



**DISEÑO DE UNA MÁQUINA TORSIONADORA**

**DIEGO MAURICIO ORDOÑEZ  
CARLOS FELIPE MORENO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2013**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA TORSIONADORA**

**DIEGO MAURICIO ORDOÑEZ  
CARLOS FELIPE MORENO**

**TRABAJO DE GRADO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA**

**DIRECTOR  
HERNÁN ALBERTO QUINTERO  
LICENCIADO EN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS  
INGENIERÍA EN MECATRÓNICA  
PEREIRA  
2013**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por ser mi punto de apoyo, la esperanza que nos mueve y la felicidad que nos da al lograr nuestras metas.

A mi esposa y a mis dos hijos por el ánimo, el apoyo, la comprensión y la paciencia.

*Diego Mauricio Ordoñez*

Por encima de todo le doy gracias a Dios por darme una madre que me ha acompañado en todos mis procesos académicos y a un hermano como sentido de vida, quienes me dan fuerza día a día para superarme como profesional y como persona.

*Carlos Felipe Moreno Cárdenas*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Tecnológica de Pereira por su receptividad y apoyo, que nos permitió una verdadera formación integral con capacidad para formular propuestas de innovación tecnológica.

## Contenido

INTRODUCCIÓN.....	8
1. TÍTULO.....	9
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	10
2.1 DESCRIPCIÓN.....	10
2.2 FORMULACIÓN.....	10
2.3 SISTEMATIZACIÓN.....	10
3. JUSTIFICACIÓN.....	11
4. OBJETIVOS.....	12
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
5. MARCO REFERENCIAL.....	13
5.1 MARCO HISTÓRICO.....	13
5.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	14
5.3.1 TORSIONADORAS DE OPERACIÓN MANUAL.....	14
5.3.2 DOBLADORA MANUAL.....	15
5.3.3 TORSIONADORA AUTOMÁTICA.....	16
5.3.4 DISEÑO DE LA MÁQUINA TORSIONADORA.....	16
5.3.4.1 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA PROPUESTA.....	16
5.3.4.2 SOFTWARE DE DISEÑO.....	17
5.3.4.3 CIRCUITO ELÉCTRICO.....	17
5.3.4.4 CONTADOR DE BACHES.....	17
5.3.4.5 MOTOR-REDUCTOR.....	18
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	19
7. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	20
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA.....	20
7.1.1 Propiedades del material.....	21
7.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA.....	22
7.2.1 Cabezal y eje de torsión.....	22
7.2.2 Base móvil de fijación.....	22
7.3 Cálculos para conseguir el torque necesario para torsionar el material.....	22
7.4 Cálculos para encontrar la potencia de motor.....	26

7.5 Calculo del motor-reductor.....	26
7.4.2 Relación de rpm salida reductor a eje conducido máquina.....	27
7.5 Diseño de transmisión de cadenas.....	28
7.6 Selección de los rodamientos.....	30
7.7 DISEÑO DE LA MÁQUINA EN SOLIDWORKS.....	31
7.9 CIRCUITO ELÉCTRICO.....	33
7.9.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	34
8. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
9. CONCLUSIONES.....	37
10. RECOMENDACIONES.....	37
11. BIBLIOGRAFÍA.....	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adornos típicos para herrería y herrero tradicional.....	13
Figura 2. Dobladora Disme Tris.....	14
Figura 3. Dobladora Disma-Mex (importada).....	15
Figura 4. Conformadora de espirales, torcedora de barras y conformadoras de anillos Metal Craft.....	15
Figura 5. Torsionadora MT 500A NARGESA.....	16
Figura 6. Motor-reductor monobloque.....	18
Figura 7. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 30 cm.....	24
Figura 8. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 60m.....	19
Figura 9. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 1.2m.....	25
Figura 10. Especificaciones de mayado para la varilla.....	25
Figura 11. Chumacera NTN.....	25
Figura 12. Diseño en Solidworks de la maquina torsionadora.....	31
Figura 13. Dibujo en Solidworks con vistas frontal, lateral, superior y en 3D... ..	32
Figura 14. cabezal y eje de torsión diseñado en Solidworks.....	32
Figura 15. Base móvil de fijación sobre el par de ejes paralelos diseñado en Solidworks.....	32
Figura 16. Circuito eléctrico.....	33
Figura 17. Conmutador dos posiciones.....	34
Figura 18. Pulsador de emergencia.....	34
Figura 19. Pulsador Reset.....	34
Figura 20. Contador de Baches.....	34
Figura 21. Contactor.....	34

Figura 22. Relé térmico.....	34
Figura 23. Sensor inductivo.....	34

**LISTA DE TABLAS.**

Tabla 1. Propiedades mecánicas del material.....	22
Tabla 2. Coeficientes para barras rectangulares en torsión.....	23
Tabla 3. Tamaños de cadenas de rodillos.....	28

## INTRODUCCIÓN

El torsionado es un método que consiste en aplicar el par de torsión en forma circular a los perfiles o platinas de acero de bajo carbón y Para la obtención del conformado de perfiles en hierro en el sector de la ornamentación, Independientemente de las técnicas tradicionales para trabajar el hierro basados en el calentamiento del material en fraguas u hornos para su posterior conformado, existen en la actualidad varios sistemas que permiten la deformación del hierro sin tener que recurrir al calentamiento previo.

Los podemos agrupar en dos tipos generales: Manuales y Mecánicos.

En el primero el funcionamiento se basa en un sistema de enrollado manual accionado mediante una palanca que permite la deformación de barras de hierro sobre una matriz fijada a una bancada.

En el segundo caso los métodos de torsión combinan sistemas mecánicos e hidráulicos, controlados mediante automatismos, que permiten la deformación del hierro mediante torsión y/o conformado mediante la acción de una prensa hidráulica.

La ejecución de este proyecto se fundamentó en el diseño de una máquina basada en el conformado de perfiles y platinas de hierro, a partir de un mecanismo electro-mecánico semiautomático, para dar determinadas formas como espirales y curvas a dichas barras de hierro forjado o incluso para la combinación de algunas de estas técnicas de ornamentación.



## **1. TÍTULO**

DISEÑO DE UNA MAQUINA TORSIONADORA

## **2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN**

En la actualidad para la realización de la torsión y flexión del hierro en la ornamentación, las máquinas de operación manual incluyen brazos de palanca largos que se adaptan a los ejes de los dados, tienen como limitación el conformado del hierro de espesores mayores a  $\frac{1}{2}$  pulgada, debido a que la fuerza del operario no es la suficiente para realizar la torsión de estos perfiles gruesos, esto provoca la lentitud en el avance de los giros, la discontinuidad de movimiento, piezas de un mismo tipo con diferentes tamaños y la necesidad de someter a tratamientos térmicos las barras de hierro.

Desde el punto de vista de los sistemas mecánicos e hidráulicos necesitan de unas instalaciones especiales y un amplio espacio donde instalar los distintos componentes como la unidad de torsión, la prensa hidráulica, entre otros. Además de una inversión considerablemente alta como sería la adecuación y los elementos robustos que lo componen que lo hace poco atractivo al alcance económico de la mayoría de pequeños talleres de ornamentación, su arduo mantenimiento y complejo manejo necesita de unos conocimientos dispendiosos por parte del operario.

Se requiere entonces de un mecanismo que brinde un avance en el proceso de torsión y flexión del hierro, además que esté al alcance de los pequeños talleres de ornamentación.

### **2.2 FORMULACIÓN**

¿Cómo sería el diseño de una máquina que mejore el proceso de torsión y flexión de perfiles en hierro hasta un diámetro efectivo de una pulgada?

### **2.3 SISTEMATIZACIÓN**

¿Cuál sería el diseño de la estructura de la máquina, que pueda garantizar fiabilidad, estabilidad y seguridad en el proceso de torsión y flexión de perfiles en hierro?

¿Cuál es la selección de componentes eléctricos y mecánicos adecuados para la realización de dicho mecanismo?

¿En qué medida la automatización de los procesos de torsión y flexión de perfiles en hierro hasta de una pulgada influyen en el mejoramiento de seguridad, calidad y aumento de la producción?

