



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Evaluación de factibilidad técnica y económica de la producción de un
utillaje especial para mantenimiento automotriz.**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

Autores:

**JOSÉ PATRICIO ENCALADA CÓRDOVA
EDISON VINICIO SUCUZHAÑAY UYAGUARI**

Nombre del director:

DANIEL CORDERO MORENO

CUENCA – ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios por ser el inspirador en mis decisiones y cada uno de mis pasos dados en el diario vivir; a las personas que amo y quiero mucho, mis padres Manuel y Marlene por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este.

A mis hermanos Álvaro y Diana por el apoyo en cada decisión realizada, y por estar a mi lado en cada momento hoy, mañana y siempre; a los amigos que de una manera u otra, me han ayudado a cumplir este sueño.

Patricio Encalada

DEDICATORIA

Este proyecto investigativo está dedicado a mi hija, motivo principal de mi superación personal y profesional, también a mi ex esposa por demostrarme amor incondicional a pesar de las circunstancias.

Vinicio Sucuzhañay

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento a la Universidad del Azuay, a la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, a sus docentes y a nuestro Director de Tesis Ing. Daniel Cordero por compartir sus conocimientos con voluntad y paciencia, por el apoyo y asesoramiento en el transcurso de nuestra formación académica y en la realización del presente trabajo. De manera especial agradezco a mis padres por su apoyo moral y económico, que Dios les bendiga.

Patricio Encalada

AGRADECIMIENTOS

A mi hermana Martha Sucuzhañay, por su apoyo incondicional y ser pilar fundamental para no claudicar en mis sueños, a mis padres por brindarme la oportunidad de superarme.

También un agradecimiento inmenso al doctor Daniel Cordero tutor de este artículo, y a todo el personal docente y administrativo de la Universidad del Azuay.

Vinicio Sucuzhañay

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. SITUACIÓN ACTUAL Y ESQUEMA DEL ESTUDIO	2
III. MATERIALES	5
IV. MÉTODOS	5
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Uso de materiales en la industria automotriz	3
Figura 2. Herramienta removedora de manguitos de ajuste de precarga de rodamientos	4
Figura 3. Cuadrados de mando.....	4
Figura 4. Proceso de elaboración de la herramienta	4
Figura 5. Reproducción topológica inicial de la herramienta	6
Figura 6. Restricciones y mallado de la herramienta obtenida mediante ingeniería inversa .	6
Figura 7. Restricciones y mallado de la herramienta optimizada	7
Figura 8. Proceso para la selección del material	7
Figura 9. Análisis de esfuerzos herramienta obtenida mediante ingeniería inversa	10
Figura 10. Análisis de deformaciones herramienta obtenida mediante ingeniería inversa..	10
Figura 11. Herramienta optimizada.....	11
Figura 12. Dimensiones de la herramienta optimizada	11
Figura 13. Análisis de esfuerzos de la herramienta optimizada.....	11
Figura 14. Análisis de deformaciones de la herramienta optimizada	12
Figura 15. Inversiones del proyecto	13
Figura 16. Costos del proyecto	13
Figura 17. Gastos del proyecto	14
Figura 18. Zonas de optimización y eliminación de mando	14
Figura 19. Aplicación de la fuerza en la herramienta optimizada.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Características generales de la herramienta.....	4
Tabla II. Criterios para el análisis de esfuerzos y deformaciones.....	6
Tabla III. Criterios para el análisis de esfuerzos y deformaciones con la herramienta optimizada.....	7
Tabla IV. Atributos de los materiales preseleccionados	7
Tabla V. Escalas de ponderación	8
Tabla VI. Características de los procesos de manufactura.....	8
Tabla VII. Resultados de la herramienta original	10
Tabla VIII. Resultados de la herramienta optimizada.....	12
Tabla IX. Variación porcentual de resultados	12
Tabla X. Características del material seleccionado.....	12
Tabla XI. Características del proceso de corte seleccionado	12
Tabla XII. Tiempos estimados para los procesos de elaboración	13
Tabla XIII. Estimación de precios de la herramienta.....	13
Tabla XIV. Indicadores financieros obtenidos.....	14

EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE UTILLAJE ESPECIAL PARA MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

RESUMEN

Ecuador en el año 2019 contaba con 2 444 911 vehículos, un incremento del 7, 26% respecto al año 2018. Así, el aumento vehicular demanda proporcionalmente una amplia disponibilidad de centros de servicio técnico con personal calificado y equipamiento de alta calidad, según requerimientos legales y técnicos. Sin embargo, numerosos centros de mantenimiento independientes realizan actividades sin el equipamiento necesario, ya sea por desconocimiento o precios altos. En consecuencia, el presente estudio analiza la factibilidad técnica y económica para la elaboración de un utillaje especial de uso automotriz, con la meta de incrementar la accesibilidad y abaratar costos. Luego del proceso de diseño, selección de material, selección de un proceso de manufactura, análisis de oferta y demanda, determinación de canales de comercialización y precio de venta del producto; la herramienta diseñada satisface requerimientos técnicos para su producción, aunque financieramente debe producirse con otros productos para garantizar la sostenibilidad empresarial.

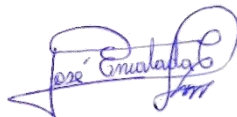
Palabras claves— diseño de utillaje, equipamiento automotriz, diseño mecánico.



.....
Ing. Daniel Cordero Moreno. PhD.
Director del Trabajo de Titulación



.....
Ing. Robert Rockwood. Msc.
Director de Escuela



.....
José Patricio Encalada Córdova
Autor



.....
Edison Vinicio Sucuzhañay Uyaguari
Autor

“TECHNICAL AND FINANCIAL FEASIBILITY EVALUATION FOR SPECIAL TOOL PRODUCTION OF AUTOMOTIVE USE”

ABSTRACT

In the year 2019, Ecuador had 2 444 911 vehicles, an increment of 7, 26% with regard to year 2018. Consequently, this increment of vehicles requires an extensive availability on highly equipped maintenance centers and technical service personnel, all of this in concordance with technical and legal requirements. However, many automotive maintenance centers are not fully equipped due to the elevated equipment prices or scarce information about special tools. For this reason, this study analyzes the technical and financial feasibility of manufacturing a special tool for automotive use to promote local accessibility and reduce costs. After the design process, material selection, manufacturing process selection, supply and demand analysis, marketing analysis and product price definition, it was found that the purposed tool satisfices the technical production requirements. Nevertheless, the tool should be manufactured with other automotive products to guarantee financial parameters and company sustainability.

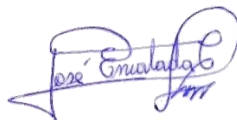
keywords— tool design, automotive equipment, mechanical design.



.....
 Ing. Daniel Cordero Moreno. PhD.
Thesis Director



.....
 Ing. Robert Rockwood. Msc.
School Director



.....
 José Patricio Encalada Córdova
Author

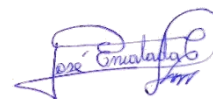


.....
 Edison Vinicio Sucuzhañay Uyaguari
Author



Translated by:

Patricio Encalada, Edison Sucuzhañay




Evaluación de factibilidad técnica y económica de la producción de un utillaje especial para mantenimiento automotriz

José Patricio Encalada Córdova, Edison Vinicio Sucuzhañay Uyaguari

Resumen:

Ecuador en el año 2019 incrementó el número de vehículos un 7,26% respecto al 2018. Este incremento demanda proporcionalmente una amplia disponibilidad de centros de servicio técnico con personal calificado y equipamiento de alta calidad, según requerimientos legales y técnicos. Sin embargo, numerosos centros de mantenimiento independientes realizan actividades sin el equipamiento necesario, ya sea por desconocimiento o precios altos. En consecuencia, el presente estudio analiza la factibilidad técnica y económica para la elaboración de una herramienta especial de uso automotriz, con la meta de incrementar la accesibilidad y abaratar costos. Luego del proceso de diseño, selección de material, selección de un proceso de manufactura, análisis de oferta y demanda, determinación de canales de comercialización y precio de venta del producto; se logró obtener una herramienta que satisface requerimientos técnicos para su producción, aunque financieramente debe producirse con otros productos para garantizar la sostenibilidad empresarial.

Palabras claves— *diseño de utillaje, equipamiento automotriz, diseño mecánico.*

Abstract:

In the year 2019, Ecuador had 2 444 911 vehicles, an increment of 7, 26% with regard to 2018. Consequently, this increment of vehicles requires an extensive availability on highly equipped maintenance centers and technical service personnel, all of this in concordance with technical and legal requirements. However, many automotive maintenance centers are not fully equipped due to the elevated equipment prices or scarce information about special tools. For this reason, this study analyzes the technical and financial feasibility of manufacturing a special tool for automotive use to promote local accessibility and reduce costs. After the design process, material selection, manufacturing process selection, supply and demand analysis, marketing analysis and product price definition, it was found that the purposed tool satisfies the technical production requirements. Nevertheless, the tool should be manufactured with other automotive products to guarantee financial parameters and company sustainability.

keywords— *tool design, automotive equipment, mechanical design.*

I. INTRODUCCIÓN

El Ecuador en el año 2019 contaba con un total de 2 444 911 vehículos, según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE). De esa cantidad, 2 127 541 unidades correspondían a vehículos livianos de las categorías: automóvil, SUV y pick up; en tanto que 317 370 unidades correspondían a vehículos comerciales de las categorías: camión, bus y VAN [1]. La edad promedio vehicular es de 16 años y las provincias que mayor concentración de vehículos matriculados presentan son: Pichincha (23%), Guayas (21%), Manabí (8%), Azuay (6%), Los Ríos (6%), El Oro (5%), Tungurahua (5%) y otros (26%). Así, el parque automotor nacional presentó un incremento del 7,26% en el año 2019 respecto al año 2018 [2], [3]; con la siguiente distribución: Chevrolet (39%), Kia (32%), Toyota (7%), Hyundai (7%), Mazda (5%), Nissan (5%) y otros (5%) [4].

