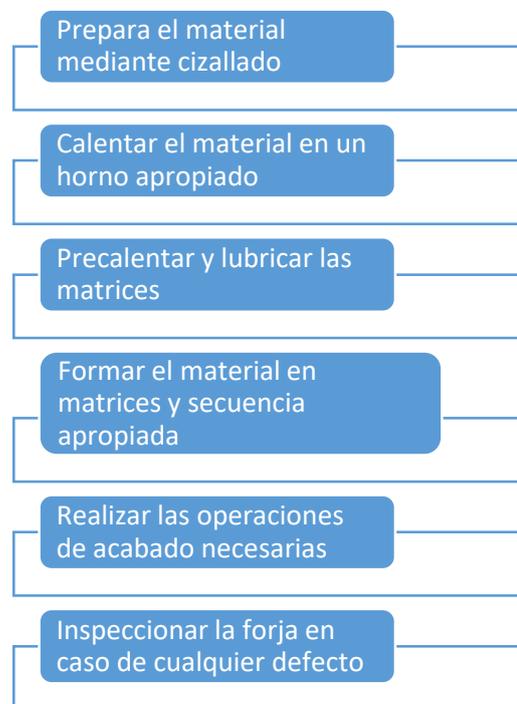


Fig. 6 Modelo de proceso de forjado

A continuación, la Figura 7 indica gráficamente el proceso de forjado en frío de una herramienta como la que se va a construir:

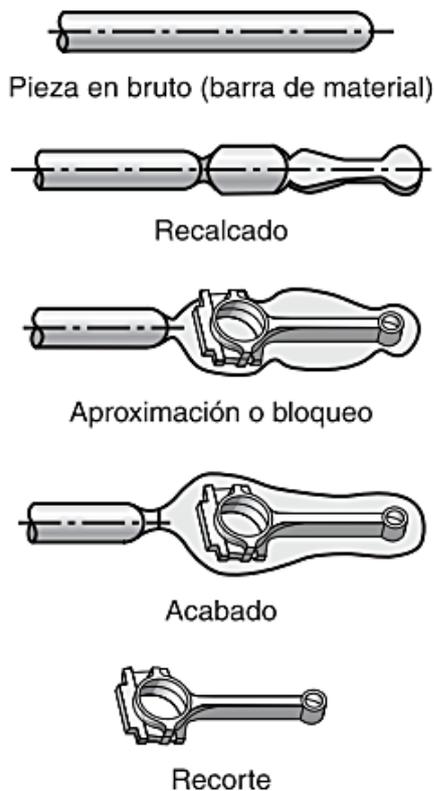


Fig. 7 Proceso de forjado en frío.

B) Selección del material

- **Materia prima**

Para seleccionar el tipo de acero a utilizar en el proceso de manufactura se realiza una investigación a través de trabajos de manufactura de herramientas y piezas fabricadas mediante el método a utilizar, donde según [12] indica lo siguiente: “*se encontró que el cambio en la microestructura en diferentes tipos de acero D2, usado en una herramienta de trabajo en frío para el estampado en seco sobre láminas de acero de alta dureza producía una mayor resistencia pues tenía una gran cantidad relativa de carburos secundarios en comparación con las muestras que presentaban gran cantidad de carburos primarios gruesos*”; el acero AISI D2 lo podemos encontrar en el mercado nacional y es un material que proporciona “*resistencia al desgaste y tenacidad alta utilizado para construcción de herramientas y cuchillas*”[7].

En la siguiente Tabla 3 podemos observar los componentes químicos del acero AISI D2:

Tabla 3. Características del acero AISI D2

Ace ro	C	Mn	Si	Cr	Mo	V
AIS	1.6	0.6	0.6	11.	0.7	1.1
I	0-	0	0	00-	0-1	0
D2	1.4	má	má	13.	.20	má
	0	x.	x.	00		x.

