



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO DE ACERO**  
**INOXIDABLE**

**AUTOR: YASELGA QUILCA EDWIN ALEXIS**

**DIRECTOR: ING. VÍCTOR ERAZO**

**IBARRA, 2021**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**Identificación de la obra**

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, se hace entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004156640
APELLIDOS Y NOMBRES:	Yaselga Quilca Edwin Alexis
DIRECCIÓN:	Quito, José Andrade y Joaquín Mancheno
E-MAIL:	eayaselgaq@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0967693799

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO DE ACERO INOXIDABLE
AUTOR:	Yaselga Quilca Edwin Alexis
FECHA:	09/07/2021
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Víctor Erazo Arteaga

**Constancias**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 09 días del mes de julio del 2021.

**AUTOR**



Edwin Alexis Yaselga Quilca

**Certificación**

Certifico que el trabajo de grado titulado “MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO DE ACERO INOXIDABLE”, ha sido desarrollado en su totalidad por el señor: Yaselga Quilca Edwin Alexis portador de la cédula de identidad número: 1004156640; previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica.



Firmado electrónicamente por:  
**VÍCTOR ALFONSO  
ERAZO ARTEAGA**

Ing. Víctor Erazo MSc.

DIRECTOR DE TESIS

## **Agradecimiento**

Presento mis debidos agradecimientos a Dios en primer lugar, por la vida que me brinda cada día, la unión y salud que otorga a cada miembro de mi familia.

Estoy profundamente agradecido con mis padres Blanca Quilca y Gilberto Yaselga que me han sabido educar con propiedad y buenos valores. Además, que siempre se encuentran apoyando cada una de mis metas sin condición alguna.

Agradezco también a mis hermanos que son un gran apoyo puesto que con su sola presencia me dan fuerza para seguir adelante con mis proyectos.

A los profesionales educadores que han sabido impartir los conocimientos necesarios en toda mi vida estudiantil, por haberme preparado profesionalmente y también por impartir sus experiencias como parte de la preparación de sus estudiantes.

**Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a mi familia, ya que representa todo el esfuerzo y constancia de cada miembro de ella.

## **Resumen**

El trabajo que se presenta a continuación contiene el proceso de diseño y construcción de una máquina curvadora de tubos de acero inoxidable para la empresa INDUSTRIAS Y ACEROS INOX S.B. quien auspicia la construcción de la máquina.

Tomando en cuenta la voz del cliente para obtener las necesidades que tiene la empresa, se aplica el despliegue de función de calidad para lograr obtener todas las características de ingeniería que se necesitan para comenzar con el diseño de una máquina capaz de cumplir con todos los requerimientos de la empresa. La construcción se la realizó dentro del establecimiento con materiales y elementos que se encuentran dentro del mercado nacional para facilitar el mantenimiento.

Para el rolado del tubo se propone un diseño de tres rodillos que están fabricados de un material resistente y no agresivo para el acero inoxidable. También presenta un control electromecánico para su funcionamiento.

Una vez obtenido el diseño y construido la máquina, se realiza un protocolo de funcionamiento en vacío y con carga, finalmente se entrega el dispositivo en completo funcionamiento y con la capacidad de curvar tubo de acero inoxidable hasta 50,8 mm de diámetro con un espesor de máximo 2 mm, que se encuentra dentro de los requerimientos del cliente.

**Abstract**

The work presented below contains the design and construction process of a stainless-steel tube bending machine for the company INDUSTRIAS Y ACEROS INOX S.B. same that sponsors the construction of the machine.

Considering the voice of the customer to obtain the needs of the company, the deployment of quality function is applied to obtain all the engineering characteristics that are needed to start with the design of a machine capable of meeting all the requirements of the company. The construction of the machine was carried out within the establishment with materials and elements that are within the national market to facilitate the maintenance of the machine.

The machine has a design of three rollers distributed in such a way that they can carry out the deformation of the tube, the rollers are made of a resistant and non-aggressive material for stainless steel. The machine has an electromechanical control for its operation.

Once the design and construction of the machine has been obtained, a protocol of operation in vacuum and with load is carried out, finally a machine is delivered in full operation and with the ability to bend stainless steel tube up to 50.8 mm in diameter with a thickness maximum 2 mm, which is within the customer's requirements.

**Índice general**

Identificación de la obra.....	I
Constancias .....	II
Certificación.....	III
Agradecimiento.....	IV
Dedicatoria.....	V
Resumen.....	VI
Abstract .....	VII
Índice general.....	VIII
Introducción .....	12
Planteamiento del problema .....	12
Objetivo General .....	13
Objetivos Específicos.....	13
Justificación.....	14
Alcance.....	14
1  CAPÍTULO I.....	15
1.1  Características del acero inoxidable.....	15
1.1.1  Acero inoxidable.....	15
1.1.2  Tipos de acero inoxidable .....	15
1.1.3  Corrosión del acero inoxidable .....	16
1.1.4  Plasticidad.....	17
1.2  Técnicas de doblado de tubos.....	18
1.2.1  Doblado por estiramiento.....	18

1.2.2	Doblado por compresión.....	18
1.2.3	Doblado a tracción .....	19
1.2.4	Doblado por rodillos .....	19
1.3	Tipos de máquinas.....	20
1.3.1	Patente US 8991229B1 .....	20
1.3.2	Patente US2796785A.....	21
1.3.3	Patente US5761950A.....	21
1.3.4	Patente US5970770A.....	22
2	CAPÍTULO II.....	23
2.1	Despliegue función de calidad QFD .....	23
2.2	Análisis funcional.....	23
2.3	Parámetros para construcción.....	23
2.4	Despliegue función de calidad QFD .....	24
2.4.1	Requerimientos del usuario y voz de ingeniería .....	24
2.5	Selección de alternativas .....	25
2.5.1	Diagramas funcionales.....	25
2.5.2	Análisis modular .....	28
2.6	Descripción del diseño propuesto .....	44
2.7	Análisis de fuerza necesaria para deformación del tubo .....	44
2.7.1	Cálculos de fuerza para doblado.....	47
2.8	Radio mínimo para el curvado en la máquina.....	48
2.9	Cálculo de torque para el sistema.....	49
2.9.1	Torque necesario para el sistema. ....	50

2.10	Cálculo de potencia para selección de motor reductor .....	50
2.11	Selección de rueda dentada y cadena .....	52
2.12	Diseño de ejes.....	52
2.12.1	Diseño mecánico.....	52
2.12.2	Simulación de la estructura.....	65
2.12.3	Simulación de la base para chumaceras.....	65
2.12.4	Simulación de la placa superior .....	66
2.12.5	Simulación del eje riel .....	67
3	CAPÍTULO III .....	68
3.1	Protocolo para pruebas de funcionamiento en vacío.....	68
3.1.1	Objetivo general.....	68
3.1.2	Responsables.....	68
3.1.3	Actividades .....	68
3.1.4	Entradas.....	69
3.1.5	Salidas .....	69
3.1.6	Esquema de ensayo .....	69
3.1.7	Resultados de ensayo .....	69
3.1.8	Resultados parciales de ensayo en vacío .....	71
3.1.9	Recomendaciones .....	71
3.2	Protocolo para pruebas de funcionamiento con tubo de 50,8 y 15,8 mm. ....	72
3.2.1	Objetivo general.....	72
3.2.2	Responsables.....	72
3.2.3	Actividades .....	72
3.2.4	Entradas.....	72

3.2.5	Salidas .....	72
3.2.6	Esquema de ensayo .....	73
3.2.7	Resultados de ensayo .....	73
3.2.8	Resultados parciales de ensayo con carga .....	74
3.2.9	Recomendaciones .....	74
4	CAPÍTULO IV .....	75
4.1	Conclusiones .....	75
4.2	Recomendaciones.....	76
	BIBLIOGRAFÍA .....	77
5	ANEXOS .....	84
5.1	Anexos (Criterios de evaluación).....	84
5.2	Anexos (Imágenes).....	87
5.3	Anexos (Fabricación de piezas) .....	96
5.4	Anexos (Costos de insumos) .....	102
5.5	Anexos (Planos) .....	103

## Introducción

### Planteamiento del problema

El mundo laboral presenta muchos problemas que afectan a la salud de los trabajadores, siendo más comunes los físicos que se presentan a manera de trastornos musculoesqueléticos (TME), estos trastornos afectan a millones de trabajadores en todo el mundo y suponen un coste de miles de millones de dólares para las empresas. “La mayoría de los TME relacionados con el trabajo se desarrollan con el tiempo. Por lo general estos trastornos no tienen una sola causa y a menudo son el resultado de combinar factores físicos y biomecánicos” [1], [2] , [3]. Así tenemos que dentro del sector metalmecánica los trabajos que se realizan con más frecuencia son doblado de tubos que requieren mucho esfuerzo de parte del trabajador y generalmente debe ser realizado en el lugar de instalación o montaje para obtener un acabado de calidad, lo que para la maquinaria convencional es imposible transportar por el peso que posee. Además, la población demanda mayor innovación en los acabados de la construcción, esto incentiva a la ocupación de toda clase de materiales incluyendo el acero inoxidable” [4], [5].

Ecuador presenta un incremento considerable en atenciones médicas por accidentes de trabajo y enfermedades laborales. “Entre el 2015 y el 2017 se calificaron 939 enfermedades laborales, que representa el 31% de la siniestralidad reportada. Las afecciones osteomusculares representan más del 80% de las enfermedades calificadas, seguidas de las respiratorias y auditivas” [6].

Debido al crecimiento del uso de acero, provoca que los operarios de máquinas manuales comiencen a sufrir molestias corporales que pueden llegar a convertirse en un trastorno musculoesquelético, que en los peores casos podría dejar al individuo incapacitado para realizar cualquier actividad imposibilitándolo para retomar su puesto de trabajo. A la vez provoca una caída de ingresos en empresas que no tienen la capacidad económica suficiente

para adquirir una máquina, ya que el costo de las curvadoras comerciales oscila entre 4200 a 8000 dólares y poseen un peso de 280 kg, siendo el modelo más ligero en el mercado [7]. De esta manera dificulta a las pequeñas empresas la adquisición y transporte hasta el lugar de montaje. Con la problemática presente el proyecto pretende la construcción de una máquina de bajo costo y fácil transporte para el curvado de tubos de acero inoxidable.

Determinando la función y métodos de doblado que existen en la actualidad se puede realizar la construcción de una máquina que cumpla con los parámetros adecuados para realizar un curvado de tubo de acero inoxidable, de manera eficaz y rentable.

### **Objetivo General**

- Construir una máquina semiautomática para el curvado de tubos de acero inoxidable para la pequeña empresa metalmecánica.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el método apropiado para el doblado de tubos, los parámetros para el trabajo y tipos de mecanismos.
- Diseñar un prototipo de máquina compacta que satisfaga los parámetros de trabajo y mecanismos encontrados.
- Construir la máquina propuesta.
- Validar el funcionamiento de la máquina.

## **Justificación**

En el país la falta de automatización de procesos de manufactura agrava la calidad de vida del trabajador, principalmente en el sector metalmecánica donde la mayoría son pequeñas empresas que no poseen el capital suficiente para una máquina industrial que en muchas ocasiones son costosas y con parámetros de trabajo muy superiores a los que se requiere, dando como resultado una inversión innecesaria. Por lo que optan por la compra de máquinas manuales.

En el presente trabajo se pretende realizar la construcción de una máquina que permita obtener el curvado de tubo de acero inoxidable a un bajo costo de inversión, además que la máquina no debe contaminar el acero inoxidable durante el proceso. Comprendiendo así que los rodillos de la máquina no deben tener contacto con el acero a curvar [8].

## **Alcance**

El proyecto consiste en la construcción de una máquina curvadora de tubos de acero inoxidable, que reduzca el sobreesfuerzo del trabajador en su movimiento más crítico de trabajo, la máquina debe ser construida a un bajo precio de inversión, con piezas que se encuentren en el mercado ecuatoriano, y capaz de ser transportada sin dificultad al lugar donde se requiera. Los límites de trabajo de la máquina se encuentran en un diámetro de tubo máximo de 2 pulgadas por 2 milímetros de espesor. Este proyecto se plantea realizar en un tiempo aproximado de 5 meses.

## CAPÍTULO I

En este capítulo se tratan los conocimientos básicos, que se utilizan para el desarrollo del presente proyecto el cual se investiga las características del acero inoxidable, técnicas para el doblado de tubo y se analizan modelos de máquinas curvadoras de tubo que se han patentado hasta la actualidad.

### **1.1 Características del acero inoxidable**

#### **1.1.1 *Acero inoxidable***

El acero inoxidable se establece como una aleación a base de hierro, cromo, carbono, molibdeno, níquel, entre otros elementos. Éste se caracteriza por tener una peculiar resistencia a la corrosión, debido a la formación de una capa superficial de óxido de cromo encargada de proteger el acero del oxígeno del ambiente. La capa superficial tiene la capacidad de regenerarse cuando se daña, manteniendo una protección permanente [9], [10].

Con el paso del tiempo el acero inoxidable ha incrementado su popularidad debido a estas características en varias industrias como: alimenticia, arquitectura, petrolera, textil, entre otros. Además, su incremento en el consumo se debe a su alta producción a nivel mundial [11].

#### **1.1.2 *Tipos de acero inoxidable***

Dentro del medio se puede encontrar diferentes tipos de acero inoxidable que se basan principalmente en componentes denominados en porcentajes por peso molecular de la aleación y microestructura de diferentes metales, de esta manera se encuentran clasificados por la AISI como: ferrítico, austenítico, dúplex y martensítico, que se encuentran brevemente analizados a continuación [12].

##### **1.1.2.1 Inoxidables ferríticos.**

Estos se encuentran designados por AISI como la serie 400, el acero inoxidable de esta categoría se encuentra libre de níquel con un contenido de cromo del 10,5 al 30%. La ausencia de níquel hace que esta serie sea una opción óptima debido a su costo [12].

### **1.1.2.2 Inoxidables austeníticos.**

Este tipo de acero inoxidable se encuentra designado como la serie 200 o 300, teniendo en cuenta que la mayoría se presenta como aleaciones de la serie 300. La serie 200 presenta un cambio en su composición, donde se reemplaza el níquel por manganeso. Las series 200 y 300 no presentan una reacción favorable para cualquier tipo de tratamiento térmico para endurecimiento, por lo que deja como única opción al recocido completo por enfriamiento rápido [13].

### **1.1.2.3 Inoxidables dúplex.**

Como su nombre ya da una idea esta se presenta como una estructura mixta de ferrítico y austenítico, que contiene un 20 a 30% de cromo y 1,5 a 7% de níquel como principales elementos de aleación. Por esta composición y estructura son más resistentes a la corrosión y poseen mayor resistencia mecánica [14].

### **1.1.2.4 Inoxidables martensíticos.**

Se presentan esencialmente como aleaciones de cromo en un porcentaje en peso entre los 10,8 a 18% y carbono del 0,1 al 1,2 %, los cuales se utiliza generalmente para muelles o herramientas de corte, por su composición la resistencia a la corrosión es baja en comparación a otros grupos de aceros inoxidables [13], [14].

## **1.1.3 Corrosión del acero inoxidable**

El alto índice de resistencia a la corrosión del acero inoxidable es indiscutible, pero también hay que tomar en cuenta que el cuidado de éste es importante ya que puede contaminarse y sufrir óxido cuando la capa de cromo protectora se rompe [15], [16].

### **1.1.3.1 Corrosión por contacto.**

Esto se produce cuando materiales con diferentes potenciales se encuentran en contacto en presencia de un electrolito, el metal menos noble es afectado por los electrolitos y se oxida.

En términos generales, cuando el acero inoxidable tiene contacto con un acero ordinario termina por destruir la capa protectora de cromo afectando sus características [17].

#### **1.1.3.2 Corrosión por fisuras.**

Este tipo de corrosión suele ocurrir cuando el material se encuentra privado del oxígeno y por esta razón el cromo no logra establecer su función protectora para el acero. Generalmente esto se produce en pequeñas áreas huecas y fisuras estrechas ubicadas bajo las cabezas de tornillos [15].

#### **1.1.3.3 Corrosión por picaduras.**

Esta se produce por la presencia de soluciones neutras o acidas que contienen cloruros y otros haluros. La corrosión por picadura son puntos que aparecen en la superficie del metal dañando su estética, por esta razón es importante evitar el uso de limpiadores que contengan cloro [18].

#### **1.1.3.4 Corrosión intercrystalina.**

Según [15], El efecto de pasivación también se pierde cuando se separa carburo de cromo en los bordes del grano de la aleación del acero inoxidable. En consecuencia, la zona contigua al sitio donde se produjo la separación se empobrece en cromo y queda desprotegida.

De esta manera el acero inoxidable puede presentar corrosión en las zonas más vulnerables donde no presenta una adecuada cantidad de cromo y permitir que produzca la capa protectora para evitar el óxido del acero.

### **1.1.4 *Plasticidad***

La deformación plástica es aquella que no tiene la capacidad de recuperarse, es decir la deformación del metal es permanente, si una fuerza exterior deforma el material, este se mantiene permanentemente deformado, pero sin llegar a la rotura, clara diferencia del elástico que recupera la forma original [2], [19].

El concepto de la deformación plástica es de mucho uso en los talleres metalmecánicos, ya que se debe tomar en cuenta los parámetros para no llegar a la rotura de los metales y generar fallas en los prototipos que se construyan.

## 1.2 Técnicas de doblado de tubos

Proceso de conformado consistente en superar el punto de deformación plástica de un material para realizar una deformación permanente a un perfil determinado. Este proceso tiene lugar sin pérdida de material. Este es un proceso aplicado a diversos materiales con el fin de lograr un tipo de geometría determinada sin la necesidad de un proceso de corte y unión [20].

### 1.2.1 *Doblado por estiramiento*

Se fija el tubo con mordazas contra un bloque o dado formado que gira y tira del metal amoldándolo contra el doblador. La pieza de trabajo que entra en el doblador recibe apoyo mediante una barra de presión. En algunas ocasiones se inserta un mandril, herramienta usada para apoyar el interior del tubo y así mejorar la calidad de la curva, reduciendo al mínimo cualquier aplanado, y para ayudar a controlar el arrugado durante el ciclo de doblado [21].

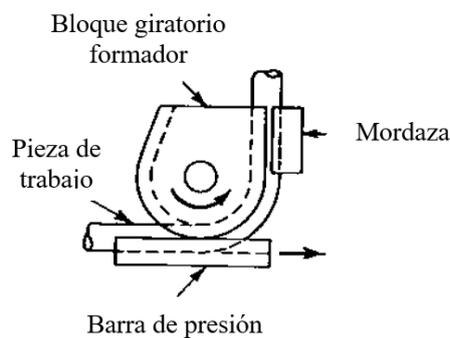


Figura 1. Esquema del doblado por estiramiento [21].

### 1.2.2 *Doblado por compresión*

La pieza de trabajo es sujeta a una matriz estacionaria y doblada alrededor de esta. Se pueden utilizar varias herramientas de presión – una zapata estacionaria, un bloque seguidor o un rodillo. Este método trabaja bien para aplicaciones en la que existe poca distancia de sujeción entre extremos.

La principal diferencia teórica entre el doblado por estiramiento y por compresión se debe al eje neutro. En el doblado por estiramiento, el eje neutro está más cerca de la parte que está en compresión, mientras que, en el doblado por compresión, el eje neutro se encuentra en la parte que está en tracción [22].

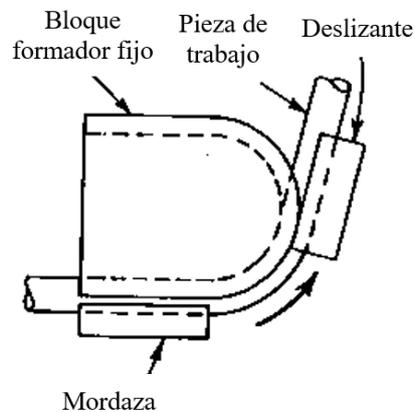


Figura 2. Esquema de doblado por compresión [22].

### 1.2.3 *Doblado a tracción*

El tubo se tracciona desde ambos extremos mientras se dobla sobre un bloque formador, esta técnica está limitada a dobleces de radio grandes, apropiado para curvas que no son circulares [21].

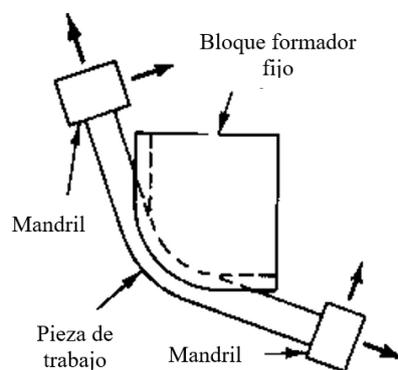


Figura 3. Esquema del doblado a tracción [21].

### 1.2.4 *Doblado por rodillos*

Consiste en el conformado en frío de tubos, con el objetivo de realizar un perfil curvo con un determinado diámetro y espesor. El doblado se obtiene a partir de la presión generada

por tres rodillos posicionados en tal forma que el perfil que fluye entre ellos obtenga una deformación curva, producto de un esfuerzo flector. La alineación, separación y longitud de los rodillos son parámetros que determinaran la capacidad de curvado [23].

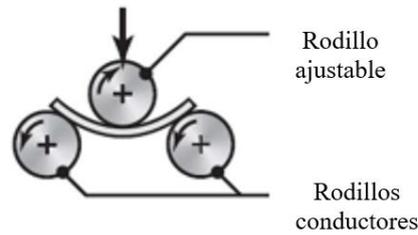


Figura 4. Doblado por rodillos [24].

### 1.3 Tipos de máquinas

#### 1.3.1 *Patente US 8991229B1*

Según la presente patente denominado doblador de tubos contiene un funcionamiento acorde a la técnica de doblado por estiramiento, como indica la patente el dispositivo incluye una base, un miembro giratorio compuesto por engranajes que pivota hacia la parte del bazo generando el doblado en el tubo, y un conjunto de apoyo que incluye un trozo de apoyo ensamblado a la base y un miembro de brazo conectado con el trozo de apoyo [25].

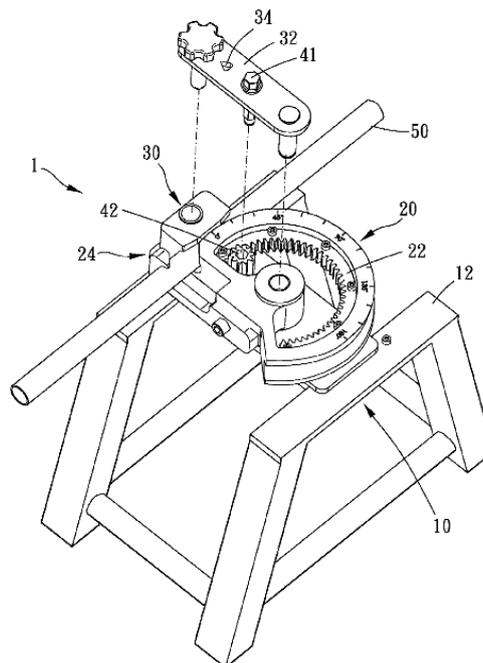


Figura 5. U. S Patent, US8991229B1 [25].

### 1.3.2 Patente US2796785A

La presente patente describe un funcionamiento de tal similitud a la técnica de doblado por compresión y éste detalla una función en el cual esta presenta una zapata que se mueve alrededor de la periferia del mandril a través de un funcionamiento manual de una palanca o brazo, mientras que el mandril permanece estático sosteniendo el mango hasta obtener la curva deseada [26].

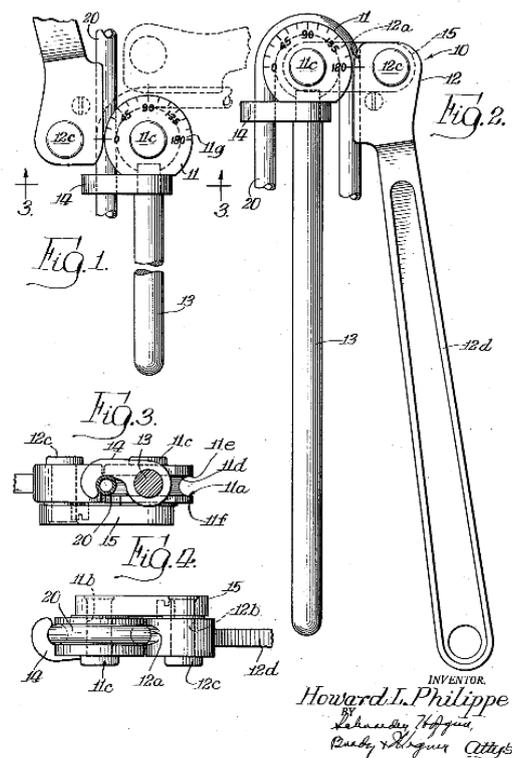


Figura 6. June 25, H. L. PHILIPPE 2796785A [26].

### 1.3.3 Patente US5761950A

La patente de invención referida a una dobladora de tubo que posee la técnica de doblado a tracción describe un dispositivo en el cual se coloca un tubo entre la ranura en forma de arco de la base y las ranuras auxiliares de los extremos. Posee una palanca de accionamiento que puede pivotar con relación al mango, doblando así el tubo por medio de la barra auxiliar y el bloque formador [27].

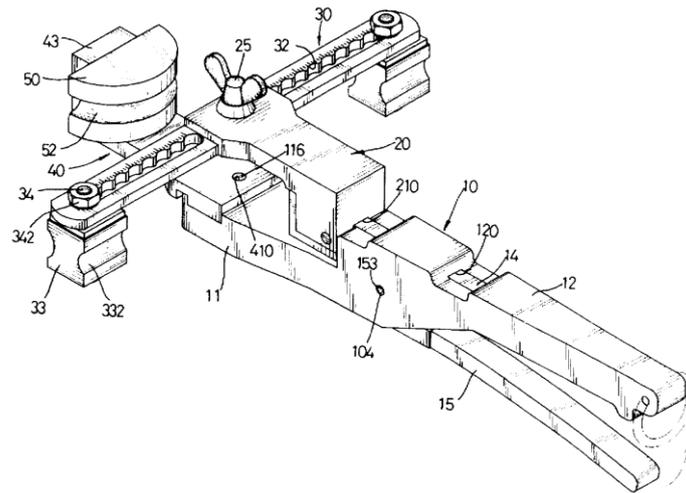


Figura 7. Dobladora de tubo, patente US761950A [27].

### 1.3.4 Patente US5970770A

La patente se presenta como una máquina modular de flexión que tiene la técnica de doblado por rodillos, posee un funcionamiento donde se alimenta de un tubo o barra, los rodillos inferiores funcionan ejerciendo una fuerza de empuje sobre una tubería o barra que se alimenta durante la operación de doblado. El tercer rodillo recorre verticalmente su posición para ajustar la distancia entre los tres ejes permitiendo cambiar el radio de curvatura [28].

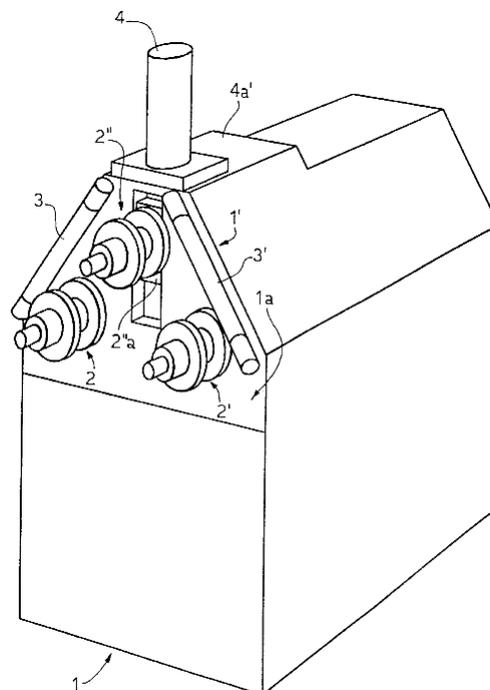


Figura 8. U.S. Patent Oct 24, 1999 US5970770A [28].

## CAPÍTULO II

En éste capítulo se realiza un análisis de las diferentes alternativas para realizar un diseño de máquina para curvar tubos de acero inoxidable, se encuentra las simulaciones de las piezas que reciben mayor carga y obtener un factor de seguridad que aseguran una un dispositivo eficiente.

### **2.1 Despliegue función de calidad QFD**

Según [29], QFD se considera un método para planificar y desarrollar productos o servicios el cual permite especificar los deseos y necesidades del cliente por medio de una evaluación de impacto, logrando establecer y satisfacer las necesidades de este.

### **2.2 Análisis funcional**

Se trata de un método analítico para el desarrollo de una estructura funcional, el cual obtiene un modelo abstracto de un producto nuevo, este no contiene ninguna característica como forma, dimensiones o materiales de construcción, sino se trata de una estructura de funciones secundarias para satisfacer a una función principal [30].

Generando un análisis funcional adecuado va a brindar ventajas para el fabricante y memorar la satisfacción del cliente, facilita también la división del proyecto a través de diferentes módulos, permitiendo reducir el tiempo total de diseño. La división de los módulos se puede dar en funciones primarias y secundarias [31], [32].

### **2.3 Parámetros para construcción**

Para la construcción de la máquina se debe considerar parámetros dependiendo de la función y material con el que va a trabajar. Por tal razón se establece una metodología con la cual prioriza las necesidades y requerimientos de cliente asociándolos a parámetros de ingeniería conocido como despliegue de la función de calidad (QFD), esto se realiza con el objetivo de construir una máquina funcional que cumpla con las expectativas del cliente y normas de ingeniería [33].

## 2.4 Despliegue función de calidad QFD

### 2.4.1 *Requerimientos del usuario y voz de ingeniería*

Industrias y Aceros Inox S.B. es una microempresa metalmecánica dedicada a la fabricación de herrajes para vidrio templado, barandas y pasamanos en acero inoxidable. El proyecto se origina debido a que la empresa tiene la necesidad de realizar curvas en los tubos de acero inoxidable para ciertos tipos de trabajos, siendo sus requerimientos.

Una vez obtenidos los resultados del despliegue de función de calidad presente en el Anexo 33, se identifican las especificaciones técnicas en un orden de prioridad alta hasta la más baja, en la cual se determina que el mayor porcentaje posee el Costo.

Tabla 1

Tabla de requerimientos, requisitos y prioridad para el diseño.

<b>Requerimientos del usuario</b>	<b>Requisitos de ingeniería</b>	<b>Resultado según su prioridad</b>
1.- Debe funcionar con 110 voltios	1.- Voltaje	1.- Costo
2.- Debe ser fácil de transportar al lugar de trabajo	2A.- Volumen 2B.- Peso	2.- Material de fabricación
3.- No debe ser ruidoso	3.- Nivel de Decibelios	3.- Peso
4.- Debe curvar tubos en radios grandes	4.- Radio de curva de trabajo	4.- Volumen
5.- Tener un rango de trabajo de ½” a 2” con un espesor de 2mm	5.- Diámetro de tubo	5.- Radio de curva de trabajo
6.- No debe contaminar el acero inoxidable	6.- Material de fabricación	6.- Diámetro de tubo a trabajar
7.- Fácil mantenimiento	7.- Repuestos del mercado nacional	7.- Repuestos del mercado nacional
8.- Tener un precio accesible	8.- Presupuesto	8.- Voltaje
9.- Poder ser usado por dos personas máximo	9.- Supervisión	9.- Operarios
10.- Debe ser de color azul o celeste	10.- Color	10.- Nivel de ruido
		11.- Color

## 2.5 Selección de alternativas

A través de módulos que se obtienen realizando un análisis funcional del sistema para curvar tubos, se generan las alternativas presentes en cada función a cumplir donde luego entran a un proceso de análisis según varios criterios para obtener la mejor opción para el dispositivo. [32]

### 2.5.1 Diagramas funcionales

El método presentado se desglosa en una dinámica de tres niveles, el cual inicia con el nivel 0 seguido del nivel 1 y 2.

En la Figura 9, presente a continuación es la representación del nivel cero, donde se puede apreciar la función primaria del prototipo [23], que constituye el ingreso del tubo de acero inoxidable, energía y el accionamiento de la señal para el curvado del tubo.

