



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA  
MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA  
PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA  
COTOPAXI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
Electromecánica.

**Autores:**

Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga

Juan Patricio German Jacho

**Tutor Académico:**

Ing. M.Sc. Luis Navarrete

Latacunga – Ecuador

2022



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga** con CI. 0503318263, **Juan Patricio German Jacho** con CI. 0503803231 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”**, siendo el Ing. Mgs Luis Navarrete tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, Agosto 2022.

Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga  
C.I. 0503318263  
Telf: 0984928125  
Correo:edison.chicaiza8263@utc.edu.ec

Juan Patricio German Jacho  
C.I. 0503803231  
Telf: 0979014958  
Correo:juan.german3231@utc.edu.ec



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A-36 EN LA EMPRESA PROACERO DEL CATÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI.” De Chicaiza Guagchinga Edison Ramiro, German Jacho Juan Patricio de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnico suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga 30 de agosto 2022

Ing. MSc. Luis Navarrete

CI: 1803747284



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de tribunal de lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto los postulantes: Chicaiza Guagchinga Edison Ramiro, German Jacho Juan Patricio, el título de proyecto de titulación: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A-36 EN LA EMPRESA PROACERO DEL CATÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI." han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 30 de agosto de 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** MSc. Héctor Reinoso  
**CC:** 0502150899

**Lector 2**

**Nombre:** MSc. Segundo Cevallos  
**CC:** 0501782437

**Lector 3**

**Nombre:** MSc. Jefferson Porras  
**CC:** 0704400449



Ingeniería  
Electromecánica

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Yo **Melida Rebeca Guishca Chusin**, en calidad de Gerente General de la microempresa **Pro Acero**, manifiesto que los estudiantes **Chicaiza Guagchinga Edison Ramiro** con C.I. 0503318263 y **German Jacho Patricio German** con CI: 0503803231, de la carrera de Ingeniería Electromecánica hacen la entrega del proyecto titulado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”**, considero que la maquina entregada cumple con los requerimientos de funcionamientos establecidos por la microempresa.



**Gerente General de la microempresa Pro Acero**

**Melida Rebeca Guishca Chusin**

**CI: 0504236886**



## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios, por darme salud, vida, sabiduría y coraje para poder culminar esta etapa trascendental en mi vida.*

*A mi esposa Mérida Rebeca Guishca Chusín y a mis hijos, como es Victoria y Daniel Chicaiza Guishca, quienes me apoyaron y permanecieron a mi lado durante todo este proceso, brindándome su apoyo incondicional en momentos difíciles durante mi formación académica.*

*A mis padres como es José Antonio Chicaiza Guanoluisa y Mercedes Guagchinga Muso, por todo ese apoyo brindado hasta el día de hoy, inculcándome el valor del respeto y la responsabilidad.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a los docentes que, con sus aportes, exigencias, preparación y conocimientos transmitidos, nos entregaron una buena formación profesional.*

*A un gran amigo e Ingeniero Manuel Cipriano Tapay, por guiarme en esta etapa final de mi formación profesional.*

*Y finalmente a toda mi familia, compañeros y amigos, por todo el ánimo inyectado hacia mi persona para poder llegar hasta la meta.*

***Edison Ramiro Chicaiza G.***



## DEDICATORIA

*La presente tesis va dedicada a mi esposa, Mélida Rebeca Guishca Chusín, por confiar en mi persona, en mi capacidad, en la sabiduría que Dios ha puesto en mí persona, y gracias a ello poder terminar con esta etapa de mi vida profesional.*

*Dedicada también a mis hijos, Victoria y Daniel Chicaiza Guishca porque, este logro les pertenece, dejando en claro que todo lo que uno se propone, anhela y sueña se consigue a base de esfuerzo, dedicación y perseverancia.*

*A mis padres José Antonio Chicaiza Guanoluisa y Mercedes Guagchinga Muso, porque, parte de mi felicidad es la de ellos.*

*Y finalmente a toda mi familia, para que esto sea el inicio de una motivación, y ejemplo de firmeza al perseguir un sueño o una meta.*

***Edison Ramiro Chicaiza G***



## AGRADECIMIENTO

*El agradecimiento del presente trabajo de titulación es primeramente a Dios por darme salud y vida para poder cumplir mis metas trazadas durante mi etapa estudiantil, en segundo lugar, a mi querida madre Carmen Jacho por ser un pilar fundamental, por la confianza y el apoyo brindado en cada momento de mi vida.*

*Agradezco infinitamente a mi amada y compañera de vida María Mercedes, a mi pequeña hija Dulce María German Valencia por todo el cariño y el apoyo moral expresado hacia mí, ya que fueron una inspiración de esfuerzo para poder culminar con esta etapa.*

*Y a la vez agradezco a mis apreciados y queridos hermanos; Franklin, Carlos y Norma, que me supieron brindar consejos de fortaleza para seguir adelante desde el inicio hasta el final de este sueño y que con sus palabras de aliento demostraron su cariño incondicional, también quiero agradecer al estimado ingeniero Manuel Tapay por el conocimiento brindado en este proyecto.*

*Por último, quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme y ser parte de esta noble institución, a cada uno de mis docentes que me inculcaron con los conocimientos necesarios para formarme como profesional y con ello dándome la oportunidad de culminar con esta etapa de preparación académica.*

**Juan Patricio German J**





## DEDICATORIA

*El presente trabajo de titulación la dedico con mucho cariño a mi esposa María Mercedes, a mi hija Dulce María, a mi madre María Carmen, quienes fueron los pilares fundamentales de toda esta travesía, a mis hermanos/a Franklin, Carlos y Norma German Jacho por estar conmigo en todo momento vivido, a mis cuñadas Janeth y Mariana, a mi cuñado Rolando y a mis queridos sobrinos quienes son la alegría de esta humilde familia.*

*Finalmente, manifiesto que con esfuerzo y perseverancia se consigue cumplir las metas propuestas, es para mí un placer decirles a mis familiares y amigos gracias por formar parte de mi vida y gracias por el apoyo expresado en todo momento.*

**Juan Patricio German J**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

#### TITULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”

**Autores:**

**Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga**

**Juan Patricio German Jacho**

### RESUMEN

La siguiente propuesta tecnológica presenta una respuesta al requerimiento de la microempresa Pro-Acero, demandando el desarrollo de una máquina semiautomática para la elaboración de la figura tipo voluta hechas en acero. Para dar una solución a este requerimiento fue necesario la investigación en fuentes bibliográficas, videos y la aplicación del conocimiento que se ha venido adquiriendo en el transcurso de la vida académica y como futuros profesionales, en donde se va a ver reflejado desde el diseño preliminar hasta el terminado final de la máquina. Se construyó una máquina semiautomática moldeadora de figuras en acero ASTM A36, la cual hace el trabajo de iniciar desde el punto más interno posible hasta terminar con el final de la figura deseada, utilizando barras cuadradas y redondas de 8 mm, 9mm y platinas de 12 y 19 mm con un espesor de 3, 4 y 6 mm , siendo ésta matriz, acoplada al eje del motorreductor cuya transmisión de movimiento se hace a través de sprockets de 21 dientes para el motriz y de 21 dientes para el sprocket conducido, cuyo movimiento se transmite por una cadena de paso número 40, para así poder obtener el producto deseado. Para el diseño y construcción de la máquina se tuvo presente muchos aspectos como dimensiones de la máquina, diámetros de sprockets, cálculos para determinar el esfuerzo que sufre el determinado motorreductor y por ende el dimensionamiento de este. La construcción y ensamblaje se basa en los planos desarrollados por los investigadores durante el transcurso de este proyecto, una vez construida la máquina se procedió a sus primeras pruebas de funcionamiento, y finalmente obteniendo los resultados deseados.

**Palabras claves:** Moldeadora, Barras Cuadradas, Voluta.



## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

### **ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**

**TITLE: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SEMI-AUTOMATIC MOLDING MACHINE FOR STEEL VOLUTES MOLDING IN ASTM A36 FOR PRO-ACERO COMPANY LOCATED AT LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE"**

**Authors:**

**Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga**

**Juan Patricio German Jacho**

### **ABSTRACT**

The following technological proposal presents a response to the requirement of the Pro Acero microenterprise, demanding to develop a semi-automatic machine for elaboration of scroll-type figure made by steel. To provide a solution to this requirement, it was necessary to research bibliographic sources, videos and the application of the knowledge that has been acquired through course of academic life and as future professionals, where it will be reflected from preliminary design to the final finish of the machine. A semi-automatic machine to moldel figures in ASTM A36 steel was built, which does the work of starting from the most internal point possible until to finish with the end of desired figure, using square and round bars of 8 mm, 9 mm and plate of 1 /2 of thickness 3/16 by 1/8, being this coupled to the shaft geared motor whose movement transmission is made through sprockets of 21 teeth for the motor and 16 teeth for driven sprocket, pitch chain and half number 40, in order to obtain desired product. For design and construction of the machine, many aspects were taken into account, such as dimensions, diameters of sprockets, calculations to determine the resistance suffered by the determined motor reducer and therefore its dimensioning. The assembly is based on construction plans developed by researchers during the course of this project, once the machine was built, its first performance tests were carried out, and desired results were obtained.

**Keywords:** Moulder, Square Bars, Volute.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*


En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI”**, presentado por Chicaiza Guagchinga Edison Ramiro y German Jacho Juan Patricio estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 08 de septiembre del 2022.

Atentamente,

  
.....  
**Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 050261735-0



CENTRO  
DE IDIOMAS



## ÍNDICE GENERAL

2.1. EL PROBLEMA .....	3
2.2. Situación problemática .....	3
2.3. Matriz de identificación del problema.....	4
2.3.1. Formulación del problema:.....	4
2.4. BENEFICIARIOS .....	5
2.5. JUSTIFICACIÓN.....	5
2.6. HIPÓTESIS .....	6
2.7. OBJETIVOS:.....	6
2.7.1. Objetivo General.....	6
2.7.2. Objetivos Específicos .....	6
2.8. SISTEMA DE TAREAS .....	6
3.1. ANTECEDENTES .....	8
3.2. Moldeo (Doblado) .....	9
3.2.1. Moldeado en Caliente .....	9
3.2.2. Moldeado en frío .....	9
3.2.3. Materiales utilizados en el doblado o moldeado .....	10
3.3. Tipos de moldeo en frío .....	11
3.3.1. Rolado.....	11
3.3.2. Doblado .....	12
3.3.3. Matrices (Moldes) .....	12
3.4. Volutas.....	12
3.4.1. Numero de Áureo (Numero de Oro).....	13
3.4.2. ¿Qué es el punto Áureo?.....	13
3.4.3. ¿Qué es el número de oro? .....	13
3.4.4. ¿Qué es el rectángulo áureo? .....	13
3.5. Máquinas que se utilizan para el doblado en frío .....	14
3.5.1. Maquina dobladora de tipo manual de volutas.....	14
3.5.2. Máquina plegadora .....	15
3.5.3. Prensas dobladoras .....	15



3.5.4. Prensas dobladoras mecánicas.....	15
3.6. Métodos de doblado de tubos .....	15
3.6.1. Doblado por compresión .....	15
3.6.2. Máquina dobladora de barras tipo pesado GW45 .....	15
3.6.3. Dobladora de barras de acero G40, dobladora de barras de refuerzo de engranajes de mesa .....	16
3.6.4. Dobladora de barras de refuerzo de energía eléctrica automática RB25.....	17
3.6.5. Máquina dobladora de varilla con mesa rotatoria .....	17
3.7. Elementos principales utilizados en el diseño de la máquina semiautomática.....	18
3.7.1. Motor eléctrico .....	18
3.7.2. Reductor de velocidad .....	19
3.7.3. Eje de transmisión .....	20
3.7.4. Chumaceras .....	20
3.7.5. Chaveteros .....	21
4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES.....	22
4.1.1. Variable dependiente .....	22
4.1.2. Variable independiente .....	22
4.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	22
4.3. ETAPA 0. ....	23
4.3.1. Análisis del contexto .....	23
4.4. ETAPA 1 .....	25
4.4.1. Definición de la máquina.....	25
4.5. ETAPA 2 .....	26
4.5.1. Diseño conceptual.....	26
4.5.2. Selección de la forma y características.....	26
4.5.3. Diseño estructural .....	27
4.5.4. Diseño de componentes .....	27
4.5.5. Diseño del sistema de control.....	28
4.6. ETAPA 3 .....	28
4.6.1. Velocidad de giro en la voluta.....	28
4.6.2. Cálculo de la fuerza para el moldeado.....	28



4.6.3. Dinámica del movimiento de la voluta.....	30
4.6.4. Momento máximo para el moldeado.....	30
4.6.5. Fuerza para el moldeado en los distintos radios de la voluta. ....	31
4.6.6. Torque máximo a partir de la fuerza resultante.....	31
4.6.7. Potencia y torque máximo para el moldeado.....	31
4.6.8. Velocidad angular de giro.....	32
4.6.9. Torque máximo requerido.....	32
4.6.10. Potencia del motor necesaria.....	32
4.6.11. Diseño de la flecha o eje giratorio.....	32
4.6.12. Selección de rodamientos y chumaceras.....	37
4.6.13. Sistema de transmisión.....	38
4.6.14. Selección de los Sprockets y cadenas de transmisión.....	39
4.6.14.1. Longitud de cadena en pasos o eslabones.....	40
4.6.15. Sistema de control.....	40
4.7. ETAPA 4.....	41
4.7.1. Construcción de la maquina.....	41
4.7.2. Proceso de soldadura SMAW.....	42
5.1. Diseño conceptual.....	45
5.2. Velocidad de giro en la voluta.....	45
5.3. Fuerza necesaria para el moldeado del acero ASTM A36.....	45
5.4. Determinación del momento máximo para el moldeado.....	46
5.5. fuerza para el doblado de las volutas en diferentes radios.....	47
5.6. Torque máximo a partir de la fuerza resultante.....	50
5.7. cálculo potencia y torque máximo para el moldeado.....	50
5.7.1. Velocidad angular del eje principal.....	50
5.7.2. Cálculo de la potencia teórica requerida para el moldeado de figuras.....	51
5.8. diseño del eje por el criterio de soderberg.....	51
5.8.1. Diseño conceptual del eje.....	51
5.8.2. Factores concentradores de esfuerzo.....	52
5.8.3. Diseño del eje.....	53
5.8.4. Diagrama de cuerpo libre.....	54



5.8.5. Diámetro del Eje con el Criterio de Soderberg.....	56
5.9. selección de rodamientos y chumaceras .....	57
5.10. Cálculo de la potencia del motor .....	57
5.11. Selección de Sprockets y cadenas de transmisión .....	58
5.12. Análisis de la estructura y componentes .....	59
5.13. Sistema de control para la máquina moldeadora .....	61
5.14. análisis de las variables.....	64
5.15. depreciación de la máquina .....	64
5.16. Análisis de factibilidad económico del proyecto.....	64
5.17. Análisis de costos en el proyecto.....	65
5.17.1. Costos directos.....	65
5.17.2. Costos indirectos .....	66
5.17.3. Detalle de gastos directos e indirectos.....	67
6.1. Conclusiones.....	68
6.2. Recomendaciones .....	68
2.1. Medidas de seguridad .....	25
2.2. Señalización del tablero de control.....	27
2.3. Control del tablero eléctrico .....	27
2.4. Selector de dos posiciones .....	27
2.5. Modo de trabajo automático de la máquina.....	28
2.6. Modo manual de trabajo de la máquina.....	28
2.7. Paro de emergencia.....	28
2.8. Matriz de voluta.....	29
2.9. Final de carrera .....	29
3.1. Mantenimiento De Un Motorreductor .....	30
3.1.1 Revisión visual de cada componente.....	30
3.1.2 Detección de vibraciones.....	31
3.1.3 Limpieza y lubricación periódica .....	31
3.1.4 Prueba de bobinado del motorreductor.....	31





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Matriz causa-efecto .....	4
Figura 3.1: Esquematación de una maquina roladora de 3 rodillos.....	11
Figura 3.2: Esquematación de doblado de barras de acero.....	12
Figura 3.3. Rectángulo áureo [2] .....	14
Figura 3.4. Espiral de oro [2].....	14
Figura 3.5. Máquina dobladora de tipo manual de volutas .....	14
Figura 3.6. Máquina dobladora de barras tipo pesado GW45 [10] .....	16
Figura 3.7. Dobladora de barras de acero G40. [10] .....	16
Figura 3.8. Dobladora de barras de refuerzo de energía eléctrica automática RB25 [10].....	17
Figura 3.9. Maquina dobladora de varilla [7].....	18
Figura 3.10. Partes de un motor eléctrico [11] .....	19
Figura 3.11. Reductores de velocidad [12].....	19
Figura 3.12. Eje de transmisión [13] .....	20
Figura 3.13. Chumaceras [13] .....	21
Figura 3.14. Chaveteros [14] .....	21
Figura 4.1. Secuencia de metodología de fases con características del contexto [15] .....	23
Figura 4.2. Dobado por voladizo [16] .....	29
Figura 4.3. Dimensión de la apertura D del troquel (a) tipo V y (b) voladizo [16].....	29
Figura 4.4. Sistema de moldeado .....	30
Figura 4.5. Radios para determinar la fuerza.....	31
Figura 4.6. Diagrama de fatiga y criterios de falla [17] .....	33
Figura 4.7. Sistemas de transmisión (a) cadenas (b) ruedas dentadas .....	39
Figura 4.8. Controlador Logo 8.3 .....	41
Figura 5.1. Diseño conceptual de la máquina.....	45
Figura 5.2. Barra cuadrada en proceso de moldeado.....	46
Figura 5.3. Diseño preliminar del eje .....	52
Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre del eje principal .....	54
Figura 5.5. Diagrama de fuerzas cortantes .....	55



Figura 5.6. Diagrama de Momento Flector .....	55
Figura 5.7. Fuerzas en la estructura.....	59
Figura 5.8. Modo de operación manual y automático .....	61
Figura 5.9. Programación de la secuencia de funcionamiento en modo Automático .....	62
Figura 5.10. Modo de operación manual y activación de salidas.....	63



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación.....	5
Tabla 4.1. Variable dependiente .....	22
Tabla 4.2. Variable independiente.....	22
Tabla 4.3. Características del contexto del proyecto .....	23
Tabla 4.4. Definición de las características generales de la máquina.....	25
Tabla 4.5. Factores de ponderación .....	27
Tabla 4.6. Resumen de concentradores de esfuerzos .....	35
Tabla 4.7. Factor a y exponente b.....	36
Tabla 5.1. Análisis de selección del eje.....	42
Tabla 5.2. Análisis selección del sistema de transmisión.....	43
Tabla 5.3. Análisis de selección del motorreductor o motor con poleas .....	44
Tabla 5.4. Especificaciones del acero ASTM A36.....	46
Tabla 5.5. Fuerzas resultantes acorde a cada radio de moldeado .....	48
Tabla 5.6. Análisis de esfuerzo en la voluta .....	49
Tabla 5.7. Características del acero AISI 1018 .....	52
Tabla 5.8. Tabla de características de las chumaceras UCF 207-20 .....	57
Tabla 5.9. Características del acero estructural ASTM A36 .....	59
Tabla 5.10. Análisis estructural en Autodesk Inventor Student .....	60
Tabla 5.11. Entradas y salidas digitales del Logo y su función.....	63
Tabla 5.12. Análisis de Variables .....	64
Tabla 5.13. Análisis de VAN y TIR .....	65
Tabla 5.14. Costos Directos.....	65
Tabla 5.15. Costos Indirectos .....	66
Tabla 5.16. Tabla Total de Gastos .....	67



## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (4.1).....	29
Ecuación (4.2).....	31
Ecuación (4.3).....	32
Ecuación (4.4).....	32
Ecuación (4.5).....	33
Ecuación (4.6).....	34
Ecuación (4.7).....	34
Ecuación (4.8).....	35
Ecuación (4.9).....	35
Ecuación (4.10).....	36
Ecuación (4.11).....	36
Ecuación (4.12).....	37
Ecuación (4.13).....	37
Ecuación (4.14).....	38
Ecuación (4.15).....	38
Ecuación (4.16).....	38
Ecuación (4.17).....	39
Ecuación (4.18).....	40
Ecuación (4.19).....	40



## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

Diseño y Construcción de una máquina semiautomática moldeadora de figuras en acero ASTM- A36, para la empresa Pro-Acero ubicada en el cantón Latacunga, provincia Cotopaxi”

**Fecha de inicio:**

Abril\_2022

**Fecha de finalización:**

Agosto\_2022

**Lugar de ejecución:**

Provincia Cotopaxi, ciudad Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, Barrio Zumbalica.

**Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado: Proyecto formativo o Generativo sí aplica.**

**Equipo de Trabajo:**

Ing. Msc. Luis Navarrete, Edison Chicaiza, Patricio German.

**Área de Conocimiento:**

<b>Campo Amplio</b>	<b>Campo Específico</b>	<b>Campo Detallado</b>
07 Ingeniería, industria y construcción.	071 Ingeniería y profesiones afines.	0713 Electricidad y energía. 0715 Mecánica y profesiones afines a la metalistería.



**Línea de investigación:**

Universidad Técnica de Cotopaxi: Procesos Industriales.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Ingeniería Electromecánica: Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

## **2. INTRODUCCIÓN**

### **2.1. EL PROBLEMA**

El proceso de construcción de figuras (volutas) en acero ASTM A-36 se refleja varios inconvenientes, como es el esfuerzo físico que emplea el ser humano en el momento de realizar el moldeado de la barra cuadrada de acero, adicionalmente el tiempo empleado para realizar todo el proceso de moldeado para conseguir la voluta deseada. Como consecuencia de esto, se ha determinado que para la fabricación de estos elementos se emplea mayor tiempo y a la vez el desgaste físico del trabajador, por tal motivo se prolonga la entrega de la obra, ocasionando desacuerdos con los clientes, perdiendo así confiabilidad con los clientes.

Por ende, la microempresa Pro-Acero, busca mejorar el tiempo de fabricación de las figuras en acero, ya que con ello se optimizará mayormente el tiempo, esfuerzo del trabajador y a la vez se ayudará a muchos microempresarios del país.

### **2.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA**

En el Ecuador al no disponer de una adecuada información sobre el desarrollo de novedosas tecnologías que estén inmersas en la construcción de volutas en acero ASTM A-36, lleva a que exista una deficiencia en el desarrollo tecnológico en la fabricación y producción ornamental de estos productos.

La falta de experiencia y sincronización se ve reflejado en el terminado de la voluta de acero, empleando tiempo importante en la construcción de la misma, por ende, se ha visto en la necesidad de construir una máquina semiautomática moldeadora de figuras en acero ASTM A-36.

En la ubicación geográfica ubicada, en la calle Colaisa y Manuel Santos, al noroccidente de la ciudad de Latacunga, perteneciente a la provincia de Cotopaxi. La microempresa Pro-Acero se dedica a la elaboración de productos ornamentales para el hogar, como es el caso de puertas, portones, cerramientos, protecciones para ventanas, con el propósito de dar una alternativa diferente, aquellos clientes que optan por un mejoramiento de la fachada y mayor seguridad para su vivienda. Buscando al mismo tiempo un servicio a su necesidad de manera rápida y eficiente, que al momento de dar el toque final al terminado ya sea de cerramientos o protecciones sea de forma instantánea para su domicilio, siendo este un producto de amplia necesidad para dar seguridad, protección y acabado al hogar, por la alta demanda en el sector

de la construcción, esto a generado varios negocios dedicados a la elaboración de cubre ventanas y protecciones para puertas. Lo cual es visible mejorar el proceso constructivo y agilizar la entrega del producto solicitado sin menospreciar la estética y acabado del hogar y la vez posicionándose en el mercado y ser competitivos.

### 2.3. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Con el diagrama de Ishikawa se puede identificar el problema en función de las causas, misma que permitirá direccionar la propuesta tecnológica.

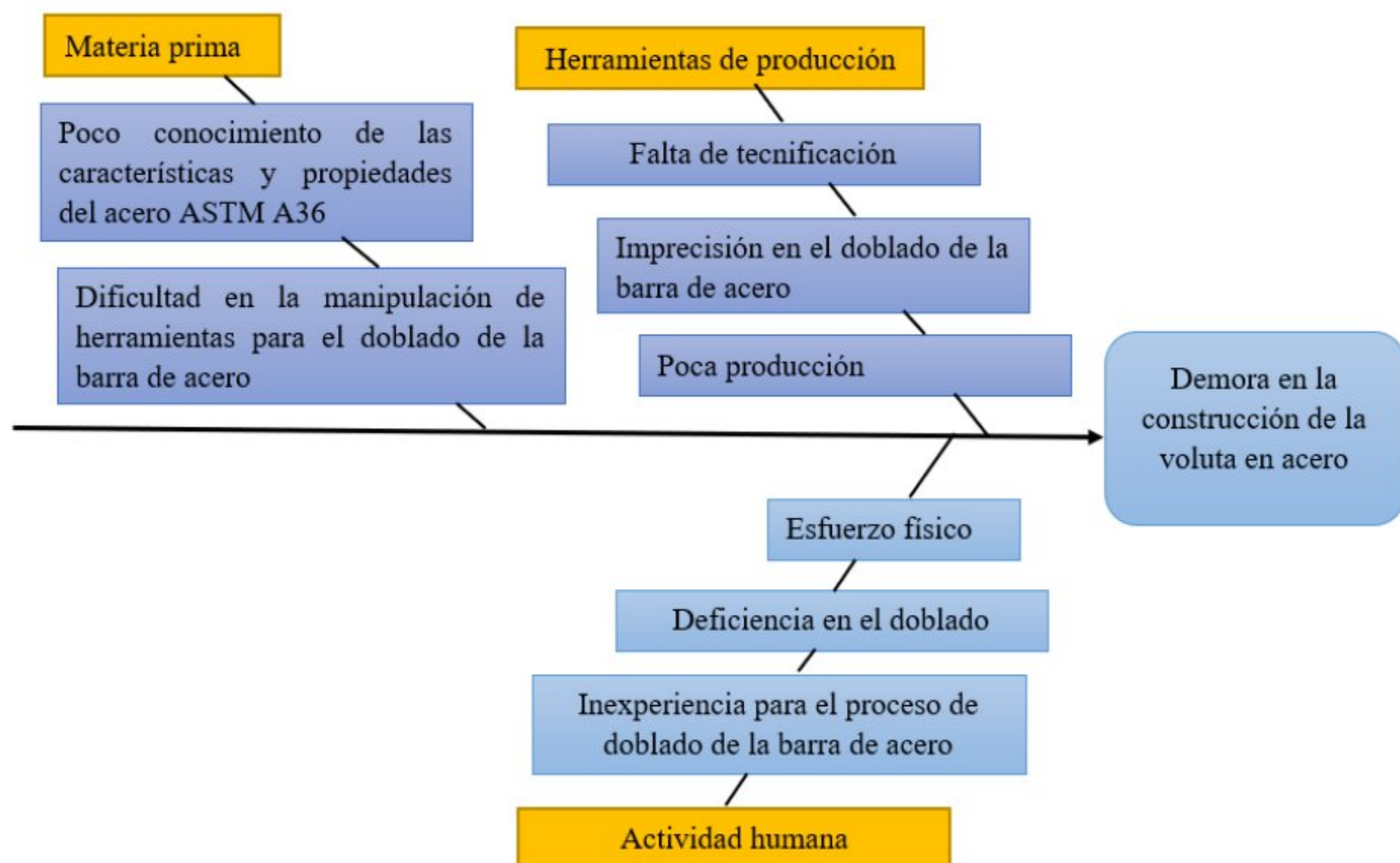


Figura 2.1. Matriz causa-efecto

#### 2.3.1. Formulación del problema:

Demora en la construcción de las volutas en acero, por ello demora en el tiempo de entrega de los trabajos solicitados por el cliente ya sea cerramientos o protecciones para puertas y ventanas.



## 2.4. BENEFICIARIOS

<b>Beneficiarios Directos</b>	<b>Beneficiarios Indirectos</b>
Sra. Rebeca Guishca y Familia  (3 personas)	La empresa “Pro Acero”  Trabajadores: 2 Hombres  1 Mujer
Postulantes: Chicaiza Edison,  German Patricio	

Tabla 1. Beneficiarios directos e indirectos del proyecto de investigación.

## 2.5. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta como característica principal el tiempo de demora para la entrega de los proyectos solicitados por el cliente y el esfuerzo físico del trabajador se ha visto en la necesidad de realizar una máquina semiautomática que realice las figuras en acero ASTM A36, según el proyecto de protección planteado anteriormente entre ambas partes (cliente – contratista) , acelerando el tiempo de construcción de todo el trabajo aproximadamente en un 80%, laborando las 8 horas diarias que trabaja el operario y realizando el mismo proceso con menos tiempo y esfuerzo físico.

El presente proyecto busca aumentar la producción de figuras de hierro en varilla cuadrada de hasta 11 mm, las mismas que se utilizan en protecciones de puertas y ventanas, de esta manera facilitar al operario tareas que requieren de tiempo y esfuerzo físico para obtener las figuras de acero, y que en la actualidad se hace de forma manual y por unidades.

Por medio de esta máquina semiautomática se va a disminuir el tiempo de fabricación de los proyectos establecidos por el cliente y el dueño de la empresa, así como también disminuyendo el tiempo de fabricación de las figuras y a la vez acelerando la construcción de estos proyectos.

Para el diseño y construcción de esta máquina se tomará en cuenta muchos factores que den viabilidad al requerimiento, puesto que la demanda existente en el mercado justifica los medios para este caso, un sector fructífero es lo que este proyecto puede encontrar para el

desarrollo de la industria dentro del campo de fabricación de figuras de acero para la metalmecánica.

La implementación de este sistema abarca una alternativa económica viable para las pequeñas y medianas industrias metalmecánicas, debido a que no está sometida al monopolio de las grandes industrias que están fuera de la localidad, en la actualidad son ellos quienes fabrican estas figuras y a la vez para su fabricación conlleva pérdida de tiempo y desgaste físico del operario, por lo que no se dispone de esta máquina, generando fuentes de empleo, aumentando así el aparato productivo del cantón en la producción a mayor escala, y a la vez será un aporte importante para los procesos industriales.

## **2.6. HIPÓTESIS**

El diseño y construcción de la máquina semiautomática permitirá disminuir tiempos de fabricación de volutas de acero, a tal punto de maximizar la producción de las mismas dentro de la empresa Pro-Acero, logrando aprovechar la producción en proyectos de manera más rápida y eficiente.

## **2.7. OBJETIVOS:**

### **2.7.1. Objetivo General**

- Diseñar y construir una máquina semiautomática moldeadora de figuras en hierro, mediante el empleo de tecnología local, para reducir el tiempo de fabricación y aumentar la productividad de la empresa Pro Acero ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

### **2.7.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar información en fuentes bibliográficas, libros y revistas, sobre las máquinas moldeadoras de figuras en acero.
- Seleccionar los distintos materiales y elementos para la máquina semiautomática.
- Construir la máquina semiautomática moldeadora de figuras en acero ASTM A-36.

## **2.8. SISTEMA DE TAREAS**

Objetivos	Actividades	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
<p>Recopilar información en fuentes bibliográficas, libros y revistas, sobre las máquinas moldeadoras de figuras en hierro.</p>	<p>Búsqueda de información mediante la ingeniería conceptual de las moldeadoras en acero existentes en el mercado y a la vez realizar una mejora en estos equipos.</p> <p>Indagación de los parámetros ideales para el moldeo en acero.</p> <p>Estudio de los métodos y tipos de máquinas empleadas para disminuir el tiempo de moldeo.</p>	<p>Escoger el tipo de maquina moldeadora a diseñar, mediante un cuadro comparativo de los diferentes tipos de máquinas moldeadoras.</p>	<p>Investigación documental y de campo</p>
<p>Diseño y selección de los distintos materiales y elementos para la máquina</p>	<p>Identificación de materiales utilizados en máquinas moldeadoras semiautomáticas.</p> <p>Selección de materiales y elementos eléctricos,</p>	<p>Conocimiento de las ecuaciones fundamentales para el diseño de la máquina semiautomática.</p> <p>determinar los</p>	<p>Investigación documental y de campo</p>

semiautomática.	así como mecánicos, aplicando la memoria de cálculo de materiales y la ingeniería en detalle, consiguiendo que el entendimiento sea más sencillo para los usuarios.	materiales indicados para la construcción de la máquina.	
Construcción de la máquina moldeadora de figuras en acero.	Implementación de una solución alternativa a las máquinas semiautomáticas moldeadoras de figuras en acero del mercado.  Ensamble estructural de la máquina semiautomática guiando en los cálculos y parámetros de diseño.	Diseño de los planos eléctricos y mecánicos con sus respectivas dimensiones reales de la máquina.  Recopilación de datos de optimización en el tiempo de moldeo.	Investigación experimental  Metodología cuantitativa

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1. ANTECEDENTES

En la actualidad la mayor parte de empresas buscan la manera de mejorar su imagen desde el punto de vista estético y de seguridad, esto garantiza un mejor marketing recurriendo así a trabajos en metalmecánica de sus cerramientos y protecciones con múltiples estilos en tamaño, forma, color y material.

Para conseguir estos trabajos con su respectiva ornamentación hay que tomar en cuenta los factores de riesgo en la obtención del producto final, esto conlleva tiempo y desgaste físico del ser humano en cada uno de los procedimientos previos a la obtención del trabajo final.

En el Ecuador, la mayor parte de pequeñas y medianas empresas utilizan métodos manuales, para moldear la barra cuadrada y obtener figuras en hierro más conocido como churos en la metalmecánica, por lo que dificulta la producción en grandes cantidades, careciendo del producto terminado en demandas de producción.

Al no tener máquinas importadas que permitan satisfacer la demanda del mercado por parte del consumidor, se opta por resultados poco decorativas.

Por tal motivo se desea diseñar y construir una máquina semiautomática para el moldeo de figuras en acero de barra cuadrada que sea eficaz y de fácil manipulación. Para el diseño se considerará aspectos que den buena viabilidad a lo requerido.

Para cumplir este propósito se establece una alternativa de solución correspondiente a los conceptos de diseño conceptual; se analiza las alternativas de solución poniendo en práctica criterios técnicos para la solución del problema.

### **3.2. MOLDEO (DOBLADO)**

El doblado es una técnica para cambiar de forma a un material específico, ya sea estas barras cuadas, redondas, platinas e incluso planchas, el doblado se lo realiza en radios de curvatura relativamente estrechos, superiores a 1,5 veces más del diámetro de las barras o tubos.

#### **3.2.1. Moldeado en Caliente**

Es un proceso utilizado para la deformación de materiales, que están a una temperatura elevada capaz de doblar o moldear el acero u otro material en cuestiones de segundos, llegando a tener un cambio notable el material de su forma inicial, incluso requiriendo menor esfuerzo físico por parte del operario, siendo así este método un poco más costoso que el moldeo en frío, por los gastos que genera llevar el material una temperatura elevada.

#### **3.2.2. Moldeado en frío**

Este proceso consiste en dar forma a un material específico, como puede ser platinas, planchas, entre otros materiales, aplicando cierta fuerza como de empuje, o de compresión para obtener el resultado deseado, sin modificar en gran medida el área transversal del

material, pero sí cambiando su forma inicial. Para este modelado se lo realiza a una temperatura ambiente, obligando a llevar siempre casi la misma temperatura, hasta el terminado final.

Este tipo de moldeado es uno de los más utilizados actualmente, ya que requiere menos costos para su fabricación o modo de empleo y obteniendo así resultados similares a la forja, incluso hasta mejores acabados.

Se utiliza el moldeado en frío para construir piezas pequeñas hasta piezas que pesan grandes toneladas, adicionalmente poseen una excelente estabilidad dimensional con troquel de altas cargas al momento del forjado y a la vez tiene buenas características de carga de tensión en el terminado del producto [3].

Para conseguir la construcción de una pieza o producto por medio del forjado en frío se debe realizar el doblado del metal laminado terminado y posteriormente su moldeado. Es un aspecto moderno de procesamiento de metales, donde se utilizan varios tipos de acción mecánica y por consiguiente se realiza el estampado y doblado, adquiriendo su forma final [4].

### **3.2.3. Materiales utilizados en el doblado o moldeado**

#### **3.2.3.1. Barras cuadradas de acero ASTM A-36**

Es un producto de acero laminado en caliente, cuya sección transversal es cuadrada con superficies completamente lisas, para su fabricación se utiliza la platina de grado E comercial y platina estructural ASTM A-36, con longitudes variadas bajo medida hasta 6 metros. Este producto se utiliza en ventanas, rejas, pasamanos, metalmecánica, puertas y carrocerías de vehículos [5].

Este tipo de material se comercializa en varias medidas, pero el que se utilizaran son de 8 mm y 9 mm.

#### **3.2.3.2. Barras redondas**

Es un producto de iguales características a las barras cuadradas, solo que su sección transversal es redonda, comercializándose en varias medidas igualmente, considerando para el moldeado barras de 8 mm y 10 mm.

### 3.2.3.3. Platinas

Son placas de metal planas en formas rectangulares de sección transversal parecida a una I, y muy utilizadas en la industria de la metalmecánica, utilizando así dentro de la misma en medidas de 12 y 19 mm por un espesor de 3, 4 y 6 mm.

### 3.3. TIPOS DE MOLDEADO EN FRIO

Existen algunos tipos de moldeado o doblado, pero a continuación detallaremos los más semejantes a nuestro proyecto:

Rolado

Doblado o curvado

#### 3.3.1. Rolado

El rolado en frío es una de las técnicas más usadas, ya que brinda una mayor dureza y resistencia al material, aunque a diferencia del rolado en caliente, este tiene un costo más elevado por ofrecer aquellas características.

Los aceros de alta resistencia mecánica pueden ser conformados en frío o en caliente, para los cuales existen recomendaciones de sus fabricantes para que no haya excesos que pueda terminar en concentración de esfuerzos los que, a su vez, generan daño en el material. Existen algunos métodos para conformar el material, pero hasta la fecha se habla de la roladora de 3 rodillos que es una de las mejores.

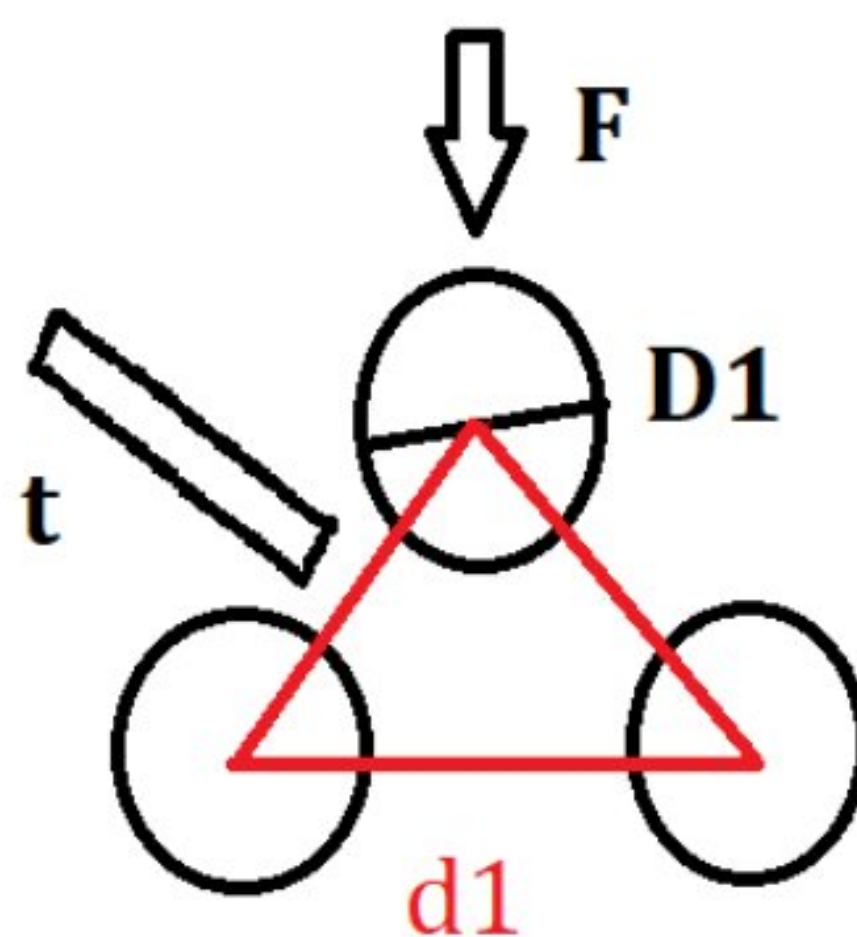


Figura 3.1: Esquematización de una máquina roladora de 3 rodillos.

### 3.3.2. Doblado

Es un proceso que requiere doblarse aun requerido diámetro de eje, y esta no debe presentar grietas, peor aún llegar a romperse. Teniendo muy en cuenta el radio mínimo de dobladura para ejercer dicha acción, ya que la barra o material a doblarse se manejan acorde a la resistencia y el diámetro de la barra.

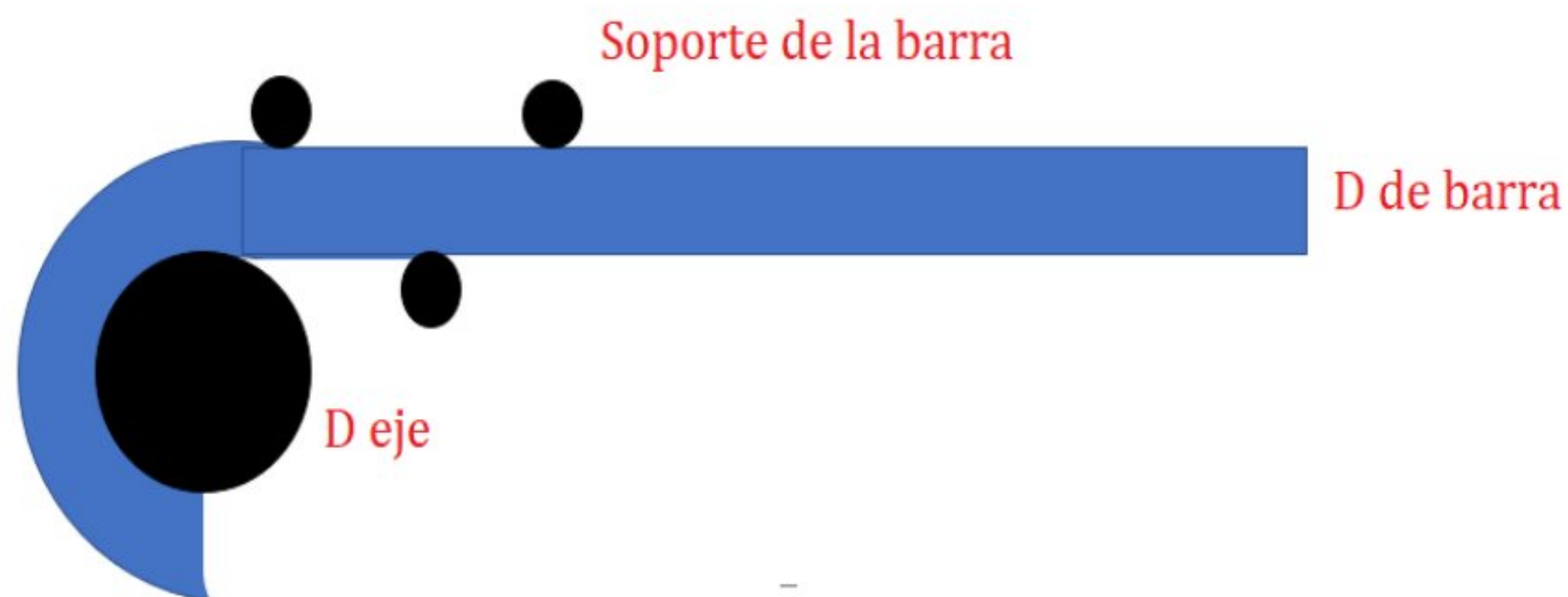


Figura 3.2: Esquemización de doblado de barras de acero

### 3.3.3. Matrices (Moldes)

los moldes y matrices son herramientas esenciales para la producción en serie en la fabricación actual, ambos son elementos clave en la fabricación, por ejemplo, los moldes se utilizan en el moldeo por inyección para darle forma a la resina, así como en la fundición, y las matrices se utilizan en la estampación. las técnicas actuales son capaces de crear moldes y matrices con precisión de micras, lo que contribuye a la producción en serie de productos con la misma forma y calidad, en una amplia gama. [1]

Dentro de la metalmecánica, en la actualidad se trabaja con moldes para dar forma a las volutas y obteniendo así una pieza, que más adelante en su trabajo diario, lo consideran parte del trabajo final.

### 3.4. VOLUTAS

las volutas vienen a ser figuras que al iniciar su trayecto empieza con diámetros pequeños, y al ir en su trayecto el diámetro cada vez se duplica, dando origen finalmente a una figura tipo caracol. El tamaño de la voluta puede ser acorde a la necesidad de cada usuario.

En los talleres de metalmecánica usualmente realizan este tipo de figuras muy a menudo, ya que, estas figuras han dado un toque muy elegante, en rejas, protecciones e incluso en puertas



de metal hasta el día de hoy, siendo una figura muy apreciada en la actualidad por clientes que optan por esos modelos rústicos.

### **3.4.1. Numero de Áureo (Numero de Oro)**

La proporción áurea, además de ser tomada como divina, obtuvo la fama de conseguir realzar la armonía y la belleza de los objetos o el arte. Por el auge de esta fama, a lo largo de la historia, la proporción áurea fue aplicada a innumerables proyectos de arquitectura o pintura. Algunos de estos proyectos se relacionaban con la iglesia y la religión cristiana, pero también aparecía en otros donde no existía una relación aparente. Aquellos artistas comprendieron en su momento que la proporción es un aspecto a cuidar ante el espectador, para ganar armonía y resaltar la belleza de las cosas. [2]

### **3.4.2. ¿Qué es el punto Áureo?**

El punto áureo es el punto de origen de una proporción áurea. Para que logres comprenderlo mejor, el punto áureo es el punto fuerte desde el que parte la espiral de oro. Este punto suele marcar dónde se puede centrar la atención en pintura, fotografía o diseño. [2]

### **3.4.3. ¿Qué es el número de oro?**

El número de oro, también llamado número áureo, es el número que expresa la relación que guardan los números en la secuencia de Fibonacci. Hablamos del número 1,618034. Es la base matemática sobre la que se construye la espiral de oro, que podemos relacionar visualmente con la proporción áurea. [2]

### **3.4.4. ¿Qué es el rectángulo áureo?**

Un rectángulo áureo es un rectángulo cuyos lados se rigen partiendo de la proporción áurea. Puede ser una herramienta muy práctica de proporción y composición, junto con la espiral de oro. [2]

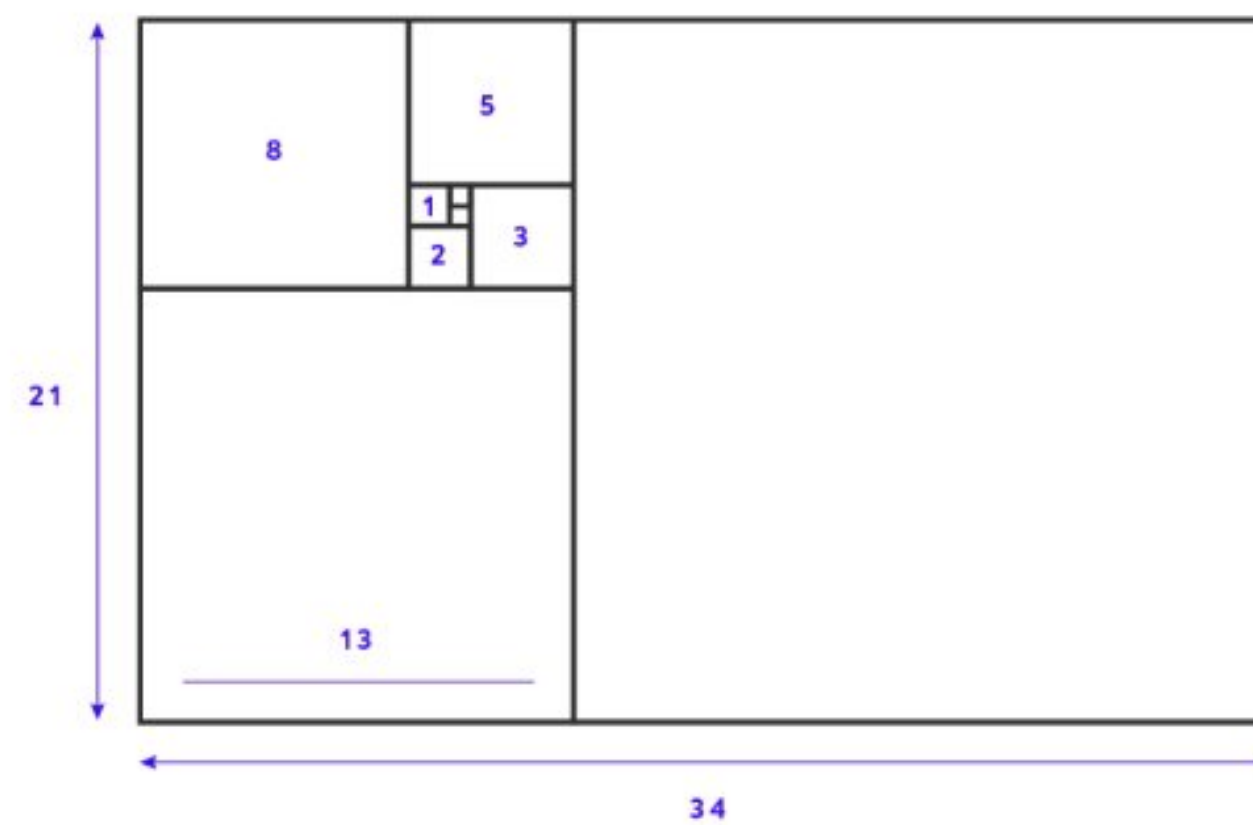


Figura 3.3. Rectángulo áureo [2]

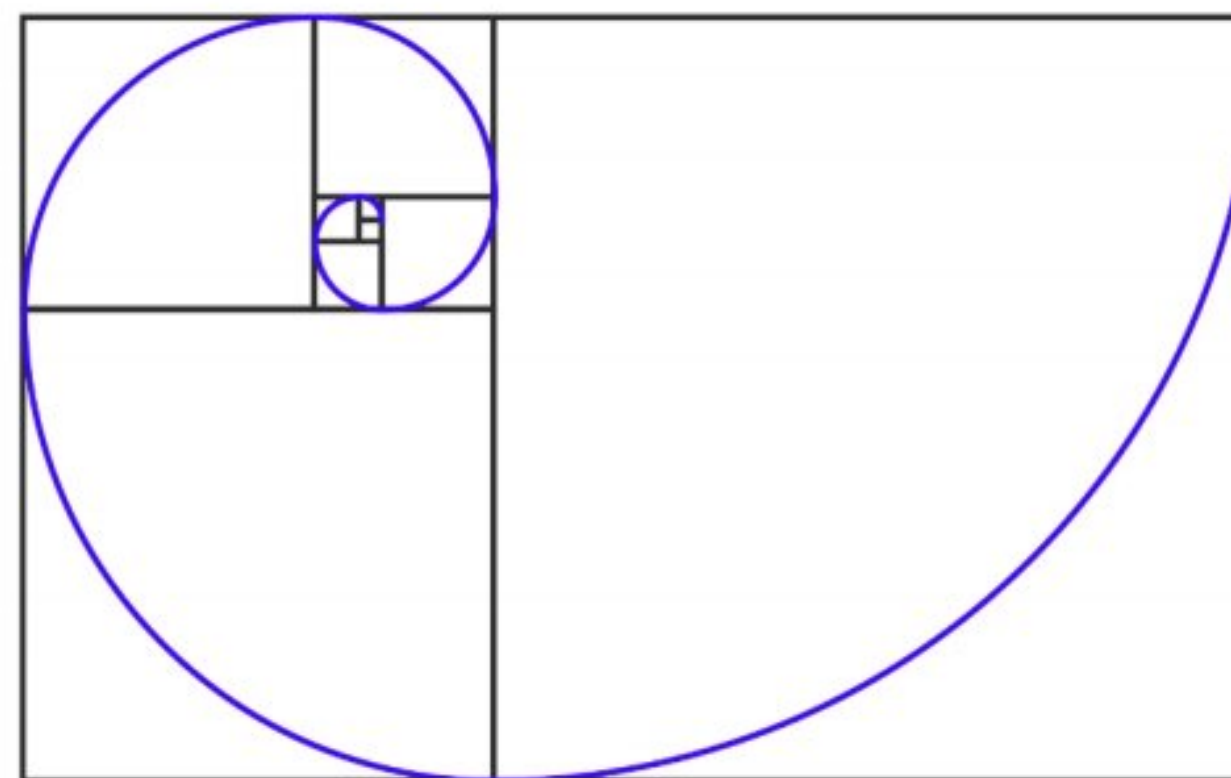


Figura 3.4. Espiral de oro [2]

### 3.5. MÁQUINAS QUE SE UTILIZAN PARA EL DOBLADO EN FRÍO

#### 3.5.1. Máquina dobladora de tipo manual de volutas.

En los talleres de metalmecánica se fabrican herramientas manuales, para que ayuden el proceso de doblado de volutas; Estas máquinas requieren de grandes esfuerzos físicos y generalmente se usa para producir figuras en pequeñas cantidades.