Tal como lo señalan varias premisas legales, técnicas, normativas y comerciales; los vehículos que van a circular en el país deben cumplir una serie de requisitos de acuerdo con

Documento enviado el 12 de enero del 2021.
Realizado en la Universidad del Azuay. Av. 24 de Mayo y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador. 2020.
Autores:
Patricio Encalada, Facultad de Ciencia y Tecnología, Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Correo electrónico: jopaenco@hotmail.com.
Edison Sucuzhañay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Correo electrónico: edd71990@es.uazuay.edu.ec

estándares internacionales, en el marco del aseguramiento de la calidad del producto. Es por ello que, partiendo desde la Constitución de la República [4], la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial [5], la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad [6], los reglamentos de la Agencia Nacional de Tránsito, normas y reglamentos del Servicio Ecuatoriano de Normalización y otros; deben ser cumplidos protocolos para la puesta en el mercado de vehículos, partes y piezas de uso automotriz. En consecuencia, los representantes de las marcas que comercializan vehículos, deben garantizar el servicio postventa y la disponibilidad de repuestos de manera constante [7].

Por ello, han aparecido en el mercado 15 nuevas marcas y 89 nuevos modelos en el 2018, los que proveen mejores precios para los usuarios y generan mayor competitividad con las marcas tradicionales [8]. Todos estos vehículos son comercializados según la clasificación vehicular definida por la normativa INEN 2656 [9], la cual establece categorías para los diferentes tipos de vehículos, que en el caso de vehículos livianos está definida como M1.

Del total de vehículos en el Ecuador, la provincia del Azuay, lugar de enfoque de este estudio, concentra 173 146 unidades, de las cuales 49 067 pertenecen a la categoría M1 y el 40% corresponde a la marca fabricante de predominio nacional [4].

En concordancia, todo el parque automotor requiere de manera proporcional una amplia disponibilidad de centros de servicio técnico con personal calificado y equipamiento de alta calidad. Es por ello que, en el Ecuador según [8], existen 28 empresas que comercializan marcas automotrices. En la ciudad de Cuenca, para las marcas comercializadas, existen entre 35 y 40 talleres autorizados, según una investigación de campo basada en [1], [2] y [3]. Mientras tanto, en la ciudad existen 214 talleres independientes adicionales registrados en las entidades de regulación y control [10].

Todos estos establecimientos, de manera periódica, realizan intervenciones mecánicas según los manuales de procedimientos del fabricante, las cuales consisten en mantenimiento: predictivo, correctivo y preventivo [10]; dependiente básicamente del recorrido vehicular, que en ciudades como Cuenca bordea los 36,6 km diarios [11].

Ante esto, los equipos y herramientas especializadas empleadas en estos procedimientos, generalmente son de fabricación extranjera y destacan por altos costos y difícil disponibilidad en el mercado, por lo que en muchas ocasiones son únicamente empleados por los centros autorizados; que como fue mencionado con anterioridad, son un pequeño número al ser comparados con el total de centros de reparación registrados [10].

En muchas ocasiones, el alto costo o desconocimiento de la existencia de ciertas herramientas hace que sean empleados implementos improvisados que entre otras cosas generan un aumento de costos operativos, reducción de la vida útil de los componentes mecánicos, incremento de los tiempos de intervención y otros aspectos.

De esta manera, la motivación de este estudio se basa en la propuesta del análisis de factibilidad del diseño y construcción de una herramienta especial, que sea accesible, a menor precio comercial y que satisfaga niveles de calidad; enfocada para los vehículos de la marca más comercializada en el país y en la ciudad, cuyos principales modelos son Aveo, Corsa, Astra, Nubira y Lanos [14].

Por ende, este trabajo contempla el diseño de una herramienta especial para mantenimiento automotriz y el análisis para su comercialización. El proceso consta de algunas etapas: 1) análisis de elementos finitos asistido por computador, facilitando un modelado interactivo tridimensional mediante pruebas no destructivas [12]; 2) selección del material: debe considerar las propiedades, el proceso de fabricación, el diseño, materiales alternativos y las características económicas [13]; 3) selección de tipo de manufactura de la herramienta: corte CNC por plasma [14] y 4) estudio de mercado mediante el análisis de la oferta, demanda, precio del producto y canales de comercialización [15].

II. SITUACIÓN ACTUAL Y ESQUEMA DEL ESTUDIO

2.1 Situación actual

El acero constituye un material de amplia utilidad en la manufactura de partes y piezas de ingeniería, debido entre otras cosas a sus propiedades mecánicas, accesibilidad y costos más reducidos. A pesar de ello, [16] mencionan que materiales como el aluminio ($\rho_{20^{\circ}\text{C}}=2\ 700\ \text{kg/m}^3$), son más ligeros que el acero ($\rho_{20^{\circ}\text{C}}=7\ 850\ \text{kg/m}^3$), resistentes a la corrosión y con una alta funcionalidad geométrica, es decir, presentan una alta eficiencia estructural ante diseños complejos y permiten la simplificación de las uniones.

En la industria automotriz, según [17], los materiales más utilizados (Figura 1) son el hierro fundido y el acero (55%), seguidos de los plásticos (11%), en tercer lugar aparecen las aleaciones de aluminio (9%), luego el caucho (7%), el vidrio (3%), y al final el uso de aleaciones no ferrosas como titanio, magnesio, cobre y zinc (1%) y otros materiales como barnices, pinturas, cables eléctricos, materiales de revestimiento, entre otros (14%).

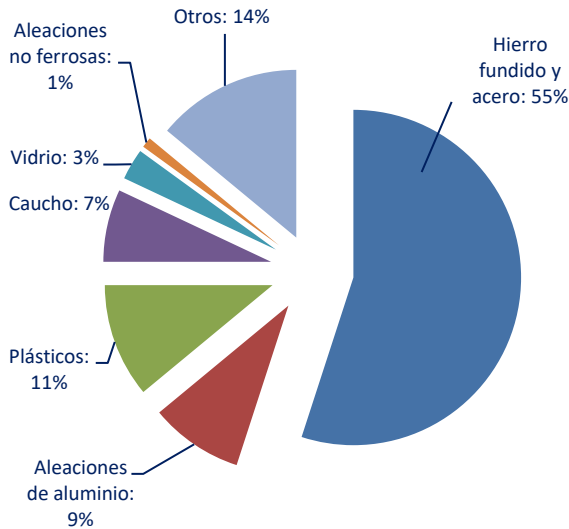


Figura 1. Uso de materiales en la industria automotriz [17]

En lo que respecta a materiales ligeros, la ingeniería de polímeros está basada en compuestos con una densidad inferior a los materiales tradicionales, compuestos rellenos de fibras naturales sustitutivas a la fibra de vidrio y componentes huecos moldeados por inyección; obteniéndose ventajas como buenas propiedades de aislamiento térmico [18].

Autores como Kozlowski [19], afirman que los materiales compuestos en la industria automotriz presentan un aumento significativo en su aplicación, aunque nunca reemplazarán completamente a los metales por las propiedades de estos. Es así que, materiales tradicionalmente empleados son evaluados en nuevas aplicaciones. Por ejemplo, Mangino y Pitarresi [20], emplean aceros aleados de alto rendimiento, generalmente usados en la fabricación de herramientas convencionales, para su uso en carrocerías.

Todos estos materiales en la actualidad son sometidos a procesos de manufactura mediante los Sistemas con Control Numérico por Computador –CNC-, una manera rápida y precisa de llevar a cabo operaciones tecnológicas por operaciones numéricas determinadas mediante un ordenador. El proceso mediante CNC ha originado el abaratamiento de microprocesadores y la simplificación de la programación de las máquinas [21].

Algunos casos evalúan la precisión de corte por CNC mediante control simultáneo de ejes [22], en tanto que autores como [23] analizan el resultado en chaflanes, escoria, rugosidad de la superficie y tasa de eliminación del material variando la velocidad de corte, corriente, voltaje y altura de la antorcha. En otros casos, se analiza el tipo de corte por plasma en CNC, determinándose que para placas superiores a 30 mm. de espesor, la calidad del corte disminuye [24].

Del mismo modo, los tratamientos superficiales proveen de ciertas características al producto. En consecuencia, Kechagias et al. [25] evaluaron el efecto de una película plástica anticorrosiva micro estructurada, para lograr materiales inteligentes con propiedades de autolimpieza. Asimismo, Pruna et al. [26] analizaron la protección a la corrosión y el desgaste de superficies curadas de pintura a través de un horno industrial.

En el país, dentro del diseño de partes y componentes automotrices, Macías [27] diseñó una camilla ergonómica mediante el uso para la estructura de acero ASTM A36, en tanto que Pauta y Sánchez [28] aplicaron un proceso de selección de material y costo para la fabricación de una carrocería para competencia. Del mismo modo, los procesos de corte han sido evaluados por ejemplo, por Reinoso [29], quien diseñó un CNC con programación abierta para corte por plasma de acero inoxidable, mientras que Calupiña [30] estudió el efecto de las velocidades de corte por plasma en los costos y la calidad en diversos tipos de acero.

Para algunos recubrimientos, Bonilla [31] determinó factores de riesgo químicos generados por la pintura electrostática, mientras Quijía [32] ejecutó un análisis de procesos al usar pintura electrostática, proponiendo la optimización del proceso para la producción diaria.

Como se puede notar, existe una escasez referente a estudios específicos sobre el diseño y producción de herramientas de uso automotriz, a pesar de que a nivel nacional, según [33], la industria de vehículos, carrocerías y partes representa un factor de importancia para la planificación económica gubernamental del país. De este modo, se propone el diseño, selección del material, proceso de manufactura y análisis de mercado; para la producción de una herramienta especial para mantenimiento automotriz.