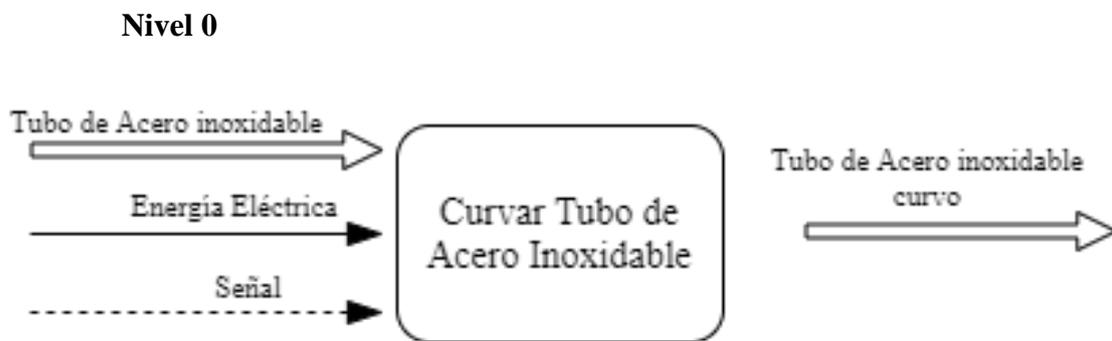


Figura 9. Diagrama funcional nivel 0.

El nivel 1 presenta un despliegue general del proceso donde muestra las funciones principales del prototipo sin detallar cada uno [32], en el cual se considera la instalación de la matriz dependiendo del diámetro del tubo con el que se va a trabajar, la preparación del tubo a curvar, donde seguidamente se realiza el encendido del sistema que permite realizar el curvado del tubo de acero inoxidable hasta finalizar el proceso para extraer el tubo. Pero, presenta un retorno al inicio del sistema en caso de que la curva deseada no esté completa. Como se puede observar en la Figura 10.

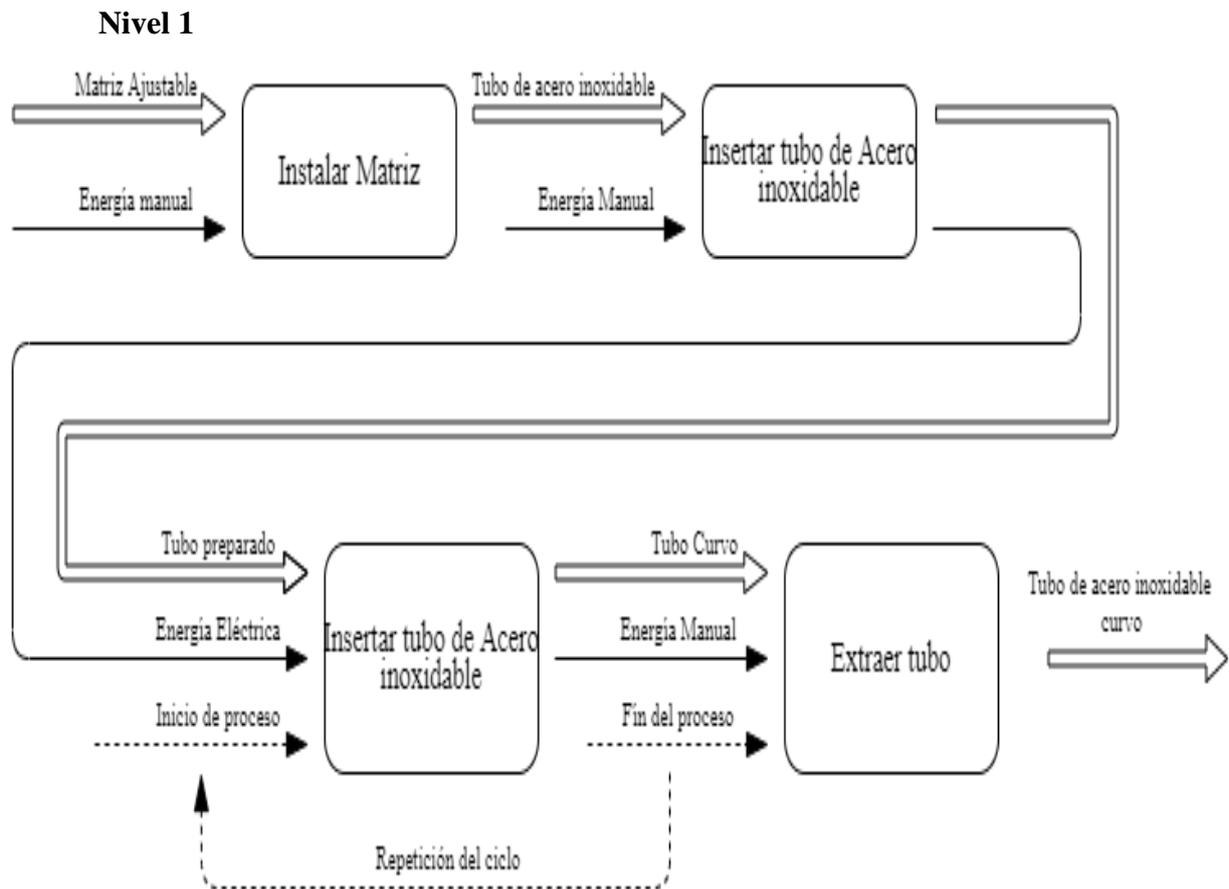


Figura 10. Diagrama funcional nivel 1.

El nivel 2 presenta el despliegue de las funciones que permiten el curvado del acero inoxidable. Como se muestra en la Figura 11, el despliegue de este proceso consta de la selección de la matriz dependiendo del diámetro del tubo con el cual se va a trabajar, seguido de la selección y ajuste del tubo, una vez realizado la preparación de la máquina y material, el mecanismo se acciona, dependiendo del grado de curva a realizarse en el tubo se genera un retorno en el sistema que permite obtener el resultado deseado, una vez culminado el proceso procede al desajuste y retirada del material.

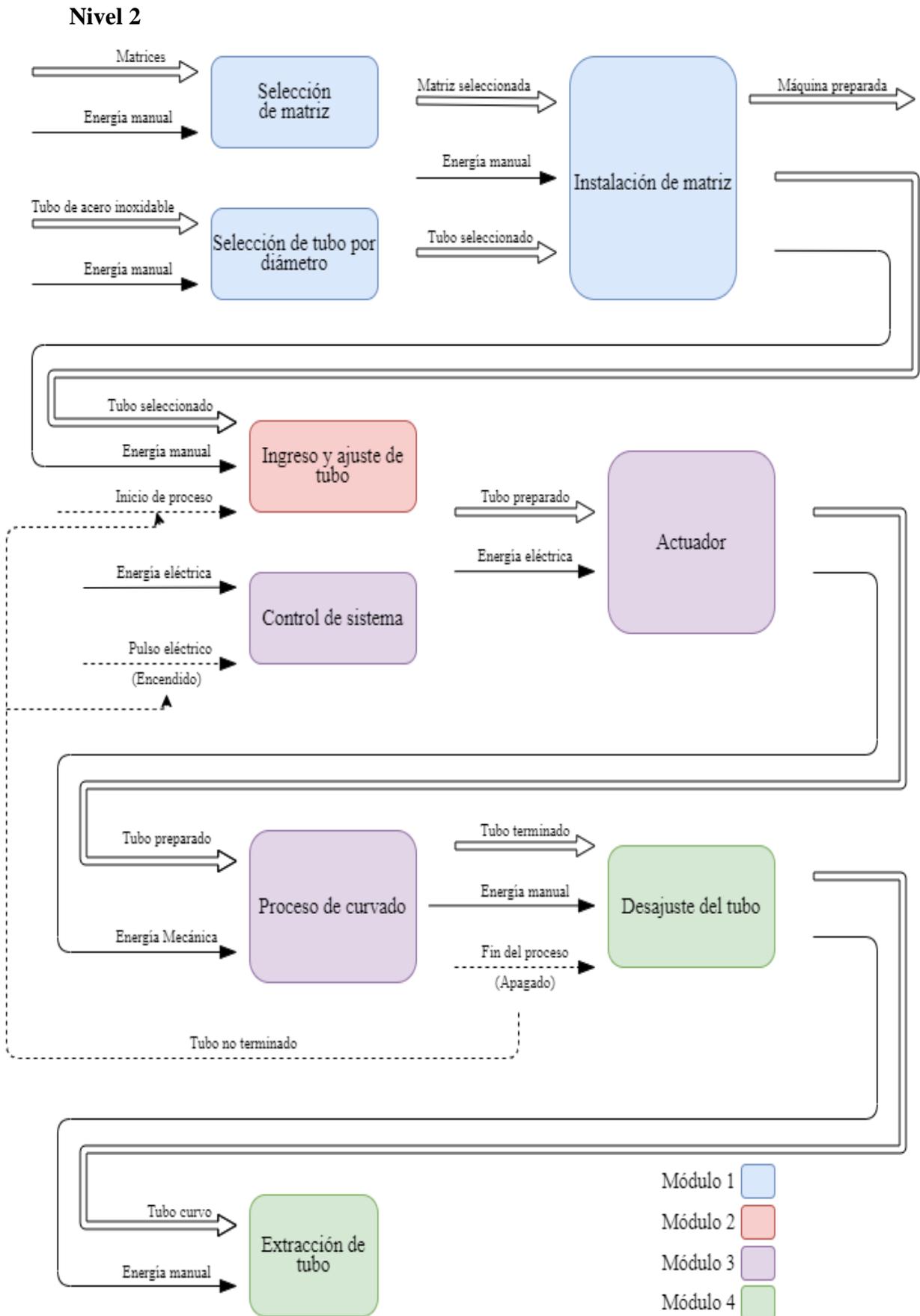


Figura 11. Diagrama funcional nivel 2.

## 2.5.2 *Análisis modular*

A partir del diagrama de funciones presente en la Figura 11, se procede a realizar el análisis correspondiente a los cuatro módulos que son: Selección e instalación de módulos (Modulo 1), Sistema de ajuste (Módulo 2), Sistema Mecánico (Módulo 3) y Salida del tubo (Módulo 4).

### 2.5.2.1 **Módulo 1: selección de matriz.**

La función principal de este módulo 1 es de tener la máquina en su punto inicial dependiendo del material de fabricación de la matriz, tipo de sistema de doblado y diámetro de tubo con el que va a trabajar.

#### 2.5.2.1.1 *Análisis de funciones módulo 1.*

- *Selección de material para la matriz*
  - *Acero al carbono (construcción)*

Es un tipo de acero capaz de soportar grandes cargas cuando se le realiza un tratamiento de temple, aplicable a fabricación de elementos mecánicos en piezas de resistencia media [34].



Figura 12. Acero al Carbono [35].

Tabla 2

Ventajas y desventajas alternativa “Acero al carbono”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Posee una alta resistencia al desgaste.	Posee un coste medio.
Tiene mayor rigidez.	Mayor dificultad para el mecanizado.
Se encuentra en el mercado nacional.	Si no es tratado y limpiado adecuadamente puede contaminar el acero inoxidable.

- Duralón o nylon

Se trata de un polímero muy utilizado en la ingeniería debido a sus excelentes propiedades mecánicas, utilizado para la fabricación de ruedas dentadas, poleas, entre otros.

En la Figura 13 se muestra una rueda dentada que posee estas características.



Figura 13. Rueda dentada de poliamida (PA)

Tabla 3

Ventajas y desventajas alternativa “Duralón o nylon”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Posee una alta resistencia al desgaste.	Menor resistencia que algunos metales
Alta resistencia a la compresión.	
Menor costo.	
Facilidad para el mecanizado.	
Resistencia a temperaturas hasta 127°C.	
No contaminante para el acero inoxidable.	
Se encuentra en el mercado nacional.	

- *Selección de sistema*
- Doblado por tracción:

El doblado por Tracción se produce con la ayuda de un boque formador y mangos de sujeción que se encuentran a los laterales del sistema, como se muestra en la Figura 14.

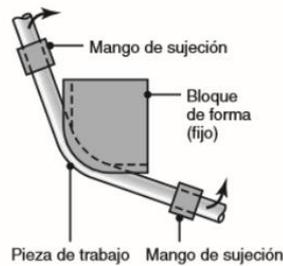


Figura 14. Doblado por tracción [36].

Tabla 4

Ventajas y desventajas alternativa “Doblado por tracción”

Ventajas	Desventajas
Doble de radio grande	Fabricación compleja del bloque formador y mangos.
Evita el deslizamiento no deseado en tubos largos.	Aumento de precio para la fabricación para los distintos diámetros de tubo.
La sujeción del acero es segura.	

- Doblado por estiramiento:

Este sistema presenta mordazas con un bloque formador, éste gira en conjunto con las mordazas para dar forma al tubo, como se puede apreciar el proceso en la Figura 15.

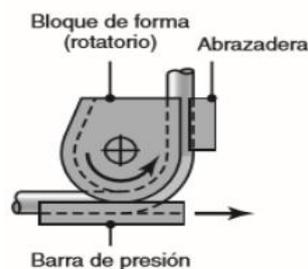


Figura 15. Doblado por estiramiento [36].

Tabla 5

Ventajas y desventajas alternativa “Doblado por estiramiento”

Ventajas	Desventajas
Trabaja con tubos de espesor reducido.	Fabricación compleja del bloque formador y mordazas.
Reduce la probabilidad de arrugado o aplanado del metal.	Aumento de precio para la fabricación para los distintos diámetros de tubo.
Fácil cambio del conjunto formador.	Solo trabaja con diámetros de doblez reducidos.

- Doblado por compresión:

Utiliza una mordaza que fija el tubo al bloque formador que también se encuentra fijo y con la acción de una mordaza móvil, ésta se desliza y genera el doblez en el tubo como de aprecia en la Figura 16.

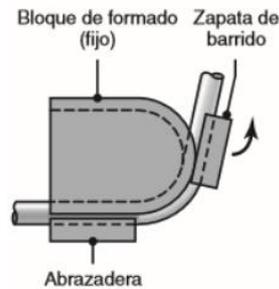


Figura 16. Doblado por compresión [36].

Tabla 6

Ventajas y desventajas alternativa “Doblado por compresión”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Trabaja con tubos de espesor reducido.	Fabricación compleja del bloque formador y mordazas.
Reduce la probabilidad de arrugado o aplanado del metal.	Aumento de precio para la fabricación para los distintos diámetros de tubo.
Permite realizar serie de dobleces con espacios libres reducidos entre ellos.	Solo trabaja con diámetros de doblez reducidos.

- Doblado por rodillos

El sistema se conforma de tres rodillos cilíndricos para conformar el tubo como se muestra en la Figura 17.

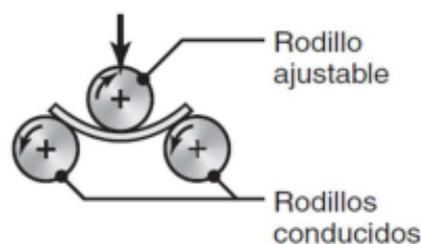


Figura 17. Doblado por rodillos [24].

Tabla 7

Ventajas y desventajas alternativa “Doblado por rodillos”

Ventajas	Desventajas
De fácil fabricación.	No puede realizar doblez en radios pequeños.
Costo de fabricación reducido para los diferentes tamaños de tubo.	La matriz eleva su peso dependiendo del material de construcción.
Para trabajos en radios grandes.	

### 2.5.2.1.2 *Análisis de solución*

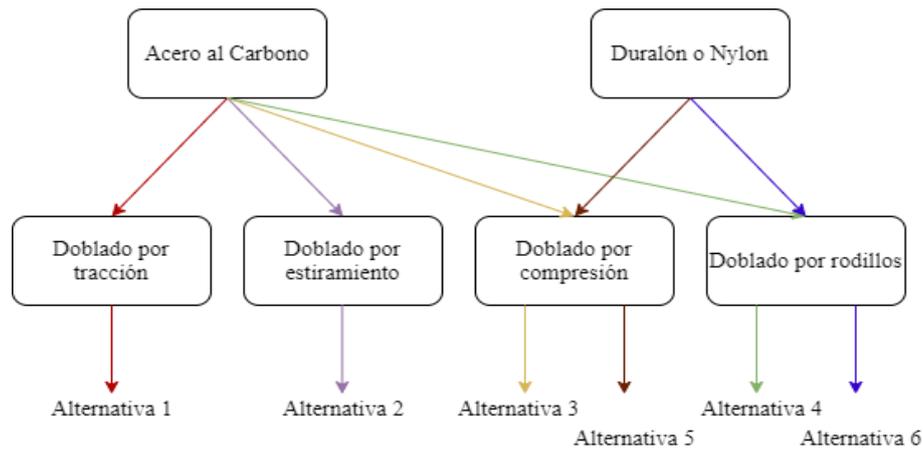


Figura 18. Alternativas de solución del Módulo 1.

#### Alternativa 1

Se trata del uso del acero al carbono como material para la fabricación de la matriz en doblado por tracción.

#### Alternativa 2

Se trata del uso del acero al carbono como material para la fabricación de la matriz en doblado por estiramiento.

#### Alternativa 3

Se trata del uso del acero al carbono como material para la fabricación de la matriz en doblado por compresión.

#### Alternativa 4

Se trata del uso del acero al carbono como material para la fabricación de la matriz en doblado por rodillos.

### Alternativa 5

Se trata del uso del duralón o nylon como material para la fabricación de la matriz en doblado por compresión.

### Alternativa 6

Se trata del uso del duralón o nylon como material para la fabricación de la matriz en doblado por rodillos.

#### 2.5.2.1.3 *Evaluación y selección de alternativas módulo 1*

Las ponderaciones que se considera con mayor relevancia para este módulo son las siguientes:

**Costo:** los materiales de construcción deben ser fáciles de encontrar en el mercado nacional y ser de bajo costo.

**Material de fabricación:** El material de fabricación de la máquina no debe contaminar el acero inoxidable.

**Peso:** El peso de la máquina debe ser el menor posible.

**Radio de curva de trabajo:** El radio de trabajo debe ser a partir de 700 mm y superior.

Tabla 8

Evaluación de criterios modulo 1.

	<b>Costo</b>	<b>M. de fabricación</b>	<b>Peso</b>	<b>Radio de trabajo</b>	$\sum+1$	<b>Ponderación</b>
<b>Costo</b>		1	1	1	4	0,40
<b>M. de fabricación</b>	0		1	1	3	0,30
<b>Peso</b>	0	0		1	2	0,20
<b>Radio de trabajo</b>	0	0	0		1	0,10
				Suma	10	1,00
<b>Costo &gt; Peso &gt; M. de fabricación &gt; Radio de trabajo</b>						

Realizando un análisis del Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3 y Anexo 4 se encuentra las ponderaciones a los cuatro criterios del módulo 1.

En la Tabla 9 se presenta las conclusiones del análisis para las características que presenta el módulo 1.

Tabla 9

Conclusiones para el Módulo 1

<b>Conclusión</b>	<b>Costo</b>	<b>M. de fabricación</b>	<b>Peso</b>	<b>Radio de trabajo</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Prioridad</b>
<b>Alt 1</b>	0,06	0,075	0,05	0,02	1,205	5
<b>Alt 2</b>	0,16	0,075	0,08	0,05	1,365	3
<b>Alt 3</b>	0,06	0,075	0,05	0,02	1,205	5
<b>Alt 4</b>	0,12	0,075	0,02	0,05	1,265	4
<b>Alt 5</b>	0,2	0,165	0,11	0,02	1,495	2
<b>Alt 6</b>	0,24	0,165	0,11	0,05	1,565	1

Tomando en cuenta los criterios del cliente la solución más apropiada resulta ser la alternativa 6 que se presenta como una matriz de duralón o nylon fabricados para generar el doblado por rodillos.

### **2.5.2.2 Módulo 2: sistema de ajuste.**

El módulo 2 pretende dar el ajuste óptimo para el tubo de acero, para ello se puede hacer uso de las siguientes opciones como se muestra a continuación.

#### **2.5.2.2.1 *Análisis de funciones módulo 2.***

- *Ingreso del Tubo*
- *Ingreso Manual del tubo*

El ingreso del tubo es realizado por la acción del operario.

Tabla 10

Ventajas y desventajas alternativa “Ingreso Manual del tubo”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Menor costo de inversión. Sin riesgo de mal posicionamiento. Supervisión constante del operario	Posible riesgo ergonómico.

- *Ajuste del tubo*
- *Ajuste Manual*

Se trata de un ajuste manual cuando la acción es realizada por el operario, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Máquina curvadora con ajuste manual [37].

Tabla 11

Ventajas y desventajas alternativa “Ajuste Manual”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Menor costo de inversión. De fácil mantenimiento.	Posible riesgo ergonómico.

- *Ajuste Automático*

El ajuste neumático se acciona según lo requiera el operario por medio de un botón, para dejar al tubo con la suficiente sujeción para curvar el tubo, como se muestra en la Figura 20, este tipo de mecanismo posee las siguientes ventajas y desventajas en la Tabla 12.



Figura 20. Máquina curvadora con ajuste neumático automático [38].

Tabla 12

Ventajas y desventajas alternativa “Ajuste automático”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Reduce el riesgo ergonómico.	Costo elevado.
Reduce el tiempo de trabajo.	Mayor peso.

#### 2.5.2.2.2 *Análisis de solución.*

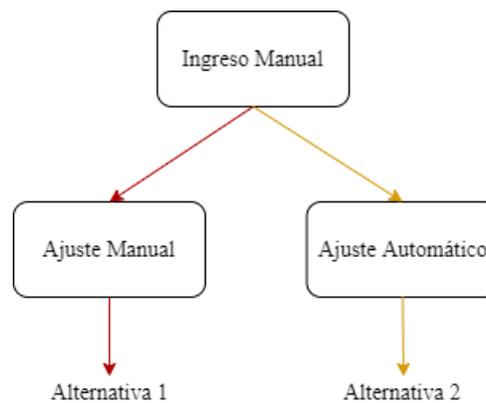


Figura 21. Alternativas de solución Módulo 2.

#### Alternativa 1

Ingreso manual con ajuste manual presente como un tornillo cuadrado y una palanca.

#### Alternativa 2

Ingreso manual con ajuste automático presente como un pistón neumático.

#### 2.5.2.2.3 *Evaluación y selección de alternativas módulo 2.*

En este módulo se presentan como más relevantes las siguientes ponderaciones según el análisis QFD:

Costo: los materiales de construcción deben ser fáciles de encontrar en el mercado nacional y ser de bajo costo.

Peso: El peso de la máquina debe ser el menor posible.

Volumen: La máquina debe contar con un volumen reducido y manejable.

Repuestos del mercado nacional: El mantenimiento y repuestos deben ser fáciles de conseguir

Supervisión: Debe ser supervisado y manejado por un máximo de 2 operarios.

Tabla 13

Evaluación de criterios módulo 2.

	Costo	Peso	Volumen	R. Mercado Nacional	Supervisión	$\Sigma+1$	Ponderación
<b>Costo</b>		1	1	1	1	5	0,50
<b>Peso</b>	0		1	1	1	4	0,40
<b>Volumen</b>	0	0		1	1	3	0,30
<b>R. Mercado Nacional</b>	0	0	0		1	2	0,20
<b>Supervisión</b>	0	0	0	0		1	0,10
					Suma	15	1,50

**Costo > Peso > Volumen > R. Mercado Nacional > Supervisión**

En el Anexo 5, Anexo 6, Anexo 7, Anexo 8 y Anexo 9 se encuentra las ponderaciones a los cinco criterios del módulo 2.

En la Tabla 14 se muestra las conclusiones para el sistema de ajuste.

Tabla 14

Conclusiones para el Módulo 2.

Conclusión	Costo	Peso	Volumen	R. Mercado Nacional	Supervisión	$\Sigma+1$	Prioridad
<b>Alt 1</b>	0,1	0,04	0,045	0,04	0,015	1,24	1
<b>Alt 2</b>	0,05	0,08	0,045	0,02	0,015	1,21	2

Según los criterios del cliente la solución más apropiada es la alternativa 1 debido a que se requiere optar por un bajo precio al momento de construir la máquina, además de conseguir repuestos con mayor facilidad.

### 2.5.2.3 Módulo 3: sistema de curvado.

#### 2.5.2.3.1 *Análisis de funciones módulo 3.*

El siguiente módulo analiza el sistema de parada, tipo de motor a utilizarse y mecanismo de transmisión de movimiento.

- *Control del sistema*

Cuando el recorrido se haya concretado es necesario una señal para detener el proceso, para ello se ha considerado un sistema electromecánico para el control del motor e inversión de giro, en el cual consta un conjunto de contactores, relé térmico, un interruptor de tres posiciones y un botón de Emergencia, a continuación, en la Tabla 15 se muestra las ventajas y desventajas del control.

- Control electromecánico



Figura 22. Componentes de control electromecánico.

Tabla 15

Ventajas y desventajas alternativa “Control Electromecánico”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Bajo costo	Ninguna
Fácil de instalación	
Seguro para el manejo	

- *Actuador*

La dirección de giro del motor se encuentra entrelazada directamente con el sistema de control de curvado y para el apagado del sistema, por esta razón se encuentra conveniente el uso de un interruptor de tres posiciones como la solución más económica y fácil de manejar.

- Motor monofásico

Es una máquina asíncrona de jaula de ardilla que consta de un devanado del estator monofásico [39]

Tabla 16

Ventajas y desventajas alternativa “Motor Monofásico”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
En relación con el motor trifásico el costo es menor.	Mayor consumo de energía.
Mayor conexión en la mayoría de los hogares o edificaciones.	No posee par de torque.
Menor costo en mantenimiento.	

- Motor trifásico

Son motores los cuales el bobinado inductor colocado en el estator está formado por tres bobinados independientes que se desplazan a 120 grados entre ellos, que se alimenta por un sistema eléctrico de tres fases de corriente alterna [40], a continuación, en la

Tabla 17 se presenta las ventajas y desventajas de un motor trifásico.

Tabla 17

Ventajas y desventajas alternativa “Motor trifásico”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Su consumo eléctrico es menor.	Costo elevado.
Reduce la carga sobre la fuente de alimentación.	No se encuentra conexión de tres fases en todos los hogares.
	Mayor costo en mantenimiento.

- Proceso de Curvado
- Transmisión de potencia por “Poleas y Banda”

Es un sistema compuesto por una correa sin fin de un material flexible que se acopla a dos o más poleas las cuales giran simultáneamente para transmitir la potencia de la polea de entrada hasta una de salida [41], en la Tabla 18 se puede apreciar las ventajas y desventajas de este sistema.



Figura 23. Transmisión por poleas y banda [42].

Tabla 18

Ventajas y desventajas alternativa “Poleas y bandas”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Transmiten el movimiento entre dos ejes a mayores distancias.	La transmisión del movimiento no es constante debido a fricción de la correa con la polea.
Bajo costo.	La potencia que puede transmitir es limitada.
Funcionamiento silencioso.	

- Transmisión de potencia por “Ruedas dentadas y Cadena”

Transmite el movimiento a través de una rueda dentada a otro que se encuentran montados en un eje para constituir un medio seguro y sólido para transmitir potencia [43], en la Tabla 19 podemos observar este sistema con sus respectivas ventajas y desventajas.



Figura 24. Sistema de transmisión por cadenas [44].

Tabla 19

Ventajas y desventajas alternativa “Ruedas dentadas y Cadena”

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Pueden transmitir grandes potencias.	Costo elevado.
Poseen una alta eficiencia sin deslizamiento.	Pueden ser ruidosas.
Larga vida útil.	Necesitan lubricación y mantenimiento.
	Para uso en velocidades medias y bajas.

### 2.5.2.3.2 *Análisis de solución*

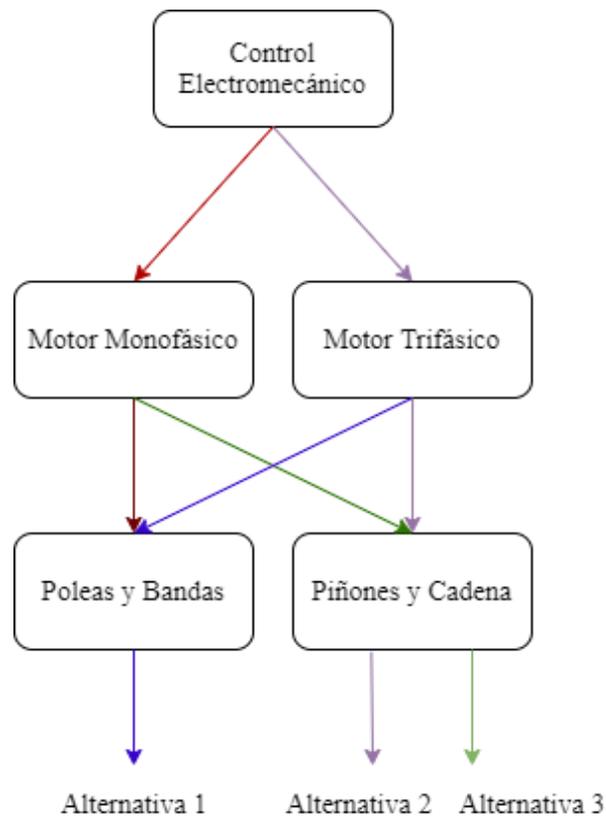


Figura 25. Selección de alternativas módulo 2.

#### Alternativa 1

Dentro de esta alternativa se considera un control electromecánico para realizar el giro del motor haciendo uso de un motor trifásico y el uso de poleas y bridas para la transmisión de potencia.

#### Alternativa 2

Se considera un control electromecánico para realizar el giro del motor haciendo uso de un motor trifásico y el uso de ruedas dentadas y cadenas para la transmisión de potencia.

#### Alternativa 3

Dentro de esta alternativa se considera un control electromecánico para realizar el giro del motor haciendo uso de un motor monofásico y el uso de ruedas dentadas y cadenas para la transmisión de potencia.

#### **2.5.2.3.3 *Evaluación y selección de alternativas módulo 3.***

En este módulo se presentan como más relevantes las siguientes ponderaciones según el análisis QFD:

**Costo:** los materiales de construcción deben ser fáciles de encontrar en el mercado nacional y ser de bajo costo.

**Diseño:** Los elementos deben estar dispuestos adecuadamente para evitar vuelco de la máquina

**Peso:** El peso de la máquina debe ser el menor posible.

**Repuestos del mercado nacional:** El mantenimiento y repuestos deben ser fáciles de conseguir

**Voltaje:** El voltaje que maneje debe ser de 110 voltios.

**Nivel de ruido:** Debe tener un ruido no nocivo para el operario.

Tabla 20

Evaluación de criterios Módulo 3.

<b>Costo</b>	<b>Peso</b>	<b>Diseño</b>	<b>R. Mercado Nacional</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Nivel de Ruido</b>	$\Sigma+1$	<b>Ponderación</b>
<b>Costo</b>	1	1	1	1	1	6	0,60
<b>Peso</b>	0	1	1	1	1	5	0,50
<b>Diseño</b>	0	0	1	1	1	4	0,40
<b>R. Mercado Nacional</b>	0	0	0	1	1	3	0,30
<b>Voltaje</b>	0	0	0	0	1	2	0,20
<b>Nivel de Ruido</b>	0	0	0	0	0	1	0,10
					Suma	21	2,10

**Costo > Peso > Diseño > R. Mercado Nacional > Voltaje > Nivel de Ruido**

En el Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12, Anexo 13, Anexo 14 y Anexo 15 se encuentra las ponderaciones a los seis criterios del módulo 3.

En la Tabla 21 se muestra las conclusiones del sistema de curvado.

Tabla 21

Conclusiones para el Módulo 3.

<b>Conclusión</b>	<b>Costo</b>	<b>Peso</b>	<b>Diseño</b>	<b>R. Mercado Nacional</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Nivel de Ruido</b>	$\Sigma+1$	<b>Prioridad</b>
<b>Alt 1</b>	0,12	0,075	0,08	0,06	0,02	0,03	1,385	2
<b>Alt 2</b>	0,06	0,1	0,08	0,03	0,04	0,02	1,330	3
<b>Alt 3</b>	0,18	0,125	0,08	0,09	0,06	0,01	1,545	1

Basando los resultados en criterios del cliente se opta por la alternativa 3, conformada con un control electromecánico en conjunto con un motor monofásico el cual será el que otorga el movimiento a través de un reductor que se encuentra conectado a un conjunto de ruedas dentadas y cadenas para la transmisión de potencia en el sistema.

## 2.6 Descripción del diseño propuesto

La máquina está comprendida de tres rodillos de Nylon – Poliamida 6 que se encuentran acoplados a un eje cada uno, los que se encuentran distribuidos de tal forma que el trabajo sea realizado horizontalmente.

Dos de los rodillos son los encargados de realizar el movimiento para generar el recorrido del tubo, estos rodillos son inferiores. Mientras que el tercer rodillo central y superior es el encargado de generar la fuerza necesaria para realizar la curva por medio de un tornillo sin fin accionado manualmente. Como se muestra en la Figura 26 el diseño que se propone es sencillo para lograr reducir el peso de la máquina.