¿De qué manera se puede garantizar la seguridad y la prevención de riesgo de accidente del operario?

### 3. JUSTIFICACIÓN

En el campo de la ornamentación, existe un aspecto muy importante en el proceso de manufactura que se le hace al acero de bajo carbón, este proceso se denomina torsión, este es un método que consiste en aplicar el par de torsión en forma circular a los perfiles o platinas.

El proyecto consiste en diseñar una máquina con un sistema electro-mecánico que aporta ventajas de torsión para barras de acero de bajo carbón hasta un diámetro efectivo de 1 pulgada, consiguiendo con este proyecto, agilizar los tiempos del proceso, el aumento de producción y algo muy importante que es garantizarle un proceso seguro al operario.

En cuanto a la realización en el proceso de torsión y flexión de perfiles de hierro frente a los procedimientos tradicionales practicados en los talleres de los cerrajeros o forjadores dedicados a la ornamentación, hay que tener en cuenta la limitación de recursos para inversión con los que cuentan estas microempresas.

Haciendo un estudio en varios de los talleres de ornamentación de la región, se pudieron determinar innumerables inconvenientes que presentan los procedimientos artesanales para realizar la torsión del hierro, quizás el más popular se realiza fijando un extremo del perfil en un tornillo de una bancada y en el otro extremo se hace la torsión dando vueltas con una palanca accionada manualmente por una persona, con la desventaja de obtener productos no uniformes, baja producción e incurriendo negativamente en la salud de los operarios.

El desarrollo propuesto contiene una estructura que permite un proceso semi-automático de torsión y una fácil manipulación y ubicación del material, disminuyendo los esfuerzos y riesgos físicos de los operarios. Además es un avance tecnológico para pequeños y medianos artesanos, talleres de ornamentación y herrería, que disponen de limitada mano de obra y/o requieren mejorar su proceso productivo para aumentar su competitividad; mejorando la calidad de sus productos terminados, aumentando la capacidad de producción y por lo tanto sus ingresos.

Se requiere mejorar dicho proceso implementando un mecanismo electro-mecánico que realice el movimiento rotativo necesario para aplicar un par de torsión a los perfiles de hierro, facilitando así la deformación del material, permitiendo la fabricación de distintas formas de las barras de hierro laminado con diámetro efectivo hasta de 1 pulgada, en un solo procedimiento y sin la necesidad de calentamiento previo.

## **4. OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar una máquina que permita el proceso de torsión de perfiles en hierro con diámetro efectivo hasta una pulgada.

-

### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar los respectivos planos de la estructura metálica y piezas que forman parte del diseño.
- Realizar el circuito eléctrico.
- Seleccionar los materiales adecuados para la maquina según la normatividad vigente.
- Seleccionar los componentes que garanticen la seguridad del operario y cumplan con las normas vigentes establecidas.

## 5. MARCO REFERENCIAL

El desarrollo del diseño de la maquina torsionadora se hará en el departamento de Risaralda en la ciudad de Pereira, contando con las salas de cómputo de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira y el laboratorio de mecánica en Parquesoft.

### 5.1 MARCO HISTÓRICO

Los antecedentes en trabajos decorativos con hierro se remontan a la edad del hierro a través de la forja. Esta técnica consiste en el calentamiento de las piezas y su conformado a golpes de martillos, se utilizó ampliamente para construir puertas, barandales, balcones, muebles y objetos ornamentales, donde se pueden distinguir barras retorcidas, espirales, anillos, piñas, conchas y otras figuras.

En la edad media era cada vez mayor la demanda de aplicaciones de hierro sobre todo armas y armaduras debido a las continuas guerras, tanto fue así que empezaron a surgir especialistas que conseguían mayor precisión y calidad.

Algunos en la construcción de armas, otros en rejas, soportes y elementos de apoyo a la construcción, herrajes para animales, carruajes, etc.

El oficio de forjador, fue evolucionando hasta el inicio de la revolución industrial, donde empezó a requerir mayor producción con menor costo. Esto produjo que algunos talleres cambiaran su sistema de trabajo para adaptarse a unas necesidades menos artesanales, otros sin embargo, siguieron fieles a las técnicas tradicionales.

Discípulos de los discípulos de los que no cambiaron sus técnicas son los que han llegado hasta nuestros días.

El proceso de conformado en caliente o forjado del hierro casi desaparece a la llegada del modernismo, y surge el conformado en frío, ahora la industria moderna ofrece productos en serie de bajo costo y de gran similitud al forjado, utilizando aceros comerciales de bajo contenido de carbono, dúctiles y muy maleables. Esto ha facilitado el trabajo del herrero moderno, quien de forma manual, mecanizada o automatizada conforma en frío o en algunos casos calentando el material.

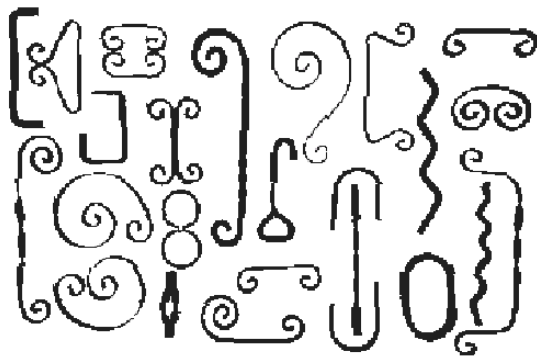


Fig. 1. Adornos típicos para herrería y herrero tradicional

Fuente: [soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009](http://soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009)

## 5.2 MARCO CONTEXTUAL

El desarrollo del diseño de la maquina torsionadora se hará en el departamento de Risaralda en la ciudad de Pereira, contando con las salas de cómputo de las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira y el laboratorio de mecatrónica en Parquesoft.

## 5.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 5.3.1 TORSIONADORAS DE OPERACIÓN MANUAL

En las figuras 2, 3, 4 observamos algunas de las maquinas manuales tradicionales que aún son utilizadas en los talleres de ornamentación las cuales son accionadas mediante una palanca

Para Plegar hierro, curva hierro, curva espirales y curva tubo.



Fig. 2. Dobladora Disme Tris

Fuente: [www.m31.net/ferro/metal/forja/dismatris.htm](http://www.m31.net/ferro/metal/forja/dismatris.htm)

### 5.3.2 DOBLADORA MANUAL



Fig. 3. Dobladora Disma-Mex (importada)  
Fuente: [soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009.../a1-12pdf](http://soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009.../a1-12pdf)



Fig. 4. Conformadora de espirales, torcedora de barras y conformadoras de anillos Metal Craft  
Fuente: [soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009](http://soming.org.mx/articulo2010/memorias/memorias2009)

### 5.3.3 TORSIONADORA AUTOMÁTICA

En la figura 5 observamos una torsionadora automática con consola digital fabricada en España de alto costo por su diseño y país de procedencia. La Torsionadora de forja MT 500A NARGESA. Patentada por Prada Nargesa desde hace unos años los convierte en punteros en la fabricación en este tipo de máquinas. Está fabricada en un mono- bloque de acero soldado y mecanizado.



Fig. 5. Torsionadora MT 500A NARGESA Fuente: [www.nargesa.com](http://www.nargesa.com)

### 5.3.4 DISEÑO DE LA MÁQUINA TORSIONADORA

Este proyecto se enfoca en hacer un diseño gráfico del modelo estructurado, hacer uso de un contador de baches y diseñar su respectivo sistema eléctrico para la parte de control y potencia, calcular el motor-reductor con su capacidad de fuerza y relación de velocidad necesaria para dicha torsión.

#### 5.3.4.1 ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA PROPUESTA

La máquina propuesta tiene una bancada que es una estructura sólida para sostener los componentes, un cabezal para deformar los materiales, un soporte móvil, dos largueros donde se desplaza el soporte móvil, bases metálicas que aseguran el motor reductor, el control eléctrico y varios travesaños que aseguran su rigidez.



