



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

Determinación de factibilidad técnica y económica  
para la producción nacional de utillaje especial  
automotriz

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:  
**INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

Autores

Goberth Iván Aguilar Espinoza

Nixon Elías Armijos Ponce

Director

Francisco Torres Moscoso

CUENCA – ECUADOR

2020

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios por darme la fuerza y fortaleza cada día para salir adelante, a mis padres Iván y Ena que estuvieron en todo momento siendo el pilar fundamental y apoyo más grande de mi vida, que, con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, dieron todo de sí para que yo cumpla este tan preciado anhelo, a mi hermana, sobrino, novia que estuvieron a mi lado brindándome el apoyo moral a lo largo de esta etapa, a toda mi familia que a la distancia me daba su voz de aliento. A todas las personas, que gracias a su conocimiento y apoyo hemos logrado culminar este trabajo con éxito.

Goberth Iván Aguilar Espinoza

## **Dedicatoria**

Quiero agradecer a Dios y especialmente a mis padres que constantemente me han forjado, compartiéndome sus valores, para convertirme en la persona que soy hoy en día; muchos de mis triunfos se los debo a ustedes. A mi hermana Jenny que me motivó constantemente para alcanzar mis anhelos y siempre ha sido mi ejemplo y fuente de inspiración para seguir luchando, así también a mis hermanos que los quiero mucho. A mis familiares y amigos que han estado siempre apoyándome. Por último; agradecer a los docentes de IMA por el excelente trabajo que hicieron a lo largo de mi carrera universitaria.

Nixon Elías Armijos Ponce

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradecemos a Dios por permitirnos culminar con nuestro tan anhelado sueño, por darnos la oportunidad de vivir una excelente experiencia universitaria, a nuestros padres que nos guiaron y apoyaron durante este tiempo para poder cumplir con nuestra meta. Agradecemos a nuestros docentes de la facultad de Ciencia y tecnología de la Universidad del Azuay, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. Francisco Torres director de nuestro proyecto quien nos ha guiado para alcanzar con éxito su culminación.

Goberth Iván Aguilar Espinoza  
Nixon Elías Armijos Ponce

**DETERMINACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE UTILLAJE ESPECIAL AUTOMOTRIZ**

**RESUMEN**

El presente estudio, tiene como finalidad analizar la factibilidad técnica económica para producción de extractores de juntas homocinéticas. Primero se determina el diseño, seguido por la evaluación de materiales, análisis de esfuerzos y factibilidad en el mercado. La determinación de la fuerza máxima de 14kN se obtuvo mediante el uso de programa de elementos finitos a diseños existentes en el mercado, realizando varias iteraciones hasta obtener el valor que lleve la herramienta a su máximo esfuerzo que es 220 MPa y en base a esa fuerza se realizó el diseño para construir la herramienta que soporte una fuerza mayor; esto mediante procesos de forjado y mecanizado, obteniendo así un factor de seguridad de 1.49 y 1.24 respectivamente. Finalmente se realizó un estudio de mercado determinando que es factible producir la herramienta por procesos de mecanizado, debido a que la forja representa elevados costos de producción.

**Palabras Claves:** Extractor de juntas homocinéticas, diseño, forja, maquinado, factibilidad.



Francisco Torres Moscoso  
Director del trabajo de titulación



Roberth Rockwood Iglesias  
Coordinador de escuela



Goberth Aguilar Espinoza  
Autor



Elías Armijo Ponce  
Autor

**DETERMINATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY FOR THE NATIONAL PRODUCTION OF AUTOMOTIVE SPECIAL TOOLING**

**ABSTRACT**

The purpose of this study was to analyze the economic and technical feasibility for the production of homokinetic joint extractors. In the beginning, the design is determined. Then the evaluation of materials, analysis of efforts and feasibility analysis in the market were performed. The determination of the maximum force of 14kN was obtained through the use of the program of finite elements to existing designs in the market, performing several iterations until obtaining the value that takes the tool to its maximum effort of 220 MPa. Based on that force, the design was carried out to build a tool that supports a greater force through forging and machining processes, obtaining a safety factor of 1.49 and 1.24 respectively. Finally, a market study was carried out determining that it is feasible to produce the tool by machining processes, because the forging process represented high production costs.

**Keywords:** CV joint extractor, design, forge, machined, feasibility.



Francisco Torres Moscoso  
Thesis Director



Robert Rockwood Iglesias  
Faculty Coordinator



Goberth Aguilar Espinoza  
Author



Elías Armijos Ponce  
Author



Translated by  
Ing. Paúl Arpi

# DETERMINACIÓN DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE UTILLAJE ESPECIAL AUTOMOTRIZ

G. Aguilar<sup>1</sup> - E. Armijos<sup>1</sup>  
Código: 72516 y 76331

<sup>1</sup>Universidad del Azuay. Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo  
gobertthivan@es.uazuay.edu.ec; elias\_1.23@es.uazuay.edu.ec

**Resumen.** \_ El presente estudio, tiene como finalidad analizar la factibilidad técnica económica para producción de extractores de juntas homocinéticas. Primero se determina el diseño, seguido por la evaluación de materiales, análisis de esfuerzos y factibilidad en el mercado. La determinación de la fuerza máxima de 14kN se obtuvo mediante el uso de programa de elementos finitos a diseños existentes en el mercado, realizando varias iteraciones hasta obtener el valor que lleve la herramienta a su máximo esfuerzo que es 220 MPa y en base a esa fuerza se realizó el diseño para construir la herramienta que soporte una fuerza mayor; esto mediante procesos de forjado y mecanizado, obteniendo así un factor de seguridad de 1.49 y 1.24 respectivamente. Finalmente se realizó un estudio de mercado determinando que es factible producir la herramienta por procesos de mecanizado, debido a que la forja representa elevados costos de implementación.