2.2 Esquema del estudio

En el presente documento será detallado el análisis para el desarrollo de una herramienta especial para mantenimiento automotriz. Como se muestra en la Figura 2, la herramienta es un removedor de manguitos de ajuste de pre carga de rodamientos de diferenciales, cuyo campo de aplicación está enfocado básicamente en vehículos General Motors-Chevrolet, específicamente en los que tienen transmisiones F16, pues son los de mayor participación en el mercado ecuatoriano [9].

De manera genérica, la herramienta se encuentra en el mercado a un precio promedio de \$71,75, es de acero, con un espesor de 6 mm y diámetro mayor de 105 mm. La normativa internacional ISO 1174 rige en este caso para la definición de medidas de los cuadrados conductores y la fuerza de separación para llaves de vaso a mano; mientras que la normativa nacional

INEN 594, especifica el dimensionamiento de los cuadrados de mando machos y hembras (Figura 3), utilizados para herramientas manuales, y los empleados con dispositivos mecánicos. Las principales características de la herramienta se resumen en la TABLA I.



Figura 2. Herramienta removedora de manguitos de ajuste de precarga de rodamientos [34]

TABLA I.
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA HERRAMIENTA

Característica	Especificación
Herramienta	Removedor de manguitos de ajuste de precarga de rodamientos (J37604)
Aplicación	Automotriz: removedor de rodamientos de diferenciales
Dimensiones	105 mm (diámetro mayor)
Material	Acero
Espesor	6 mm
Precio referencial	\$71,75
Normativa relacionada	ISO 1174, INEN 594

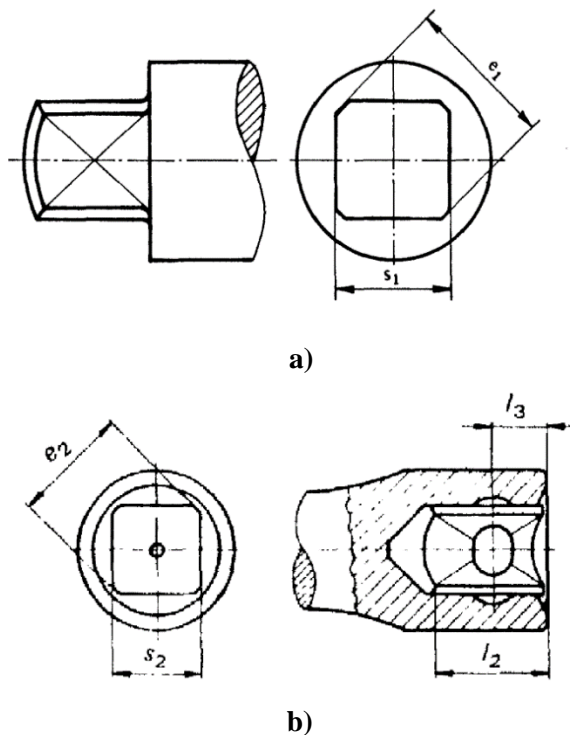


Figura 3. Cuadrados de mando: a) Cuadrado de mando macho, b) Cuadrado de mando hembra [37]

El desarrollo del proceso para la elaboración de la herramienta indicada, constituye básicamente de un análisis técnico y un análisis financiero (Figura 4).

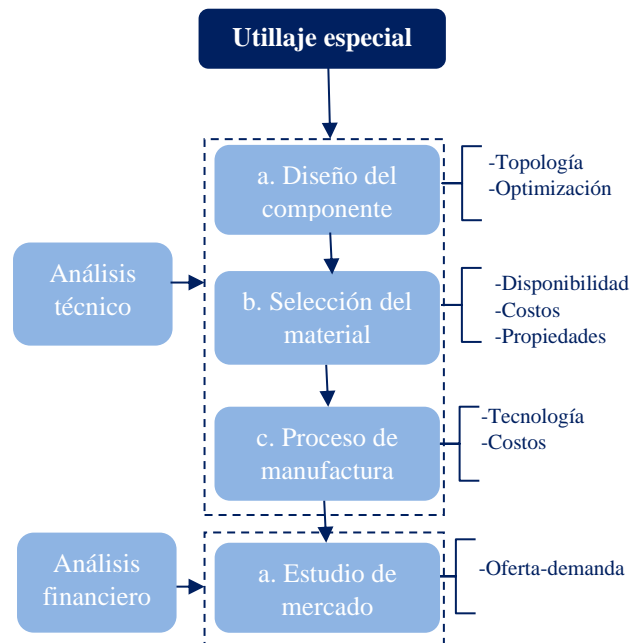


Figura 4. Proceso de elaboración de la herramienta

2.2.1 Análisis técnico

La herramienta planteada debe cumplir con tres etapas dentro del análisis técnico:

a. Diseño del componente

Esta etapa consiste en la reproducción CAD (Computer Aided Design o Diseño Asistido por Computadora) de la topología de la herramienta, realizándose complementariamente la optimización volumétrica para ahorrar material durante el proceso de manufactura. En concordancia, es realizada la simulación de esfuerzos y deformaciones del componente para: la herramienta original y aquella resultante del proceso de optimización para comprobar la resistencia y calidad de la herramienta que se propone fabricar.

b. Selección del material

La etapa de selección del material considera algunas restricciones como: calidad de acabado, maquinabilidad, disponibilidad, costos y propiedades. Tal como lo definen Ashby [35] y Nee [36], el procedimiento debe consistir en una preselección de materiales según su familia: metales, polímeros, compuestos, etc.; seguida de la clase de material (acero, aluminio, etc.); denominación comercial; para finalmente determinar ciertos atributos que permitirán un ranking o ponderación de los mejores materiales.

c. Proceso de manufactura

Con algunas recomendaciones basadas en Ashby [35], donde se menciona analizar costos, rendimiento y tecnología de cada proceso de corte; fueron preseleccionados dos procesos: forja y corte por CNC. Dentro de los tipos de corte CNC, se consideraron los parámetros: rendimiento o productividad, disponibilidad, tecnología y costos; todos ellos para los procesos: corte por hilo, corte por láser, corte por agua y corte por plasma. En consecuencia, deberá ser seleccionado el proceso de manufactura de mayor factibilidad al analizar: tiempo de fabricación y costo.

2.2.2 Análisis financiero

El análisis financiero comprende una única etapa y la cuarta dentro de la propuesta:

a. Estudio de mercado

Como lo menciona [37], los productos, servicios y consumidores se encuentran conjugados en el mercado; cuya influencia radica en el consumo o utilización de un producto o servicio determinado.

Por ello, cuando se realiza un estudio de mercado debe considerarse: el consumidor, el producto, los precios, la

publicidad, los canales de distribución y la oferta [38], [39]. Con estas prioridades, el estudio de mercado de la presente propuesta analiza: oferta, demanda, canales de distribución y precio de venta del producto.

III. MATERIALES

Los materiales utilizados para cada uno de los análisis de la herramienta se indican a continuación:

3.1 Para el análisis técnico

Para la etapa a) diseño del componente, se empleó el software Autodesk Inventor, el cual permite la reproducción CAD topológica de la herramienta [40], es decir, el trazado geométrico del elemento en un software especializado; en tanto que, para el proceso de optimización volumétrica y análisis de esfuerzos y deformaciones, se empleó el software Altair HyperMesh, que permite el análisis de elementos finitos [41]. Dentro de las etapas b) selección del material y c) proceso de manufactura; se empleó el software Microsoft Excel para el procesamiento de datos, ponderación de restricciones y selección [42].

3.2 Para el análisis financiero

La etapa a) estudio de mercado, empleó el software Microsoft Excel para el análisis de datos y obtención de los indicadores financieros. Además, se empleó el recurso web Formularios de Google para la elaboración de encuestas digitales.

IV. MÉTODOS

4.1 Análisis técnico

a. Diseño del componente

Inicialmente, aplicando un proceso de ingeniería inversa, la reproducción CAD de la topología de la herramienta generó una pieza de 64,46 cm³ de volumen, de 105 mm de diámetro mayor, con un espesor de 6 mm y un mando hembra de 6,3 mm; según la normativa INEN 594 [43], tal como se indica en la Figura 5.

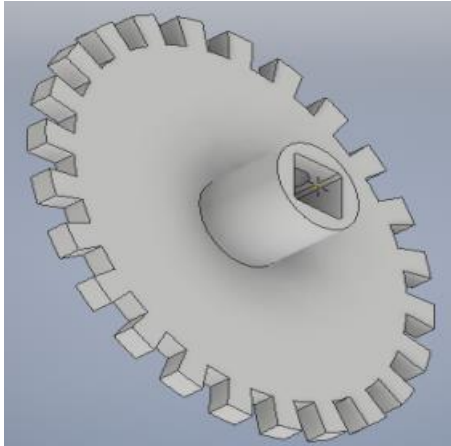


Figura 5. Reproducción topológica inicial de la herramienta

El análisis de esfuerzos y deformaciones consideró el material acero estructural ASTM A36 ($E= 210\ 000\ \text{N/mm}^2$), un mallado de 2 mm, con una geometría de malla tetraédrica para volúmenes 3D, sin refinamientos en los bordes, con aplicaciones en las curvaturas y con el uso de aproximaciones para los casos que correspondan; con acoplamiento de malla mediante elementos rígidos y restricciones en el dentado del utillaje. (Figura 6). El torque aplicado alcanzó los 50 N.m, según el redondeo al aplicar la fórmula (1) obtenida de [44]. Véase TABLA II.

$$M= 0,196* S^3 \quad (1)$$

Donde:

M= Torque

s= entre cara mínima según NTE INEN 594 (6,3 mm)

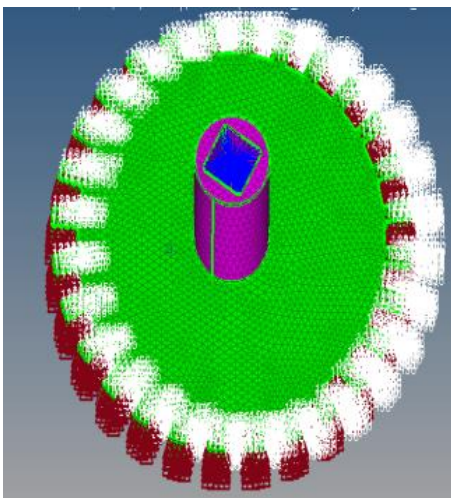


Figura 6. Restricciones y mallado de la herramienta obtenida por ingeniería inversa.