### **5.3.4.2 SOFTWARE DE DISEÑO**

Para la tarea del diseño gráfico se cuenta con el diseño asistido por computador, Solidworks® este es un software de diseño del cual la Universidad Tecnológica de Pereira tiene su respectiva licencia, además hemos recibido capacitación sobre su manejo en el transcurso del programa académico.

El diseño asistido por computador (CAD) es una herramienta muy importante para el diseño de la máquina torsionadora, así como lo es en la industria. Sirve para el mejoramiento y desarrollo de productos con la ayuda de un computador, de manera que se pueden fabricar todas sus partes, mostrar figuras en tercera dimensión con sus contornos. Las piezas de una máquina se pueden perfeccionar mediante las simulaciones en donde se pueden hacer pruebas para determinar los puntos críticos que deben ser rediseñados.

### **5.3.4.3 CIRCUITO ELÉCTRICO**

El circuito eléctrico cuenta con un breaker tripolar de protección de potencia contra cortocircuitos, un breaker bipolar de protección de control contra cortocircuito, dos contactores para inversión de giro y un relé térmico para la protección del motor cuando haya una sobre carga. Adicional tiene un Interruptor de inicio, un pulsador de emergencia que detendrá inmediatamente la máquina, dos pulsadores para el sentido de giro y un conmutador de selección manual o automático; también hacen parte esencial del circuito propuesto.

### **5.3.4.4 CONTADOR DE BACHES**

Para la medida de las vueltas de la torsión y apagado automático se cuenta con un contador de baches.

El contador nos permitirá dar la medida en vueltas necesarias para la torsión de cada una de las aplicaciones, al igual poder contar con un proceso automático de apagado del motor cuando se ha cumplido con las vueltas necesarias de la aplicación.

#### **CONTADOR DE BACHES 6 Dígitos AUTONIC**

Doble display. Pulsador tipo membrana.

- Preselección: Sencilla
- Reset: Frontal, remoto y automático
- Funciones: 11 Cont. / 9 Temp.
- Conteo: Ascendente / Descendente
- Veloc: 1, 30cps 1, 5, 10Kcps
- Tiempo: 9 esc. 0,01seg. - 9.999Hr 59min.
- Alim. Sensor: 12VDC, 100mA NPN/PNP

### 5.3.4.5 MOTOR-REDUCTOR

Los motor-reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente, al utilizarlos se obtiene una serie de beneficios como:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje

Los motor-reductores se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla y refrigerado por ventilador.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable tener en cuenta en la instalación del motor- reductor una protección térmica que limite la intensidad de corriente para evitar una sobre carga.



Figura 6. Motor-reductor monobloque con piñones helicoidales

Fuente: Catalogo Motor-reductores NORD

## 6. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto se realizara por medio de la investigación y la recopilación de información de máquinas torsionadoras existentes en el mercado que nos den lo mejor de sus características para el diseño, mejorando lo encontrado hasta el momento en los talleres de ornamentación, centrándonos en el mejoramiento de las máquinas rudimentarias y manuales utilizadas en la región, pero manteniendo un precio que esté acorde con las necesidades y presupuesto del cliente final.

La ejecución de este proyecto se va a llevar a cabo en cinco partes:

Primero se va a determinar el método más idóneo para desarrollar el diseño gráfico.

Segundo se determinara la selección de los materiales adecuados según normatividad existente.

Tercero se hará el diseño gráfico del sistema por medio del software de diseño seleccionado.

Cuarto se seleccionara el motor- reductor con el par de fuerza necesario para el conformado del material.

Quinto diseñar el circuito eléctrico para el funcionamiento manual y automático teniendo en cuenta las normas de seguridad contenidas en el RETIE

En este proyecto va a participar el Licenciado Hernán Alberto Quintero, se utilizaran las aulas de cómputo de la Universidad Tecnológica de Pereira, las aulas y laboratorios de mecatrónica en parquesoft.

## 7. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

### 7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA

La máquina torsionadora está diseñada bajo las más exigentes normas de diseño, pensando en el desempeño y confiabilidad de su funcionamiento, servicio y eficiencia en el trabajo para el que fue diseñada.

Está construida en un armazón metálico, el cual soporta el peso de los elementos de máquina que la componen. Este armazón está formado por secciones de perfiles rectangulares de (2in\*2in de (3/16in)) de acero galvanizado y estará unido por medio de la soldadura eléctrica con electrodo 7018 que es muy buena por su capacidad de adherirse haciendo una unión muy fuerte. Por otra parte la máquina cuenta con un par de chumaceras de pared con rodamientos de 2in de diámetro interno las cuales permiten el movimiento de del eje del cabezal con total libertad. Los elementos que tiene sujetos a su estructura como el motor, el soporte de la base móvil de fijación, están unidas con tornillería UNC de rosca ordinaria de varios diámetros desde (7/16 in hasta 5/8in).

La elección de los materiales es básicamente para la estructura y las matrices. La estructura debe ser suficientemente rígida, para tal caso se elige perfiles de acero SAE 1020 de 3/16 de espesor, estos perfiles son tuberías de sección rectangular y ángulos. Las matrices se obtienen mecanizando acero SAE 1020, luego se efectúa cementado para mejorar la resistencia a la abrasión y corrosión.

Las partes que componen la estructura son diseñados teniendo presente la resistencia mecánica y la rigidez, de acuerdo con el código AISC las fuerzas que originan los esfuerzos en las partes de la máquina.

### 7.1.1 PROPIEDADES DEL MATERIAL

**ACERO ASI-SAE 1020:** Acero de mayor fortaleza que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para el diseño de maquinaria.

**Normas involucradas:** ASTM A 108

**Propiedades mecánicas:** Dureza 111 HB

Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700PSI)

Esfuerzo máximo 380MPa (55100 PSI)

Elongación 25%

Reducción de área 50%

Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)

Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)

**Propiedades físicas:** Densidad 7.87 g/cm<sup>3</sup> (0.284 lb/in<sup>3</sup>)

**Propiedades químicas:** 0.18 – 0.23% C

0.30 - 0.60% Mn

0.04 % P máx.

0.05 % S máx.

**Tratamientos térmicos:** Se puede cementar para aumentarle la resistencia al desgaste y su dureza mientras que el núcleo se mantiene tenaz. Se puede recocer a 870 grados °C y su dureza puede alcanzar los 111HB, mientras alcanza los 131 HB.

## 7.2 COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA

### 7.2.1 CABEZAL Y EJE DE TORSIÓN.

El eje de torsión de la máquina está perforado y construido con acero 1020, de propiedades mecánicas muy buenas requeridas para este trabajo, al estar soldado una rueda que llamamos cabezal donde va la matriz que soporta el sistema de los dados los cuales tienen un calibre diferente para torsión de los elementos de perfil cuadrado que encajen en él hasta un diámetro efectivo de una pulgada. El eje perforado se encuentra entre dos chumaceras y en su centro soporta un piñón de transmisión.

### 7.2.2 BASE MÓVIL DE FIJACIÓN.

La base móvil de fijación es la parte donde se soporta el material al cual se le va a dar torsión y es el que me da la medida del tramo que se va a trabajar, este se fija a la bancada y se sujeta con tornillería UNC de ½ pulgada rosca ordinaria, en la parte superior de esta se encuentra un sistema de dados donde se encaja el material hasta un diámetro efectivo de una pulgada.

## 7.3 CÁLCULOS PARA CONSEGUIR EL TORQUE NECESARIO PARA TORSIONAR EL MATERIAL.

En esta sección se calcularán las fuerzas y torque necesarios para vencer el límite plástico y elástico del material a ser sometido a una torsión.

Se realiza la estimación del torque necesario para deformar por torsión una barra rectangular de acero 1020

**Tabla 1. Propiedades mecánicas del material.**

PROPIEDADES MECANICAS	kgf/cm <sup>2</sup>
Límite de fluencia mínimo	2400
Resistencia a la tracción mínima	3400
Resistencia a la tracción máxima	4800
<b>ALARGAMIENTO (%) MÍNIMO CON PROBETA <math>L_0=5.65 \cdot (A_0)</math> 1/2 mm</b>	<b>26%</b>

Fuente: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201020.pdf>

Se dice que para el  $T_y$  hoy un estimado que es  $(\sigma \text{ fluencia}/2)$  de esta manera por la tabla 1.