**Palabras Claves:** Extractor de juntas homocinéticas, diseño, maquinado, factibilidad.

**Abstract.** \_The purpose of this study was to analyze the economic and technical feasibility for the production of homokinetic joint extractors. In the beginning is determined. Then the evaluation of materials, analysis of efforts and feasibility analysis in the market were performed. The determination of the maximum force of 14kN was obtained through the use of the program of finite elements to existing designs in the market, performing several iterations until obtaining the value that takes the tool to its maximum effort that is 220 MPa. Based on that force, the design was carried out to build the tool that supports a greater force through forging and machining processes, obtaining a safety factor of 1.49 and 1.24 respectively. Finally, a market study was carried out determining that it is feasible to produce the tool by machining processes, because the forging process represented high production cost.

**Keywords:** CV joint extractor, design, forge, machined, feasibility.

## I. Introducción

Hoy por hoy, la creciente demanda de servicio y mantenimiento automotriz por parte de la población permiten que las empresas ingresen a un ámbito competitivo entre sí, esto impulsa al desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas de servicios para resaltar una de la otra, las cuales deben satisfacer las necesidades de la sociedad.

Este artículo está proyectado para contribuir al desarrollo de procesos de manufactura de herramientas en el país, ofertando a los talleres automotrices: fiabilidad, garantía, calidad y facilidad para realizar el trabajo.

La relación intrínseca entre la máquina, la herramienta y el producto, es clave para lograr los estándares de calidad requeridos en el mercado. Las herramientas están en constante evolución y en la búsqueda de lograr mayor precisión, certeza y confiabilidad. [1]

Los automóviles actualmente están equipados con sistemas electrónicos muy delicados y sensibles, por ello se requiere un cambio en los procesos de mantenimiento convencionales, más cuidadosos para evitar daños en estos nuevos implementos.

La fabricación de herramientas para desmontar juntas homocinéticas (Figura.1) u otras en general, empieza por seleccionar el diseño adecuado que cumpla con las condiciones requeridas; seguido a esto determinar un proceso de manufactura que no altere las propiedades mecánicas del material, el cual puede ser por conformado y mecanizado.



Figura 1 - Modelo del producto en el mercado. [2]

El objetivo final de la fabricación mecánica es la transformación de una materia prima en un producto acabado cumpliendo los requerimientos de calidad y precio. Para ello disponemos de diversas tecnologías en función de los materiales a transformar, los requerimientos del producto, el volumen de piezas a fabricar, etc. [3]. La figura 2 indica el proceso de transformación de materia prima a un producto acabado.

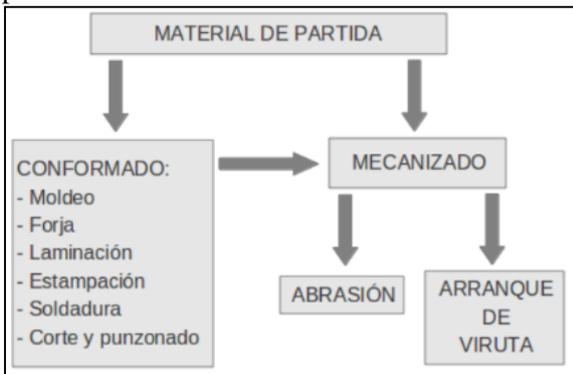


Figura 2 – Esquema de procesos de transformación de materia prima a un producto acabado. [3]

La junta homocinética es una pieza importante en los vehículos de tracción, sus ruedas delanteras se encuentran en constante movimiento, debido a que transmiten el movimiento del motor y son las encargadas de direccionarlo, como se muestra en la Figura 3. Esta pieza está formada por dos juntas cardán unidas a su vez por una pieza de doble horquilla que hace que el giro alterado por una de ellas sea rectificado por la otra, transmitiéndose así un movimiento uniforme a las ruedas. [4]

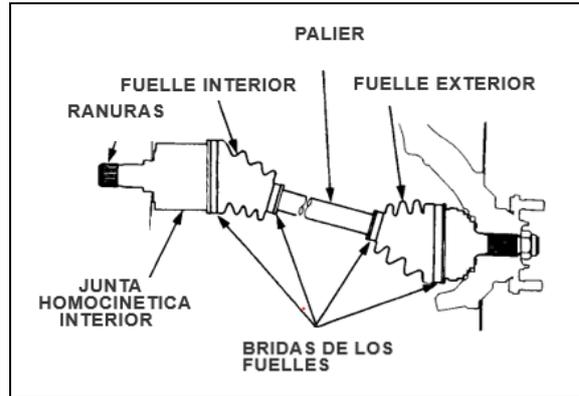


Figura 3– Partes principales de la junta homocinética. [5]

Los problemas en juntas homocinéticas se caracterizan por las vibraciones y ruidos que se producen durante la marcha. Realmente cuando aparecen ruidos y vibraciones ya puede ser muy tarde para corregir un problema. Dentro del mantenimiento preventivo está el reemplazo del lubricante y del guardapolvo, este servicio es clave para la seguridad en la conducción y alargar la vida útil y el perfecto estado de un automóvil. [6]

Para justificar la construcción de herramientas especiales se realizó la matriz de dificultades y oportunidades la misma que se presenta a continuación. (Tabla I).

Tabla I - Matriz de dificultades y oportunidades.

Hechos (Dificultades)	Explicación	Solución tecnológica
<b>Incomodidad al realizar el mantenimiento</b>	Difícil acceso, provoca pérdida de tiempo.	Construir una herramienta compacta que quepa en el espacio disponible
<b>Daño a los componentes adjuntos</b>	Al utilizar herramienta inadecuada se dañan los componentes adjuntos.	Dimensionar correctamente la herramienta para evitar el contacto con los componentes adjuntos.
<b>Uso de herramientas inadecuadas</b>	Se utiliza el martillo para llevar a cabo el trabajo.	Demostrar a los clientes que la herramienta es la adecuada.