Figura 3.5. Máquina dobladora de tipo manual de volutas

### **3.5.2. Máquina plegadora**

También se le conoce como máquina plegadora, está construida para moldear y doblar planchas, y cualquier tipo de piezas de metal. En los inicios, la prensa dobladora utilizaba un sistema de engranajes guiados por una manivela. Posteriormente con el pasar del tiempo y con el avance de la tecnología se ha ido actualizando estos procesos, hasta llegar a manipular con accionamientos por transmisión, mejorando el manejo del metal y mejorando el acabado del material [5].

### **3.5.3. Prensas dobladoras**

Las ventajas de esta máquina son las siguientes: la velocidad y precisión.

Para dar energía al volante utilizan un motor eléctrico que juntamente con un embrague da movimiento a la manivela que controla el pistón de arriba abajo [5].

### **3.5.4. Prensas dobladoras mecánicas**

Se aplica fuerza sobre un cilindro que está lleno con presión de aire, utilizadas en trabajos que no requieren gran aplicación de toneladas y fuerza [5].

## **3.6. MÉTODOS DE DOBLADO DE TUBOS**

### **3.6.1. Doblado por compresión**

Para este método se sujeta la pieza de trabajo firmemente y se dobla sobre la forma circular de un dado estacionario, apoyándose con un rodillo seguidor. Existe más fuerza de compresión Máquinas dobladoras de barras de acero.

### **3.6.2. Máquina dobladora de barras tipo pesado GW45**

Esta máquina está conformada con interruptores con la capacidad de preconfigurarse en un ángulo de entre 0 y 180 grados. Posee un interruptor de control CNC o más conocido como interruptor de 2 pedales y tiene la capacidad de doblar el acero con precisión cumpliendo la operación de moldeado de una forma adecuada [10].



Figura 3.6. Máquina dobladora de barras tipo pesado GW45 [10]

### 3.6.3. Dobladora de barras de acero G40, dobladora de barras de refuerzo de engranajes de mesa

Esta máquina dobladora de barras de acero está compuesta por un sistema de arco de doblado de barras, su primordial función es la formación en tipo arco de hasta 360 grados de barras de acero para proyectos grandes de construcción [10].



Figura 3.7. Dobladora de barras de acero G40. [10]

### 3.6.4. Dobladora de barras de refuerzo de energía eléctrica automática RB25

Esta máquina modelo AR-25 tiene un rango de flexión de 6 a 25 (mm) con una velocidad de plegado de 22 piezas sobre minuto, la fuerza del motor es de 1.7 KW con una alimentación de del voltaje de entrada de 110 y 220 (V). Posee una rueda loca fija de 78 (mm) y una rueda loca giratoria de 94 (mm), adicionalmente la velocidad del motor es de 1440 rpm con un peso de 100 kg [10].



Figura 3.8. Dobladora de barras de refuerzo de energía eléctrica automática RB25 [10]

### 3.6.5. Máquina dobladora de varilla con mesa rotatoria

Esta máquina tiene la capacidad de doblar pesos estimados de 90 hasta más de 1360kg, y a la vez son unidades estacionarias construidas para uso de taller.

La función de esta máquina es doblar la varilla acorde a la forma deseada y los ángulos de dobles en mesas rotatorias son bastante variables que llega hasta los 185 grados, adicionalmente se pueden fijar de acuerdo con el cuadrante y en máquinas más actualizadas por medio de programas de control automático [7].



Figura 3.9. Máquina dobladora de varilla [7].

### 3.7. ELEMENTOS PRINCIPALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA

#### 3.7.1. Motor eléctrico

Es una máquina que tiene la capacidad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, este proceso se lo realiza por medio de las bobinas, las mismas que generan los campos magnéticos dentro del motor. Funciona con corriente alterna.

Algunos de los motores eléctricos son reversibles ya que también pueden transformar la energía mecánica en energía eléctrica, trabajando como generadores, las partes que las componen son el estator que es fijo y un rotor que gira dentro del estator, funcionando entre campos magnéticos por atracción y repulsión debido a las bobinas que están ubicadas en el rotor y estator.

Se alimenta con fluido eléctrico a las bobinas y estas crean los campos magnéticos, para el rotor se alimenta por medio del colector y las escobillas, el colector gira con el rotor y las escobillas son fijas en la carcasa.

Actualmente el motor eléctrico es una alternativa sustentable comparado con los motores de combustión y a la vez cumplen múltiples funciones. Es por ello que se tiene la expectativa y acorde al avance tecnológico, tengan la capacidad de propulsar un automóvil con velocidades similares a los de gasolina [11].



Figura 3.10. Partes de un motor eléctrico [11]

### 3.7.2. Reductor de velocidad

Se utilizan para tener un control variable del rpm en los motores eléctricos, ya que estos poseen velocidades demasiado altas mayormente reflejadas en los procesos industriales, con estos reductores de velocidad se puede obtener a la salida un menor número de rpm, aumentando el par de manera segura y eficaz y sin perder la potencia del motor.

Están contruidos con engranajes, que posee mecanismos circulares y dentados con tamaños geométricos especiales para la función en cada motor. También es considerado como un sistema de transmisión, que se caracteriza porque a la salida nos entrega una velocidad menor a la de entrada.

Las máquinas raramente funcionan con velocidades que entrega el motor, por ejemplo, velocidades de 1600, 1800 o 3600 rpm. Teniendo como finalidad disminuir estas velocidades a valores de 50, 60, 100 rpm, permitiendo el adecuado funcionamiento de las máquinas con potencia y fuerza agregada [12].

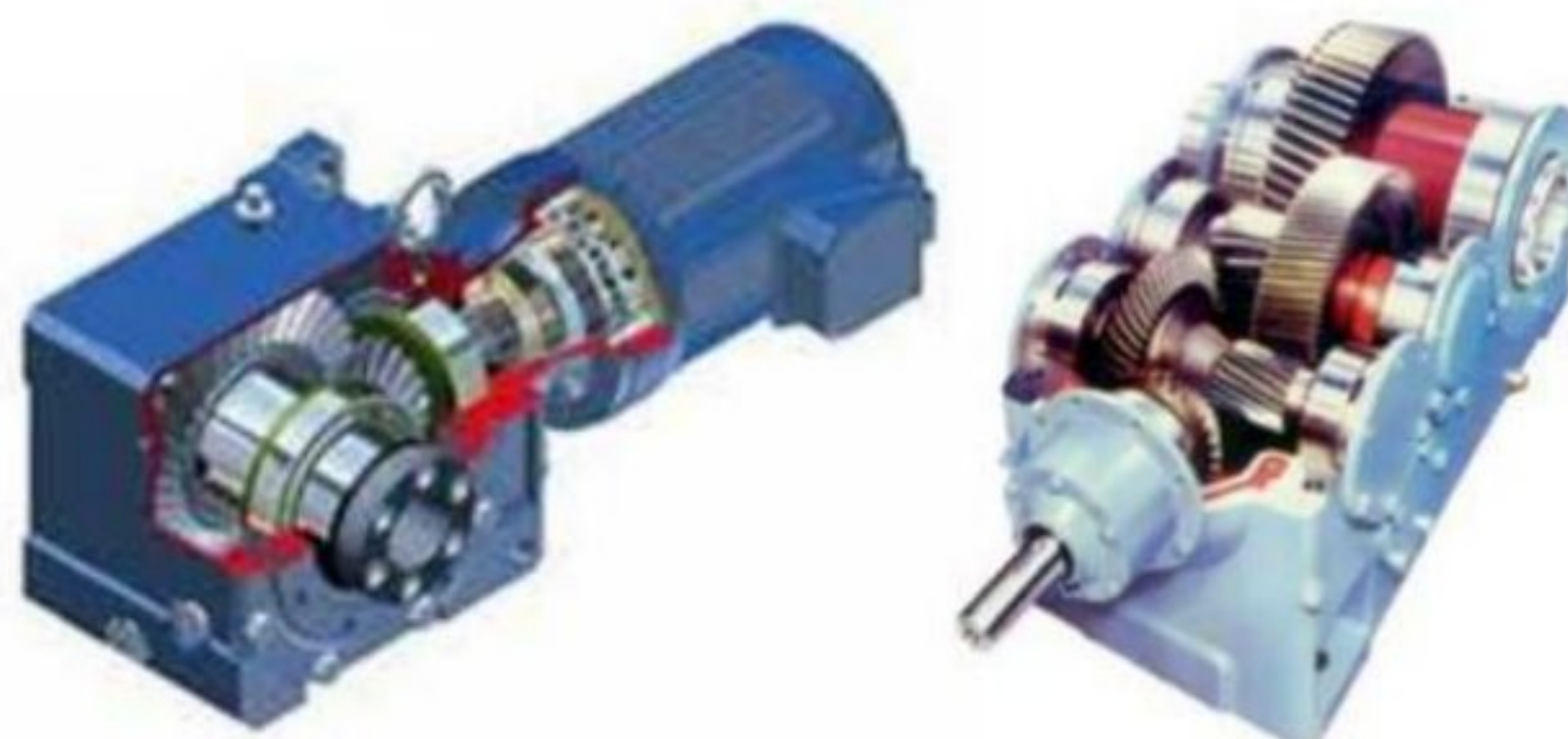


Figura 3.11. Reductores de velocidad [12]

### 3.7.3. Eje de transmisión

También conocido como árbol de transmisión, es un objeto axis métrico fabricado para cumplir la función de transmitir potencia. Son elementos muy importantes en las máquinas porque constituyen una parte primordial de las transmisiones mecánicas, considerado elementos ampliamente utilizados dentro de la gran diversidad de máquinas debido a su relativa simplicidad [7].

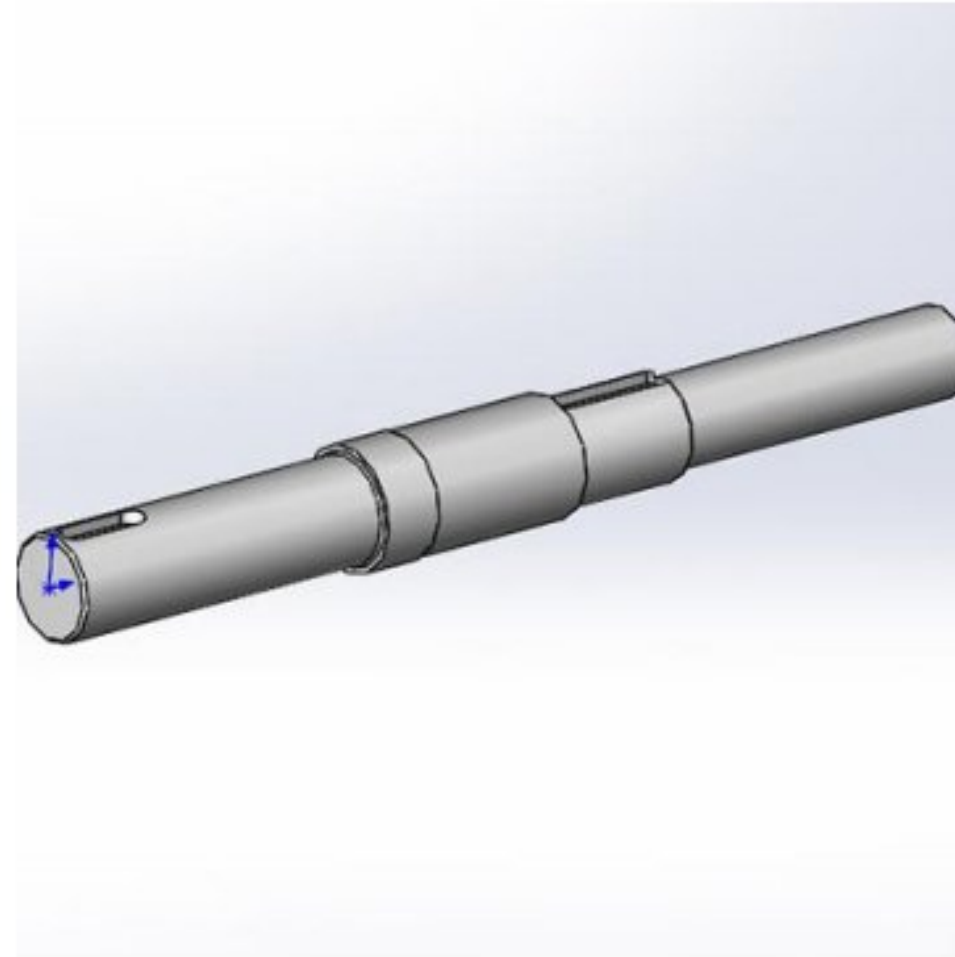


Figura 3.12. Eje de transmisión [13]

### 3.7.4. Chumaceras

Son rodamientos montados que tienen como función brindar apoyo a ejes de rotación y van instalados paralelamente al eje del árbol. Brindan gran apoyo a la rotación, debido a que su diseño es adecuado para el acoplamiento, trabajando con cargas ligeras hasta cargas pesadas.

Las chumaceras cuentan con un diseño auto lubricante, por lo que posee un depósito para acumular lubricante y de esta manera no necesita de constante lubricación extra para su correcto funcionamiento, evitando paradas innecesarias de mantenimiento para las mismas.

[13]





Figura 3.13. Chumaceras [13]

### 3.7.5. Chaveteros

Se le conoce como chaveteros al hueco que este mecanizado para piezas que se van a acoplar, en el hueco va instalado una chaveta que, una vez montado las piezas, evita que se deslicen una pieza sobre la otra.

Están normalizadas las medidas para las cotas del agujero de los chaveteros y existe diferencia entre las cotas empleadas para el agujero con las del eje [14]



Figura 3.14. Chaveteros [14]

## 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES

#### 4.1.1. Variable dependiente

Variables que representan el propósito de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.1. Variable dependiente

Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Tiempo	Tiempo empleado en el moldeo en Acero ASTM A36	S	Medición	Cronómetro, Temporizador del Logo 8.3.

#### 4.1.2. Variable independiente

Variables que influyen directamente en el progreso de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.2. Variable independiente.

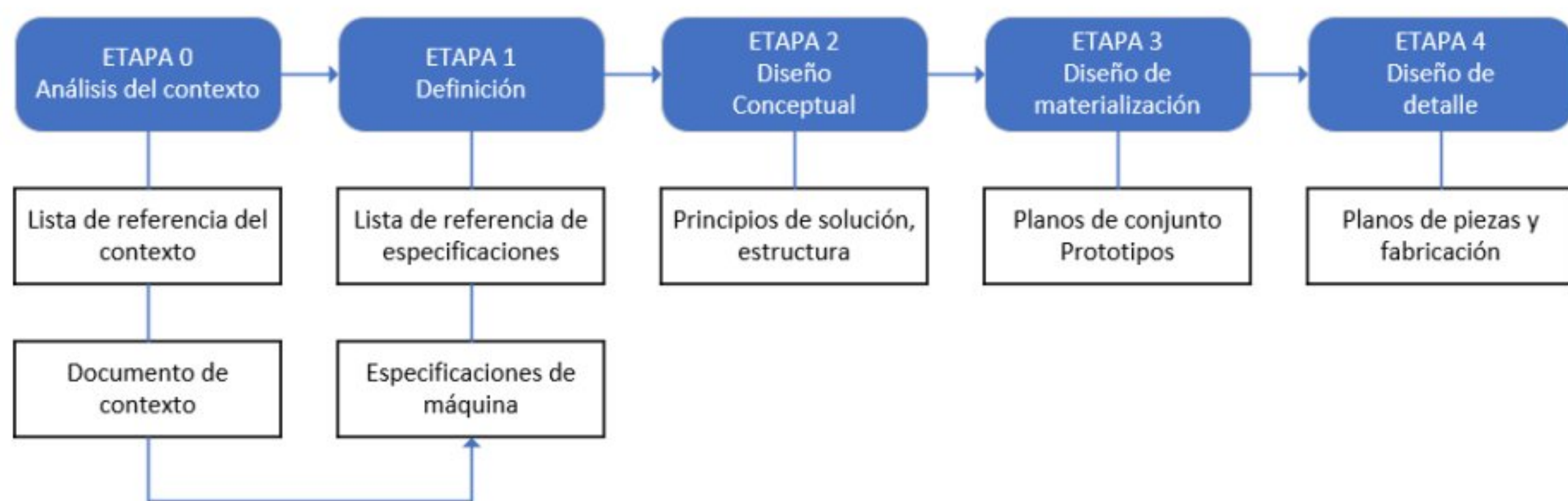
Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Área transversal del Acero ASTM A36	Esfuerzo requerido para el moldeo del acero	mm <sup>2</sup>	Medición	Calibrador, Flexómetro, catálogos, cálculos.

### 4.2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Dentro del diseño de máquinas la metodología de fases [15] es una de las más utilizadas y respaldadas por la literatura, por su gran aplicabilidad en los grandes y pequeños proyectos de los países desarrollados y en vías de la misma, se caracteriza por tratar el camino del diseño en secuencias bien definidas que permite una estructurada y ordenada construcción de la máquina, no obstante, este concepto no considera un aspecto muy importante al empezar el concepto de un diseño que es una evaluación del entorno o contexto donde se va ejecutar o

implementar el proyecto, razón por la cual muchas ideas han fracasado, ya que por más buen producto que se desarrolle si no se tiene un consenso de la situación el producto puede llegar a dar los resultados no esperados.

La metodología propuesta por María Elena Blanco Romero en su tesis doctoral “Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo”, propone una etapa adicional en la secuencia de fases antes de la etapa 1 que denomina Etapa 0, el cual se trata específicamente del análisis del contexto antes de empezar a definir la máquina (Figura 4.1.). En esta tesis se emplea esta metodología.



**Figura 4.1.** Secuencia de metodología de fases con características del contexto [15]

### 4.3. ETAPA 0.

#### 4.3.1. Análisis del contexto

**Tabla 4.3.** Características del contexto del proyecto

<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Necesidad para el propietario del taller	Moldear figuras en acero ASTM A36
Productividad manual	1 figura en 12 minutos
Productividad deseada	1 figuras en 4 minutos

Continuación:

Tipo de usuario (Operario)	La formación de los propietarios es Nivel Bachillerato en su mayoría, aunque hay dueños que tienen formación de Tercer Nivel.
Coste de las técnicas utilizadas actualmente	El coste es de un trabajador por hora en sueldo básico en el año 2022 equivale a \$1.77 dólares.
Precio que los usuarios están dispuestos a pagar	Los usuarios están dispuestos a pagar \$2000 dólares americanos
Precio de las maquinas similares existentes en el mercado internacional	El coste de una máquina está por \$3500 dólares.
Disponibilidad de la máquina en el mercado nacional	No se comercializan este tipo de máquinas por el elevado costo en el mercado internacional y los costos de aduanas que encarecen aún más el producto comercializable.
Disponibilidad de componentes en la zona y el país	Disponibilidad de todos los componentes en la zona por su cercanía con la capital y las industrias automotrices
Tecnología existente en el mercado nacional	Tecnología a la vanguardia, la mayoría de los talleres tienen la capacidad de torneear, fresar y fabricar piezas en un tiempo relativamente corto con requerimientos de precisión.
Aspectos Ambientales	Los talleres en su mayoría tienen cubierta y las condiciones climatológicas tienen casi nula incidencia en las labores.

## 4.4. ETAPA 1

### 4.4.1. Definición de la máquina

En base al análisis del contexto se propone las características del diseño que debe tener la máquina. En la columna de contexto de listan los parámetros más importantes que influyen en la elaboración de la máquina, es imprescindible detallar los indicadores más importantes que son requeridos obligatoriamente y los deseables que no son necesarios, pero si es posible se puede incluir, aunque esto no afectará la completa funcionalidad de la máquina (Tabla 4.4).

Tabla 4.4. Definición de las características generales de la máquina.

ESPECIFICACIONES	Máquina moldeadora de figuras	
Concepto	Descripción	R/D
Función	Moldear figuras	R
	Moldear 3 figuras por minuto	D
	Disponer de un sistema de control	R
	Moldear hasta una barra cuadrada ASTM A36 9 mm y platinas hasta 19*6mm.	R
Energía	Accionado por un motorreductor eléctrico trifásico 220VAC	R
Movimientos	10 RPM en el platillo doblador	R
	Un grado de libertad en todo el sistema	R
	Giro restringido por finales de carrera	R
Seguridad	Buen aislamiento eléctrico	R
	Protecciones de sobrecarga	R
	Protecciones de cortocircuito	R

	Puesta a tierra	R
	Protecciones para electrocuciones con un relé diferencial	D
Ergonomía	Indicadores, señaléticas que faciliten la operación	R
	Acceso a los componentes para el mantenimiento preventivo y correctivo.	R
	Dimensiones cómodas que produzca un mínimo esfuerzo al operario	
Materiales	Existentes en el sector y el país.	R
R: Requisito obligatorio, D: Requisito deseable puede variar.		

## 4.5. ETAPA 2

### 4.5.1. Diseño conceptual.

En esta parte de la metodología se detallan todos los pasos a seguir para el proceso de diseño y construcción de la máquina moldeadora de figuras, partiendo desde la selección apropiada de las dimensiones tipo de estructura, la ergonomía hasta los sistemas de control programables que comandarán una funcionalidad semiautomática a la máquina. En este apartado se manejan valoraciones a las variables definidas en la definición de la máquina para dimensionar la estructura, la forma y proyectar un diseño preliminar.

### 4.5.2. Selección de la forma y características.

Para la selección de la forma y las características de los componentes se basa en una tabla de alternativas que seguirán la forma de la tabla 4.5. En la primera columna se detallan las variables dependientes que se verán afectadas en función a las variables definidas en las columnas 3 y 4, X y Y respectivamente. Es importante aclarar que estas variables solo interfieren en el procedimiento de selección para la forma que definirá la máquina. La columna de ponderación  $F_n$  se coloca mediante una valoración de la importancia de la

necesidad en el diseño siendo 1 mínimo y 5 máximo, luego en las columnas de  $F_n \cdot X$  y  $F_n \cdot Y$  se multiplican el factor  $F_n$  con la característica X o Y correspondiente para luego sumar y obtener los resultados totales.

Tabla 4.5. Factores de ponderación

<b>FACTORES</b>	<b>Ponderación (<math>F_n</math>)</b>	<b>Característica X</b>	<b>Característica Y</b>	<b><math>F_n \cdot X</math></b>	<b><math>F_n \cdot Y</math></b>
Función	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Seguridad	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Ergonomía	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Tamaño	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Complejidad del diseño	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Materiales	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Tecnología	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
Costo	1-5	1- $F_n$	1- $F_n$	$X \cdot F_n$	$Y \cdot F_n$
<b>TOTAL</b>				$\Sigma(F_n X)$	$\Sigma(F_n Y)$

#### 4.5.3. Diseño estructural

En el diseño estructural se conceptualiza la forma que apoyará la consolidación de los elementos para la correcta funcionalidad.

#### 4.5.4. Diseño de componentes

Los componentes mecánicos se diseñan con el objetivo de ofrecer el moldeado requerido por el operario, para esto se emplea el diseño de mecanismo, grados de libertad, resistencia a las

cargas mediante cálculos analíticos y simulaciones en softwares especializados en el campo de diseño mecánico.

#### **4.5.5. Diseño del sistema de control**

La automatización en una máquina permite dotar de autonomía al dispositivo siendo éste capaz de tomar decisiones bajo ciertas condiciones preestablecidas por el diseñador, esto ayuda a disminuir la dependencia de un operario para ciertas tareas que requieren de una reacción rápida y colisionan en un error de precisión frecuente.

### **4.6. ETAPA 3**

#### **4.6.1. Velocidad de giro en la voluta**

La velocidad de giro se determina en base a las máquinas dobladoras de tubo existentes en el mercado nacional e internacional, se toma como referencia las dobladoras de estribo NARGESA ubicada en España, que distribuye maquinaria industrial, para grandes compañías como es Toyota, Nissan y entre otras grandes compañías a nivel mundial.

Las dobladoras fabricadas por esta empresa trabajan con una velocidad de salida que oscila entre 6 y 10 rpm. En la máquina propuesta se considerará una velocidad de salida de 9 rpm para trabajar con una velocidad media propuesta por tal empresa antes mencionada.

En el proyecto de titulación, “diseño y construcción de una máquina automática para el conformado en frío de volutas en varilla cuadrada de hasta ½ pulgada, para cerrajería ornamental” elaborado por, Silva Fuentes Henry Paul y Taris Ramos Jhoffre David, se considera una velocidad de operación de 6 rpm, para el moldeado de las figuras.

#### **4.6.2. Cálculo de la fuerza para el moldeado**

Se determina en base al acero de mayor área transversal que se moldeará con la máquina, en la tabla 5.3. se detalla el acero mencionado.



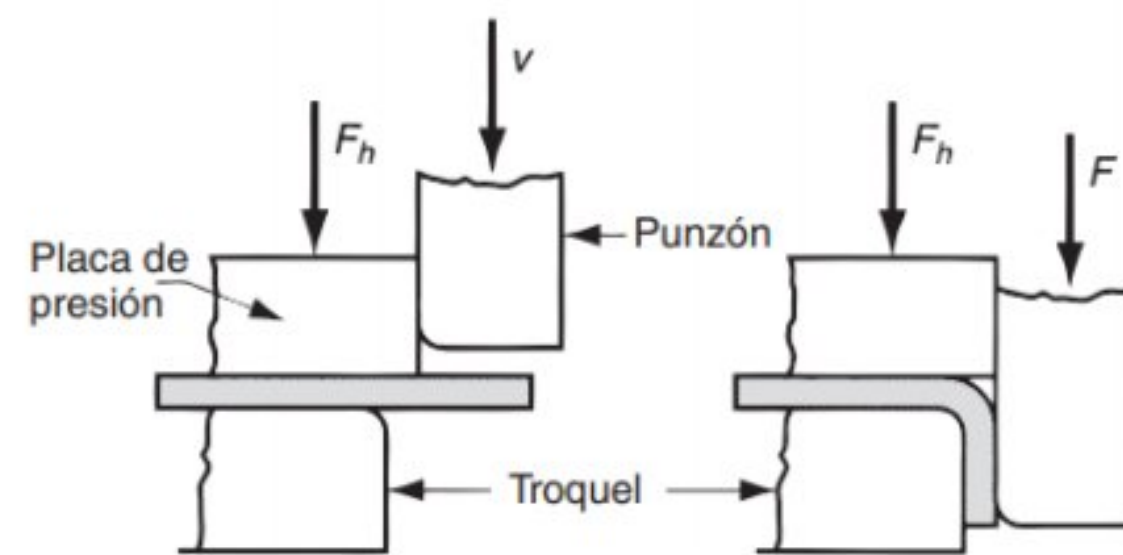


Figura 4.2. Doblado por voladizo [16]

El método de doblado por voladizo se involucra una carga voladiza sobre la barra o lámina de metal para ejecutar el moldeado, se emplea algún objeto con gran fuerza o un anclaje rígido para sostener la base pieza a moldear. En el moldeado de figuras se emplea el doblado por voladizo, no obstante, se muestra en la figura 4.2. el método de doblado. Existe un parámetro importante en el proceso de doblado y es el ancho del troquel, éste se determina de acuerdo a la figura 4.3.

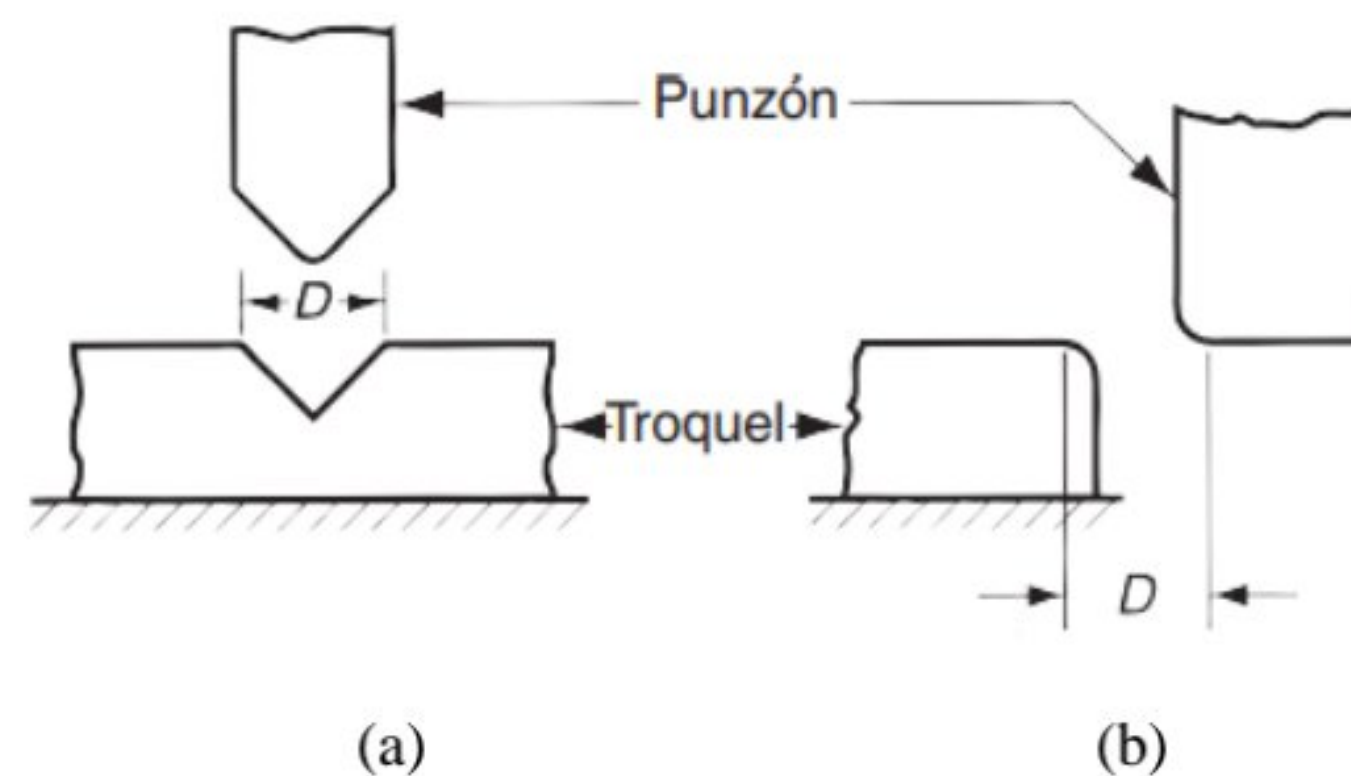


Figura 4.3. Dimensión de la apertura D del troquel (a) tipo V y (b) voladizo [16]

La distancia D de la troqueladora en el caso de la máquina moldeadora de figuras corresponde a la dimensión del radio que se ve en la figura 4.3. Para determinar dicha fuerza se emplea la ecuación 4.1 [16].

$$F = \frac{K_{bf} T S w t^2}{D} \quad (4.1)$$

Donde:

F = Fuerza del doblado en N o lb.

TS = Resistencia a la tensión del metal en lámina MPa o (lb/in<sup>2</sup>).

$w$  = Ancho de la pieza en la dirección del eje doblado en mm o (in).

$T$  = Espesor del material o pieza en mm o (in).

$D$  = Dimensión del troquel abierto en mm o (in).

$K_{bf}$  = Depende del doblado para tipo V  $K_{bf} = 1.33$  y en doblado de bordes  $K_{bf} = 0.33$ .

#### 4.6.3. Dinámica del movimiento de la voluta

El moldeado de las figuras se realiza bajo el concepto de movimiento circular tanto en procesos manuales como en mecanizados y es recomendable trabajar a bajas velocidades. El principio de funcionamiento es del tipo de doblado en voladizo, llevando este concepto a movimiento circular se puede moldear de dos maneras, primero con el movimiento circular del apoyo guía (apoyo guía de color negro figura 4.4) o el giro del disco soporte de la voluta (disco de color azul figura 4.4), la diferencia entre un sistema y el otro es la complejidad de implementación. Cuando se trata de acoplar un motor al mecanismo es mucho más conveniente que el disco soporte de la voluta gire y el apoyo guía sea estático, mientras que en procesos manuales es preferible invertir las funciones. En ambos casos el torque necesario no cambia si se toma como referencia el radio de separación entre estos dos elementos.

#### 4.6.4. Momento máximo para el moldeado

El momento se calcula sabiendo el radio del centro de giro hasta donde se ubica la masa inercial, en el caso de la dobladora el radio es equivalente a la distancia desde el centro del soporte de la voluta hasta el apoyo guía (estático) que se ubicará a la tangente del disco giratorio como se ve en la figura 4.4.

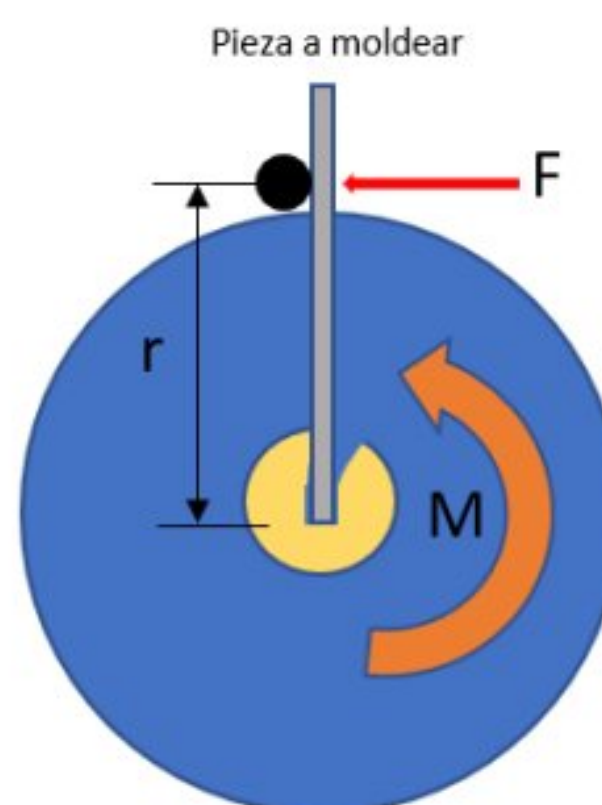


Figura 4.4. Sistema de moldeado

Y el momento o torque necesario para moldear la figura se determina mediante la ecuación 4.2. conociendo la fuerza del doblado y el radio.

$$M = Fr \quad (4.2)$$

Donde:

M = Momento necesario para el moldeo del acero Nm o lb-in

F = Fuerza del doblado en N o lb

#### 4.6.5. Fuerza para el moldeo en los distintos radios de la voluta.

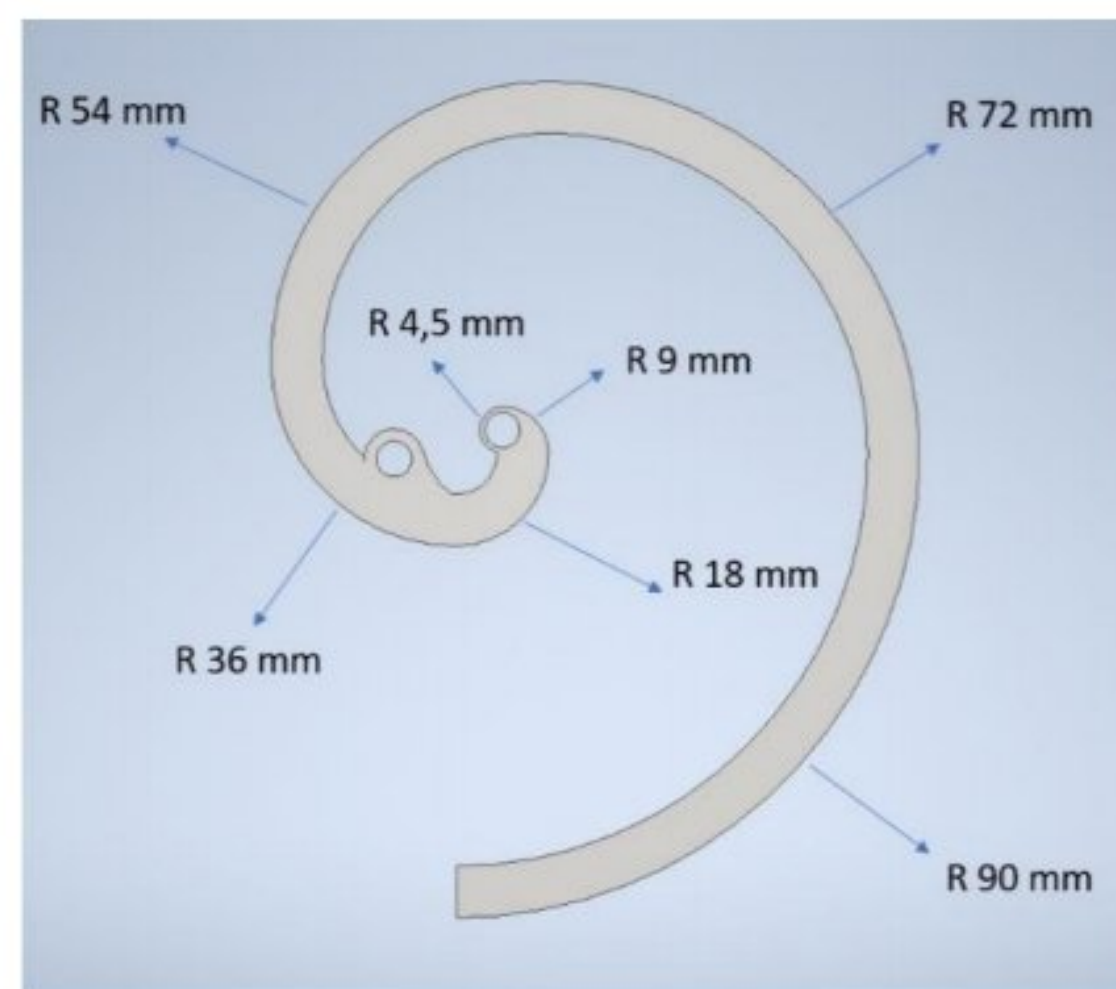


Figura 4.5. Radios para determinar la fuerza

Tomando como referencia los diferentes radios de la figura 4.5 se procede a calcular la fuerza resultante que se necesita para el moldeo en los radios establecidos, comenzando desde el radio más pequeño hasta terminar con el radio más grande. Mediante la ecuación 4.1.

#### 4.6.6. Torque máximo a partir de la fuerza resultante

Se procede a determinar el torque, conociendo la fuerza resultante de los diferentes diámetros de radios, mediante la ecuación 4.2.

#### 4.6.7. Potencia y torque máximo para el moldeo

Sabiendo la velocidad en rpm adecuado para el moldeo del acero se procede a determinar la potencia y el torque necesario para cumplir con el objetivo. Primero se determina la velocidad angular, luego el torque y finalmente la potencia requerida.

#### 4.6.8. Velocidad angular de giro

Se determina conociendo la velocidad de giro de la voluta:

$$\omega = \frac{n_{rpm} 2\pi}{60} \quad (4.3)$$

Donde:

$\omega$  = Velocidad angular en rad/s

$n_{rpm}$  = Velocidad de giro de la voluta en RPM

#### 4.6.9. Torque máximo requerido

El torque requerido del eje para realizar el moldeado es igual al momento que se determinó en la sección 4.7.

#### 4.6.10. Potencia del motor necesaria

La potencia necesaria en el eje se determina conociendo la velocidad angular en rad/s y el momento máximo requerido para el moldeado.

$$P = T\omega \quad (4.4)$$

Esta potencia es teórica puede variar dependiendo del sistema de transmisión que se coloque, por ejemplo, si éste es de reducción se debe determinar los nuevos torques en los 2 extremos de los componentes de transmisión y como el torque aumenta la potencia también se incrementará.

#### 4.6.11. Diseño de la flecha o eje giratorio

El libro de Shigley recomienda diseñar los ejes considerando si son giratorios o no giratorios y dependiendo de esa función dimensionar su diámetro en base a un análisis por fatiga o estático. Un eje no giratorio puede diseñarse con facilidad y analizarse como una viga estática, pero no justifica el mismo análisis a las flechas o ejes giratorios ya que éstas están sometidos a cargas que producen la falla por fatiga. La máquina para moldear figuras en acero ASTM 1018 transmitirá la potencia por una flecha (eje rotativo), por lo que el diseño de la misma debe basarse en el diseño por fatiga.

Cuando se diseña el eje por fatiga siempre es necesario considerar la falla estática en el primer ciclo de falla: El criterio de Soderberg evita de manera inherente la fluencia como se puede ver en su curva de falla de la figura 4.6. por lo tanto, se empleará este criterio para el diseño de la flecha en la máquina moldeadora.

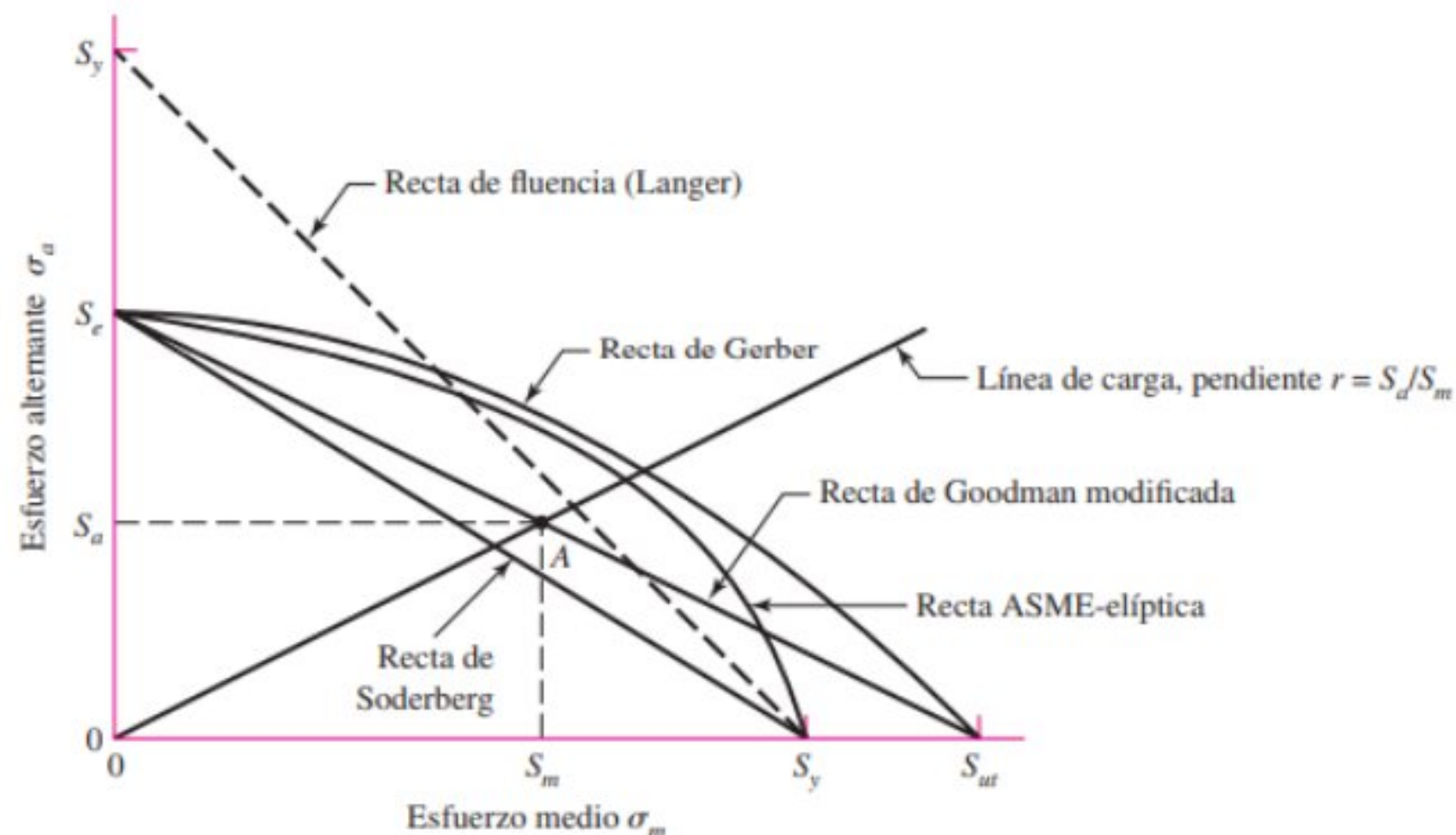


Figura 4.6. Diagrama de fatiga y criterios de falla [17]

Cuando se emplea el criterio de Soderberg no es necesario realizar ninguna comprobación adicional con los esfuerzos alternantes y medio que se aprecian en la figura 4.6. porque la recta del criterio en mención se mantiene en toda su trayectoria por debajo de la recta de fluencia.

#### 4.6.11.1. Diseño del Eje por el Criterio de Soderberg

La flecha de la moldeadora será un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible y la torsión es constante, por lo que en Shigley recomienda que los términos  $M_m$  y  $T_a$  pueden igualarse a 0, aplicando esto, la ecuación 7-14 pág. 357 de Shigley puede simplificarse y expresarse como:

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[ 4(K_f M_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} \left[ 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\} \right)^{1/3} \quad (4.5)$$

Donde:

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de la máquina.

$S_{yt}$  = Límite de resistencia a la fluencia.

$K_f$  = factor de concentración de esfuerzo por fatiga en cargas a flexión.

$K_{fs}$  = factor de concentración de esfuerzo por fatiga en cargas a Torsión.

$M_a$  = Amplitud del momento.

$T_a$  = Amplitud de la torsión en cargas alternantes.

$M_m$  = Componente del momento medio en cargas alternantes.

$T_m$  = Componente medio de torsión.

#### 4.6.11.2. Factores concentradores de esfuerzo

El diseño de ejes por fatiga depende en gran medida de los concentradores de esfuerzo  $k_f$  y  $k_{fs}$  que derivan de un factor teórico concentrador de carga  $k_t$  y  $k_{ts}$  respectivamente (3-48 Shigley) que se refiere a discontinuidades y sensibilidad a la muesca en carga estática y se determina de acuerdo a las tablas A-15 del libro Shigley, no obstante, se adjuntan las tablas en anexo A.

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad (4.6)$$

$$k_{fs} = 1 + q_{cortante}(k_{ts} - 1) \quad (4.7)$$

Donde:

$K_f$  = factor de concentración de esfuerzo por fatiga en cargas a flexión.

$K_{fs}$  = factor de concentración de esfuerzo por fatiga en cargas a Torsión.

$q$  = Sensibilidad a la muesca en flexión Anexo B.

$q_{cortante}$  = Sensibilidad a la muesca en torsión.

$K_t$  = Concentrador de carga en flexión.

$K_{ts}$  = Concentrador de carga en torsión.

La sensibilidad a la muesca  $q$  y  $q_{cortante}$  se determinan con las gráficas del anexo B, donde se puede obtener conociendo el radio de la muesca, pero como aún no se tiene esta medida se debe considerar un radio pequeño

Los factores concentradores para una primera iteración se consideran el peor de los casos, y se toma como referencia los valores que recomienda en el libro de Shigley que se pueden apreciar en la tabla 4.6. luego cuando se tiene el diámetro, se procede a determinar  $K_t$  y  $K_t s$  con medidas reales mediante las tablas adjuntas en Anexo A y se determina el factor de seguridad por el criterio de Soderberg, despejando de la fórmula principal de diseño.

Tabla 4.6. Resumen de concentradores de esfuerzos

Propiedades	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ( $r/d = 0.02$ )	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ( $r/d = 0.1$ )	1.7	1.5	1.9
Cuñero de fresado ( $r/d = 0.02$ )	2.2	3.0	-
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	-	-
Ranura para anillo de retención	5.0	5.0	5.0

#### 4.6.11.3. Límite de Resistencia a la Fatiga $S_e$ .

El límite de resistencia a la fatiga se determina mediante la ecuación 4.6. que involucra varios factores que modifican a la resistencia del eje.

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (4.8)$$

El valor  $S'_e$  se determina con la ecuación 4.7. en donde se condicionan en función de la resistencia última del material a emplear.

$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ kpsi} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases} \quad (4.9)$$

$k_a$  = Factor de modificación de la condición superficial.

$k_b$  = Factor de modificación del tamaño.

$k_c$  = Factor de modificación de carga.

$k_d$  = Factor de modificación de la temperatura.

$k_e$  = Factor confiabilidad.

$k_f$  = Factor de modificación de efectos varios.

$S'_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

$S_e$  = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

### Factor de modificación de la condición superficial $k_a$

Se determina tomando en consideración el acabado superficial de la viga rotatoria, que puede estar pulida, fresada o simplemente fundida.

$$k_a = aS_{ut}^b \quad (4.10)$$

Donde  $S_{ut}$  es la resistencia a la tensión y los valores de  $a$  y  $b$  se encuentran en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Factor  $a$  y exponente  $b$

Acabado Superficial	Factor $a$		Exponente
	$S_{ut}$ (kpsi)	$S_{ut}$ (MPa)	$b$
Esmerilado	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

### Factor de modificación del tamaño $k_b$

Se puede calcular con la ecuación 4.9. una vez obtenida el diámetro para una primera iteración se considera un valor de 1.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 \leq d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 \leq d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (4.11)$$



Para cargas axiales  $K_b$  es igual a 1, porque no hay ningún efecto en el tamaño.

#### **Factor de modificación de carga.**

El factor que modifica la carga en vigas rotativas se considera de la siguiente ecuación, dependiendo que tipo de carga es el máximo se toma el de menor valor.