Encontramos que.

$$T_y = (\sigma \text{ fluencia} / 2) \quad T_y = (235 \text{ Mpa})/2 \quad T_y = 117.5 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo de fluencia a cortante  $T_y$  es igual a un estimado que es  $(\sigma \text{ fluencia}/2)$ .

Utilizando las ecuaciones de torsión para elementos de sección transversal cuadrada decimos. Los valores  $c_1$ ,  $a$ ,  $b$  se encuentran en la tabla de los coeficientes para barras rectangulares en torsión. (Tabla 3).

**Tabla 2. coeficientes para barras rectangulares en torsión**

a/b	c1	c2
1	0.208	0.1406
1.2	0.219	0.1661
1.5	0.231	0.1958
2	0.246	0.229
2.5	0.258	0.249
3	0.267	0.263
4	0.282	0.281
5	0.291	0.291
10	0.231	0.312
$\infty$	0.333	0.0333

Fuente: Ferdinand P beer, E. R. (2004). *MECÁNICA DE MATERIALES*. McGraw-Hill.

Despejando el torque de

$$(13) T_{\max} = T/c_1 * a * b^2$$

$$117.5 \text{ Mpa} = T / (0.208) * (25.2 * 10^{-3} \text{ m}) * (25.4 * 10^{-3} \text{ m})^2$$

$$T = 400.5 \text{ N} * \text{m}$$

De esta manera se encuentra el torque necesario para vencer el límite de fluencia a cortante del material y causar una deformación. Se hacen unas simulaciones para varias longitudes con este valor teórico y observamos su comportamiento (figuras).

Nombre de modelo: Barra de 12 in (30 cm)  
Nombre de estudio: Estudio1 Barra de 12 in  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 50

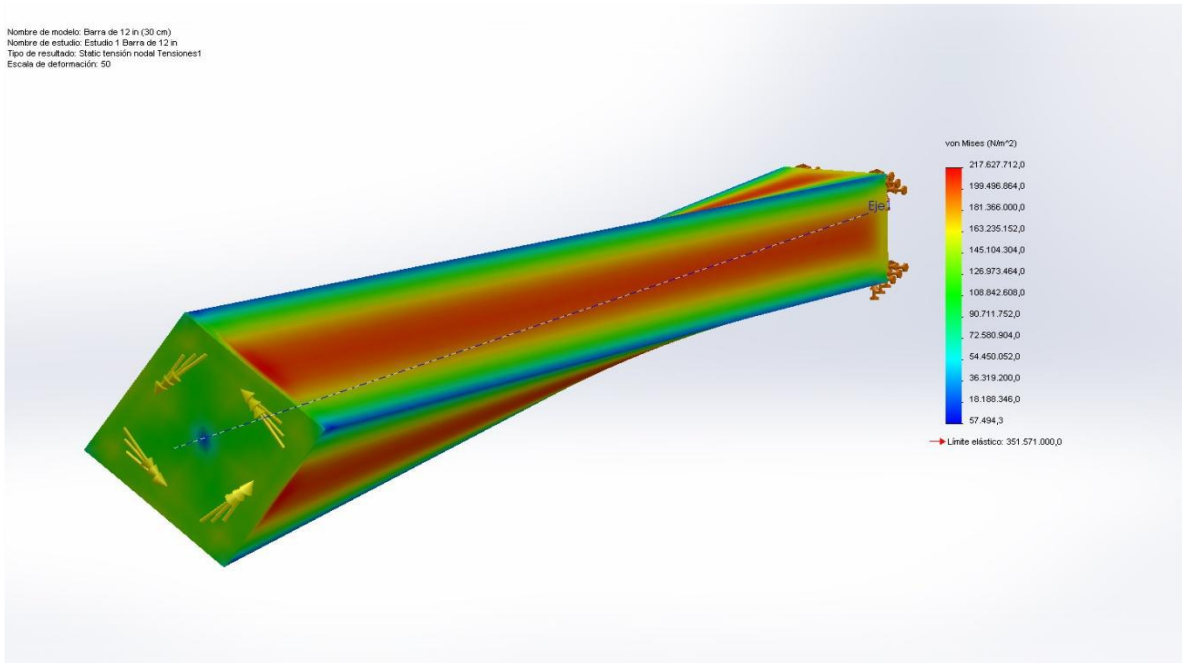


Figura 7. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 30 cm

Nombre de modelo: Barra de 24 in (60 cm)  
Nombre de estudio: Estudio1 Barra de 24 in  
Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
Escala de deformación: 50

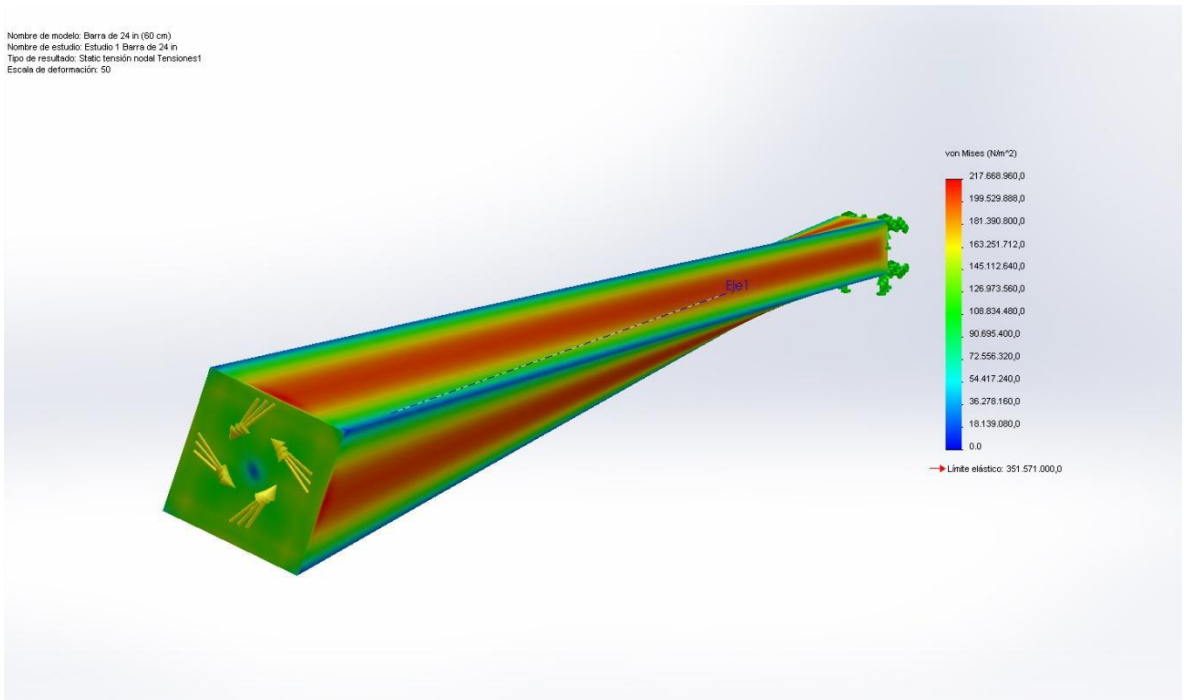


Figura 8. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 60 cm



Nombre de modelo: Barra de 41.25 in (120 cm)  
 Nombre de estudio: Estudio1 Barra de 41.25 in  
 Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1  
 Escala de deformación: 50