Hechos (Oportunidades)	Explicación	Solución tecnológica
No hay en el mercado nacional esta herramienta	En el mercado nacional no hay esta herramienta.	Aprovechar esta circunstancia para vender el mayor número de producto.
Existe la oportunidad de manufacturarla	Se adquiriría máquinas herramienta donde se puede llevar a cabo el proceso de fabricación.	Diseñar el sistema de producción de estas piezas para fabricarlas de manera eficiente.

## II. Materiales y métodos

### A) Determinar el diseño.

#### 1. Análisis de diferentes modelos existentes

Actualmente en el mercado existen muchos modelos de extractores de juntas homocinéticas (Figura 4), construidos con diferentes materiales, por lo cual su comportamiento y resistencia será distinto ante los diferentes casos de carga.



Figura 4 - Modelos de extractores de juntas homocinéticas. [2]

#### 2. Realización del diseño.

Debido a que las cargas están relacionadas con el nivel de agarrotamiento del material se realizaron varios ensayos para la obtención de las fuerzas que soporta la herramienta en funcionamiento; el extractor de juntas homocinéticas se somete a diferentes esfuerzos.

#### 2.1 Cálculos de fuerza máxima de herramienta del mercado.

Para realizar este cálculo, se consideró un modelo existente en el mercado, realizando una copia de su diseño físico a un programa de diseño mecánico para su posterior análisis (Figura 5).

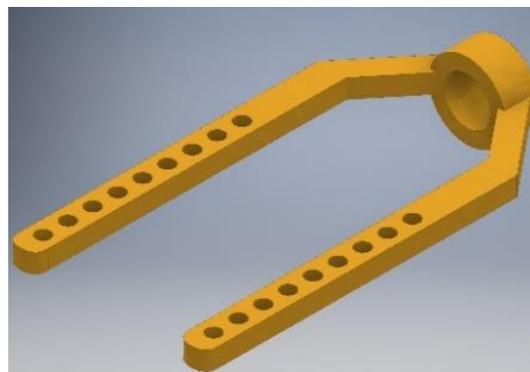


Figura 5 - Extractor de juntas homocinéticas. [7]

El material con el cual es fabricada esta herramienta es acero AISI 1018 el cual posee las siguientes propiedades mecánicas (Tabla II).

Tabla II – Propiedades del acero AISI 1018. [8]

Acero AISI 1018		
Propiedades mecánicas	Valor	Unid.
Resistencia a la tensión	462	MPa
Módulo de fluencia	220	MPa
Dureza Brinell	116	HB
Módulo de elasticidad	205	GPa
Maquinabilidad	76	%
Propiedad física		
Densidad	7.87	g/cm <sup>3</sup>

Para realizar la simulación se colocó una fuerza distribuida sobre la parte superior de la herramienta, que es donde la tuerca con la arandela la aplican en el proceso de apriete. La calidad de los elementos es importante para la obtención resultados más precisos (Tabla III y IV).

Tabla III - Propiedades de los elementos finito del modelo original. [7]

Número de elementos finitos	86619
Tipo de elementos finitos	Tetraédricos de primer orden

Tabla IV - Calidad de los elementos finitos del modelo original. [7]

Warp >	5	0/86619	0%
Aspect >	5	0/86619	0%
Skew >	60	0/86619	0%

Tet collapse >	0.10	0/86619	0%
Cell squish >	0.90	0/86619	0%
Length <	1.50	25934/86619	29.9%
Length >	4	1599/86619	1.8%
Jacobian >	0.7	0/86619	0%
Equia skew >	0.9	0/86619	0%
Vol skew >	0.950	0/86619	0%
Vol Ar >	5	0/86619	0%

Las restricciones fueron colocadas mediante el uso de elementos rígidos (RBE2) en los agujeros más lejanos, debido que en esta posición la herramienta es más propensa a fallar. La colocación tanto de las fuerzas como restricciones simulan el funcionamiento real de la herramienta (Figura 6).

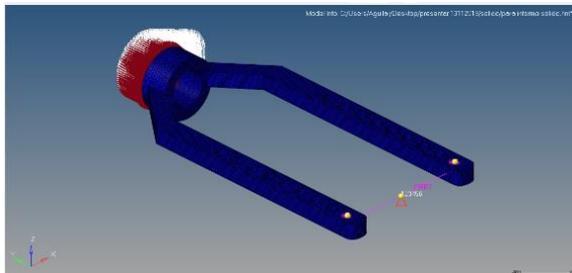


Figura 6 - Cargas y restricciones en herramienta. [7]

El resultado obtenido a través de programa de análisis elementos finitos se obtiene una fuerza máxima admisible de 14 KN, llegando la herramienta a su esfuerzo máximo de 220 Mpa (Figura 7).

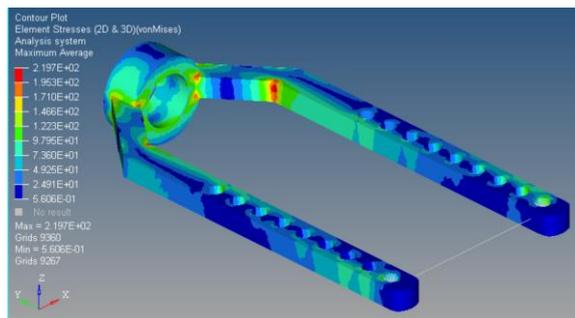


Figura 7 - Análisis de esfuerzo. [7]

## 2.2 Rediseño de extractor de juntas homocinéticas.

Se realizó el rediseño de la herramienta extractora de juntas homocinéticas tomando en cuenta las falencias y los puntos críticos como acumuladores de esfuerzos de la herramienta existente en el mercado (Figura 8).

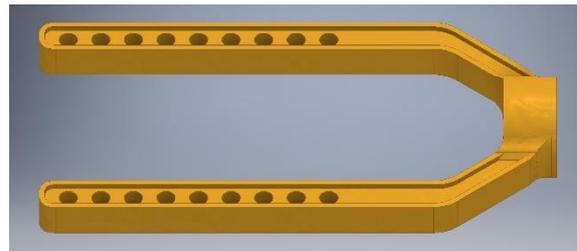


Figura 8 - Diseño extractor de juntas homocinéticas. [7]

## 3. Simulación y validación del diseño mediante software de elementos finitos.

La herramienta ha sido analizada en programa de análisis de elementos finitos y se revisó la calidad de los elementos para así obtener resultados más precisos (Tabla V y VI).