TABLA II.
CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA HERRAMIENTA ORIGINAL

Criterio	Especificación
Tipo de mallado	3D: tetraédrico
Tamaño de malla	2 mm.
Refinamiento	-
Restricciones	Dentado del utillaje
Torque aplicado	50 N.m (máx)
Material	Acero estructural ($E=210\ 000\ \text{N/mm}^2$)

Seguidamente, la optimización topológica consideró la reducción del volumen de la herramienta con un criterio de maximización de la rigidez. Para ello, en el software Altair HyperMesh, se utilizó un “Compliance” de 0,5; que según [45] y [46], es una magnitud inversa de la rigidez que determina la energía total de deformación de un cuerpo. Del mismo modo, conforme [49], se realizó una fracción de volumen que permitió una reducción del 47,71% del volumen original de la herramienta (ahora $30,76\ \text{cm}^3$); obteniéndose un menor número de dientes. Complementariamente, se eliminó el mando normalizado por motivos económicos (Figura 11), puesto que este elemento produce un 1622,04% de costo adicional durante su mecanizado. Si bien existen mandos disponibles en el mercado, estos están sujetos a patentes y dificultan su adición a la herramienta propuesta por motivos legales. Es así que, dando cumplimiento a los requisitos dimensionales precisados en la norma INEN 594, se garantiza la adaptabilidad en la herramienta de cuadros de mando machos con dimensiones de entre cara de 6,3 mm ($>6,292\text{mm}; <6,350\text{mm}$); aunque la profundidad de 8 mm allí precisada, en este caso es 2 mm menor.

Posteriormente, para el nuevo diseño también se realizó un análisis de esfuerzos y deformaciones empleando acero estructural ASTM A36 ($E= 210\ 000\ \text{N/mm}^2$), con base en idénticos parámetros a los utilizados con la herramienta original (Figura 7 y TABLA III).

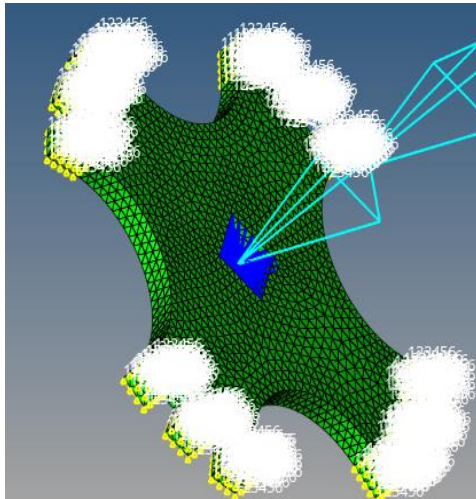


Figura 7. Restricciones y mallado de la herramienta optimizada

TABLA III.
CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA HERRAMIENTA OPTIMIZADA

Criterio	Especificación
Tipo de mallado	3D: tetraédrico
Tamaño de malla	2 mm.
Refinamiento	-
Restricciones	Dentado del utillaje
Torque aplicado	50 Nm (máx)
Material	Acero estructural (E=210 000 N/mm ²)

b. Selección del material

Al considerar el proceso de Ashby [35] y Nee [36], fue posible aplicar la secuencia descrita en la Figura 8 para la selección del material. Como puede verse, fueron preseleccionados los materiales de las familias: metales y polímeros.

Tanto el acero y el aluminio fueron determinados dentro de la primera familia, en tanto que el grilón fue seleccionado dentro del segundo grupo; cada uno con su denominación comercial.

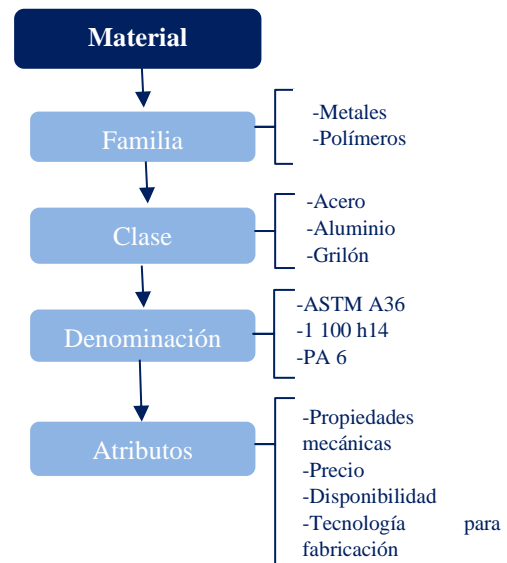


Figura 8. Proceso para la selección del material

Finalmente, se definió atributos de los materiales para su ponderación, que consistieron en: propiedades mecánicas (elasticidad [GPa] y esfuerzo máximo [MPa]; dureza [HB] y factor de seguridad [-]), precio [\$], disponibilidad [forma, lugar] y tecnología para la fabricación [equipo, lugar, \$]. Dichos atributos son descritos en la TABLA IV.

Las escalas de ponderación, conforme el método de [32], consistieron en valores entre 0,5 y 2 para los atributos: precio, disponibilidad y tecnología para la manufactura.

Por otro lado, para los atributos correspondientes a las propiedades mecánicas, los valores estuvieron determinados entre 0,05 y 0,25; es decir, para las propiedades: elasticidad, esfuerzo máximo, dureza y factor de seguridad. La TABLA V resume los valores de ponderación para todos los atributos.

TABLA IV.
ATRIBUTOS DE LOS MATERIALES PRESELECCIONADOS

Material	Propiedades mecánicas				Precio	Disponibilidad	Tecnología para manufactura
	Elasticidad [GPa]	Esfuerzo Máximo [MPa]	Dureza [HB]	Factor de seguridad			
Acero ASTM A36-SAE 1020	200	400-550	110-130	157	134	Planchas-nivel local	CNC plasma, local, económico (3USD/pieza)
Aluminio 1100 h14	70-80	120	32	47	190	Planchas-nivel nacional	CNC plasma, local, económico (1,70USD/pieza)
Grilón	1,37	26	72-76	10,22	381	Planchas-nivel nacional	Local, económico (1 USD/pieza)

Fuente: [35], [36], Autores.

TABLA V.
ESCALAS DE PONDERACIÓN

Propiedad	Rango	Ponderación unitaria
Elasticidad	0-100 GPa	0,05
	101-190 GPa	0,10
	≥191 GPa	0,25
Esfuerzo máximo	0-50 MPa	0,05
	51-100 MPa	0,10
	≥101 MPa	0,25
Dureza	0-50 HB	0,05
	51-100 HB	0,10
	≥101 HB	0,25
Factor de seguridad	0-10	0,05
	11-50	0,10
	≥51	0,25
Precio	\$0-150	2
	\$151-300	1
	\$>300	0,5
Disponibilidad	Planchas-local	2
	Planchas-nacional	1
	Planchas-internacional	0,5
Tecnología para manufactura	Local	2
	Nacional	1
	Internacional	0,5

Fuente: [35], [36], Autores.

c. Proceso de manufactura

Adoptando la metodología planteada por Ashby [35], fue posible preseleccionar los procesos que presentaron mayor posibilidad en cuanto a disponibilidad, factibilidad de corte del material, costos y tiempo de fabricación. En consecuencia, fueron preseleccionados tres procesos de corte de metal mediante CNC: por hilo, por agua y por plasma. Los atributos para la selección de un proceso definitivo fueron: precio [\$] y tiempo de fabricación [min] (TABLA VI). Luego del proceso de corte del material, para el acabado de la herramienta se consideró la aplicación de un proceso de pintura electrostática y horneado.

TABLA VI.
ATRIBUTOS DE LOS PROCESOS DE CORTE

Tipo de corte	Precio (\$)	Tiempo fabricación (min)	Material
Por hilo	15	10	ASTM A36
Por agua	14	8	ASTM A36
Por plasma	3	3	ASTM A36

Fuente: Autores (investigación de campo)

4.2 Análisis financiero

a. Estudio de mercado

El estudio de mercado estuvo constituido por cuatro fases: demanda del producto, oferta del producto, precio de venta y canales de comercialización. Para conocer la demanda del producto, en primera instancia fueron planteadas encuestas a los propietarios de los talleres de mantenimiento automotriz de la ciudad de Cuenca (N=214 talleres automotrices) [47]. Mediante la fórmula (2), para una población finita, fue determinado el tamaño de la muestra (n) [48].

$$n = \frac{Z^2 p q N}{e^2 (N-1) + Z^2 p q} \quad (2)$$

Donde:

n=tamaño de la muestra

N=Población o universo (214 talleres)

Z=nivel de confianza (1,96)

p=probabilidad a favor (50% ó 0,5)

q=probabilidad en contra (50% ó 0,5)

e=error muestral (5% ó 0,05)

De este modo, el tamaño de encuestas a ser realizadas fue de 138. Estas encuestas se realizaron: personalmente y mediante la herramienta web Formularios de Google. Las preguntas formuladas pretendían determinar el número de potenciales compradores a nivel local, el precio que estarían dispuestos a pagar por la herramienta planteada y otras generalidades; como se presentan a continuación:

A1: ¿Conoce la herramienta especial llave de afloje y apriete del manguito de ajuste de la carga previa de los cojinetes del diferencial usada en autos Chevrolet, modelos: Corsa, Aveo, Chevy, etc?