El acero D2 tiene alto contenido de C y Cr, por ende, posee alta resistencia al desgaste, baja tenacidad, resistencia a la compresión y excelente templabilidad al aire, además presenta baja decarburización, es decir, que no presenta oxidación de C esto ayuda a que no se presente material que eliminar en la superficie de la pieza y también evita la presencia de herrumbre. [8]

Este material se puede obtener en el mercado nacional, según las características técnicas obtenidas en el Catálogo de Productos [13], el acero AISI D2 tiene las características detalladas en la Tabla 4., siendo ideal para el trabajo en piezas forjadas en frío.

Tabla 4. Características del material

Especificación Standard	ACERO AISI D2
Dureza del material (HB)	56 – 58
Densidad kg/m ³	7 600
Módulo de elasticidad N/mm ²	200 000 – 210 000
Resistencia a la compresión MPa	2 100
Espesor del material	< 3 mm

C) Equipo para Manufactura

- **Selección del equipo de forjado**

Son diversos los equipos que existen para el trabajo de forjado con diferentes características, aplicaciones y velocidades de trabajo, una prensa hidráulica trabaja a intervalos de velocidades entre 0,06 y 0,3 m/s. [6] como podemos observar en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Velocidades de equipos de forjado

[6]

Equipo	Velocidad (m/s)
Prensa hidráulica	0.06–0.30
Prensa mecánica	0.06–1.5
Prensa de tornillo	0.6–1.2
Martinete de caída por gravedad	3.6–4.8
Martinete de caída mecánica	3.0–9.0
Contra martillo	4.5–9.0

La prensa hidráulica es el equipo apropiado para manufacturar la mordaza de 1 dirección, ya que trabaja a velocidades constantes y es ideal para la fabricación en serie, pueden transmitir grandes cantidades de energía a una pieza de trabajo por medio de una carga constante a través de un recorrido, cuya velocidad se puede controlar y su capacidad de prensado va desde 125 MN hasta 450 MN, además que tienen un costo de mantenimiento más bajo que las prensas mecánicas. [6] Este análisis se evidencia en la Tabla 6 como características de cada equipo mencionado.

Tabla 6. Comparación de características de equipos de forjado [6]

Equipo	Capacidad de prensado	Tipo de energía
Prensa hidráulica	125 – 450 MN	Carga limitada
Prensa mecánica	2.7 - 107 MN	Carrera limitada
Prensa de tornillo	1.4 - 280 MN	Energía limitada
Martinete de caída por gravedad	N/E	Energía limitada
Martinete de caída mecánica	225 – 22 500 kg	Energía limitada
Contra martillo	1200 kJ	N/A

D) Definir el proceso productivo

En este punto se va a analizar la factibilidad técnica y económica para la fabricación de la mordaza de 1 dirección, teniendo en cuenta los parámetros más importantes como: procesos de manufactura, análisis financiero, establecer el modelo productivo, costos de producción y comercialización de la herramienta.

- **Análisis financiero**

Este análisis se lo realiza a través de un flujo de caja proyectado por el tiempo del mismo e indicadores financieros que determinan la viabilidad del proyecto. A continuación en la Tabla 7 se detallan los activos fijos que conforman el total de la inversión.

Tabla 7. Inversión del proyecto

Inversiones	\$USD	Vida útil (años)
Martillo hidráulico	86 000	5
Equipos de cómputo	3 000	10
Herramientas	1 500	5
Total de Inversiones	90 500	

En la Tabla 8 se detalla el valor de ventas, precio, margen de contribución que se espera obtener durante el proyecto y el punto de equilibrio al cual deberían llegar las ventas para que el nivel de utilidad sea \$0 y a partir de esta cantidad se obtenga ya un beneficio económico.