Tabla V – Propiedades de los elementos finito del modelo modificado. [7]

Número de elementos finitos	227582
Tipo de elementos finitos	Tetraédricos de primer orden

Tabla VI – Calidad de los elementos finitos del modelo modificado. [7]

Warpage >	5	0/227582	0%
Aspect >	5	0/227582	0%
Skew >	60	0/227582	0%
Tet collapse >	0.10	0/227582	0%
Cell squish >	0.90	0/227582	0%
Length <	1.50	86458/227582	38%
Length >	4	5052/227582	2.2%
Jacobian >	0.7	0/227582	0%
Equia skew >	0.9	0/227582	0%
Vol skew >	0.950	0/227582	0%
Vol Ar >	5	4/227582	0%

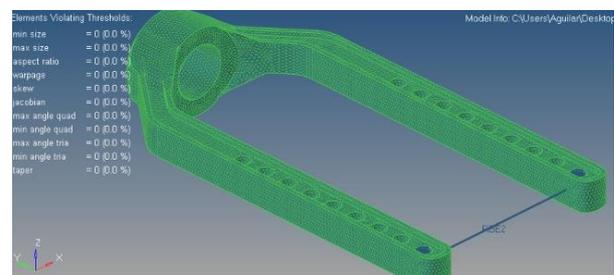


Figura 9 - Análisis de elementos. [7]

## 3.1. Fuerzas y restricciones en el extractor de juntas homocinéticas.

Para realizar la simulación del diseño propuesto se colocaron las cargas y restricciones en los

mismos lugares que en la herramienta de la competencia (Figura 10).

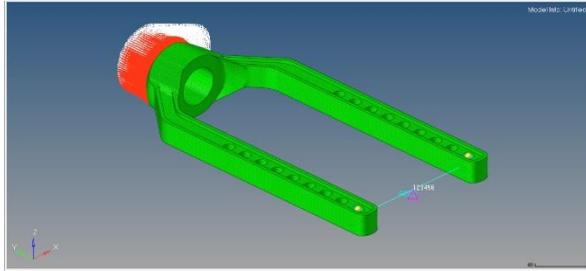


Figura 10 - Fuerzas y restricciones. [7]

### 3.2. Resultados de esfuerzos y desplazamiento.

El resultado del análisis: desplazamiento máximo de 0.0027 mm (Figura 11), y un esfuerzo máximo de 148 MPa (Figura 12).

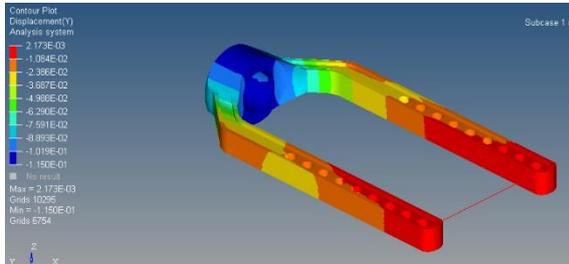


Figura 11 - Desplazamiento máximo. [7]

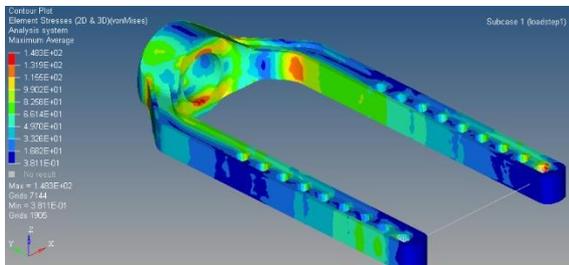


Figura 12 - Esfuerzo máximo. [7]

En donde el factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{220 \text{ Mpa}}{148 \text{ Mpa}}$$

$$\eta = 1.49$$

En los resultados obtenidos por el programa se puede observar una deformación mínima y un valor de esfuerzo por debajo del valor admisible del material, lo cual nos permite hacer una comparación con la herramienta existente en el mercado (Tabla VII).

Tabla VII – Resultados.

	Competencia	Propuesto	Unid.
Desplazamiento.	0.00601	0.002173	mm
Esfuerzo	220	148	MPa
Fuerza Máx.	14000	18581	N

Para la obtención del torque en la rosca a partir de la fuerza máxima aplicada, se realizó el cálculo con la siguiente formula. [9]

$$T = KFd$$

Dónde:

$T$  → par de torsión

$K$  → coeficiente del par de torsión

$F$  → fuerza máxima aplicada

$d$  → diámetro

El coeficiente del par de torsión se calculó con la siguiente fórmula. [9]

$$K = \left(\frac{d_m}{2d}\right) * \left(\frac{\tan \lambda + f \sec \alpha}{1 - f \tan \lambda \sec \alpha}\right) + 0.625f_c$$

Dónde:

$K$  → coeficiente del par torsión

$d_m$  → diámetro medio

$d$  → diámetro

$f$  → coeficiente de fricción ( $f = f_c = 0.15$ )

$2\alpha$  → ángulo de la rosca ( $60^\circ$ ) [10]

$\lambda$  → ángulo de avance de la rosca

El ángulo de avance se obtiene de la siguiente fórmula.

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{l}{\pi d_m N}$$

Dónde:

$\lambda$  → ángulo de avance

$l$  → ancho de la rosca

$d_m$  → diámetro medio

$N$  → número de roscas por pulgada

Las dimensiones de la rosca de la junta homocinética en el lado de la rueda son: M24 x 1.5. [11]

El torque aproximado en la rosca es de 67.2 N-m.

**B) Selección de materia prima necesaria para producir extractores de juntas homocinéticas.**

**1. Materiales que se adapten a las necesidades del producto.**

En el país existen muchos proveedores de acero para la construcción de extractores de juntas homocinéticas, los cuales cuentan con sucursales a nivel nacional por consiguiente una respuesta inmediata ante las demandas de material. Se investigó en diferentes distribuidores sobre los aceros que tienen en stock (Tabla VIII).