A2: ¿Ha comprado herramientas especiales para este tipo de diferenciales de autos?

A3: ¿Dónde compra usted herramientas especiales?

A4: ¿De producirse a nivel nacional esta herramienta especial, la compraría?

A5: Desde su perspectiva, ¿qué valora en una herramienta especial?

A6: ¿Qué cantidad de dinero estaría dispuesto a pagar para adquirir esta herramienta especial?

A7: ¿Con que fin compra una herramienta especial?

A8: ¿De adquirir esta herramienta especial, recomendaría la misma?

Posteriormente, fue establecido el número de talleres automotrices “independientes” en las provincias de mayor parque automotor del país: Pichincha (1 139 talleres), Guayas (869 talleres), Azuay (214 talleres), Tungurahua (195 talleres),

Manabí (157 talleres) e Imbabura (101 talleres); estimaciones realizadas según los reportes de [1], [2] y [3]. Considerando el porcentaje de aceptación del producto mediante encuestas, fue posible estimar la aceptación a nivel nacional.

Para la oferta del producto, según la selección del proceso de manufactura, fue determinado el tiempo tanto para el proceso de corte como para el acabado final, con base en la producción diaria, mensual y anual generada; debiéndose tener en cuenta que el proceso de corte será realizado fuera de las instalaciones de la empresa fabricante de la herramienta.

El precio de venta fue obtenido mediante el promedio de los precios comerciales, que a su vez es promediado con el valor indicado por la mayoría de los encuestados.

Los canales de comercialización estarán basados en dos medios: físico y digital. El medio físico será realizado mediante comercialización directa desde las instalaciones de la empresa que fabricará la herramienta. El medio digital contemplará recursos web como redes sociales y blogs de libre acceso.

Finalmente, fue posible determinar la inversión inicial del proyecto, los costos mensuales y gastos mensuales de producción, así como los siguientes indicadores financieros: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tiempo de Retorno de la Inversión (TRI) y Retorno Sobre la Inversión (RSI).

El VAN es la suma de los beneficios netos futuros del proyecto actualizado a un año común a una tasa de descuento de relevancia que, para una evaluación privada, consiste en la tasa de mercado, según la fórmula (3) [49].

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)^1} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n} \quad (3)$$

Donde:

A=valor del desembolso inicial de la inversión (\$ 9 590)

Q1, Q2, ..., Qn= flujos de caja.

n= número de momentos temporales en que se divide el período global considerado de la duración del proyecto (cinco años).

K= tasa de descuento (16%).

La TIR es aquella tasa máxima que el proyecto debe soportar para ser rentable; por ello, cualquier tasa de descuento mayor que la TIR puede ocasionar que el VAN sea negativo, en consecuencia, el rechazo del proyecto, tal como se indica en la fórmula (4) [49]. Por otro lado, una tasa de descuento inferior a

la TIR garantiza positivamente una rentabilidad, por lo que indica la realización del proyecto.

$$TIR = k_{TIR}: VAN(k_{TIR}) = 0 \quad (4)$$

Donde:

kTIR= tasa de descuento que representa la TIR (16%).

El TRI, como se indica en la fórmula (5), identifica el momento en el que se recuperará la inversión realizada. Para este indicador, la importancia de los flujos futuros del proyecto es poco importante y principalmente está centrada en los flujos inmediatos del proyecto [49].

$$TRI = \frac{A}{Prom VA} \quad (5)$$

Donde:

A= inversión inicial (\$9 590)

Prom VA= Promedio de VA (fórmula 6)

$$VA = \frac{UN_n}{(1+TMAR)^n} \quad (6)$$

Donde:

UN= Utilidad neta

n= Año de cálculo (año 1, año 2, etc)

TMAR= Tasa mínima aceptable del proyecto (30%)

El RSI, como se indica en la fórmula (7), indica el rendimiento obtenido de una inversión, es decir; evaluar la eficiencia del gasto realizado [50].

$$RSI = \frac{VAN_5}{A} * 100 \quad (7)$$

Donde:

VAN₅= Cálculo del VAN al quinto año.

A= Inversión inicial

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis técnico

a. Diseño del componente

El análisis de esfuerzos (Von Mises) de la herramienta original, tal como se indica en la Figura 9; permite conocer los

principales puntos críticos del elemento. Para esta topología, dichos puntos están concentrados en la unión perpendicular del mando normalizado con el elemento dentado, con valores de hasta $6,21 \text{ E-}02 \text{ N/mm}^2$.

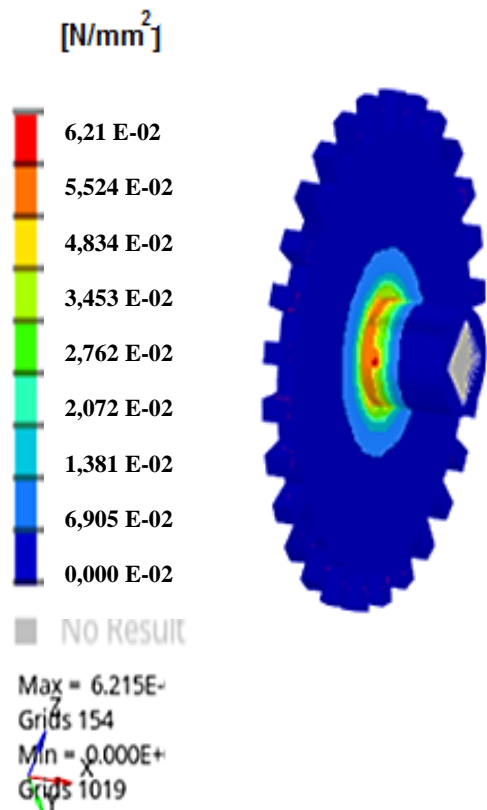


Figura 9. Análisis de esfuerzos Von Mises de la herramienta obtenida mediante ingeniería inversa

También, las deformaciones producidas en la herramienta original están concentradas hacia la parte exterior del mando normalizado (zona cilíndrica), con valores de hasta $2,87 \text{ E-}06 \text{ mm}$ (Figura 10).

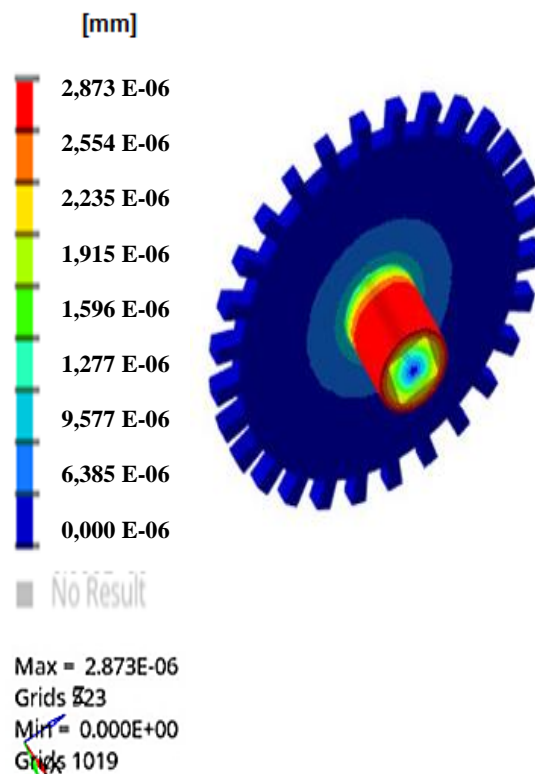


Figura 10. Análisis de deformaciones herramienta obtenida mediante ingeniería inversa

La TABLA VII resume los resultados obtenidos para la herramienta original.

TABLA VII.
RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA ORIGINAL

Criterio	Especificación
Esfuerzo	$6,21 \text{ E-}02 \text{ N/mm}^2$ (máx)
Deformación	$2,87 \text{ E-}06 \text{ mm}$ (máx)
Torque aplicado	50 N.m
Volumen	$64,46 \text{ cm}^3$

Por otro lado, el diseño optimizado de la herramienta genera una pieza de $30,76 \text{ cm}^3$ (disminución del 47,71%), diámetro exterior de 105 mm, con un espesor de 6 mm, un cuadrado de mando hembra de 6,3 mm según la normativa INEN 594 y la eliminación del mando principal; tal como se indica en la Figura 11 y Figura 12.