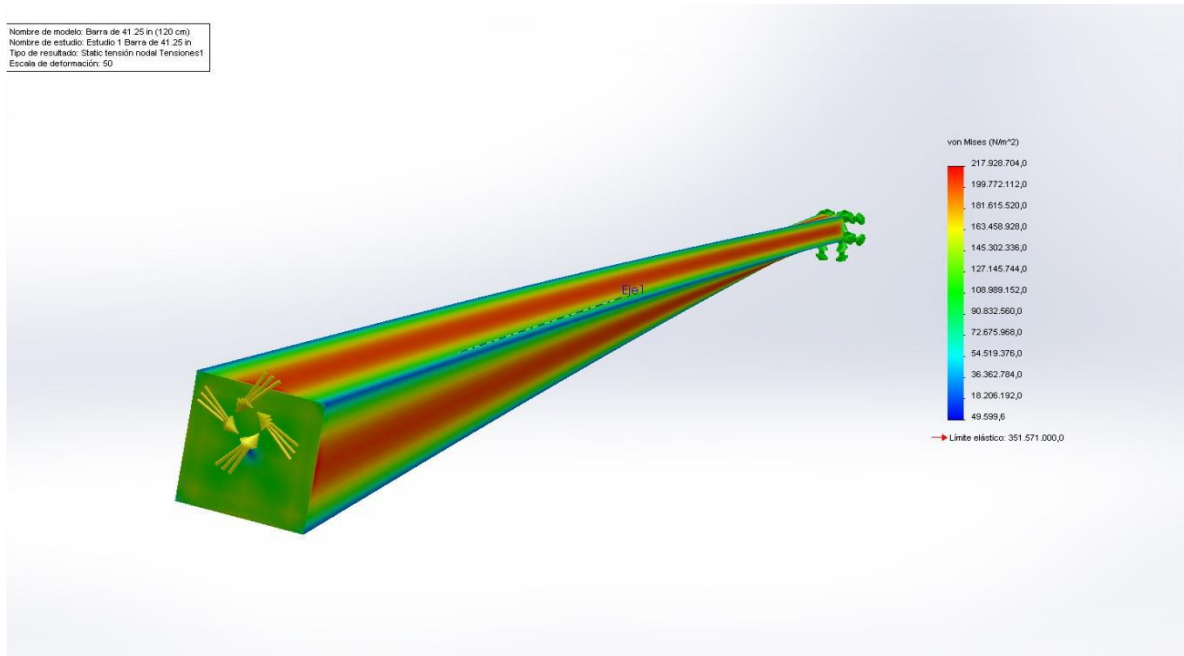


Figura 9. Barra cuadrada simulada en Solidworks para 1.2 m

Malla Detalles	
Nombre de estudio	Estudio 1 Barra de 41.25 in (-Predeterminado-)
Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado	Malla estándar
Transición automática	Activar
Incluir bucles automáticos de malla	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	0.125 in
Tolerancia	0.05 in
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Número total de nodos	255428
Número total de elementos	172973
Cociente de aspecto máximo	4.125
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto < 3	100
Porcentaje de elementos con cociente de aspecto > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiano)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:42

Figura 10. Especificaciones de mayado para la varilla

#### 7.4 CÁLCULOS PARA ENCONTRAR LA POTENCIA DE MOTOR.

Para encontrar la potencia del motor se debe tener en cuenta las propiedades mecánicas del material, consignados en la Tabla 1. Con el torque necesario para hacer torsión a la varilla de acero con bajo contenido de carbono procedemos a calcular la potencia del motor.

H=potencia.

T= Torque necesario para la torsión de la varilla cuadrada de 1 in<sup>2</sup>

n= número de revoluciones por minuto rpm.

$$T = 9.55 \cdot H/n \quad (a)$$

$$T = 400.5 \text{ Nm} \quad n = 30 \text{ r.p.m}$$

Despejando H de la ecuación (a) obtenemos la siguiente potencia.

$$H = 1.25 \text{ H.P}$$

Multiplicando H por un factor de seguridad  $F_s=1.5$

Usen el generador de formulas que está incluido en Word

Obtenemos una potencia de salida  $H = 1.87$  Aproximadamente 2 H.P

#### 7.5 CALCULO DEL MOTOR-REDUCTOR

Los datos necesarios para poder seleccionar correctamente el tamaño del reductor serán los siguientes:

- **Par necesario a soportar por el reductor**, en daNm. en Kgm. o en su defecto la potencia en CV o KW. La tendencia actual es usar como unidades de medida los Nm. (o daNm) y KW.
- **Revoluciones a la entrada y la salida**, y en su defecto la relación de reducción deseada.
- **Factor de servicio**, dependiendo el mismo de; características de trabajo de la máquina, del número de arranques por horas, del número de horas de funcionamiento diarias y de la vida total el mismo.
- **Para saber las cargas a soportar** por los ejes de salida y de entrada, debe conocerse como está conectado el reductor al motor y a la máquina.

**Las características del accionamiento son:**

**Motor:** Eléctrico asíncrono monofásico. Potencia nominal  $P_n = 2$  H.P

Velocidad nominal entrada  $N_e = 1750$  rpm

**RECEPTOR:** Par resistente medio  $T_r = 240$  Nm, Velocidad de salida  $N_s = 20$  rpm

Determinación del Par resistente equivalente

Factor de servicio: **F<sub>s</sub> = 1.5** (sobrecargas moderadas, entre 8-16 horas de funcionamiento, <10 arranques/h).

**T** equivalente = **F<sub>s</sub> \* T** equivalente nominal

**T** equivalente =  $1.5 * 240$  Nm = 360Nm

Relación transmisión total:  $I_{total} = N_e/N_s = 1750/20 = 87.5$

#### **7.4.2 RELACIÓN DE RPM SALIDA REDUCTOR A EJE CONDUCIDO MÁQUINA.**

En nuestro caso la transmisión se une por acoplamiento de piñones del reductor al eje conducido para poder contar con un diámetro efectivo sobre una pulgada para que las piezas que se le van a aplicar la torsión entren con un espacio suficiente.

La relación es 2/1 con transmisión de piñones y cadena, la transmisión de potencia a través de cadenas, es uno de los mecanismos más seguros, duraderos y económicos, que se pueden usar para este fin.

En este caso, fue preciso usar este sistema ya que por su óptimo funcionamiento, fácil ensamblaje y pocas piezas lo hace el más acertado para esta labor, ofreciendo también un mantenimiento sencillo y fácil lubricación.

## 7.5 DISEÑO DE TRANSMISIÓN DE CADENAS.

**Tabla 3. Tamaños de cadenas de rodillos**

Número ANSI de cadena	Paso pulg (mm)	Anchura pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión lb/ (N)	Peso medio lb/pie (N/m)	Diámetro de rodillo pulg (mm)	Espaciamento de cordones múltiples pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	...
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)
80	1.000 (25.40)	0.625 (15.88)	12 500 (55 600)	1.71 (25.0)	0.625 (15.87)	1.153 (29.29)
100	1.250 (31.75)	0.750 (19.05)	19 500 (86 700)	2.58 (37.7)	0.750 (19.05)	1.409 (35.76)
120	1.500 (38.10)	1.000 (25.40)	28 000 (124 500)	3.87 (55.5)	0.875 (22.22)	1.789 (45.44)
140	1.750 (44.45)	1.000 (25.40)	38 000 (169 000)	4.95 (72.2)	1.000 (25.40)	1.924 (48.87)
160	2.000 (50.80)	1.250 (31.75)	50 000 (222 000)	6.61 (96.5)	1.125 (28.57)	2.305 (58.55)
180	2.250 (57.15)	1.406 (35.71)	63 000 (280 000)	9.06 (132.2)	1.406 (35.71)	2.592 (65.84)
200	2.500 (63.50)	1.500 (38.10)	78 000 (347 000)	10.96 (159.9)	1.562 (39.67)	2.817 (71.55)
240	3.00 (76.20)	1.875 (47.63)	112 000 (498 000)	16.4 (239)	1.875 (47.62)	3.458 (87.83)

Fuente: Shigley, J. E. (2002). DISEÑO EN INGENIERIA MACÁNICA. McGraw-Hill.

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores para diseñar una transmisión.

1) Fatiga entre la maya exterior y la maya interior debido a las tensiones repetitivas a la que es sometida.

2) Por el impacto causado en los rodillos debido al empalme con el piñón grande o por que la cadena puede montarse en los dientes de dicho piñón y al ser tensionados impacta fuertemente.

3) La abrasión creada entre el perno y su buje en cada eslabón crea una especie de deformación en el material que se va a manifestar en un mal funcionamiento y el rompimiento de la cadena.