*Tabla VIII – Materiales requeridos para fabricación de extractores de juntas homocinéticas.*

Materiales	Cantidad
EF18200 E.AC.FRIO 2(15.9107 KG/MT)" tubo de 6 metros	1
Estribo varilla 8 mm 20x20	1

Según los resultados obtenidos se propone trabajar con un eje de acero 1018 laminado en frío de diámetro 2 pulgadas, debido a su facilidad de mecanizado y conformado. [8]

**C) Planteamiento de proceso de producción.**

A continuación, se plantea los procesos a seguir para la obtención de la herramienta extractora de juntas homocinética, considerando como más importantes el establecimiento del diseño, análisis estructural, selección del material, analizar máquinas necesarias para la producción, realizar el cálculo financiero, construcción de la herramienta y como paso final la venta del producto (Figura 13).



*Figura 13 - Procesos de caracterización. [7]*

**1. Etapa analítica**

**1.1. Proceso de producción**

Con la frecuencia que sea necesario se produce una pequeña cantidad de productos idénticos. Podría considerarse como un proceso de producción intensivo en mano de obra, pero no suele ser así, ya que lo habitual es incorporar patrones o plantillas que simplifican la ejecución. Las máquinas se pueden cambiar fácilmente para producir un lote de un producto diferente, si se plantea la necesidad. [12]

De acuerdo con las necesidades que se tienen para la producción del extractor de juntas homocinéticas tenemos el siguiente listado de máquinas a utilizar en la (Tabla IX).

*Tabla IX - Maquinaria*

Maquinaria necesaria
Fresadora
Martillo para forja
Horno
Pulidora
Dobladora
Compresor

**2. Etapa de síntesis**

La etapa de síntesis se la realizó mediante el uso de encuestas a los potenciales compradores como; talleres mecánicos, casas comerciales, equipos de abasto automovilístico.

Para la obtención del número de encuestas necesarias se realizó el cálculo con la siguiente formula. [13]

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

Dónde:

- $n$  → es el número de encuestas
- $N$  → es tamaño de la población
- $z$  → es el nivel de confianza 95%
- $p$  → probabilidad de éxito 50%
- $q$  → probabilidad de fracaso 50 %
- $e$  → error máximo admisible 6%

$$n = \frac{2356 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.06^2 * (2356 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 265$$

Con datos de estudios obtenidos anteriormente tenemos que a nivel nacional existen 29068 establecimientos económicos dedicados a actividades de comercio automotriz, de los

cuales el 70% corresponden a establecimientos que realizan mantenimiento y reparación de vehículos automotores, mientras que el 30% restante se dedica a la venta de partes, piezas y accesorios de vehículos automotores. En la provincia del Azuay se tiene 2356 establecimientos de los cuales 1649 se dedican al mantenimiento automotriz. [15]

Realizando el número de encuestas calculadas, se llegó a obtener los siguientes resultados.

El 94% de las personas encuestadas conoce sobre la herramienta para extraer juntas homocinéticas (Gráfico 1).

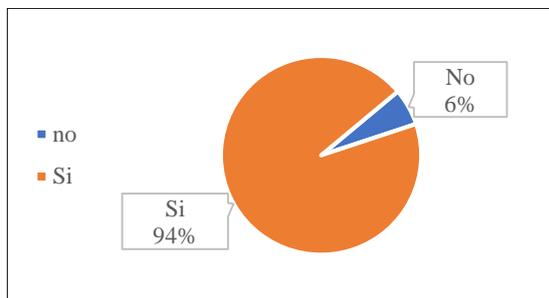


Gráfico 1 – Conoce la herramienta. [7]

En cuanto a si estarían dispuestos a adquirir una herramienta producida nacionalmente el 89% de las personas dijeron que “si” (Gráfico 2).

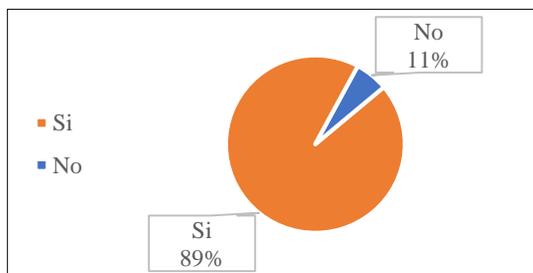


Gráfico 2 - Acogida del producto a fabricarse. [7]

En lo referente a los valores propuestos, se consideró el coste de materia prima y un margen de ganancia para la empresa que nos permite competir con una herramienta de calidad y alta fiabilidad.

Con los datos obtenidos tenemos que el 58% de los encuestados está de acuerdo con el valor de \$100 - \$115 (Gráfico 3).

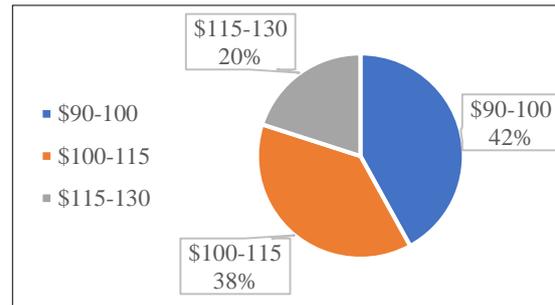


Gráfico 3 - Precio establecido de la herramienta. [7]

Así mismo el 72% desean realizar la adquisición de la herramienta a través de internet.

En base a los resultados obtenidos a través de los encuestados, se garantiza una demanda del producto.

En cuanto a la economía de la empresa se ha planteado vender 1550 herramientas en el primer año para cubrir la provincia del Azuay a \$115,00 cada una.

Para la determinación del valor de producción del producto se tomó en cuenta el costo de la materia prima (Tablas X).