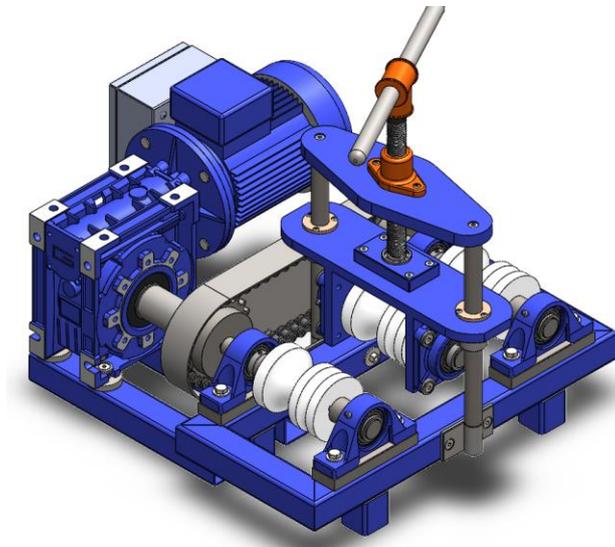


Figura 26. Diseño propuesto para la máquina.

## 2.7 Análisis de fuerza necesaria para deformación del tubo

La fuerza requerida para el doblado debe superar el límite de fluencia del material a ser tratado para que la máquina logre realizar su trabajo. También se debe tomar en cuenta la posición que presentan los rodillos para el proceso de conformado, como se puede apreciar en la Figura 27.

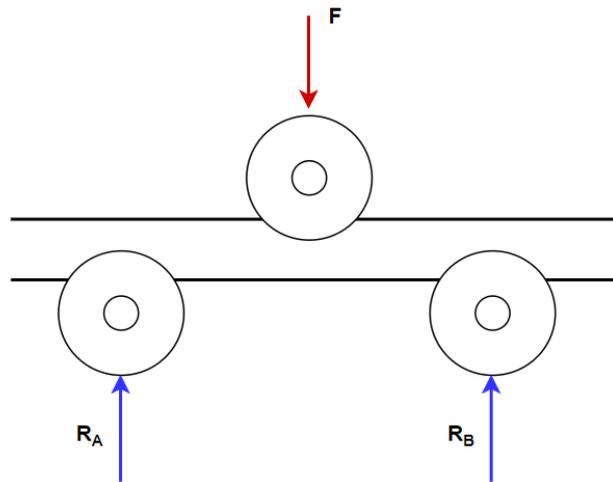


Figura 27. Posición de rodillos.

Tomado en cuenta la disposición de los rodillos podemos realizar un diagrama de cuerpo libre donde se encuentra la fuerza para el doblado y sus respectivas reacciones.

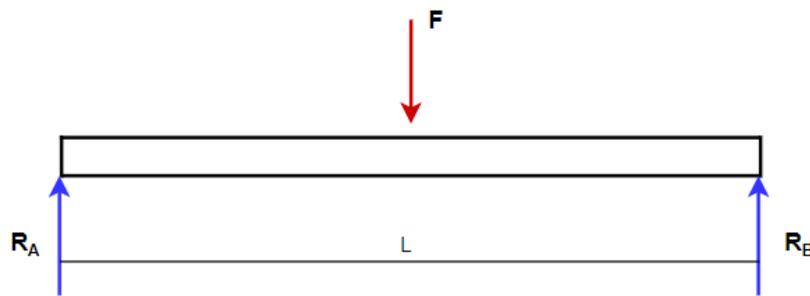


Figura 28. Diagrama de cuerpo libre de fuerzas para doblado.

En la Figura 28 se puede apreciar la disposición de las fuerzas que presenta el modelo, donde las reacciones en A y B son las mismas debido a que se encuentran a la misma distancia de la fuerza aplicada para el doblado, así tenemos la siguiente ecuación.

$$R_A = R_B = \frac{F}{2} \quad (2.1)$$

Para obtener la fuerza necesaria para el doblado se tomará la ecuación de esfuerzo por flexión en vigas, donde el momento flector será sustituido por el análisis de la gráfica de momento como se puede apreciar en la Figura 29.

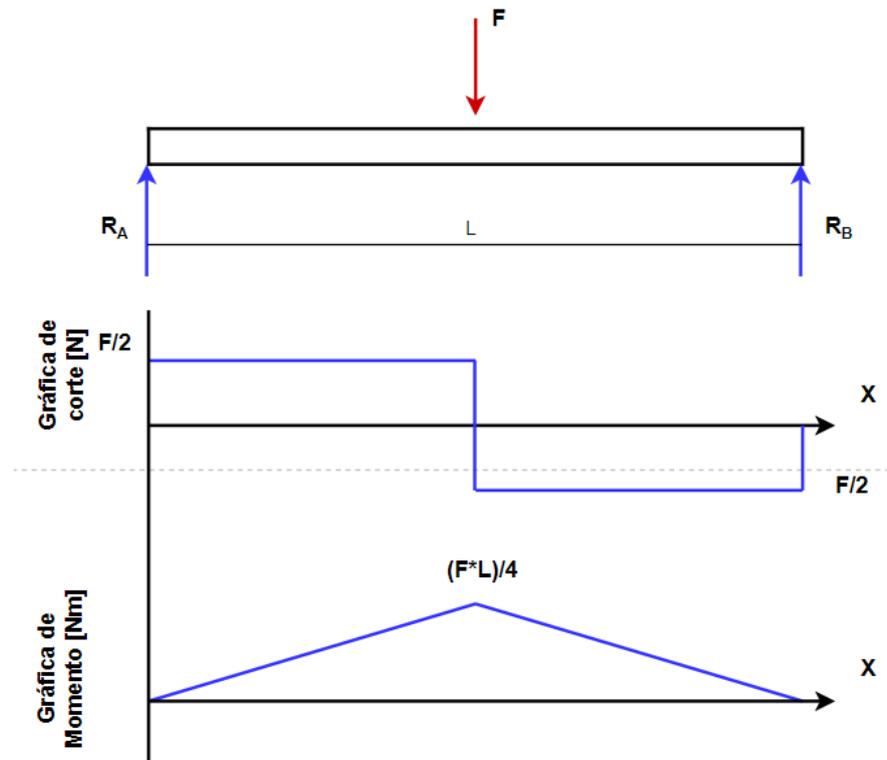


Figura 29. Gráfica de fuerza y momento flector.

Haciendo uso de las ecuaciones siguientes:

$$\sigma_f = \frac{M_f \cdot C}{I} \quad (2.2)$$

$$M_f = \frac{F \cdot L}{4} \quad (2.3)$$

Donde:

$\sigma_f$  = Esfuerzo por flexión [MPa].

$F$  = Fuerza necesaria para el doblado.

$L$  = Longitud entre los ejes inferiores de centro a centro.

$C$  = Distancia del centro del eje a la periferia del elemento [mm].

$I$  = Momento de inercia [mm<sup>4</sup>]

Teniendo en cuenta los requerimientos que la empresa necesita se realiza los cálculos de la fuerza que son necesarias para el doblado, donde se requiere el diámetro exterior y el espesor de los tubos que serán conformados, como se puede apreciar en la

Tabla 22 se muestra los datos que se utiliza para el cálculo de la fuerza en cada dimensión de tubo.

Tabla 22

Dimensiones y características de tubos.

<b>Dimensiones</b>	<b>Inercia</b>	<b>C</b>	<b>Área</b>
<b>milímetros</b>	<b>mm<sup>4</sup></b>	<b>mm</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>
<b>50.8</b>	91427,78	25,4	306,619
<b>44.45</b>	60212,39	22,225	266,721
<b>25.4</b>	10136,74	12,7	147,026
<b>19.05</b>	3946,37	9,525	107,128
<b>12.7</b>	995,76	6,35	67,23

El material con el que trabaja la empresa es Acero Inoxidable AISI 304 cuyas propiedades mecánicas se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23

Propiedades mecánicas del Acero Inoxidable 304 [45].

<b>Grado del acero</b>	<b>Resistencia a la rotura</b>	<b>Límite de fluencia</b>	<b>Alargamiento</b>
	MPa	MPa	%
<b>AISI 304</b>	479,2	175,8	40

La fuerza que se aplique debe superar el límite a la fluencia del acero 304, por lo cual se incrementa un 10 % al límite de la fluencia para realizar los cálculos [46].

### **2.7.1 Cálculos de fuerza para doblado.**

Con la ayuda de un diagrama de cuerpo libre presente en la Figura 30, se encuentra el momento flector a través de diagramas de fuerza y momento.

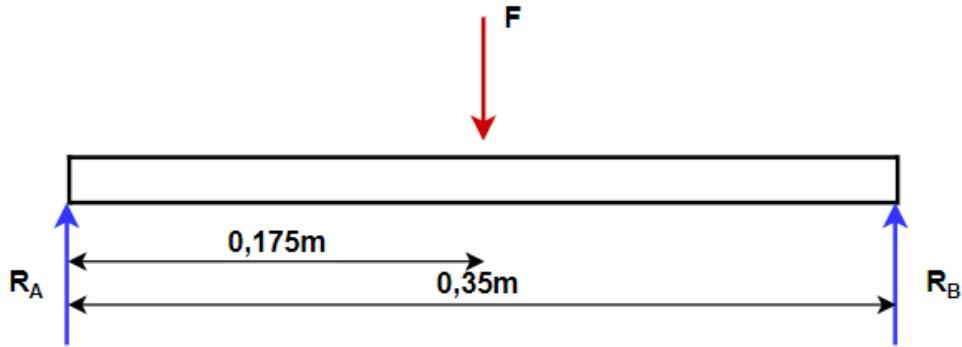


Figura 30. Diagrama de cuerpo libre.

Aplicando la ecuación (2. 3) se tiene:

$$M_f = F \cdot 87,5$$

Reemplazando este resultado en la ecuación (2. 2) se obtiene:

$$\sigma_f = \frac{F \cdot 87,5 \cdot 25,4}{91427,78} = F \cdot 0,0243$$

En esta instancia se despeja la fuerza (F) y se reemplaza el esfuerzo normal flexionante por el límite de fluencia sumado el 10% para asegurar que el tubo se deforme.

Dando como resultado:  $F = 7958,02[N]$

Esto se aplica con cada uno de los tubos que la empresa usa con mayor frecuencia, como se muestra en la Tabla 24:

Tabla 24

Fuerza requerida para el doblado dependiente del diámetro de tubo.

<b>Dimensiones</b>	<b>Fuerza para el doblado</b>
<b>milímetros</b>	<b>Newton</b>
<b>50.8</b>	7958,02
<b>44.45</b>	5987,52
<b>25.4</b>	1763,99
<b>19.05</b>	915,66
<b>12.7</b>	346,56

## 2.8 Radio mínimo para el curvado en la máquina

Puesto que la máquina trabaja con un sistema de tres rodillos simétricos considerado en la industria como el proceso de calandrado. Según [47], para conocer el

radio mínimo de calandrado de un tubo, se debe multiplicar por cinco el diámetro del tubo.

## 2.9 Cálculo de torque para el sistema

Para que el tubo logre realizar un recorrido apropiado para el trabajo, es necesario el movimiento giratorio producido en los rodillos, este movimiento produce un torque al momento de presionar y arrastrar el tubo [48].

En la Figura 31 se encuentra representada la fuerza de rozamiento que se produce en los rodillos.

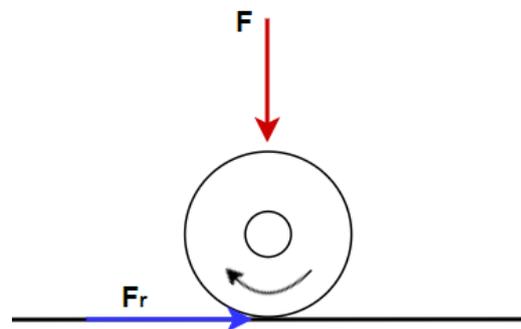


Figura 31. Diagrama para fuerza de rozamiento.

El torque se define por la siguiente ecuación [23]:

$$T = F_r \cdot \frac{d}{2} \quad (2.4)$$

Donde:

$T$  es el torque en [Nm]

$F_r$  es la fuerza de rozamiento en [N]

$d$  es el diámetro del rodillo en su punto de contacto [m]

Tomando un diámetro de contacto estimado de 110 mm siendo el promedio entre la medida interna y externa del rodillo, esta medida se obtiene de una máquina que se encuentra en el mercado que posee características de trabajo similares.

La fuerza de rozamiento en el sistema se obtiene con la siguiente ecuación.

$$Fr = F \cdot \mu \quad (2.5)$$

Donde:

$F$  es la fuerza que se aplica en el eje  
 $\mu$  es el coeficiente de rozamiento

Coeficiente de rozamiento estático entre acero contra el Nylon – Poliamida 6 se encuentra entre 0,38 y 0,45, según [49].

### 2.9.1 Torque necesario para el sistema.

Considerando la fuerza  $F$  como fuerza normal, al aplicar la ecuación (2. 5) y tomando un coeficiente promedio de 0,4 obtenemos la fuerza de rozamiento que posee el rodillo superior como se aprecia a continuación.

$$Fr = 7958,02[N] \cdot 0,4 = 3183,2[N]$$

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (2. 4) y se obtiene:

$$T_{sup} = 3183,2[N] \cdot 0,055m = 175,076[Nm]$$

Donde:

$T_{sup}$  es el torque del rodillo superior

Aplicando las ecuaciones (2. 4), (2. 5) y considerando la fuerza de reacción como una fuerza normal se logra encontrar el torque independiente en los ejes inferiores.

$$T_{in} = 87,53[Nm]$$

Con la ecuación (2. 6) se realiza una sumatoria del torque presente en cada rodillo para obtener el torque necesario para el recorrido del tubo.

$$T_{total} = 2T_{in} + T_{sup} \quad (2.6)$$

Dando como resultado un  $T_{total} = 350,15[Nm]$

### 2.10 Cálculo de potencia para selección de motor reductor

Se sugiere seleccionar una potencia igual a la calculada, o elegir el inmediato superior en el caso de no estar en el catálogo [50].

Teniendo esto en cuenta se procede a utilizar la siguiente ecuación:

$$P_{n1} = M_r \cdot \frac{n_2}{9550 \cdot n_d} \quad (2.7)$$

Donde:

$P_{n1}$  es la potencia que requiere el proceso.

$M_r$  es el torque necesario para el curvado.

$n_2$  es la velocidad de salida que se requiere.

$n_d$  es la irreversibilidad dinámica que dependiendo del proceso que se requiere se toma de la tabla del Anexo 16.

Aplicando la ecuación (2.7) se obtiene la potencia que requiere el proceso para el curvado del tubo.

Tomando un promedio como referencia de máquinas roladoras económicas que se encuentran en el mercado la velocidad de la máquina será de 17 rpm para la salida del reductor de velocidad.

$$P_{n1} = 350,15 [Nm] \cdot \frac{17}{9550 \cdot 60\%}$$

$$P_{n1} = 1,03kW = 1,38$$

Para conseguir el motorreductor se encuentra un factor de servicio que comprenda al tipo de trabajo por horas y arranques que tenga en el día con la tabla del Anexo 17, el cual se obtiene un factor  $f_s$  de 1.

En la Anexo 18 se puede observar el reductor seleccionado del catálogo ITAL Power Gear.

El reductor seleccionado cumple con las características necesarias para el trabajo como es una reducción a 17rpm con un motor de 1,1kW de 1700rpm, al tener un par torsor de salida de 473 [Nm] también cumple con el requisito de los 350,15 [Nm] que necesita el sistema.

## 2.11 Selección de rueda dentada y cadena

Cuando la cadena es sometida a cargas impulsivas, se recomienda utilizar ruedas dentadas con un mínimo de 19 dientes para un correcto funcionamiento [51].

Haciendo uso del Anexo 19 se encuentra el factor de servicio que posee la máquina donde se consigue obtener una potencia de diseño que sirve para seleccionar la cadena y ruedas dentadas presentes en el Anexo 20 y Anexo 21, que se encuentran en la Tabla 25.

En el Anexo 22 se presenta una tabla donde se toma la dimensión del chavetero según el diámetro de cubo de la rueda dentada seleccionada.

Tabla 25

Tabla de selección de cadena y ruedas dentadas

Relación de transmisión	Factor de servicio	Potencia de diseño	Selección de cadena	Selección de ruedas dentadas	Dimensión de chavetero de cubo
1	1	1,1kW	80 paso 1	23 dientes	6 mm de ancho por 3 mm de profundidad

## 2.12 Diseño de ejes

### 2.12.1 Diseño mecánico

#### 2.12.1.1 Cálculo en el eje superior.

Para el análisis y diseño del eje superior se considera las fuerzas a las que estará sometido el eje superior.

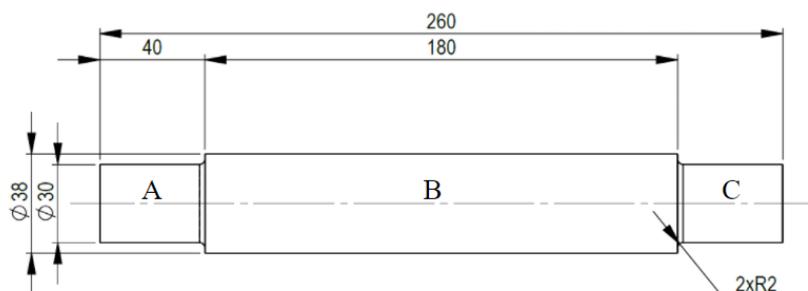


Figura 32. Dimensiones del eje superior.

A continuación, se analiza el diagrama de corte y momento flector del eje en los planos XY y XZ, donde se tomará en cuenta los esfuerzos que se producen en el eje, como se observa en la Figura 33.

Análisis en el Plano XY:

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_y - F + RB_y = 0$$

$$RA_y = F - RB_y$$

$$\sum M_A = 0$$

$$Fd_1 - RB_y d_2 = 0$$

$$RB_y = \frac{Fd_1}{d_2} = \frac{7958,02 \cdot 0,11}{220} = 3979,01[N]$$

$$RA_y = 7958,02 - 3979,01 = 3979,01[N]$$

Según el diagrama de corte y momento presente en la Figura 33, el mayor momento en el plano XY del eje superior es de 437,6[Nm].

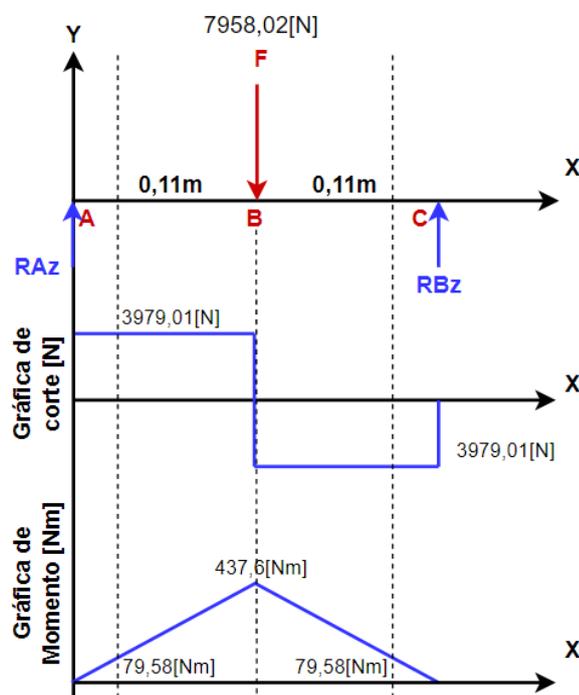


Figura 33. Diagrama del eje superior de corte y momento plano XY.

Análisis en el Plano XZ:

$$\sum F_z = 0$$

$$RA_z - F_r + RB_z = 0$$

$$RA_z = F_r - RB_z$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_r d_1 - RB_z d_2 = 0$$

$$RB_z = \frac{F_r d_1}{d_2} = \frac{3183,2 \cdot 0,11}{220} = 1591,6[N]$$

$$RA_z = 3183,2 - 1591,6 = 1591,6[N]$$

Según el diagrama de corte y momento de la Figura 34, el mayor momento presente en el plano XZ del eje superior es de 175,07[Nm].

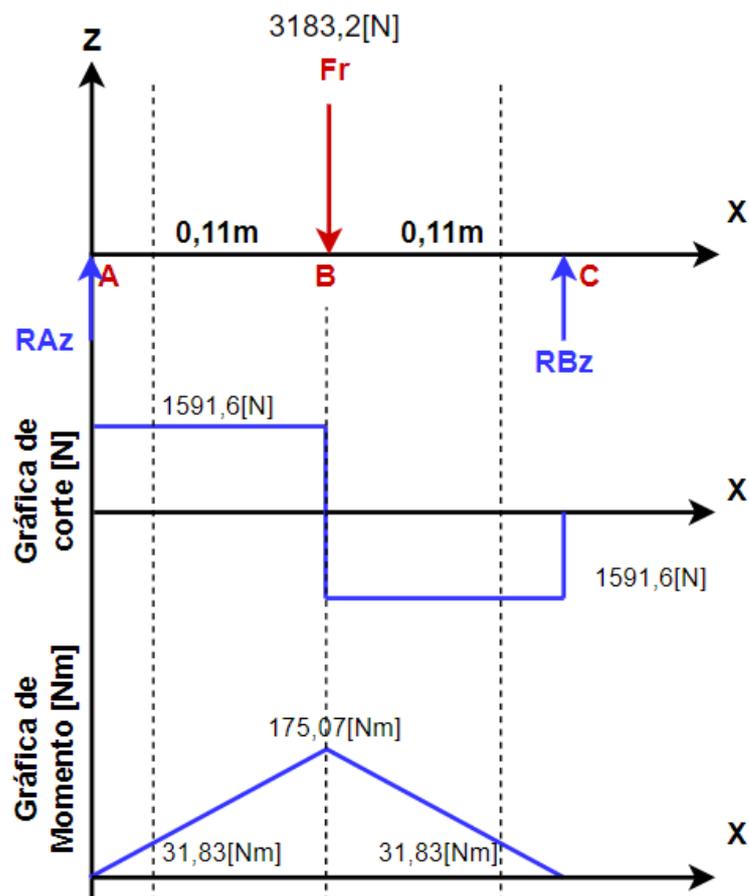


Figura 34. Diagrama del eje superior de corte y momento plano XZ.

Con ayuda de la ecuación (2. 8) se encuentra el momento que se utiliza para encontrar el factor de seguridad estático del diseño del eje.

$$M_r = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} \quad (2. 8)$$

$$M_r = \sqrt{437,6^2 + 175,05^2} = 471,31[Nm]$$

De la misma forma aplicando la ecuación (2. 8) se encuentra el momento presente en el escalón A y B, puesto que los escalones son similares se usa el mismo cálculo para las dos secciones, quedando así con un  $M_{r2} = 85,7[Nm]$

### 2.12.1.1.1 *Análisis de esfuerzos combinados de von Mises*

Se realiza el cálculo de los esfuerzos resultantes tanto en el momento flector como en el torsor con ayuda de las ecuaciones (2. 9) y (2. 10).

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (2. 9)$$

$$\tau = \frac{Tc}{J} \quad (2. 10)$$

De esta manera se obtiene:

$$\sigma = \frac{471,31[Nm] \cdot 0,019[m]}{\frac{\pi \cdot 0,038^4}{64}} = 87,48[MPa]$$

De la misma forma aplicando las ecuaciones (2. 9) y (2. 10) se encuentra los esfuerzos presentes en los escalones A y B, dando como resultado un momento flector  $\sigma_{xAB} = 32,33[MPa]$

Con los valores obtenidos y haciendo uso de los datos del Anexo 30 se reemplaza en la ecuación (2. 11) de la teoría de esfuerzos de von Mises y se obtiene un factor de seguridad estático de:

$$\frac{S_y}{N} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (2. 11)$$

$$N = \frac{900MPa}{\sqrt{87,48MPa^2 + 3 \cdot 0MPa^2}} = 8,65$$

Y un factor de seguridad en el escalón A y B de:  $N = 13,87$

El valor del factor de seguridad estático se considera confiable al ser superior a 2,5.

#### **2.12.1.1.2 Análisis por fatiga del eje superior.**

Para la obtención del factor de seguridad por fatiga se aplica los factores de Marin encontrando los concentradores de esfuerzo y aplicando la ecuación (2. 12) como se menciona a continuación.

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot S'_e \quad (2. 12)$$

##### **a. Factor de concentración del esfuerzo por fatiga ( $k_f$ )**

Para obtener el factor de concentración de esfuerzo por fatiga se aplica la siguiente ecuación.

$$k_f = 1 + q(kt - 1) \quad (2. 13)$$

Donde:

$Kt$  es el factor de concentración de estrés.

$q$  es la sensibilidad a la muesca.

$Kf$  es el factor de modificación según la variación que se encuentra en análisis.

Aplicando la ecuación (2. 13), tomando  $kt$  y  $q$  requeridos de las tablas que se encuentra en el Anexo 23 y Anexo 24 respectivamente, obtenemos que para los escalones A y B  $k_f$  es:

$$k_f = 1 + 0,81(1,95 - 1) = 1,77$$

Para corroborar que el factor de concentración de esfuerzo por fatiga se aplica el método Dowling.

$$Kf|\sigma_{max_{nom}}| < Sy \quad (2.14)$$

$$1,77|32,33[MPa]| < 900[MPa]$$

$$57,22[MPa] < 900[MPa]$$

### b. Factor de acabado superficial ( $ka$ )

El factor de acabado superficial se toma mediante la siguiente ecuación haciendo uso de la tabla del Anexo 25.

$$ka = aS_u^b \quad (2.15)$$

Reemplazando los datos de la resistencia a la tracción del material y utilizando la ecuación (2.15) se obtiene que el factor para el acabado superficial es el siguiente:

$$ka = 4,51(1200)^{-0,26}$$

$$ka = 0,73$$

### c. Factor de tamaño ( $kb$ )

Para obtener el factor de tamaño se genera un diámetro de eje tentativo, el cual estará dentro del rango que encontramos en la tabla del Anexo 26.

$$kb = 1,24d^{-0,107} \quad (2.16)$$

Tomando en cuenta un diámetro de 30mm para el diseño, se encuentra el factor de tamaño con la ecuación (2.16) y la tabla del Anexo 26.

$$kb = 1,24(30)^{-0,10}$$

$$kb = 0,88$$

### d. Factor de carga ( $kc$ )

El factor de carga seleccionado es de un valor de 1 de acuerdo con la tabla presente en el Anexo 27.

$$kc = 1$$

**e. Factor de temperatura ( $k_d$ )**

El valor del factor de temperatura es de 1 de acuerdo con la tabla presente en el Anexo 28 debido a que el trabajo no requiere de imponer temperaturas mayores a la ambiental, por lo que se encuentra en un rango de 20 a 50 grados centígrados.

$$k_d = 1$$

**f. Factor de confiabilidad ( $k_e$ )**

Para conseguir el factor seleccionamos una confiabilidad del 99 por ciento debido a las cargas con las que va a trabajar la máquina y según la tabla del Anexo 29, el factor será:

$$k_e = 0,814$$

Con la ayuda de la ecuación (2. 17) y el factor de concentración de esfuerzo producido en el chavetero encontramos el esfuerzo alternante aplicado en el eje.

$$\sigma'_a = k_f \cdot \sigma_a \quad (2. 17)$$

$$\sigma'_a = 1,77 \cdot 32,33 = 57,22[MPa]$$

El límite a la fatiga para vida infinita en rotación del acero se la conoce a través de la ecuación (2. 18) [52].

$$S'e = S_{ut} \cdot 0,5 \quad (2. 18)$$

Reemplazando los datos se obtiene un límite a la fatiga de:

$$S'e = 1200[MPa] \cdot 0,5$$

$$S'e = 600[MPa]$$

Por medio de la ecuación de los factores de Marín obtenemos el límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica y aplicando la ecuación (2. 12) encontramos el factor de seguridad en el punto más crítico [53].

$$S_e = 0,73 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot 600[MPa]$$

$$S_e = 313,74[MPa]$$

Usando la ecuación de Goodman se encuentra el factor de seguridad por fatiga presente en el eje.

$$\frac{1}{N} = \frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{Sut} \quad (2.19)$$

$$\frac{1}{N} = \frac{57,22}{313,74} + \frac{0}{1200} = 5,48$$

El resultado demuestra que el eje no va a fallar.

### 2.12.1.2 Simulación del eje superior.

Con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos, se realizó una simulación con el Software “SolidWorks”, como se muestra en la Figura 35 y Figura 39.

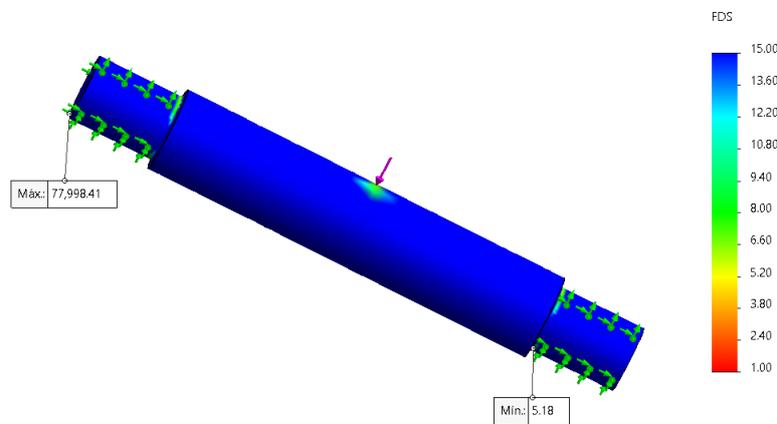


Figura 35. Simulación del factor de seguridad del eje.

En la Figura 35 se puede apreciar el resultado de la simulación del factor de seguridad del eje superior el cual comparando con el resultado obtenido por cálculos tiene un margen de error de 5,7%.

### 2.12.1.3 Cálculo en los ejes inferiores.

Como se muestra en la Figura 29 la carga que se aplica en los ejes inferiores es la mitad de la aplicada en el análisis anterior del eje superior, de esta manera se procede a realizar el análisis de los ejes, aclarando que los dos ejes inferiores presentan similitudes

de diseño se utiliza los resultados para los dos ejes, así se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje inferior en la Figura 36.

Análisis en el plano XY:

$$\sum F_y = 0$$

$$RA_y - F + RB_y = 0$$

$$RA_y = F - RB_y$$

$$\sum M_A = 0$$

$$Fd_1 - RB_y d_2 = 0$$

$$RB_y = \frac{Fd_1 + T_y d_3}{d_2} = \frac{3979,01 \cdot 0,11}{0,22} = 1989,5[N]$$

$$RA_y = 3979,01 - 1989,5 = 1989,5[N]$$

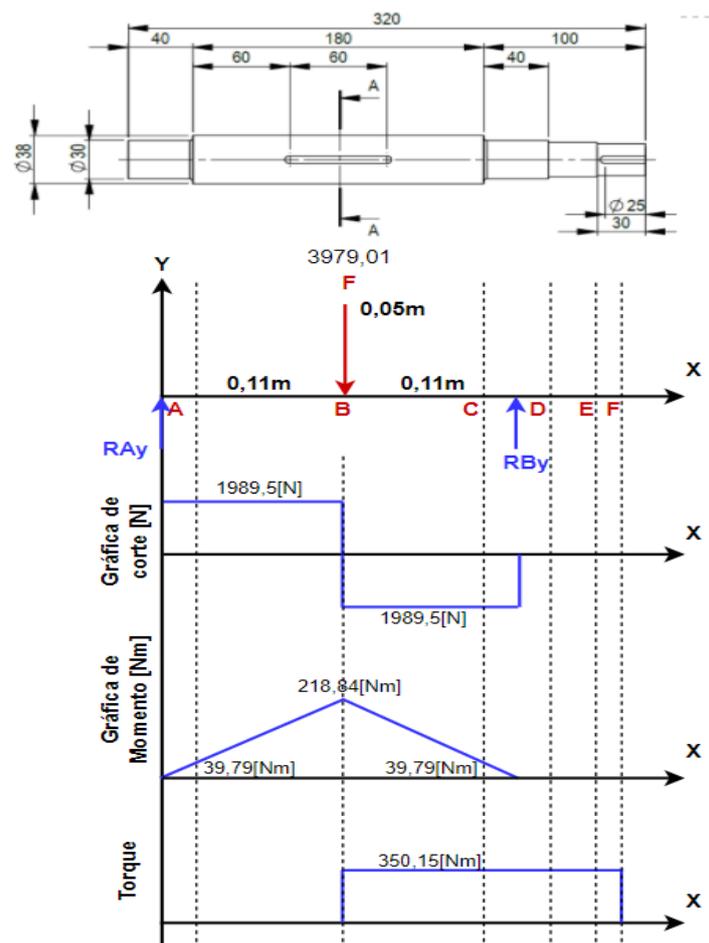


Figura 36. Diagrama de cuerpo libre eje XY, de los ejes inferiores.