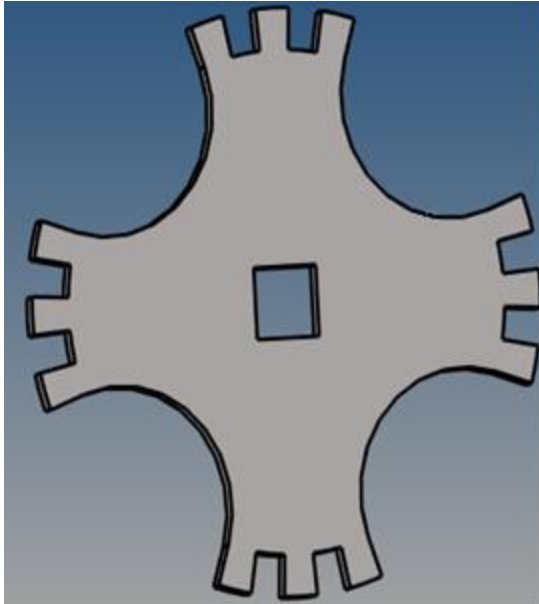


Figura 11. Herramienta optimizada

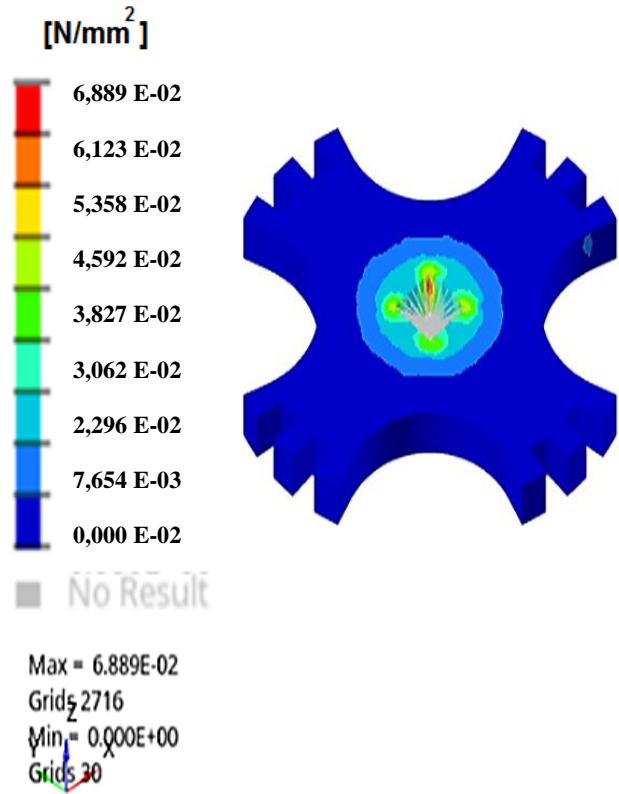


Figura 13. Análisis de esfuerzos Von Mises de la herramienta optimizada

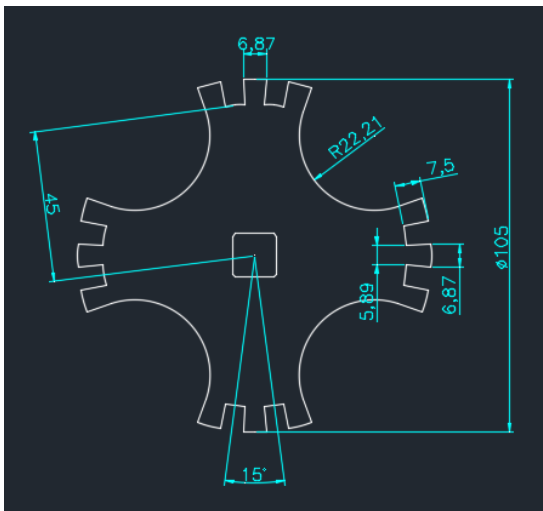


Figura 12. Dimensiones de la herramienta optimizada

El análisis de esfuerzos (Von Mises) para la herramienta optimizada produce un esfuerzo máximo de $6,88 \text{ E-}02 \text{ N/mm}^2$, concentrado en las caras circundantes del agujero central del elemento (zona de contacto con la palanca de fuerza o mando hembra). Véase Figura 13.

En tanto, el análisis de deformaciones permite observar una deformación máxima de $1,23 \text{ E-}06 \text{ mm}$, focalizada en los vértices del agujero de contacto con la palanca de fuerza. Véase Figura 14.

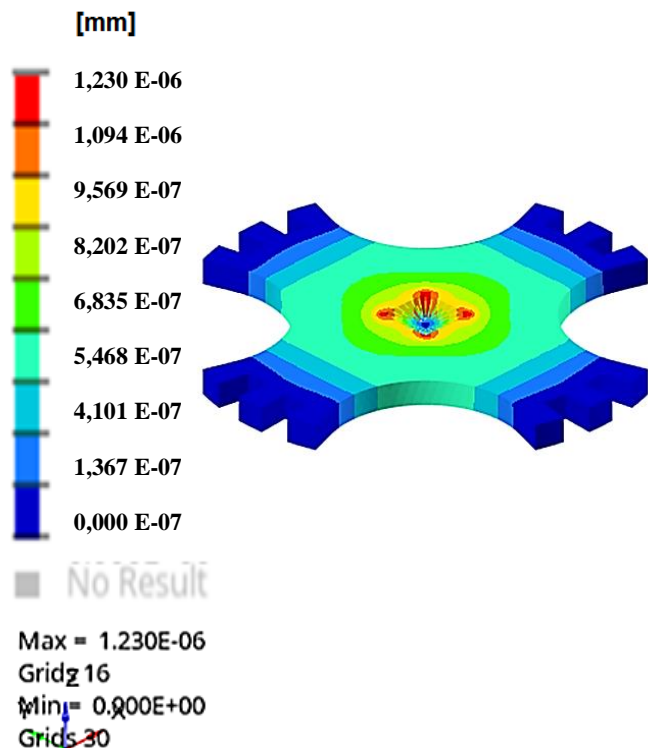


Figura 14. Análisis de deformaciones de la herramienta optimizada

En fin, la TABLA VIII resume los principales resultados obtenidos del análisis de la herramienta optimizada.

TABLA VIII. RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA OPTIMIZADA

Criterio	Especificación
Esfuerzo	6,88 E-02 N/mm ² (máx)
Deformación	1,23 E-06 mm (máx)
Torque aplicado	50 N.m
Volumen	30,76 cm ³

La TABLA IX muestra la variación entre el análisis de esfuerzos y deformaciones de la herramienta obtenida por ingeniería inversa comparada con aquella optimizada.

TABLA IX. VARIACIÓN ENTRE UTILLAJE CON MANDO Y SIN MANDO

Criterio	Variación [%]
Esfuerzo	9,73 (0,67 E-2 N/mm ²)
Deformación	-54,10 (-1,64 E-6 mm)

b. Selección del material

El material seleccionado constituye un metal, clase acero, con denominación ASTM A36, cuyas características de disponibilidad comercial constan en la TABLA X.

TABLA X. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL SELECCIONADO

Norma	% Carbono	Espesor (mm)	Dimensiones (m)	Precio (\$)
Plancha de acero negro.	0,25 - 0,29	6	1,22 x 2,44	123,50

c. Proceso de manufactura

El proceso de manufactura seleccionado consiste en corte CNC por plasma, con un rendimiento de corte de una pieza cada tres minutos. El precio de corte por cada pieza es de \$3. Véase TABLA XI.

TABLA XI. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE CORTE SELECCIONADO

Tipo de manufactura	Precio corte/pieza (\$)	Tiempo de corte (min)	Tipo de material
Por Plasma	3	3	ASTM A36

5.2 Análisis financiero

a. Estudio de mercado

El número de encuestados según la fórmula (2) fue de 138. De éstos, 128 (93%) mostraron su disponibilidad para la adquisición de la herramienta planteada a un precio de \$40, según la pregunta A6 (sección 4.2). En tanto, la estimación a nivel de las provincias con mayor número de parque automotor del país, consiste en 2 290 potenciales compradores.

Por otro lado, el proceso de corte por plasma será realizado fuera de las instalaciones de la empresa fabricante de la herramienta, razón por la cual han sido considerados dos tiempos. El primer tiempo consiste en el corte, traslado y bodegaje, desde la empresa externa hacia la empresa fabricante de la herramienta. El segundo tiempo se trata de la preparación, pintado, horneado, embalaje y bodegaje del producto dentro de la empresa fabricante. De este modo, es posible generar diez piezas diarias, 49 piezas semanales y 2 339 piezas anuales. La TABLA XII resume los tiempos estimados para el proceso.

De este modo, se estableció que el proyecto (empresa), será establecido en la ciudad de Cuenca, ocupará un local arrendado, serán adquiridos equipos como horno, equipo para pintura electrostática, bienes muebles (para oficina y bodega), equipos complementarios (computadoras, impresora, herramientas (pulidoras, limas, abrillantadoras, pistolas de aire, etc.) y otros insumos requeridos dentro de la inversión inicial. Dicho monto será financiado mediante un crédito bancario de \$5 200 a cinco años plazo a una tasa de interés de 16, 08%. El número de trabajadores en primera instancia está determinado en dos personas, con formación en el área de ingeniería mecánica o industrial. Para el proceso que requiere equipamiento de mayor inversión (corte del material), la empresa realizará convenios con terceras empresas acorde a criterios técnicos, económicos y legales. Por ello, el corte de material será un proceso externo de la manufactura, en tanto que el acabado será un proceso interno.

TABLA XII.
TIEMPOS ESTIMADOS PARA LOS PROCESOS DE ELABORACIÓN

Denominación	Proceso	Asignación [min]
Tiempo 1	Corte, traslado y bodegaje (externo)	112
Tiempo 2	Preparación, pintado, horneado, embalaje y bodegaje (interno)	85

Además, el precio de venta del producto ha sido establecido en \$55,90, considerando el promedio (Z) entre: los precios comerciales (X) y aquellos planteados por los encuestados (Y) (TABLA XIII).

TABLA XIII.
ESTIMACIÓN DE PRECIOS DE LA HERRAMIENTA

	Opción 1: \$70
	Opción2: \$65
Precios referenciales comerciales	Opción3: \$77
	Opción4: \$75
Promedio precios referenciales comerciales (X)	\$71,75 ± 0,06
Precio encuestados (Y)	\$40 ± 0,10
Precio promedio comercio/encuestados (Z)	\$55,90 ± 0,28
PVP	\$55,90

Los canales de comercialización del producto constituyen medios físicos y digitales, los cuales no deben generar costos adicionales; ya que la principal propuesta de promoción es mediante medios digitales gratuitos, a realizarse por los propios empleados de la empresa fabricante de la herramienta.

La inversión inicial del proyecto está conformada por inversiones: circulantes (\$5 200), fijas (\$3 600) y diferidas (\$790), generando una suma total de \$9 590, tal como se indica en la Figura 15.