Tabla X – Cotización de materia prima. [7]

Cotización de materia prima		
Materia prima	Cantidad	Valor
Eje de transmisión	1	\$13.78
Total		\$13.78

\$13.78 es el costo de materia prima para un extractor de juntas homocinéticas. Con la materia prima establecida se realiza el análisis para el proceso de producción con el costo de las diferentes máquinas a adquirir (Tabla XI).

Tabla XI – Cotización de máquinas herramienta. [7]

Costos de máquinas herramientas	
Máquina	Valor
Fresadora	\$5.000,00
Horno	\$60.000,00
Martillo para forja	\$1'500.000,00
Pulidora	\$5.000,00
Dobladora	\$10.000,00
Compresor	\$500,00
<b>Total</b>	<b>\$1'580.500,00</b>

Debido a las características que tiene el forjado, como la capacidad de producir una amplia variedad de partes estructurales con alta resistencia, tenacidad, precisión dimensional y confiabilidad en el servicio.

El presente estudio analizó la posibilidad de producir la herramienta extractora de juntas homocinéticas mediante este proceso, analizando el costo del forjado que implica diversos factores: según la complejidad del forjado, los costos de herramientas y matrices van de moderados a extensos. sin embargo, como en otras operaciones de fabricación.

Este costo se distribuye entre la cantidad de partes forjadas con el conjunto de matrices en particular. por lo tanto, aunque el costo del material de cada pieza de trabajo permanece constante, los costos por pieza del montaje y del herramental disminuyen al aumentar la cantidad de forjas, así como se muestra en la Figura 14. [15]

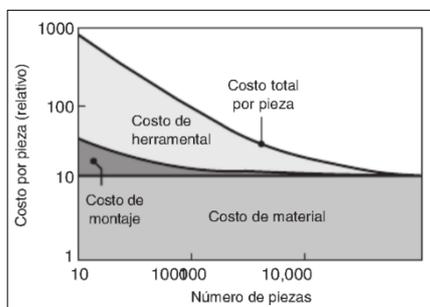


Figura 14 - Costo característico de pieza por forjado. [11]

### 3. Etapa de acondicionamiento

De acuerdo al análisis del mercado se optado por realizar la compra de un eje de transmisión AISI 1018 con medidas de 6000 mm x 2 in.

El VAN y el TIR son dos herramientas para calcular la viabilidad de un proyecto empresarial, independiente de sus características o área de desempeño. En este estudio los factores que se tomaron en cuenta fueron: inversiones de equipos, maquinaria, gastos y costos tanto de la materia prima como del proceso de producción. [16]

### III. Resultados y Discusiones.

Los indicadores obtenidos no son alentadores, debido a que el número de piezas que se planea construir está por debajo de los valores recomendados para que la forja sea viable. El TIR obtenido es de -16.48%, muestran que la fabricación de la herramienta extractora de juntas homocinéticas mediante forjado no es factible económicamente, debido a que, si el TIR es alto, supone un retorno de la inversión equiparable a

unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Sin embargo, en este caso el TIR es bajo, lo cual indica que debemos encontrar otro destino para nuestra inversión.

El costo de fabricación de una pieza será diferente según su proceso de fabricación y cantidad de unidades; para grandes cantidades la forja será la mejor opción, mientras que para un número inferior a 20000 piezas resulta más económico otro proceso como maquinado, entre otros (Figura 17). [15]

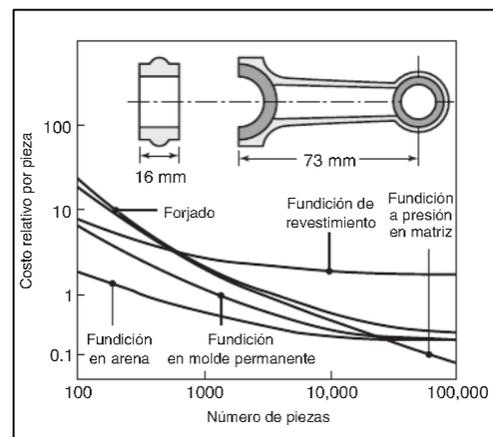


Figura 15- Costo unitarios entre diferentes procesos de fabricación. [11]

Como una alternativa y de acuerdo a la producción y al mercado local; se plantea la producción mediante proceso de maquinado. En la Tabla XII, se muestra la cotización de la materia prima.

En la tabla XIII se describe el proceso con su respectivo costo, para fabricar la herramienta.

Tabla XII - Materia prima. [7]

Cotización de materia prima			
Materia prima	Cantidad	Valor Unit.	Total
Plancha	2	\$2.30	\$4.60
Eje	1	\$1.02	\$1.02
Total			\$5.62

Tabla XIII – Inversión en máquinas herramienta. [7]

Costos de Maquinaria	
Maquina	Valor
Soldadora	\$ 10
Corte plasma	\$ 5
Cortadora	\$ 2
Tratamiento	\$ 10
Insumos	\$ 20
Materia prima	\$5.62
<b>Total</b>	<b>\$57.62</b>

Con la ayuda de los indicadores económicos TIR y VAN, para calcular la factibilidad del proyecto mediante el proceso de maquinado, se obtiene los siguientes datos (Tabla XIV).

Tabla XIV – Indicadores. [7]

<b>Inversión</b>	\$22,280.43
<b>Capital de trabajo</b>	\$ 5,191.39
<b>Tasa circulante</b>	4.85
<b>Prueba acida</b>	4.18
<b>Tasa de deuda</b>	0.47
<b>Rentabilidad sobre ventas</b>	37.54%
<b>Rentabilidad económica</b>	285.77%
<b>Rentabilidad financiera</b>	82.37%
<b>VAN</b>	\$27,699.89
<b>TIR</b>	84.17%

El TIR es del 84.17% considerablemente alto lo que quiere decir que estamos ante un proyecto empresarial rentable.

Con el nuevo estudio se plantea un nuevo diseño que cumplan con estos requerimientos.

Para realizar la simulación del diseño propuesto se colocaron las cargas y restricciones en los mismos lugares que en la herramienta diseñada anteriormente. (Figura 16).