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases} \quad (4.12)$$

#### **Factor de modificación de la temperatura $k_d$**

La temperatura de operación en un eje rotatorio también es imprescindible considerar ya que conforme va aumentando la resistencia se ve disminuido. Una manera sencilla de encontrar este factor es mediante las tablas que se adjuntan en Anexo C, que tratándose de una temperatura relativa se representa como  $S_T/S_{RT}$ .

#### **Factor de confiabilidad $k_e$**

El análisis del factor de confiabilidad se determina con la tabla que se ubica en anexo C.

#### **Factor de modificación de efectos varios**

Los efectos para reducir la vida útil de un eje se pueden modificar aún más por los efectos de la condición natural que la ciencia aún no ha detectado. En la mayoría de los casos cuando los factores anteriores estudiados logran satisfacer las condiciones más extremas que podrían afectar a la vida útil del material, sin embargo, para que un avión vuele con seguridad y un submarino garantice la profundidad máxima se debe considerar un análisis riguroso de este factor. En el diseño de la máquina sembradora no involucra mayores afectaciones así que se considerará un valor de  $k_f = 1$ . En este punto vale recalcar que  $K_f$  de efectos varios no tiene nada que ver con el parámetro factor de concentración de esfuerzo  $K_f$  y  $K_f s$ .

#### **4.6.12. Selección de rodamientos y chumaceras**

La vida nominal del rodamiento según la norma ISO 281 se determina con la ecuación 4.11, y 4.12 [18].

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (4.13)$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} * L_{10} \quad (4.14)$$

Donde:

$L_{10}$  = vida nominal básica con una confiabilidad de 90% (millones de revoluciones)

$L_{10h}$  = vida nominal básica con una confiabilidad de 90% (horas de funcionamiento)

$C$  = Capacidad de carga dinámica básica en kN.

$P$  = Carga dinámica equivalente en el rodamiento kN.

$n$  = Velocidad de giro en RPM.

$p$  = Exponente de la ecuación de la vida  $p = 3$  para los rodamientos de bolas y  $p = 10/3$  para rodamientos de rodillos.

#### 4.6.13. Sistema de transmisión

Los sistemas de transmisión permiten que la potencia mecánica se transmita desde un punto al otro con ciertas relaciones que permiten variar la velocidad y el torque de acuerdo a los requerimientos del diseño. Las cadenas se emplean para manejar grandes torques de arranque donde los deslizamientos no son deseables, mientras las correas también son muy utilizadas en una variedad de máquinas. Para calcular la relación se basan en los diámetros de las poleas o Sprockets en el caso de la transmisión por cadena y la velocidad de giro en cada una de ellas. La fórmula 4.13 se emplea para sistemas de transmisión por poleas, cadenas y engranes ya que en todas ellas se usan las mismas variables para definir las relaciones figura 4.7.

Las relaciones de transmisión se determinan con la ecuación 4.13, mediante el cual se puede obtener los diámetros y las velocidades, no obstante, también es muy importante considerar la relación de transmisión que comúnmente se identifica con la letra  $i$ , esta relación se detalla en la ecuación 4.14.

$$i = \frac{W_s}{W_e} \quad (4.15)$$

$$i = \frac{Z_e}{Z_s} \quad (4.16)$$

Donde:

$i$  = Relación de transmisión.

$W_s$  = Velocidad de giro de salida (RPM o rad/s) sprocket o rueda dentada.

$W_e$  = velocidad de giro de entrada (RPM o rad/s) sprocket o rueda dentada.

$Z_e$  = número de dientes del sprocket de entrada. (Conducido)

$Z_s$  = número de dientes del sprocket de salida. (motriz)

Si  $W_s$  corresponde a la rueda motriz, la relación de transmisión  $i$  es mayor que 1 cuando el sistema es reductor, y es menor que 1 cuando el sistema es amplificador.

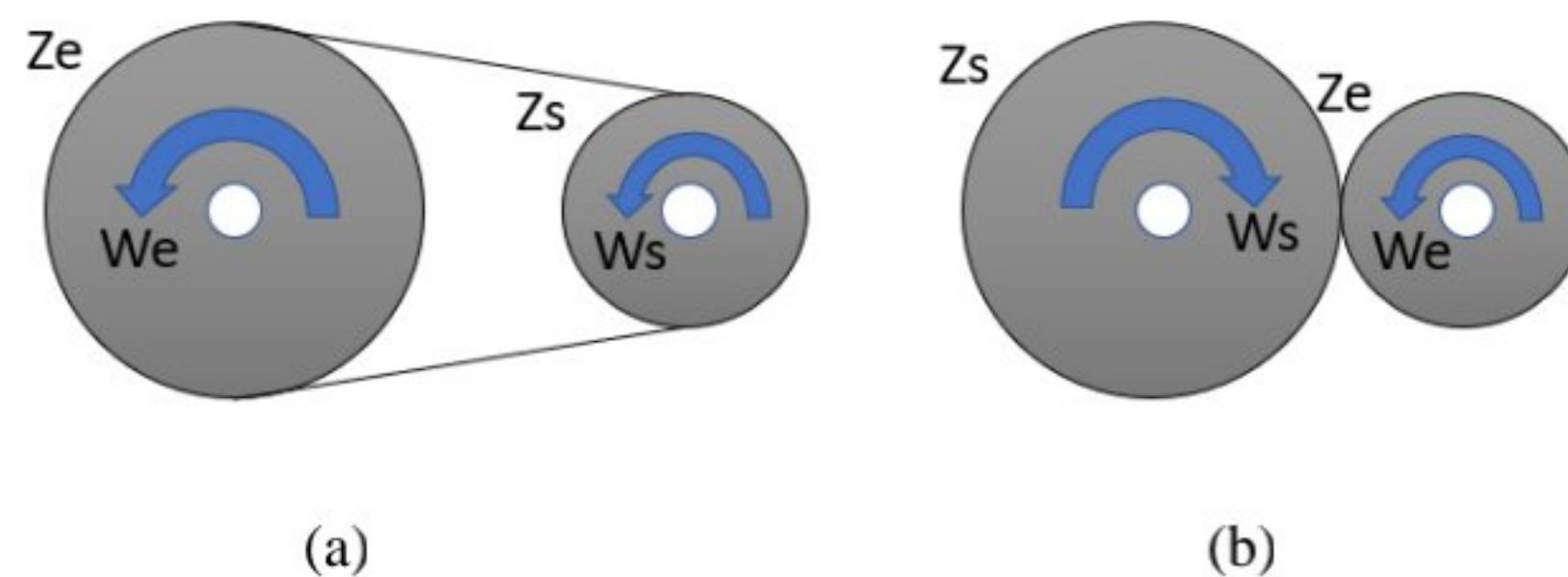


Figura 4.7. Sistemas de transmisión (a) cadenas (b) ruedas dentadas

#### 4.6.14. Selección de los Sprockets y cadenas de transmisión

La selección de las cadenas y Sprockets se aplica de acuerdo a la metodología recomendado en el catálogo MARTIN [19] para eso ya se debe contar con los datos de la potencia a transmitir, los RPM del Sprocket motriz y el Sprocket conducido el diámetro del eje y la distancia entre centros, se deben seguir los siguientes pasos.

1. Determinar el factor de servicio en la tabla del anexo D.
2. Determinar la potencia de diseño.
3. Selección del Sprocket adecuado desde la tabla de selección rápida adjunta en anexo D.
4. Verificar que la brida y el Sprocket de selección sea adecuado para el eje.

$$DHP = P_{motriz} * f_s \quad (4.17)$$

Donde:

$DHP$  = potencia de diseño.

$P_{motriz}$  = Potencia del motor a transmitir.

$fs$  = Factor de servicio.

Es importante tomar en consideración el peso de la cadena, anexo D tabla D.3.

#### 4.6.14.1. Longitud de cadena en pasos o eslabones

$$L = 2C + \frac{N + n}{2} + \frac{0.1013(N - n)^2}{4C} \quad (4.18)$$

Donde:

$C$  = Distancia entre centros de los Ejes en Pasos

$L$  = Largo de cadenas en pasos

$N$  = Número de dientes en el Sprocket Mayor

$n$  = Número de dientes en el Sprocket Menor

$$C = \frac{\text{Distancia entre centros en pulgadas}}{\text{Paso de la cadena (pulgadas)}} \quad (4.19)$$

#### 4.6.15. Sistema de control

Una máquina puede funcionar con mecanismos que permitan realizar cierta acción, pero en el caso de la moldeadora el número de giro y el tiempo de retroceso es importante considerar por lo que se implementa un controlador lógico programable Logo 8.3 ver figura 4.8.

Este PLC permitirá programar las instrucciones necesarias para que la máquina funcione bajo las condiciones requeridas. El dispositivo Logo 8.3 tiene alimentación VAC 80-250V, dispone de 8 entradas digitales y 4 salidas digitales tipo relé y se puede programar con el software Logo Soft 8.3 mediante un cable UTP-Ethernet. Se considera las siguientes condiciones de funcionamiento que gobernará el PLC Logo 8.3.



Figura 4.8. Controlador Logo 8.3

- La máquina debe tener 2 modos de operación, manual y automático.
- En el modo automático la máquina debe empezar a operar cuando el operario presione un pulsador y moldear el acero hasta el tope de un final de carrera y retroceder por un segundo de tiempo para permitir la extracción de la figura moldeada.
- En el modo manual el operario tendrá el control de giro mediante un pedal tipo pulsador, la voluta del moldeo solo entrará en funcionamiento mientras se presione el pedal ver figura 4.9.



Figura 4.9. Pedal eléctrico tipo pulsador para control manual

## 4.7. ETAPA 4

### 4.7.1. Construcción de la maquina

La máquina moldeadora de figuras está compuesta de 4 sistemas como es:

- Sistema estructural
- Sistema de doblado
- Sistema de transmisión de potencia
- Sistema eléctrico o sistema de control.

Siendo este el orden por el cual se debería empezar a construir la máquina.

#### 4.7.2. Proceso de soldadura SMAW

Este proceso de soldadura por arco, se lo realiza con un electrodo revestido, es el más utilizado, abarcando algunas técnicas de aplicación. Siendo este electrodo consumible y limitado al formar cordones de soldadura. Utilizando electrodo revestido 6011 y 6013 para este caso.

## 5. ANÁLISIS, COMPARACIÓN Y DECISIÓN DE LAS CONDICIONES DE DISEÑO

Se procede con la selección de los sistemas de ejes, sistemas de transmisión

Tabla 5.1. Análisis de selección del eje

FACTORES	Ponderación (Fn)	Horizontal	Vertical	Fn*X	Fn*Y
Función	5	3	5	15	25
Seguridad	5	3	4	15	20
Ergonomía	4	2	4	8	16
Tamaño	4	2	3	8	12
Complejidad del diseño	5	5	4	25	20
Materiales	4	3	4	12	16
Tecnología	5	4	4	20	20
Costo	5	4	4	20	20
<b>TOTAL</b>				123	149

En el análisis de selección del eje de la tabla 5.1, se toma en consideración dos posiciones horizontal y vertical, para el posicionamiento del eje, en el cual se consideran factores de ponderación que analizan los diferentes aspectos, que, permiten definir la ubicación final que tendrá el eje, en este caso tomando como referencia la puntuación más alta, siendo el eje vertical el de mayor puntaje.

Tabla 5.2. Análisis selección del sistema de transmisión

FACTORES	Ponderación (Fn)	Transmisión por cadena	Transmisión por banda	Fn*X	Fn*Y
Función	5	4	4	20	20
Seguridad	4	4	3	16	12
Ergonomía	4	3	2	12	8
Tamaño	4	4	2	16	8
Complejidad del diseño	5	5	4	25	20
Materiales	4	4	3	16	12
Tecnología	5	4	4	20	20
Costo	4	4	2	16	8
<b>TOTAL</b>				<b>141</b>	<b>108</b>

En el análisis de selección del sistema de transmisión de la tabla 5.2. llegando a la conclusión que para nuestro caso de diseño y construcción de la máquina semiautomática es más adecuado utilizar el sistema de transmisión por cadena, ya que la misma obtuvo la ponderación más alta, acorde a la necesidad de implementación.

Tabla 5.3. Análisis de selección del motorreductor o motor con poleas

<b>FACTORES</b>	<b>Ponderación (Fn)</b>	<b>Motor motorreductor</b>	<b>Motor con poleas</b>	<b>Fn*X</b>	<b>Fn*Y</b>
Función	5	4	4	20	20
Seguridad	4	5	4	20	16
Ergonomía	4	5	3	20	12
Tamaño	4	4	3	16	12
Complejidad del diseño	5	5	4	25	20
Materiales	4	3	4	12	16
Tecnología	5	4	3	20	12
Costo	4	4	4	16	16
<b>TOTAL</b>				<b>149</b>	108

El análisis de selección del motorreductor o motor con poleas en la tabla 5.3, en base a la ponderación obtenida, seleccionamos el motorreductor con el valor más alto.



## 5.1. DISEÑO CONCEPTUAL

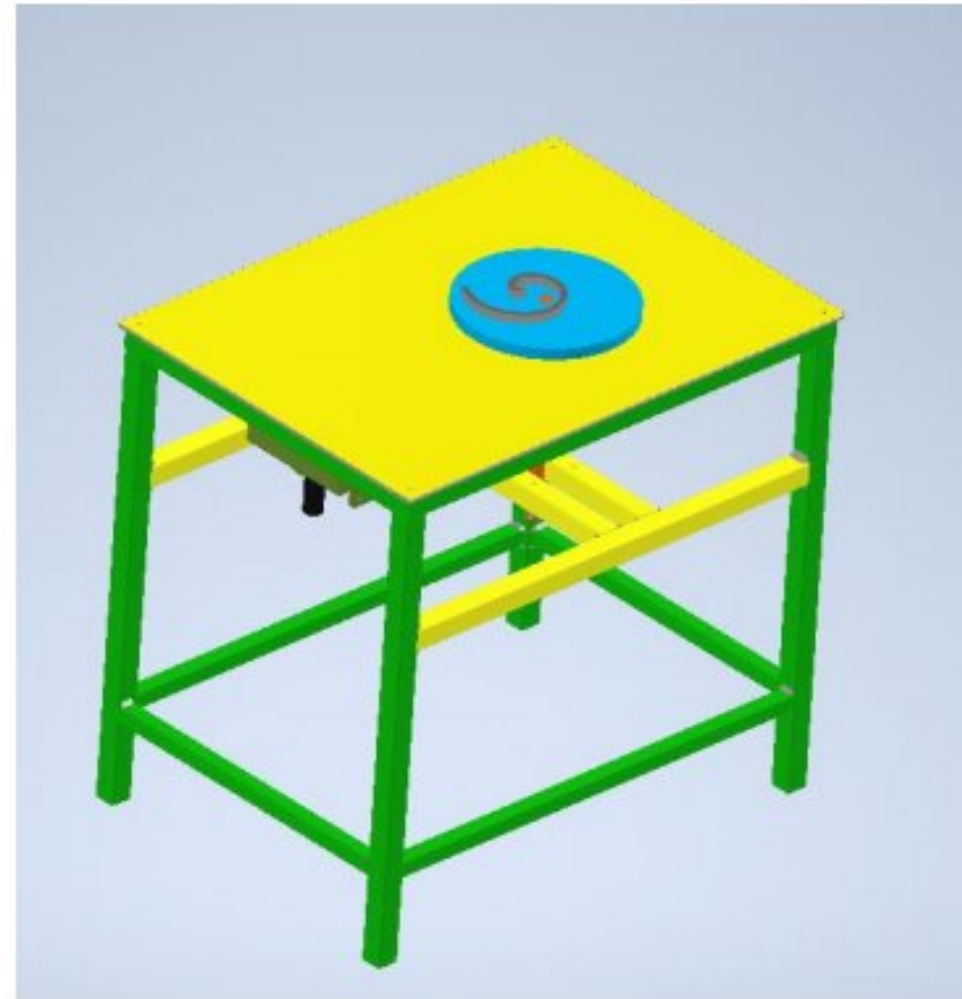


Figura 5.1. Diseño conceptual de la máquina

La máquina se diseña en Software Autodesk Inventor Student para tener un bosquejo preliminar y tener como guía de diseño.

## 5.2. VELOCIDAD DE GIRO EN LA VOLUTA

La velocidad de giro es un aspecto primordial para el buen funcionamiento de la máquina formadora de figuras, este parámetro se puede obtener mediante estimaciones de producción deseadas, sin embargo, el método podría arrojar resultados de velocidades que no garanticen el buen funcionamiento, por ello se ha tomado como referencia las velocidades más comunes con las cuales trabajan las máquinas dobladoras de tubos fabricadas por distintas empresas, por ejemplo, la reconocida empresa NARGESA fabrica dobladoras para empresas como Toyota, Nissan, Airbus entre otras grandes compañías del mundo, las dobladoras fabricadas por esta empresa trabajan en rangos de 5 a 10 RPM, siendo 5 RPM la velocidad que se emplean para tubos de grandes espesores y diámetros y 10 RPM para tubos pequeños. En base a estas referencias se considera una velocidad de 9 RPM porque el área transversal máximo del acero a moldear es de 9x9 mm lo cual permite considerar una velocidad cercana al máximo con el que trabajan las dobladoras.

## 5.3. FUERZA NECESARIA PARA EL MOLDEADO DEL ACERO ASTM A36

Se procede a calcular la fuerza necesaria para el proceso del moldeado mediante la ecuación 4.1 detallada en el capítulo 4, el material a ser formado tiene las siguientes características (Tabla 5.4).

Tabla 5.4. Especificaciones del acero ASTM A36

Características	Mínimo	Máximo
Resistencia a la Fluencia	250 MPa	250 MPa
Resistencia a la Tensión	400 MPa	550 MPa
Peso de Varilla 3/8 x 3/8	0.64 kg/m	0.64 kg/m

El ancho del troquel es de 17 cm como se ve en la figura 5.2, como la ecuación requiere los datos en mm equivale a 170 mm que se reemplaza en la ecuación de la fuerza requerida.

$$F = \frac{K_{bf} T S w t^2}{D}$$

$$F = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{170}$$

$$F = 778.31 N$$

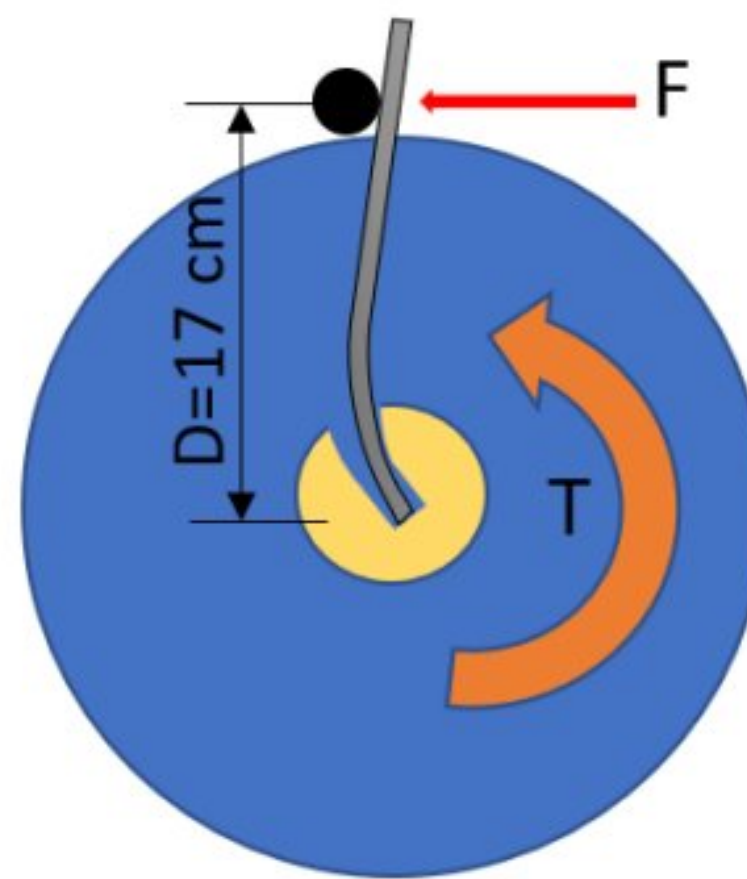


Figura 5.2. Barra cuadrada en proceso de moldeo

#### 5.4. DETERMINACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO PARA EL MOLDEADO

Se determina el momento máximo necesario en la voluta para moldear el material, para este cálculo se toma en consideración la fuerza de doblado y la separación entre el centro de la voluta y el soporte estático que tiene una longitud de 170 mm.

$$M = Fr$$

$$M = 778.31 * 0.17 = 132.31 Nm$$

## 5.5. FUERZA PARA EL DOBLADO DE LAS VOLUTAS EN DIFERENTES RADIOS

Se procede a calcular la fuerza ejercida en cada uno de los distintos diámetros de acuerdo a como se va moldeando la barra, utilizando la ecuación 4.1.

$$F1 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F1 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{4.5}$$

$$F1 = 29403 \text{ N}$$

$$F2 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F2 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{9}$$

$$F2 = 14701.5 \text{ N}$$

$$F3 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F3 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{18}$$

$$F3 = 7350 \text{ N}$$

$$F4 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F4 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{36}$$

$$F4 = 3675.375 \text{ N}$$

$$F5 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F5 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{54}$$

$$F5 = 2450.25 \text{ N}$$

$$F6 = \frac{K_{bf}TSwt^2}{D}$$

$$F6 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{72}$$

$$F6 = 1837.68 \text{ N}$$

$$F7 = \frac{K_{bf} T S w t^2}{D}$$

$$F7 = \frac{0.33 * 550 * 9 * 9^2}{90}$$

$$F7 = 1470.2 \text{ N}$$

Tabla 5.5. Fuerzas resultantes acorde a cada radio de moldeado

<b>FUERZA LATERAL EXTERNA</b>		
<b>Nº</b>	<b>RADIO</b>	<b>FUERZA</b>
1	4.5 mm	29403 N
2	9 mm	14701.1 N
3	18 mm	7350 N
4	36 mm	3675.38 N
5	54 mm	2450.25 N
6	72 mm	1837.68 N
7	90 mm	1470.2 N
<b>FUERZA LATERAL INTERNA</b>		
1	5.40 mm	24502.5 N

Con las fuerzas determinadas para cada radio de la voluta se realiza la simulación mediante el análisis de elementos finitos, para obtener la tensión de Von Mises, el desplazamiento y el factor de seguridad en la pieza diseñada. En la tabla 5.6 se resumen los resultados obtenidos en Autodesk Inventor Student.

Tabla 5.6. Análisis de esfuerzo en la voluta

	<p><b>Tensión de Von Mises:</b></p> <p>Máximo: 139.1 MPa</p> <p>Mínimo: 0 MPa</p>
	<p><b>Desplazamiento:</b></p> <p>Máximo: 0.301 mm</p> <p>Mínimo: 0 mm</p>
	<p><b>Factor de Seguridad:</b></p> <p>Máximo: 15</p> <p>Mínimo: 1.49</p>

## 5.6. TORQUE MÁXIMO A PARTIR DE LA FUERZA RESULTANTE

Posteriormente se procede a calcular el torque necesario para el moldeo de la voluta, teniendo en consideración la fuerza ya calculada y los radios de la figura 4.5.

$$M1 = F1 * r1$$

$$M1 = 23.232 \text{ N} * 0.0045\text{m} = 132.31 \text{ Nm}$$

$$M2 = F2 * r2$$

$$M2 = 14.701 * 0.009 = 132.309 \text{ Nm}$$

$$M3 = F3 * r3$$

$$M3 = 7.350 * 0.018 = 132.3 \text{ Nm}$$

$$M4 = F4 * r4$$

$$M4 = 3.891 * 0.036 = 132.3 \text{ Nm}$$

$$M5 = F5 * r5$$

$$M5 = 2.450 * 0.054 = 132.3 \text{ Nm}$$

$$M6 = F6 * r6$$

$$M6 = 1.837 * 0.072 = 132.264 \text{ Nm}$$

$$M7 = F7 * r7$$

$$M7 = 1.470 * 0.090 = 132.3 \text{ Nm}$$

Con los datos obtenidos mediante el cálculo, se puede decir que el torque empleado para realizar el moldeo de la voluta es constante en todo momento.

## 5.7. CÁLCULO POTENCIA Y TORQUE MÁXIMO PARA EL MOLDEADO

La potencia y el torque máximo se determina con la velocidad angular de giro el cual se obtiene de los 9 RPM de giro que se estableció en la sección 5.6.

### 5.7.1. Velocidad angular del eje principal

Se calcula con la ecuación 4.4 establecida en el capítulo 4.3 con el 9 RPM de giro.

$$\omega = \frac{n_{rpm} 2\pi}{60}$$

$$\omega = \frac{9 * 2\pi}{60} = 0.95 \text{ rad/s}$$

### 5.7.2. Cálculo de la potencia teórica requerida para el moldeo de figuras

La potencia teórica necesaria en la voluta se determina en base a la velocidad angular y el momento máximo requerido mediante la ecuación 4.4.

$$P = T\omega$$

$$P = 132.31 * 0.95 = 124.409 \text{ W}$$

A esta potencia se debe sumar las pérdidas por rozamiento que se van a producir en los rodamientos, el soporte de barra con la voluta y la guía.

Los factores de rozamiento entre Acero - Acero en no lubricado corresponde a 0.35 mientras que en lubricado se reduce a 0.20, los rodamientos tienen una alta eficiencia y casi nula pérdida por rozamiento aun así se considera un factor de 0.08. Se calcula la nueva potencia considerando el rozamiento entre el material y la voluta con el factor  $\mu = 0.35$ .

$$F_c = F + \mu * F$$

$$F_c = 778.31 \text{ N} + 0.45 * 778.31 \text{ N} = 1128.6 \text{ N}$$

Y se determina el nuevo Momento:

$$M_c = F_c r$$

$$M_c = 1050.70.171 * 0.17 = 191.9 \text{ Nm}$$

Y se calcula la potencia corregida:

$$P_c = 191.9 * 0.95 = 182.305 \text{ W}$$

## 5.8. DISEÑO DEL EJE POR EL CRITERIO DE SODERBERG

### 5.8.1. Diseño conceptual del eje

El eje deberá tener hombros que permitan a las chumaceras tener un apoyo, los hombros causan que los factores concentradores de esfuerzo tengan una gran relevancia en el diseño del eje, de acuerdo al libro de Shigley recomienda tomar como referencia los valores de concentradores de esfuerzo con la tabla 4.6 para la primera iteración.

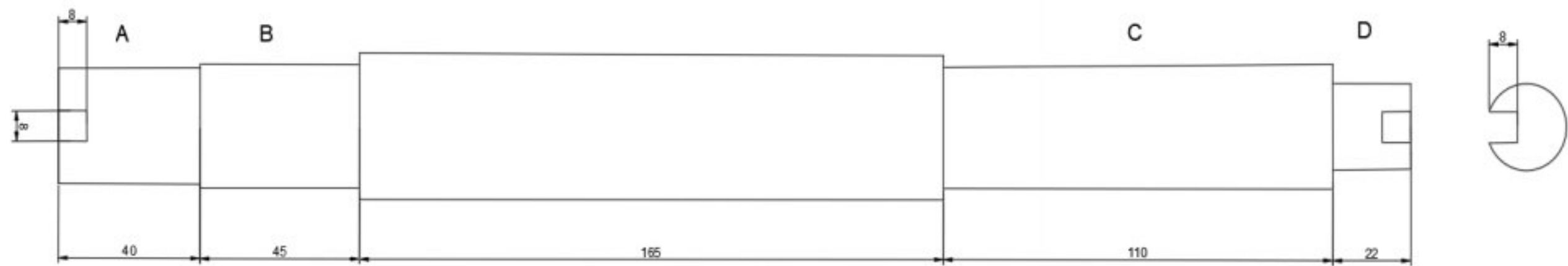


Figura 5.3. Diseño preliminar del eje

### 5.8.2. Factores concentradores de esfuerzo

Se procede a determinar los factores concentradores de esfuerzo mediante la tabla 4.6. en el cual para un filete de hombre agudo  $r/d = 0.02$ ,  $K_t = 2.7$  y  $K_{ts} = 2.2$ ; cuando existen los cuñeros de fresado  $r/d = 0.02$ ,  $K_t = 2.2$  y  $K_{ts} = 3.0$ . También se determina el valor de concentración de cargas  $q$  y  $q_{cortante}$  que se detallan en el Anexo C. el  $K_f$  se deja en 1 por la cuestión de que las cargas en el eje serán netamente torsionales.

$$k_f = 1 + q(1 - 1)$$

$$k_{fs} = 1 + q_{cortante}(k_{ts} - 1)$$

$$k_f = 1$$

$$k_{fs} = 1 + 0.75(3.0 - 1) = 1.9$$

Y se determina el límite de resistencia a la fatiga, por las ecuaciones de 4.8 a 4.12 primero se determina del  $S'_e$  por la ecuación 4.9. El eje se va fabricar en AISI 1008 ya que es un material común que se comercializa en el país, se sabe que la resistencia a la tensión es de 520 MPa.

Tabla 5.7. Características del acero AISI 1018

Características	Mínimo	Máximo
Resistencia a la Fluencia	235 MPa	235 MPa
Resistencia a la Tensión	410 MPa	520 MPa
Peso de Varilla 3/8 x 3/8	0.64 kg/m	0.64 kg/m



$$S'_e = \begin{cases} 0.5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ kpsi} & S_{ut} > 1400 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$S'_e = 0.5 * 520 = 260 \text{ MPa}$$

Se procede a determinar los factores de modificación de la condición superficial, factor de modificación de tamaño, factor de modificación de la carga, factor de modificación de la temperatura, factor de confiabilidad, factor de modificación de efecto varios y el límite de resistencia a la fatiga en vigas rotatorias.

Primero se determina el factor de condición superficial mediante la tabla 4.7, el eje va ser esmerilado, entonces el factor  $a = 1.34$  y el  $b = -0.085$ .

$$k_a = aS_{ut}^b$$

$$k_a = 1.58 * 520000000^{-0.085} = 0.93$$

El factor de tamaño  $K_b$  se deja en 1 por la razón de que aún no se tiene el diámetro, el factor de carga  $K_c$  se determina por el tipo de carga que se transmitirá por el eje, la carga será puramente de torsión, por lo tanto,  $K_c = 0.59$ , el factor de temperatura  $K_d = 1$  porque trabajará a temperatura ambiente, la confiabilidad se diseña al 90% y según la tabla del Anexo C el factor  $K_e = 0.897$ .

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = 0.93 * 1 * 0.59 * 1 * 0.897 * 1 * 260 = 127.96 \text{ MPa}$$

### 5.8.3. Diseño del eje

El eje transmitirá la potencia por el punto D se dispondrán de hombros en el punto B y C para sujetar las 2 chumaceras. Se sabe que la potencia a transmitir por el punto D será de 191.86 Nm por medio de Sprockets y cadenas de transmisión. Se sabe que la Fuerza en A es de 1128.6 N y para el punto C se colocará un piñón de cadena con 16 dientes que en tamaño estandarizado tiene 5.126 Pulgadas que equivale a 130.2 mm.

$$T_A = 191.86 \text{ Nm}$$

$$F_A = 1128.6 \text{ N}$$

$$F_D = \frac{191.86}{0.1302} = 1473.57 \text{ N}$$

Las fuerzas deben solo están en el plano YZ porque la cadena estará alineada directamente en el eje Y.

#### 5.8.4. Diagrama de cuerpo libre

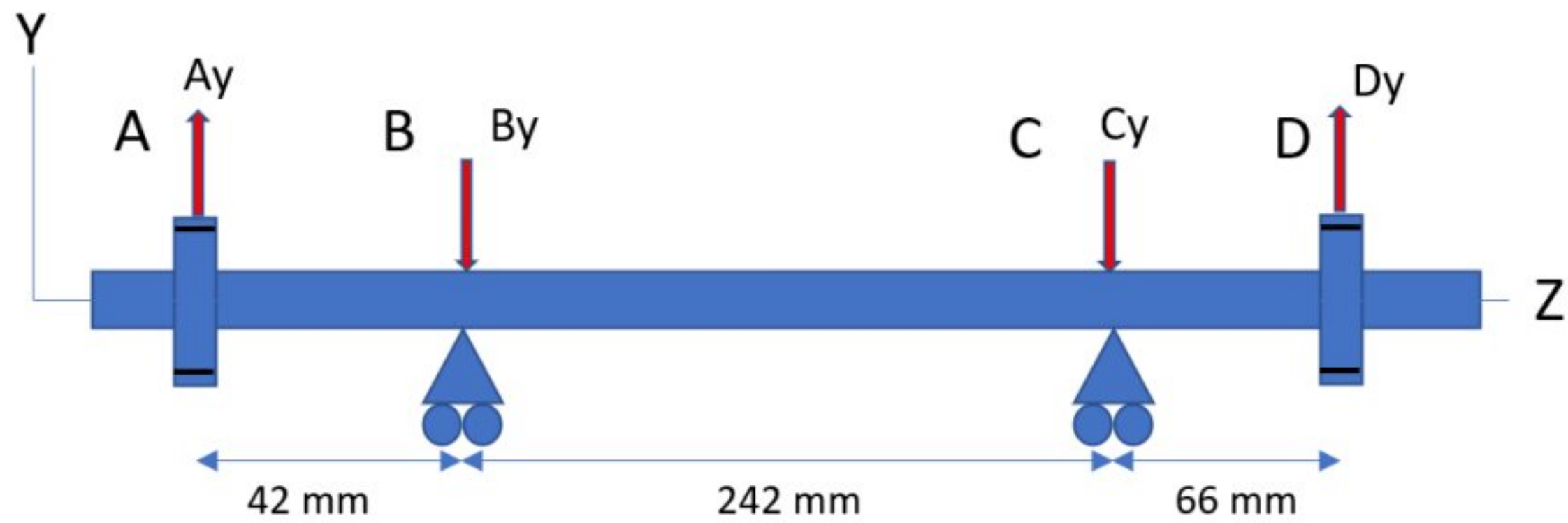


Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre del eje principal

##### 5.8.4.1. Cálculos de las fuerzas en el plano YZ.

$$\sum MB = 0$$

$$-F_{AY} * 0.042 - F_{CY} * 0.242 + F_{DY} * 0.308 = 0$$

$$F_{CY} = \frac{-F_{AY} * 0.042 + F_{DY} * 0.308}{0.242}$$

$$F_{CY} = \frac{-1128.6 * 0.042 + 1473.59 * 0.308}{0.242}$$

$$F_{CY} = 1690.18 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$F_{AY} - F_{BY} - F_{CY} + F_{DY} = 0$$

$$F_{BY} = F_{AY} - F_{CY} + F_{DY}$$

$$F_{BY} = 1128.6 - 1679.58 + 1473.59$$

$$F_{BY} = 933.55 \text{ N}$$

En la figura 5.5 se observan las fuerzas cortantes que actúan en cada punto de eje, en el punto C se tiene la fuerza cortante máxima que equivale a 1691.3 N.

#### 5.8.4.2. Fuerzas de corte en el eje

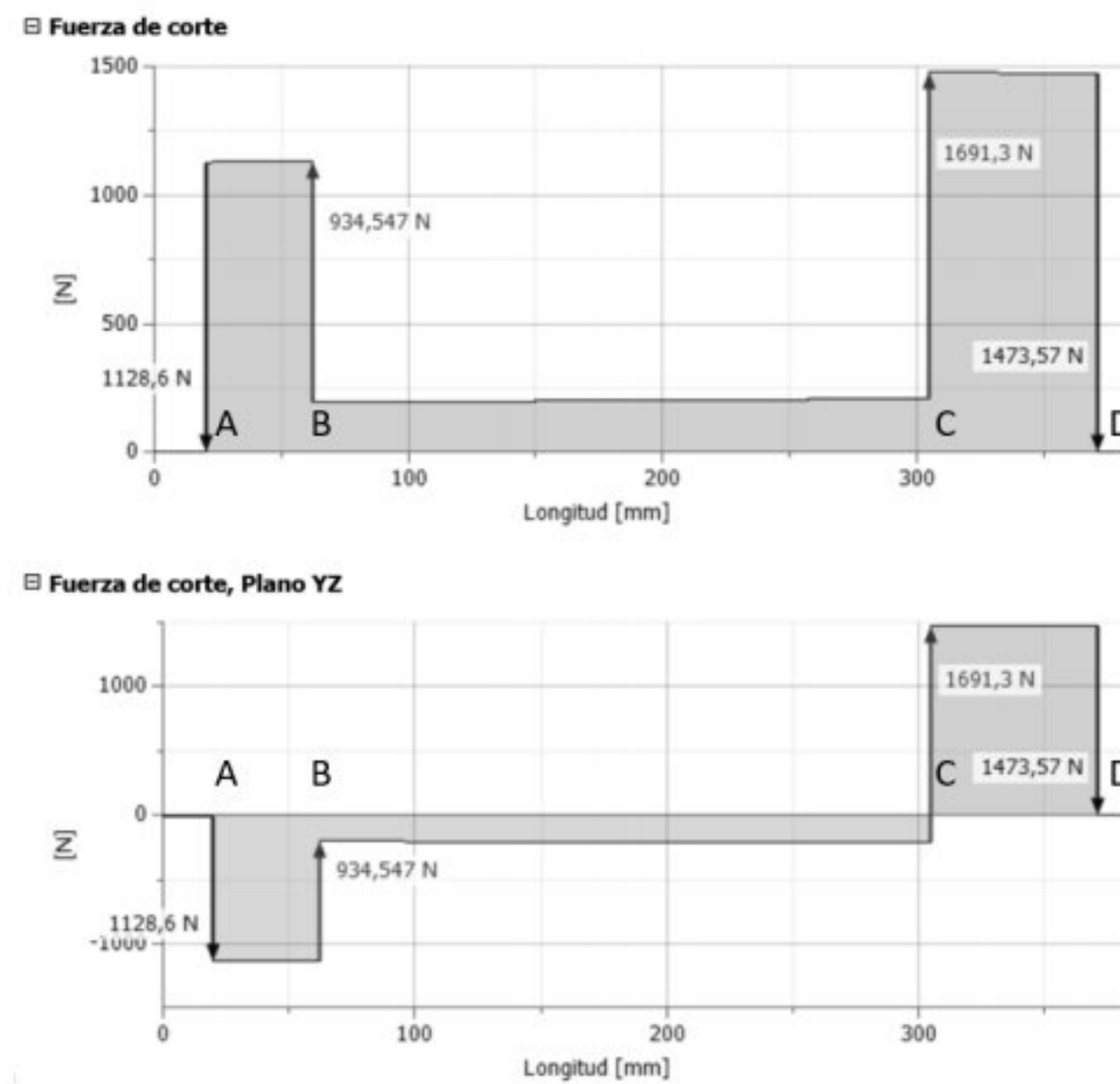


Figura 5.5. Diagrama de fuerzas cortantes

#### 5.8.4.3. Diagrama de momentos flectores en el eje

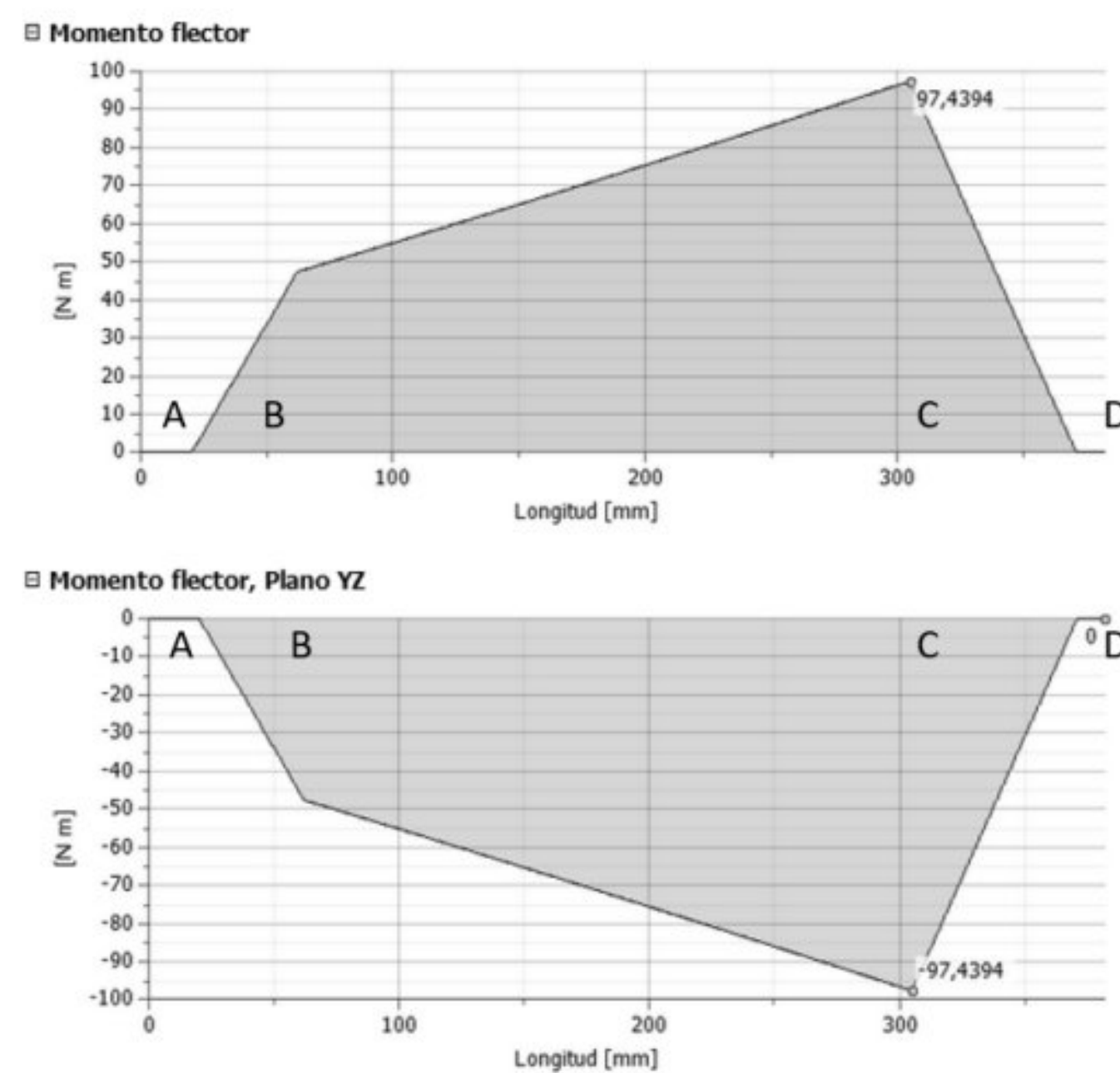


Figura 5.6. Diagrama de Momento Flector

Las gráficas de las fuerzas cortantes y momentos flectores se obtienen empleando el software Autodesk Inventor Student con la herramienta *Diseño de ejes* los parámetros ingresados y los resultados completos se adjuntan en anexo E.

De la figura 5.6 se obtiene el momento flector máximo que se ubica en el punto C y es de 97.44 Nm.

### 5.8.5. Diámetro del Eje con el Criterio de Soderberg

Se tienen todos los datos de para dimensionar el diámetro del eje:

$$K_f = 1$$

$$K_{fs} = 1.9$$

$$M_a = 97.44 \text{ Nm}$$

$$T_m = 191.86 \text{ Nm}$$

$$S_e = 127.96 \text{ MPa}$$

$$S_y = 235 \text{ MPa}$$

$$d = \left( \frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} [4(K_f M_a)^2]^{1/2} + \frac{1}{S_{yt}} [3(K_{fs} T_m)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = \left( \frac{16 * 1}{\pi} \left\{ \frac{1}{127000000} [4(1 * 97.44)^2]^{1/2} + \frac{1}{235000000} [3(1.9 * 191)^2]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = \left( \frac{16 * 1}{\pi} \left\{ \frac{1}{127000000} [37978.2144]^{1/2} + \frac{1}{235000000} [398655.1115]^{1/2} \right\} \right)^{1/3}$$

$$d = \left( \frac{16 * 1}{\pi} \{1.53 \times 10^{-6} + 2.18 \times 10^{-6}\} \right)^{1/3}$$

$$d = (2.14986708 \times 10^{-5})^{1/3}$$

$$d = 0.0278 \text{ m} = 27.8 \text{ mm}$$

De acuerdo a este análisis el eje se fabrica en 31.75 mm, porque los Sprockets y Chumaceras se comercializan en medidas estandarizadas y el más cercano superior corresponde a 1-1/4 pulgadas = 31.75 mm.

## 5.9. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS Y CHUMACERAS

Las chumaceras se determinan considerando las reacciones en los apoyos y el diámetro del eje calculado ( $d=31.75$  mm), y se calcula la vida nominal en horas con las ecuaciones 4.13 y 4.14.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} * L_{10}$$

Con el catálogo SKF se selecciona una chumacera UCF 207-20 que se detalla en la tabla 5.8. y se conoce que la carga de mayor dimensión se ubica en el punto C con  $P = 1691.3\text{N}$ , y las revoluciones por minuto es de 9 rpm.

Tabla 5.8. Tabla de características de las chumaceras UCF 207-20

Características	Valor	Unidades
Capacidad de Carga Estática	15.7	kN
Capacidad de Carga Dinámica C	25.5	kN
Velocidad nominal	4300	rev/min
Distancia entre centros de los agujeros de sujeción	92	Mm
Diámetro	31.75	Mm

$$L_{10} = \left(\frac{25500}{1691.3}\right)^3 = 3427.35 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * 9} * 3427.35 = 6346944.4 \text{ horas de funcionamiento}$$

## 5.10. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

Y se calcula la potencia del motor con un factor de seguridad de 2 por las pérdidas de transmisión en la cadena y el motorreductor.

$$P_c = 182.305 W$$

$$P_m = 182.305 * 2 = 364.61 W$$

### 5.11. SELECCIÓN DE SPROCKETS Y CADENAS DE TRANSMISIÓN

Se procede a seguir los pasos detallados del catálogo MARTIN en el capítulo 4 sección 4.13.

1. Determinar el factor de servicio en la tabla del anexo C.
2. Determinar la potencia de diseño.
3. Selección del Sprocket adecuado desde la tabla de selección rápida adjunta en anexo C.
4. Verificar que la brida y el Sprocket de selección sea adecuado para el eje.

El Sprocket transmitirá una potencia de 364.61 W que equivale a  $P = 0.49$  HP, en el mercado se encuentra motores de 1/4, 1/2 y 3/4 HP, por lo tanto, se selecciona un motorreductor de 9 RPM y 1/2 HP.

$$DHP = P_{motriz} * fs$$

$$DHP = 0.5 HP * 1.5 = 0.675 HP$$

De acuerdo a la tabla de selección rápida adjunta en anexo D se escoge una cadena N° 40 de 21 dientes. La relación de transmisión es igual a 1 por la ecuación 4.16, porque se va transmitir la misma velocidad de eje a eje.

Para calcular la distancia entre centros en pasos se emplea la ecuación 4.18, donde es necesario conocer el paso de la cadena. La distancia de paso se obtiene de la tabla de selección para cadena N° 40 adjunta en Anexo C y corresponde a 1/2 pulgada.

$$C = \frac{\text{Distancia entre centros en pulgadas}}{\text{Paso de la cadena (pulgadas)}}$$

$$C = \frac{332 \text{ mm}/25.4}{1/2} = 26.147$$

Ahora se procede a determinar la distancia con la ecuación 4.19.

$$L = 2C + \frac{N + n}{2} + \frac{0.1013(N - n)^2}{4C}$$

$$L = 2 * 26.147 + \frac{9 + 9}{2} + \frac{0.1013(9 - 9)^2}{4 * 26.147}$$

$$L = 61.294 \text{ eslabones.}$$

## 5.12. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA Y COMPONENTES

Se realiza un análisis estructural considerando el peso total de la máquina, las fuerzas y torques que debe soportar. La estructura se construye con tubo cuadrado estructural de 40x40x2 mm. Para realizar la simulación se emplea el software Autodesk Inventor Student, los resultados del análisis se muestran en la tabla 5.10. Las características del material estructural se detallan en la tabla 5.9.

Tabla 5.9. Características del acero estructural ASTM A36

Características	Mínimo	Máximo
Resistencia a la Fluencia	250 MPa	250 MPa
Resistencia a la Tensión	400 MPa	550 MPa
Peso de Varilla 3/8 x 3/8	2.41 kg/m	2.41 kg/m

La estructura se somete a fuerzas que el motor produce por torsión y es transmitida por la cadena, además en la parte superior al momento de realizar el moldeado la estructura debe soportar fuerzas radiales en todas las direcciones. Las fuerzas dadas para la simulación se muestran en la figura.

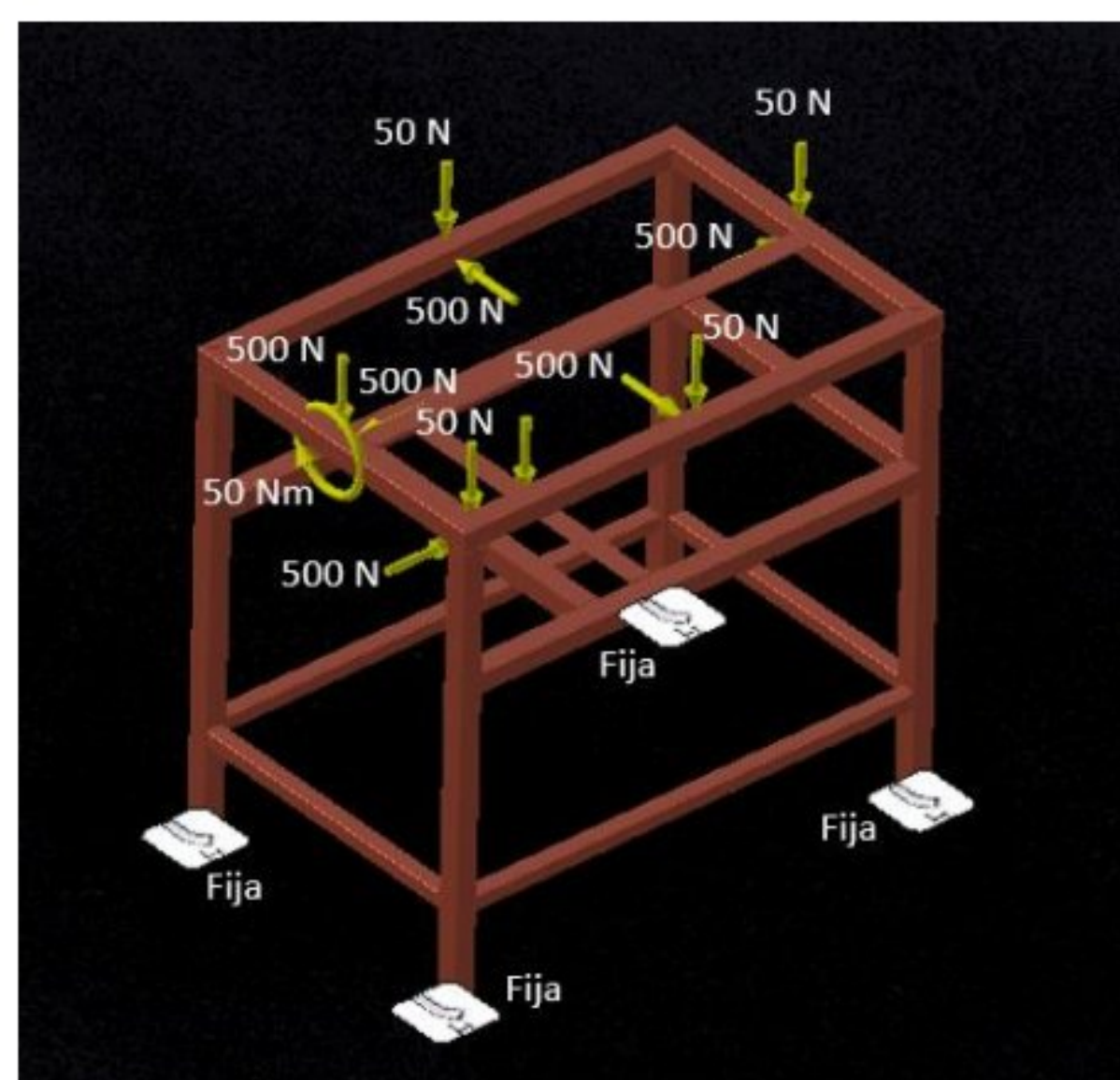


Figura 5.7. Fuerzas en la estructura

**Tabla 5.10.** Análisis estructural en Autodesk Inventor Student

<p>Tipo: Tensión de Von Mises Unidad: MPa 26/8/2022, 1:47:52 139.1 Máx. 111.3 83.4 55.6 27.8 0 Mín.</p> <p>Máx.: 139.1 MPa Mín.: 0 MPa</p>	<p><b>Tensión de Von Mises:</b></p> <p>Máximo: 139.1 MPa</p> <p>Mínimo: 0 MPa</p>
<p>Tipo: Desplazamiento Unidad: mm 26/8/2022, 1:51:17 0.301 Máx. 0.2408 0.1806 0.1204 0.0602 0 Mín.</p> <p>Máx.: 0.301 mm Mín.: 0 mm</p>	<p><b>Desplazamiento:</b></p> <p>Máximo: 0.301 mm</p> <p>Mínimo: 0 mm</p>
<p>Tipo: Coeficiente de seguridad Unidad: ul 26/8/2022, 1:52:25 15 Máx. 12 9 6 3 1.49 Mín. 0</p> <p>Mín.: 1.49 ul Máx.: 15 ul</p>	<p><b>Factor de Seguridad:</b></p> <p>Máximo: 15</p> <p>Mínimo: 1.49</p>



### 5.13. SISTEMA DE CONTROL PARA LA MÁQUINA MOLDEADORA

La máquina tendrá 2 modos de operación automático y manual mediante un selector de 2 posiciones, En el modo automático la máquina moldeadora inicia el funcionamiento al presionar el botón START (Verde) y comienza el moldeo hasta que un eslabón colocado en el platillo de la voluta activa un final de carrera colocada en la mesa de la máquina, una vez activada el final de carrera el motor se detiene e invierte el giro por el tiempo de 1 segundo para que el material moldeado se pueda extraer con facilidad.