Figura 15. Inversiones del proyecto

Los costos mensuales para la producción del utillaje consisten en: costos financieros (\$191,92), costos fijos (\$816) y costos variables (\$706,77), derivando un costo total de \$1 714,69. De estos valores, el costo variable unitario, es decir, para producir una herramienta empleando material, pintura y corte por CNC, es de \$3,61 (Figura 16).

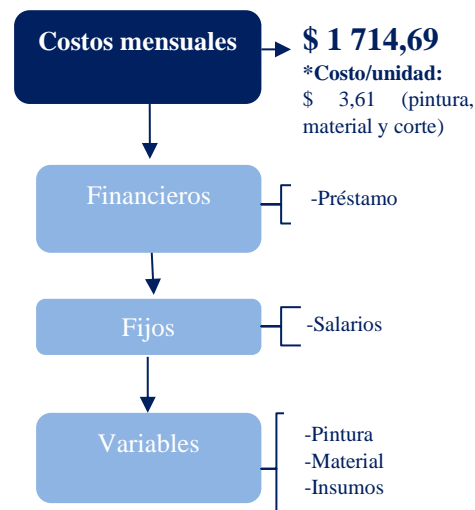


Figura 16. Costos del proyecto

Los gastos mensuales están divididos así: servicios básicos (\$60), mano de obra (\$816), depreciación (\$1 537,88) y arriendo (\$400), resultando un gasto total mensual de \$2 813,88 (Figura 17).

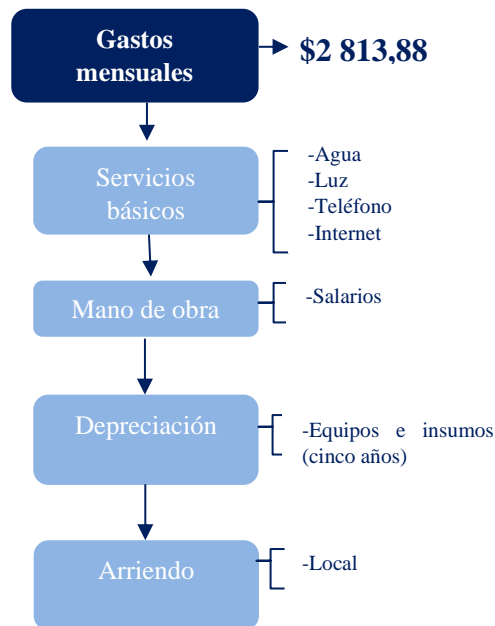


Figura 17. Gastos del proyecto

Finalmente, los indicadores financieros precisan un VAN de \$ 58 660,94, un TIR de 168%, un RSI de 611,69% y un TRI de un año. Véase TABLA XIV.

TABLA XIV.
INDICADORES FINANCIEROS OBTENIDOS

Indicador	Especificación
VAN	\$ 58 660,94
TIR	168%
RSI	611,69%
TRI	Un año (doce meses)

Discusión

Teniendo presente que la herramienta original puede estar sujeta a patentes de carácter internacional, esta propuesta está fundamentada en fines didácticos y plantea un diseño que mantiene la funcionalidad del producto con las variaciones respectivas de diseño. En consecuencia, luego de haber sido aplicado un proceso de ingeniería inversa, el modelo optimizado del elemento también pretende abaratar costos.

Como lo indican las zonas 1,2,3 y 4 de la Figura 18, la optimización contempla la eliminación de material del diámetro mayor de la herramienta, con reducción en el número de dientes

y la generación de un elemento en forma de “cruz”. También, por motivos económicos fue eliminado el mando hembra normalizado (zona 5 de la Figura 18), puesto que este elemento generalmente es unido al resto del conjunto mediante suelda, lo que en total implica un 1 622, 04% de costo adicional de manufactura. Es así que, aunque existen mandos disponibles en el mercado a precios promedio de \$4, estos están sujetos a patentes; por lo que su adición en el elemento puede generar incumplimientos legales. Ante las consideraciones antes citadas, pueden destacarse cinco zonas de eliminación de material (Figura 18).

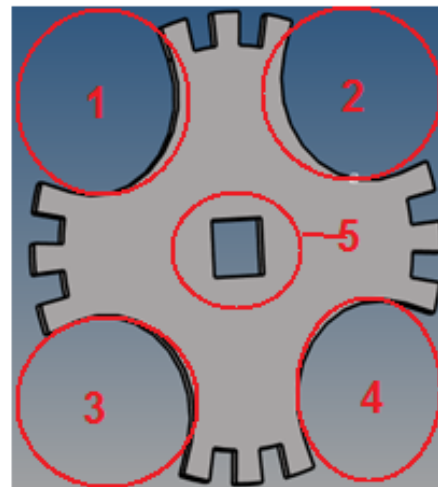


Figura 18. Zonas de optimización (1, 2,3 y 4) y eliminación de mando (5)

Es así que, la eliminación del mando normalizado incrementa un 9,73% la concentración de esfuerzos de Von Mises, puesto que dicha supresión produce una menor área de influencia en la aplicación de la fuerza, la cual, con el modelo optimizado actúa sobre las paredes del cuadrado de mando agujerado (mando hembra), es decir, sobre las paredes formadas por el espesor de la herramienta (Figura 19). A pesar de ello, el esfuerzo determinado para la herramienta optimizada constituye un valor mínimo de 6,88 E-02 N/mm², al ser comparado con el límite elástico del material.

Por otro lado, la deformación que se produce en el elemento optimizado es reducida en un 54,10%, gracias a la fuerza que actúa en las paredes del mando hembra; es decir, ahora existe mayor volumen de material en el contorno de las áreas de aplicación de la fuerza. Dicho volumen constituye el elemento en sí, puesto que anteriormente, con la herramienta original, la deformación se producía en las zonas contiguas al mando (menor volumen). Del mismo modo, la deformación para la herramienta optimizada presenta valores mínimos de 1,23E-06 mm.

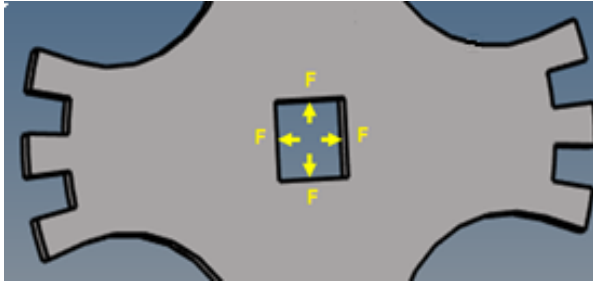


Figura 19. Aplicación de la fuerza en la herramienta optimizada

Además, el nuevo diseño se rige en parte a las especificaciones de la normativa INEN 594. El dimensionamiento de abertura del cuadrado hembra de 6,3 mm ($>6,625; <6,405$) no presenta inconvenientes, puesto que se encuentra dentro del margen citado por [37]. El inconveniente aparece al considerar que la normativa establece 8 mm como mínimo, de profundidad del agujero de cuadrado de mando hembra, es decir, 2 mm más que esta propuesta ($e=6$ mm). A pesar de ello, el diseño garantiza el acoplamiento y funcionalidad de una palanca de mando con la herramienta, según pruebas realizadas en placas de espesor de 6 mm.

Desde otra perspectiva, el material seleccionado satisface los requerimientos mecánicos y de costos, puesto que presenta una alta resistencia mecánica, es el más económico del mercado y su disponibilidad es más amplia. Mientras tanto, el proceso de manufactura seleccionado presenta un alto rendimiento, existe amplia disponibilidad, es adaptable al material seleccionado, y los costos son menores. Sin embargo, el alto rendimiento del proceso de corte puede generar procesos productivos estancados o tiempos muertos, ya que, al maquinarse un alto número de piezas en poco tiempo, puede desencadenarse una sobreoferta. Esta condición contrasta con la demanda de la herramienta, puesto que dicho elemento no constituye un elemento de recambio constante o de amplio desgaste y la facilidad de producción puede generar una cobertura de la demanda nacional en poco tiempo.

De este modo, es posible deducir que si bien los indicadores financieros muestran datos favorables y a corto plazo, con un punto de equilibrio que determina la producción de más de 69 piezas mensuales para generar ganancias; estos son altamente optimistas en el análisis, por lo que, para garantizar la sostenibilidad de la empresa fabricante de herramientas, puede considerarse la opción de producir otras herramientas automotrices para evitar tiempos muertos e incrementar la gama de productos; generando una estructura empresarial más dinámica, competitiva y eficiente en cuanto al equipamiento [51]; teniendo presente que esta propuesta es innovadora y posibilita acaparar el mercado y los clientes [52]

A pesar de todo lo mencionado, el estudio evidencia que es posible producir una herramienta especial a menor precio de

venta al público que el de la competencia, con bajos costos de producción y un margen de ganancias alto; volviendo al producto competitivo e incrementando su potencial de accesibilidad.

CONCLUSIONES

El parque automotor ecuatoriano en los últimos años muestra una tendencia al alza; con una recuperación de las empresas fabricantes y comercializadores que implica una mayor variedad en el mercado de marcas y modelos; impactando directamente en la demanda de servicio técnico garantizado y en el equipamiento respectivo.

De este modo, ha sido planteado el análisis técnico y financiero para la producción de utillaje especial de uso automotriz; con miras a reducir costos e incrementar la accesibilidad del producto. El elemento constituye un removedor de manguitos de ajuste de precarga de rodamientos del diferencial de vehículos, para una de las marcas de mayor comercialización en el Ecuador.

El diseño del elemento genera una pieza de $30,76 \text{ cm}^3$, diámetro exterior de 105 mm, con un espesor de 6 mm, un cuadrado de mando hembra de 6,3 mm según la normativa INEN 594; con un análisis de torque conforme la normativa INEN 438, obteniéndose resultados favorables en el análisis de esfuerzos ($6,88 \text{ E-2 N/mm}^2$) y deformaciones ($1,23 \text{ E-6 mm}$).