Análisis en el Plano XZ:

$$\sum F_z = 0$$

$$RA_z - F_r + RB_z = 0$$

$$RA_z = F_r - RB_z$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_r d_1 - RB_z d_2 = 0$$

$$RB_z = \frac{F_r d_1}{d_2} = \frac{1591,6 \cdot 0,11}{0,22} = 795,8[N]$$

$$RA_z = 1591,6 - 795,8 = 795,8[N]$$

Según el diagrama de corte y momento de la Figura 37 el momento presente en el plano XZ del eje inferior es de 87,53[Nm].

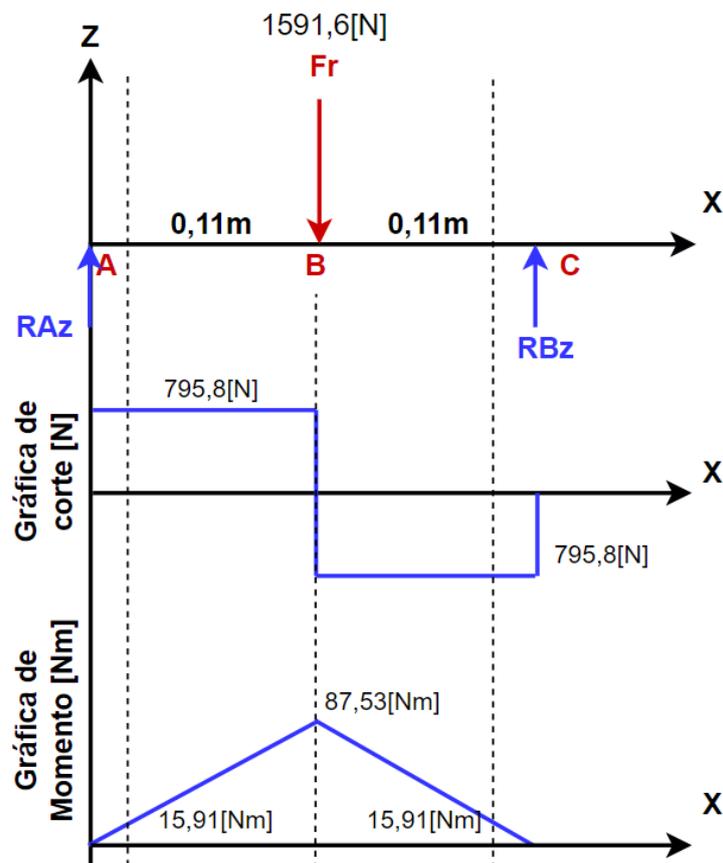


Figura 37. Diagrama del eje inferior de corte y momento plano XZ.

Con ayuda de la ecuación (2. 8) se encuentran los momentos totales de los ejes inferiores, en la Figura 38 se puede apreciar la gráfica de momentos totales presentes en el eje.

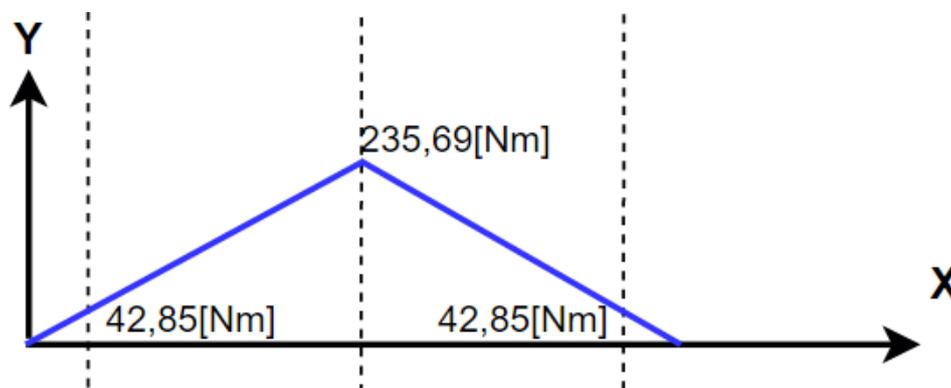


Figura 38. Gráfica de momentos totales.

#### 2.12.1.3.1 *Análisis de esfuerzos combinados de von Mises.*

Se realiza el cálculo de los esfuerzos resultantes tanto en el momento flector como en el torsor con ayuda de las ecuaciones (2. 9) y (2. 10), en las partes críticas, así se obtiene la Tabla 26.

Tabla 26

Esfuerzos presentes en los ejes inferiores.

Sección	$M_a$	$T_m$	$M_m$	$T_a$	$\sigma_x$	$\tau_{xy}$
<b>A</b>	42,85[Nm]	350,15[Nm]	0	0	16,16[MPa]	32,49[MPa]
<b>B</b>	235,69[Nm]	350,15[Nm]	0	0	43,75[MPa]	32,49[MPa]
<b>C</b>	42,85[Nm]	350,15[Nm]	0	0	16,16[MPa]	32,49[MPa]
<b>D</b>	-	350,15[Nm]	0	0	-	32,49[MPa]
<b>E</b>	-	350,15[Nm]	0	0	-	32,49[MPa]
<b>F</b>	-	350,15[Nm]	0	0	-	32,49[MPa]

Con los valores obtenidos y haciendo uso de los datos del Anexo 30 se reemplaza en la ecuación (2. 11) de la teoría de esfuerzos de von Mises se obtiene un factor de seguridad en las zonas críticas como se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27

Resultados de Factor de Seguridad.

<b>Sección</b>	<b>Factor de Seguridad</b>
<b>A</b>	15,37
<b>B</b>	12,62
<b>C</b>	15,37
<b>D</b>	15,99
<b>E</b>	15,99
<b>F</b>	15,99

El valor del factor de seguridad estático se considera confiable al ser superior a 2,5.

#### **2.12.1.3.2 Análisis por fatiga del eje inferior.**

Para la obtención del factor de seguridad por fatiga se aplica los factores de Marín encontrando los concentradores de esfuerzo que en este caso son los mismos que se presentan en el eje superior.

Encontrando los factores de Marín en conjunto con las ecuaciones (2. 12), (2. 13), (2. 14), (2. 15), (2. 16), (2. 17), (2. 18), (2. 19) y las tablas presentes en el Anexo 23, Anexo 24, Anexo 25, Anexo 26, Anexo 27, Anexo 28, Anexo 29, Anexo 30, Anexo 31 y Anexo 32 se encuentra el factor de seguridad en las diferentes secciones.

En la Tabla 28 se encuentra los resultados del factor de seguridad que se encuentra en cada una de las zonas más críticas del eje inferior, y esto sucede en los dos ejes inferiores, ya que poseen similitudes de diseño.

Tabla 28

Factor de seguridad de secciones críticas.

Sección	$k_f$	$k_{fs}$	$k_a$	$k_b$	$k_c-k_d$	$k_e$	$S_e$	$\sigma'_a$	$\tau'_a$	N
<b>A</b>	1,77	1,49	0,73	0,88	1	0,814	313,74	28,6	48,41	3,54
<b>B</b>	1,97	1,97	0,73	0,86	1	0,814	306,61	86,18	64	2,18
<b>C</b>	1,77	1,49	0,73	0,88	1	0,814	313,74	28,6	48,41	3,54
<b>D</b>	2,05	1,45	0,73	0,89	1	0,814	317,31	0	47,11	3,88
<b>E</b>	1,72	1,38	0,73	0,9	1	0,814	320,87	0	44,83	4,13
<b>F</b>	1,97	1,97	0,73	0,9	1	0,814	320,87	0	64	3,08

Ya que los factores de seguridad en las zonas más críticas del eje no son inferiores a 2 se puede asegurar que el eje no va a fallar.

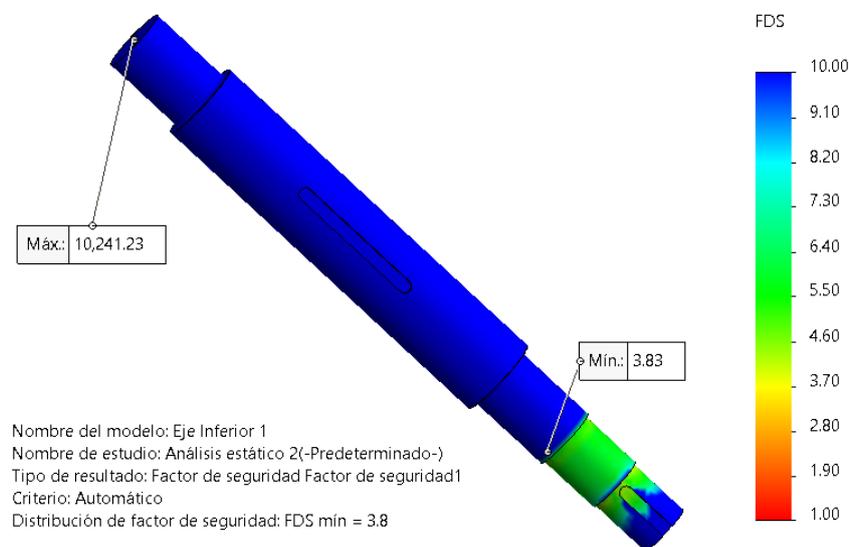


Figura 39. Simulación del factor de seguridad del eje.

Comparando los datos obtenidos en la simulación de la Figura 39 y los cálculos realizados de forma manual se tiene presente que posee un error del 1,3% para el factor de seguridad en la sección D, demostrando que los datos coinciden y el eje tiene la capacidad de resistir las cargas aplicadas.

### 2.12.2 Simulación de la estructura

Para asegurar que la estructura pueda soportar las cargas que se aplican durante el proceso de curvado, se realiza una simulación de las reacciones que actúan sobre la estructura y realizando un análisis del factor de seguridad el cual incluye las reacciones sobre la ubicación de los rodamientos y la fuerza de reacción sobre la placa que contiene al riel del eje superior, como se puede apreciar en la Figura 40.

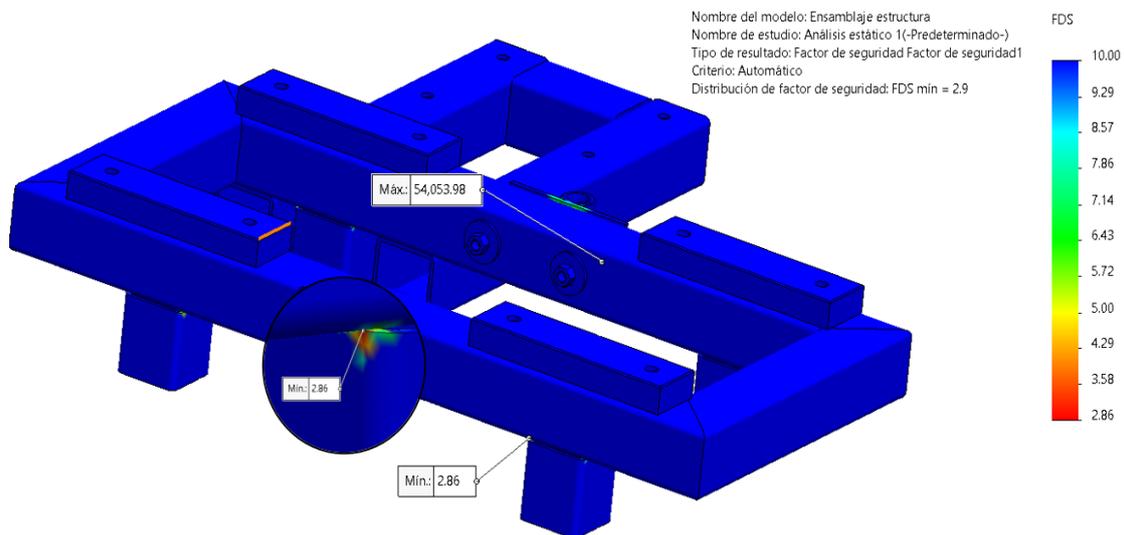


Figura 40. Factor de seguridad de la estructura.

Según el análisis de factor de seguridad realizado en la estructura, el tubo cuadrado de 50 mm de lado por 3 mm de espesor es capaz de soportar las cargas aplicadas ya que posee un factor de seguridad mínimo de 2,86 demostrando que la estructura es apta para el trabajo al que será sometido.

### 2.12.3 Simulación de la base para chumaceras

Dentro del diseño se encuentra un soporte donde se aloja las chumaceras las cuales son donde se produce una de las razones más críticas del diseño que se encuentra en el diagrama de cuerpo libre del eje superior. También se considera las perforaciones para los pernos que sujetan a las chumaceras, de este modo realizando el análisis del elemento en conjunto con la base para los rodamientos se obtiene un factor de seguridad de 7,084

que indica que la base tiene la capacidad de resistir las reacciones aplicadas como se puede observar en la Figura 41.

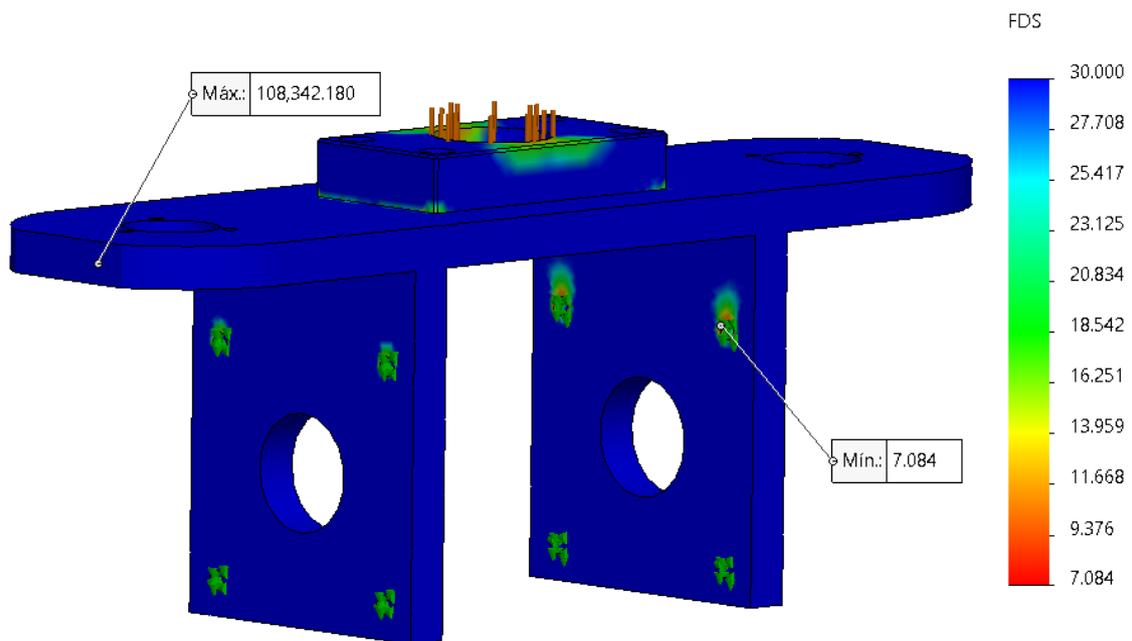


Figura 41. Simulación de la base para chumaceras.

#### 2.12.4 Simulación de la placa superior

Se realiza un análisis de la fuerza que se ejerce en la placa superior, específicamente en la sección de la tuerca puesto que al ser de un material con menores propiedades mecánicas puede sufrir una ruptura, como se muestra en la Figura 42.

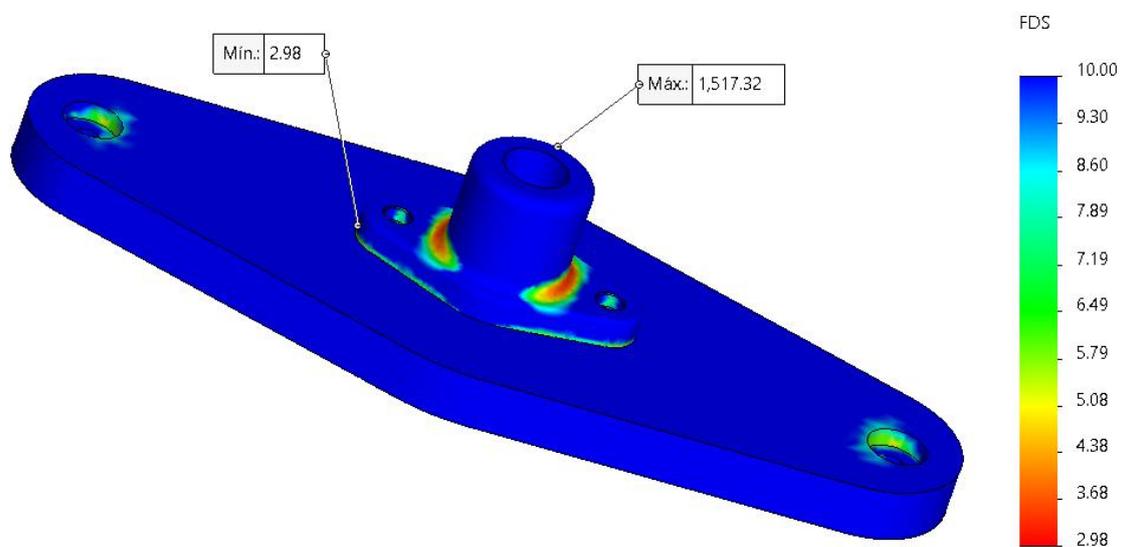


Figura 42. Simulación de la placa superior.

Al realizar la simulación se encuentra que el factor de seguridad de 2,98 que al ser mayor a 1,5 se considera aceptable para el trabajo al cual será sometido.

### 2.12.5 Simulación del eje riel

Para la simulación del eje que funciona como un riel se considera que la fuerza de reacción en el eje será a tracción por lo cual en la Figura 43 se observa un factor de seguridad de 21,22 que se considera bueno para los parámetros a los que será sometido el eje dentro del mecanismo.

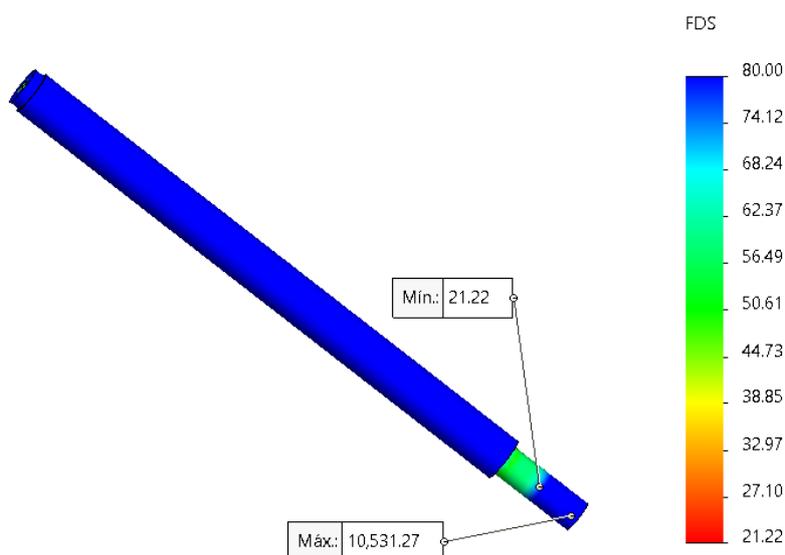


Figura 43. Simulación del eje riel.

Tabla 29

Análisis y comparación de resultados de Simulaciones.

<b>Pieza</b>	<b>Factor de seguridad sección crítica</b>	<b>F.S. simulación</b>	<b>% de error</b>
<b>Eje superior</b>	5,48	5,18	5,7
<b>Eje inferior 1</b>	3,88	3,83	1,3
<b>Eje inferior 2</b>	3,88	3,83	1,3
<b>Estructura</b>	2,86	-	-
<b>Base para chumacera</b>	7,084	-	-
<b>Placa superior</b>	2,88	-	-
<b>Eje riel</b>	21,22	-	-

## CAPÍTULO III

Al desarrollar este capítulo se tiene en cuenta el diseño, construcción y funcionamiento de la máquina priorizando los resultados en cuanto a temperatura, consumo de energía, ruidos producidos y capacidad de trabajo.

### 3.1 Protocolo para pruebas de funcionamiento en vacío

En esta sección se muestra el protocolo de pruebas para el funcionamiento de la máquina, el cual se establece luego de haber conseguido seleccionar los componentes ideales, conseguir las dimensiones adecuadas para el diseño y construcción de la máquina.

#### 3.1.1 *Objetivo general*

Comprobar el funcionamiento del circuito de control, asegurando que tiene la capacidad de invertir el giro de la máquina, asegurar que el paro de emergencia funcione adecuadamente y verificar el correcto funcionamiento del motorreductor sin carga.

#### 3.1.2 *Responsables*

Durante el protocolo de pruebas se encuentran como responsable:

- Edwin Alexis Yaselga Quilca.

#### 3.1.3 *Actividades*

1. Conectar la máquina
2. Desactivar el Paro de Emergencia
3. Comprobar que la luz verde se encienda, anunciando que la máquina se encuentra conectada.
4. Accionar la máquina en sentido horario
5. Esperar 5 minutos
6. Medir durante 20 minutos, consumo de corriente y temperatura en motor y caja reductora.
7. Parar la máquina, desde el mando principal.
8. Esperar 30 minutos.
9. Accionar la máquina en sentido antihorario.
10. Esperar 5 minutos
11. Medir durante 20 minutos, consumo de corriente y temperatura en motor y caja reductora
12. Pulsar el botón Paro de Emergencia
13. Comprobar el recorrido de eje superior, desde la palanca del tornillo.
14. Finalizar prueba

### 3.1.4 Entradas

- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Energía manual

### 3.1.5 Salidas

- Máquina funcional

### 3.1.6 Esquema de ensayo

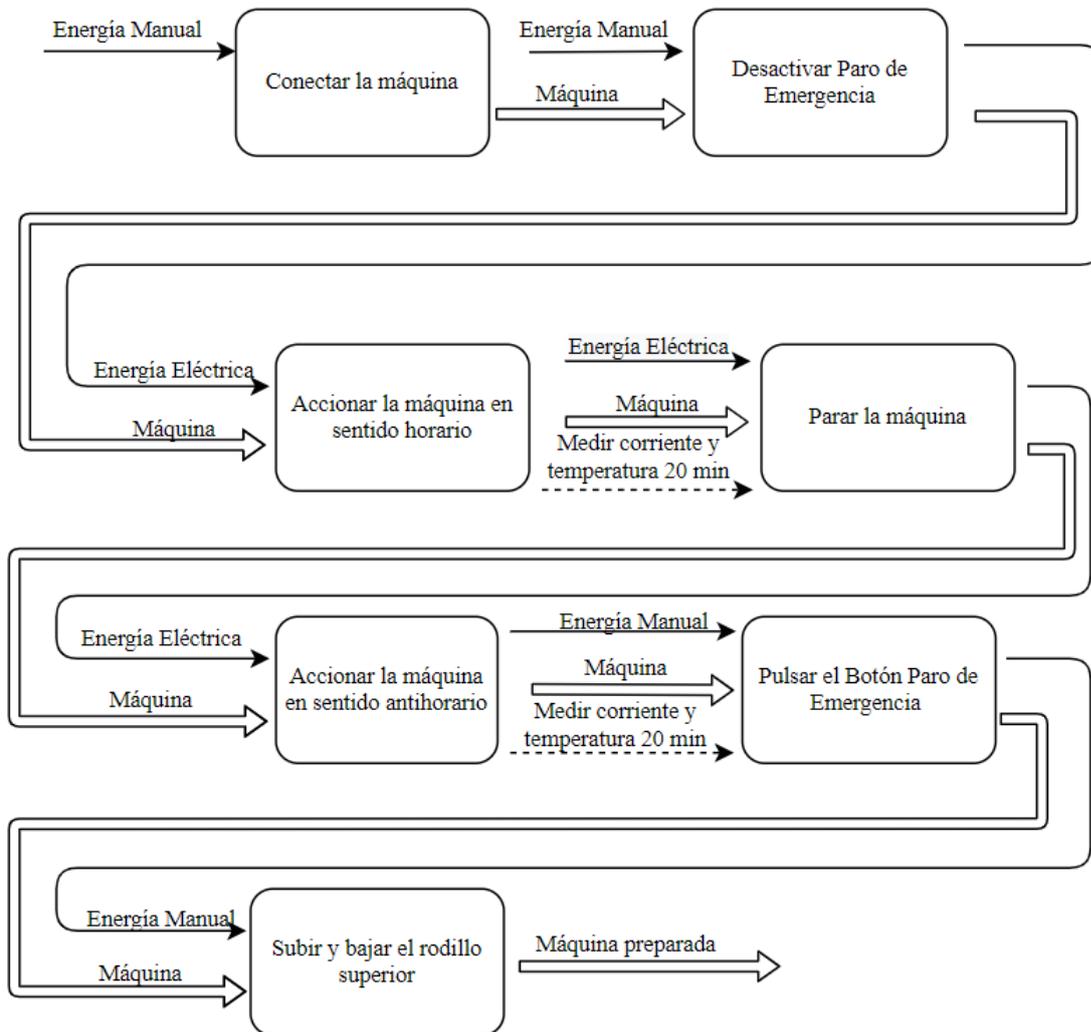


Figura 44. Esquema de ensayo en vacío.

### 3.1.7 Resultados de ensayo

En la Tabla 30 se encuentran los resultados de la prueba de funcionamiento que se realizó a la máquina, encontrándose sin ninguna carga en su interior, donde se

comprueba el correcto funcionamiento de sus principales características, y buscando que no se encuentren anomalías para el proceso de curvado del tubo.

Tabla 30

Resultados de pruebas de funcionamiento en vacío.

Sentido de giro del motor	Tiempo Encendido sin interrupción (minutos)	Temperatura (°C)		Consumo de energía (Amperios)	Paro de emergencia (On / Off)
		Motor	Caja reductora		
Horario	5	28	32	14,3	Funciona
	10	33	35	14,2	
	15	36	36	14,4	
	20	43	41	14,4	
Antihorario	5	29	33	14,2	Funciona
	10	32	37	14,4	
	15	35	37	14,2	
	20	41	40	14,5	

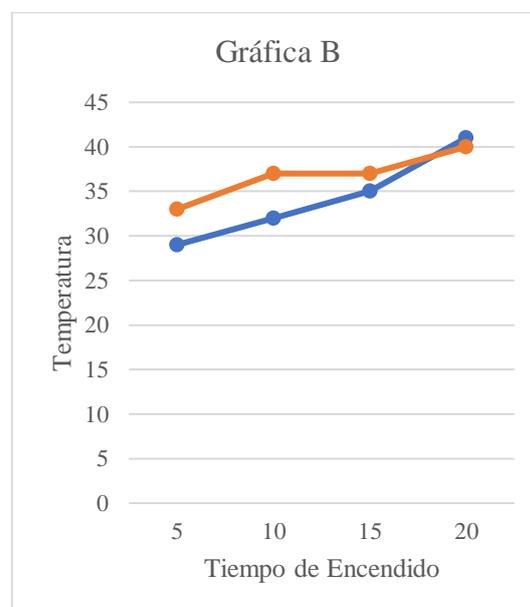
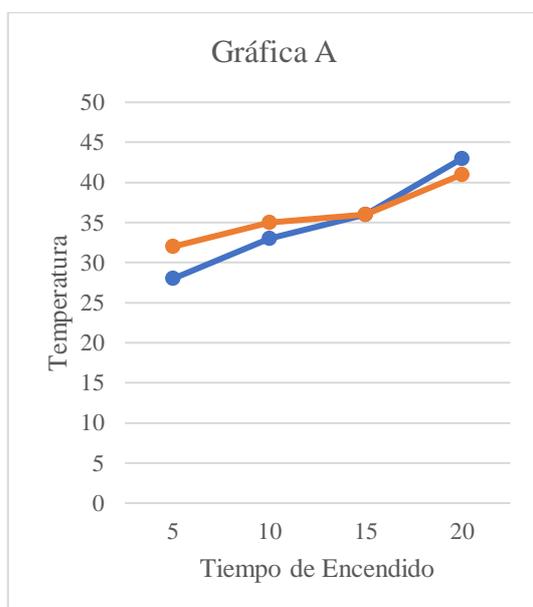


Figura 45. A) Temperatura del Motorreductor en sentido horario. B) Temperatura del Motorreductor en sentido antihorario.

Como se puede apreciar en la Figura 45, tras un encendido consecutivo de 20 minutos del motorreductor la temperatura del motorreductor se encuentra en un rango aceptable ya que según el fabricante la temperatura ambiente soportada es de un rango de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto, su temperatura de trabajo nominal debe ser mayor, y según los resultados la temperatura no supera los  $50^{\circ}\text{C}$  [54].

En cuanto al consumo de energía se puede apreciar que se mantiene en un rango estable según los datos obtenidos por las pruebas de funcionamiento, de igual forma el Paro de Emergencia se mantiene en funcionamiento tanto en el sentido horario, como antihorario.

### **3.1.8 *Resultados parciales de ensayo en vacío***

- La temperatura que presenta una máquina es un factor importante ya que puede convertirse en un riesgo potencial para el ser humano, en este caso la temperatura se mantiene dentro de un rango óptimo en condiciones de trabajo ininterrumpido.
- Gracias a las pruebas de funcionamiento se establece que la máquina tiene un consumo de energía estable durante todo el proceso de curvado, garantizando que no tendrá pérdidas de fuerza o alteraciones en su trabajo.

### **3.1.9 *Recomendaciones***

- Verificar que el botón paro de emergencia se mantenga accionado antes de conectar la máquina a la corriente eléctrica, y de la misma forma asegurar presionar el paro de emergencia después del uso de la máquina.

### **3.2 Protocolo para pruebas de funcionamiento con tubo de 50,8 y 15,8 mm.**

La sección presenta el protocolo establecido para realizar las pruebas con un tubo de 50,8 mm de diámetro ya que es el tubo con el cual el dispositivo presenta el mayor estrés para el funcionamiento, adicional se encuentra los resultados de la prueba con un tubo de 15,8 mm para obtener el comportamiento con cargas menores.

#### **3.2.1 *Objetivo general***

Verificar que los resultados obtenidos durante la construcción de la máquina son satisfactorios, asegurando que el tubo no presente rayones, comprobar que el tubo tenga un recorrido continuo en sus dos direcciones y asegurar la correcta deformación del tubo para formar una curva.

#### **3.2.2 *Responsables***

Durante el protocolo de pruebas se encuentran como responsables:

- Edwin Alexis Yaselga Quilca.

#### **3.2.3 *Actividades***

1. Colocar el tubo dentro de la máquina.
2. Bajar el rodillo superior hasta obtener un punto adecuado de fuerza que permita la deformación del tubo.
3. Encender la máquina e iniciar el proceso de curvado de tubo.
4. Medir el nivel de ruido durante todo el proceso.
5. Apagar la máquina
6. Repetir el paso 2 y 3 consecutivamente hasta obtener el diámetro de curva máximo.
7. Subir el eje superior.
8. Extraer el tubo curvo,
9. Medir el radio mínimo de curvatura.