En modo manual la máquina realiza el moldeo solo cuando se presiona un pedal tipo pulsador ubicada en la parte inferior de la máquina, la máquina se detiene cuando se deja de presionar el pedal, para invertir el giro de motor y aflojar el material de la voluta se presiona el botón START (Verde). La máquina también dispone de 2 indicadores uno Rojo que indica máquina en marcha y un Rojo que señala la detención de la máquina, además dispone de un pulsador tipo Z paro el paro de emergencia que detiene el motor en cualquier instante.

Todo el control se realiza empleando un controlador LOGO 8.3 y la programación se realiza en Logo Soft 8.3.

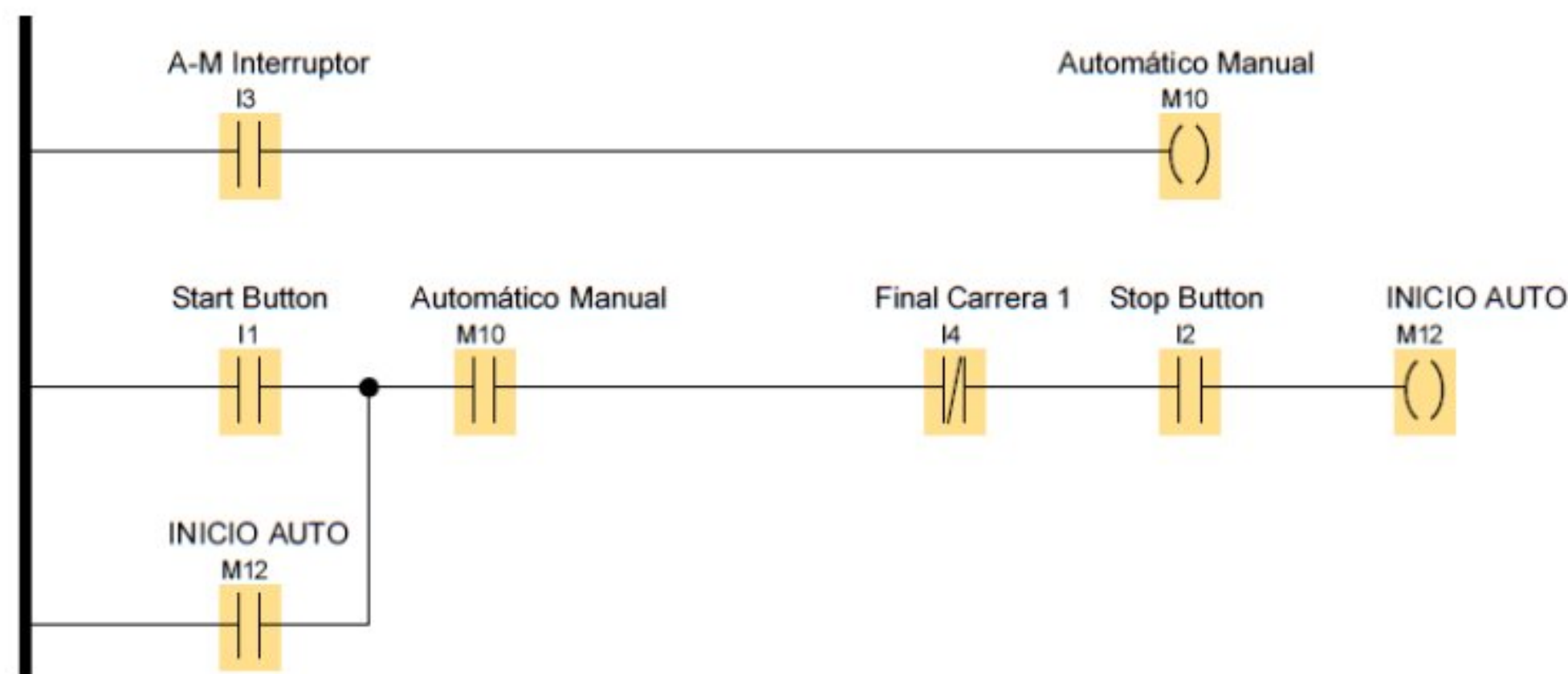


Figura 5.8. Modo de operación manual y automático

La figura 5.8. indica el modo de operación automático y manual, la entrada I3 está conectada al selector de Automático y Manual, en la segunda línea es para ejecutar el enclave, la entrada I1 está conectada al botón Start, el I2 al botón de Stop y el I4 al final de carrera.

En la figura 5.8 se indica el funcionamiento de la parte automática que al presionar en iniciar o Start al motor comienza a girar a la derecha mediante la memoria M1, cuando el final de carrera se activa el INICIO AUTO se apaga y la memoria M11 se enciende activando una

temporización de 1(T001) segundo para que la máquina se detenga, después de 1 segundo se activa la memoria M13 para encender el motor, pero en sentido inverso (izquierda). Al encenderse el motor a la izquierda activa una temporización (T002) que contabiliza un segundo y apagar el sistema siempre y cuando el final de carrera ya se haya liberado del eslabón que activó previamente al mismo.

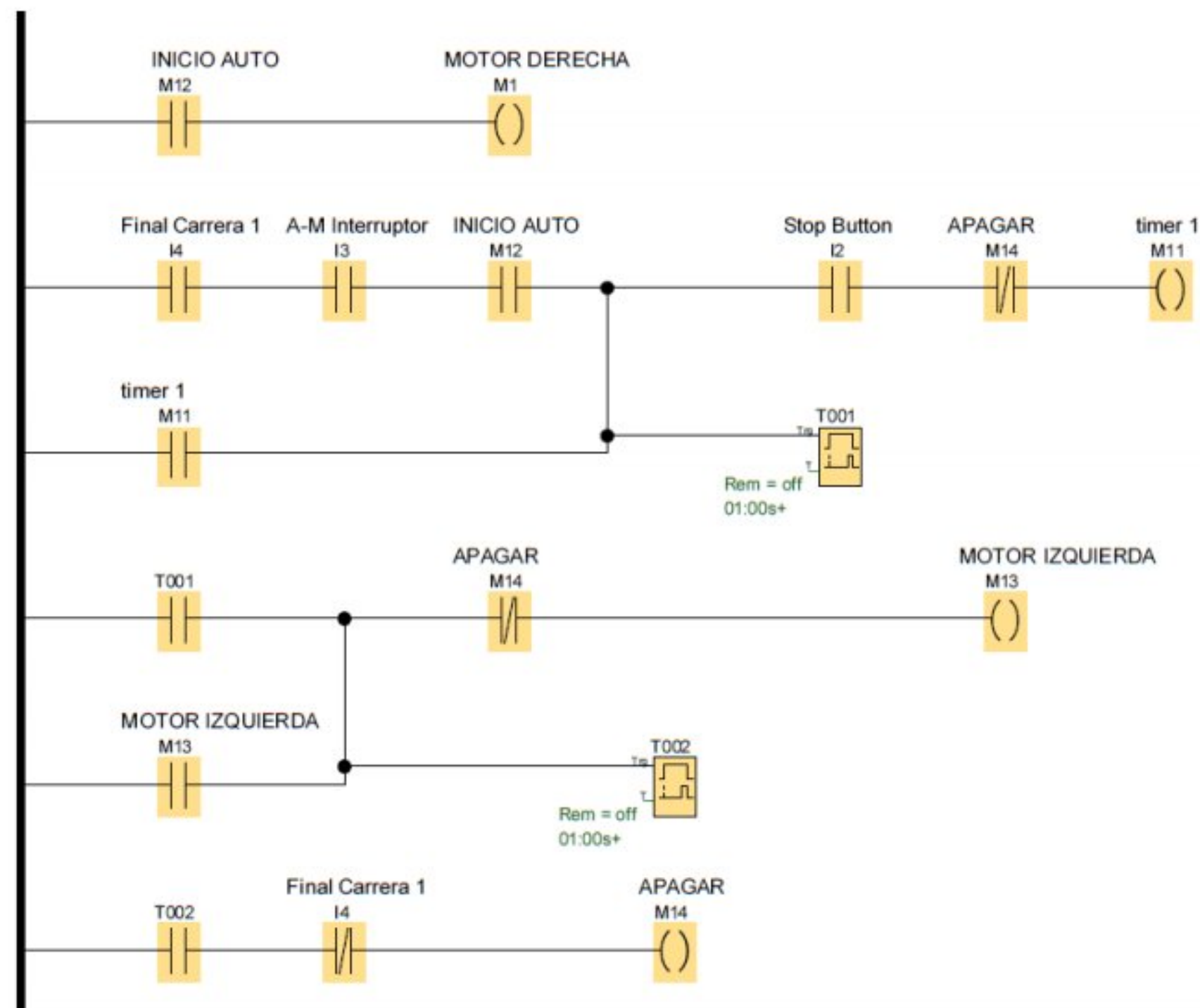


Figura 5.9. Programación de la secuencia de funcionamiento en modo Automático

En la figura 5.9 se muestra el modo de operación manual y la activación que se realizan a las salidas mediante las memorias de activación en modo automático y manual.

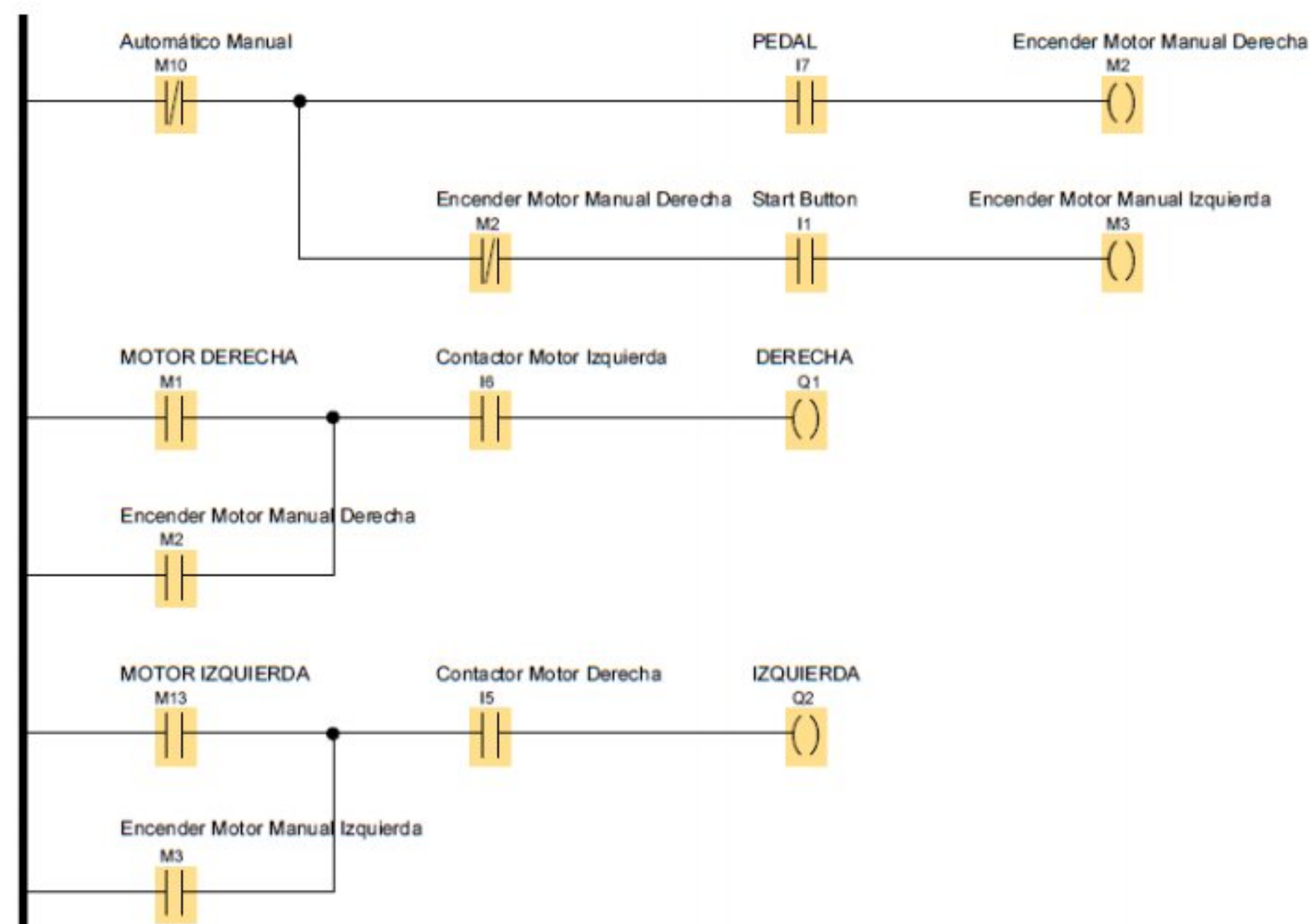


Figura 5.10. Modo de operación manual y activación de salidas

En la primera línea se ve como el pedal activa a la memoria M2 el cual encenderá el motor a la derecha en la segunda línea ya que se encuentra colocada en paralelo con la memoria de activación automático. En la tabla 5.11. se detallan las entradas y salidas del Logo y su función dentro de la lógica de programación.

Tabla 5.11. Entradas y salidas digitales del Logo y su función

Entradas y Salidas		Función
Entradas	I1	Pulsador Start
	I2	Pulsador Stop
	I3	Selector Auto/Manual
	I4	Final de carrera Automático
	I5	Contacto NC del contactor Derecha
	I6	Contacto NC contactor Izquierda
	I7	Pulsador Tipo Pedal
Salidas	Q1	Contactor Motor Derecha
	Q2	Contactor Motor Izquierda

#### 5.14. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

Se realizan las pruebas para analizar la respuesta de los indicadores planteados como variables dependientes e independientes, siendo el área transversal del acero a moldear como variable independiente y el tiempo de desarrollo como variable dependiente.

Tabla 5.12. Análisis de Variables

Variable Independiente		Variable Dependiente	
Ancho y Alto del Acero a Moldear (mm)	Área Transversal del Acero a Moldear (mm <sup>2</sup> )	Tiempo de moldeo (minutos)	
		Proceso Manual	Proceso con Máquina
12.7 x 4	50.8	8	4
12.7 x 6	76.2	10	4
8 x 8	64	10	4
9 x 9	81	12	4

#### 5.15. DEPRECIACIÓN DE LA MÁQUINA

La máquina tiene una vida útil de 10 años, y tiene un costo total de \$1.941,41. A continuación se calcula la depreciación por año y en porcentaje, tomando en cuenta el valor residual de \$200 dólares.

$$DP_{\text{año}} = \frac{\text{Costo de la máquina} - \text{Valor residual}}{N^{\circ} \text{ años}}$$

$$DP_{\text{año}} = \frac{\$1.941,41 - \$200}{10 \text{ años}} = \$174.141$$

#### 5.16. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ECONÓMICO DEL PROYECTO

Par el análisis de factibilidad económica del proyecto se realiza un estudio de VAN y TIR, para obtener una proyección de la tasa de retorno y ver la viabilidad que ofrece la máquina al usuario final, se realiza un análisis para la recuperación de la inversión en 5 años con una tasa mínima de rentabilidad igual a 10, en el análisis se obtiene el VAN = \$613.42 y el TIR de 22%.

Tabla 5.13. Análisis de VAN y TIR

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$1.941,41					
Capital de Trabajo						
Gastos Legales						
INGRESOS		\$1.940,00	\$1.940,00	\$1.940,00	\$1.940,00	\$1.940,00
Costos Mantenimiento		\$50,00	\$50,00	\$50,00	\$50,00	\$50,00
Costos operacionales		\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00	\$800,00
Depreciación		\$174,14	\$174,14	\$174,14	\$174,14	\$174,14
UTILIDAD OPERACIONAL		\$915,86	\$915,86	\$915,86	\$915,86	\$915,86
Intereses						
Otros Gastos		\$150,00	\$150,00	\$150,00	\$150,00	\$150,00
UTILIDAD ANTES DE OBLIGACIONES		\$765,86	\$765,86	\$765,86	\$765,86	\$765,86
Participación Trabajadores						
Impuesto a la Renta		\$91,90	\$91,90	\$91,90	\$91,90	\$91,90
FLUJO DESPUÉS DE OBLIGACIONES		\$673,96	\$673,96	\$673,96	\$673,96	\$673,96
Pago de Capital Prestado						
FLUJO NETO	-\$1.941,41	\$673,96	\$673,96	\$673,96	\$673,96	\$673,96

VAN	\$613,42
TIR	22%

## 5.17. ANÁLISIS DE COSTOS EN EL PROYECTO

### 5.17.1. Costos directos.

Tabla 5.14. Costos Directos

Costos directos			
Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor Total
2	Tubo cuadrado de 40 mm	\$23,00	\$46,00
1	Plancha de acero 4 mm	\$25,00	\$25,00
2	Chumaceras	\$12,00	\$24,00
1	Eje principal 38 mm	\$10,00	\$10,00
1	Plancha de 0.90 mm	\$38,00	\$38,00
1	Rueda para voluta base	\$40,00	\$40,00
	Piñón y cadena	\$4	\$4,00
	Pintura, fondo y tiñer	\$36	\$36,00
	Chaveteros	\$5,00	\$5,00

	Matriz base	\$30,00	\$30,00
	Motorreductor	\$350,00	\$350,00
4 lb	Electrodos	\$2,00	\$8,00
3	Disco de corte	\$2,00	\$6,00
1	Disco de pulir	\$3,00	\$3,00
1	Logo 3.8	\$160,00	\$160,00
	Pernos	\$ 10,00	\$ 10,00
2	Contactador Ls 9 <sup>a</sup>	\$6,26	\$12,52
2	Bobina Ls 220v	\$7,00	\$14,00
2	Relé térmico Ls 9 <sup>a</sup>	\$26,65	\$53,30
1	Guardamotor Ls 8 <sup>a</sup>	\$39,32	\$39,32
5m	Cable flexible #18	\$0,85	\$0,85
1	Pulsador (verde)	\$1,52	\$1,52
1	Pulsador (rojo)	\$1,53	\$1,53
1	Paro de emergencia	\$2,43	\$2,43
1	Final de carrera	\$16,61	\$16,61
1	Breaker 3 polos 20 <sup>a</sup>	\$57,35	\$57,35
1	Tomacorriente 50 <sup>a</sup>	\$5,70	\$5,70
1	Enchufe 50 <sup>a</sup>	\$7,24	\$7,24
1	Gabinete metálico	\$53,18	\$53,18
1	Ángulo de 40 mm	\$14,00	\$14,00
5m	Cable sucre 3*1	\$6,00	\$30,00
	Borneras	\$2,00	\$2,00
2m	Espiral	\$0,60	\$1,20
		<b>Subtotal</b>	\$1.107,75
		<b>IVA</b>	\$144,59
		<b>Total</b>	\$1.252,34

### 5.17.2. Costos indirectos

Tabla 5.15. Costos Indirectos

<b>Costos Indirectos</b>			
<b>N.º</b>	<b>Detalle</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Mano de obra para la construcción	\$500	\$500,00
2	Torneado	\$70,00	\$70
3	Transporte	\$40,00	\$40,00
		<b>Subtotal</b>	\$610,00
		<b>IVA</b>	\$79,30
		<b>Total</b>	\$689,30



### 5.17.3. Detalle de gastos directos e indirectos

Tabla 5.16. Tabla Total de Gastos

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Costos directos	\$1.252,34
Costos indirectos	\$689.30
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.941,41</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Mediante la revisión del método de diseño de ejes del libro de Shigley se pudo determinar, un criterio de diseño de falla para el eje giratorio, aplicando método de falla de Soderbergh.
- Gracias a la implementación de 2 modos de operación, tenemos dos tipos de trabajo, el modo manual se puede emplear para moldear figuras a la necesidad del número de vueltas que se requiera y para una limitada cantidad de piezas, y el modo automático nos permite producir en masa las figuras requeridas.
- Tal como hemos podido comprobar que, al moldear una voluta, de forma artesanal o tradicional normalmente se demora alrededor de unos 12 minutos, logrando bajar ese tiempo a 4 minutos con la maquina moldeadora.
- Al realizar este trabajo con la ayuda de esta máquina moldeadora, se da constancia de que se obtiene mejores resultados, no solo en tiempo, incluso hasta en el acabado y terminado de la voluta.
- Los materiales que necesariamente la maquina va a doblar son; platinas de 12,7 \* 3 mm, 4 mm y 6 mm de espesor y barras redondas y cuadradas de 8 mm hasta 9 mm.
- Finalmente, en las pruebas realizadas, la maquina demuestra la capacidad de doblar la barra redonda de 10 mm siendo 1 mm de espesor a lo normal.

### 6.2. RECOMENDACIONES

- Esta máquina está diseñada para trabajar con un espesor máximo de barra cuadrada de 9 mm y redondas de 10 mm.
- Antes de poner en marcha la máquina moldeadora, se recomienda revisar primeramente el manual de operación y mantenimiento.
- Realizar los estudios pertinentes para tubo cuadrado de 12,7 mm, ya que en una prueba realizada, el tubo mencionado se dobló normalmente lo cual siendo un avance prometedor para nuevos diseños de metal mecánica.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] adminHerreria, «En qué consiste el Forjado de metales,» adminHerreria, 16 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://herreriaayforjaartistica.com/en-que-consiste-el-forjado-de-metales>. [Último acceso: 19 Junio 2022].
- [2] M. Grueso, «Recuperaciones Manuel Grueso,» 20 Mayo 2022. [En línea]. Available: <http://blogrecuperacionesmanuelgrueso.es/category/metales/>. [Último acceso: 19 Junio 2022].
- [3] Spiegato, «Forjado en frío,» Spiegato, 2022. [En línea]. Available: <https://spiegato.com/es/que-es-el-forjado-en-frio>. [Último acceso: 22 Junio 2022].
- [4] Koreajob, «Forja en frío de productos metálicos,» Koreajob, 2022. [En línea]. Available: <https://koreajob.ru/es/svoi-biznes-holodnaya-kovka-metallicheskih-izdelii-izgotovlenie/>. [Último acceso: 22 Junio 2022].
- [5] Novacero, «Barras cuadradas,» Novacero, 2022. [En línea]. Available: <https://www.novacero.com/industrial-metalmecanica-perfileria-industrial-barras-cuadradas/>. [Último acceso: 15 08 2022].
- [6] Adelca, «Catalogo de productos,» *Metalmecanica*, p. 22, s.f..
- [7] S. H. y. T. J., Artist, *Diseño y construcción de una maquina automatica para el conformado en frio de volutas en varilla cuadrada de hasta 1/2 pulgada para cerrajeria ornamental*. [Art]. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, 2012.
- [8] Nnargesa, «Dobladora roladora de caños y perfiles,» Nnargesa, s.f.. [En línea]. Available: <https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/dobladora-roladora-de-canos-perfiles-mc150b>. [Último acceso: 27 Julio 2022].
- [9] Nnargesa, «Curvadora de tubos y perfiles,» Nnargesa, s.f.. [En línea]. Available: <https://nargesa.com/es/maquinaria-industrial/curvadora-de-tubos-perfiles-mc200>.

[Último acceso: 27 Julio 2022].

- [10] Alibaba.com, «Dobladora de barras de acero,» Alibaba.com, s.f.. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Manufacturer-1600145991521.html?spm=a2700.7724857.0.0.5bb954be0BfZc1>. [Último acceso: 15 08 2022].
- [11] TRANSELEC, «QUÉ ES UN MOTOR ELÉCTRICO Y CÓMO FUNCIONA,» TRANSELEC, s.f.. [En línea]. Available: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>. [Último acceso: Junio 27 2022].
- [12] Rodysa, «El reductor de velocidad,» Rodysa, s.f.. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/3356>. [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [13] Refacciones industriales, «Chumaceras/rodamientos montados,» Refacciones industriales, 2021. [En línea]. Available: <https://brr.mx/chumaceras/>. [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [14] BIRTHLH, «Representación de chaveteros,» BIRTHLH, s.f.. [En línea]. Available: [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/IG/IG03/es\\_PPFM\\_IG03\\_Contenidos/website\\_12\\_representacin\\_de\\_chaveteros.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/IG/IG03/es_PPFM_IG03_Contenidos/website_12_representacin_de_chaveteros.html). [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [15] M. Blanco, Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2018.
- [16] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna, México: McGraw-Hill, 2007.
- [17] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, México: McGraw-Hill, 2008.
- [18] SKF, Rodamientos SKF, Los Ángeles: SKF, 2019.
- [19] Martin, EL GRAN CATÁLOGO 4000, México: Martin, 2020.



- [20] A. Varela, “ESTUDIO DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicum Esculentum*) EN EL CANTÓN PIMAMPIRO, DE LA PROVINCIA DE IMBABURA, Ibarra, 2018.
- [21] H. Reinoso, M. Albarracín, F. Molina y J. Pino, Teoría del diseño, Latacunga: UTC, 2017.
- [22] A. Gaibor y J. Quillupangui, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUINA PARA LA SIEMBRA DE QUINUA, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2018.



Ingeniería  
Electromecánica

# ANEXOS

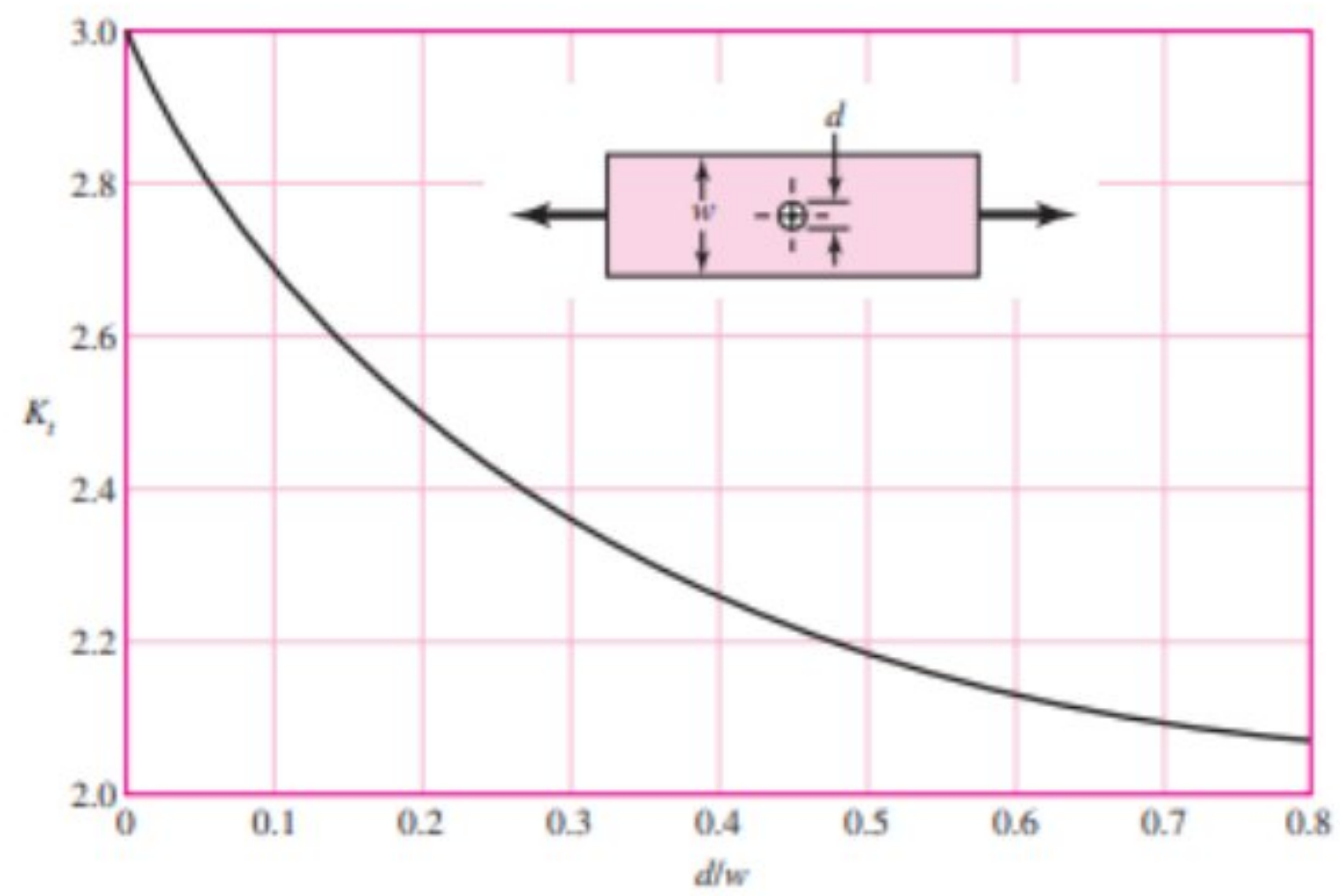
ANEXO A

Factores concentradores de carga



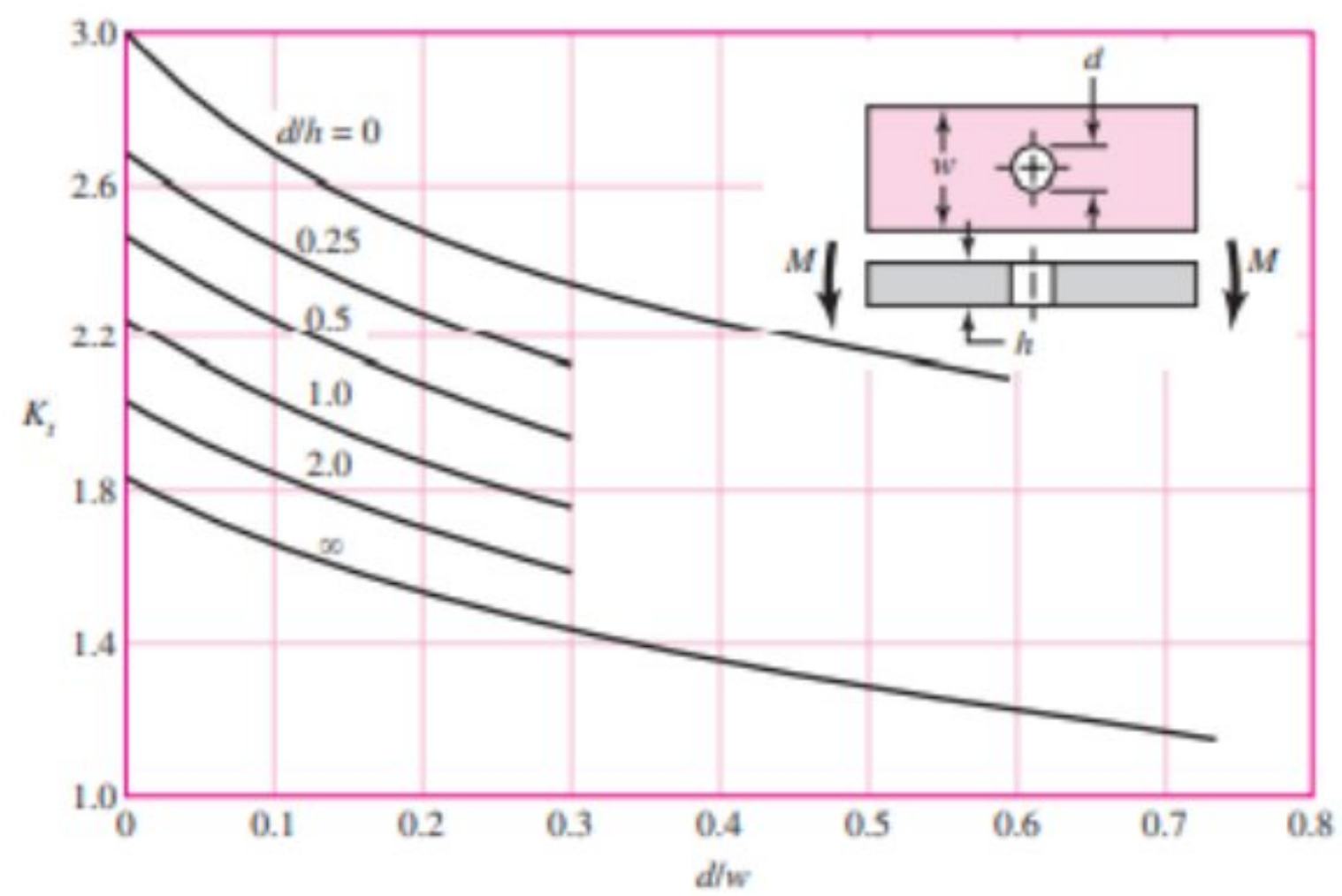
**Figura A-15-1**

Barra en tensión o compresión simple con un agujero transversal.  $\sigma_0 = F/A$ , donde  $A = (w - d)t$  y  $t$  es el espesor.



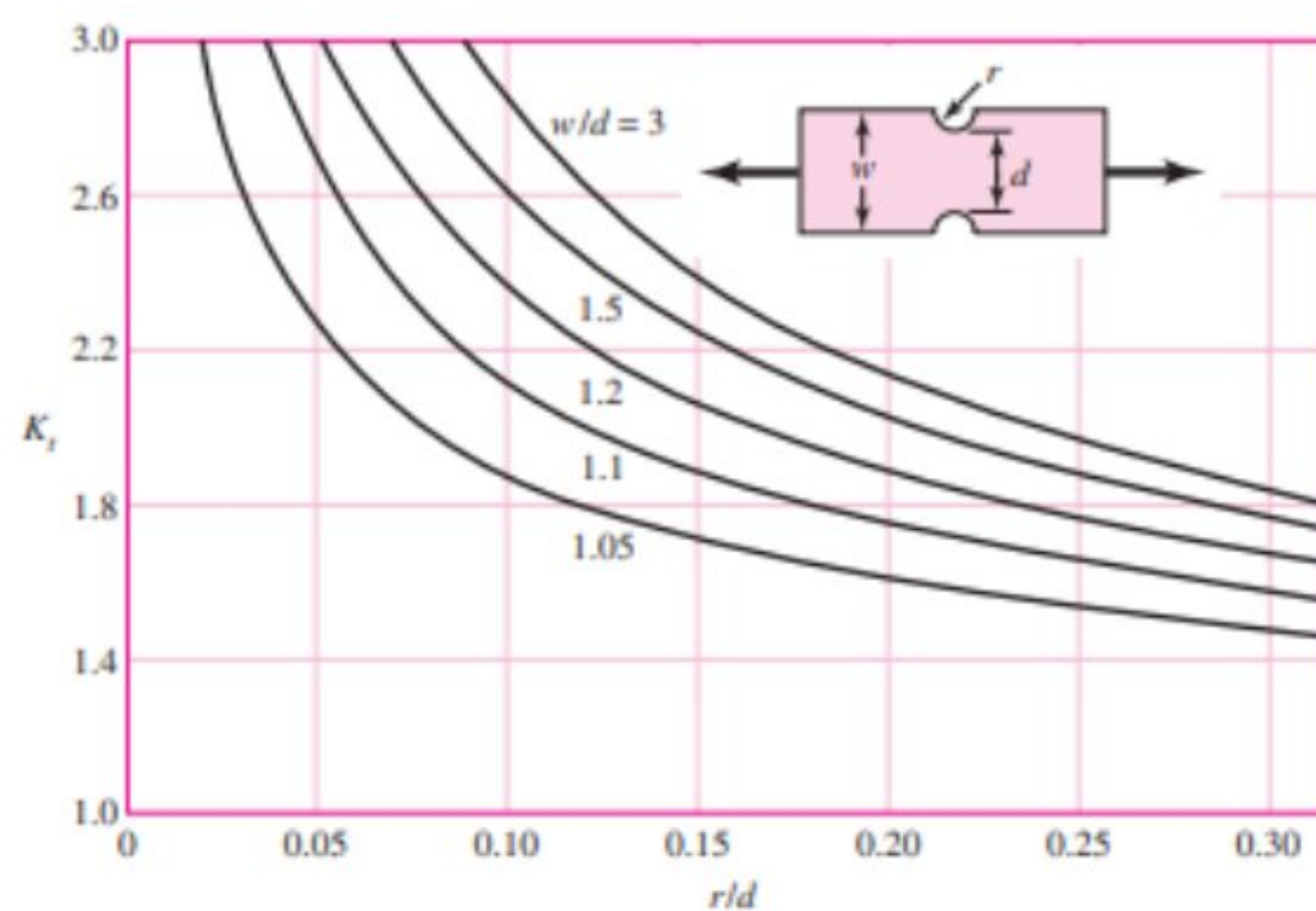
**Figura A-15-2**

Barra rectangular con un agujero transversal en flexión.  $\sigma_0 = Mc/I$ , donde  $I = (w - d)h^3/12$ .



**Figura A-15-3**

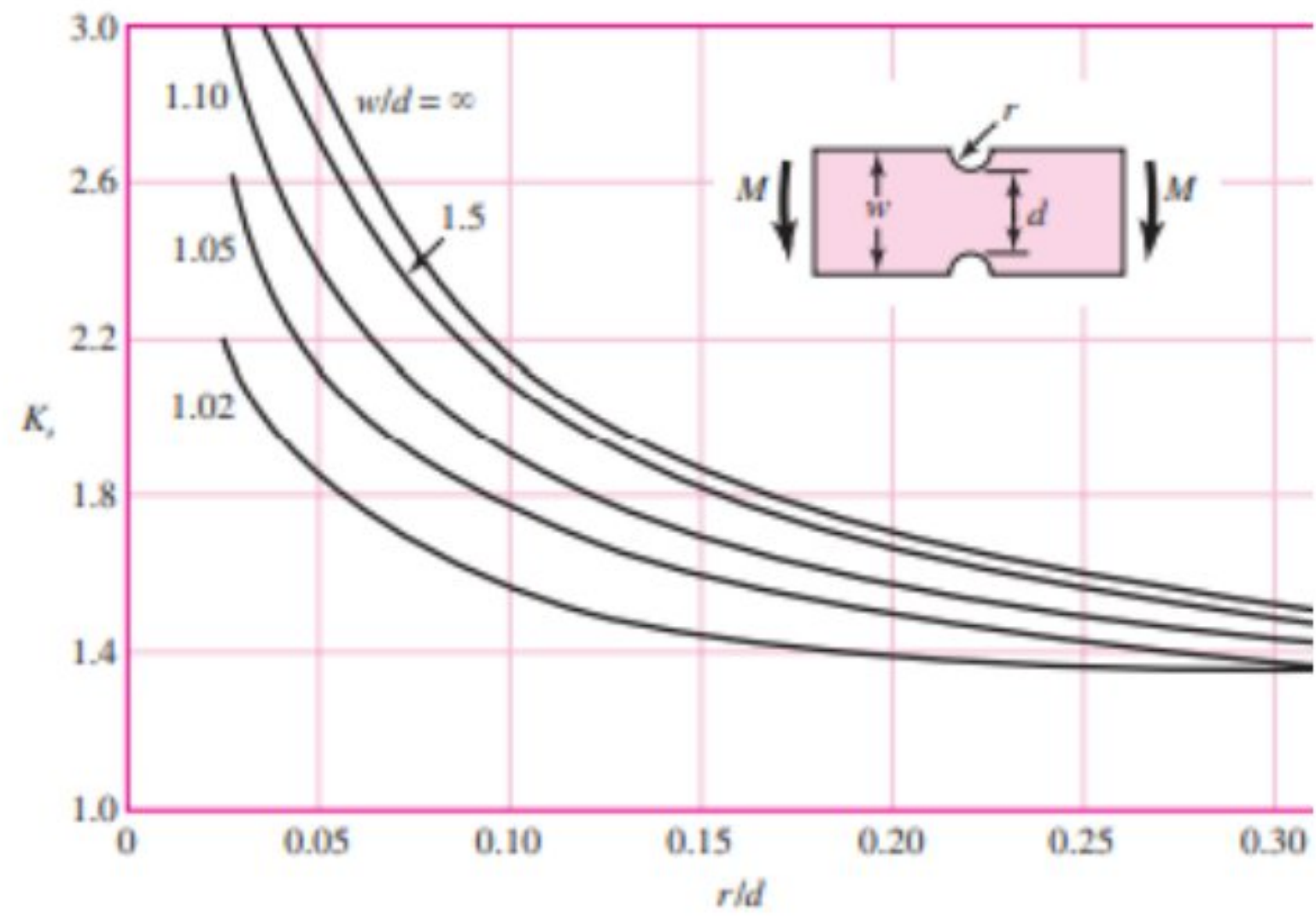
Barra rectangular con muescas en tensión o compresión simple.  $\sigma_0 = F/A$ , donde  $A = dt$  y  $t$  es el espesor.



<b>ANEXO A</b>	<b>Factores concentradores de carga</b>	
----------------	---	--

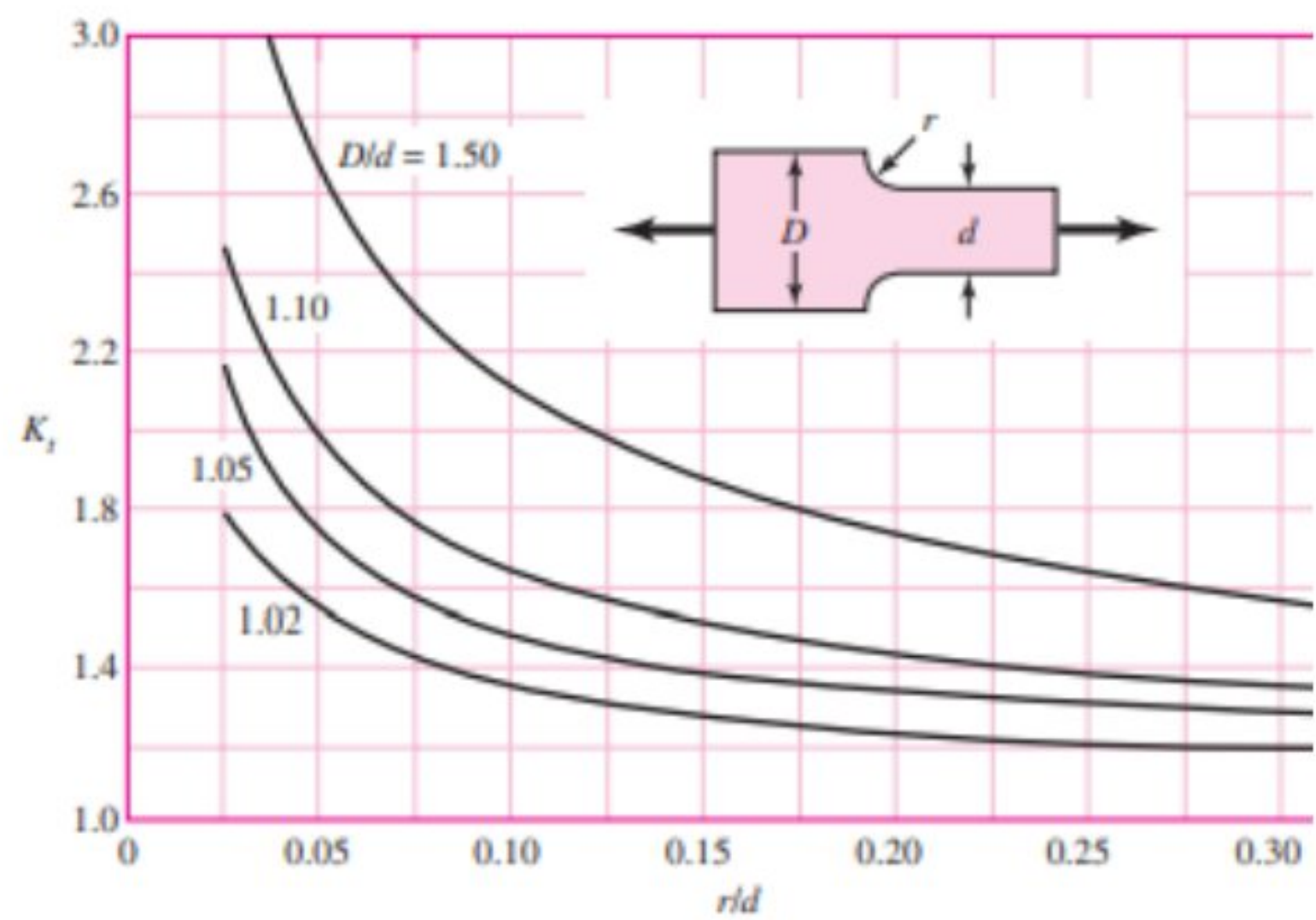
**Figura A-15-4**

Barra rectangular con muescas en flexión.  $\sigma_0 = Mc/I$ , donde  $c = d/2$ ,  $I = td^3/12$  y  $t$  es el espesor.



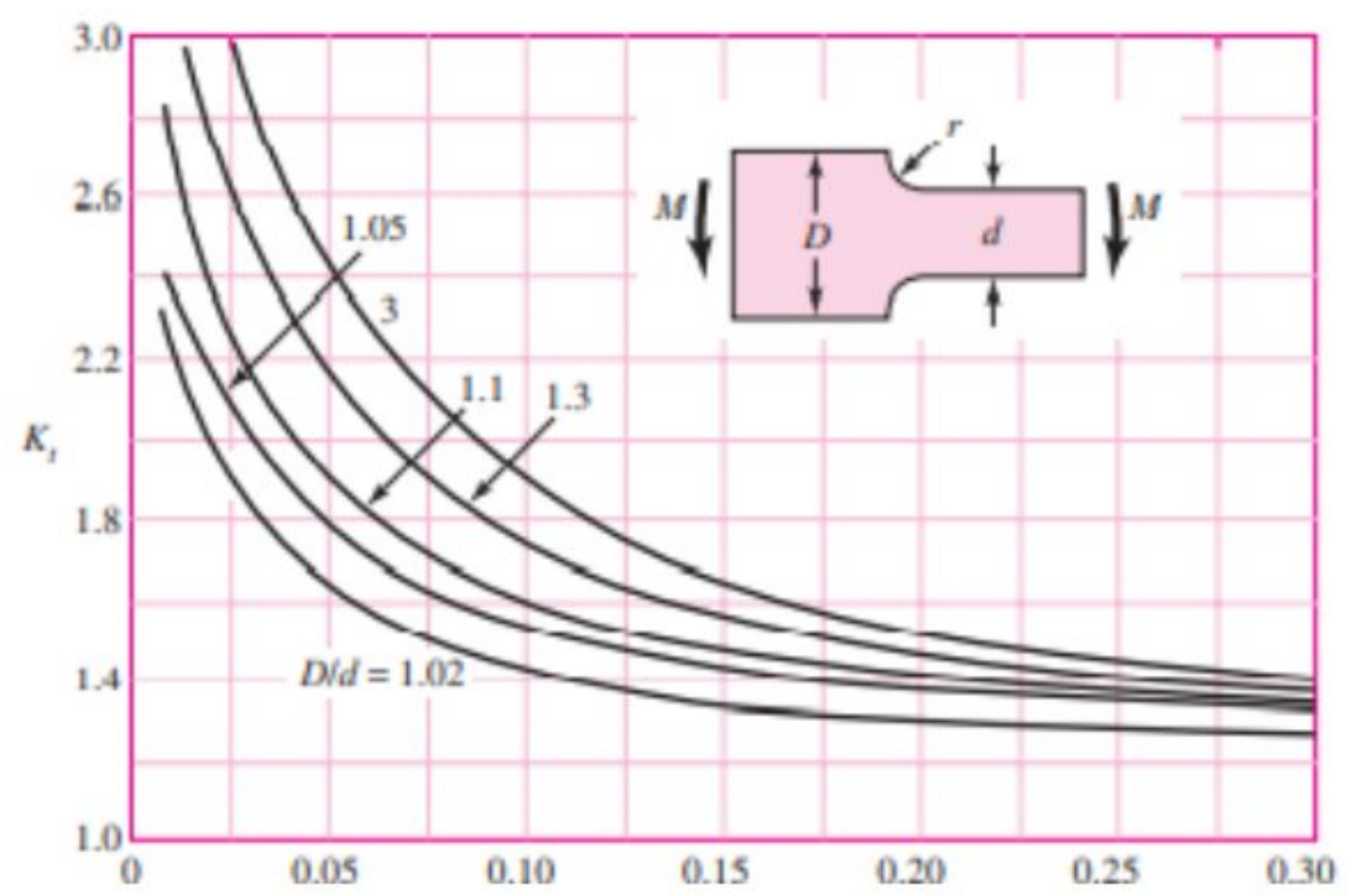
**Figura A-15-5**

Barra rectangular con filetes en tensión o compresión simple.  $\sigma_0 = F/A$ , donde  $A = dt$  y  $t$  es el espesor.



**Figura A-15-6**

Barra rectangular con filetes en flexión.  $\sigma_0 = Mc/I$ , donde  $c = d/2$ ,  $I = td^3/12$ ,  $t$  es el espesor.