El diseño del elemento optimiza material, por lo que reduce el volumen original en un 47,71%, generando un elemento en forma de cruz y sin el mando hembra disponible comercialmente; derivando menores costos durante el proceso de manufactura ya que evita uniones soldadas o mecanizadas. Esta variación incrementa un 9,73% el esfuerzo de Von Mises y reduce un 54,10% la deformación; con una concentración de puntos críticos en la zona del nuevo mando hembra.

El material seleccionado es un acero con denominación ASTM A36, de amplia disponibilidad comercial y con costos favorables al ser comparado con otros materiales; además satisface los requerimientos mecánicos, puesto que presenta una alta resistencia mecánica, y mayor: elasticidad, esfuerzo máximo, dureza y factor de seguridad.

El proceso de manufactura es mediante CNC, por plasma, con una capacidad de una pieza cada tres minutos. Esta característica representa un alto rendimiento, presta mayor disponibilidad y adaptabilidad al material seleccionado, y los costos son menores; aunque su alto rendimiento puede generar una sobre oferta.

La inversión inicial del proyecto ha sido estimada en \$9 590, con costos mensuales de \$1 714,69, costos unitarios de \$3,61 y gastos mensuales de \$2 813,88. Estos montos generan los siguientes indicadores financieros factibles: VAN de \$ 58 660,94, TIR de 168%, RSI de 611,69% y TRI de un año. Sin embargo, es recomendable producir otras herramientas para evitar tiempos muertos e incrementar la gama de productos; generando una estructura empresarial más dinámica, competitiva y eficiente en cuanto al equipamiento.

Por ende, es posible afirmar que esta propuesta es factible desde el punto de vista técnico, constituyéndose este aspecto en la principal ventaja de la propuesta; debido básicamente a que el diseño, la selección del material y del proceso de manufactura, satisfacen el cumplimiento de la normativa correspondiente, garantizan la vida útil del producto y permiten su manufactura con tecnología de vanguardia. Sin embargo, el aspecto financiero muestra dos connotaciones: la primera, es posible elaborar la herramienta con bajos costos de producción e inversiones mínimas, promoviendo un producto con precios de venta al público más bajos que los actuales. En tanto, la segunda connotación radica en que el alto rendimiento del proceso de corte permite producir numerosas piezas en poco tiempo, lo que desencadenaría un sobreoferta o tiempos muertos de producción; además, la eficiencia del equipamiento sería reducida. En consecuencia, al no existir competencia local y al ser una propuesta innovadora, debería ampliarse la gama de producción con otras herramientas para generar productos llamativos que permitan acaparar mercado y clientes.

REFERENCIAS

- [1] AEADE, "SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS," 2019.
- [2] AEADE, "SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS," 2018.
- [3] AEADE, "SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS, BOLETÍN" 2019.
- [4] Asamblea Nacional de la República del Ecuador, *Constitucion de la República del Ecuador*. 2008, pp. 1–222.
- [5] Asamblea Nacional de la República del Ecuador, *LEY ORGANICA DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Ecuador, 2014, pp. 1–66.
- [6] Asamblea Nacional de la República del Ecuador, *Ley del sistema ecuatoriano de la calidad*. Ecuador, 2014, pp. 1–22.
- [7] Agencia Nacional de Tránsito, *Reglamento Homologación Vehicular*. Ecuador, 2016.
- [8] AEADE, "ANUARIO 2018," 2018.
- [9] AEADE, "SECTOR AUTOMOTOR EN CIFRAS," 2020.
- [10] L. Sanzol, "Implantación de plan de mantenimiento TPM en planta de cogeneración," *Tesis*, 2010. [Online]. Available: <http://academicas.unavarra.es/bitstream/handle/2454/2049/577191.pdf?sequence=1>.
- [10] P. Orellana and P. Pacheco, "Propuesta de una metodología para la evaluación y categorización de un centro de servicio automotriz liviano en el sector urbano de la ciudad de Cuenca," Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [11] D. Sarango and P. Moncayo, "Determinación del indicador Kilómetros-Vehículo Recorrido (KVR) para la ciudad de Cuenca," Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [12] O. Rojas and L. Rojas, "Diseño asistido por computador (1)," *Ind. Data*, vol. 9, no. 1, pp. 7–15, 2006.
- [13] Rodriguez and Castro, *Procesos industriales para materiales metálicos*. 2006.
- [14] Arcos and Fiallos, "Análisis comparativo de los procesos de corte por plasma, oxicorte y arc air aplicados a metales," Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [15] A. Salazar, J. Aceves, and D. Valdez, "Importancia de una investigación de mercado," *Inst. Tecnológico Son.*, pp. 1–14.
- [16] I. Boko and N. Toric, "Comparative analysis of steel and aluminum structures," no. June, pp. 50–61, 2017, doi: 10.13167/2016.13.6.
- [17] K. Berladir, "Modern materials for automotive industry," *J. Eng. Sci.*, vol. 4, no. December 2017, p. 12, 2020, doi: 10.21272/jes.2017.4(2).f8.
- [18] M. Kozlowski, "Lightweight Plastic Materials," *Thermoplast. elastomers*, p. 30, 2012.
- [19] E. Mangino and G. Pitarresi, "The future use of structural composite materials in the automotive industry Enrico Mangino Joe Carruthers Giuseppe Pitarresi," *Int. Journal of Veh. Des.*, no. February 2014, 2007, doi: 10.1504/IJVD.2007.013640.
- [20] R. Leal *et al.*, "Additive manufacturing tooling for the automotive industry," *Int J Adv Manuf Technol*, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1007/s00170-017-0239-8.
- [21] ERASMUS, "Ingeniería de Sistemas Industriales." pp. 1–21, 2011.
- [22] J. Keraita and K. Hyoung, "PC-based low-cost CNC automation of plasma profile cutting of pipes," 2007.
- [23] K. P. Maity and D. K. Bagal, "Effect of process parameters on cut quality of stainless steel of plasma arc cutting using hybrid approach," *Int J Adv Manuf Technol*, p. 15, 2014, doi: 10.1007/s00170-014-6552-6.
- [24] J. Kechagias *et al.*, "On the multi – parameter optimization of CNC plasma-arc cutting process quality indicators using Taguchi Design of Experiments," pp. 128–133.
- [25] A. Pruna, J. Ramiro, and L. Belforte, "Journal of Physics and Chemistry of Solids Preliminary study on different technological tools and polymeric materials towards superhydrophobic surfaces for automotive applications," *J. Phys. Chem. Solids*, vol. 74, no. 11, pp. 1640–1645, 2013, doi: 10.1016/j.jpcs.2013.06.009.
- [26] Glick and Shareef, "Optimization of electrostatic powder coat cure oven process: A capstone senior design research project."
- [27] J. Macias, "Diseño y construcción de una camilla ergonómica y de organización, asistida para facilitar el mantenimiento automotriz," Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2016.
- [28] J. Pauta and M. Sanchez, "Diseño y construcción de una carrocería de un vehículo de competencia tipo fórmula SAE," Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [29] M. Reinoso, "Diseño, construcción, programación de software y protocolo de transferencia de datos," Universidad San Francisco de Quito, 2012.
- [30] C. Calupña, "Mejoramiento de parámetros de trabajo para una máquina de corte por plasma," Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [31] J. Bonilla, "Estudio y análisis de factor de riesgo en el ambiente de trabajo que genera la pintura electrostática," Universidad Tecnológica Equinoccial, 2015.
- [32] E. Quijia, "Análisis del proceso de pintura electrostática y su incidencia en la productividad de la empresa REYPEL," Universidad Tecnológica Indoamérica, 2017.
- [33] ESPOL, "Industria Automotriz," Guayaquil, May 2017.
- [34] ebay, "Kent Moore km-520," 2020. .
- [35] Ashby, *Material selection*. 2016.
- [36] Nee, *Material process*. 2010.
- [37] B. Quintana, "Análisis del mercado," *Dir. del Mark*.
- [38] A. Salazar, J. Aceves, and D. Valdez, "Importancia de una investigación de mercado," pp. 1–14.
- [39] A. López, "¿Qué son, para qué sirven y cómo se hacen las investigaciones de mercado?," 2001.
- [40] Autodesk, "Autodesk Inventor," 2009.
- [41] Altair, "Altair HyperMesh™," 2020.
- [42] Microsoft, "Excel 2020." .
- [43] INEN, "INEN 594," 1981.
- [44] INEN, "INEN 438," 2013.
- [45] D. Reyes, "Diseño de manguetas delanteras y posteriores para un vehículo fórmula SAE," Universidad del Azuay, 2016.
- [46] X. Huang and M. Xie, "Evolutionary topology optimization of

- continuum structures,” *John Wiley sons*, p. 1, 2010.
- [47] P. Orellana and P. Pacheco, “Propuesta de una metodología pra la evaluación y categorización de un centro de servicio automotriz liviano en el sector urbano de la ciudad de Cuenca,” Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [48] L. Punnett, P. Vossenas, W. Gary Allread, and N. N. Sheikh, “Work design and health for hospitality workers,” *Ergon. Work. Des. Heal. Wellness, Product.*, pp. 275–298, 2016, doi: 10.1201/9781315374000.
- [49] E. Morín, “Indicadores de Rentabilidad Boletín,” 2017.
- [50] C. Cañizales, “ROI o retorno de la inversión. ¿Qué es y cómo calcularlo?,” 2020. .
- [51] Garcés, Diego A and O. D. Castrillón, “Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción,” *Inf. tecnolñiguca*, vol. 28, pp. 157–170, 2017.
- [52] V. Magallanes, “Proyecto de factibilidad para la creación de una panadería y pastelería en la avenida delta de la ciudad de Guayaquil,” Universidad de Guayaquil, 2015.