#### **3.2.4 *Entradas***

- Tubo de acero inoxidable
- Energía eléctrica (110V, 60Hz)
- Energía manual

#### **3.2.5 *Salidas***

- Tubo de acero inoxidable curvo

### 3.2.6 Esquema de ensayo

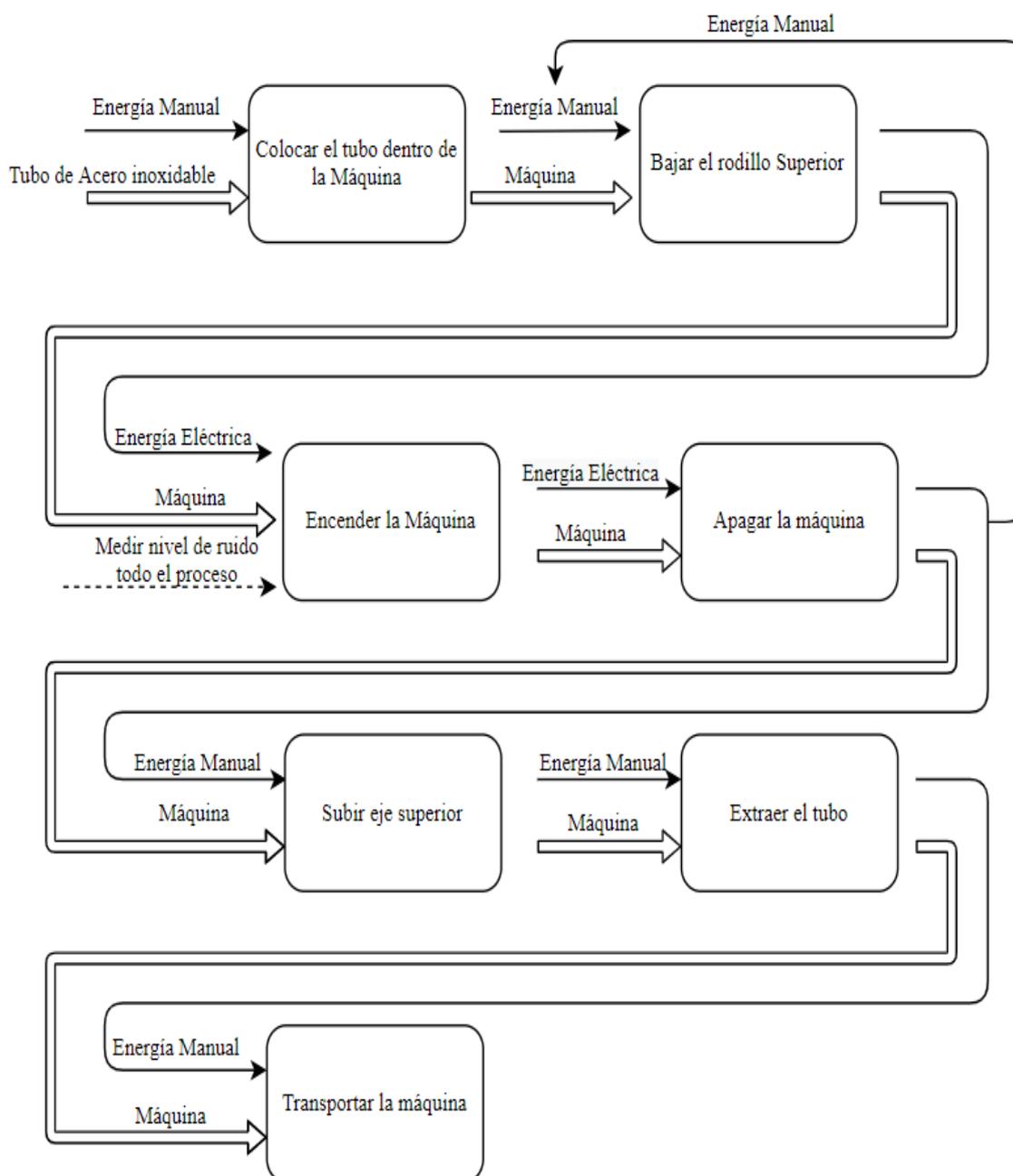


Figura 46. Esquema de ensayo.

### 3.2.7 Resultados de ensayo

Para la obtención de los resultados de las pruebas de funcionamiento se las clasifica dependiendo de la cantidad de fuerza aplicada representada en vueltas del tornillo de ajuste al tubo por cada recorrido realizado, tanto en el tubo de 50,8 milímetros y en el tubo de 15,8 milímetros, el cual se encuentra en la Tabla 31.

Tabla 31

Resultado de pruebas de funcionamiento con carga.

Dimensión del tubo	Vueltas de tornillo de sujeción	Recorrido de Tubo (m/s)	Nivel de Ruido (db)	Radio máximo de curva (cm)	Porcentaje de rayones en el tubo
Tubo de 50,8 mm	¼ de vuelta	0,097	52		0
	½ de vuelta	0,08	52	67,5	0
	1 vuelta	0	52		0
Tubo de 15,8 mm	¼ de vuelta	0,097	52		0
	½ de vuelta	0,097	52	30,5	0
	1 vuelta	0,07	52		0

### 3.2.8 *Resultados parciales de ensayo con carga*

- Para el curvado de tubos en diámetros como 50,8 mm la presión que se aplica en el tubo es baja debido a que el recorrido de éste se ve afectado al intentar aumentar la fuerza en el rodillo superior.
- El nivel de ruido presente durante el funcionamiento de la máquina se encuentra en el rango de moderado similar a una conversación normal, según [55]. Lo que permite concluir que la máquina no requiere del uso de protección sonora durante el proceso de curvado.
- Como resultado final se obtuvo un tubo curvo sin rayones, que se debe a la presencia de matrices no metálicas, las cuales ayudan a proteger la superficie del acero inoxidable durante todo el proceso.

### 3.2.9 *Recomendaciones*

- Para facilitar y mejorar la comodidad para el transporte de la máquina se debe incluir manijas que ayuden al operador manipular fácilmente la máquina durante el transporte para evitar resbalamiento.
- Para obtener un mejor resultado en tubos mayores a 1 ½ de pulgada, se recomienda girar el tornillo ¼ de vuelta por cada recorrido del tubo de extremo a extremo.

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Conclusiones

- A través de una buena selección de alternativas se llegó a la conclusión que la técnica de doblado por rodillos es la que mejor se adapta a los parámetros de trabajo que exige la empresa.
- Al presentar un peso de 56 Kg a comparación de otras máquinas que se encuentran en el mercado local con un peso de 320Kg se concluye que la máquina es de fácil transporte, ya que puede ser levantada por dos personas.
- Por medio de una correcta selección de alternativas se muestra la capacidad de diseñar una máquina que tenga características de trabajo similares a la de una máquina comercial, en menor volumen al poseer  $0,35\text{m}^3$  en comparación de máquinas comerciales con un volumen de  $0,8\text{m}^3$ , que es una característica importante para la facilidad de transporte.
- La máquina presenta características de trabajo que satisfacen las necesidades del cliente, al tener a capacidad de realizar la curva de un tubo de 50,8 mm sin dificultad y en radios superiores a los 700mm requeridos para pasamanos en varios modelos.
- Al realizar la fabricación de la máquina dentro del taller de la misma empresa y con insumos que se encuentran en el mercado nacional, demuestra que el dispositivo posee un fácil mantenimiento.
- A través del protocolo de pruebas se logra determinar que la máquina se encuentra en plena capacidad de trabajo, al comprobar que puede curvar un tubo de acero inoxidable de 50,8 mm de diámetro por 2 mm de espesor sin presentar fallas en su función.

## 4.2 Recomendaciones

- Ya que este es un primer diseño, se presta a realizar mejoras para su funcionamiento, como por ejemplo el diseño o rediseño para implementar un sistema que permita controlar la rotación del tubo para realizar curvas en espiral, ya que en el diseño actual ésta función la realiza una persona.
- Para mejorar la calidad de curvatura en el tubo, se recomienda implementar un dispositivo que permita controlar la fuerza ejercida por el rodillo superior.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo,
- 1] «osha.europa.eu,» 2020. [En línea]. Available:  
<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders>.
- A. Piedrabuena, P. Castelló, P. Castaño, A. Remesa y A. Oltra, Manual
- 2] para la integración de la ergonomía en las pymes del sector del metal, Valencia: Edición Fundación para la Prevención de Riesgos Lab, 2010.
- Secretaría de Salud Laboral y Desarrollo Territorial. UGT-Madrid,
- 3] Manual informativo de PRL: Ergonomia. Riesgos Ergonómicos, Madrid: UGT-Madrid, 2019.
- R. F. Argüello, *Plan de negocios de la empresa importadora*
- 4] *IMPORTTEEL S.A, sobre la importación y comercialización de la línea en tubería de acero inoxidable*, Quito, Pichincha: Universidad San Francisco de Quito, 2013.
- JN Aceros, «jnaceros.com.pe,» 06 03 2019. [En línea]. Available:
- 5] <https://jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-decoraciones-modernas/>.
- D. S. Sarango Maita, «INCIDENCIA DE LAS ENFERMEDADES
- 6] PROFESIONALES EN EL ECUADOR,» UNIVESIDAD NACIONAL SEK, Quito, 2019.
- Amazon, «amazon.es,» Amazon, 2020. [En línea]. Available:
- 7] <https://www.amazon.es/dp/B00OHHMUJFS?tag=las20mejores.com-21&linkCode=osi&th=1&psc=1&keywords=curvadora%20tubos%20electrica>.  
 [Último acceso: 05 08 2020].

NARGESA, «<https://www.nargesa.com/>,» 2020. [En línea]. Available:  
8] [https://www.nargesa.com/es/maquinaria-industrial/curvadora-de-tubos-perfiles-  
mc400](https://www.nargesa.com/es/maquinaria-industrial/curvadora-de-tubos-perfiles-mc400).

S. A. Leal Alanis, «Caracterización de aceros inoxidable y estudio de su  
9] resistencia mecánica y conformabilidad,» UANL, San Nicolás de los Garza, 2011.

J. Renedo Rouco, «Comportamiento al desgaste por deslizamiento en  
10] aceros inoxidable: ferrítico, austenítico, dúplex y martensítico.,» UPC,  
Barcelona, 2010.

Grupo Carvi, «[grupocarvi.com](http://grupocarvi.com),» 20 01 2021. [En línea]. Available:  
11] <https://www.grupocarvi.com/es/noticias>.

N. Mazinianian, «Metal Release and Corrosion of Stainless,»  
12] Universitetsservice US-AB, 2016.

N. Agarwal y A. Mohanty, «Synthesis and characterization of austenitic  
13] stainless steel by mechanical alloying,» National Institute of Technology,  
Rourkela, 2014.

G. Martínez Codina, «Nuev propuesta de dimensionamiento de perfiles de  
14] acero inoxidable conformados en frío mediante un coeficiente de reducción  
dunción de la esbeltez de la seccion.,» Escola de Camins, Barcelona, 2014.

MetalBoss, «MetalBoss integrado innovación,» 29 07 2019. [En línea].  
15] Available: [https://www.metalboss.com.mx/estos-son-los-distintos-tipos-de-  
corrosion-del-acero-inoxidable](https://www.metalboss.com.mx/estos-son-los-distintos-tipos-de-corrosion-del-acero-inoxidable).

K. Seifedine, «Corrosion Analysis of Stainless Steel,» Lebanese  
16] International University, Líbano, 2008.

Special Piping Materials, «specialpipingmaterials.com,» 21 07 2020. [En  
17] línea]. Available: <https://www.specialpipingmaterials.com/corrosion-and-stainless-steel/>.

Atainless World Steel, «www.stainless-steel-world.net,» 10 03 2021. [En  
18] línea]. Available: <https://www.stainless-steel-world.net/basicfacts/key-corrosion-mechanisms-explained.html>.

J. M. Montes, F. G. Cuevas y J. Cintas, Ciencia e Ingeniería de los  
19] materiales, Madrid: Ediciones Paraninfo, SA, 2014.

D. Moreno Sanchez, «MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS 1 ½”,»  
20] Universidad de Antioquia, Medellín, 2019.

D. Pegoraro, «SlideShare,» 3 09 2017. [En línea]. Available:  
21] <https://es.slideshare.net/denispegoraro2/tcnicas-de-doblado-de-tubos-tuberas-o-caeras>.

A. E. Farfán Collao, «Diseño de una Máquina Dobladora de Tubería  
22] ASTM A-192 para Calderas Acuotubulares,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo-Perú, 2019.

F. A. Campos Orozco y D. A. Paucar Villamarín, «DISEÑO Y  
23] CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE BAROLADORA PARA PLANCHAS DE ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO PARA LA METAL MECÁNICA DE SAN BARTOLO,» ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2019.

F. A. Galisteo Vicente, «Análisis de recuperación elástica en doblado de  
24] chapa gruesa de aluminio,» Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla, Sevilla, 2018.

- C.-Y. Cheng, Artist, *Doblador de tubo US8991229B1*. [Art]. Cheng  
25] Chieh-Yu, 2015.
- H. L. Philippe, Artist, *Patente TWM594503U*. [Art]. IMP Brass MFG CO,  
26] 1957.
- C.-S. Chiu, Artist, *Patente US5761950A*. [Art]. Chiu Ching-Su, 1998.  
27]
- A. Caporusso, M. Caporusso, R. Ramandi y S. Ramandi, Artists, *Patente*  
28] *US5970770A*. [Art]. CML Contruzioni Meccanichi L, 1999.
- J. Ficalora y L. Cohen, *Quality Function Deployment and Six Sigma*,  
29] Indiana: Pearson Education, 2010.
- o. Cara Gamero, «Metodología del disseny,» 07 12 2020. [En línea].  
30] Available:  
[https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=320139/2013/1/av37\\_caragameroolivia.pdf](https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=320139/2013/1/av37_caragameroolivia.pdf).
- S. F. Mueses Flores, *Máquina trituradora de caucho para la obtención de*  
31] *granulometría fina*, Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2017.
- C. Riba Romeva, *Diseño Concurrente*, Barcelona: UPC, 2002.  
32]
- A. R. Falcó Rojas , «Despliegue de la Función Calidad (QFD),»  
33] Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2009.
- IPARGAMA, «ipargama,» 09 05 2020. [En línea]. Available:  
34] <https://www.ipargama.com/pdf/F-1140.pdf>.
- Metalium, «metalium.mx,» 01 01 2021. [En línea]. Available:  
35] <https://metalium.mx/acero-al-carbono>.

- MIPSA, «MIPSA expertos procesando metales,» 20 12 2020. [En línea].
- 36] Available: <https://www.mipsa.com.mx/procesos/doblez-de-tubo/#titulo-1>.
- Maquinaria10.com, «maquinaria10.com,» 29 12 2021. [En línea].
- 37] Available: <https://maquinaria10.com/curvadoras/metallkraft-curvadora-prm-10.html>.
- NARGESA, «Curvadora de tubos y perfiles MC650,» 07 08 2020. [En
- 38] línea]. Available: <https://www.nargesa.com/es/maquinaria-industrial/curvadora-de-tubos-perfiles-mc650>.
- M. Rodríguez Pozueta, «Motores Monofásicos de Inducción,»
- 39] Universidad de Cantabria, Santander, 2015.
- Casilisto, «ISSUU,» 24 04 2011. [En línea]. Available:
- 40] [https://issuu.com/casilisto/docs/motores\\_el\\_ctricos/4](https://issuu.com/casilisto/docs/motores_el_ctricos/4).
- A. E. Gaibor Velasco y J. J. Quillupangui López , «DISEÑO E
- 41] IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA LA SIEMBRA DE QUINUA,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2018.
- Specialised Air Motors and Transmission, «tonson-motor,» 29 12 2020.
- 42] [En línea]. Available: [http://www.tonson-motor.com.au/Product\\_Details.aspx?proCode=BLT004](http://www.tonson-motor.com.au/Product_Details.aspx?proCode=BLT004).
- J. López Arenales, «Proyectos de Ingeniería Mecánica - Cadenas,» 2013.
- 43]
- Proveedora de Rulimanes, «proveedorariobamba,» 29 12 2020. [En línea].
- 44] Available: <http://www.proveedorariobamba.com/index.php/portfolio/pinones-y-cadenas/>.

DIPACMANTA, «dipacmanta.com,» 19 01 2021. [En línea]. Available:  
45] <http://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>.

R. Cumbal Yáñez y H. España Gutiérrez, «Diseño y Cosntrucción de una  
46] Máquina Hidraulica Dobladora de Tubos Semiautomática con Rodillos  
Intercambiables,» Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, 2016.

TECNOCURVE, «tecnocurve.es,» 07 04 2021. [En línea]. Available:  
47] <https://www.tecnocurve.es/blog/2018/07/11/curvado-y-calandrado-de-tubos-metalicos/>.

H. D. Bustamante Aravena, «Diseño Y Cálculo De Una Máquina  
48] Curvadora De Perfiles Para La Empresa Metal Mecánica AGS Ingenieros  
Limitada,» Universidad del BÍO-BÍO, Chile, 2010.

Aislantes SH, «Aislantes SH S.R.L. Distribuidor,» 2018. [En línea].  
49] Available: <https://www.aislantessh.com.ar/grilon-2/>.

ITAL POWER GEAR, «Catalogo De Cajas Reductoras,» ITAL, 2021.  
50]

Renold, [En línea]. Available:  
51] <http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/cadena/renold.2.pdf>. [Último acceso: 14  
04 2021].

Ingemecánica, «Ingemecánica,» 02 10 2020. [En línea]. Available:  
52] [https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html#:~:text=El%201%C3%ADmite%20de%20fatiga%20\(S,un%20diagrama%20o%20curvas%20S%2DN..](https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn217.html#:~:text=El%201%C3%ADmite%20de%20fatiga%20(S,un%20diagrama%20o%20curvas%20S%2DN..)

R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,  
53] México: McGraw-Hill, 2008.

Wedo, «Made-in-China,» Taizhou Wedo Import and Export Co., Ltd.,  
54] 2015. [En línea]. Available: Taizhou Wedo Import and Export Co., Ltd.. [Último  
acceso: 11 05 2021].

Safety Work, «TDI,» Texas Department of Insurance, Texas.  
55]

Intermec, «Piñones y Cadenas,» Intermec S.A., Colombia, 2018.  
56]

R. Norton L., Diseño de Máquinas Un enfoque integrado, México:  
57] Pearson, 2011.

Transfluid, «Trick-Tools.com,» 2020. [En línea]. Available:  
58] [https://www.trick-](https://www.trick-tools.com/Transfluid_Mandrel_Tube_Bending_Machine_2060k_4354)  
tools.com/Transfluid\_Mandrel\_Tube\_Bending\_Machine\_2060k\_4354.

Motive S.e.l, «Reductor sin fín corona serie BOX,» Motive, Italia, 2021.  
59]

RIDGID, «<https://www.ridgid.eu/>,» 2017. [En línea]. Available:  
60] [https://cdn2.ridgid.com/resources/media?key=6aec8fac-1de9-42a0-978c-](https://cdn2.ridgid.com/resources/media?key=6aec8fac-1de9-42a0-978c-e32b99bee353&languageCode=es&type=document)  
e32b99bee353&languageCode=es&type=document.

## ANEXOS

## 5.1 Anexos (Criterios de evaluación)

Costo	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alt 1		0	0,5	0	0	0	1,5	0,15
Alt 2	1		1	1	0	0	4	0,40
Alt 3	0,5	0		0	0	0	1,5	0,15
Alt 4	1	0	1		0	0	3	0,30
Alt 5	1	1	1	1		0	5	0,50
Alt 6	1	1	1	1	1		6	0,60
						Suma	21	2,10

**Alt 6 > Alt 5 > Alt 2 > Alt 4 > Alt 1 = Alt 3**

Anexo 1. Evaluación Módulo 1 de criterio "Costo"

Peso	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alt 1		0	0,5	1	0	0	2,5	0,25
Alt 2	1		1	1	0	0	4	0,40
Alt 3	0,5	0		1	0	0	2,5	0,25
Alt 4	0	0	0		0	0	1	0,10
Alt 5	1	1	1	1		0,5	5,5	0,55
Alt 6	1	1	1	1	0,5		5,5	0,55
						Suma	21	2,10

**Alt 6 = Alt 5 > Alt 2 > Alt 1 = Alt 3 > Alt 4**

Anexo 2. Evaluación Módulo 1 de criterio "Peso"

M. de fabricación	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	$\Sigma+1$	Ponderación
Alt 1		0,5	0,5	0,5	0	0	2,5	0,25
Alt 2	0,5		0,5	0,5	0	0	2,5	0,25
Alt 3	0,5	0,5		0,5	0	0	2,5	0,25
Alt 4	0,5	0,5	0,5		0	0	2,5	0,25
Alt 5	1	1	1	1		0,5	5,5	0,55
Alt 6	1	1	1	1	0,5		5,5	0,55
						Suma	21	2,10

**Alt 6 = Alt 5 > Alt 2 = Alt 1 = Alt 3 = Alt 4**

Anexo 3. Evaluación Módulo 1 de criterio "Material de fabricación"

<b>Radio de trabajo</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b>Alt 4</b>	<b>Alt 5</b>	<b>Alt 6</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0	0,5	0	0,5	0	2	0,20
<b>Alt 2</b>	1		1	0,5	1	0,5	5	0,50
<b>Alt 3</b>	0,5	0		0	0,5	0	2	0,20
<b>Alt 4</b>	1	0,5	1		1	0,5	5	0,50
<b>Alt 5</b>	0,5	0	0,5	0		0	2	0,20
<b>Alt 6</b>	1	0,5	1	0,5	1		5	0,50
						<b>Suma</b>	<b>21</b>	<b>2,10</b>

**Alt 6 = Alt 4 = Alt 2 > Alt 1 = Alt 3 = Alt 5**

Anexo 4. Evaluación Módulo 1 de criterio "Radio de trabajo"

<b>Costo</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		1	2	0,20
<b>Alt 2</b>	0		1	0,10
			3	0,30

**Alt 1 > Alt 2**

Anexo 5. Evaluación Módulo 2 de criterio "Costo"

<b>Peso</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0	1	0,10
<b>Alt 2</b>	1		2	0,20
			3	0,30

**Alt 1 > Alt 2**

Anexo 6. Evaluación Módulo 2 de criterio "Peso"

<b>Volumen</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b><math>\sum+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0,5	1,5	0,15
<b>Alt 2</b>	0,5		1,5	0,15
			3	0,30

**Alt 1 = Alt 2**

Anexo 7. Evaluación Módulo 2 de criterio "Volumen"

<b>R. Mercado Nacional</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		1	2	0,20
<b>Alt 2</b>	0		1	0,10
			3	0,30
<b>Alt 1 = Alt 2</b>				

Anexo 8. Evaluación Módulo 2 de criterio “Repuestos del Mercado Nacional”

<b>Supervisión</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0,5	1,5	0,15
<b>Alt 2</b>	0,5		1,5	0,15
			3	0,30
<b>Alt 1 = Alt 2</b>				

Anexo 9. Evaluación Módulo 2 de criterio “Supervisión”

<b>Costo</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		1	0	2	0,20
<b>Alt 2</b>	0		0	1	0,10
<b>Alt 3</b>	1	1		3	0,30
			Suma	6	0,60
<b>Alt 3 &gt; Alt 1 &gt; Alt 2</b>					

Anexo 10. Evaluación Módulo 3 de criterio “Costo”

<b>Peso</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0	0,5	1,5	0,15
<b>Alt 2</b>	1		0	2	0,20
<b>Alt 3</b>	0,5	1		2,5	0,25
			Suma	6	0,60
<b>Alt 3 &gt; Alt 2 &gt; Alt 1</b>					

Anexo 11. Evaluación Módulo 3 de criterio “Peso”

<b>Diseño</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0,5	0,5	2	0,20
<b>Alt 2</b>	0,5		0,5	2	0,20

<b>Alt 3</b>	0,5	0,5		2	0,20
			Suma	6	0,60

**Alt 3 = Alt 3 = Alt 2**

Anexo 12. Evaluación Módulo 3 de criterio “Diseño”

<b>R. Mercado Nacional</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		1	0	2	0,20
<b>Alt 2</b>	0		0	1	0,10
<b>Alt 3</b>	1	1		3	0,30
			Suma	6	0,60

**Alt 3 > Alt 1 > Alt 2**

Anexo 13. Evaluación Módulo 3 de criterio “Repuestos del Mercado Nacional”

<b>Voltaje</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		0	0	1	0,10
<b>Alt 2</b>	1		0	2	0,20
<b>Alt 3</b>	1	1		3	0,30
			Suma	6	0,60

**Alt 3 > Alt 2 > Alt 1**

Anexo 14. Evaluación Módulo 3 de criterio “Voltaje”

<b>Nivel de Ruido</b>	<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderación</b>
<b>Alt 1</b>		1	1	3	0,30
<b>Alt 2</b>	0		1	2	0,20
<b>Alt 3</b>	0	0		1	0,10
			Suma	6	0,60

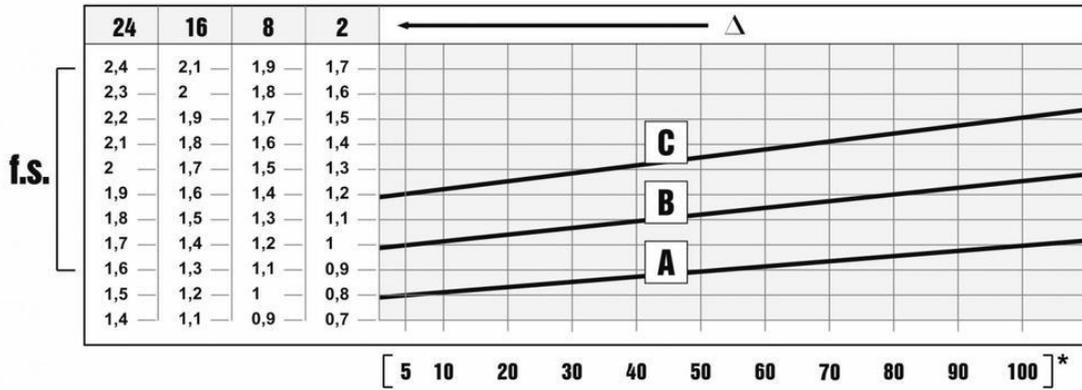
**Alt 1 > Alt 2 > Alt 3**

Anexo 15. Evaluación Módulo 3 de criterio “Nivel de Ruido”

## 5.2 Anexos (Imágenes)

$\eta_d < 40\%$	Irreversibilidad dinámica total
$40\% < \eta_d < 50\%$	Buena irreversibilidad dinámica
$50\% < \eta_d < 60\%$	Baja reversibilidad dinámica
$\eta_d \geq 60\%$	Buena reversibilidad dinámica

Anexo 16. Tabla de irreversibilidad dinámica. [56]



Anexo 17. Tabla de factor de servicio. [56]

M2 (Nm)	f.s.	i	Size	PAM
281	2.3	50	FCN	110
324	1.9	60		90
402	1.3	80		
473	1.0	100		
576	2.2	73	PC90- FCN	110
746	1.6	96.8		90
890	1.2	121		
1000	1.0	145.2		

Anexo 18. Selección del Motorreductor

Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad			
Tipo de carga	Clase de la fuente de potencia		
	Motor de combustión interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.0	1.0	1.2
Fluctuante	1.2	1.3	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

Anexo 19. Factor de margen compensatorio de seguridad [56]

**TABLA DE CAPACIDAD**  
**CADENA ESTANDAR SENCILLA DE RODILLOS NO. 80 PASO 1"**

No. de dientes piñón conductor	RPM DEL PIÑON CONDUCTOR																											
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400			
9	0.34	0.78	1.45	2.71	3.90	5.05	7.28	9.43	11.5	13.6	15.6	17.6	17.0	14.5	12.6	11.0	8.76	7.17	6.01	5.13	4.45	3.90	3.27	2.79	2.32			
10	0.38	0.87	1.63	3.03	4.37	5.66	8.16	10.6	12.9	15.2	17.5	19.7	19.9	17.0	14.7	12.9	10.3	8.40	7.04	6.01	5.21	4.57	3.83	3.27	2.71			
11	0.42	0.97	1.80	3.36	4.84	6.28	9.04	11.7	14.3	16.9	19.4	21.9	23.0	19.6	17.0	14.9	11.8	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	3.10			
12	0.47	1.06	1.98	3.69	5.32	6.89	9.93	12.9	15.7	18.5	21.3	24.0	26.2	22.3	19.4	17.0	13.5	11.0	9.25	7.90	6.85	6.01	5.04	4.30	0			
13	0.51	1.16	2.16	4.03	5.80	7.52	10.8	14.0	17.1	20.2	23.2	26.2	29.1	25.2	21.8	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	5.69	4.85	0			
14	0.55	1.25	2.34	4.36	6.28	8.14	11.7	15.2	18.6	21.9	25.1	28.4	31.5	26.2	24.4	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.63	7.57	6.35	5.42	0			
15	0.59	1.35	2.52	4.70	6.77	8.77	12.6	16.4	20.0	23.6	27.1	30.6	34.0	31.2	27.1	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.04	6.01	0			
16	0.63	1.45	2.70	5.04	7.26	9.41	13.5	17.6	21.5	25.3	29.0	32.8	36.4	34.4	29.8	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	7.76	6.62	0			
17	0.68	1.55	2.88	5.38	7.75	10.0	14.5	18.7	22.9	27.0	31.0	35.0	38.9	37.7	32.7	28.7	22.7	18.6	15.6	13.3	11.5	10.1	8.49	7.25	0			
18	0.72	1.64	3.07	5.72	8.25	10.7	15.4	19.9	24.4	28.7	33.0	37.2	41.4	41.1	35.6	31.2	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.0	9.25	7.90	0			
19	0.76	1.74	3.25	6.07	8.74	11.3	16.3	21.1	25.8	30.4	35.0	39.4	43.8	44.5	38.6	33.9	26.9	22.0	18.4	15.7	13.6	12.0	10.0	8.57	0			
20	0.8	1.84	3.44	6.41	9.24	12.0	17.2	22.3	27.3	32.2	37.0	41.7	46.3	48.1	41.7	36.6	29.0	23.8	19.9	17.0	14.7	12.9	10.8	0				
21	0.85	1.94	3.62	6.76	9.74	12.6	18.2	23.5	28.8	33.9	39.0	43.9	48.9	51.7	44.8	39.4	31.2	25.6	21.4	18.3	15.9	13.9	11.7	0				
22	0.90	2.04	3.81	7.11	10.2	13.3	19.1	24.8	30.3	35.7	41.0	46.2	51.4	55.5	48.1	42.2	33.5	27.4	23.0	19.6	17.0	14.9	12.5	0				
23	0.94	2.14	4.00	7.46	10.7	13.9	20.1	26.0	31.8	37.4	43.0	48.5	53.9	59.3	51.4	45.1	35.9	29.3	24.6	21.0	18.2	15.9	13.4	0				
24	0.98	2.24	4.19	7.81	11.3	14.6	21.0	27.2	33.2	39.2	45.0	50.8	56.4	62.0	54.8	48.1	38.2	31.2	26.2	22.3	19.4	17.0	14.2	0				
25	1.03	2.34	4.37	8.16	11.8	15.2	21.9	28.4	34.7	40.9	47.0	53.0	59.0	64.8	58.2	51.1	40.6	33.2	27.8	23.8	20.6	18.1	15.1	0				
26	1.07	2.45	4.56	8.52	12.3	15.9	22.9	29.7	36.2	42.7	49.1	55.3	61.5	67.6	61.8	54.2	43.0	35.2	29.5	25.2	21.8	19.2	16.1	0				
28	1.16	2.65	4.94	9.23	13.3	17.2	24.8	32.1	39.3	46.3	53.2	59.9	66.7	73.3	69.0	60.6	48.1	39.4	33.0	28.2	24.4	21.4	0					
30	1.25	2.85	5.33	9.94	14.3	18.5	26.7	34.6	42.3	49.9	57.3	64.6	71.8	78.9	76.8	67.2	53.3	43.6	36.6	31.2	27.1	23.8	0					
32	1.34	3.05	5.71	10.7	15.3	19.9	28.6	37.1	45.4	53.5	61.4	69.2	77.0	84.6	84.3	74.0	58.7	48.1	40.3	34.4	29.8	26.2	0					
35	1.48	3.37	6.29	11.7	16.9	21.9	31.6	40.9	50.0	58.9	67.6	76.3	84.8	93.3	96.5	84.7	67.2	55.0	46.1	39.4	34.1	0						
40	1.71	3.89	7.27	13.6	19.5	25.3	36.4	47.2	57.7	68.0	78.1	88.1	98.0	108	117	103	82.1	67.2	56.3	48.1	20.0	0						
45	1.94	4.42	8.25	15.4	22.2	28.7	41.4	53.6	65.6	77.2	88.7	100	111	122	133	123	99.0	80.2	67.2	54.1	0							
	Lubricación Tipo A					Lubricación Tipo B										Lubricación Tipo C												

**Lubricación Tipo A** : A mano, con acetone o broche  
**Lubricación Tipo B** : En baño de aceite o por spray  
**Lubricación Tipo C** : Al chorro bajo presión.

La información contenida en estas tablas esta basada en los estándares de la ASOCIACIÓN AMERICANA DE FABRICANTES DE CADENAS (American Chain Association)

Quando se trata de cadenas de hilera múltiple de este paso, multiplique por la capacidad por:

No. DE HILERAS	FACTOR	No. DE HILERAS	FACTOR
2	.....1.7	5	.....3.9
3	.....2.5	6	.....4.6
4	.....3.3		

\*Para velocidades comprendidas dentro de la zona entre rayas punteadas, considérese el uso de la cadenas silenciosa o Morse Hy. Vo.