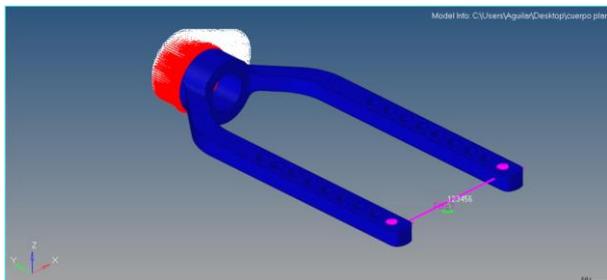


Figura 16 - Fuerzas y restricciones. [7]

### 3.3. Resultados de esfuerzos y desplazamiento.

El resultado del análisis: desplazamiento máximo de 0.0062 mm (Figura 17), y un esfuerzo máximo de 178 MPa (Figura 18).

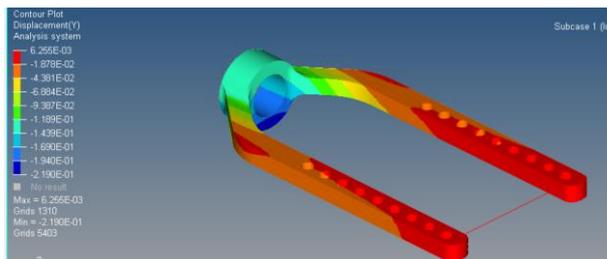


Figura 17- Desplazamiento máximo. [7]

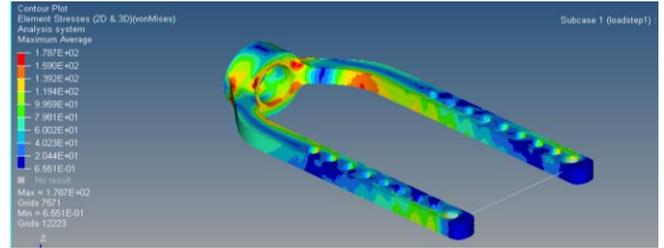


Figura 18 - Esfuerzo máximo. [7]

En donde el factor de seguridad es:

$$\eta = \frac{220 \text{ Mpa}}{178 \text{ Mpa}}$$

$$\eta = 1.24$$

Con los resultados obtenidos de el análisis de soldadura, se determinó usar un electrodo E70xx y un cordón de 5 mm de espesor obteniendo esfuerzos inferiores a los admisibles. (Tabla XVI)

Tabla XV – Análisis soldadura. [9]

<b>Cargas</b>	
Fuerza Axial	14000 N
Momento flector	245 N.m
<b>Cotas</b>	
Espesor de cordón	5 mm
Distancia entre cordones	13.5 mm
Largo de cordón	24 mm
<b>Electrodo E70XX</b>	
Limite de elasticidad	390 Mpa
Resistencia a la tracción	480 Mpa
Tensión admitida	156 Mpa

<b>Resultados</b>	
$\tau_A$	156.000 MPa
$a_{min}$	1.890 mm
$\tau$	58.333 MPa
$F_{xmax}$	37440.000 N

Figura 19 – Resultados de cortante máximo.

<b>Resultados</b>	
$\tau_A$	156.000 MPa
$a_{min}$	3.950 mm
$\tau$	122.629 MPa
$M_{max}$	254.430 N m

Figura 20 – Resultados de esfuerzos por torsión.

De acuerdo con el nuevo análisis del mercado se optaría por realizar la compra de la plancha de acero con las siguientes medidas 6m x 1.5m de espesor de 20 mm y eje de acero al carbono AISI 1018 de 6m de largo y de diámetro externo de 50mm e interno de 30mm.

Con estos precios y gastos se presenta una nueva economía de la empresa, lo que demuestra que es posible vender 1550 extractores de juntas homocinéticas anualmente a \$115,00 cada una.

Con la optimización de materia prima tenemos una producción de 433 extractores. Para el primer lote se tiene una inversión de \$ 25,347.46 que consta de materiales y ensamble para las 433 herramientas. La empresa generará ventas de \$49,795.00 en su primer lote de venta recuperando la inversión inicial y con una utilidad aproximada del 50%, haciendo rentable este proceso.

#### IV. Conclusiones

- Al hacer la simulación computacional de los esfuerzos que soportan la herramienta de la competencia se determinó, que soporta una carga máxima de 14 kN, como una opción para mejorar su funcionamiento y debido a que su funcionamiento exige seguridad y soportar altas cargas, ya que muchas veces las juntas de eje se traban se realiza un rediseño reforzando las zonas donde se concentra la mayor cantidad de esfuerzos, obteniendo así un factor de seguridad de 1.49 para forja y 1.24 para mecanizado
- El extractor de juntas homocinéticas se analizó con una fuerza de 14 kN, aplicándola sobre la parte superior de la herramienta que es donde la tuerca la aplica al momento del apriete, esta fuerza es la máxima que soportan las herramientas existentes en el mercado, de esta manera se obtuvo un diseño en forja y maquinado que soporta 1,32 y 1.19 veces más respectivamente la fuerza de la herramienta de la competencia.
- Según los resultados obtenidos en el programa de análisis por elementos finitos el material que mejores propiedades físicas y mejor se adapta al proceso de fabricación por forja es un eje de transmisión AISI 1018 de 2 in de diámetro.
- Con el análisis de resultados de las encuestas realizadas el 94% de los encuestados está dispuesto a pagar el valor propuesto de \$115.00, que brinda grandes posibilidades de competir en el mercado, en el caso de esta herramienta es importada cuyo precio bordea los \$120 o más.
- El mercado nacional no es suficiente para satisfacer la producción de herramientas debido a que el proceso de fabricación por forja es viable con un número mayor a 100000 unidades y para que el valor de fabricación con respecto a otros métodos disminuya se recomienda producir un número mayor a 20000, fig. 15, por lo tanto, para conseguir viabilidad en la implementación de la forja se debe buscar mercado fuera del país.
- La herramienta se debe construir mediante procesos de maquinado, el cual nos da un punto de equilibrio en 450 piezas, mediante que por forja el punto de equilibrio esta en 120000 piezas, el cual es un valor muy elevado para el mercado que se está analizando
- Debido a que no se encontró viabilidad en el proceso de forja a nivel local, se propuso el proceso de manufactura por mecanizado el cual, realizando los estudios económicos respectivos, el indicador TIR nos dice que la empresa es 84.17% rentable.
- El proceso de manufactura por forja es el que mejores prestaciones mecánicas brinda a la herramienta, referente a esto debe evaluar el diseño existente en el mercado y optar por nuevas características que se acople al proceso de mecanizado para brindar una mejor calidad y fiabilidad a la herramienta.
- Como el eje es laminado en frío debe considerar tratamiento térmico para aliviar esfuerzos residuales. Para lograr aliviar esos esfuerzos y endurecer la herramienta, se opta por un temple, a continuación, se citan las especificaciones para el acero AISI 1018. [8]
  - Forja: 1180° – 1230°C, enfriar en aire.
  - Templado y Revenido:
    1. Cementar entre 900° – 930°C, por 8 horas.
    2. Enfriar empaquetado.