Teniendo en cuenta las variables como el paso, el tamaño y la velocidad angular del piñón y siguiendo las indicaciones de lubricación recomendadas por la casa fabricante con base en las especificaciones anteriormente mencionadas y con su respectivo factor de servicio en este caso se estima que la transmisión cuenta con una capacidad de unas 15000(h) de trabajo. Debido a que trabaja a una velocidad relativamente baja y no se va trabajar en condiciones en las cuales sea forzada pues el material y su calibre están especificados. Como en este caso la cadena elegida fue una cadena sencilla su factor de servicio es 1.3 por ser impulsada por un motor eléctrico. Sin embargo, se observaron las siguientes recomendaciones:

1. La capacidad que se basa en la velocidad de la rueda menor son para una duración aproximada de 15000 horas aproximadamente.

2. Para una velocidad determinada, el aumento de los dientes de la Catarina aumentara también su capacidad y mientras más número de dientes tenga una tarima también así aumentara su diámetro, pero si se une una cadena de paso pequeño en una Catarina grande, disminuye el ruido produciendo un funcionamiento más silencioso.

3. Para una Catarina con número de dientes determinado, la capacidad aumenta al aumentar la velocidad de la Catarina hasta cierto punto, luego comienza a decrecer, en las máquinas de velocidades bajos, lo cual podría ocasionar una falla impera la fatiga en los rodillos, el impacto sobre la Catarina porque cada cadena tiene un límite de velocidad para trabajar.

4. La cadena escogida fue una cadena sencilla número 60 de acuerdo con la tabla y se usó un factor de servicio de 1.3 escogido de la tabla de factor de servicio.

## 7.6 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS.

Este es un elemento primordial en cualquier aplicación de la ingeniería mecánica y el diseño de máquinas por la función tan importante que cumplen, venciendo o reduciendo la fricción para permitir el movimiento y la transmisión a través de él. Para nuestra máquina se escogió el rodamiento teniendo en cuenta los siguientes factores.

- Diámetro del eje a usarse.
- Factor de carga dinámica.
- Horas de vida nominal del rodamiento.
- Horas deseadas de vida.
- Fuerza que soportara el rodamiento.
- Factor de la clase de rodamiento.
- Velocidad deseada.
- Vida nominal en horas.

Chumaceras a utilizar en el diseño UCF308D1 NTN Especificaciones:

L=150 – J=112 – A2=23 – A1=17 – A=40 – N=19 – A0=56- B=52- S=19 - Diámetro Interno= 40mm