Tabla 8. Costos generales de producción

Ventas	\$86 400
Costos variables	\$77 900
Margen de contribución	\$8 500
Razón de margen de contribución	9.84%
Costo fijo	\$39 855,85
Costo variable unitario	\$81.15
Precio	\$90.00
Punto de equilibrio(Personas)	4 501

En las encuestas realizadas a diferentes empresas del mercado que distribuyen la mordaza de 1 dirección, se obtuvieron los siguientes resultados de demanda mensual de la herramienta. La Tabla 9 indica la demanda que existe en el mercado en la actualidad.

Tabla 9. Demanda mensual del mercado

CONAUTO C. A.	50
CARTOOLS	20
BP	20
VELEZ E HIDALGO	20
Total	90

El costo de producción unitario se realiza en base al costo de la materia prima, que se cotizó en la empresa BHOMAN ubicada en la ciudad del Guayaquil, la cual distribuye todo tipo de acero y

material metal mecánico para diferentes industrias del país, el costo del material de 1 m de longitud es de \$500 a continuación se detalla el costo por unidad. La Tabla 10 muestra el costo del material cotizado en el mercado nacional, según las características requeridas para la manufactura de la herramienta.

Tabla 10. Costo de material

Costo 15 cm acero AISI D2	\$65
Costo perno roscado	\$5
Costo total	\$85

Sin embargo, para el desarrollo del flujo se ha planteado un supuesto que durante el primer año se venderá el 60% del total de la producción, durante el segundo se proyecta vender el 80% de las unidades, y el 100% de la producción a partir del tercer año. Tabla 11 detalla el financiamiento que se necesita para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 11. Datos de financiamiento

Inversión Total		\$ 90 500
Recursos Propios	30%	\$ 27 150
Préstamo	70%	\$ 63 350
Tasa Interés		15.10%

La Tabla 11 muestra que para el desarrollo del proyecto se cuenta con un 30% de recursos propios por lo que se tuvo que recurrir a un cañedito por la diferencia de la inversión total que es de \$90 500, amortizado a 5 años.

Para analizar la factibilidad del proyecto se calcularon los siguientes indicadores financieros:

TIR: Es la rentabilidad que ofrece una inversión expresada en porcentaje, se define también como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN se haga cero para un proyecto de inversión. [14]

Para determinar si el proyecto es o no rentable mediante este indicador el criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado.

Si $TIR = k$, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero.

Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

VAN: Es la suma de los flujos netos proyectados que han sido descontados, restando a estos la inversión inicial, este resultado se obtiene en valor monetario. [14]

Para interpretar el VAN es importante tener claro que este representa una cantidad monetaria, que refleja la diferencia entre el valor actual de los cobros menos el valor actualizado de los pagos; es decir, es el valor de todos los flujos de caja esperados referido a un mismo momento del tiempo, por lo que se podría interpretar de la siguiente manera

$VAN > 0 \Rightarrow$ Que la empresa genera beneficio.

$VAN = 0 \Rightarrow$ No hay beneficio ni pérdidas, aunque se pierde el tiempo

$VAN < 0 \Rightarrow$ hay pérdidas en la empresa, además de perder el tiempo.

III. Resultados

La Tabla 12 indica los resultados del proyecto después de realizar el flujo, obteniendo tanto un VAN y un TIR negativos concluyendo de esta forma que el proyecto no es rentable.

Tabla 12. Indicadores financieros

TMAR	24.68%
VAN	-\$ 147 114
TIR	-63.67%

En referencia al Tmar se espera que al menos el proyecto tenga una tasa mínima aceptable de rendimiento del 24.68%, en base al cálculo del $T_MAR = Re + \text{Riesgo país}$, representado de la siguiente manera:

Fórmula 1. Cálculo de T_MAR

$$T_MAR = Re + \text{Riesgo País}$$

Sin embargo el resultado de la TIR es negativo ya que la suma de los flujos es menor a la inversión,

por lo que el proyecto no es rentable para el plazo establecido.

El análisis del esfuerzo de Von Mises se observa en la Figura 8, como cambia la geometría debido a los esfuerzos a los que es sometido la mordaza de 1 dirección y los movimientos simulados en el software.