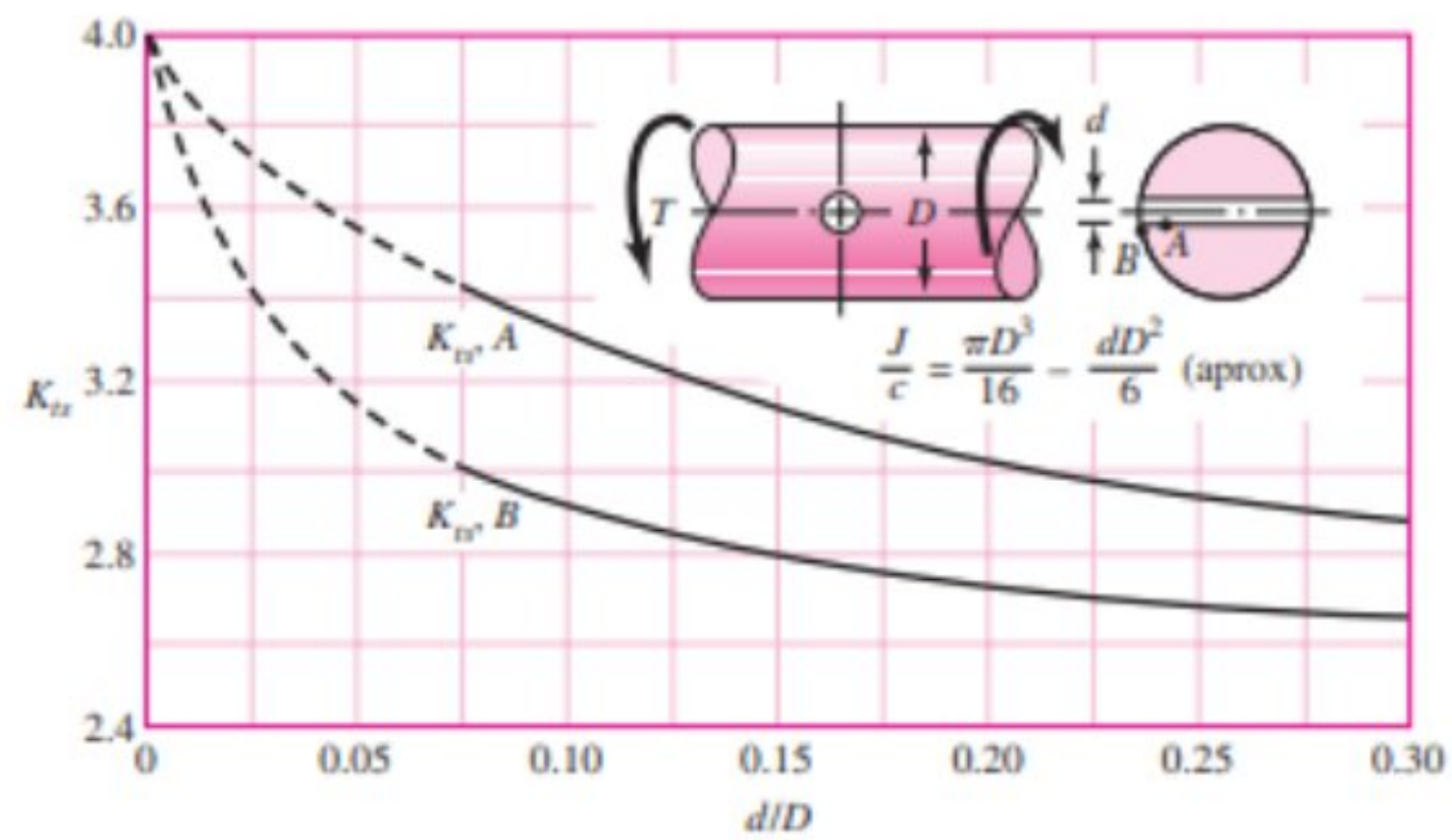
**ANEXO A**

**Factores concentradores de carga**



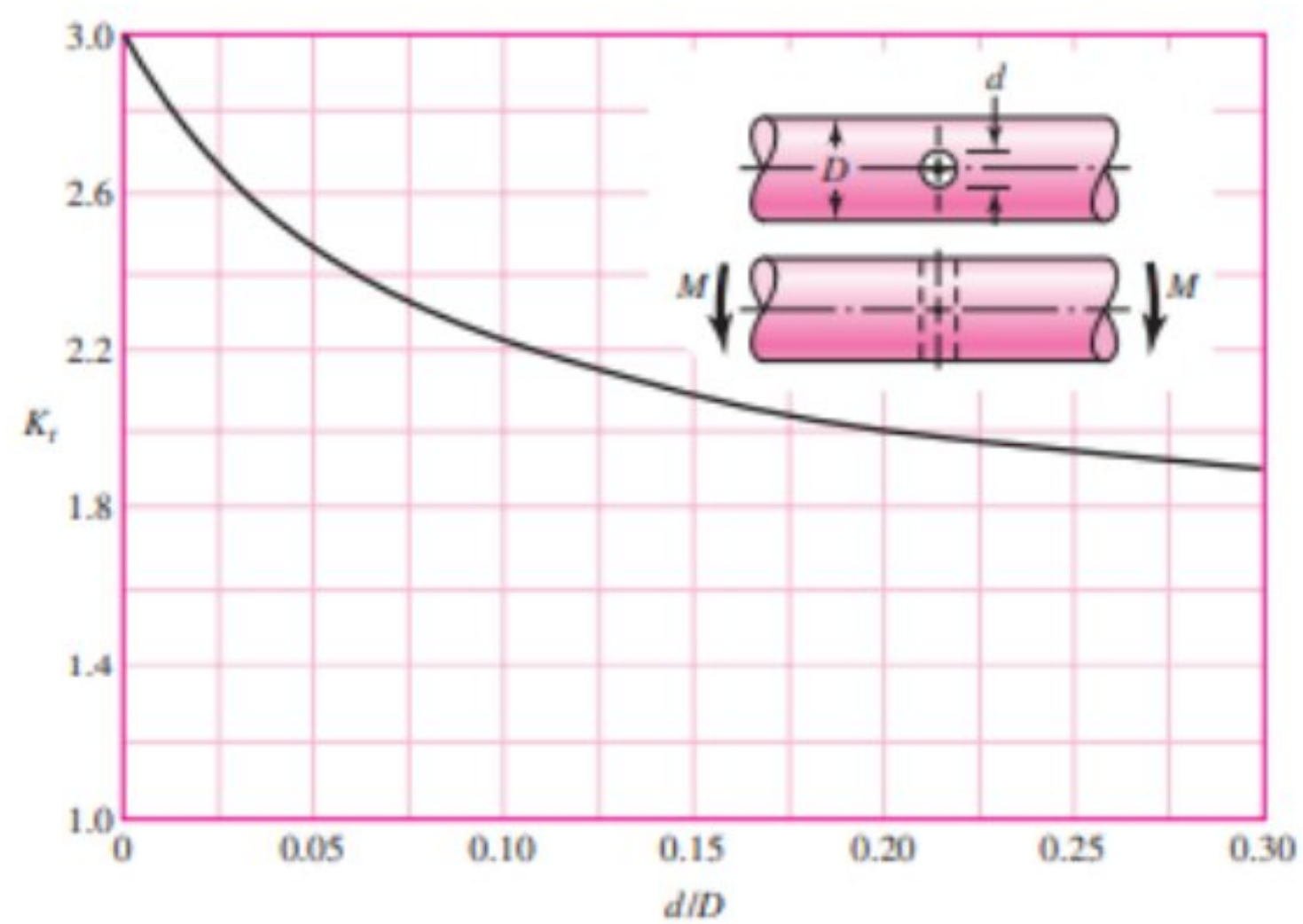
**Figura A-15-10**

Eje redondo en torsión con agujero transversal.



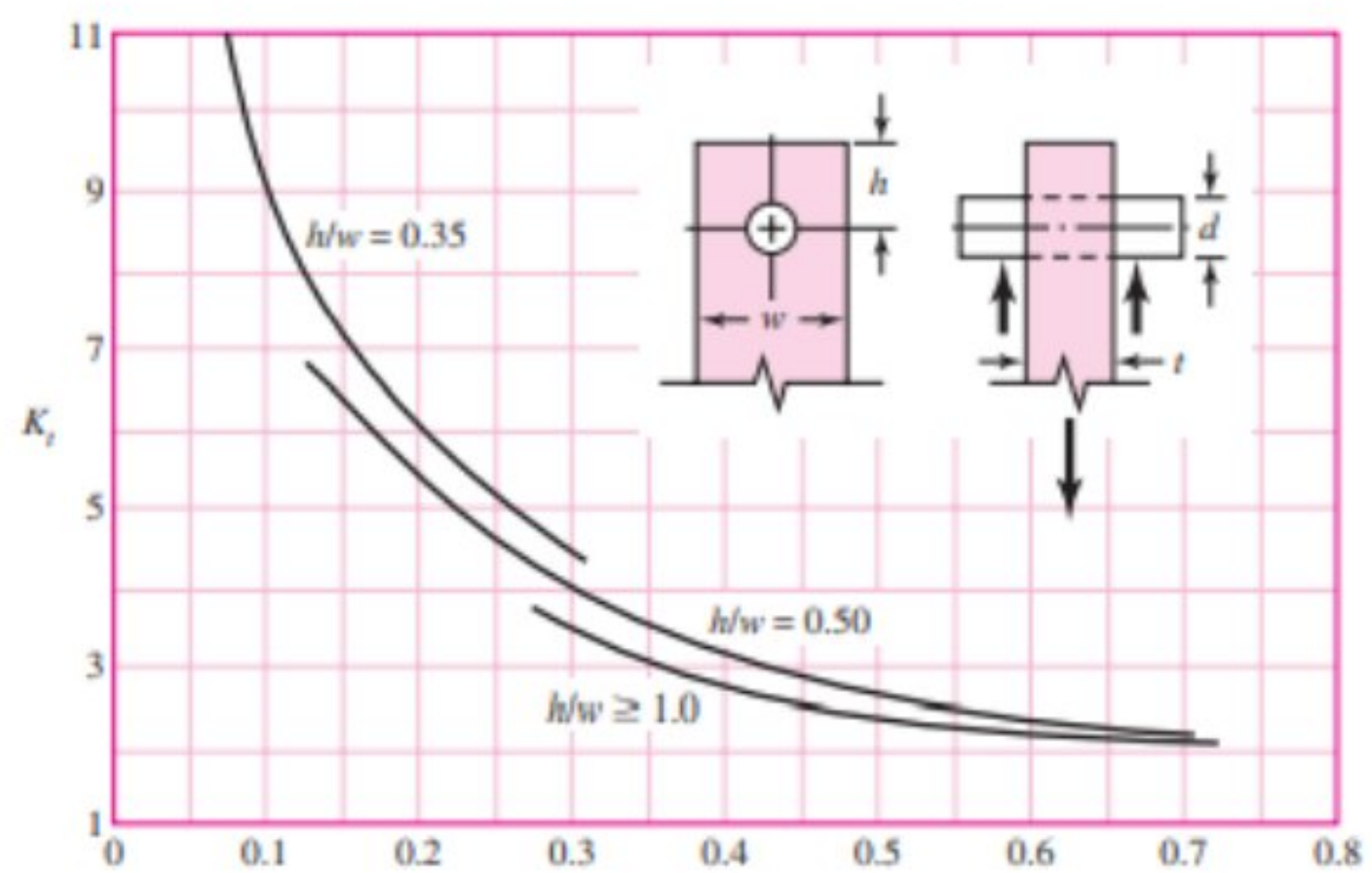
**Figura A-15-11**

Eje redondo en flexión con un agujero transversal.  
 $\sigma_0 = M/[(\pi D^3/32)(dD^2/6)]$ , aproximadamente.



**Figura A-15-12**

Placa cargada en tensión mediante un pasador a través de un agujero.  $\sigma_0 = F/A$ , donde  $A = (w - d)t$ . Cuando exista holgura incrementa  $K_t$  de 35 a 50%. (M. M. Frocht y H. N. Hill, "Stress Concentration Factors around a Central Circular Hole in a Plate Loaded through a Pin in Hole", en *J. Appl. Mechanics*, vol 7, núm. 1, marzo de 1940, p. A-5.)



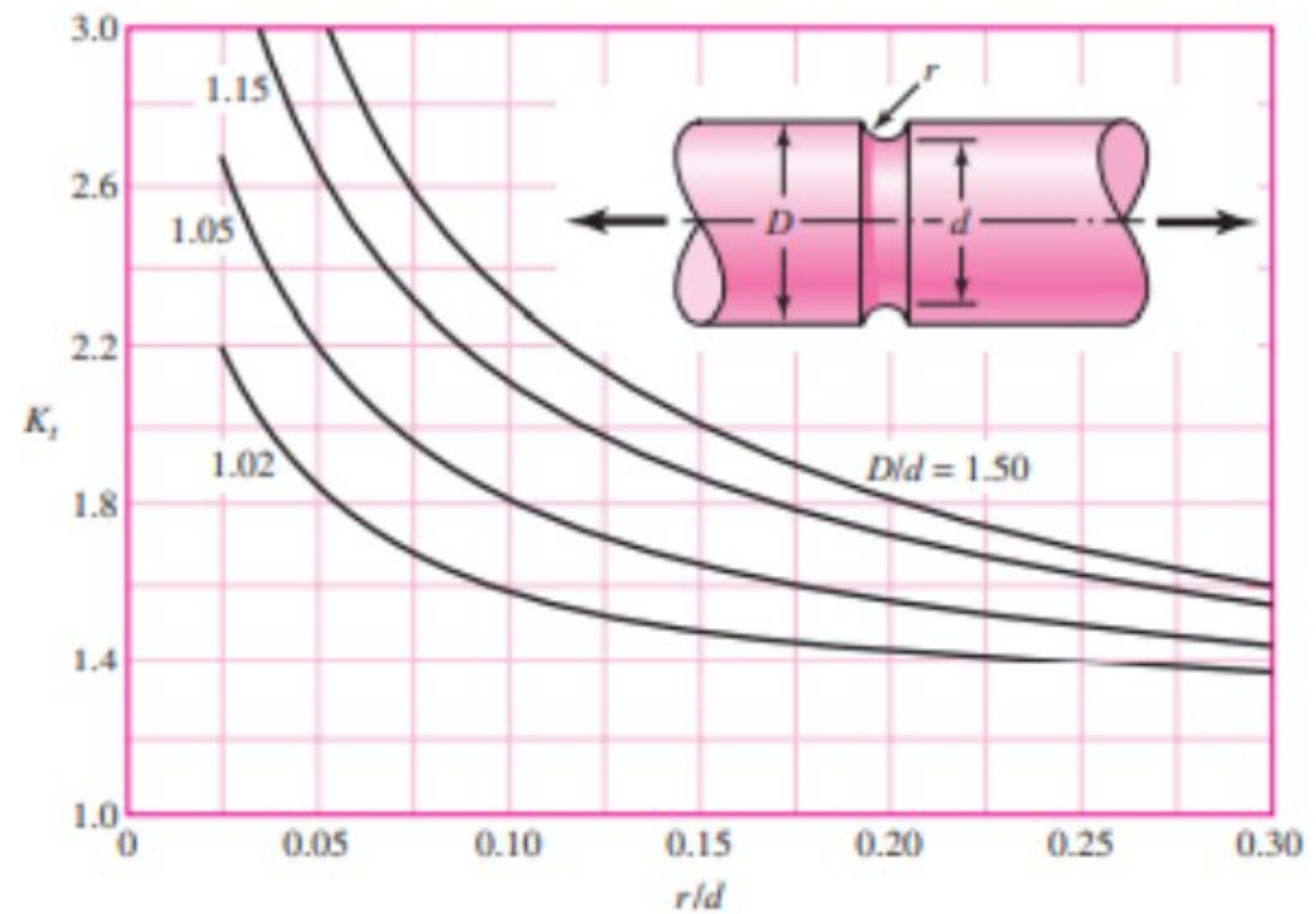
ANEXO A

Factores concentradores de carga



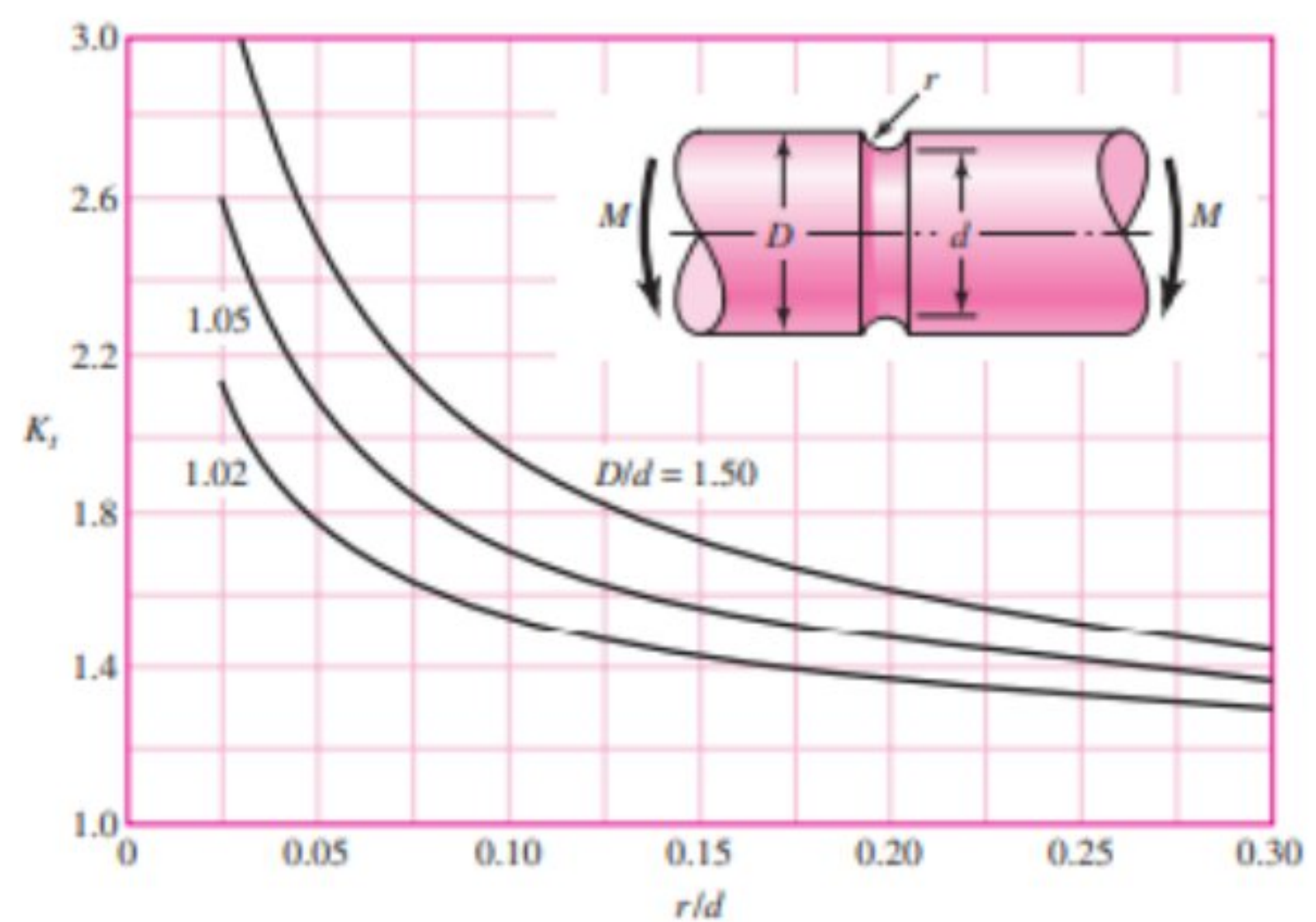
**Figura A-15-13**

Barra redonda ranurada en tensión.  $\sigma_0 = F/A$  donde  $A = \pi d^2/4$ .



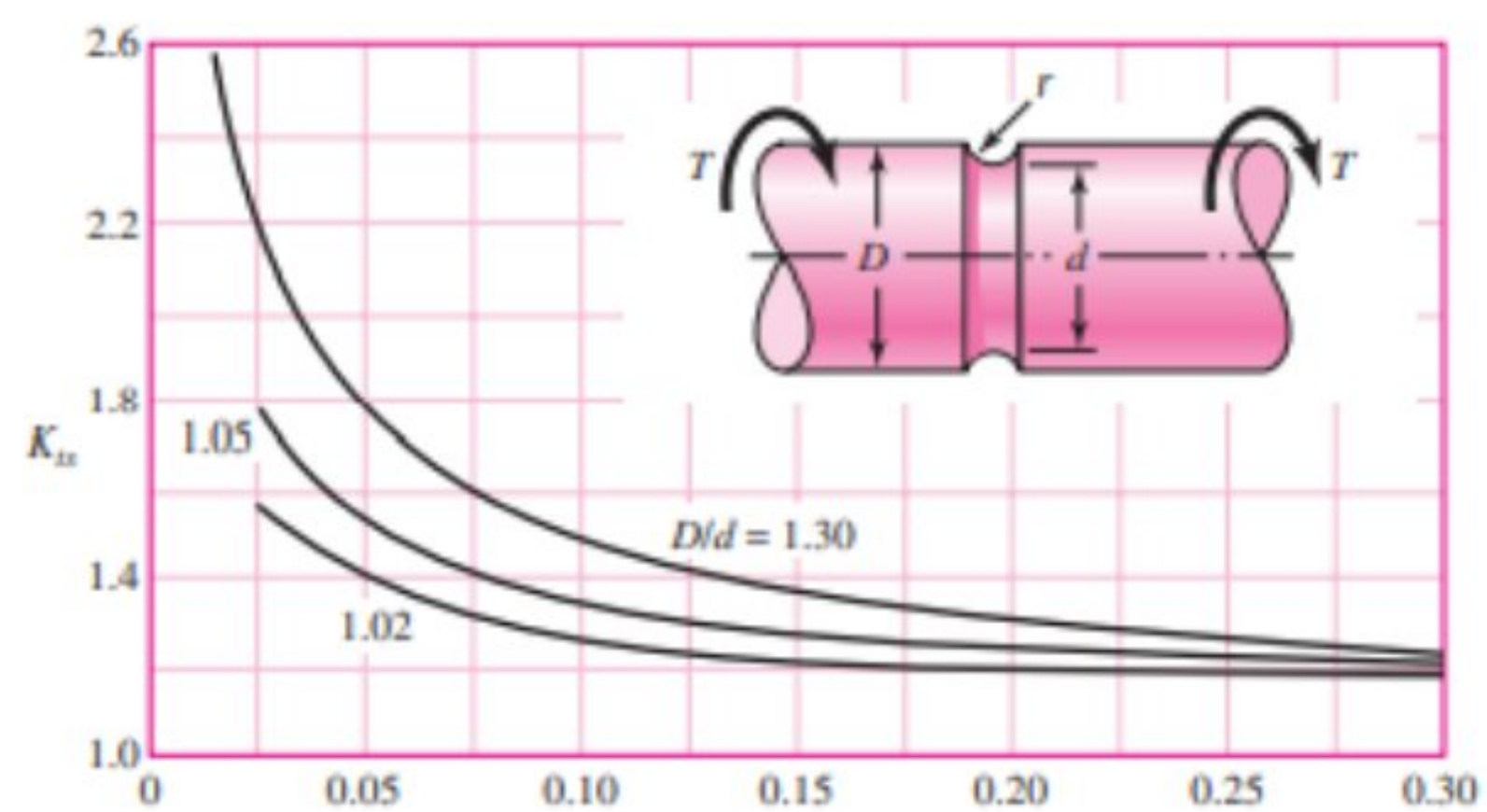
**Figura A-15-14**

Barra redonda ranurada en flexión.  $\sigma_0 = Mc/I$ , donde  $c = d/2$  y  $I = \pi d^4/64$ .



**Figura A-15-15**

Barra redonda ranurada en torsión.  $\tau_0 = Tc/J$ , donde  $c = d/2$  y  $J = \pi d^4/32$ .





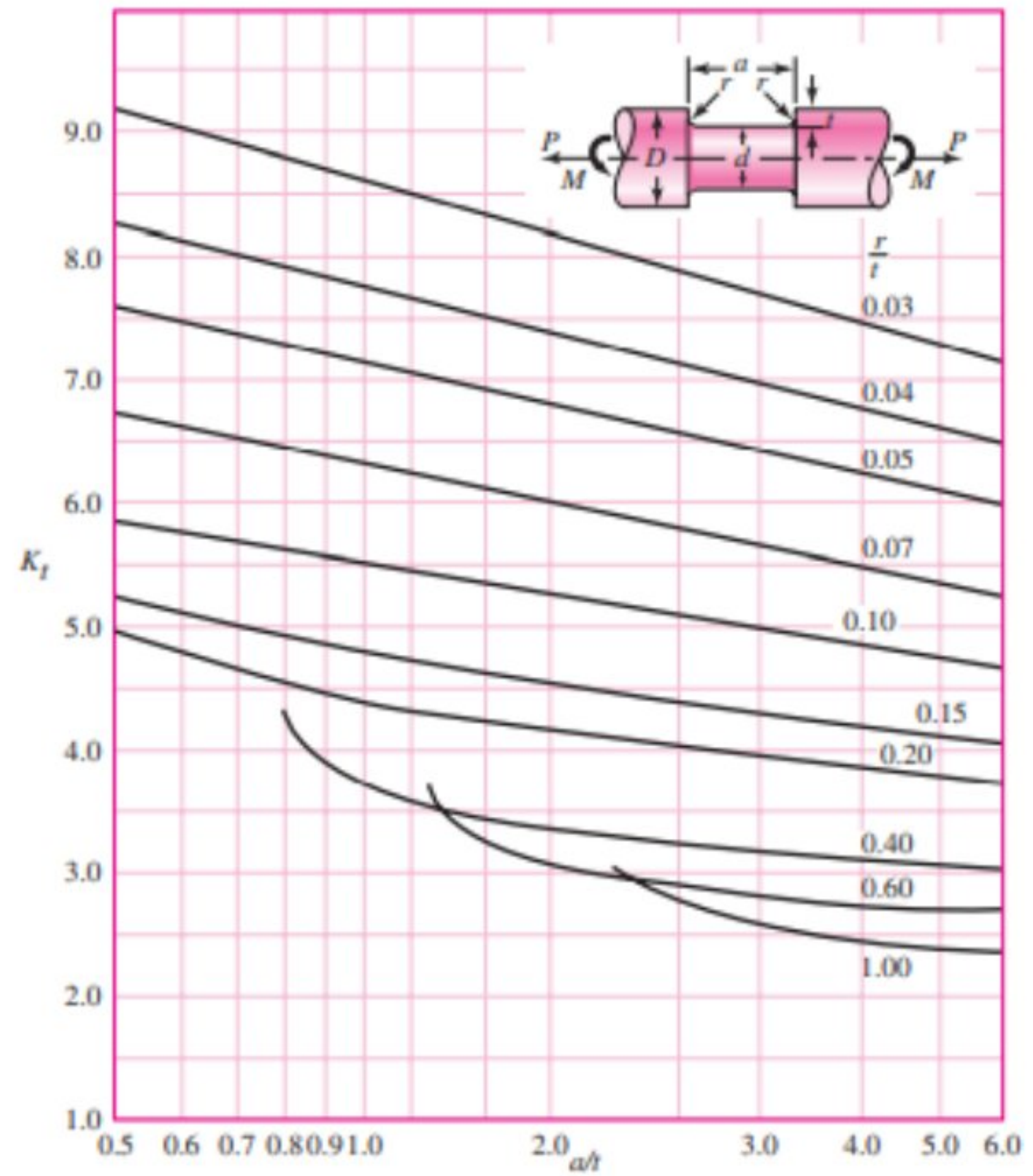
<b>ANEXO A</b>	<b>Factores concentradores de carga</b>	
----------------	---	--

**Figura A-15-16**

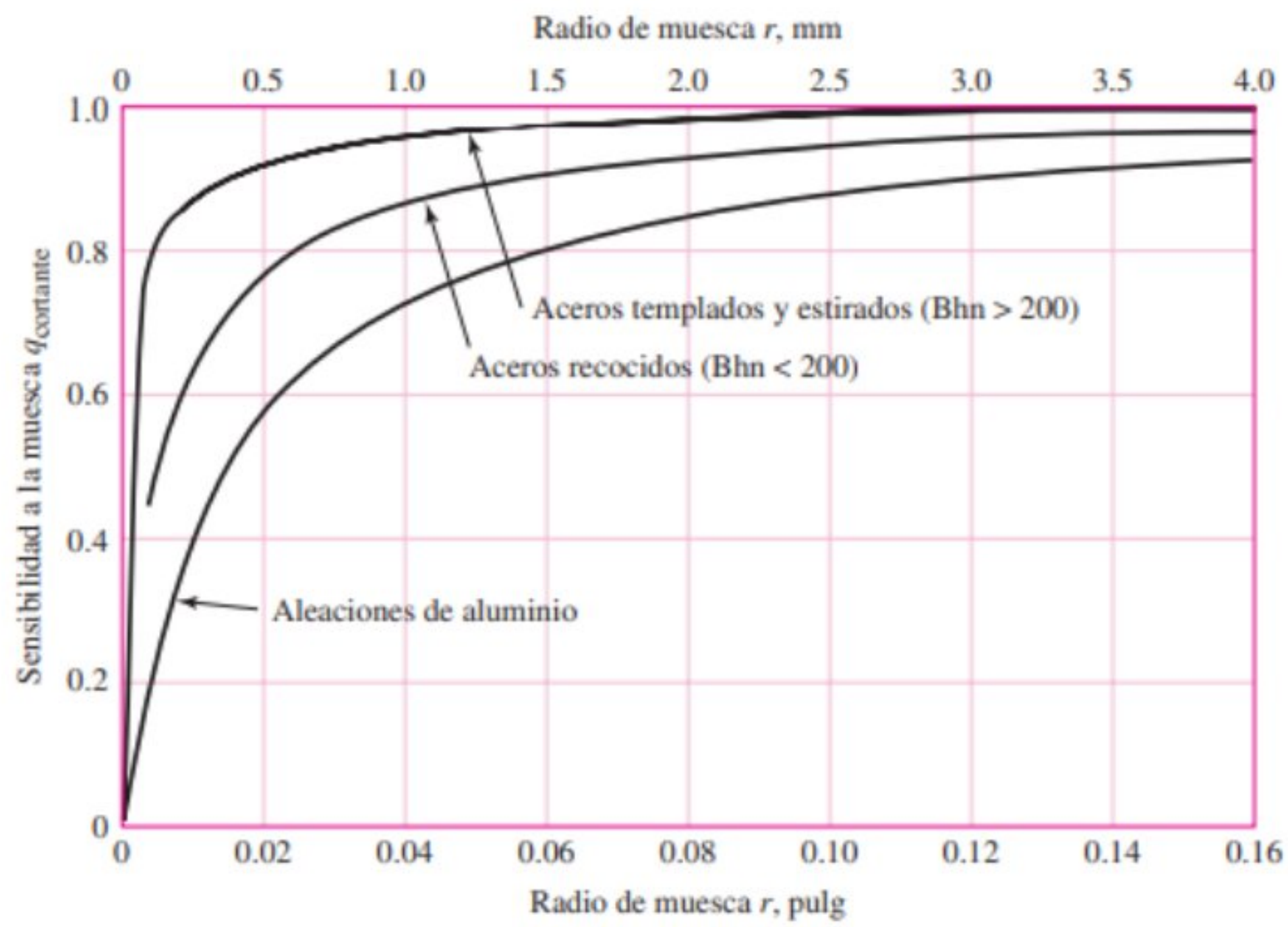
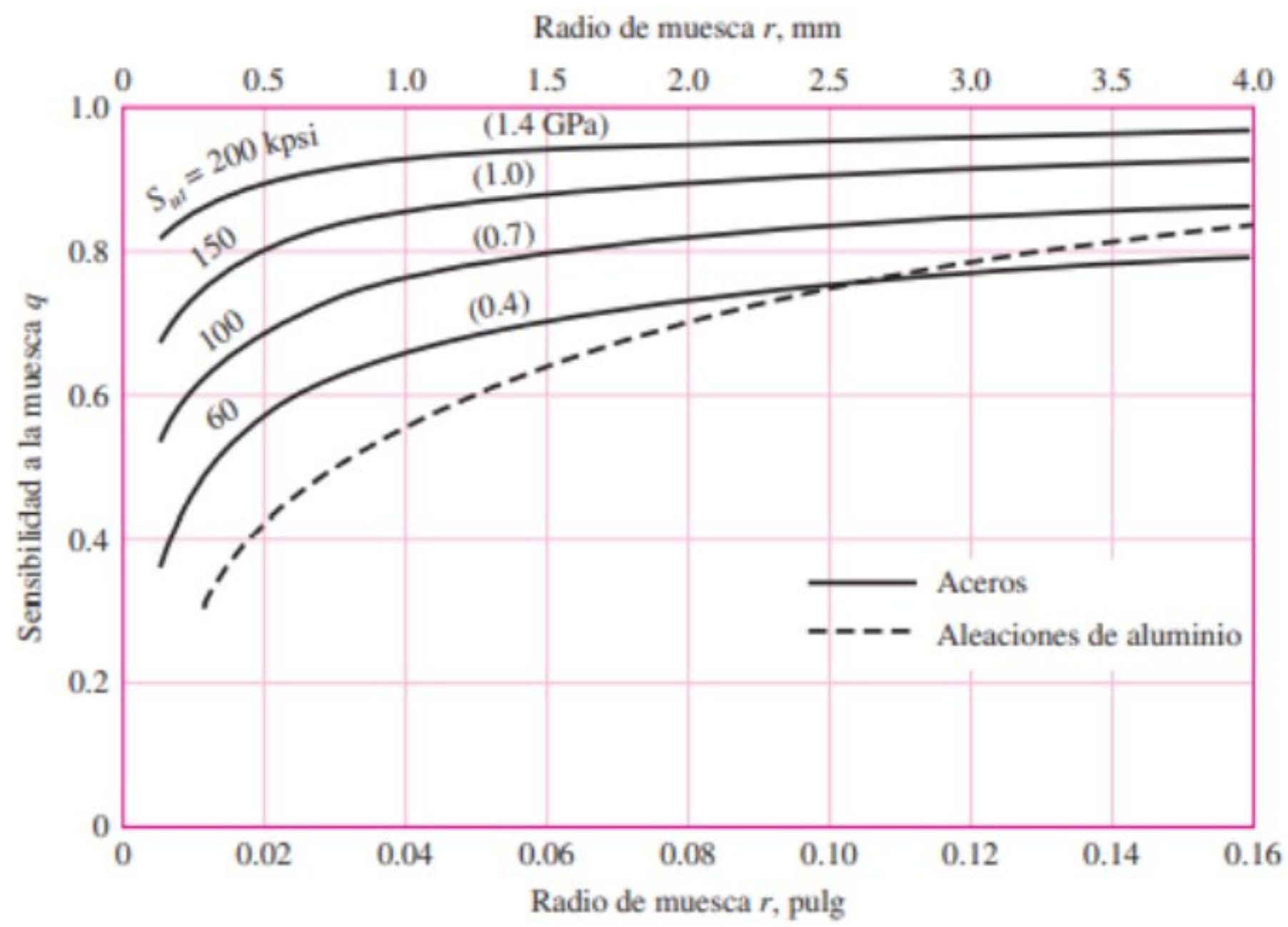
Eje redondo con ranura de fondo plano en flexión y/o tensión.


$$\sigma_0 = \frac{4P}{\pi d^2} + \frac{32M}{\pi d^3}$$


Fuente: W. D. Pilkey, *Peterson's Stress Concentration Factors*, 2a. ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1997, p. 115.

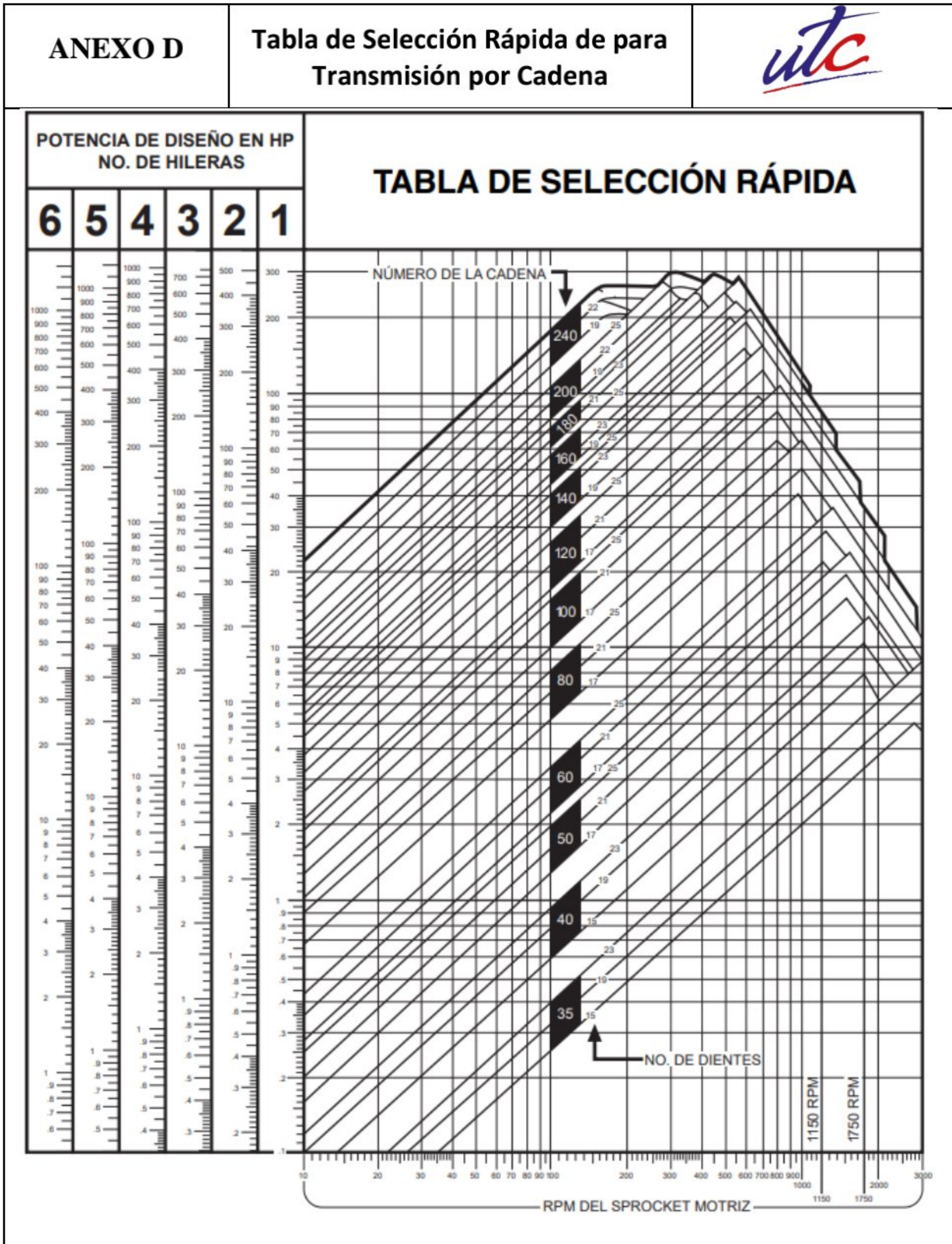


<b>ANEXO B</b>	<b>Sensibilidad a la Muesca</b>	
----------------	---------------------------------	--



ANEXO C	Factor de Temperatura y Confiabilidad																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="422 587 835 647">Temperatura, °C</th> <th data-bbox="877 587 1003 647"><math>S_T/S_{RT}</math></th> <th data-bbox="1136 587 1444 647">Temperatura, °F</th> <th data-bbox="1577 587 1703 647"><math>S_T/S_{RT}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>1.000</td><td>70</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>50</td><td>1.010</td><td>100</td><td>1.008</td></tr> <tr><td>100</td><td>1.020</td><td>200</td><td>1.020</td></tr> <tr><td>150</td><td>1.025</td><td>300</td><td>1.024</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.020</td><td>400</td><td>1.018</td></tr> <tr><td>250</td><td>1.000</td><td>500</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>300</td><td>0.975</td><td>600</td><td>0.963</td></tr> <tr><td>350</td><td>0.943</td><td>700</td><td>0.927</td></tr> <tr><td>400</td><td>0.900</td><td>800</td><td>0.872</td></tr> <tr><td>450</td><td>0.843</td><td>900</td><td>0.797</td></tr> <tr><td>500</td><td>0.768</td><td>1 000</td><td>0.698</td></tr> <tr><td>550</td><td>0.672</td><td>1 100</td><td>0.567</td></tr> <tr><td>600</td><td>0.549</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °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	1 000	0.698	550	0.672	1 100	0.567	600	0.549		
Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °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	1 000	0.698																																																									
550	0.672	1 100	0.567																																																									
600	0.549																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="443 1581 716 1626">Confiabilidad, %</th> <th data-bbox="764 1581 1255 1626">Variación de transformación <math>z_\alpha</math></th> <th data-bbox="1297 1581 1703 1626">Factor de confiabilidad <math>k_\alpha</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>0</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>90</td><td>1.288</td><td>0.897</td></tr> <tr><td>95</td><td>1.645</td><td>0.868</td></tr> <tr><td>99</td><td>2.326</td><td>0.814</td></tr> <tr><td>99.9</td><td>3.091</td><td>0.753</td></tr> <tr><td>99.99</td><td>3.719</td><td>0.702</td></tr> <tr><td>99.999</td><td>4.265</td><td>0.659</td></tr> <tr><td>99.9999</td><td>4.753</td><td>0.620</td></tr> </tbody> </table>					Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_\alpha$	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																													
Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_\alpha$																																																										
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 D	Factores de Servicio en Transmisión por Cadena																				
<p style="text-align: center;"><b>Clasificación de Servicio - Tabla I</b></p> <p><b>Carga Uniforme</b> Agitadores para líquidos, Sopladores Centrifugos, Transportadores de Carga Uniforme, Elevadores de Carga Uniforme, Ventiladores Centrifugos, Generadores, Ejes de Línea de Carga Uniforme Irreversible, Bombas Centrifugas</p> <p><b>Carga de Impacto Moderado</b> Batidoras, Compresores Centrifugos, Transportadores de Carga Variable, Molinos, Hornos y Secadoras, Lavadoras y Secadoras, Ejes de Línea de Carga Variable, Máquinas de Carga Pulsante, Bombas Reciprocantes Triplex, Cribas Rotatorias de Carga Uniforme, Maquinaria para Trabajo en Madera.</p> <p><b>Carga de Impacto Pesado</b> Máquinas para Ladrillos, Compresores Reciprocantes, Máquinas de Carga Reversible o con Cargas de Impacto, Molinos de Martillos o Rodillos, Prensas, Bombas Reciprocantes Sencillas o Dobles.</p>																					
<p style="text-align: center;"><b>Factor de Servicio — Tabla II</b></p> <table border="1" data-bbox="625 1670 1514 2095"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CLASIFICACIÓN DE SERVICIO</th> <th colspan="3">TIPO DE LA UNIDAD MOTRIZ</th> </tr> <tr> <th>Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidráulica</th> <th>Motor Eléctrico o Turbina</th> <th>Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecánica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carga Uniforme</td> <td>1.0</td> <td>1.0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Carga de Impacto Moderado</td> <td>1.2</td> <td>1.3</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>Carga de Impacto Pesado</td> <td>1.4</td> <td>1.5</td> <td>1.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Las <b>Condiciones de Operación Desfavorables</b> que pudieran estar presentes deben ser compensadas agregando 0.2 al factor de servicio por cada condición desfavorable. Algunas de estas condiciones pueden ser las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ejes Múltiples — añade 0.2 por cada eje adicional.</li> <li>2. Relaciones de velocidad excesivas – Mayores de 7:1.</li> <li>3. Cargas de arranque pesadas con frecuentes arranques y paros.</li> <li>4. Condiciones de alta temperatura, condiciones muy abrasivas o circunstancias que disminuyan la efectividad de la lubricación o que no permitan el uso de los procedimientos de lubricación recomendados.</li> </ol>			CLASIFICACIÓN DE SERVICIO	TIPO DE LA UNIDAD MOTRIZ			Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidráulica	Motor Eléctrico o Turbina	Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecánica	Carga Uniforme	1.0	1.0	1.2	Carga de Impacto Moderado	1.2	1.3	1.4	Carga de Impacto Pesado	1.4	1.5	1.7
CLASIFICACIÓN DE SERVICIO	TIPO DE LA UNIDAD MOTRIZ																				
	Motor de Combustión Interna con Transmisión Hidráulica	Motor Eléctrico o Turbina	Motor de Combustión Interna con Transmisión Mecánica																		
Carga Uniforme	1.0	1.0	1.2																		
Carga de Impacto Moderado	1.2	1.3	1.4																		
Carga de Impacto Pesado	1.4	1.5	1.7																		





<b>ANEXO D</b>	<b>Sprockets de Acero en Existencia</b>	
----------------	---	--

Martin

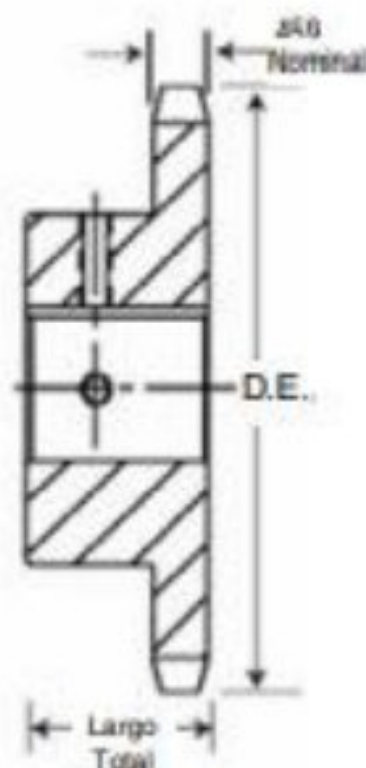
## Sprockets de Acero en Existencia

# No. 60

## Paso 3/4"



BARRENO A LA MEDIDA



TIPO BS

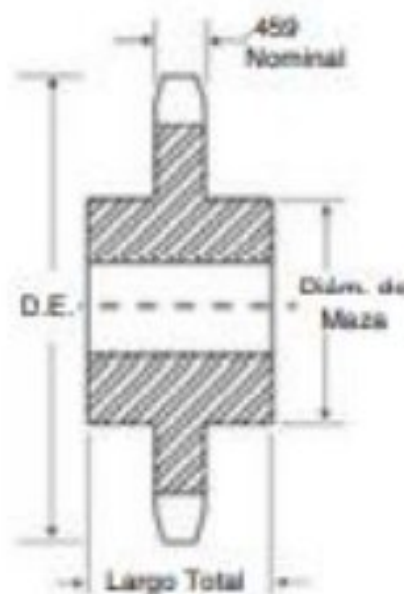


### No. 60 - Dientes Endurecidos — 2 Opresores

No. de Dientes	Número de Parte	Diámetro Exterior	Largo Total del Barreno	Peso Aprox. (lb)	Barrenos a la Medida en Existencia Incluye Cuñero y 2 Opresores
9	60BS9HT	2.51	1 1/4	.6	1/4 - 1/4 - 1
10	60BS10HT	2.76	1 1/2	.7	1/2 - 1/2 - 1 - 1/4 - 1/4 - 1/4
11	60BS11HT	3.00	1 3/4	.9	3/4 - 3/4 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2
12	60BS12HT	3.25	1 7/8	1.3	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/4
13	60BS13HT	3.49	1 7/8	1.3	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
14	60BS14HT	3.74	1 7/8	1.6	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
15	60BS15HT	3.98	1 7/8	1.7	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
16	60BS16HT	4.22	1 7/8	2.1	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
17	60BS17HT	4.46	1 7/8	2.4	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
18	60BS18HT	4.70	1 7/8	2.6	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
19	60BS19HT	4.95	1 7/8	3.4	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2
20	60BS20HT	5.19	1 7/8	3.9	1 - 1/2 - 1/2 - 1 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2 - 1/2

NOTA: EL CUÑERO SE ENCUENTRA EN LA LÍNEA DE CENTRO DEL DIENTE.

Los sprockets en existencia de *Martin* con dientes endurecidos, alargan la vida de la transmisión. Es recomendable que el sprocket motriz de una transmisión de cadena de rodillos tenga dientes endurecidos cuando la relación de velocidad sea de 4:1 o mayor, si el sprocket motriz tiene menos de 24 dientes o si la transmisión opera a velocidades superiores a 600 RPM.



TIPO C

### Sencillo - Tipo C

No. de Dientes	Número de Parte	Diámetro Exterior	Barreno (Pulg.)		Maza (Pulg.)		Peso Aprox. (lb)
			Piloto	Máx.	Diámetro	Largo	
12	60C12	3.250	1/4	1 1/4	2 1/4*	2	2.25
13	60C13	3.490	1/4	1 1/2	2 1/4	2	2.75
14	60C14	3.740	1/4	1 3/4	2 1/4	2	3.19
15	60C15	3.980	1/4	1 7/8	2 1/4	2	3.10
16	60C16	4.220	1/4	2	3 1/4	2	4.19
17	60C17	4.460	1/4	2 1/4	3 1/4	2	4.81
18	60C18	4.700	1/4	2 1/2	3 1/4	2	5.62

\* Tiene una ranura en la maza para que libere la cadena.