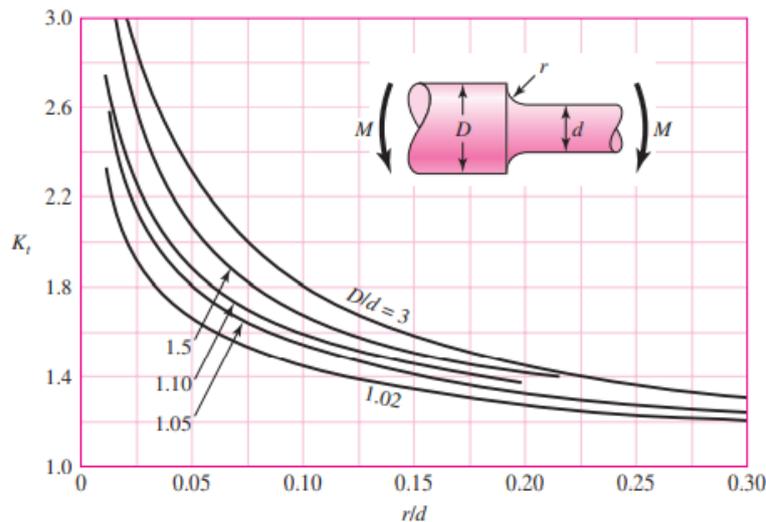
Anexo 20. Tabla de capacidad Cadena paso 1". [56]

PIÑONES 1" (80)		TABLA DE DIMENSIONES DE LOS PIÑONES INTERMEC PASO 1" (25.40 mm) para Cadena ANSI No. 80 Tipo B Sencillos, Dobles y Triples											
Ref.	D	SENCILLOS			Ref.	DOBLES			Ref.	TRIPLES			
		Dm	L	d		Dm	L	d		Dm	L	d	
80B9 R	85,1	57	41	25,40	80-2B9 R	57	70	25,40	80-3B9	57	92	25,40	
80B10 R	93,5	65	41	25,40	80-2B10 R	65	70	25,40	80-3B10	65	92	25,40	
80B11 R	101,6	72	41	25,40	80-2B11 R	66	70	25,40	80-3B11	66	92	25,40	
80B12 R	110,0	80	41	25,40	80-2B12	72	63	25,40	80-3B12	72	92	25,40	
80B13	118,4	76	38	25,40	80-2B13	80	63	25,40	80-3B13	80	92	25,40	
80B14	126,5	82	38	25,40	80-2B14	88	63	25,40	80-3B14	88	92	25,40	
80B15	134,6	97	38	25,40	80-2B15	96	63	25,40	80-3B15	96	92	25,40	
80B16	143,0	102	38	25,40	80-2B16	102	70	25,40	80-3B16	102	98	25,40	
80B17	151,1	102	38	25,40	80-2B17	112	70	25,40	80-3B17	112	98	25,40	
80B18	159,3	108	38	25,40	80-2B18	120	70	25,40	80-3B18	120	98	25,40	
80B19	167,4	108	38	25,40	80-2B19	127	70	25,40	80-3B19	127	98	25,40	
80B20	175,5	108	38	25,40	80-2B20	127	70	25,40	80-3B20	127	98	25,40	
80B21	183,6	108	44	25,40	80-2B21	127	70	25,40	80-3B21	127	98	25,40	
80B22	191,8	108	44	25,40	80-2B22	127	70	25,40	80-3B22	127	98	25,40	
80B23	200,2	108	44	25,40	80-2B23	127	70	25,40	80-3B23	127	98	25,40	
80B24	208,3	108	44	25,40	80-2B24	128	70	25,40	80-3B24	128	98	25,40	
80B25	216,4	108	44	25,40	80-2B25	128	76	25,40	80-3B25	128	98	25,40	
80B26	224,5	118	51	25,40	80-2B26	128	76	25,40	80-3B26	128	98	25,40	

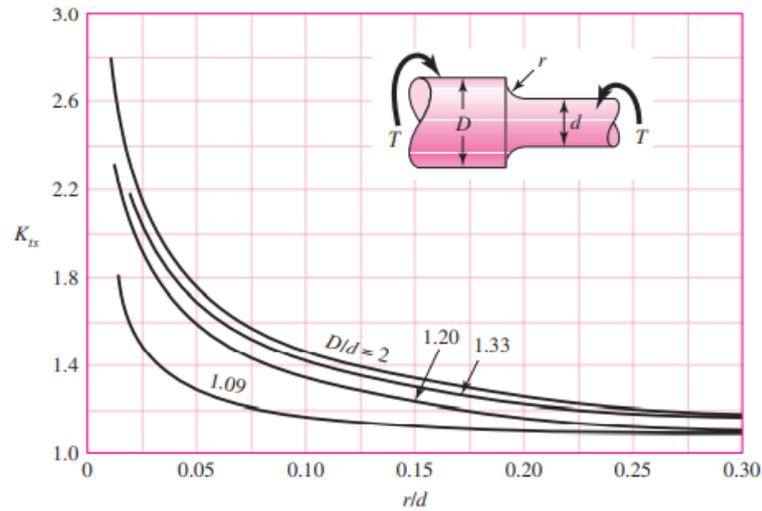
Anexo 21. Tabla de Dimensiones de ruedas dentadas. [56]

ESTÁNDAR AMERICANO NO. 60								CUÑERO (Estándar Americano) y OPRESOR				
No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	No. de Dientes	Máx. RPM	Maza Máx.	Barreno Máximo	Diám. de Eje	Cuñero Ancho y Prof.	Diám. de Opresor	Min. añadido al barreno para pared de Maza adecuada en sprockets de acero	
											Opresor sobre Cuña	Opresor en ángulo a Cuña
6	120	3/8	1/4	16	1480	2 9/16	1 1/8	1 1/2 - 1 3/4	3/4 x 3/4	3/8	3/8	3/8
7	275	9/16	1/2	17	1550	3 1/2	2 1/8	1 3/4 - 1 7/8	3/4 x 3/2	3/8	3/8	3/8
8	445	1 1/2	5/8	18	1610	3 3/4	2 1/4	1 7/8 - 1 3/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
9	610	1 3/4	3/4	19	1670	3 3/4	2 1/8	1 3/4 - 1 3/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
10	770	1 3/4	1	20	1720	3 3/4	2 1/8	1 3/4 - 1 3/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
11	920	1 3/4	1 1/4	21	1750	4 3/8	2 3/8	1 3/4 - 2 1/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
12	1050	2 1/4	1 1/4	22	1780	4 7/8	2 3/8	2 1/4 - 2 1/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
13	1180	2 1/4	1 1/2	23	1800	4 3/4	3 1/4	2 1/4 - 2 3/4	3/4 x 3/4	3/8	1 1/2	3/8
14	1290	2 1/2	1 3/8	24	1820	4 3/4	3 1/4	2 3/4 - 3 1/4	3/4 x 3/4	3/8	2 1/2	1 1/2
15	1390	2 3/4	1 3/8	25	1830	5 1/2	3 3/8	3 1/4 - 3 3/4	3/4 x 3/4	3/8	2 1/2	1 1/2

Anexo 22. Tamaños máximos recomendados para manzanas y barrenos. [56]



Anexo 23. Factor teórico para concentración de esfuerzo a flexión. [53]



Anexo 24. Factor teórico para concentración de esfuerzo a torsión. [53]

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{UT}$ kpsi	$S_{UT}$ MPa	
Esmilado	1.34	1.58	0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Anexo 25. Factor de acabado superficial  $k_a$ . [53]

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Anexo 26. Factor de tamaño  $k_b$ . [53]

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Anexo 27. Factor de Carga. [53]

**Table 6-4**

Effect of Operating Temperature on the Tensile Strength of Steel. \* ( $S_T$  = tensile strength at operating temperature;  $S_{RT}$  = tensile strength at room temperature;  $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$ )

Temperature, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperature, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

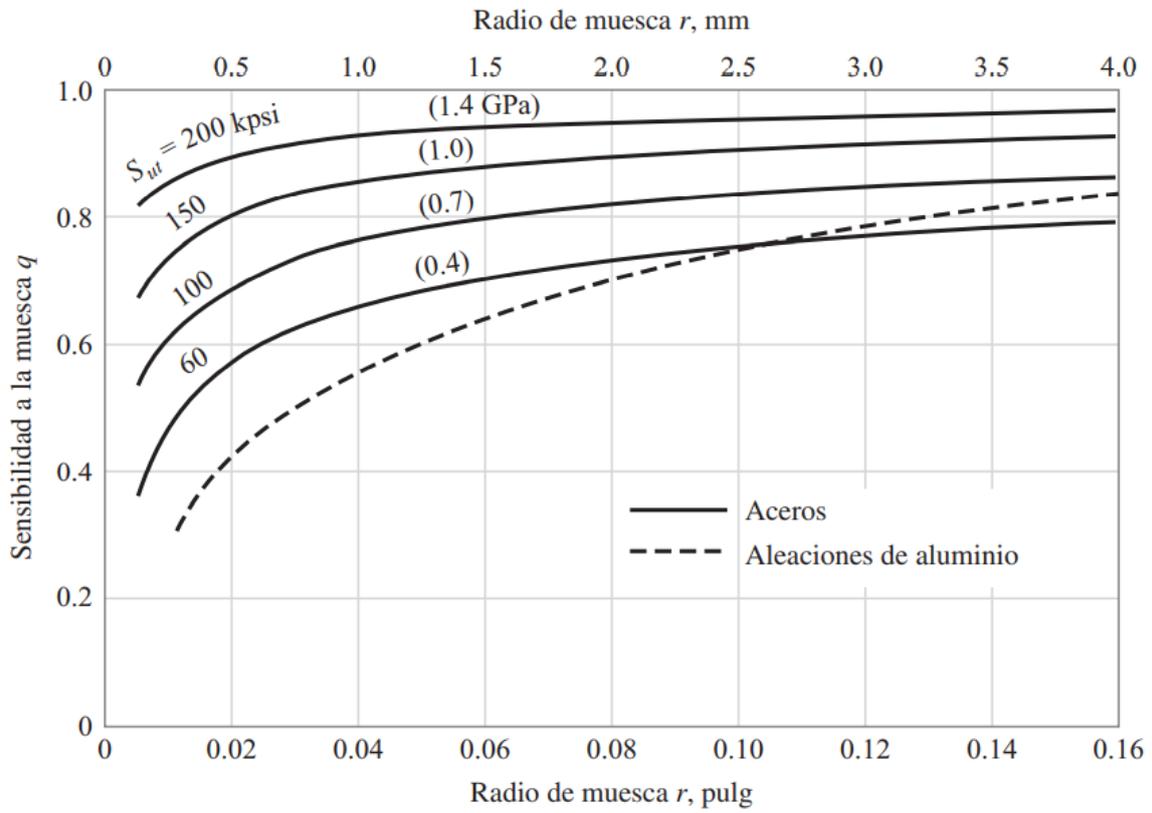
Anexo 28. Factor de temperatura kc. [53]

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_c$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

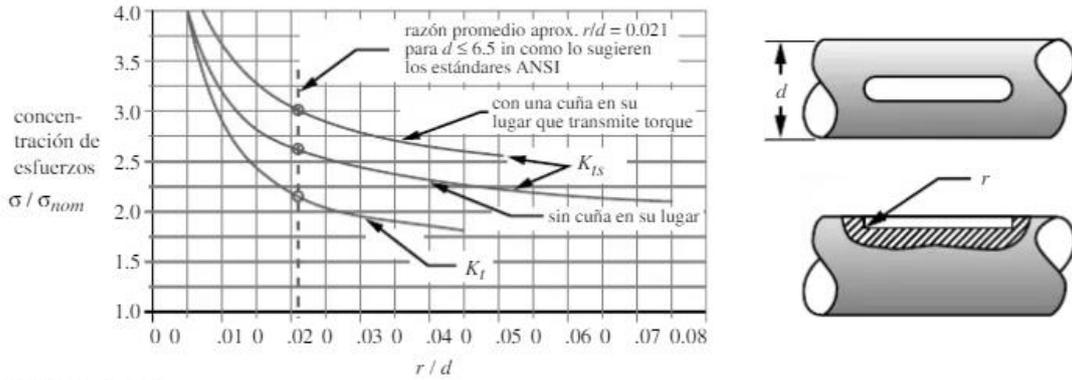
Anexo 29. Factor de confiabilidad ke. [53]

Propiedades mecánicas	Valor
Dureza, Brinell	310
Resistencia a la tracción	1200MPa
Límite de fluencia	900MPa
Módulo de elasticidad	200GPa

Anexo 30. Propiedades del acero AISI 4340.



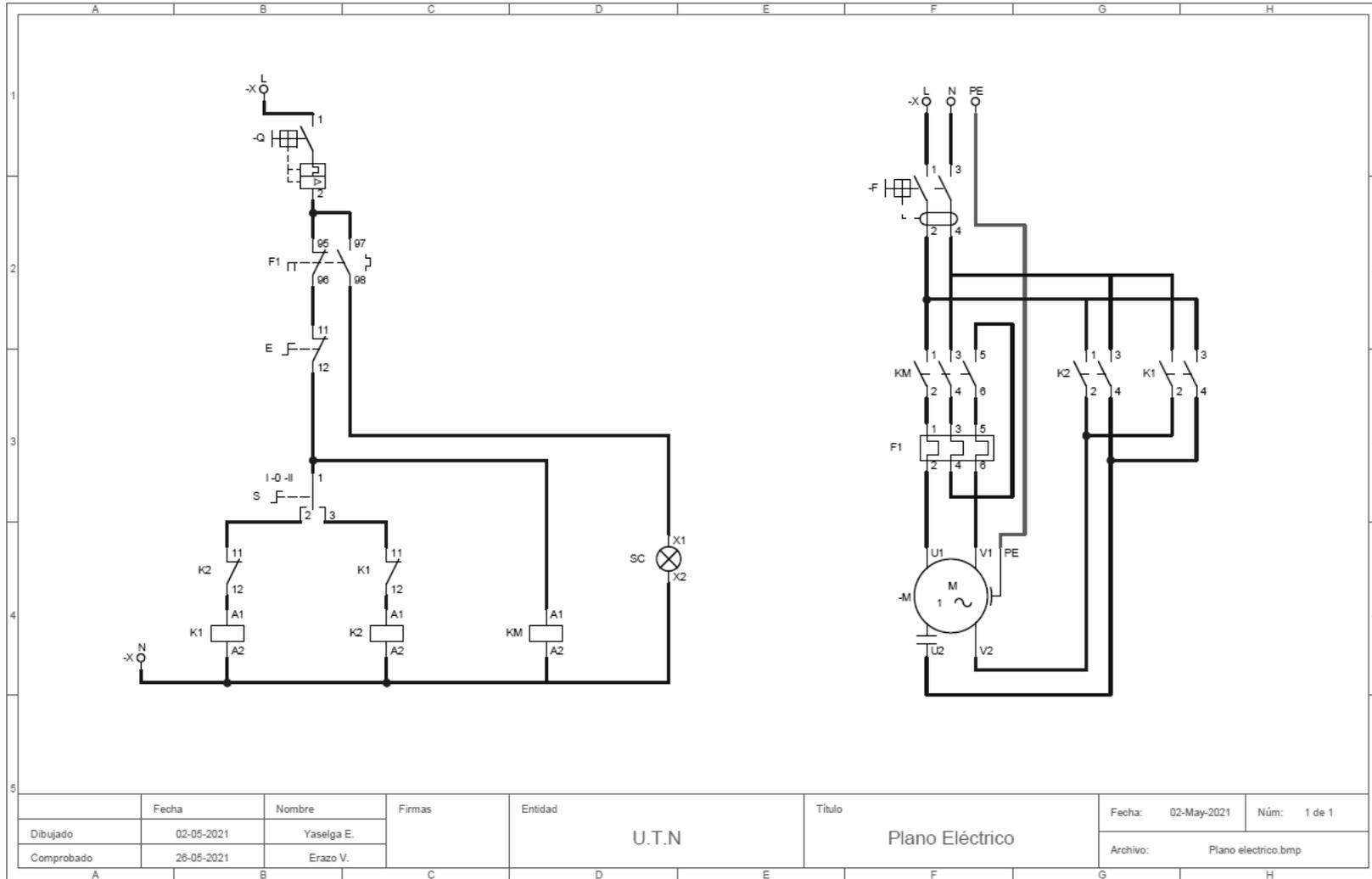
Anexo 31. Tabla de sensibilidad a la muesca sometidos a flexión.



Anexo 32. Tabla de concentración de esfuerzos en chavetero. [57]

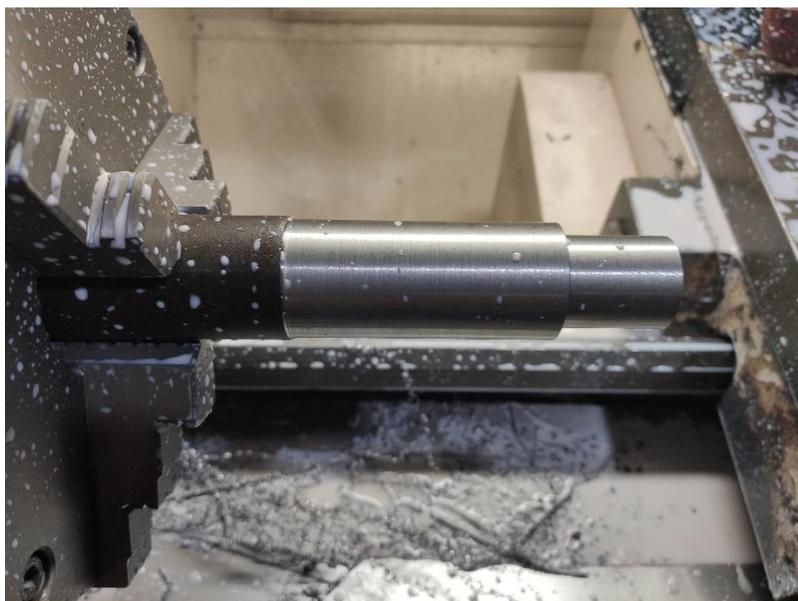


Anexo 33. Análisis QFD.

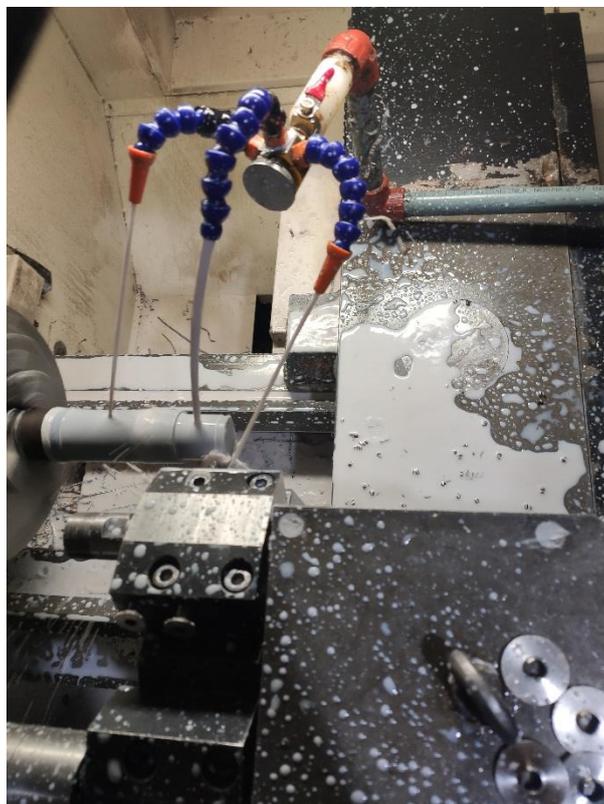


Anexo 34. Circuito de control y potencia.

### 5.3 Anexos (Fabricación de piezas)



Anexo 35. Fabricación del eje superior.



Anexo 36. Fabricación de los ejes inferiores.



Anexo 37. Fabricación de bocín.



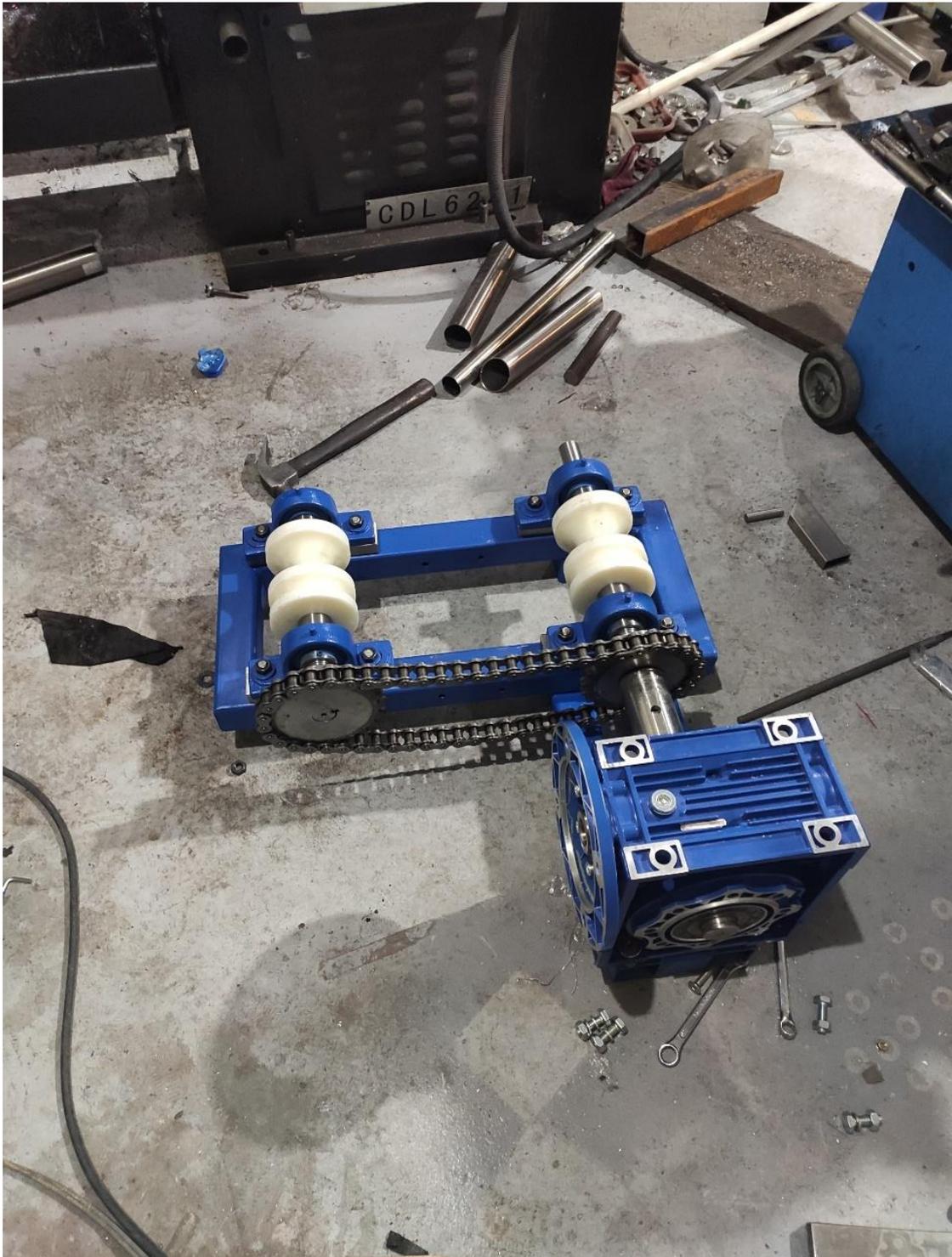
Anexo 38. Fabricación de Base para Chumacera.



Anexo 39. Ensamble de Base para Chumacera.



Anexo 40. Ejes riel, fabricados.



Anexo 41. Ensamble de ejes inferiores y estructura.



Anexo 42. Ensamble del eje superior.



Anexo 43. Máquina ensamblada.

#### **5.4 Anexos (Costos de insumos)**

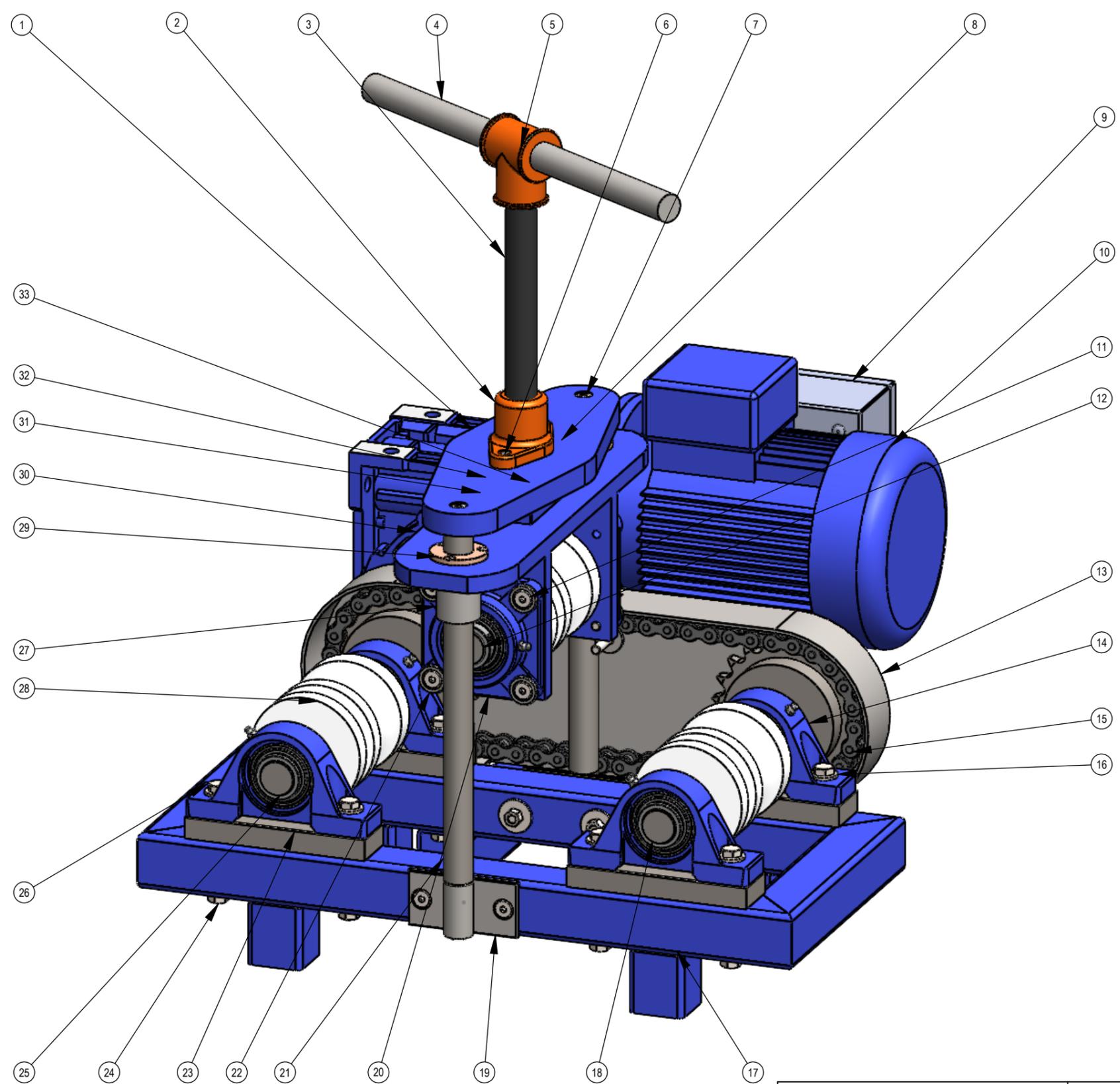
##### **Costos**

Los costos para la fabricación deben ser de acuerdo con los materiales que se encuentran en el mercado ecuatoriano, tomando en cuenta que, para lograr reducir el costo de la máquina, esta está dirigida a pequeñas y medianas empresas que tengan la posibilidad que realizar los procesos de mecanizado básicos.

Tabla 32. Tabla de Costos directos.

Descripción	U. de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Material para la construcción mecánica				
Eje de acero AISI 4340 D = 40	m	1,5	32	48
Eje de acero AISI 4340 D = 25,4	m	1	28	28
Acero 1045 plancha	m2			
Acero 1045 plancha	m2			
Chumacera UCP206	u	4	30	120
Chumacera UCf206	u	2	30	60
Tubo estructural cuadrado negro 50x50x3	m	2	6,33	12,66
Motorreductor	u	1	570	570
Material para el sistema Eléctrico				
Interruptor de tres posiciones	u	1	4	4
Paro de emergencia	u	1	4	4
Contactador Nch8	u	2	12	24
Contactador CHINT	u	1	12	12
Relé Térmico Nr2/nxr- 38	u	1	12	12
Luz piloto led verde	u	1	1,70	1,70
			<b>TOTAL</b>	<b>896,36</b>

## 5.5 Anexos (Planos)

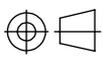


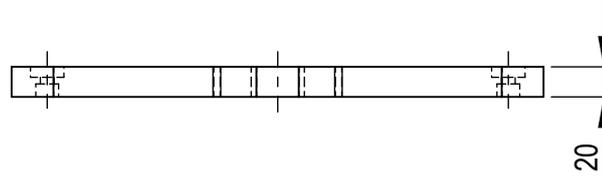
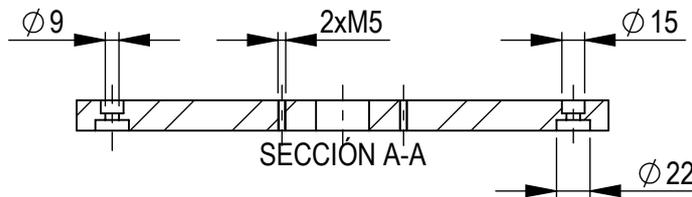
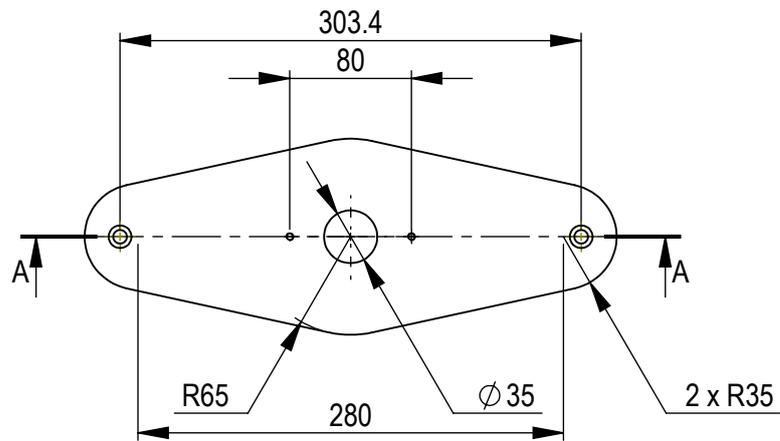
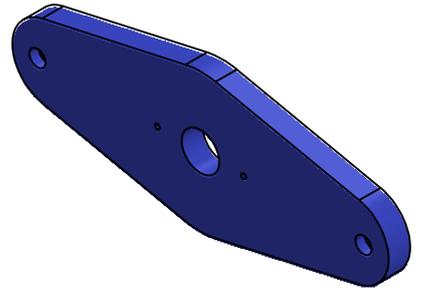
PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE PLANO CONJUNTO				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-0				TOLERANCIA:	
MATERIAL	NINGUNO	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 0-15
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