Se visualiza la zona de las garras de la mordaza de 1 dirección como cambia de color tomando primero un color verde y luego un color rojo en su interior, con esto se evidencia un esfuerzo de 108 MPa para el área de color verde y 195 MPa para el área roja, esto se debe a que es la parte de la mordaza de 1 dirección que va a tener contacto con la carrocería y donde empieza a sufrir los esfuerzos de la carga aplicada.

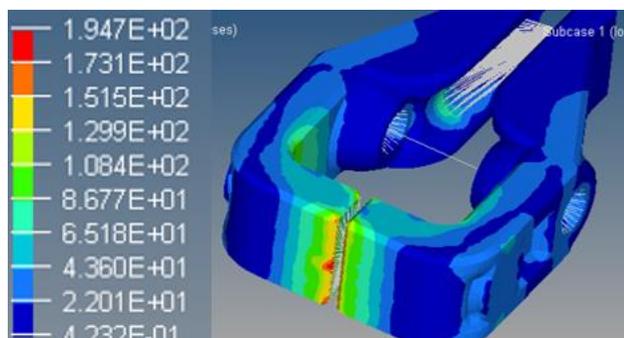


Fig. 8 Esfuerzo de Von Mises que soporta el modelado

La Figura 8 también muestra los esfuerzos que soporta la mordaza de 1 dirección, siendo el esfuerzo mínimo de 423 MPa y el máximo de 1 950 MPa es soportado en los extremos y esquinas de las superficies de la mordaza, que en el proceso de manufacturado deberá ser sometido a un post-proceso para dar forma a una superficie de dientes, esto es muy importante realizarlo ya que como podemos analizar es la zona de mayor esfuerzo y precisamente este acabado superficial ayudará a tener una herramienta con la misma capacidad y garantía de soportar el trabajo y esfuerzos que va a realizar cuando se utilice la herramienta en un proceso de latonería aplicado por una máquina enderezadora.

Además, es evidente que la mordaza de 1 dirección soporta los mayores esfuerzos en las partes donde sufre cambios en su geometría Figura 9, por ejemplo, en los orificios para el perno roscado se aprecia un esfuerzo de 436 MPa de igual manera se tiene en la parte cónica de la mordaza de 1

dirección. Un mayor esfuerzo es evidente en la zona interna de las garras donde se produce un cambio en la geometría considerable ya que en la forma de las garras es la que sufre un esfuerzo de 1 515 MPa siendo la parte que después de las garras va a soportar los esfuerzos.

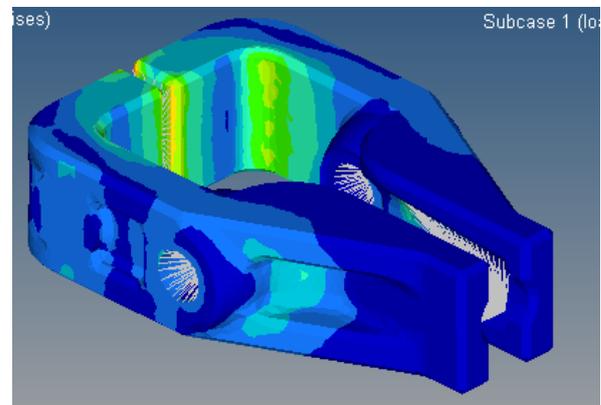


Fig. 9 Esfuerzos en los cambios de geometría

Sin embargo, este análisis nos demuestra que la mordaza de 1 dirección cumple con las condiciones de frontera establecidos y soporta los esfuerzos aplicados, proporcionando al mercado una herramienta de garantía y calidad para los trabajos a realizarse en un taller de enderezado de chasis.