Ingeniería  
Electromecánica





# ANEXO E

## Parámetros de cargas y resultados en el diseño de Ejes con Autodesk Inventor Student



Generador de componentes de eje (Versión: 2023 (Build 270158000, 158))

25/8/2022

### Información de proyecto (iProperties)

#### Cálculo

##### Material

Material	Material de usuario
Módulo de elasticidad E	220000 MPa
Módulo de rigidez G	80000 MPa
Densidad $\rho$	7860 kg/m <sup>3</sup>

##### Propiedades del cálculo

Incluir		
Sí	Densidad	$\rho$ 7860 kg/m <sup>3</sup>
Sí	Coefficiente de desplazamiento cortante $\beta$	1,189 su
	Número de divisiones	1000 su
	Modo de tensión reducida	HMH

##### Cargas

Índice	Ubicación	Fuerza radial				Momento flector				Carga continua				Fuerza axial	Par de torsión	Flexión				Ángulo de flexión
		Y	X	Tamaño	Dirección	Y	X	Tamaño	Dirección	Y	X	Tamaño	Dirección			Longitud	Y	X	Tamaño	
F1	20 mm	1128,600 N	1128,600 N													-31,961 $\mu$ m	31,961 $\mu$ m	180,00 gr	0,04 gr	
T1	20 mm													-191,900 N m	-31,961 $\mu$ m	31,961 $\mu$ m	180,00 gr	0,04 gr		
T2	371 mm													191,900 N m	-71,542 $\mu$ m	71,542 $\mu$ m	180,00 gr	0,07 gr		
F2	371 mm	1473,570 N	1473,570 N												-71,542 $\mu$ m	71,542 $\mu$ m	180,00 gr	0,07 gr		

##### Soportes

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción				Elasticidad	Tipo	Flexión				Ángulo de flexión
			Y	X	Tamaño	Dirección			Y	X	Tamaño	Dirección	
1	Libre	62 mm	934,547 N	934,547 N			Usuario	-0,000 $\mu$ m	0,000 $\mu$ m	180,00 gr	0,04 gr		
2	Libre	305 mm	1691,304 N	1691,304 N			Usuario	-0,000 $\mu$ m	0,000 $\mu$ m	180,00 gr	0,05 gr		

##### Resultados

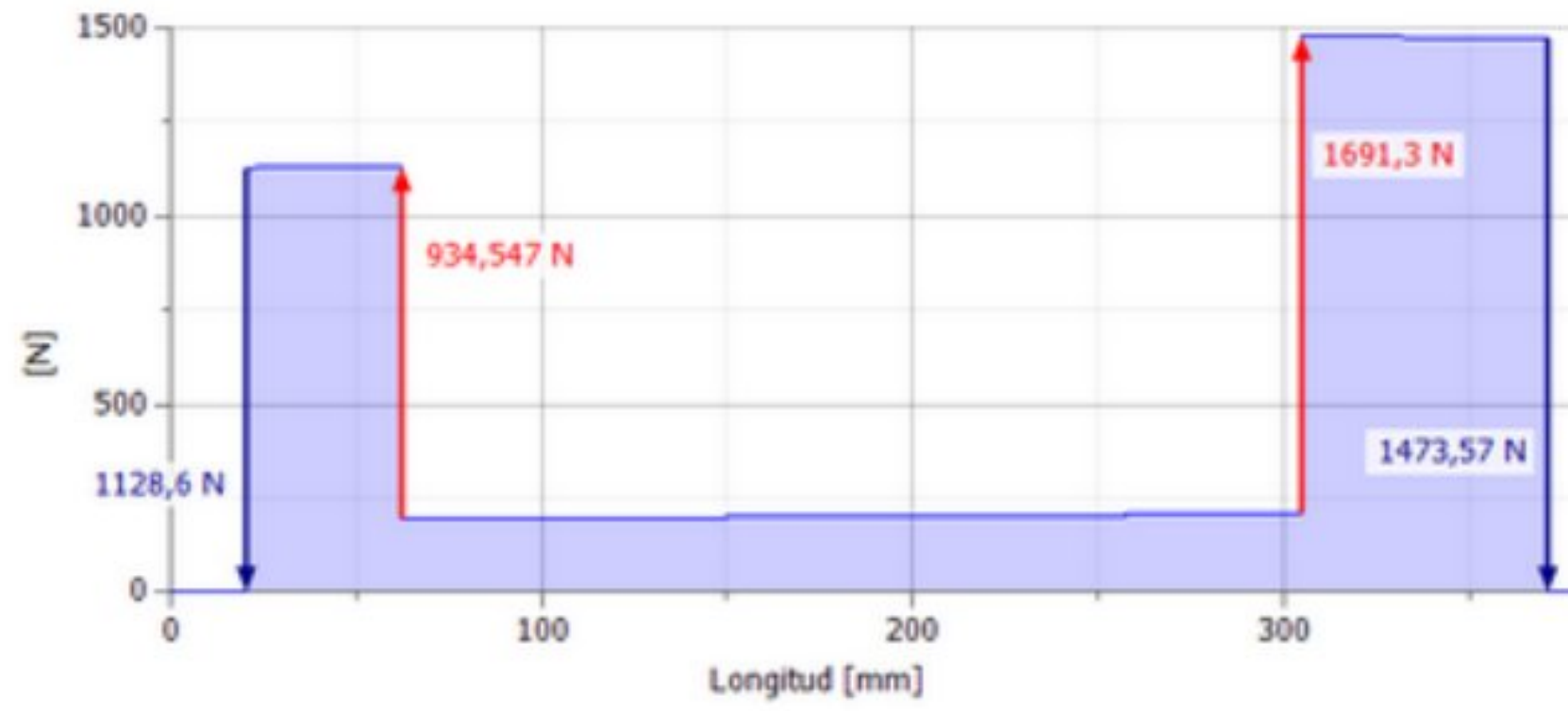
Longitud	L	382,000 mm
Masa	Masa	2,415 kg
Tensión de plegado máxima	$\sigma_B$	30,289 MPa
Tensión de corte máxima	$\tau_S$	1,838 MPa
Tensión de torsión máxima	$\tau$	29,826 MPa
Tensión máxima	$\sigma_T$	0,000 MPa
Tensión reducida máxima	$\sigma_{red}$	59,969 MPa
Flexión máxima	$f_{m\acute{a}x}$	84,207 $\mu$ m
Ángulo de torsión	$\varphi$	-0,47 gr

##### Vista preliminar

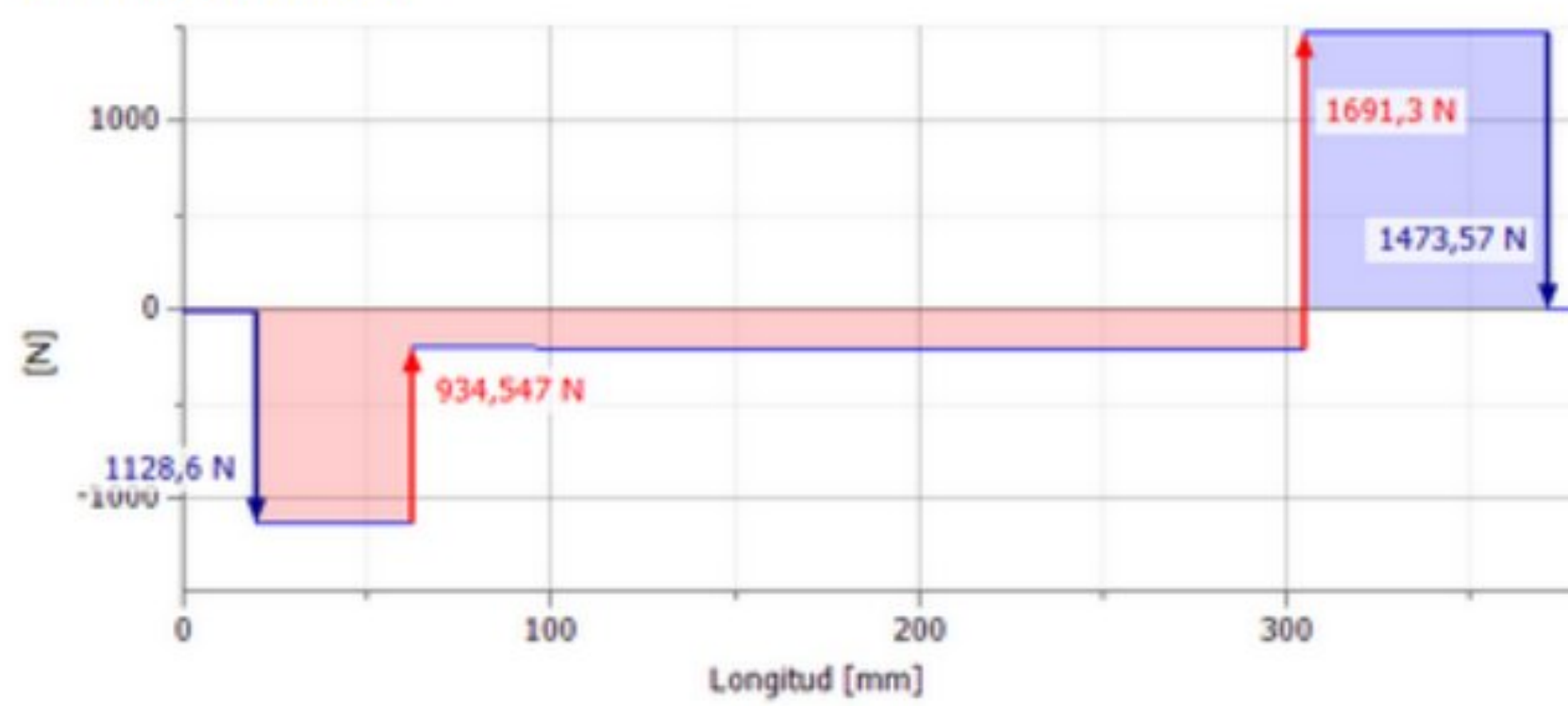


<b>ANEXO E</b>	<b>Momento Flector y Cortante en Autodesk Inventor Student</b>	
----------------	--	--

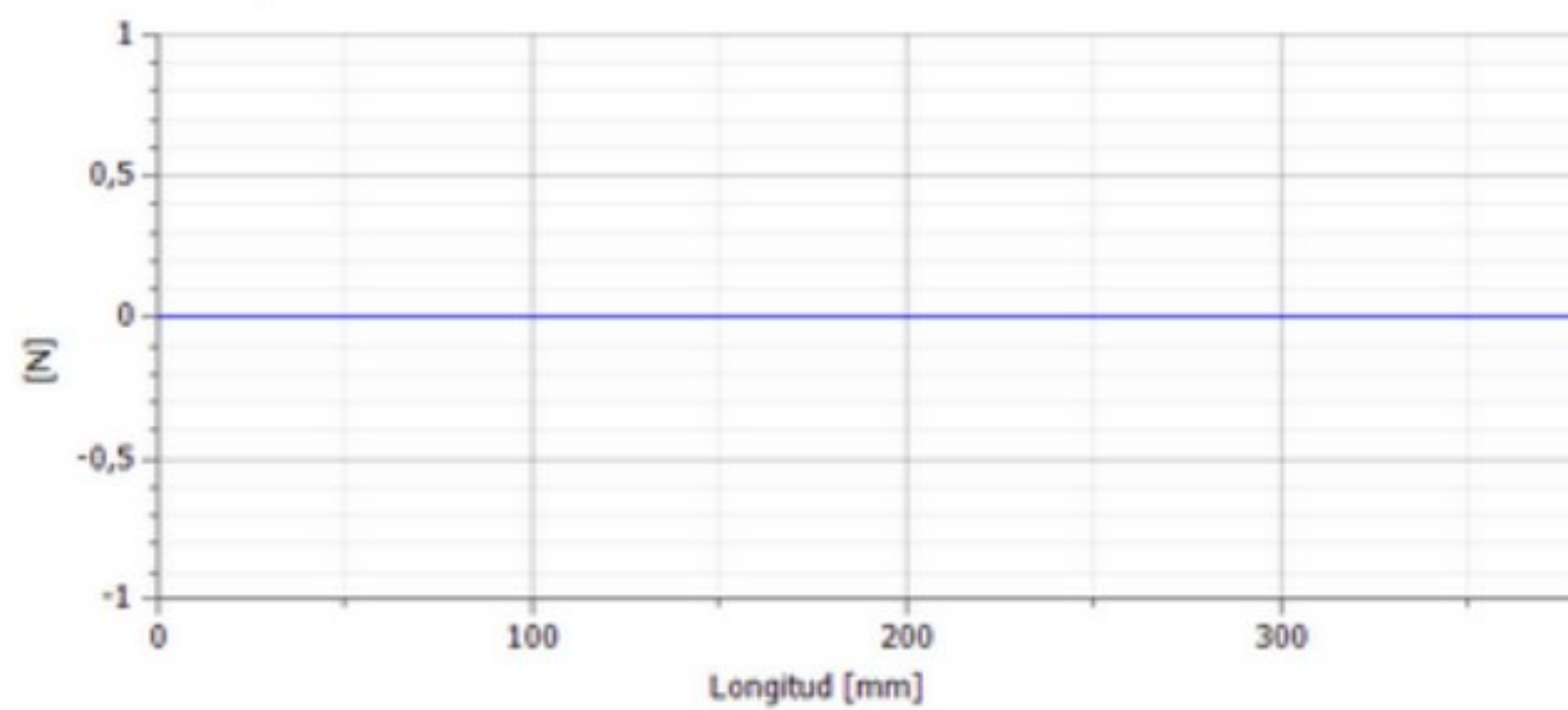
☐ Fuerza de corte



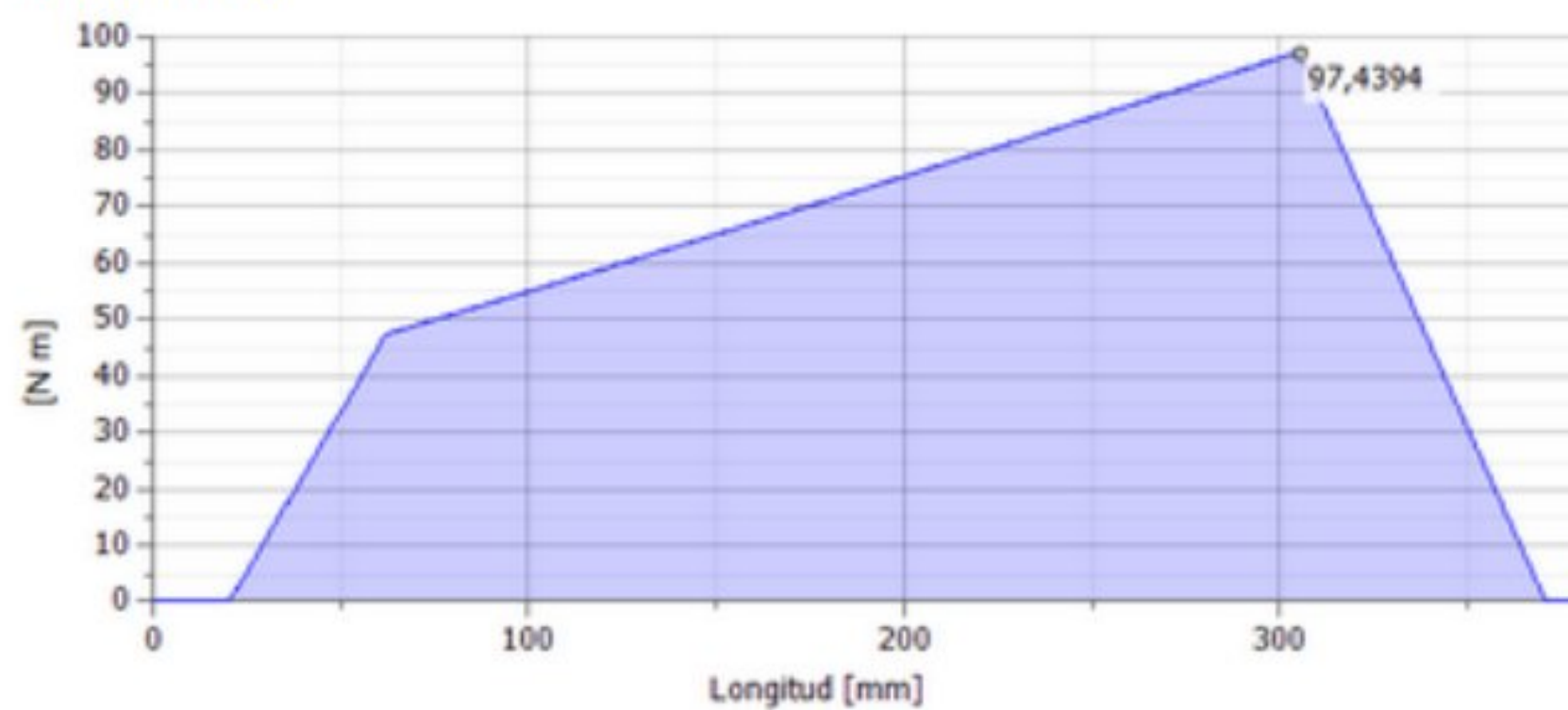
☐ Fuerza de corte, Plano YZ



☐ Fuerza de corte, Plano XZ



☐ Momento flector

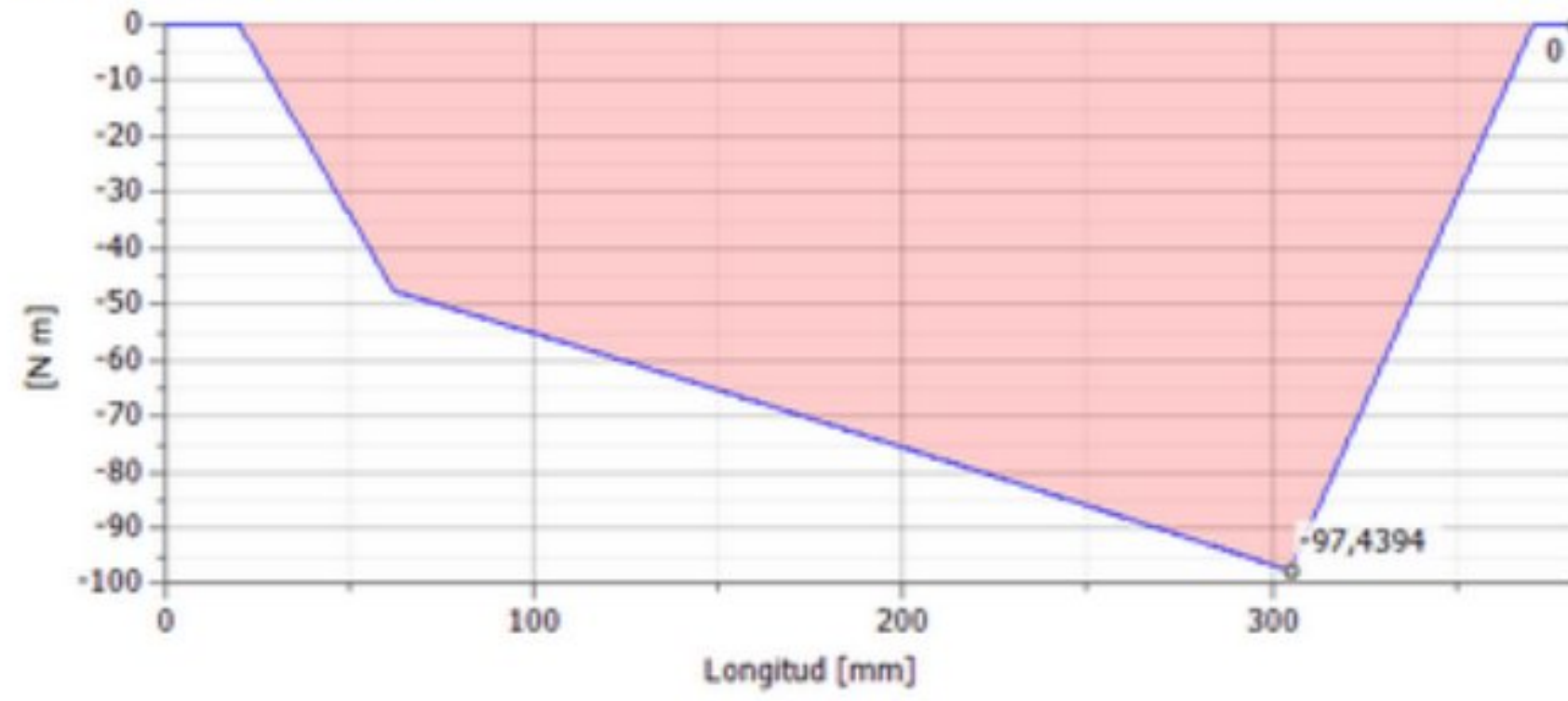




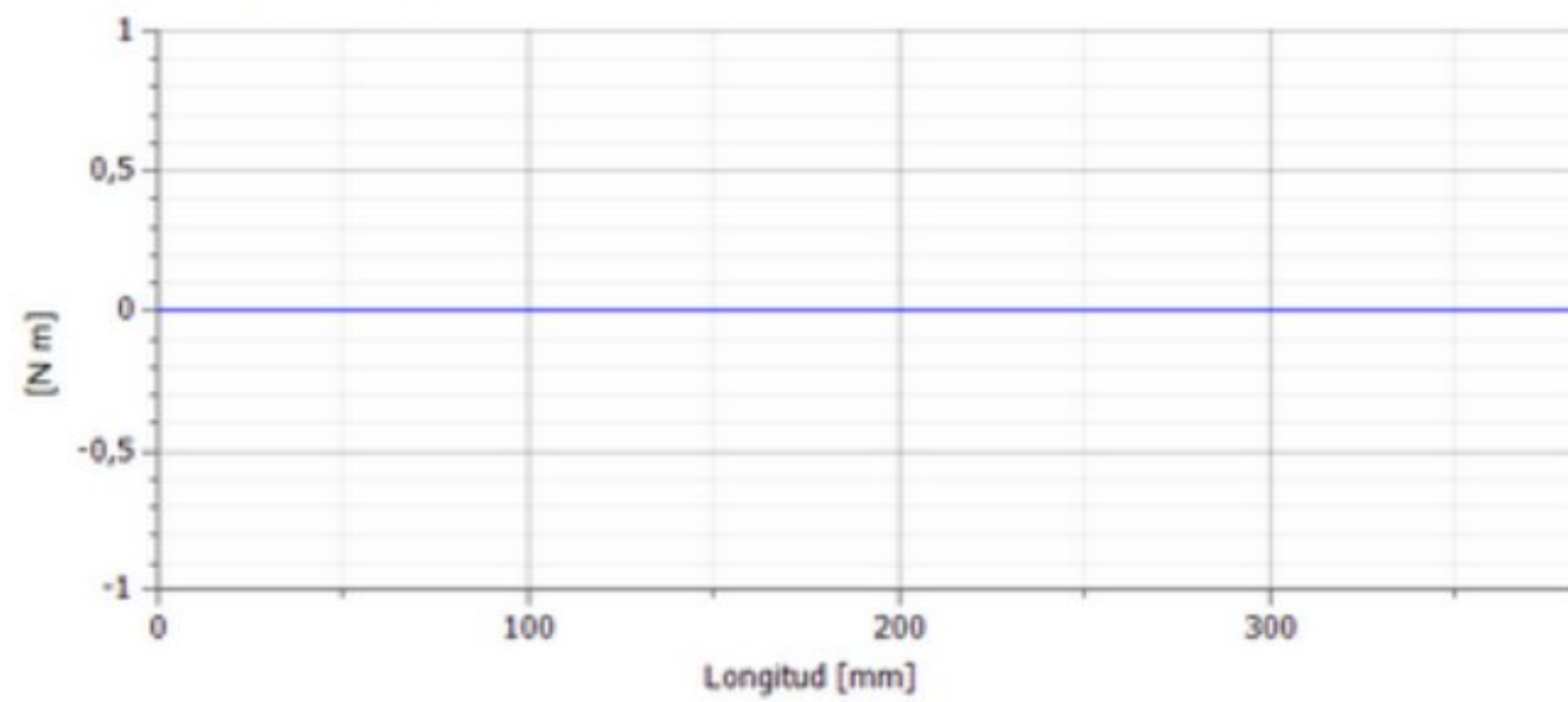
Ingeniería  
Electromecánica

<b>ANEXO E</b>	<b>Momento flector, ángulo de flexión</b>	
----------------	---	--