3. Recalentar 760° – 790°C.
4. Enfriar en agua.
5. Revenir 120° – 200°C

## V. Recomendaciones

- El propósito de este proyecto es la creación de utillaje para el sector automotriz, su continuidad puede ser el de procesos para su producción.
- Se recomienda sacar una patente de la herramienta para evitar el riesgo de competencia externa.
- Su venta y comercialización se podría hacer en las diferentes plataformas digitales para llegar a más personas interesadas.

## VI. Referencias

- [1] I. M. Garzón, «En busca del corte perfecto,» INTERNACIONAL METALMECANICA, Abril 2016. [En línea]. Available: <http://www.metalmecanica.com/temas/En-busca-del-corte-perfecto+112055>.
- [2] Amazon, «CCLIFE separador extractor de juntas homocinéticas univesal,» Amazon, 23 Julio 2016. [En línea]. Available: [https://www.amazon.es/CCLIFE-separador-extractor-homocineticas-univesal/dp/B01FSFIP58/ref=pd\\_sbs\\_263\\_1/260-4670828-5735211?\\_encoding=UTF8&pd\\_rd\\_i=B01FSFIP58&pd\\_rd\\_r=110cca29-1539-4a88-924d-faa90a6eda88&pd\\_rd\\_w=SBSyP&pd\\_rd\\_wg=DdIE5&pf\\_rd\\_p=71620895-af79-44](https://www.amazon.es/CCLIFE-separador-extractor-homocineticas-univesal/dp/B01FSFIP58/ref=pd_sbs_263_1/260-4670828-5735211?_encoding=UTF8&pd_rd_i=B01FSFIP58&pd_rd_r=110cca29-1539-4a88-924d-faa90a6eda88&pd_rd_w=SBSyP&pd_rd_wg=DdIE5&pf_rd_p=71620895-af79-44).
- [3] A. Gil, «Introducción a los procesos de fabricación,» CENTRO AVANZADO DE FRABRICACION, 12 Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.imh.eus/es/imh/comunicacion/docu-libre/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion-1/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion>.
- [4] I. J. Piña, «Cómo lubricar correctamente las Juntas Homocinéticas,» e-auto.com.mx.com, 23 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://e-auto.com.mx/engew/index.php/85-boletines-tecnicos/7114-como-lubricar-correctamente-las-juntas-homocineticas>.
- [5] J. Walker, «Compilation of electronic system manuals,» APA, 1996. [En línea]. Available: <http://www.snapon.usf.edu/english/walker/apa.html>.
- [6] R. Fernandez, «¿Qué es una junta homocinética y cómo cuidarla?,» GRUAS CECILIO E HIJOS, S.L., 1 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <https://megatallergruascecilio.es/que-es-una-junta-homocinetica-y-como-cuidarla/>.
- [7] G. Aguilar y E. Armijos, Cuenca, 2019.
- [8] I. S. D. C.V., «Acero 1018,» México, 2019.
- [9] R. G. Budynas y J. K. Nisbeth, «Relación del par de torsión del perno con la tensión del perno,» de *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México, McGraw-Hill Interamericana, 2008, pp. 422-425.
- [10] M. E. Brumbach y J. A. Clade, «Faasteners,» de *Industrial Maintenance*, USA, DELMAR CENGAGE Learning, 2014, p. 64.
- [11] Race, «JUNTAS HOMOCINÉTICAS, FLECHAS Y CUBREPOLVOS CV JOINTS, CV AXLES & CV BOOTS,» DACOMSA, México, 2019.
- [12] EAE, «EAE Business School,» 25 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla/>.
- [13] PSYMA, «¿Cómo determinar el tamaño de una muestra?,» PSYMA, 04 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>.
- [14] S. Kelpakjian y S. R. Schmid, «Forjado de metales,» de *MANUFACTURA, INGENIERIA Y TECNOLOGIA*, México, PEARSON EDUCATION, 2008, pp. 371-398.
- [15] Pinta Fernanda, Peña Andres , N. Angulo y B. Sosa , «Análisis sectorial,» *Infoeconomia* , pp. 2-3, 2012.
- [16] OBS Business School, «VAN y TIR, dos herramientas para la viabilidad de una inversión,» OBS Business School, 23 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.google.com/search?ei=Kv37XYr0GsKesQXOu6CYBA&q=inurl%3Ahttps%3A%2F%2Fobsbusiness.school%2Fes%2Fblog-investigacion%2Ffinanzas%2Fvan-y-tir-dos-herramientas-para-la-viabilidad-de-una-inversion&oq=inurl%3Ahttps%3A%2F%2Fobsbusiness.school%2Fes%2Fblo>.
- [17] A. Peña, «Análisis sectorial,» *Infoeconomia*, vol. I, nº 7, pp. 2-3, 2012.