IV. Conclusiones y recomendaciones

La geometría de la herramienta y el diseño mecánico de la mordaza de 1 dirección se realiza en software, teniendo en cuenta los parámetros técnicos y diseño de la mordaza existente en el mercado optimizando los mismos de manera de que la herramienta sea de excelente calidad, esto se debería comprobar después, en caso de llegar a producir la mordaza de 1 dirección realizando pruebas de enderezado en un taller especializado para determinar si resiste la carga aplicada.

Del análisis del proyecto se obtuvo que los resultados de los flujos fueron negativos hasta el cuarto año, primero por la inversión que se incurrió en el año cero y posterior a esto se obtuvieron únicamente pérdidas en los cuatro años siguientes únicamente en el año quinto se obtuvo una mínima utilidad.

Con un resultado de un VAN negativo, debido a que el costo del capital es tan alto que no permite recuperar la inversión y generar utilidad durante el plazo establecido para el proyecto, se deberá

rechazar el proyecto ya que descapitaliza al mismo, en nuestro caso para un flujo de 5 años refleja un VAN de -\$ 147 114 y una TIR de -63.67%, dejando claro que el mismo no es rentable.

Al tomar una decisión es importante también considerar no solo las variables económicas y financieras, sino también variables externas e internas como la capacidad de producción y el tipo de energía o forma de funcionamiento de la maquinaria con la que se trabaja, además se deberá analizar los factores ambientales que puedan afectar a nuestro proyecto, catástrofes naturales, así como los cambios de ciclo económico, cambios políticos, entre otras razones.

Se recomienda diversificar la producción a través de la fabricación de herramientas con similares características como mordazas de 1 y 2 direcciones, de 3, 4 y 5 toneladas que son ideales para diferentes aplicaciones que puedan ser elaboradas con el mismo proceso de manufactura.

Bibliografía

- [1] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, “Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida,” p. 84, 2017, [Online]. Available: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf.
- [2] V. Baledón, G; Reza, Alberto; Coronel, “ANUARIO 2018 AEADE,” p. 54, 2018.
- [3] INEC, “Boletín técnico N°-01-2019-OE,” p. 13, 2019.
- [4] P. Vintimilla, “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL SERVICIO POSVENTA EN LOS TALLERES DE LATONERÍA Y MECÁNICA DE LA EMPRESA MIRASOL S.A.,” p. 145, 2012.
- [5] Uddeholms, “Acero de herramientas para forja,” p. 24, 2017.
- [6] S. ;Kalpakjian S. R. Schmid, *MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, QUINTA. Mexico, 2008.
- [7] Á. Aguirre, “Optimización de los parámetros del proceso de plasma trasferido por arco (PTA) utilizado en la recuperación de componentes de acero grado herramienta D2,” p. 115, 2012.
- [8] J. P. Maldonado, “ANÁLISIS DE LA REPARACIÓN DE ACEROS PARA HERRAMIENTAS AISI H13, D2 Y O1 UTILIZANDO EL PROCESO DE SOLDADURA SMAW,” p. 321, 2012.
- [9] A. Contreras, “OPTIMIZACION DEL PROCESO DE FORJA ABIERTA PARA EVITAR DEFECTOS INTERNOS,” p. 205, 2013.
- [10] J. M. Torres, E. I. Ramírez, O. Ruiz, and A. Ortiz, “Análisis por elementos finitos Diseño y análisis del herramental para un paso de forja ”.,” pp. 114–120, 2017.
- [11] W. Callister, “Introduccion a la Ciencia e Ingenieria De Los Materiales - Callister - 6ed.pdf.” 1996.
- [12] J. Q. A. M. Gonzales, “DISEÑO DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA HERRAMIENTA DE ACERO DE CONFORMADO EN FRÍO,” p. 88, 2016.
- [13] I. C. Bohman, “CATÁLOGO DE PRODUCTOS,” p. 402, 2019.
- [14] F. J. M. Brieva, “La TIR es una herramienta de cuidado,” *Gac. Sausana*, 2013.