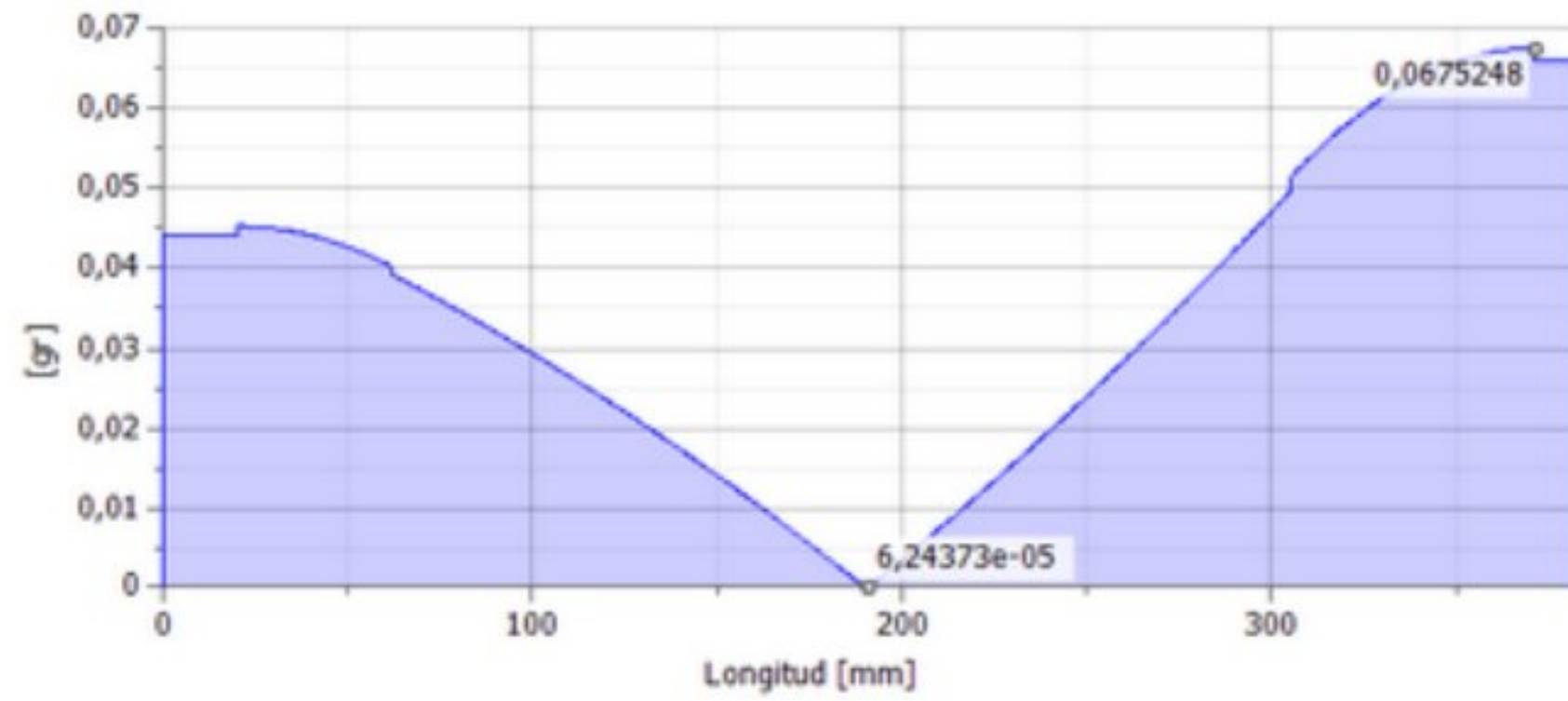
☐ Momento flector, Plano YZ



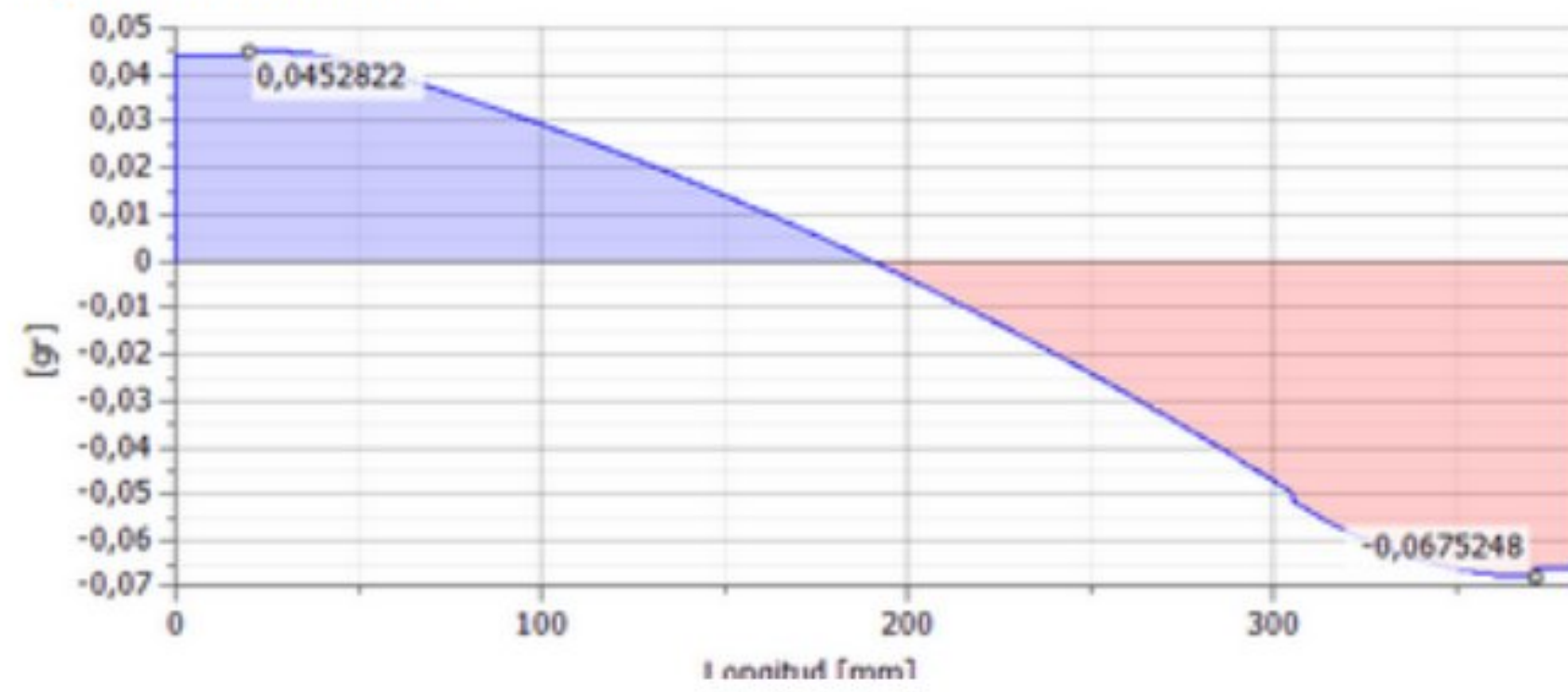
☐ Momento flector, Plano XZ



☐ Ángulo de flexión



☐ Ángulo de flexión, Plano YZ





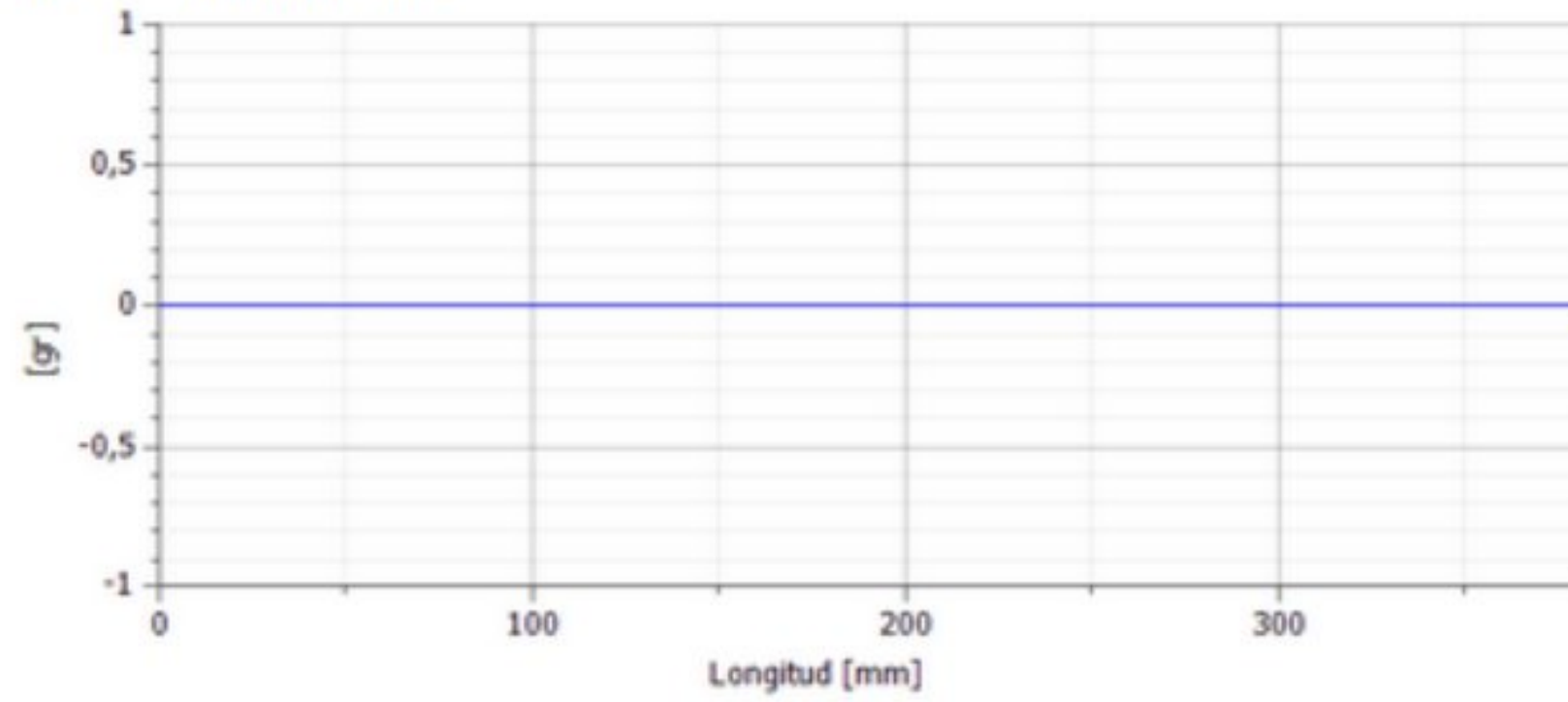
Ingeniería  
Electromecánica

# ANEXO E

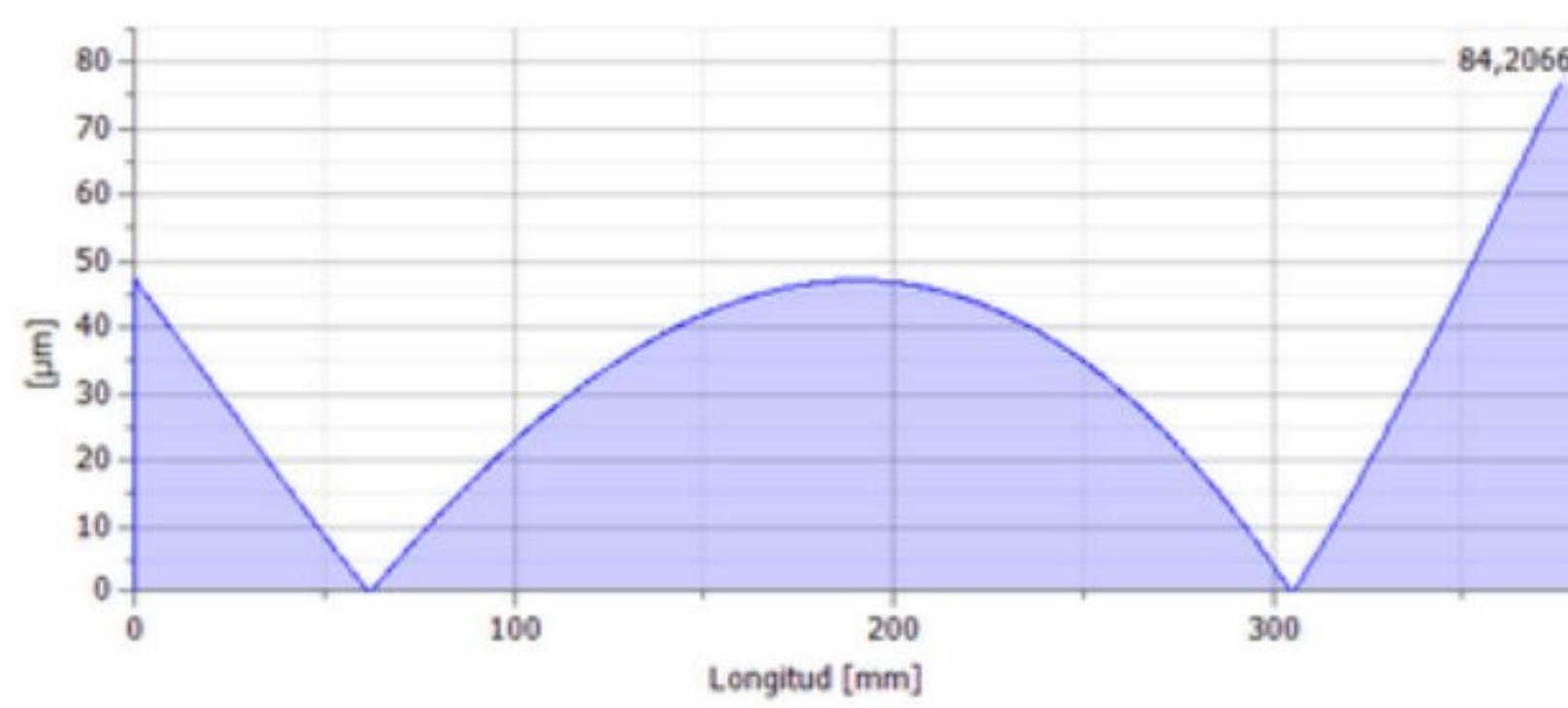
## Flexión y Flexión de Plegado



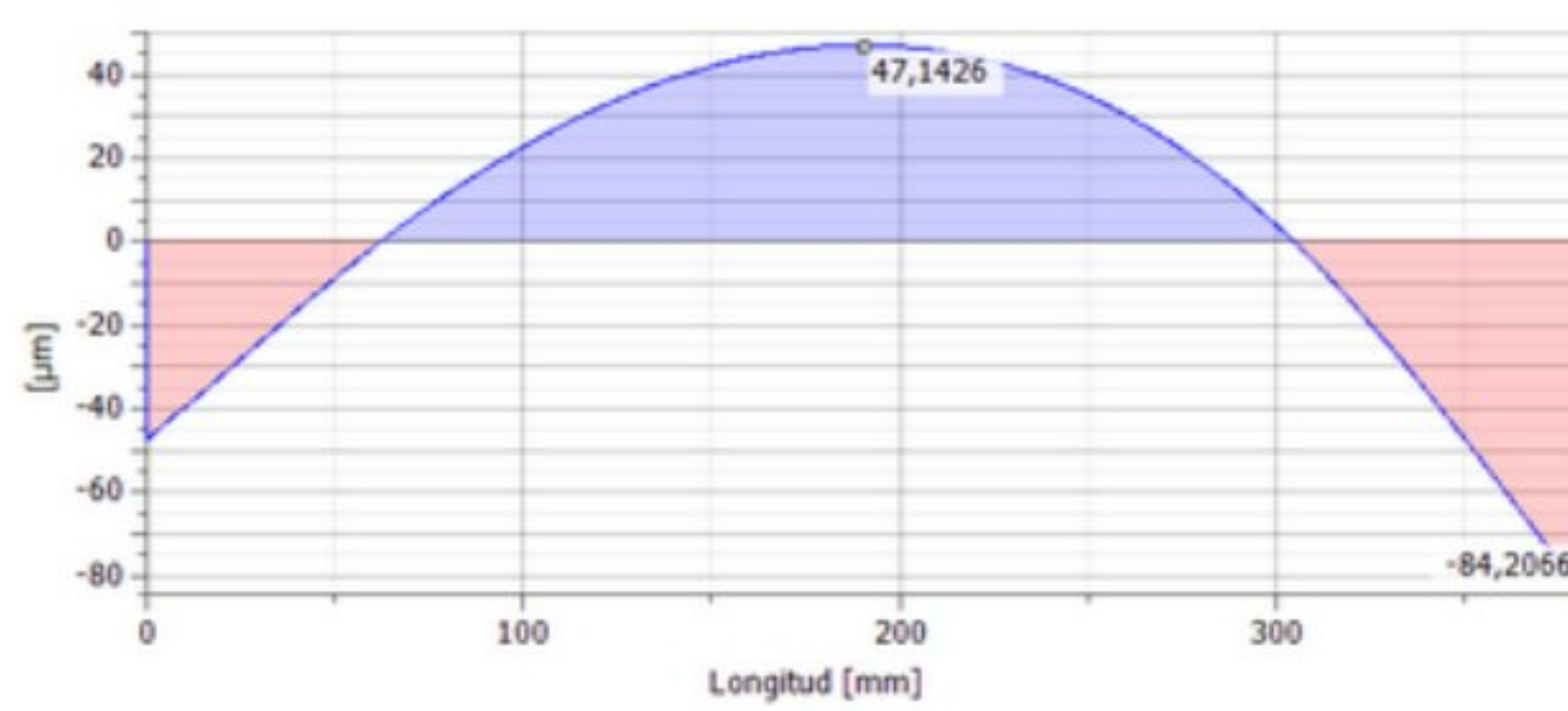
□ Ángulo de flexión, Plano XZ



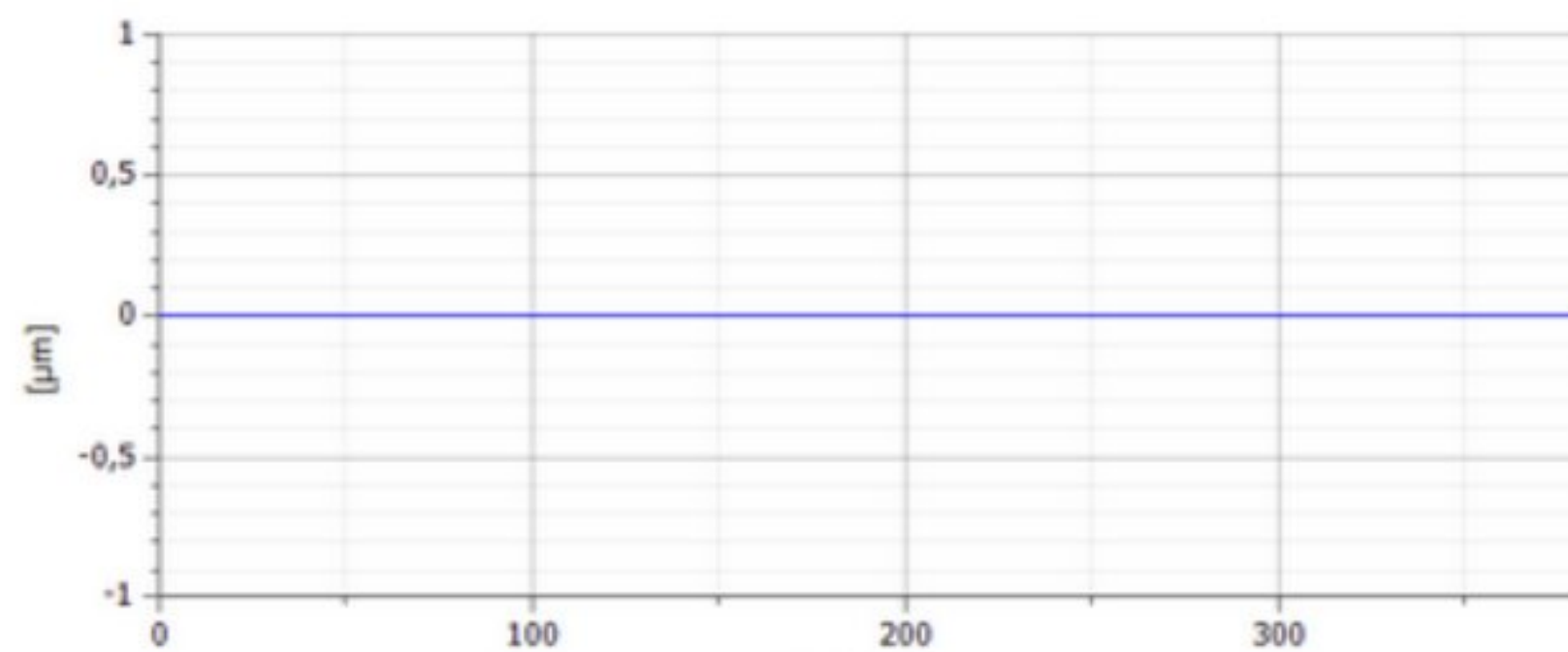
▣ Flexión



▣ Flexión, Plano YZ



□ Flexión, Plano XZ

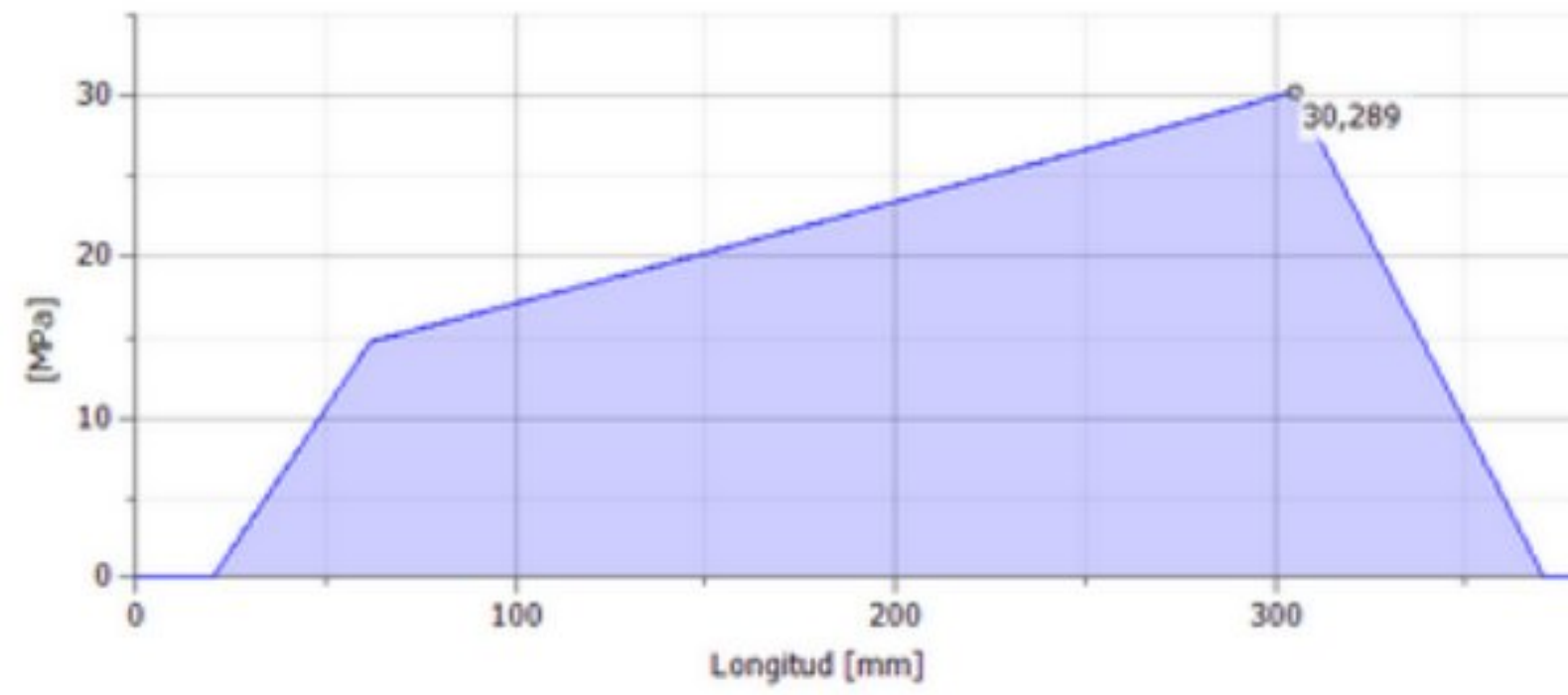


# ANEXO E

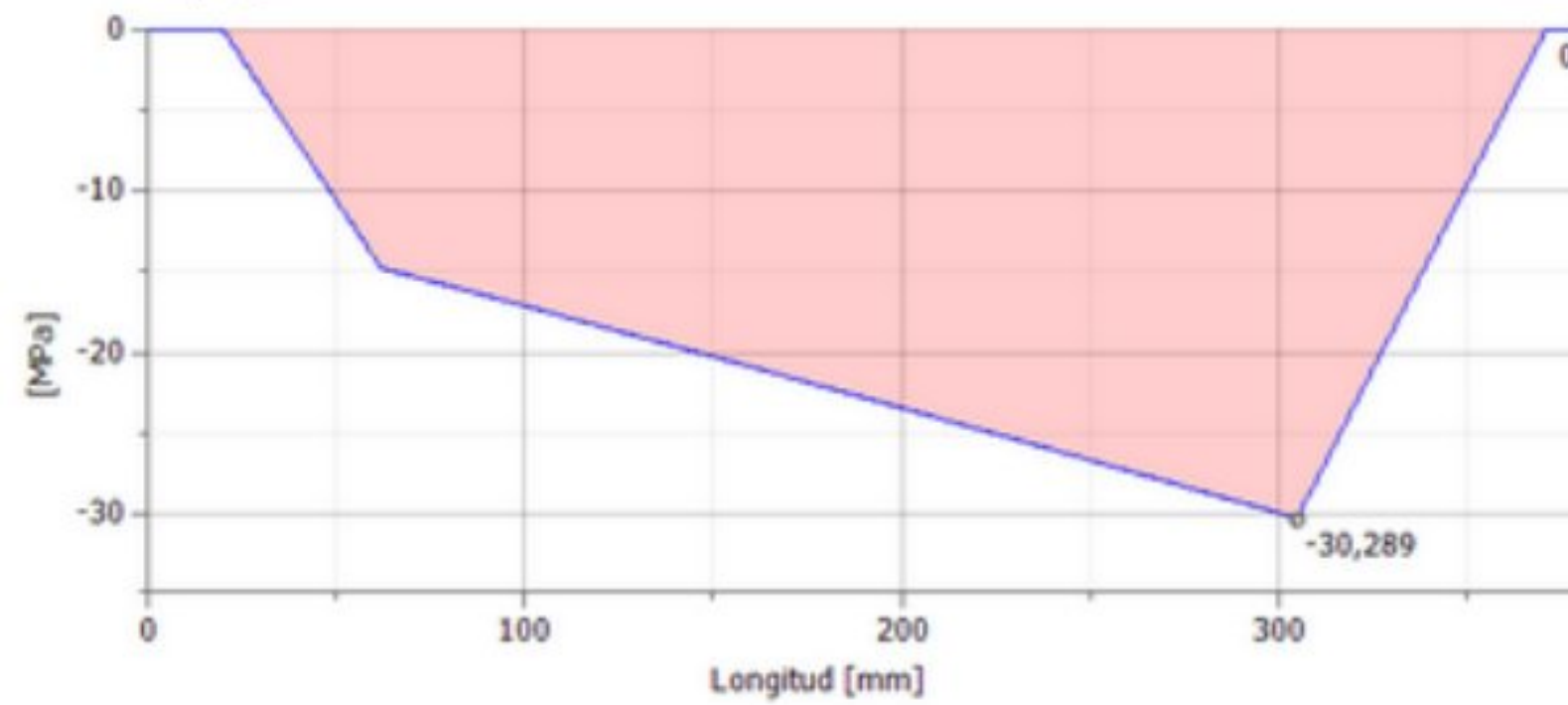
# Tensión de plegado y corte



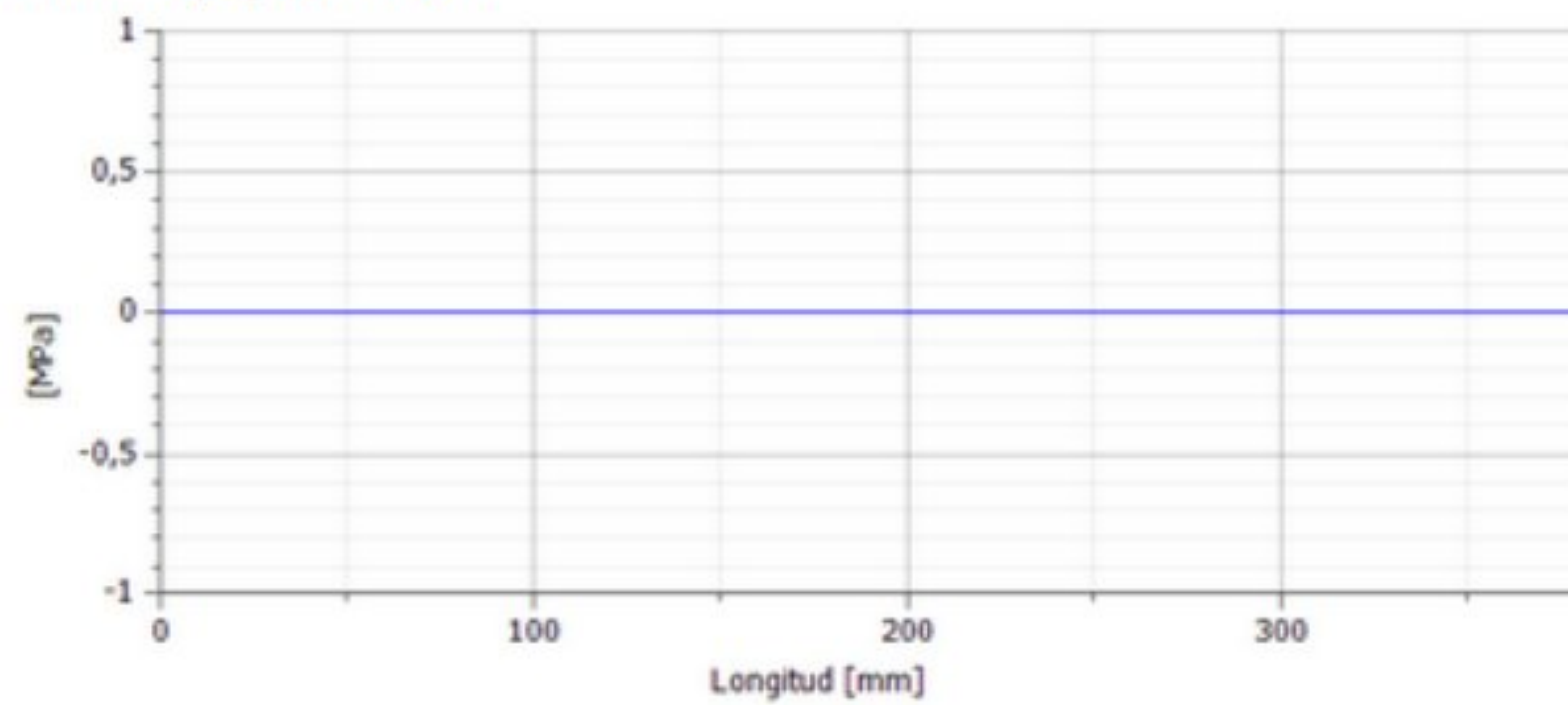
Tensión de plegado



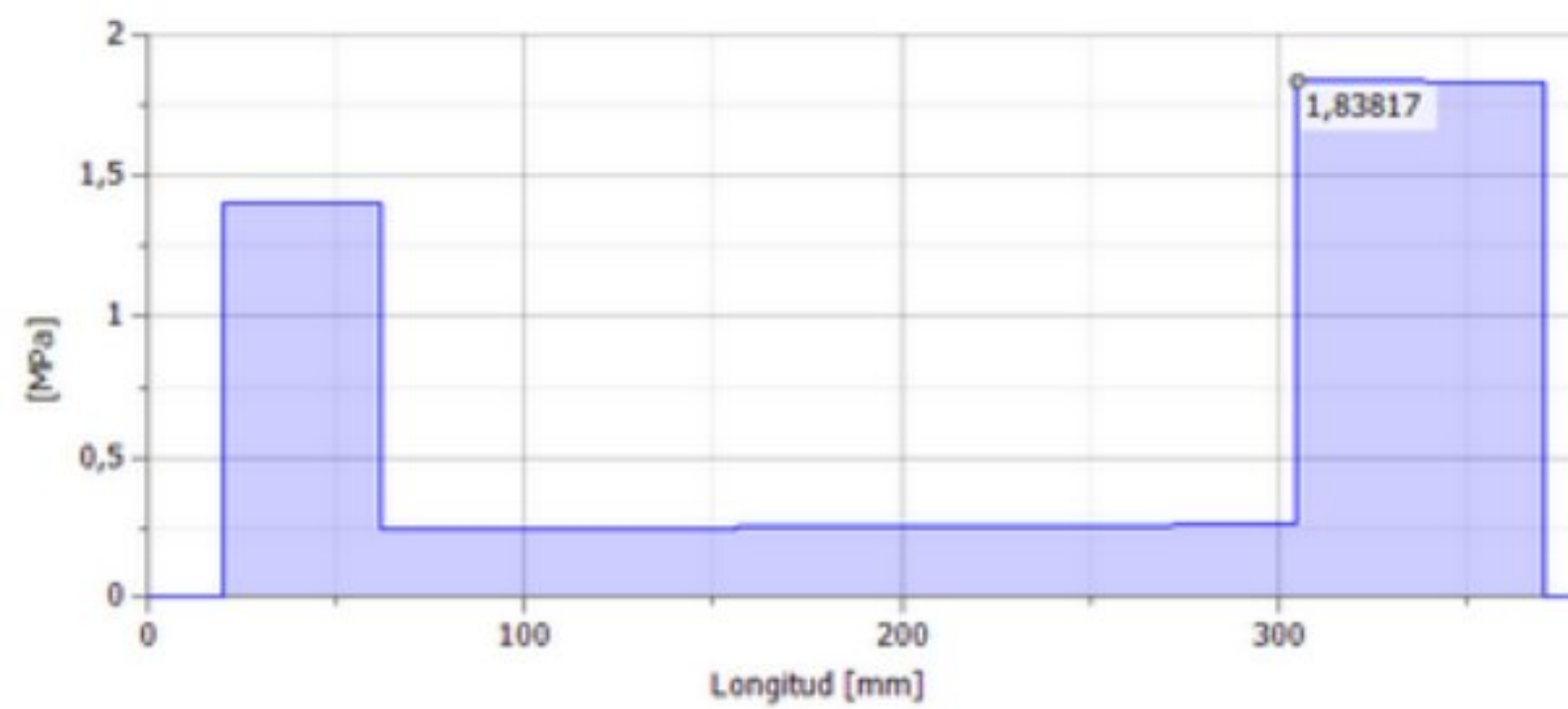
Tensión de plegado, Plano YZ



Tensión de plegado, Plano XZ

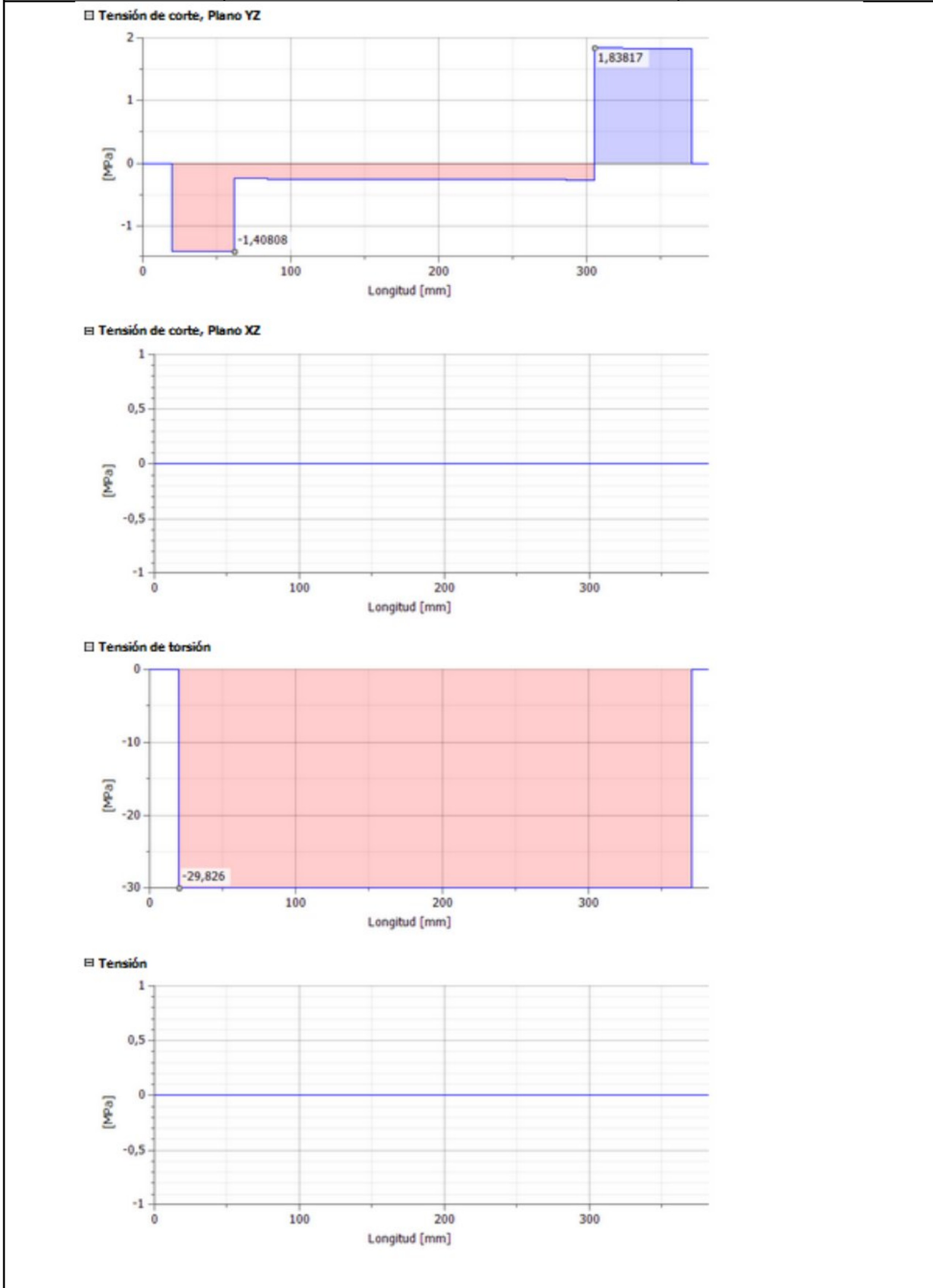


Tensión de corte





<b>ANEXO E</b>	<b>Tensión de corte y Tensión de torsión</b>	
----------------	--	--

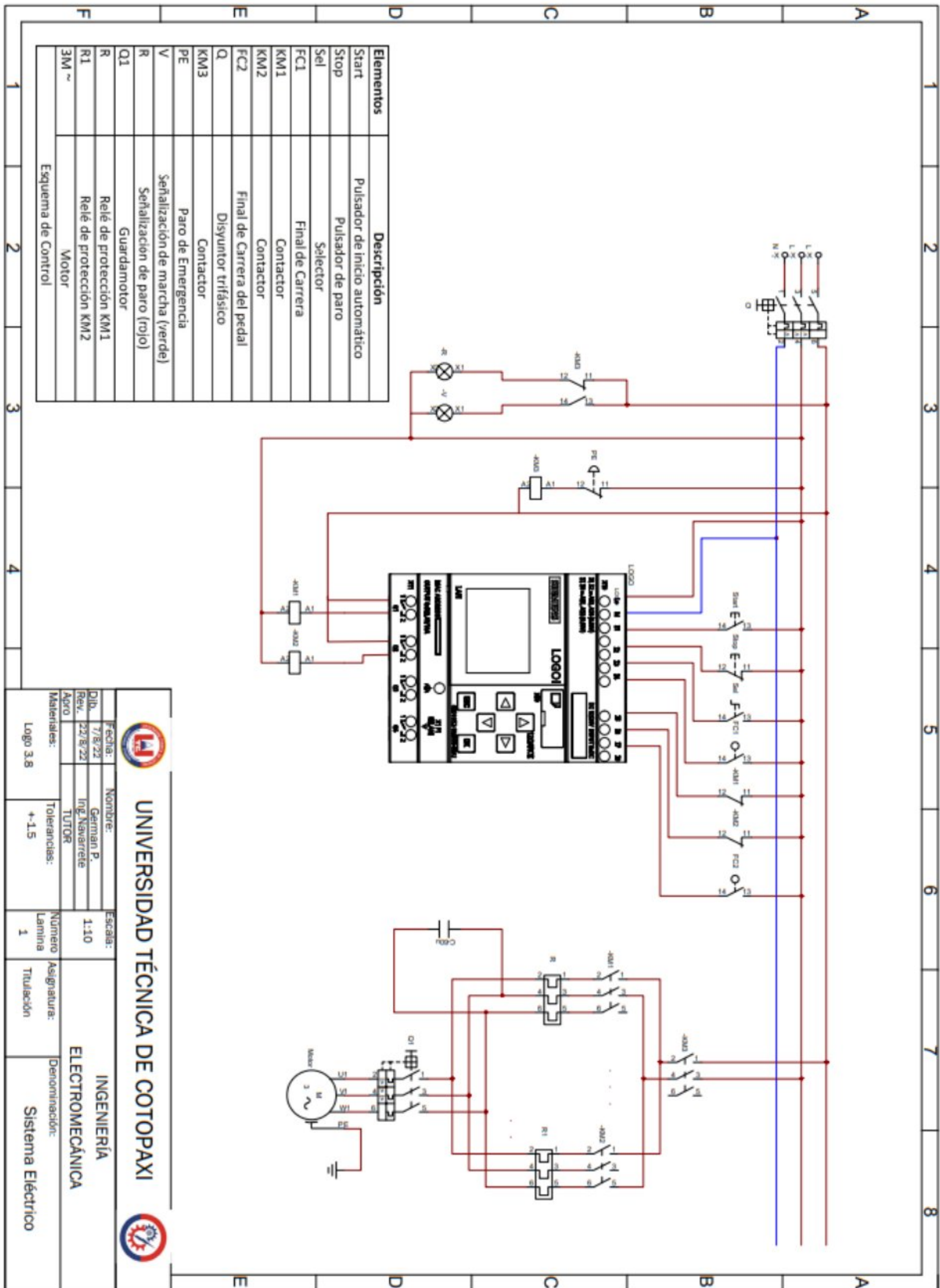


<b>ANEXO G</b>	<b>Construcción de la máquina</b>	
----------------	-----------------------------------	---



**ANEXO H**

**Esquema Eléctrico de mando y control**

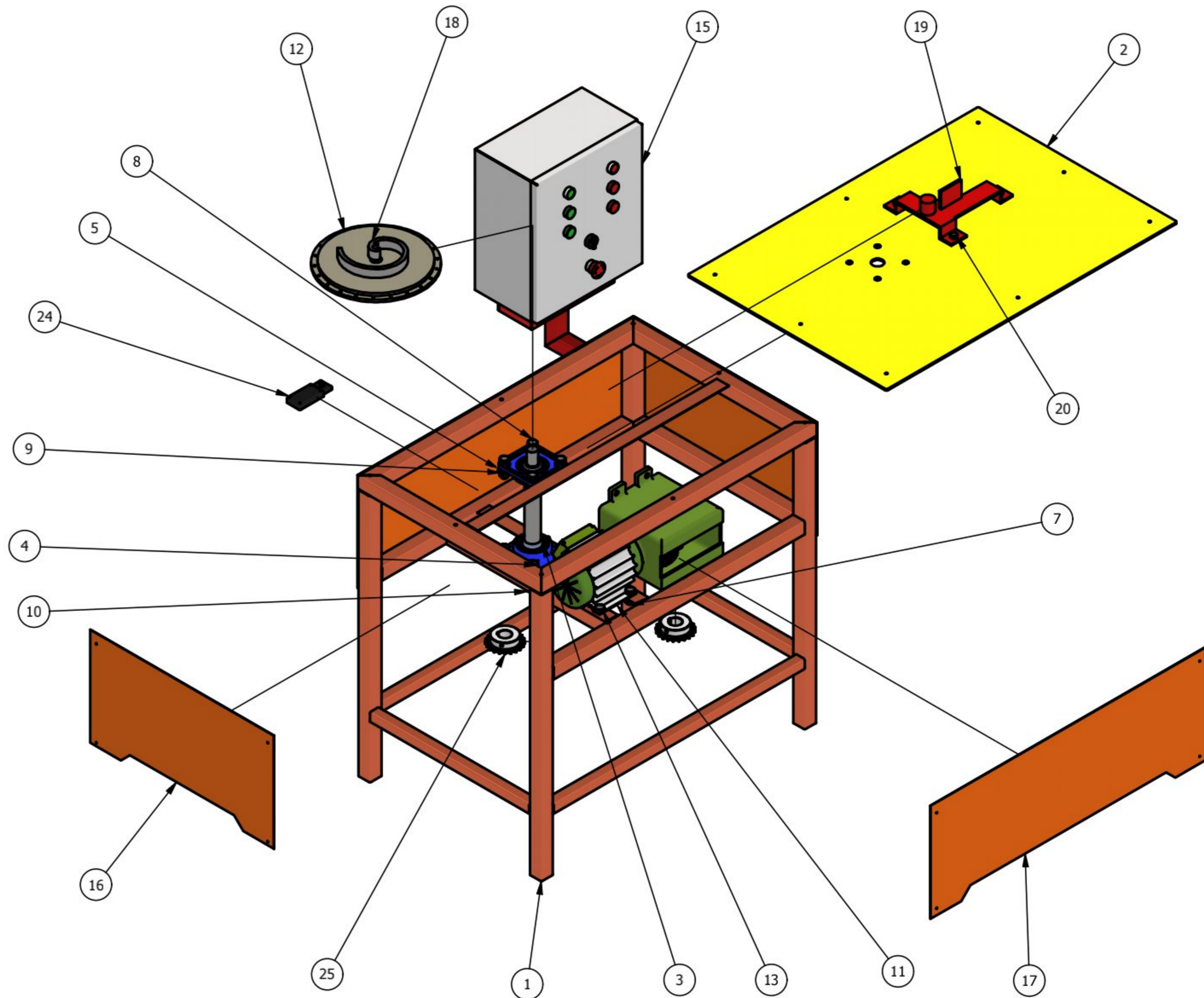




Elementos	Descripción
Start	Pulsador de inicio automático
Stop	Pulsador de paro
Sel	Selector
FCL	Final de Carrera
KM1	Contactor
KM2	Contactor
FC2	Final de Carrera del pedal
Q	Disyuntor trifásico
KM3	Contactor
PE	Paro de Emergencia
V	Señalización de marcha (verde)
R	Señalización de paro (rojo)
Q1	Guardamotor
R	Relé de protección KM1
R1	Relé de protección KM2
3M ~	Motor

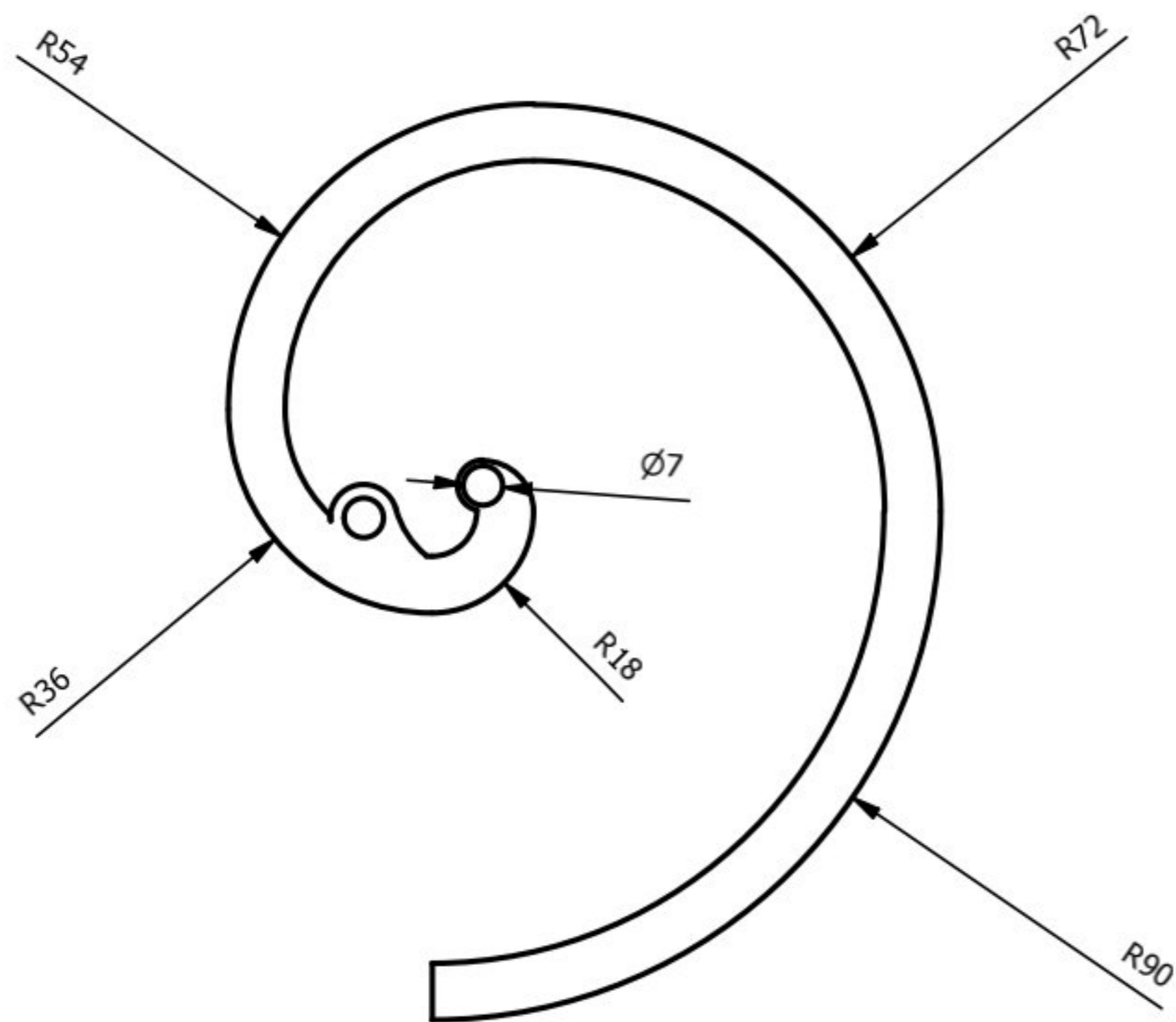
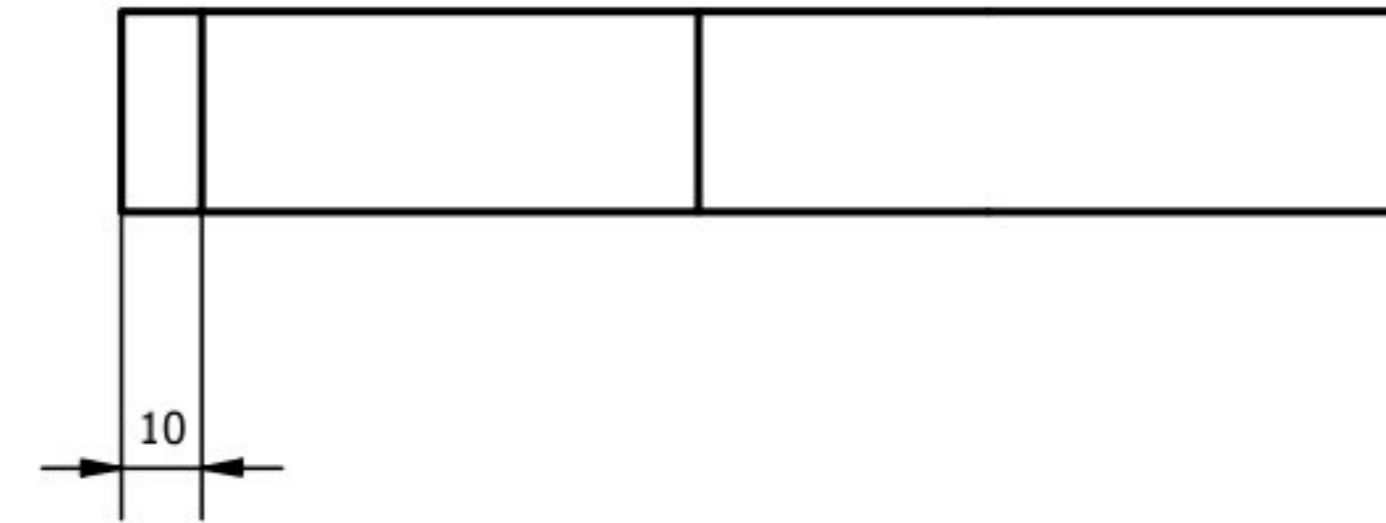
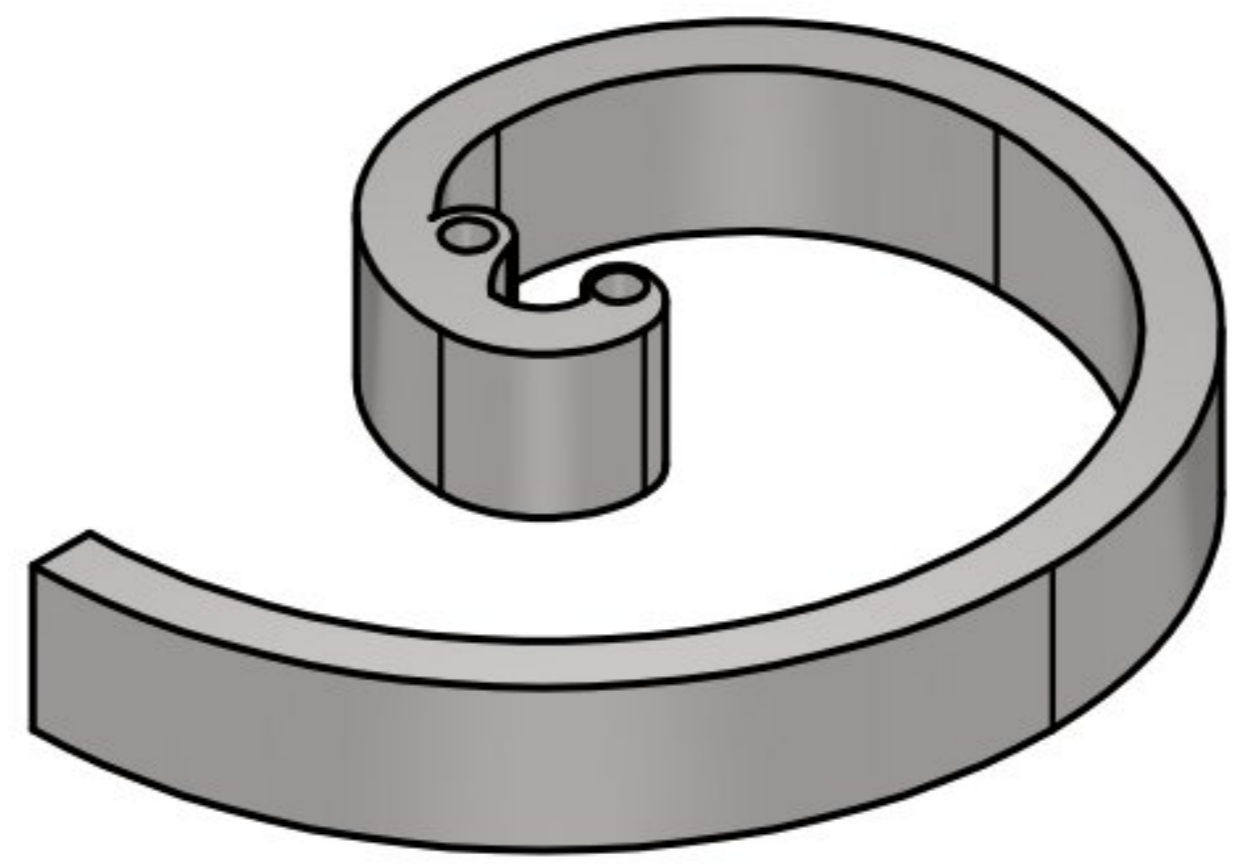
Esquema de Control

		<p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b></p>			
<p>Fecha: 7/8/22</p>	<p>Nombre: German P.</p>	<p>Escala: 1:10</p>	<p>Asignatura: Sistema Eléctrico</p>		
<p>Dib: Ing. Navarrete</p>	<p>Rev: Ing. Navarrete</p>	<p>TUTOR</p>	<p>Denominación: Sistema Eléctrico</p>		
<p>Apoy: Logo 3.8</p>	<p>Tolerancias: +-15</p>	<p>Número Lámina: 1</p>	<p>Titulación: Sistema Eléctrico</p>		

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	NOMBRE DE PIEZA	No LÁMINA
1	1	Estructura	UTC - 10
2	1	Plataforma	UTC - 04
3	2	Chumascera_SKF_UCF 207-20	AYF_001HC_HH_HY-Y-bearing square flanged units
4	4	Tornillos de cabeza hexagonal	ISO 4017 - M14 * 40
5	12	Arandelas planas - Serie normal - Productos de clase A	ISO 7089 - 14
6	4	Arandelas de presión de sección cuadrada	CSN 02 - 1740 - 14
7	12	Tuercas hexagonales con valona - Tuerca gruesa	ISO 6141 - M14
8	4	Tornillos de cabeza hexagonal	ISO 4017 - M14 * 45
9	4	Arandelas de presión con una espira. Serie reducida	NF E 25 516 - WZ14
10	1	Eje de transmision de potencia	UTC - 06
11	1	Motoreductor Weg	
12	1	Base de la voluta	UTC - 03
13	4	Tornillos de cabeza hexagonal	ISO 4017 - M14 x 30
14	4	Arandelas de presión con una espira - Serie estándar - Símbolo W	NF E 25 515 - W14
15	1	Gabinete metalico	
16	2	Tapa de recubrimiento lateral	UTC - 09
17	2	Tapa de recubrimiento frontal y trasera	UTC - 08
18	1	Matriz de voluta	UTC - 02
19	1	Soporte de barra	UTC - 05
20	3	Tornillos de cabeza hexagonal. Productos de clase C	ISO 4018 - M10 - * 30
21	3	Arandelas planas - Serie normal - Productos de clase A	ISO 7089 - 14
22	3	Arandelas de presión con una espira. Serie reducida	NF E 25 516 - WZ14
23	3	Tuercas hexagonales con valona - Tuerca gruesa	ISO 6141 - M14
24	1	Final de carrera	
25	2	Sprockets	40BS21-1.250



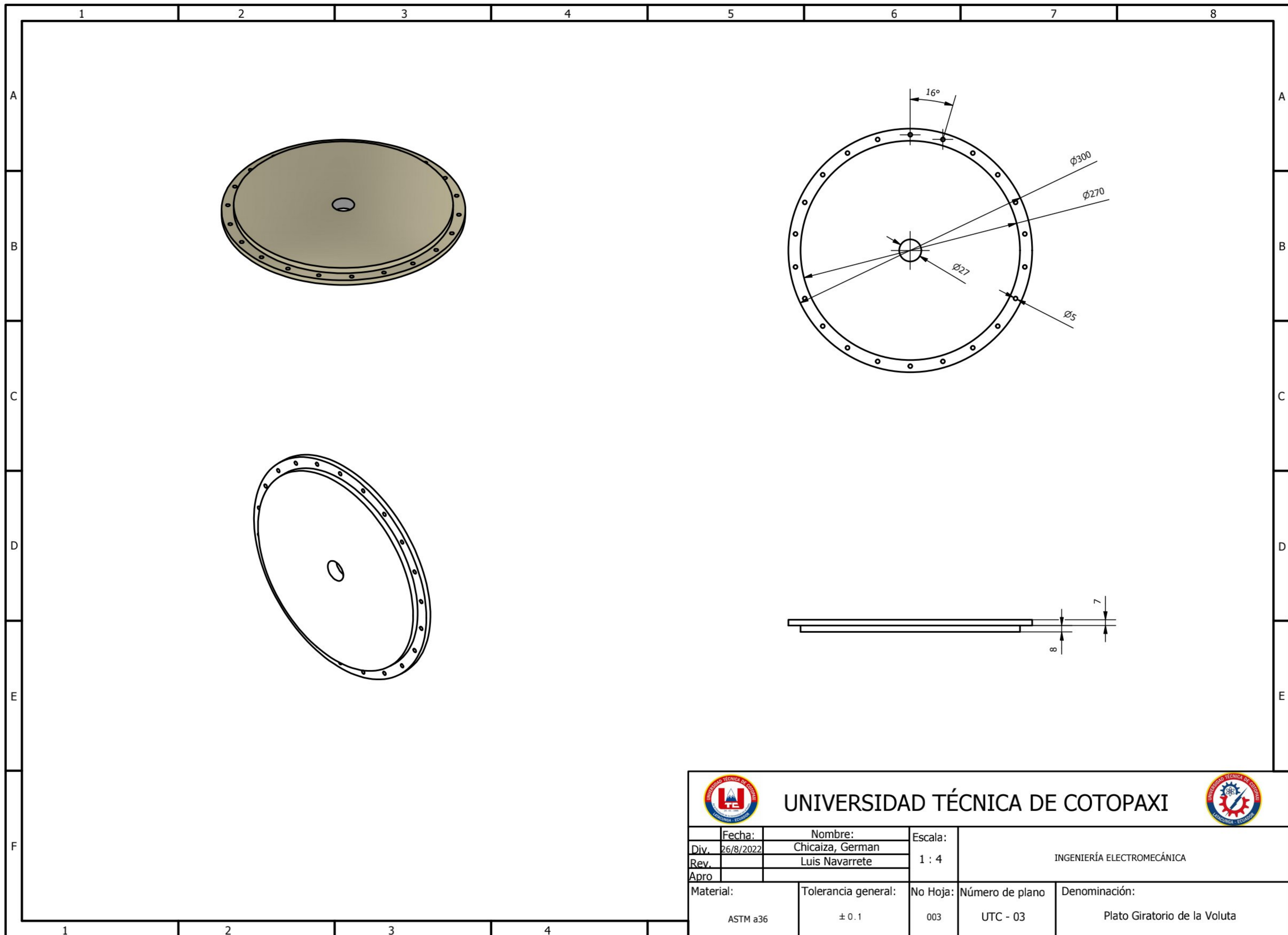
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA		
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 12			
Rev.	Luis Navarrete				
Apro					
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:	
ACERO	± 0.1	001	UTC - 01	Ensamble Principal	



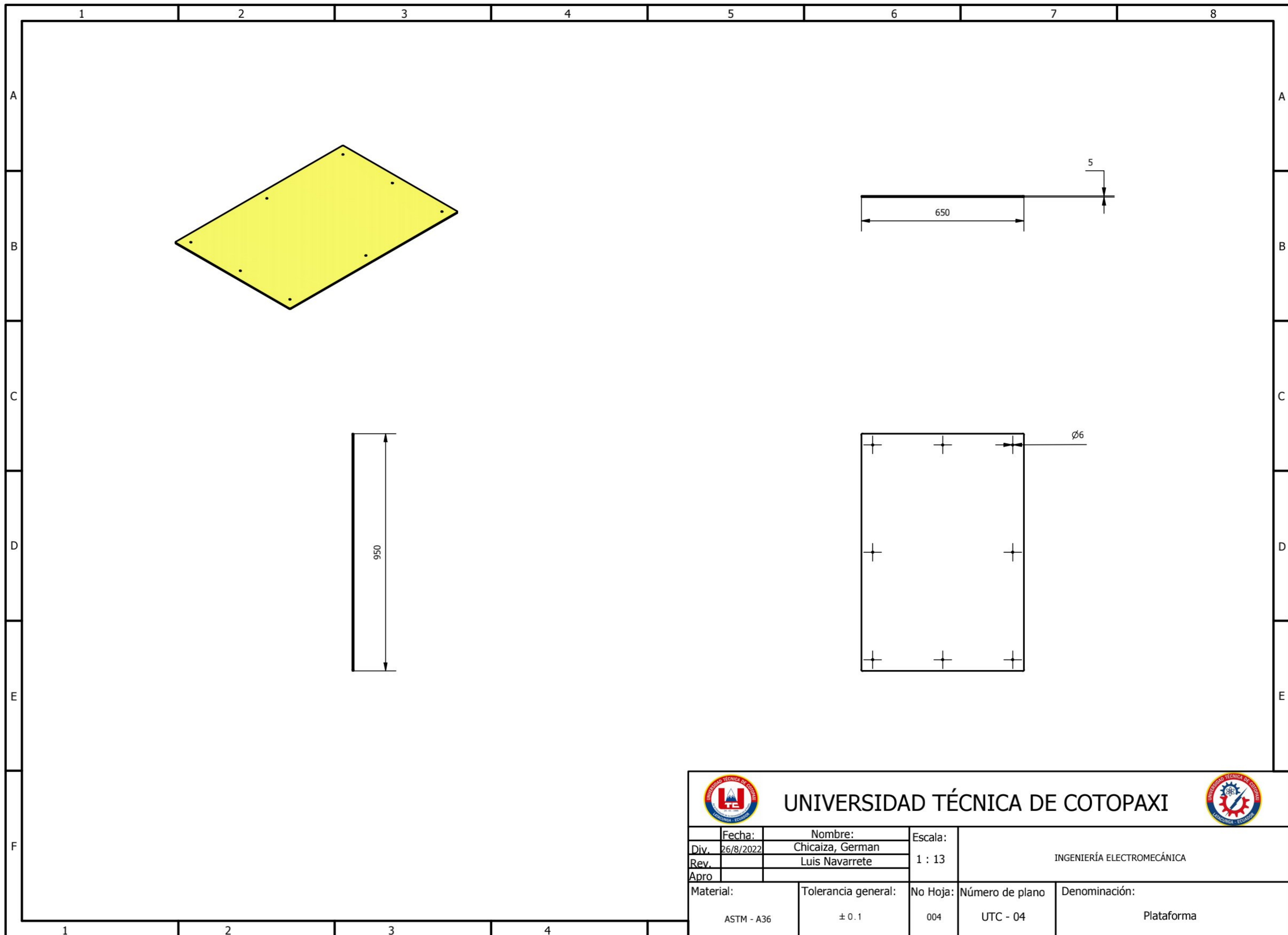
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



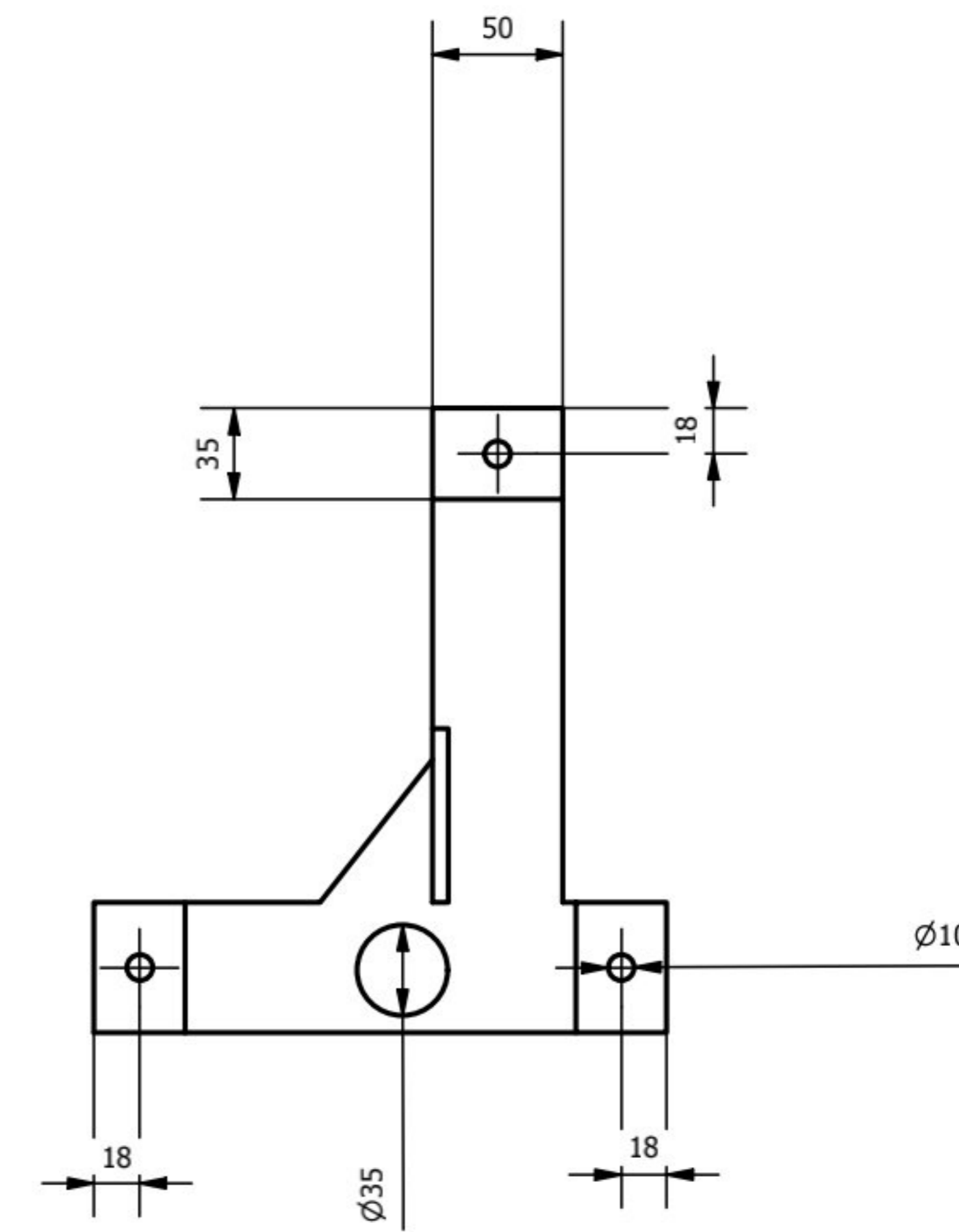
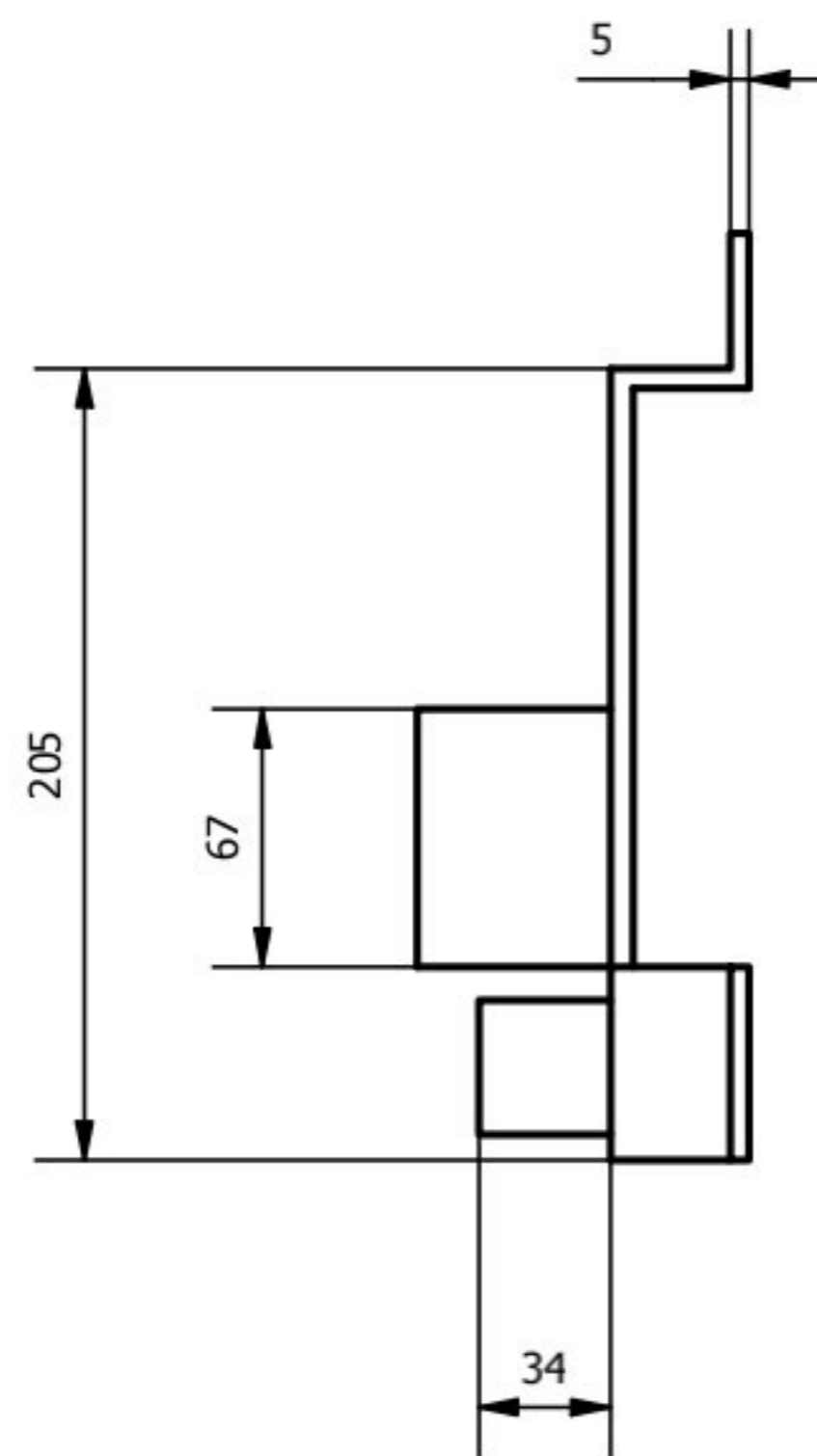
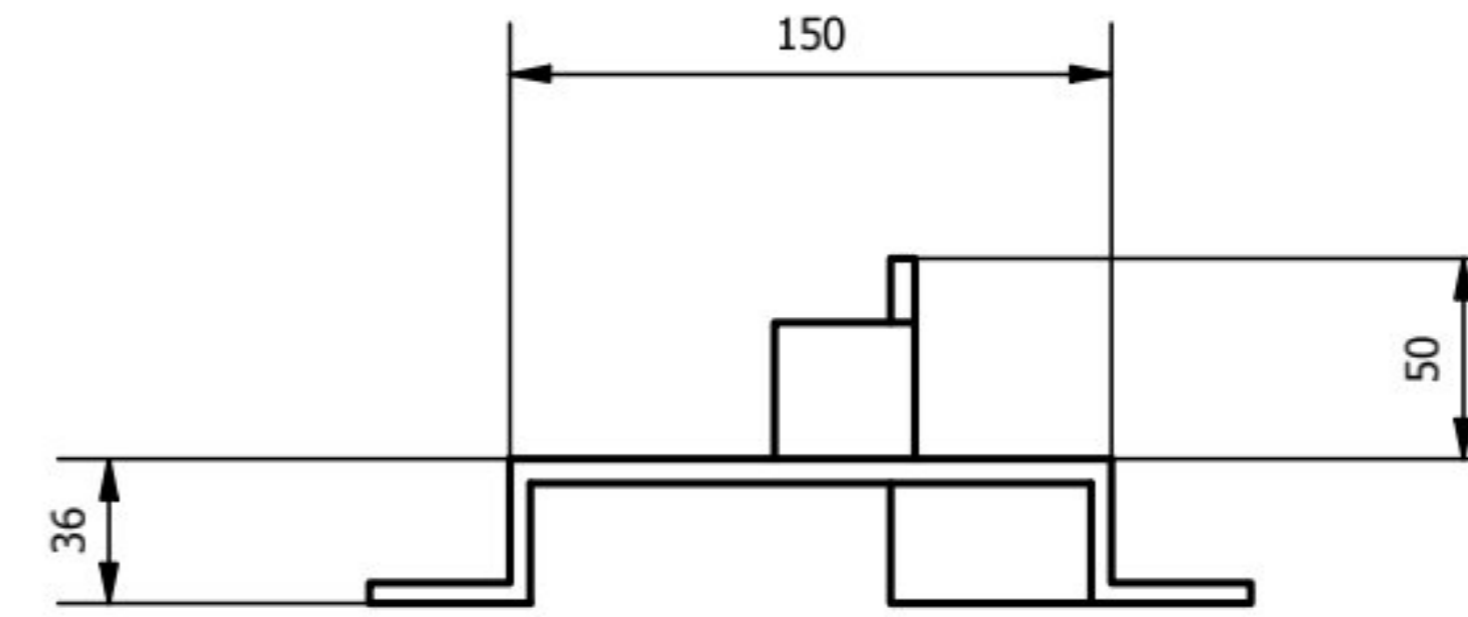
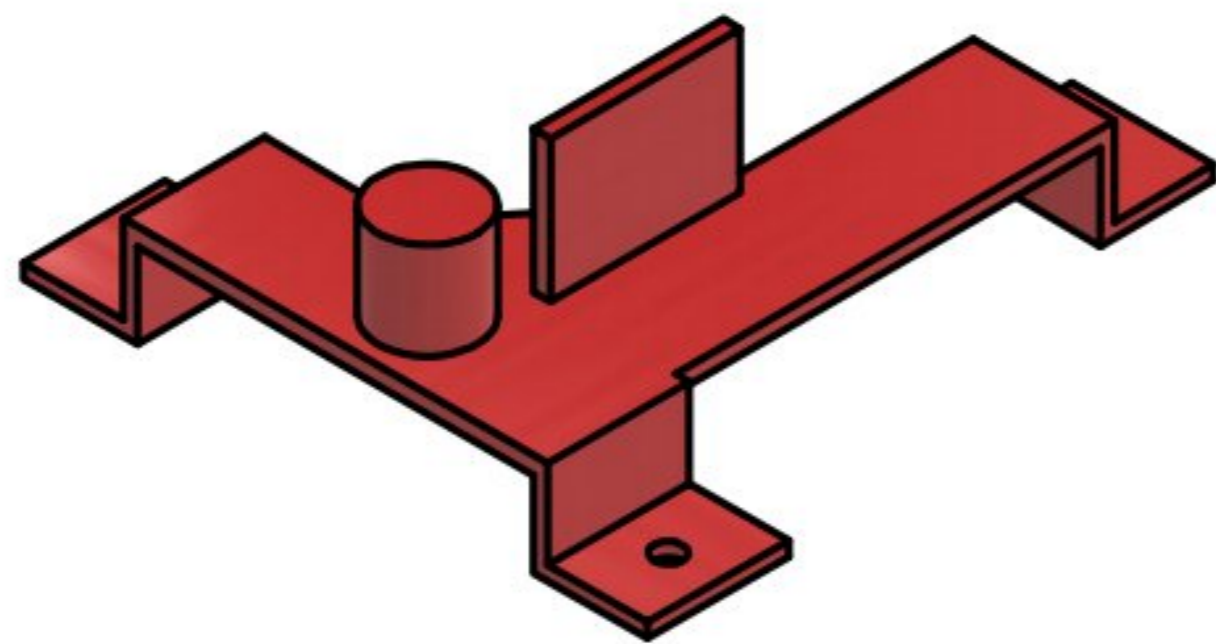
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 2		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM A36	± 0.1	002	UTC - 02	Matriz de Voluta



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 4		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM a36	$\pm 0.1$	003	UTC - 03	Plato Giratorio de la Voluta



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 13		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM - A36	± 0.1	004	UTC - 04	Plataforma



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 4		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM A35	± 0.1	005	UTC - 05	Soporte de Barra