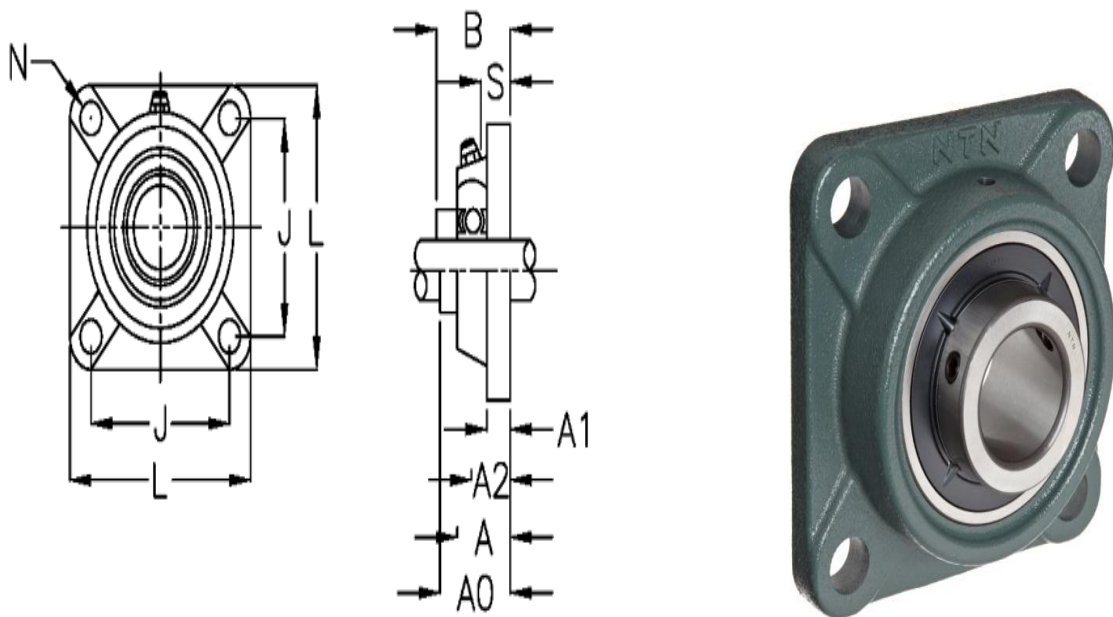


Figura 11.Chumacera NTN

Fuente: Catálogo de rodamientos y chumaceras NTN

## 7.7 DISEÑO DE LA MÁQUINA EN SOLIDWORKS

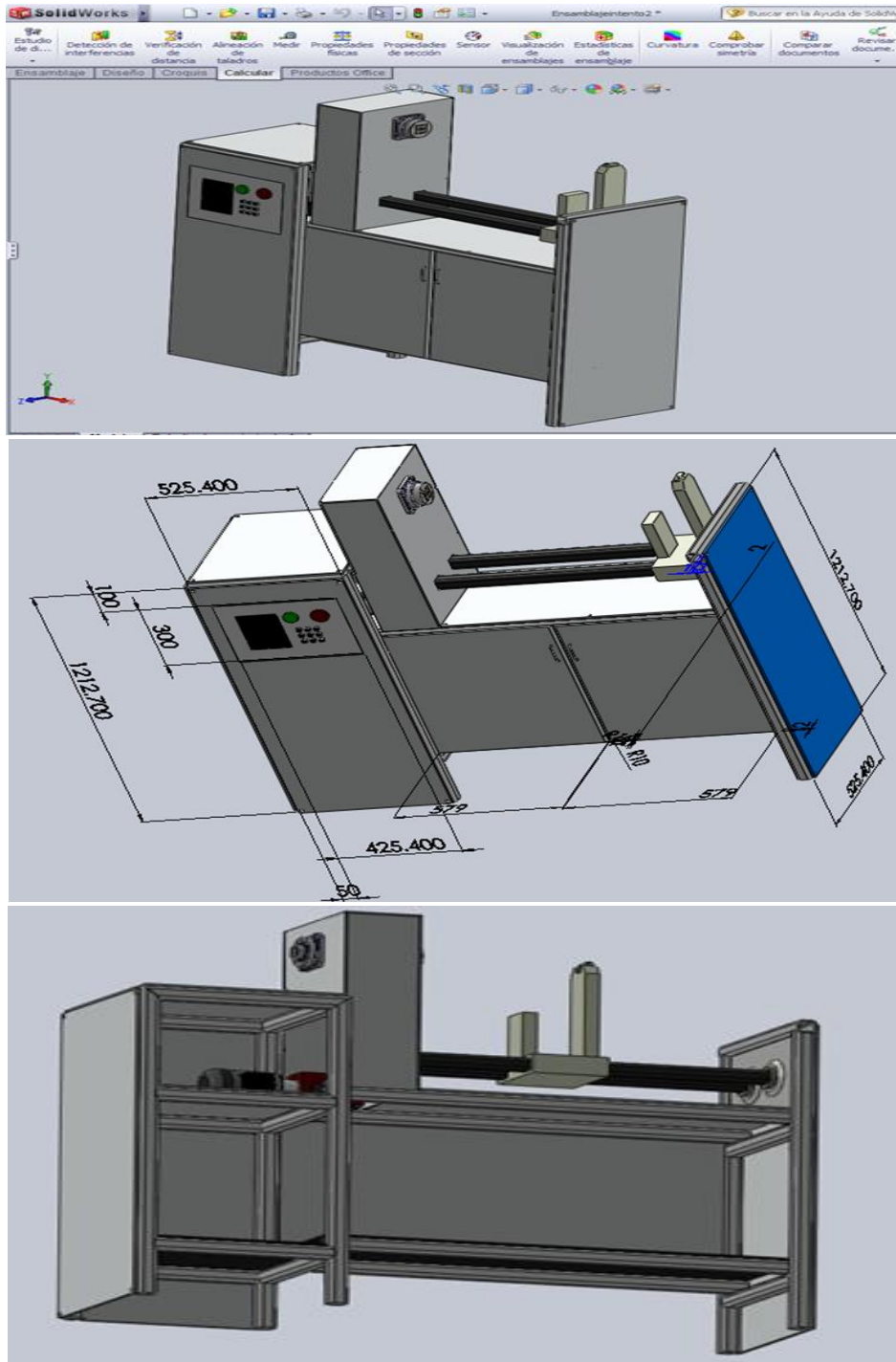


Fig. 12. Diseño en Solidworks® de la maquina torsionadora Fuente: Autor

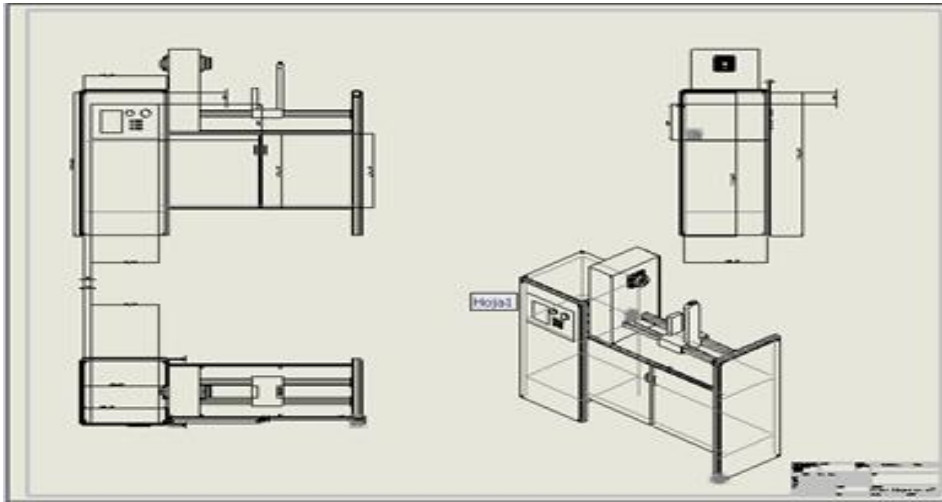


Fig.13. Dibujo en Solidworks con vistas frontal, lateral, superior y en 3D. Fuente: Autor

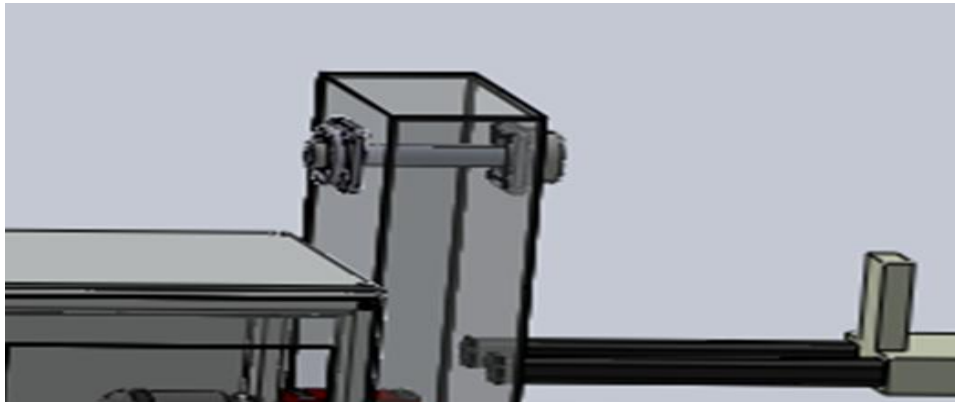


Fig.14 cabezal y eje de torsión diseñado en Solidworks. Fuente: Autor

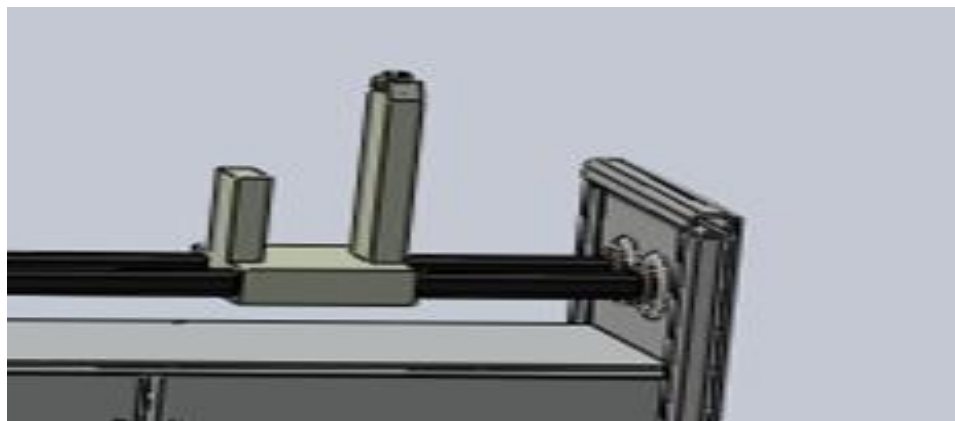


Fig.15 Base móvil de fijación sobre el par de ejes paralelos diseñado en Solidworks. Fuente: Autor