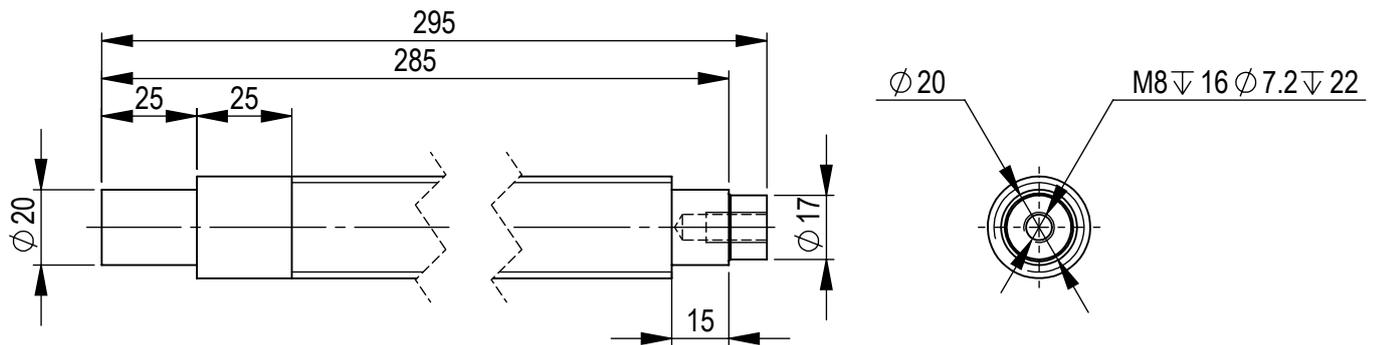
CIME

N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	ZONA	MATERIAL	CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	BASE SUPERIOR	D-6	AISI 1045	1	SB-210526-1-1	
2	TUERCA	D-6	FC-200	1	TC-16	TRUPER
3	TORNILLO	E-6	FC-200	1	SB-210526-1-2	TRUPER
4	PALANCA	F-6	AISI 304	1	SB-210526-1-3	
5	CABEZA DE TORNILLO	F-5	FC-200	1	TC-16	TRUPER
6	M5 x 20 - 20N	D-6	AISI 304	2		
7	M8 x 20 - 20N	D-5	AISI 304	2		
8	M4 x 35 - 35N		AISI 304	6		
9	GABINETE ELÉCTRICO	E-4	ABS	1	SB-210526-1-4	KEMAEUR
10	MOTORREDUCTOR	D-4		1	1~YL90L4/FCN90	AC MOTOR/ITAL
11	M8 x 35 - 35N	C-5	AISI 304	8		
12	EJE SUPERIOR	C-6	AISI 4340	1	SB-210526-1-5	
13	PROTECCIÓN PARA CADENA	C-4	AISI 304	1	SB-210526-1-6	
14	CHUMACERA	C-4		4	UCP 206-H	NTN
15	CADENA	C-4		1	80-1R	KANA
16	ARANDELA	C-4		16	ISO 10673-11-N	
17	ESTRUCTURA	B-5	AISI 1008	1	SB-210526-1-7	
18	EJE INFERIOR	B-5	AISI 4340	1	SB-210526-1-8	
19	SOPORTE RIEL	B-6	AISI 304	2	SB-210526-1-9	
20	CHUMACERA LATERAL	C-6		2	UCF 206	NTN
21	EJE RIEL	B-6	AISI 4340	2	SB-210526-1-10	
22	ARANDELA AVELLANADA	C-6	AISI 304	13	SB-210526-1-11	
23	PLACA ALZA	C-6	AISI 1018	4	SB-210526-1-12	
24	M10 - W - N	B-7		8	ISO - 4032	
25	EJE INFERIOR 2	C-7	AISI 4340	1	SB-210526-1-13	
26	M10 x 100 x 26-N	C-7		8	ISO 4015	
27	CAMISA	C-6	AISI 304	2	SB-210526-1-14	
28	MATRIZ	C-6	NYLON 6	3	SB-210526-1-15	
29	BOCÍN	D-6	BRONCE	2	SB-210526-1-16	
30	BASE CHUMACERA	D-6	ASISI 1045	1	SB-210526-1-17	
31	M6 x 30 - 30N	D-6	AISI 304	4	ISO 10642	
32	PLACA RODAMIENTOS	D-6	AISI 1045	1	SB-210526-1-18	
33	RODAMIENTO	D-6		1	6004	SKF
34	RODAMIENTO AXIAL	D-5		1	51203	SKF
35	M8 x 16 - 16N			2	ISO 4762	
36	M8 x 65 - 28N			4	ISO 10642	
37	M8 x 40 - 40N			5	ISO 10642	
38	ARANDELA			4	ISO 10669-8.8-L	
39	M8 - N			4	ISO - 4034	
40	ALSA		AISI 304	4	SB-210526-1-19	
41	M8 - N			4	ISO - 4161	
42	ACOPLE		AISI 304	1	SB-210526-1-20	
43	RODAMIENTO AXIAL			1	51200	SKF

	PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE			ESCALA		
	PARTE: TABLA DE MATERIALES			1:1		
	CÓDIGO: SB-210526-2-0			TOLERANCIA:		
	MATERIAL	NINGUNO	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 0-20
	TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021		
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021		
FICA	CIME					



		PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE			ESCALA	
		PARTE: BASE SUPERIOR			1:5	
		CÓDIGO: SB-210526-1-1			TOLERANCIA: ±0,2	
		MATERIAL	AISI 1045	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	HOJA
		TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	
		RECUBRIMIENTO	PINTURA AZUL	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	
		CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	
FICA	CIME				26-05-2021	1-20



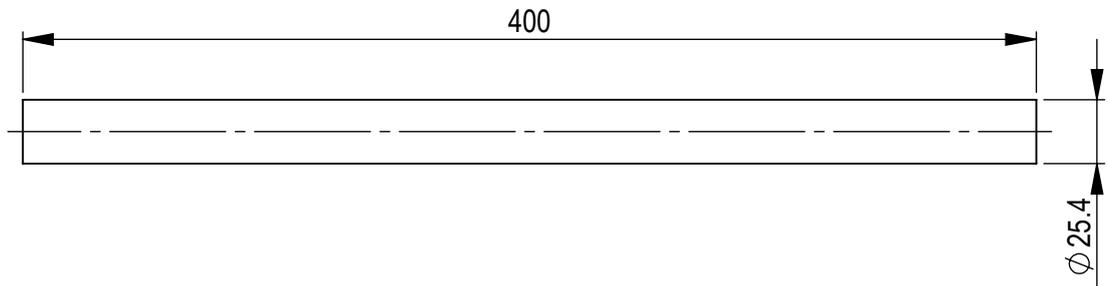
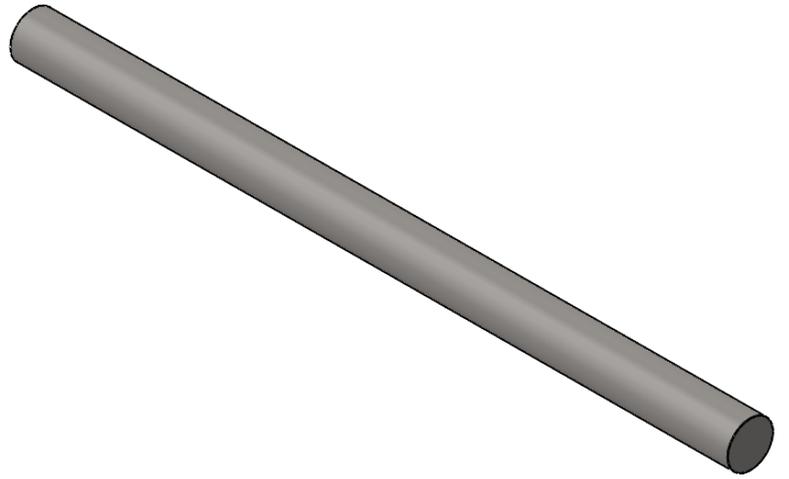
PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE		ESCALA	
PARTE: TORNILLO		1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-2		TOLERANCIA: ±0,5	
MATERIAL	TC-16 TRUPER	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS 26-05-2021
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS 26-05-2021
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR 26-05-2021
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR 26-05-2021

FICA

CIME

HOJA

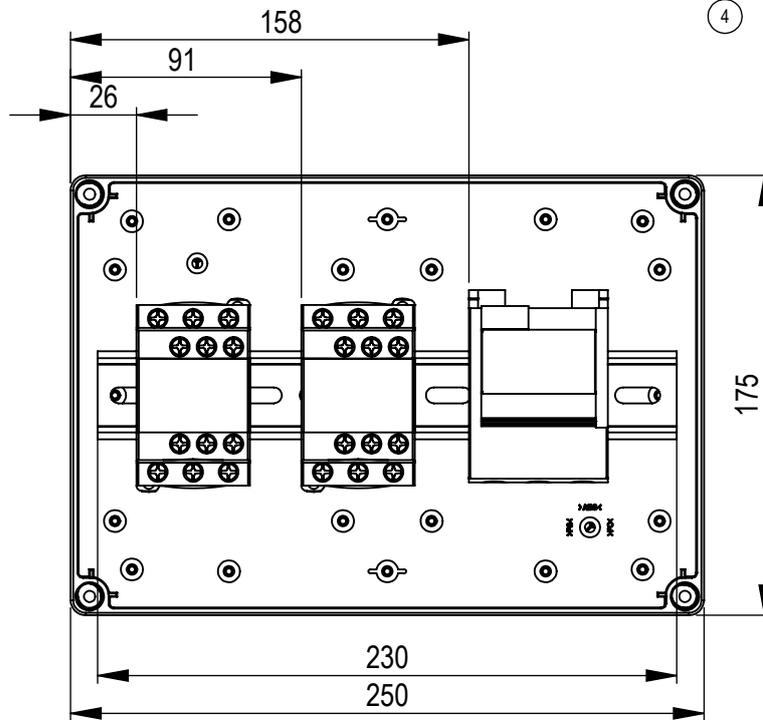
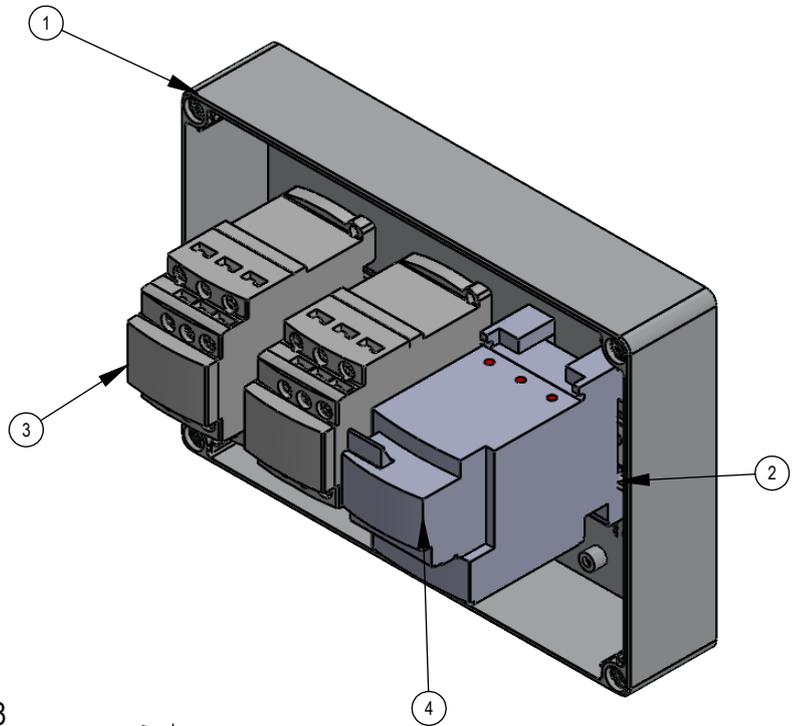
2-20



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE PARTE: PALANCA		ESCALA		
		1:3		
CÓDIGO: SB-210526-1-3		TOLERANCIA: $\pm 1$		
MATERIAL	AISI 304	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	HOJA 3-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	

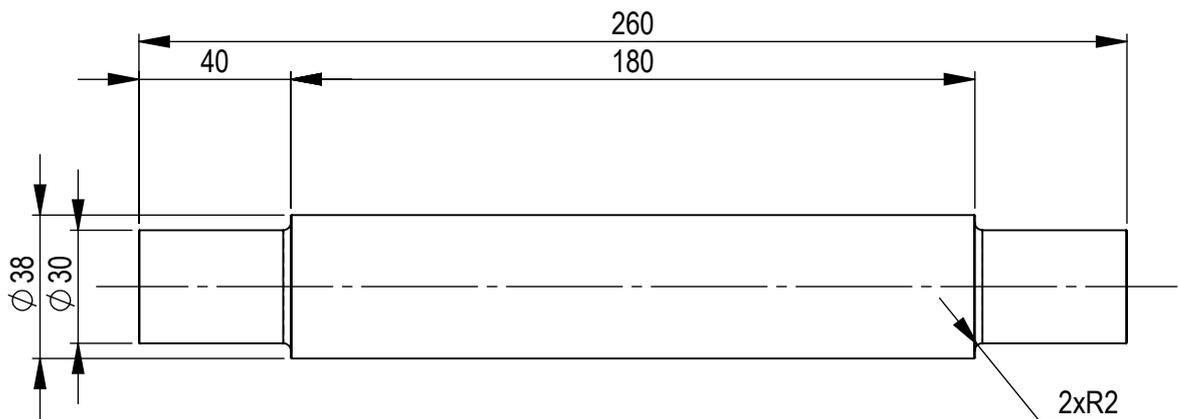
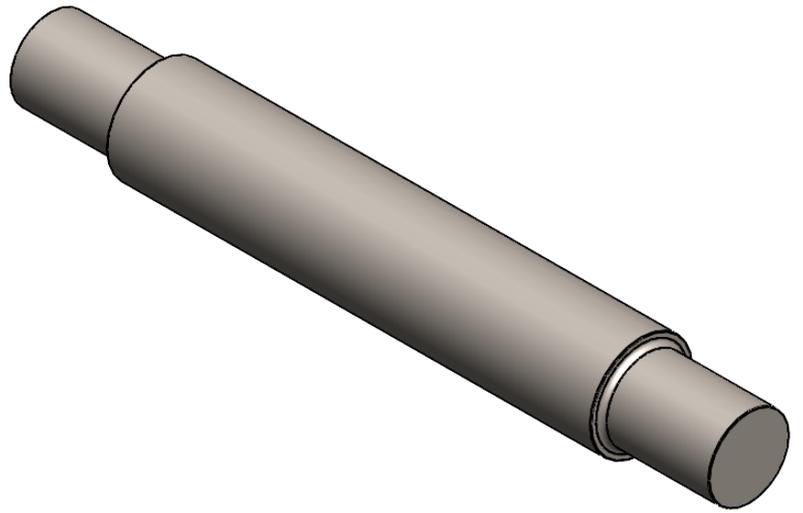
FICA

CIME



4	RELÉ TÉRMICO	1	LRD21	SCHNEIDER
3	CONTACTOR	2	LC1D18M7C	SCHNEIDER
2	RIEL DIN	1		
1	GABINETE ELÉCTRICO	1		KEMAEUR
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN

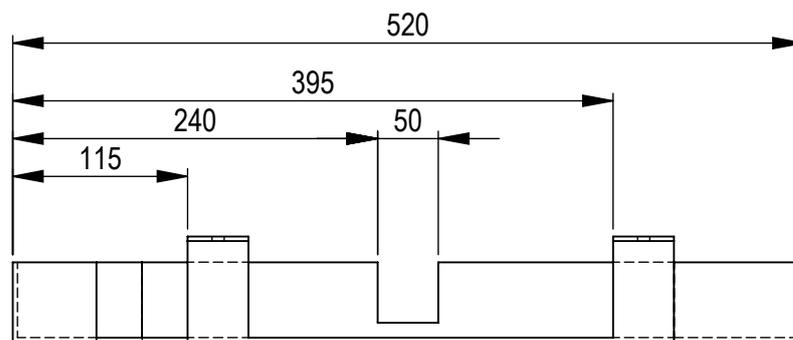
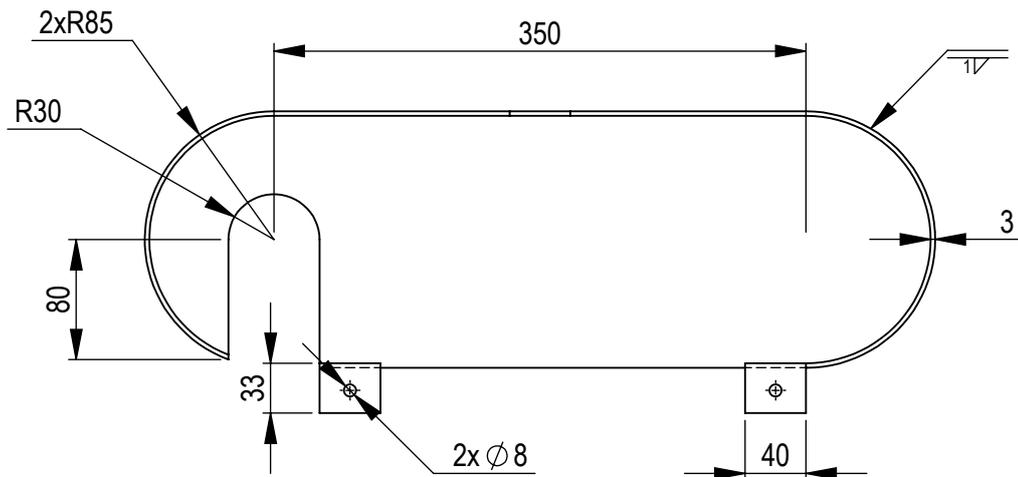
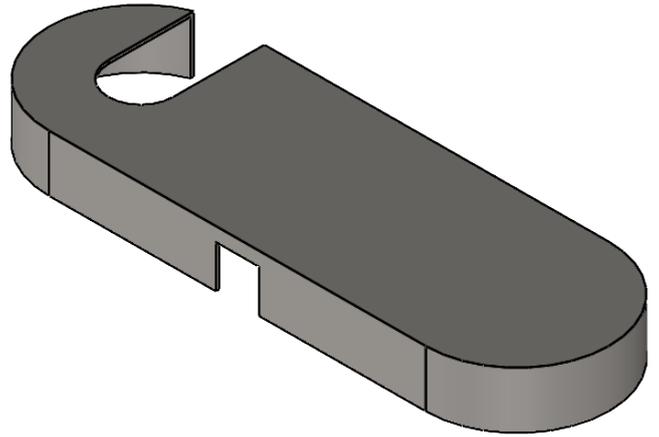
	PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE			ESCALA	
	PARTE: GABINETE ELÉCTRICO			1:3	
	CÓDIGO: SB-210526-1-4			TOLERANCIA: ±1	
	MATERIAL	NINGUNO	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
FICA	CIME				



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE: EJE SUPERIOR				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-5				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	
MATERIAL	AISI 4340	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 5-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

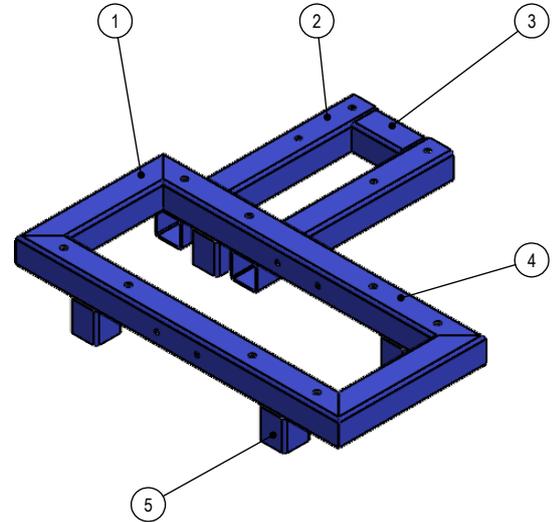
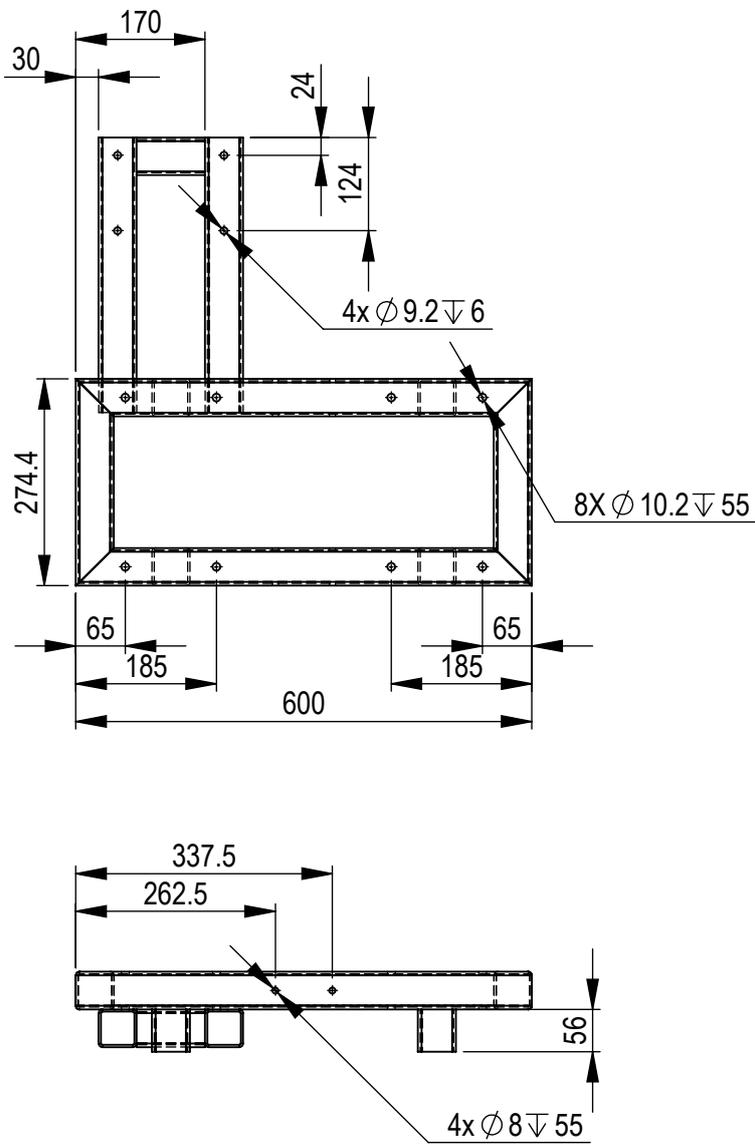
CIME



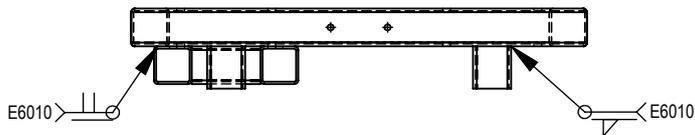
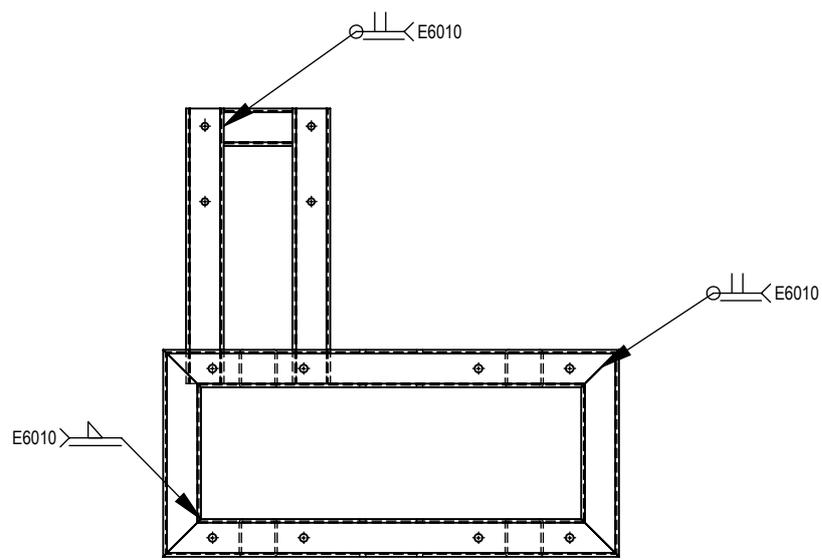
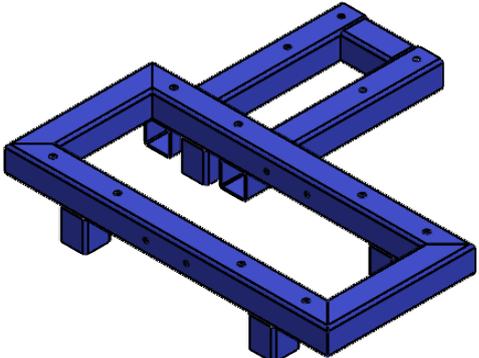
PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE: PROTECCIÓN PARA CADENA				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-6				TOLERANCIA:	
MATERIAL	AISI 304	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 6-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

CIME



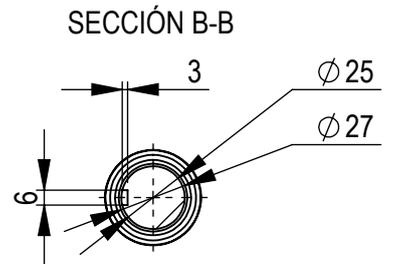
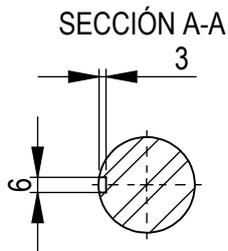
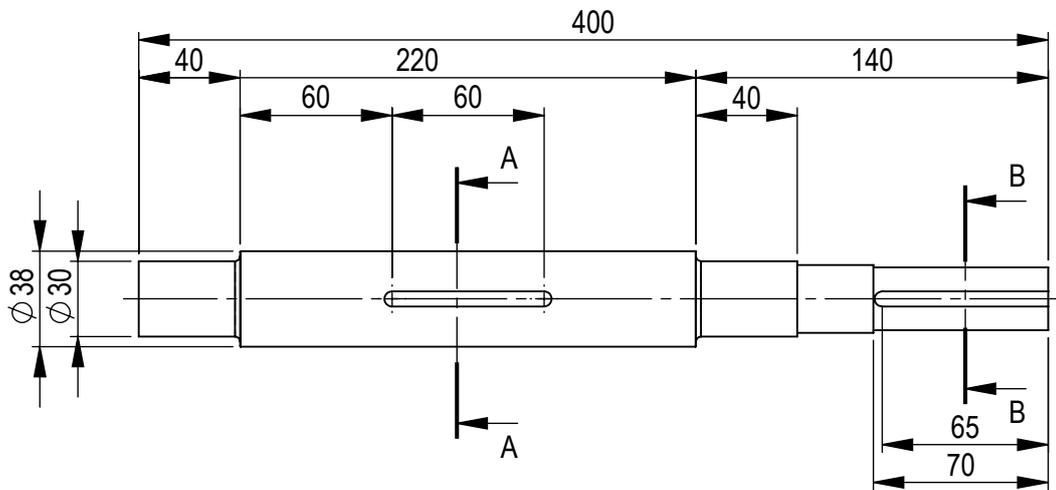
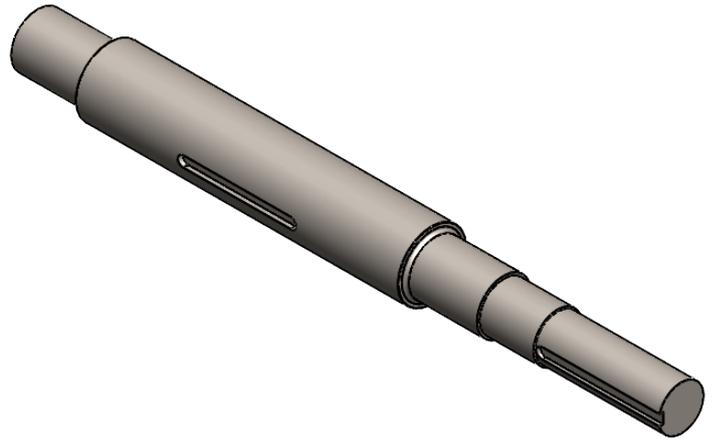
5	TUBE, SQUARE 50.00 X 50.00 X 3.00	4	56	0°	0°	
4	TUBE, SQUARE 50.00 X 50.00 X 3.00	2	600	45°	45°	
3	TUBE, SQUARE 50.00 X 50.00 X 3.00	1	90	0°	0°	
2	TUBE, SQUARE 50.00 X 50.00 X 3.00	2	365	0°	0°	
1	TUBE, SQUARE 50.00 X 50.00 X 3.00	2	274.4	45°	45°	
N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	LONGITUD	ÁNGULO1	ÁNGULO2	
		PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE		ESCALA		
		PARTE ESTRUCTURA		1:10		
		CÓDIGO: SB-210526-1-7		TOLERANCIA: ± 1		
		MATERIAL	AISI 1008	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	HOJA
		TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	
		RECUBRIMIENTO	PINTURA AZUL	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	7-20
		CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	
FICA	CIME					



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE ESTRUCTURA				1:10	
CÓDIGO: SB-210526-2-7				TOLERANCIA: ± 1	
MATERIAL	AISI 1008	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	PINTURA AZUL	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	7-20
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

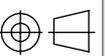
FICA

CIME



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE

ESCALA



PARTE EJE INFERIOR

1:3

CÓDIGO: SB-210526-1-8

TOLERANCIA: ±0,1

MATERIAL AISI 4340

DISEÑO: YASELGA ALEXIS

26-05-2021

HOJA

TRATAMIENTO NINGUNO

DIBUJÓ: YASELGA ALEXIS

26-05-2021

8-20

RECUBRIMIENTO NINGUNO

REVISÓ: ERAZO VICTOR

26-05-2021

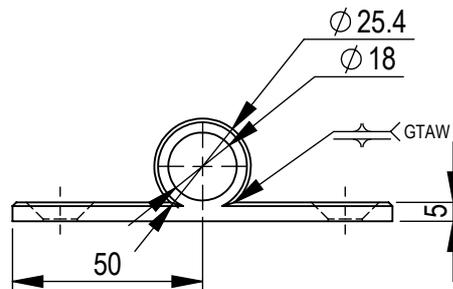
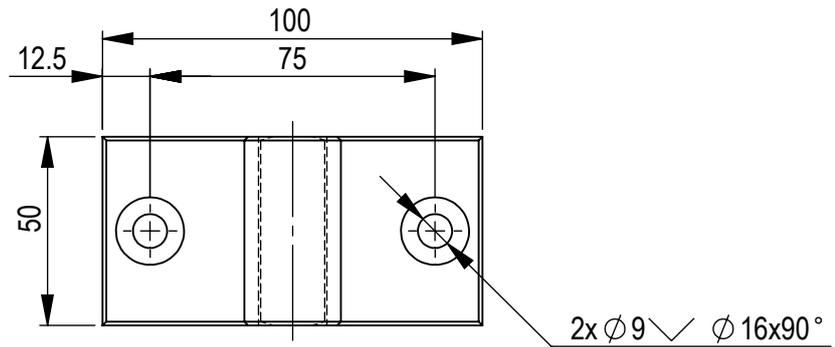
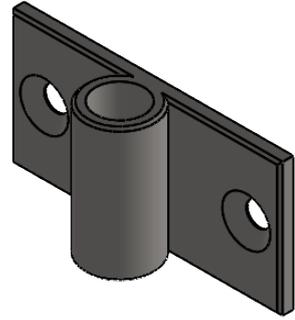
FICA

CIME

CANTIDAD 1

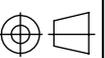
APROBÓ: ERAZO VICTOR

26-05-2021



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE

ESCALA



PARTE SOPORTE DE RIEL

1:2

CÓDIGO: SB-210526-1-9

TOLERANCIA:  $\pm 0,1$

MATERIAL

AISI 304

DISEÑO:

YASELGA ALEXIS

26-05-2021

HOJA

TRATAMIENTO

NINGUNO

DIBUJÓ:

YASELGA ALEXIS

26-05-2021

9-20

RECUBRIMIENTO

NINGUNO

REVISÓ:

ERAZO VICTOR

26-05-2021

CANTIDAD

1

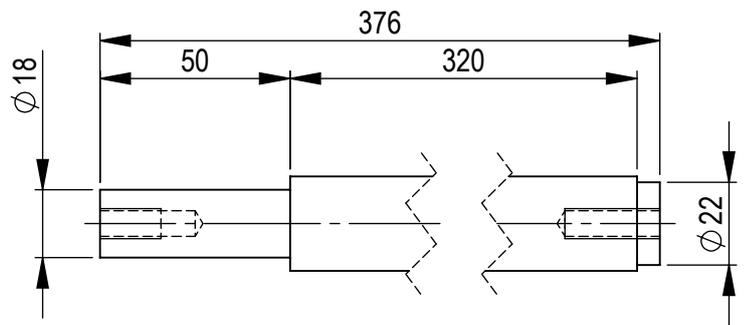
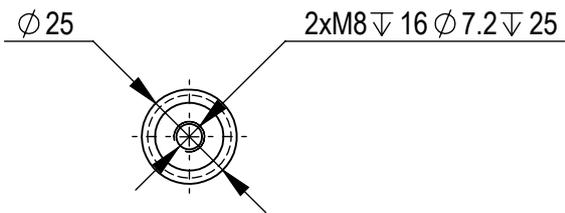
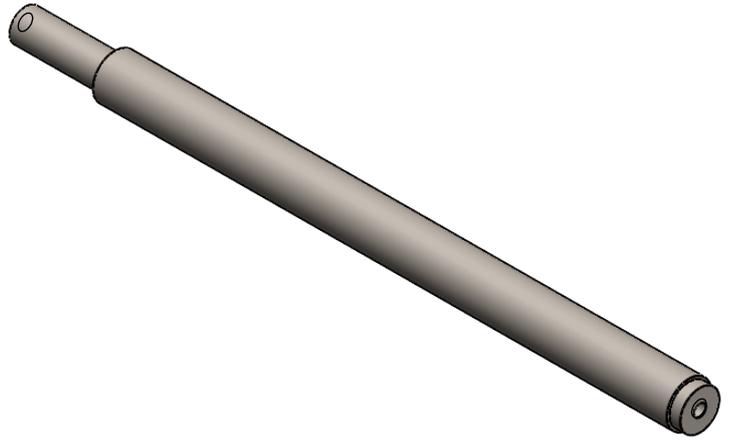
APROBÓ:

ERAZO VICTOR

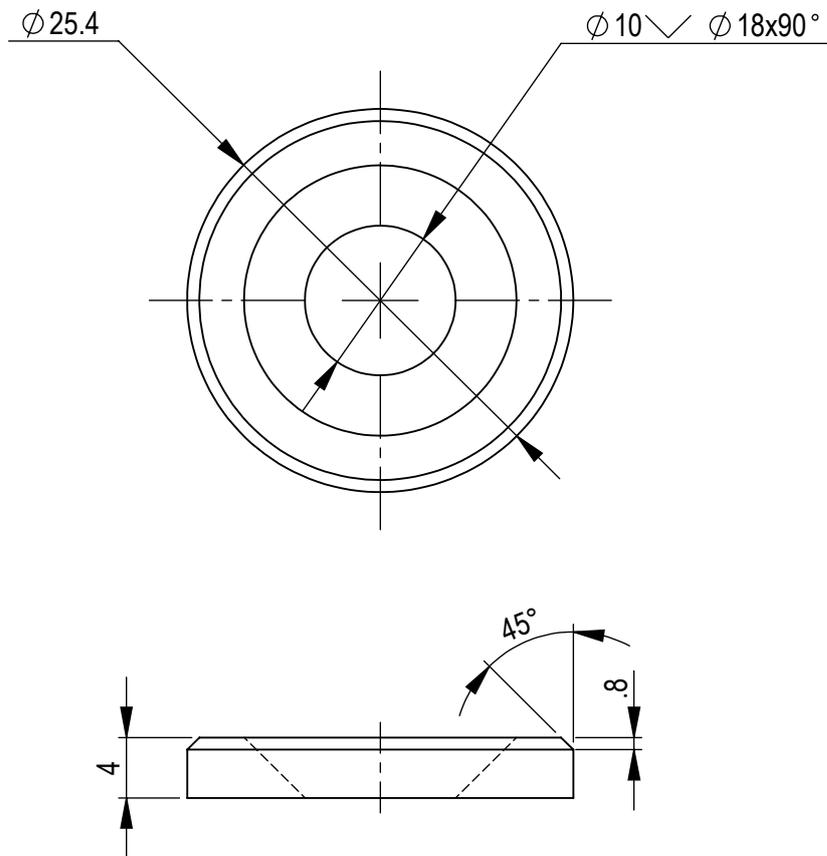
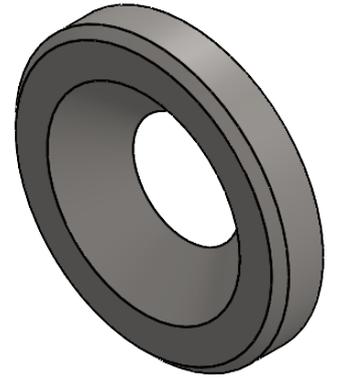
26-05-2021

FICA

CIME

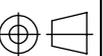


	PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
	PARTE: EJE RIEL				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-10				TOLERANCIA: ±0,1		
MATERIAL		AISI 4340	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 10-20
TRATAMIENTO		NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO		NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD		2	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
FICA	CIME					



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE

ESCALA  
1:1



PARTE ARANDELA AVELLANADA

CÓDIGO: SB-210526-1-11

TOLERANCIA:  $\pm 0,5$

MATERIAL AISI 304

DISEÑO: YASELGA ALEXIS 26-05-2021

TRATAMIENTO NINGUNO

DIBUJÓ: YASELGA ALEXIS 26-05-2021

RECUBRIMIENTO NINGUNO

REVISÓ: ERAZO VICTOR 26-05-2021

CANTIDAD 1

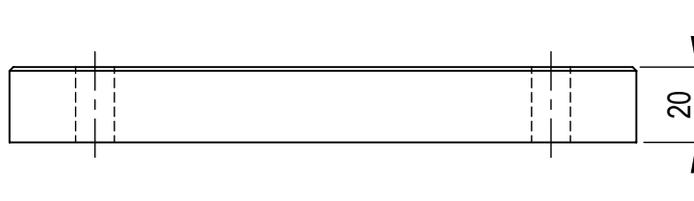
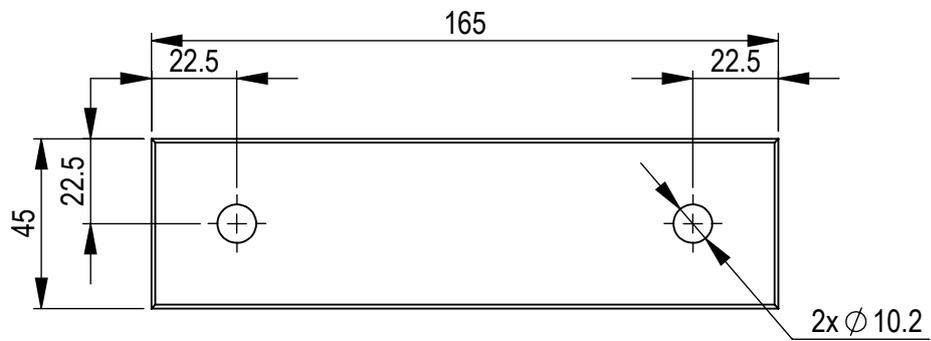
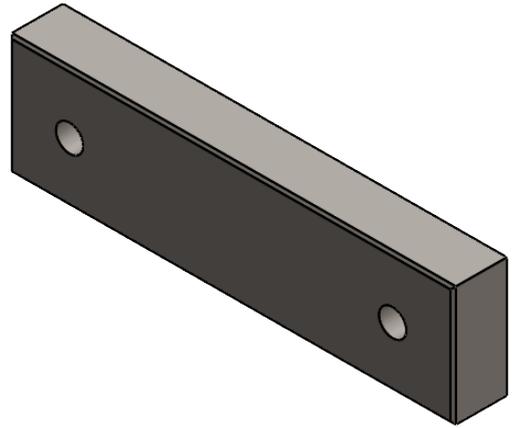
APROBÓ: ERAZO VICTOR 26-05-2021

FICA

CIME

HOJA

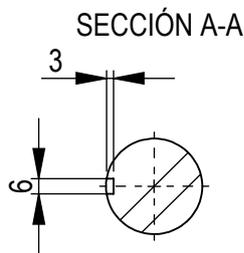
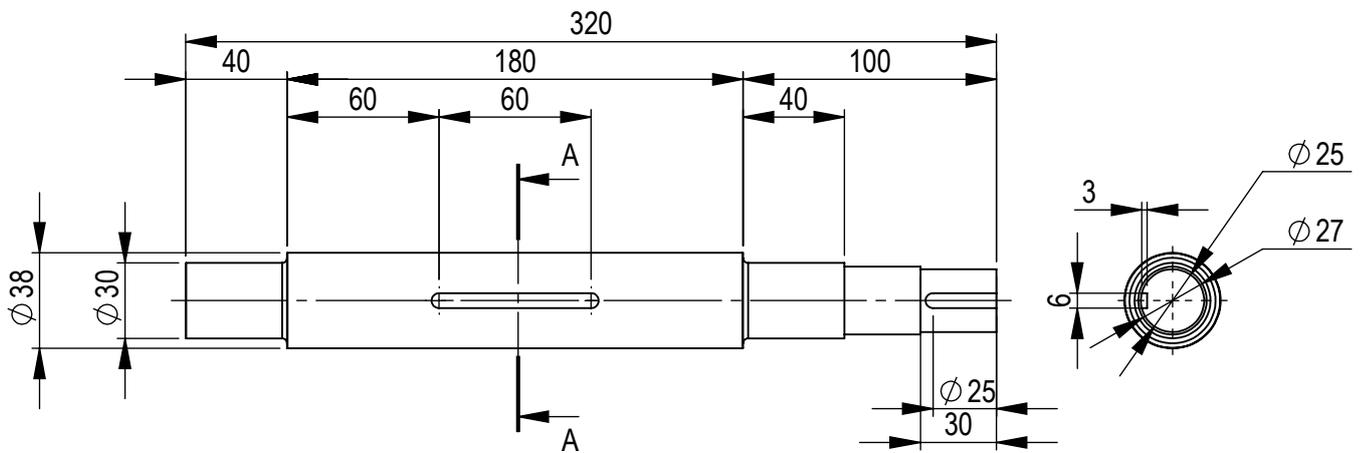
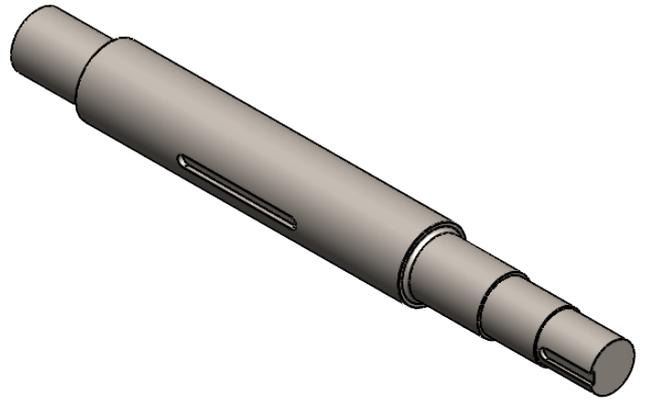
15:11



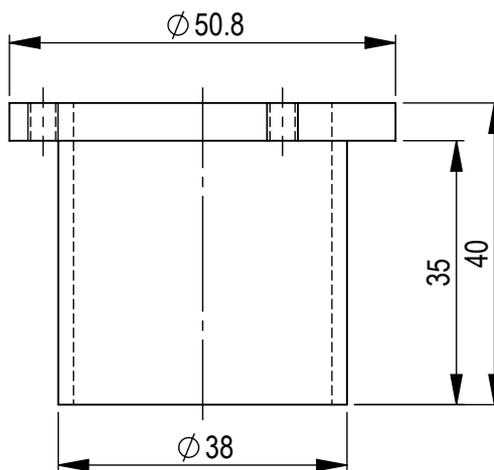
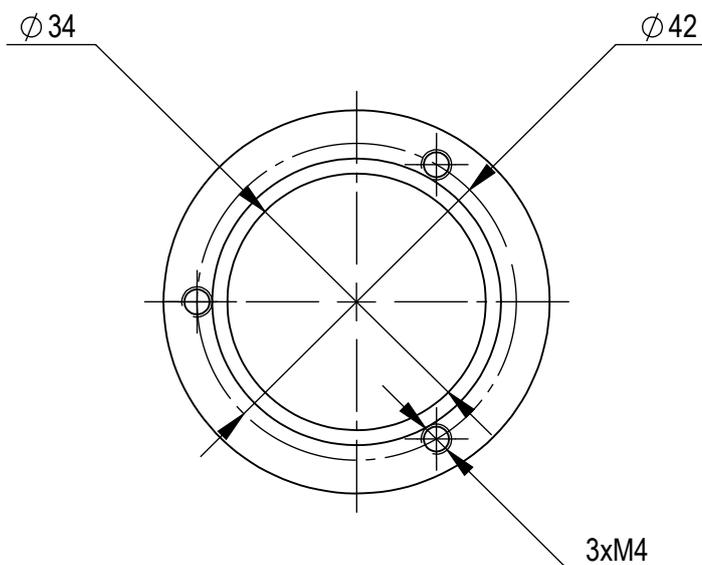
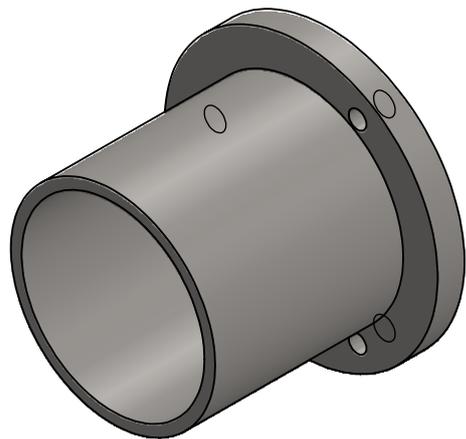
PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE: PLACA ALZA				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-12				TOLERANCIA: $\pm 0.5$	
MATERIAL	AISI 1018	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 12-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

CIME



	PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE			ESCALA			
	PARTE: EJE INFERIOR 2			1:3			
	CÓDIGO: SB-210526-1-13			TOLERANCIA: ±0,1			
	MATERIAL	AISI 4340	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA	
	TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021		
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021			
FICA	CIME	CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	13-20



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE

ESCALA



PARTE CAMISA

1-1

CÓDIGO: SB-210526-1-14

TOLERANCIA: ±0,6

MATERIAL

AISI 304

DISEÑO:

YASELGA ALEXIS

26-05-2021

HOJA

TRATAMIENTO

NINGUNO

DIBUJÓ:

YASELGA ALEXIS

26-05-2021

RECUBRIMIENTO

NINGUNO

REVISÓ:

ERAZO VICTOR

26-05-2021

14-20

CANTIDAD

1

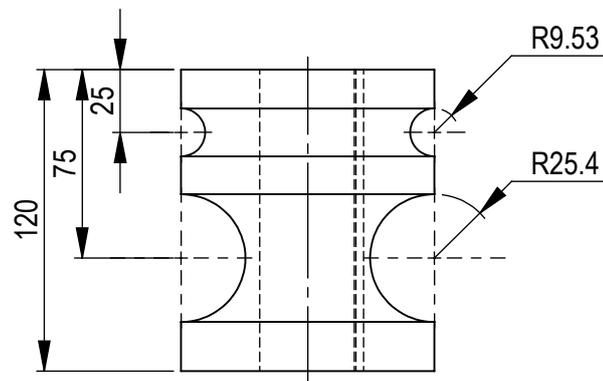
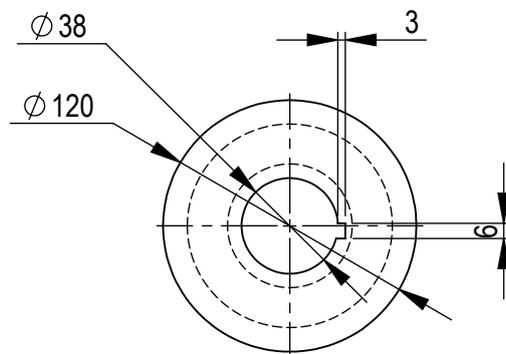
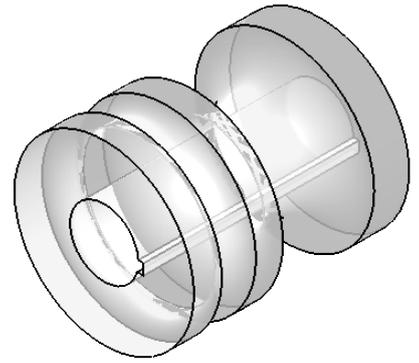
APROBÓ:

ERAZO VICTOR

26-05-2021

FICA

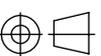
CIME



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE

ESCALA

1:3



PARTE MATRIZ

CÓDIGO: SB-210526-1-15

TOLERANCIA:  $\pm 0,1$

MATERIAL NYLON-POLIAMIDA 6

DISEÑO: YASELGA ALEXIS

26-05-2021

HOJA

TRATAMIENTO NINGUNO

DIBUJÓ: YASELGA ALEXIS

26-05-2021

15-20

RECUBRIMIENTO NINGUNO

REVISÓ: ERAZO VICTOR

26-05-2021

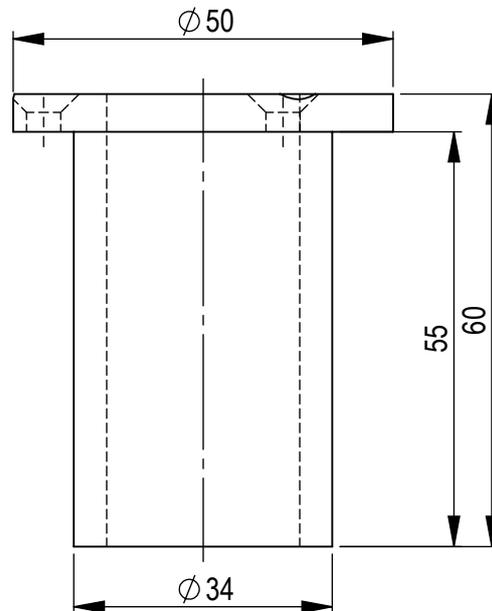
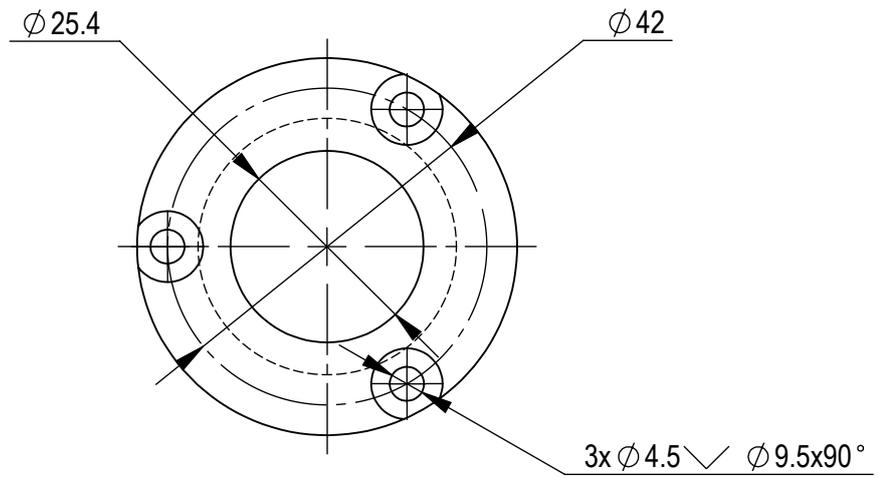
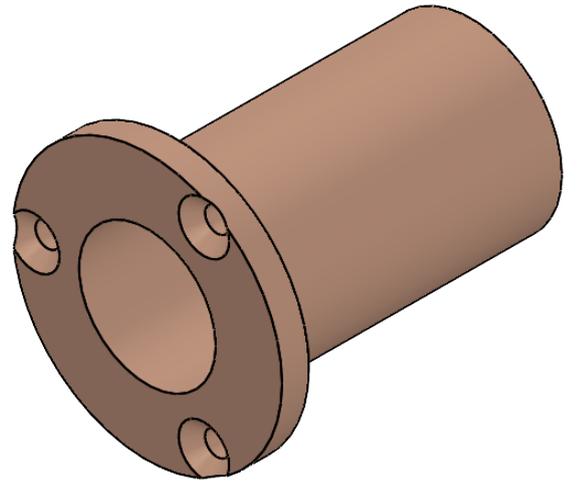
FICA

CIME

CANTIDAD 3

APROBÓ: ERAZO VICTOR

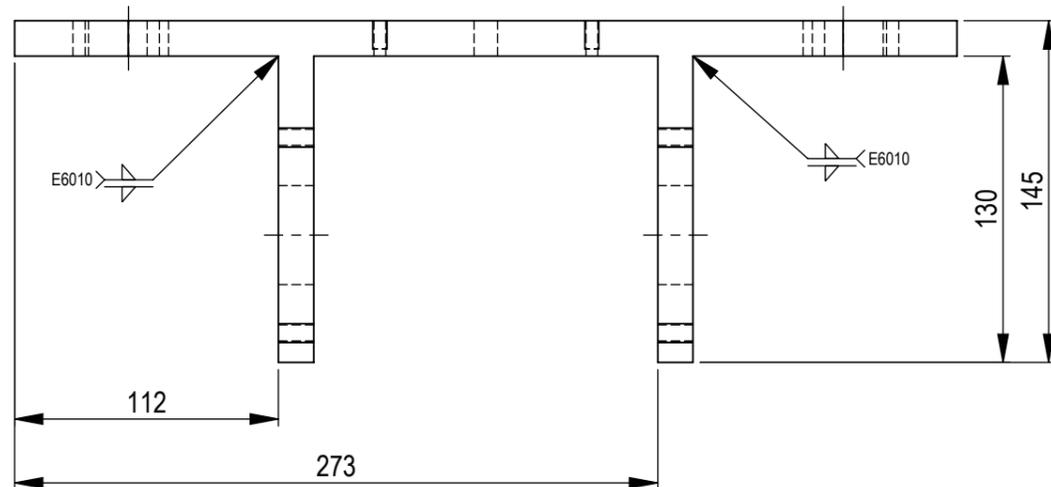
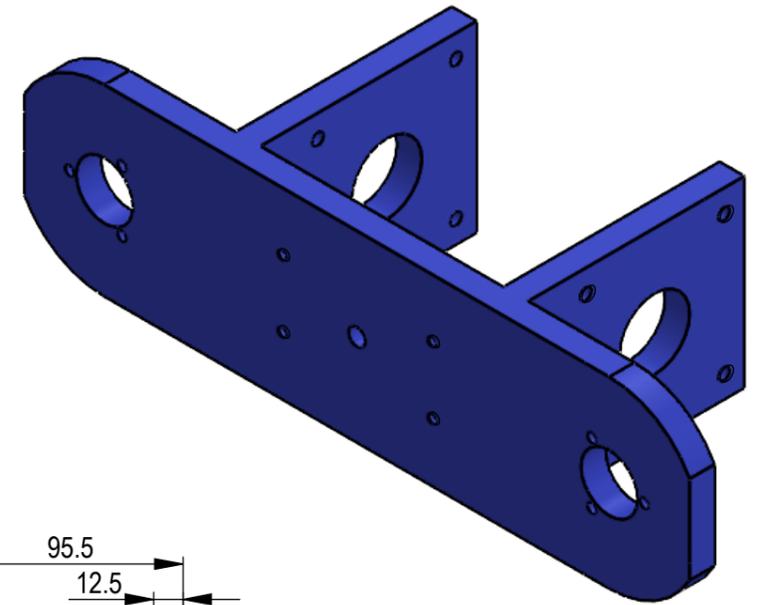
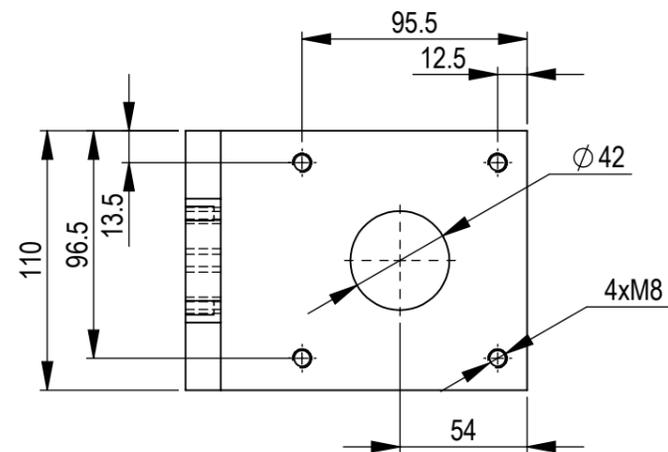
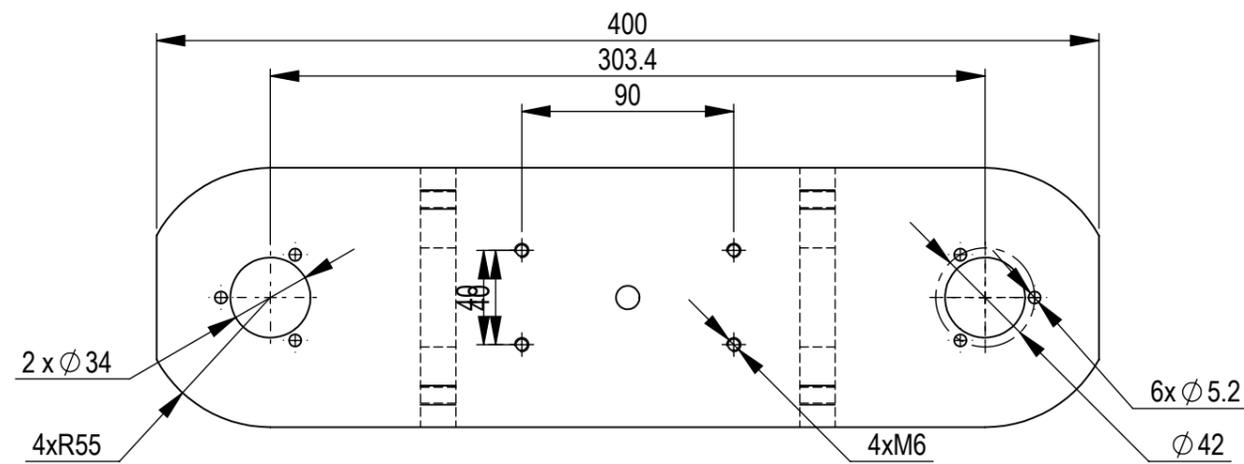
26-05-2021



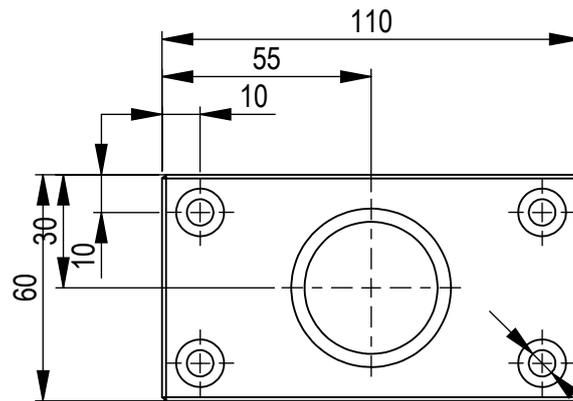
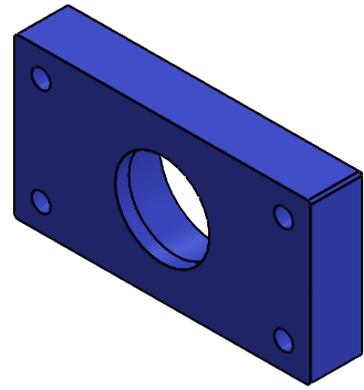
PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE: BOCÍN				1:1	
CÓDIGO: SB-210526-1-16				TOLERANCIA: $\pm 0,1$	
MATERIAL	BRONCE	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	28-03-2021	HOJA 16-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	28-03-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	28-03-2021	
CANTIDAD	2	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	28-03-2021	

FICA

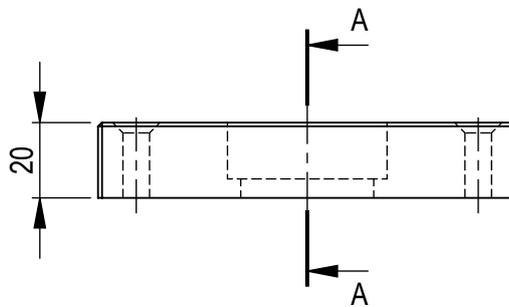
CIME



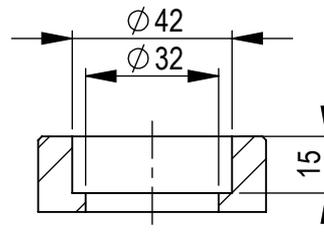
	PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
	PARTE: BASE CHUMACERA				1:3	
	CÓDIGO: SB-210526-1-17				TOLERANCIA: ±0,3	
	MATERIAL	AISI 1045	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 17-20
	TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
	RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021		
FICA	CIME					



4x  $\phi 7$   $\surd$   $\phi 12.6 \times 90^\circ$



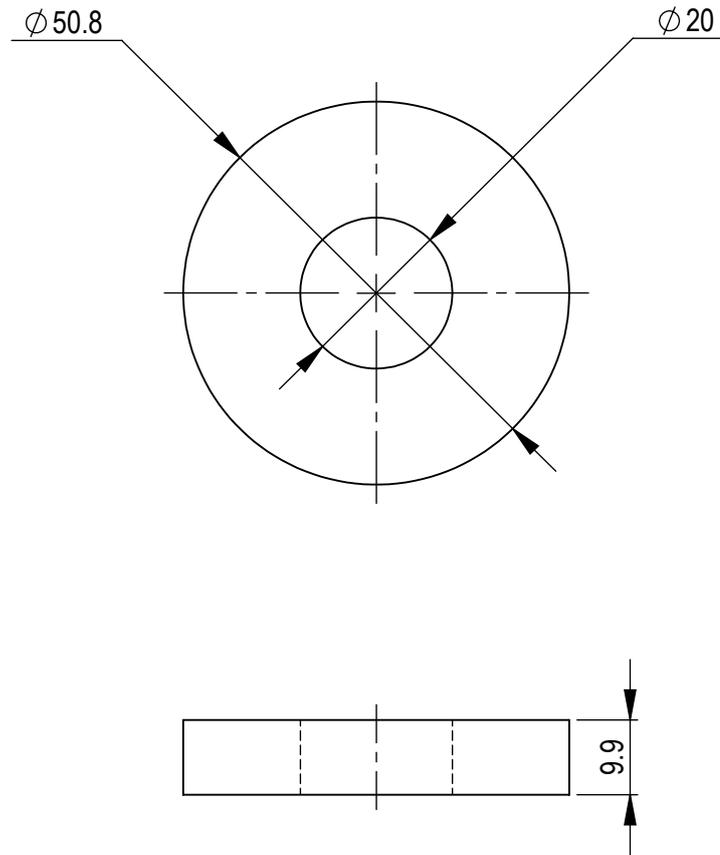
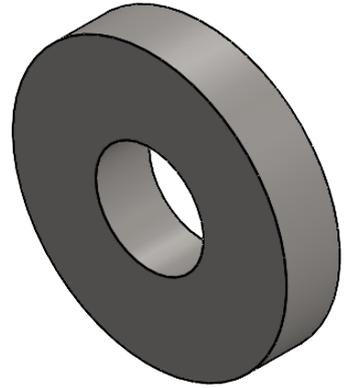
SECCIÓN A-A



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE: PLACA RODAMIENTOS				1:2	
CÓDIGO: SB-210526-1-18				TOLERANCIA: $\pm 0,5$	
MATERIAL	AISI 4340	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 18-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	PINTURA AZUL	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

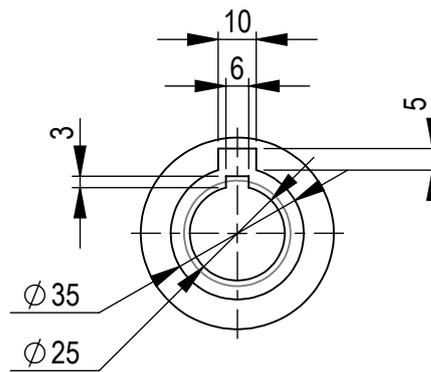
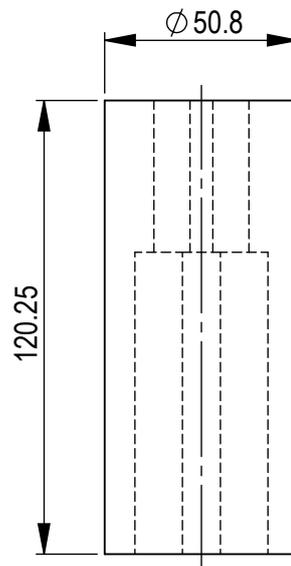
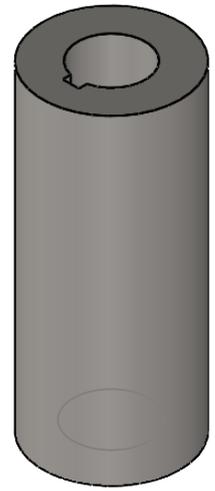
CIME



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE				ESCALA	
PARTE ALZA				1:1	
CÓDIGO: SB-210526-1-19				TOLERANCIA: $\pm 0,5$	
MATERIAL	AISI 304	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	HOJA 19-20
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021	
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021	

FICA

CIME



PROYECTO: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL CURVADO DE TUBO INOXIDABLE PARTE: ACOPLÉ		ESCALA		
		1:2		
CÓDIGO: SB-210526-1-20		TOLERANCIA: $\pm 0,1$		
MATERIAL	AISI 304	DISEÑO:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021
TRATAMIENTO	NINGUNO	DIBUJÓ:	YASELGA ALEXIS	26-05-2021
RECUBRIMIENTO	NINGUNO	REVISÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021
CANTIDAD	1	APROBÓ:	ERAZO VICTOR	26-05-2021

FICA

CIME

HOJA

20-20