## 7.9 CIRCUITO ELÉCTRICO.

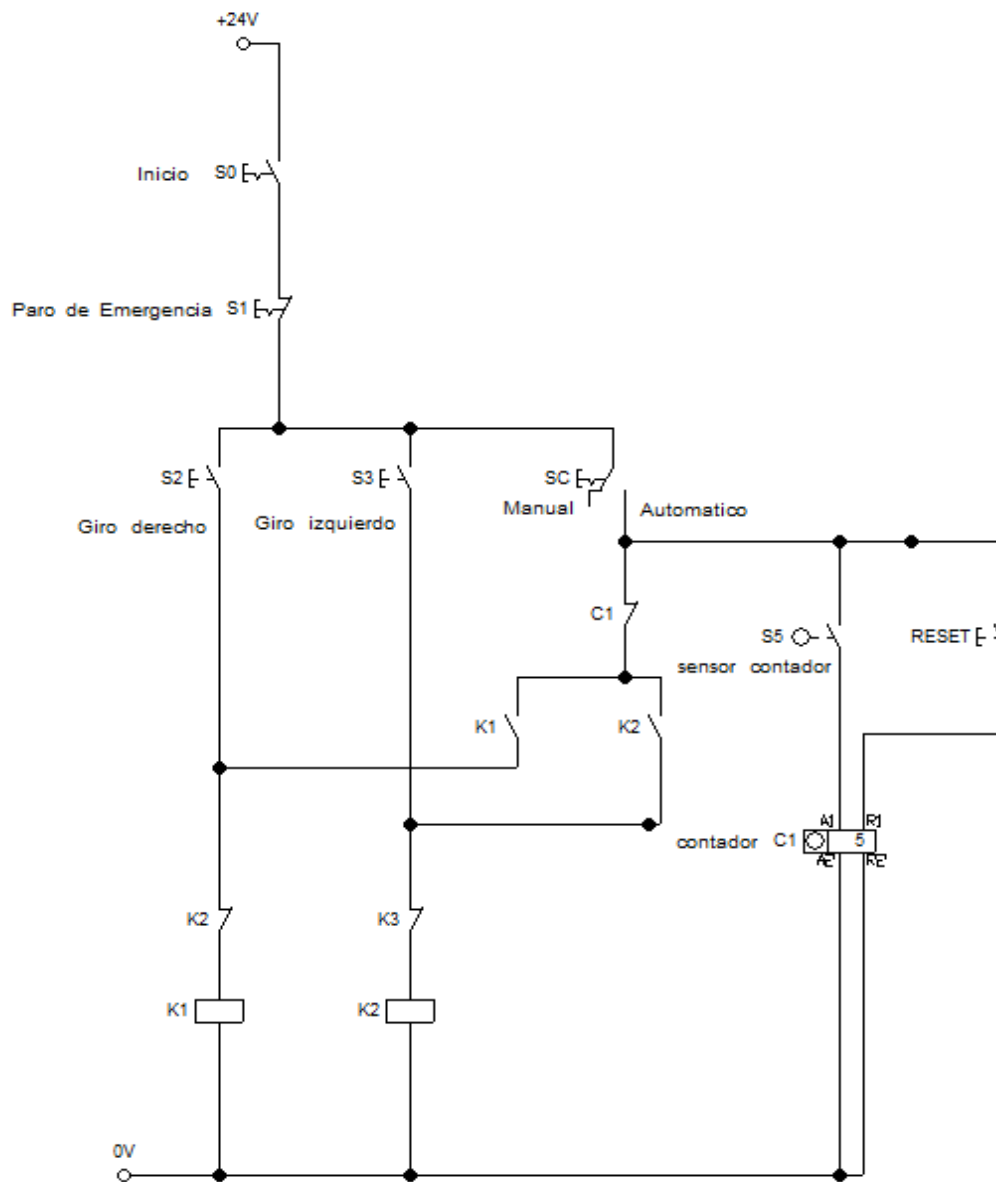


Figura 16. Circuito eléctrico Fuente: Autor

### 7.9.1 COMPONENTES ELÉCTRICOS

Tres conmutadores 2 posiciones (S0-S2-S3) (Figura 14) – Un pulsador de emergencia (S1) (Figura 15) – Un pulsador de RESET (Figura 16) Un contador de Baches (Figura 17.) – Dos contactores (K1-K2) – Un Relé térmico (Figura 19) Un conmutador tres posiciones (Sc) (Figura 14.) Cableado lógico calibre #18 AWG - Cableado de potencia calibre # 12 AWG - Transformador de control 100W 220V/24V- Sensor inductivo contador

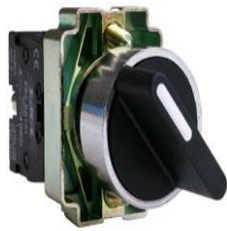


Figura 17.



Figura 18.



Figura 19.



Figura 20.



Figura 21.



Figura 22.



Figura 23.

Fuente: Catalogo Electricas Bogota

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El diseño de una máquina para la deformación de hierro en frío mediante procesos electromecánicos de torsión y enrollado permite la consecución de formas terminadas a partir de barras de hierro laminado, extruido o calibrado, y otros metales maleables con diámetro efectivo de una pulgada, de sección redonda, cuadrada, rectangular o combinada, tanto macizas como tubulares. A diferencia de los sistemas manuales accionados según el principio de la palanca, esta máquina está provista de un motor eléctrico, monofásico o trifásico. El motor, transmite el movimiento a través de un eje de tracción a un reductor que multiplica el par final, a la vez este hace una transmisión con piñones al eje final rotacional del cabezal que posibilita la deformación del hierro mediante la ubicación de distintos moldes o matrices en su alojamiento interior.

El diseño desarrollado requiere un solo operario que a través del intercambio de algunos elementos en una estructura funcional única, puede conformar barras torcidas, piñas, anillos y hacer dobleces. Este diseño es una opción de mejoramiento para pequeños y medianos artesanos herreros. Y en general para todos los talleres de ornamentación que disponen de poca mano de obra y requieren mejorar su proceso productivo para la competencia.

Además el diseño de la máquina para la deformación de hierro en frío permite trabajar por las dos caras del reductor ya que el alojamiento de la matriz es pasante, lo cual permite llevar a cabo el torsionado en zonas intermedias de la barra a torsionar.

Por otra parte el conjunto dispone de un cabezal de calibración que permite seleccionar con antelación el número de vueltas a dar el cabezal reductor lo que permite obtener una gran precisión en las operaciones, pudiendo obtener series de piezas idénticas.

Este conjunto electromecánico se sitúa en una bancada en la que se dispone un rodillo-guía sobre el que apoya el material en el modo de enrollado y una luneta móvil alineada que soporta la reacción del material en el modo de torsión. El accionamiento de la máquina se realiza a través de un cuadro de mandos o panel de control automático con un interruptor de inicio, dos pulsadores que posibilitan el movimiento en ambos sentidos de giro, un contador de vueltas, un selector de función manual o automático y con un botón de parada de emergencia según se recomienda en la normativa de seguridad.

La sencillez del mecanismo y su puesta en marcha son evidentes ya que el movimiento se produce sólo cuando se acciona el pulsador correspondiente, sin tener que realizar esfuerzo físico alguno por parte del manipulador.

Respecto a los sistemas mecánicos mencionados en el presente diseño se caracteriza por su gran robustez, la sencillez de los mecanismos, una rápida instalación y una gran versatilidad, lo que posibilita su manejo sin complicaciones ni necesidad de un conocimiento previo específico.

En el plano de diseño es constatable la versatilidad al posibilitar la realización de una gran variedad de formas terminadas a partir de la deformación del material, únicamente cambiando los moldes que se introducen en el alojamiento del reductor mediante acoplamiento rápido.

Independientemente de la utilidad evidente de la invención en el sector industrial, sea en el campo de la forja, la cerrajería, la carpintería metálica, o en el sector del bricolaje, cabe destacar la facilidad de manejo e instalación lo que la hace susceptible de ser utilizada por personas que presenten algún tipo de incapacidad que le impida realizar determinados tipos de trabajo.

En cualquier caso, es preciso destacar el ahorro en tiempo de trabajo al permitir la fabricación tanto de productos en serie como de formas específicas más elaboradas para su posterior ensamblaje, debido fundamentalmente al fácil manejo y a la rapidez con que se realiza el cambio de los moldes.

## **9. CONCLUSIONES**

Se logró conseguir el objetivo de diseñar y construir una máquina de torsión, con las normas y totalmente funcional.

Al observar los resultados de su trabajo, es muy importante reconocer que la función que desempeña es facilitar esta labor y hacer este trabajo más seguro.

Esta máquina ofrece una alternativa para los interesados en mejorar y hacer más productivo su negocio de ornamentación.

La torsión de varillas cuadradas de forma mecánica hace que la seguridad del operario no se vea afectada en un agotamiento o lesión muscular.

## **10. RECOMENDACIONES**

Si se quiere mejorar, sería la automatización de su control y su simulación en Solidworks.

## 11. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Sánchez Vidiella Alex. Evolución en el arte del hierro forjado. El gran libro del hierro y la forja.
- [2] Historia de la forja. [www.3gmetalurgica.com/saber.htm](http://www.3gmetalurgica.com/saber.htm)
- [3] Historia de la forja. [www.forjanoble.es](http://www.forjanoble.es)
- [4] Historia de la forja. [www.forjascasados.com](http://www.forjascasados.com)
- [5] Maquinas torsionadoras Nargesa. [www.nargesa.com](http://www.nargesa.com)
- [6] Maquina torcedora DISMA. [www.m31.net/ferro/metal/forja/dismatrix.htm](http://www.m31.net/ferro/metal/forja/dismatrix.htm)
- [7] Sánchez Bielsa. Máquina para la deformación de hierro en frio mediante proceso electromecánicos de torsión y enrollado. [www.fsb.es](http://www.fsb.es)
- [8] Maquinas manuales para formar hierro, torsión y flexión. [www.metalcraftmachinery.com/scroll-benders/index](http://www.metalcraftmachinery.com/scroll-benders/index).
- [9] SMITH, W. F. (1998). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. McGraw-Hil.
- [10] SHIGLEY, J. E. (2002). Diseño en ingeniería mecánica. McGraw-Hill.
- [11] FERDINAND P BEER, E. J. (2007). Mecánica vectorial para ingenieros Estática. McGraw-Hill.
- [12] FERDINAND P BEER, E. R. (2004). Mecánica de materiales. McGraw-Hill.
- [13] GRANADOS, A. C. (2008). Materiales de ingeniería normas y aplicaciones.
- [14] LUIS FLOWER LEIVA. (1994). Controles y automatismos eléctricos.