1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

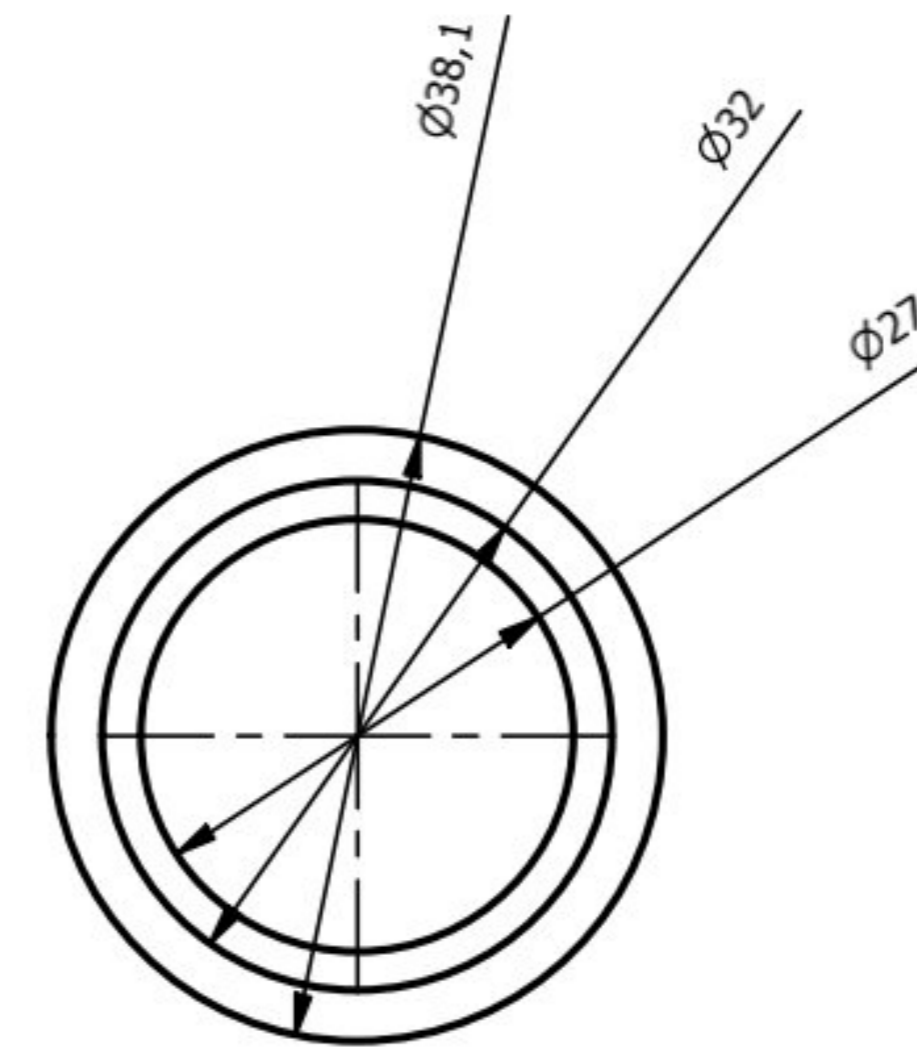
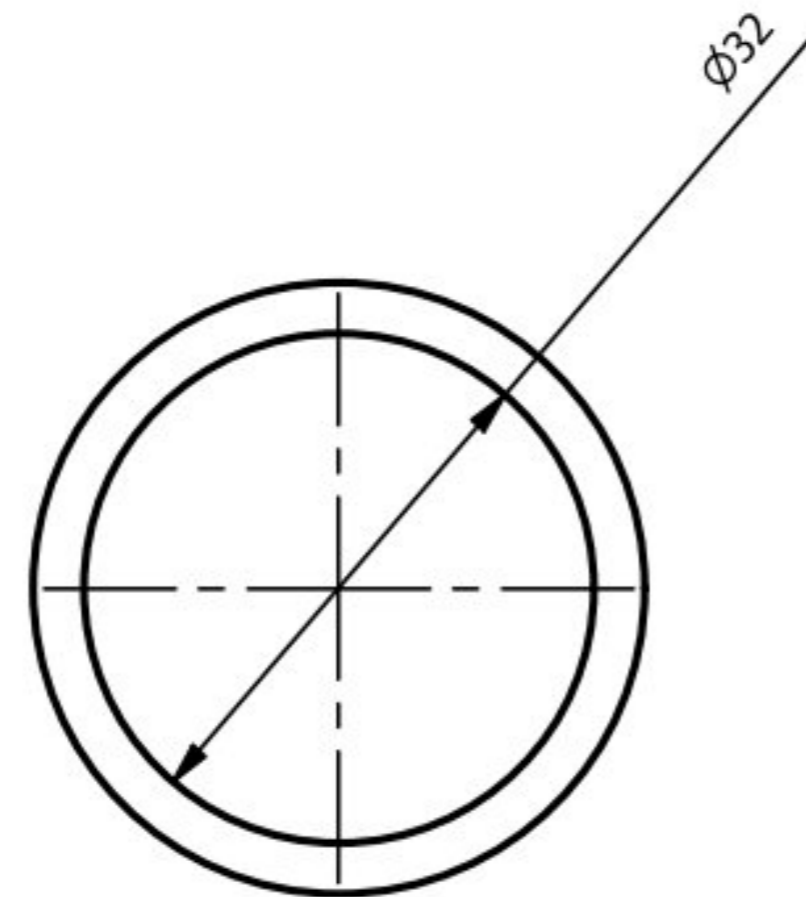
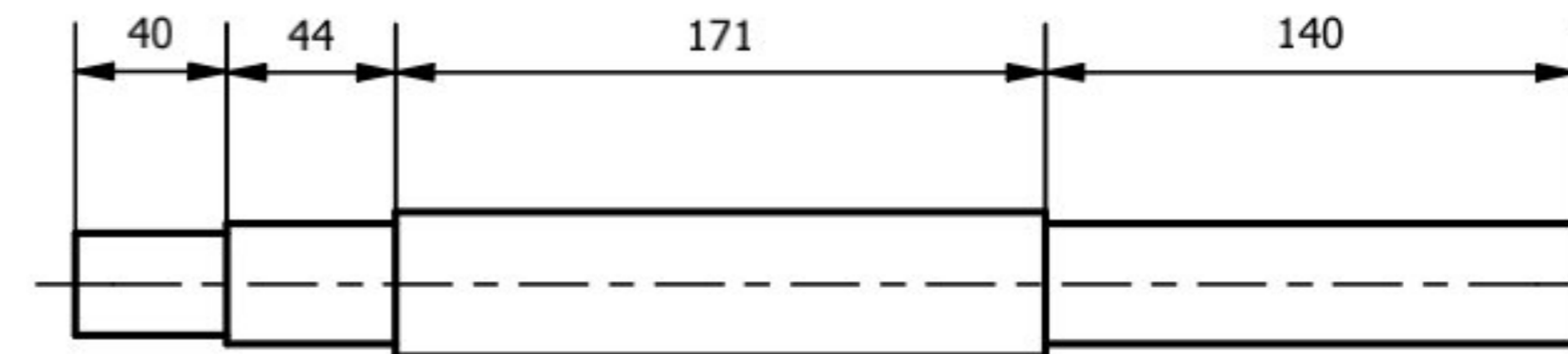
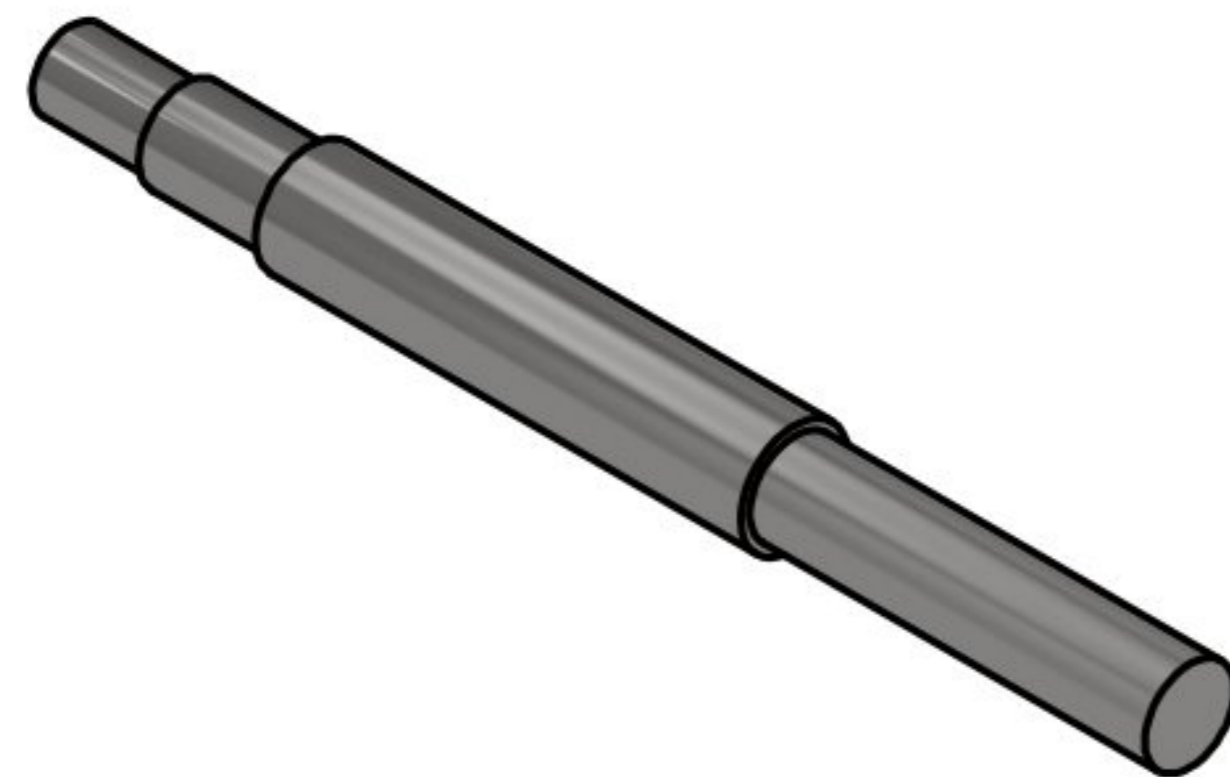
D

E

E

F

F



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



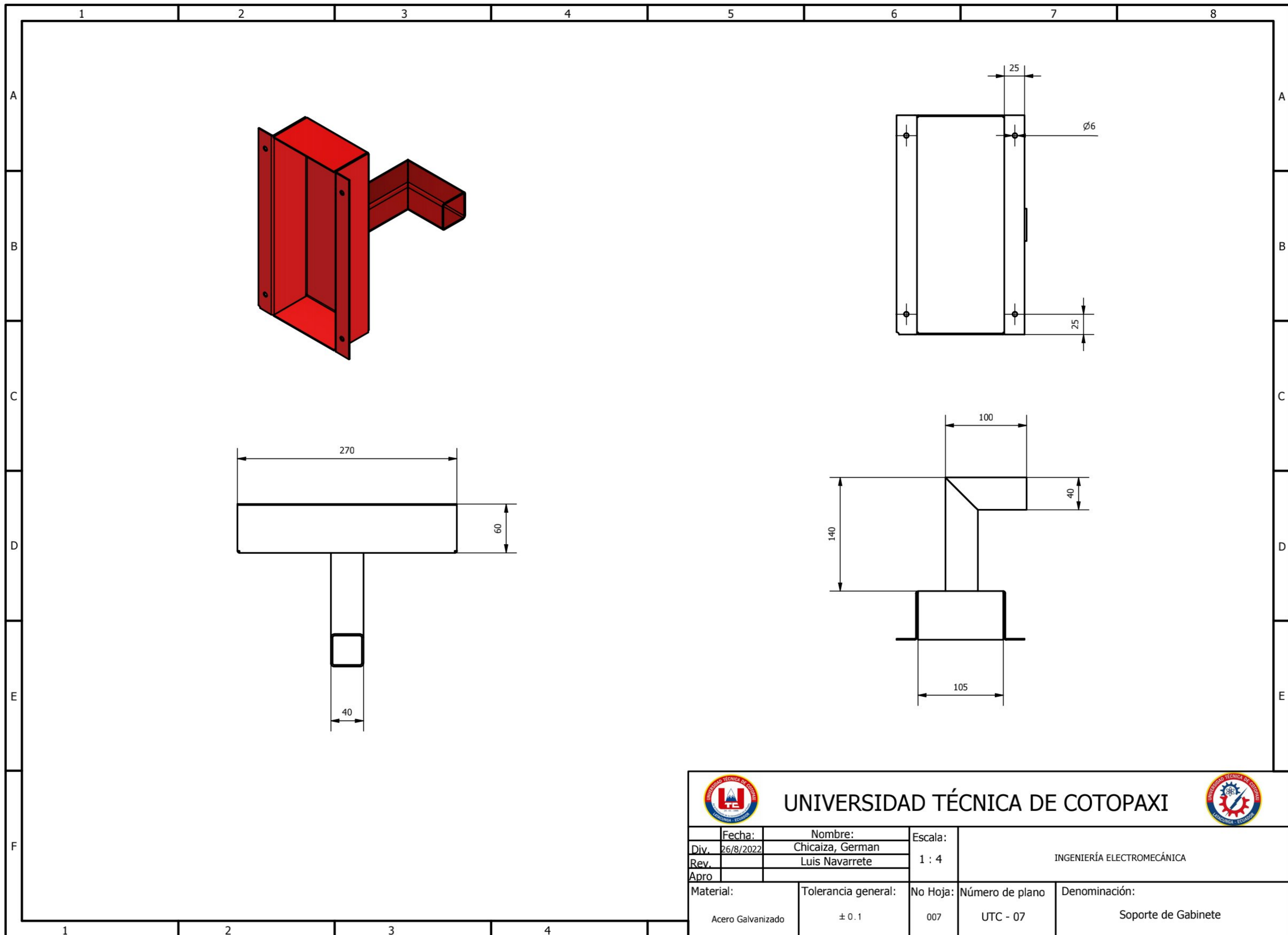
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 4		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
AI SI 1018	$\pm 0.1$	006	UTC - 06	Eje de Transmisión de Potencia

1

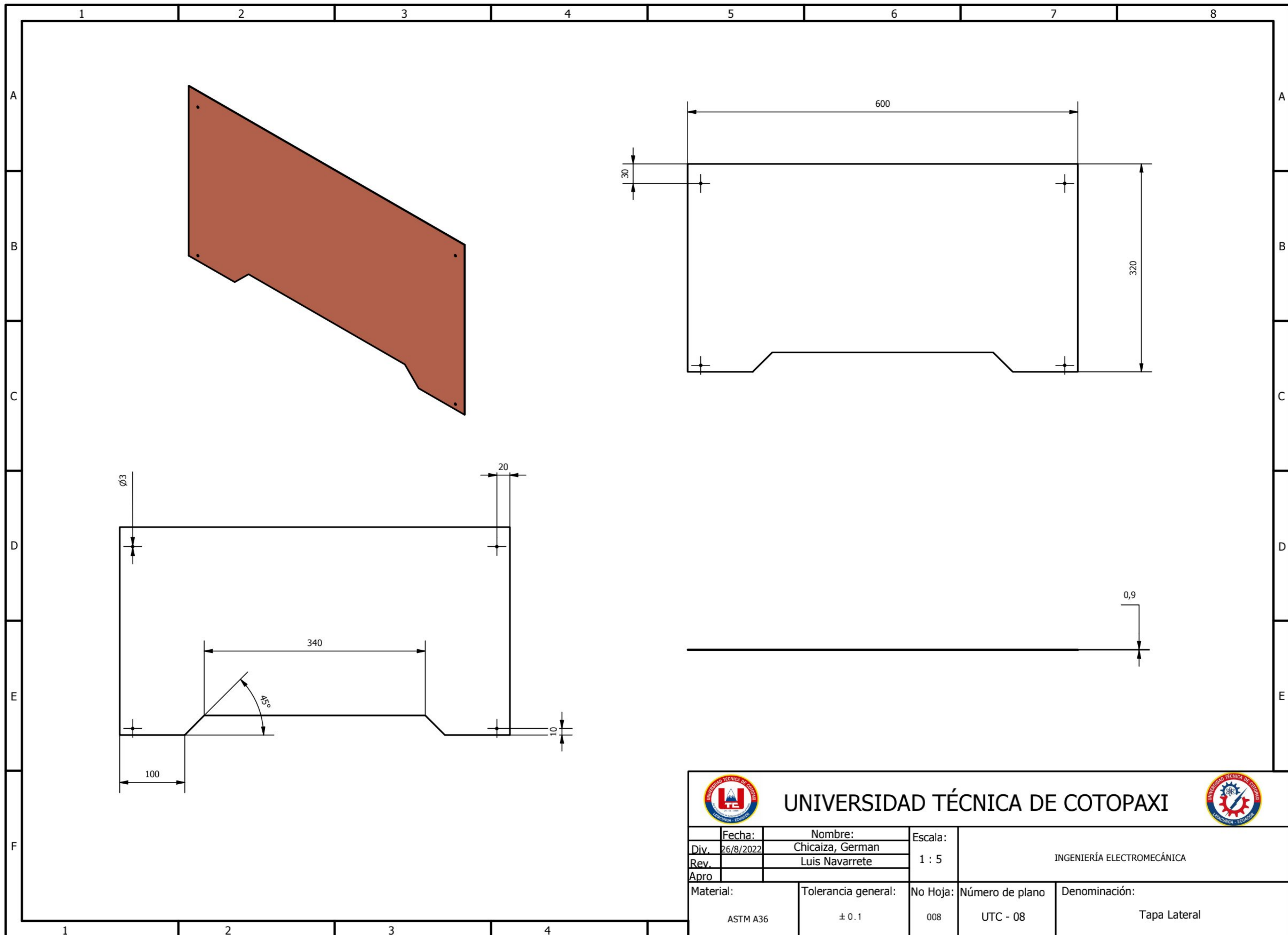
2

3

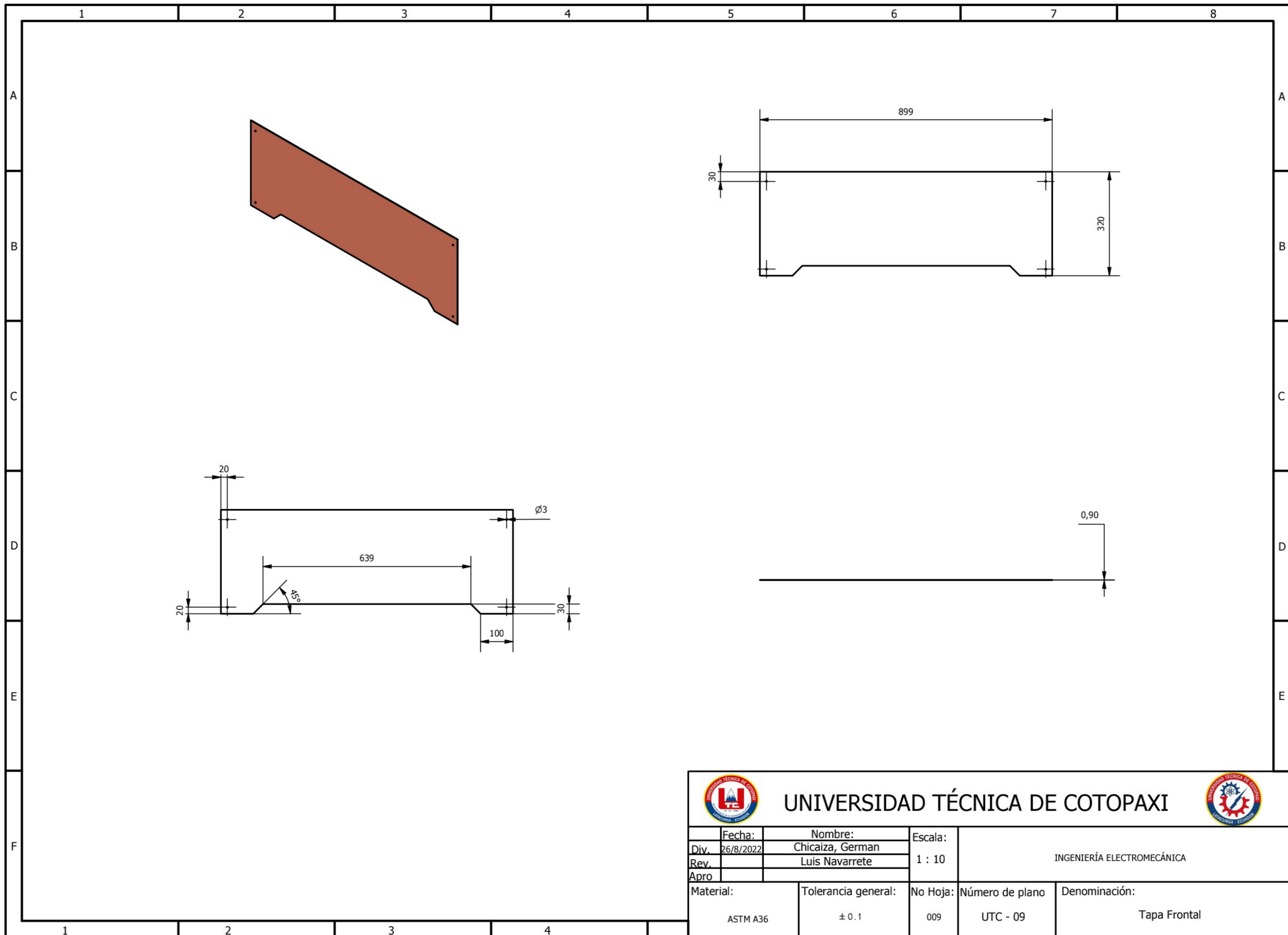
4



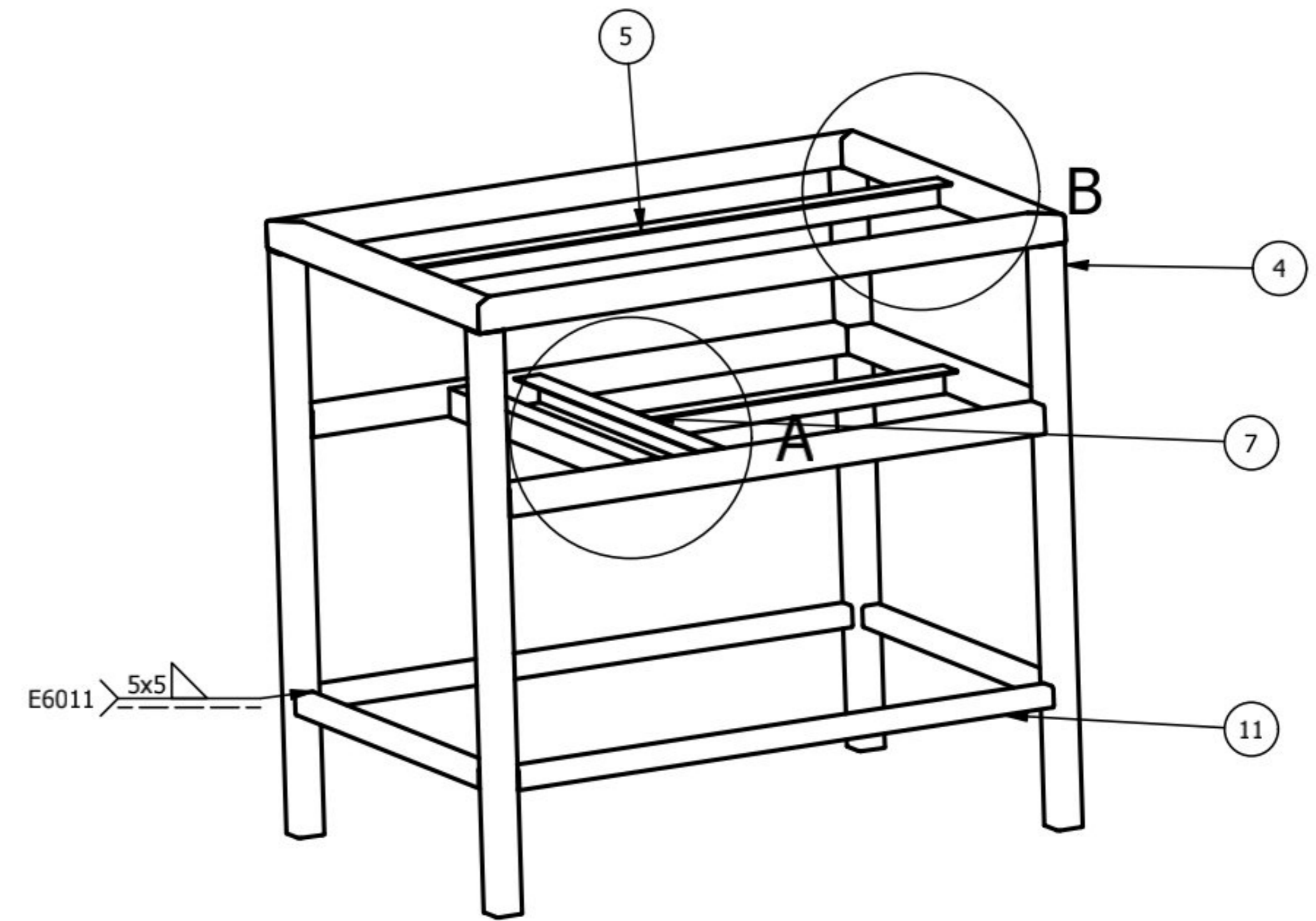
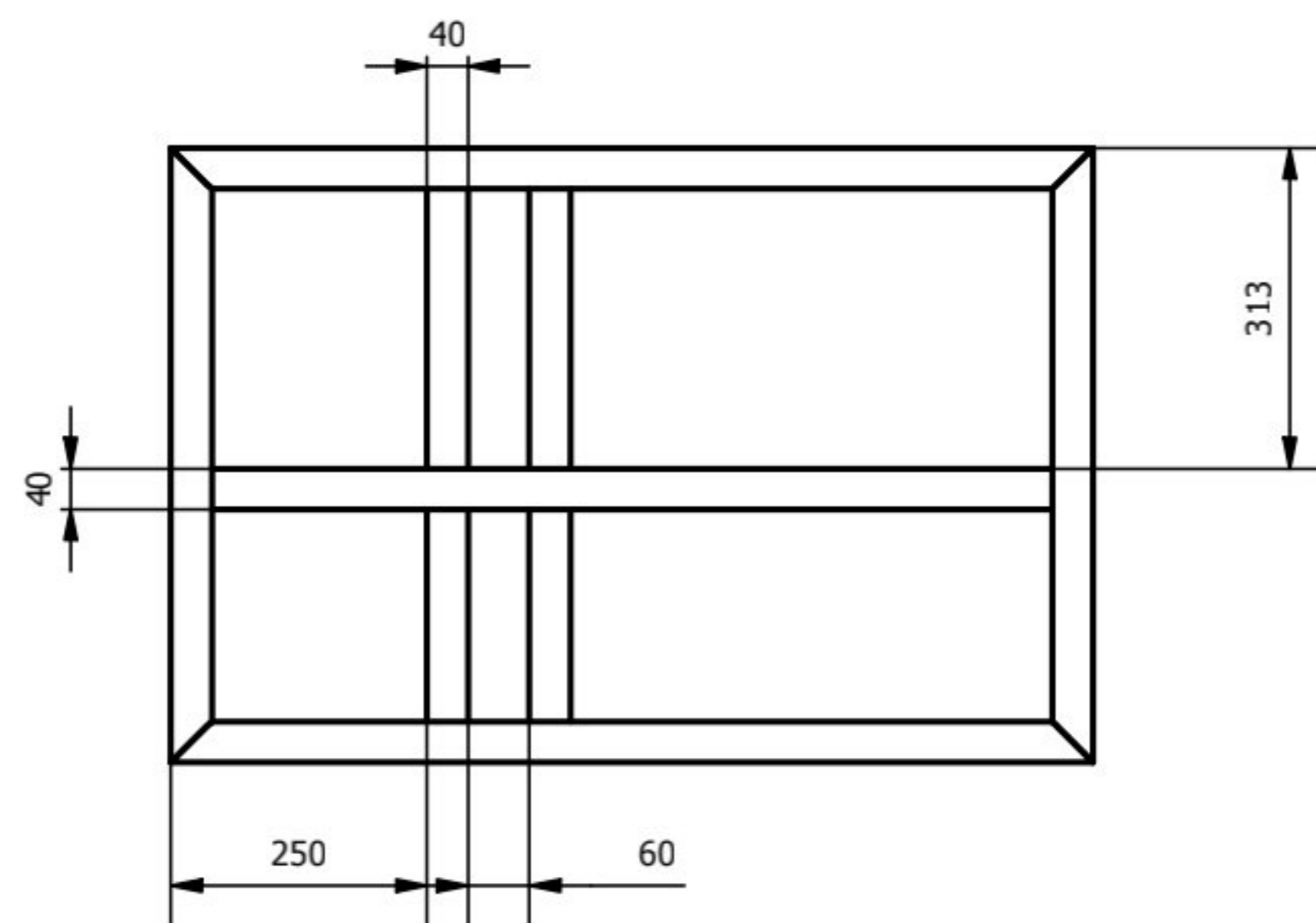
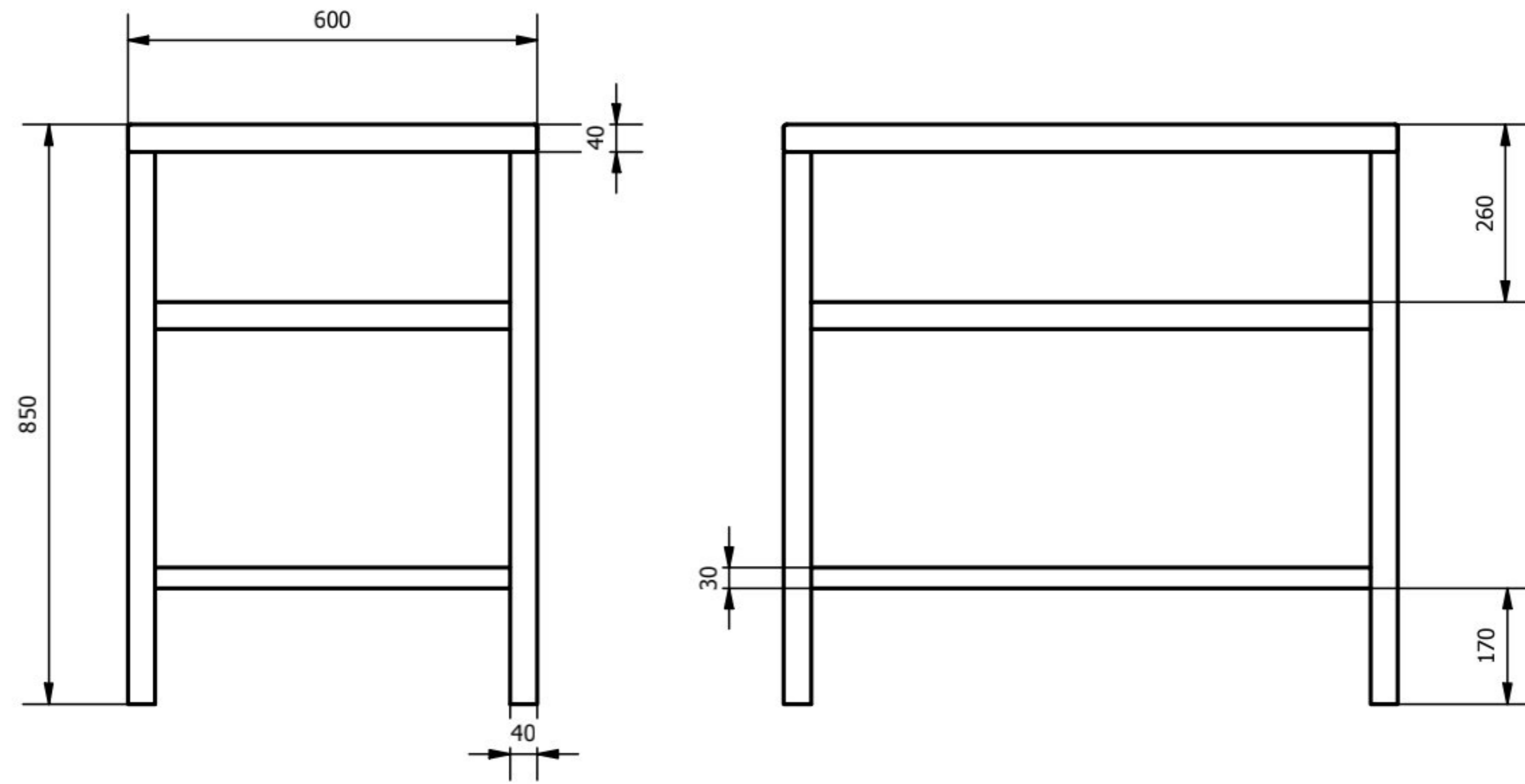
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha: 26/8/2022 Div. : Rev. : Apro :	Nombre: Chicaiza, German Luis Navarrete	Escala: 1 : 4	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Material: Acero Galvanizado	Tolerancia general: ± 0.1	No Hoja: 007	Número de plano: UTC - 07	Denominación: Soporte de Gabinete



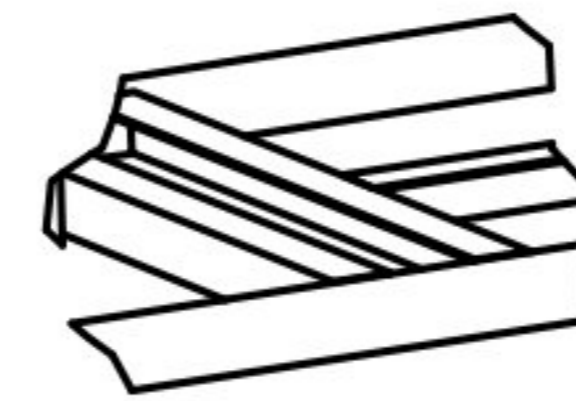
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 5		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM A36	± 0.1	008	UTC - 08	Tapa Lateral



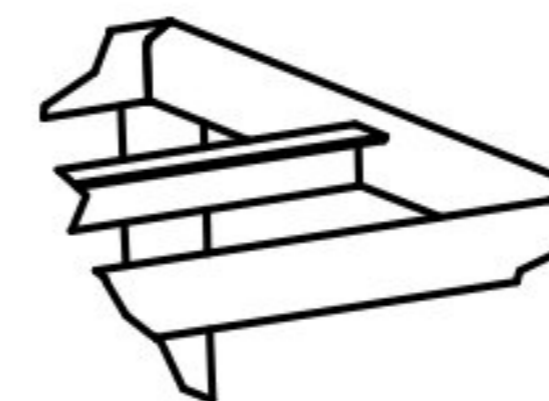
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 10		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM A36	± 0.1	009	UTC - 09	Tapa Frontal



A ( 1 : 10 )



B ( 1 : 10 )



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
4	3240,000 mm	ISO 10799-2 - 40x40x2 - 810	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
5	820,000 mm	ISO 657-1 - L40x40x3-820	Secciones de acero laminadas en caliente - Parte 1: ángulos de lados iguales
7	470,000 mm	ISO 657-1 - L40x40x3-470	Secciones de acero laminadas en caliente - Parte 1: ángulos de lados iguales
11	1640,000 mm	ISO 10799-2 - 30x30x2 - 820	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Div. 26/8/2022	Chicaiza, German	1 : 12		
Rev.	Luis Navarrete			
Apro				
Material:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano	Denominación:
ASTM A36	± 0.1	010	UTC - 10	Estructura de la Máquina

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A-36**

## **INFORMACIÓN DE SEGURIDAD**

Una gran cantidad de fallas en el proceso de operación se refleja por la falta de una adecuada atención acerca de los manuales de operación y mantenimiento, los mismos que abarcan toda la información necesaria sobre la máquina y cada uno de los elementos con su respectiva función, el desempeño en ciertas condiciones, así como la atención preventiva a considerar, incluyendo los respectivos mantenimientos el preventivo, así como el correctivo si el caso lo amerita. Mediante estas consideraciones se obtiene la funcionalidad de la máquina para la que fue construida, aumentando la inversión interna y mitigando el costo de operación y mantenimiento.

### **1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

La máquina moldeadora de figuras en acero ASTM A-36 presenta las siguientes características técnicas:

- Potencia del motorreductor: 1/2 Hp
- Tipo de motorreductor: Monofásico AC
- Velocidad de moldeo: 9 rpm.
- Capacidad de moldeo en barras de acero: barras cuadradas de 8 y 9 mm.
- Temperatura de operación: temperatura ambiente.
- Tipo de lubricación en chumaceras: SAE 30 – ISO 100.
- Material de la estructura: tubo cuadrado de 30 y 40 mm, plancha de acero de 4 mm.
- Por medio de las especificaciones técnicas se puede detallar las características de la máquina para su funcionalidad.

### **2. PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS**

#### **2.1. Medidas de seguridad**

Para proceder a operar la máquina revise la información técnica de funcionamiento y mantenimiento.

- Disponga una adecuada vestimenta y que no estén colgadas, ya que esto se puede enganchar en las partes móviles de la máquina, como es en la matriz de la voluta, así como en el molde de la voluta.

- Verifique que la alimentación eléctrica para la máquina sea de 220v.
- Tenga en cuenta poner en estado 1 el breaker de protección para el encendido de la máquina y después de terminar la operación poner en estado 0.
- Para precautelar la seguridad física del operador y del ser humano externo a la empresa, se recomienda no colocar las partes de las extremidades superiores (dedos) dentro del molde de la voluta para evitar el remordimiento de estos.
- Verifique que, entre la plancha y el molde de la voluta, no se encuentre ningún objeto externo, para evitar remordimientos del molde y el objeto.
- No permita que ningún ser humano que no sea capacitada previamente manipule la máquina.
- Para realizar el cambio de posición para comenzar el trabajo de moldeo por medio del selector manual a automático viceversa, realice directamente el cambio.
- Evite tocar el tablero de control eléctrico en la parte interna y sus elementos, una vez que este encendido la máquina.
- Al momento de abrir el tablero de control para posicionar la marcha de la máquina, procure cerrarlo inmediatamente después de la acción anterior.
- Para limpiar el área superficial de trabajo utilice un textil moderado en suavidad, para la estructura y demás componentes utilice guaipe industrial.
- Evite el derrame de cualquier tipo de líquido sobre la máquina, esto afectará a las chumaceras que se encuentran por debajo del molde de voluta.
- Al momento de realizar la engrasada en las chumaceras internas procure que la máquina este fuera de las horas de operación.
- Procure hacer la lubricación de la cadena para un adecuado desempeño de la misma, con esto se aumenta la vida útil del elemento.
- Evite que se acumule partículas de acero resultante del moldeo, y a la vez retire cualquier material inflamable de la máquina.
- Jamás exponga la máquina a fuego o calor excesivo.

## 2.2. Señalización del tablero de control

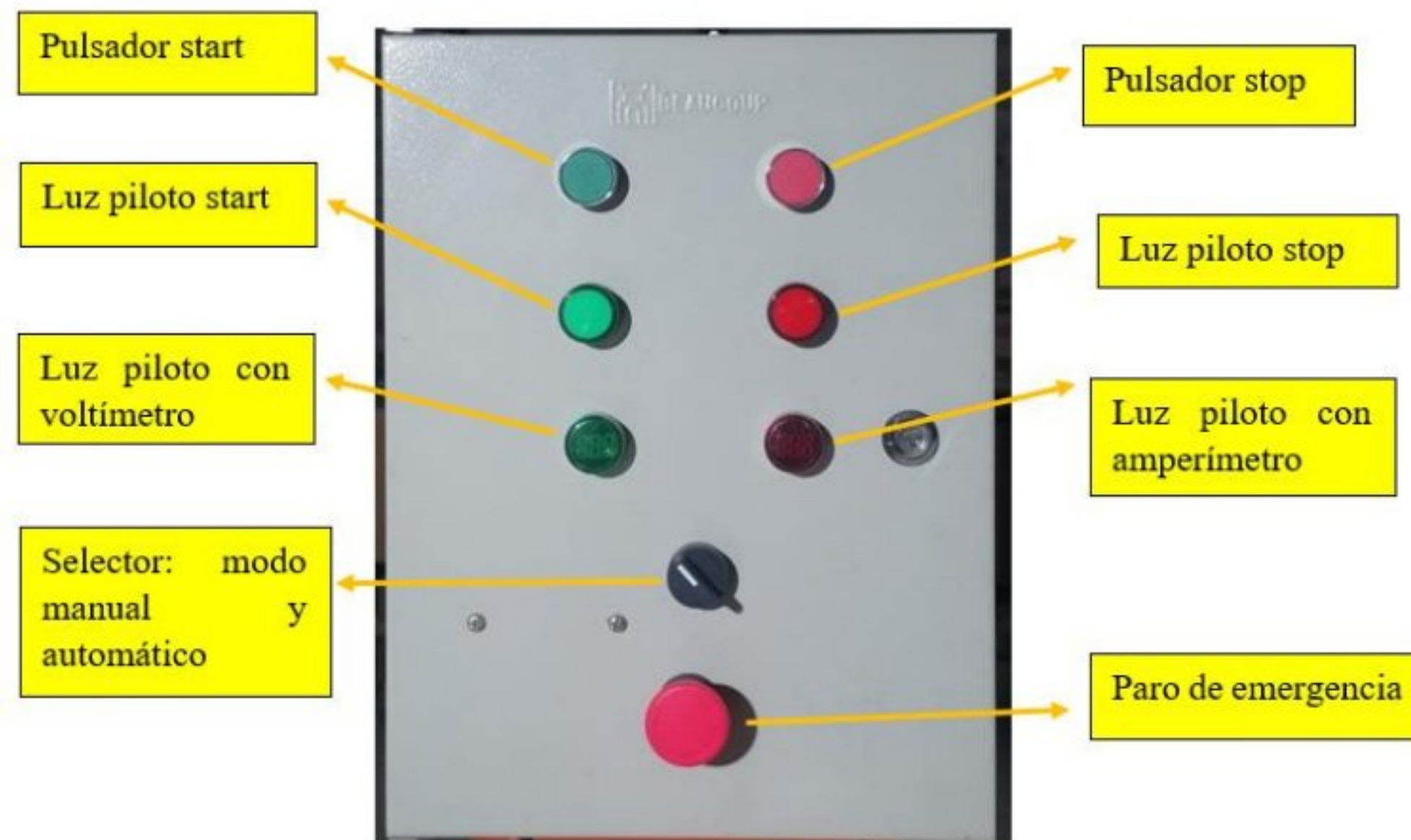


Figura 1: Señalética del tablero de control.

## 2.3. Control del tablero eléctrico

El arranque del motorreductor es por medio de dos posiciones de trabajo, de forma manual y automático, se debe considerar los siguientes pasos:

El control del breaker principal se debe hacer internamente, para ello se debe abrir el tablero, procediendo a dar la apertura en estado de activación (1), este control es el principal debido a que activa a todo el circuito.



Figura 2: Control del breaker principal

## 2.4. Selector de dos posiciones

Una vez verificado el encendido el logo 8.3 se procede a seleccionar el modo de trabajo manual o automático.



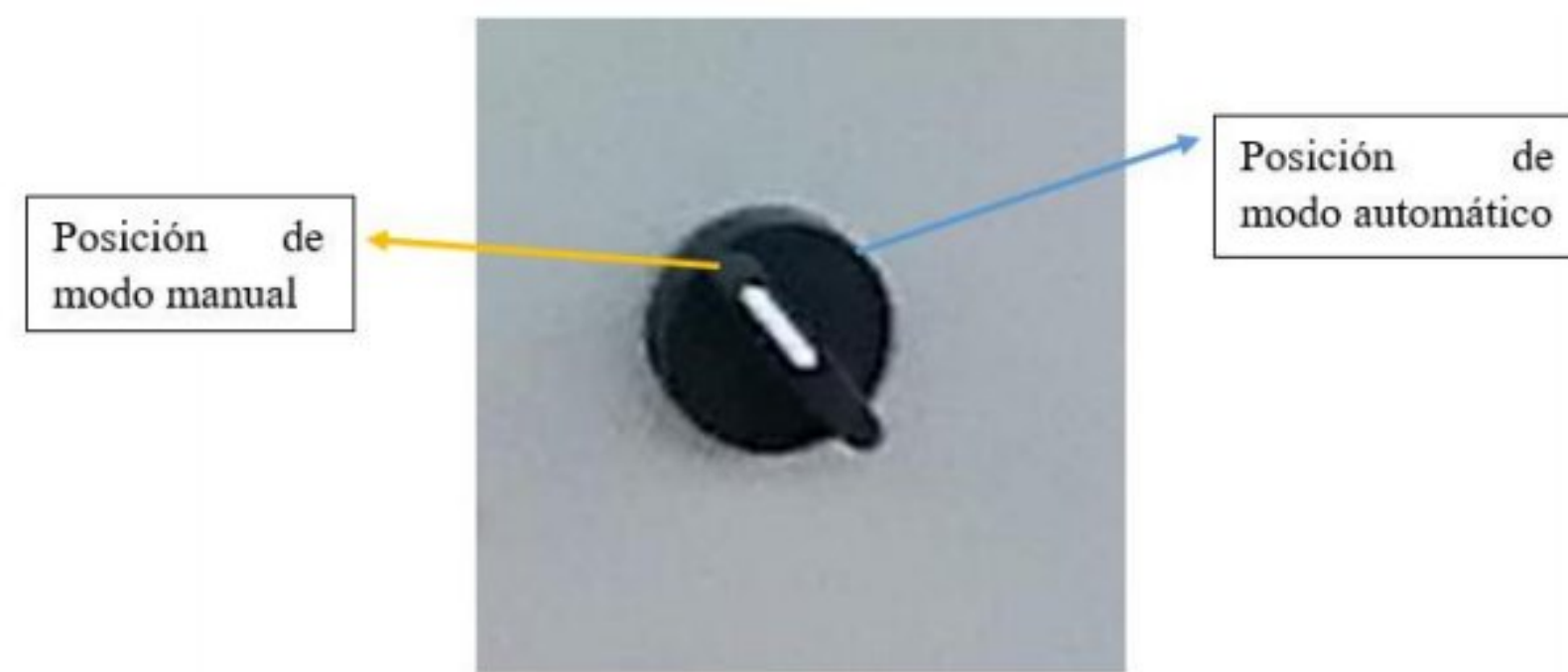


Figura 3: Selector de dos posiciones manual y automático.

### 2.5. Modo de trabajo automático de la máquina

El pulsador de inicio da la orden para que se inicie el moldeo del acero, esto sucede cuando está seleccionado para trabajar en modo automático.



Figura 4: Pulsador de inicio start

### 2.6. Modo manual de trabajo de la máquina

Al seleccionar el modo manual de trabajo se da el inicio mediante el pedal, relacionando la distancia de giro que sea requiera.



Figura 5: Pedal eléctrico tipo pulsador para control manual.

### 2.7. Paro de emergencia

Este elemento es importante, ayuda a abrir el circuito principal en caso de alguna emergencia no deseada.



Figura 6: Pulsador de emergencia

## 2.8. Matriz de voluta

La matriz de voluta es el elemento encargado en dar forma a la voluta, en ella va insertada la barra cuadrada de diferentes diámetros para comenzar con el moldeado del acero.



Matriz de

Figura 7: Matriz de voluta donde se inserta la barra cuadrada.

Se debe hacer el mismo procedimiento con el otro extremo de la barra para conseguir la figura moldeada final.

## 2.9. Final de carrera

El final de carrera va colocado en el área superficial de trabajo, el modo de activación de este elemento es cuando llegue a tope la distancia de giro establecida con el final de carrera, entonces la base de voluta retrocede determinada distancia para aflojar la barra moldeada.

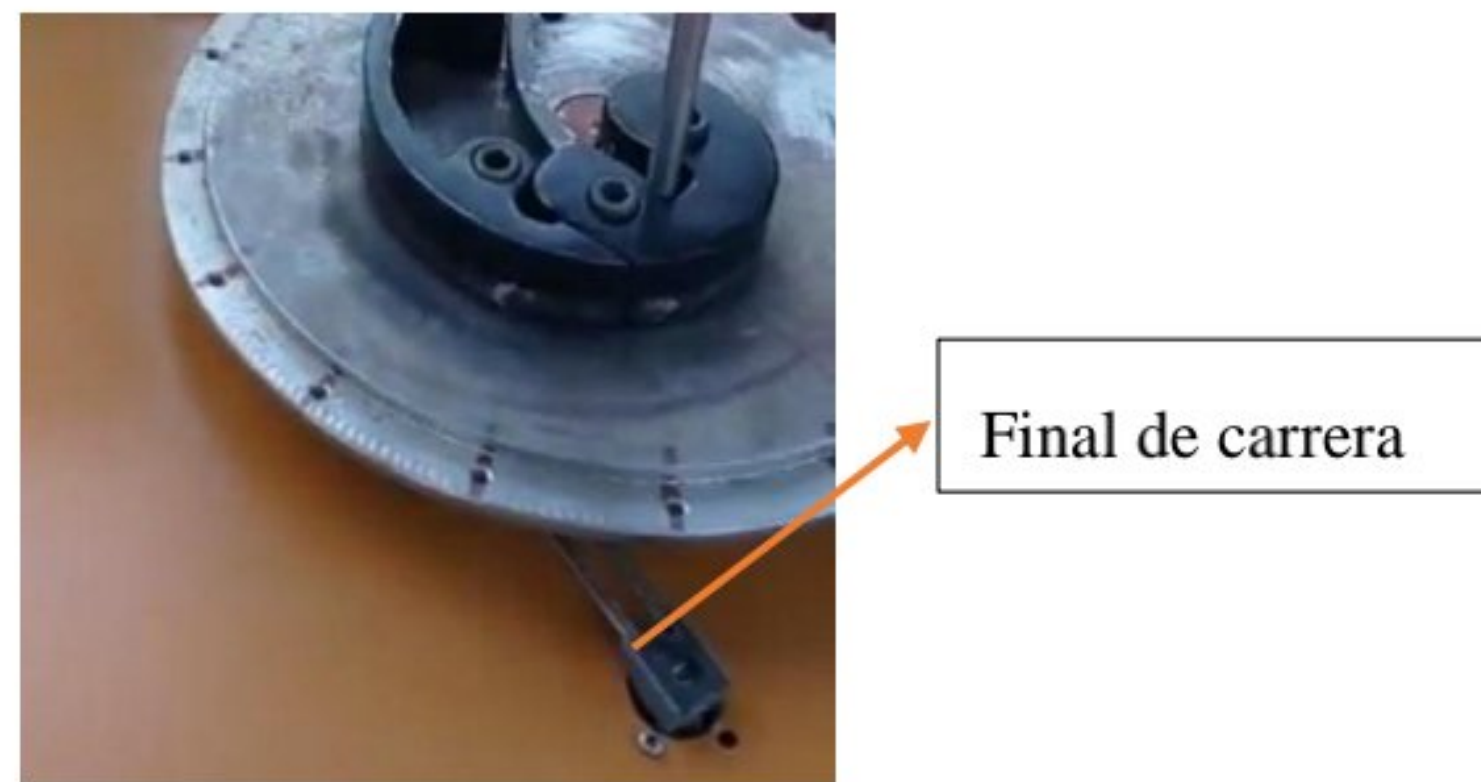


Figura 8: Final carrera

### 3. MANTENIMIENTO

Un adecuado mantenimiento de los elementos que conforma la máquina semiautomática moldeadora de figuras en acero ASTM A-36, evita el desgaste de estos elementos, así como los contratiempos en la operación, garantizando la máxima funcionalidad en rendimiento, evitando los costos de reparación, desmontaje y montaje de elementos que requieran ser cambiados.

La máquina moldeadora requiere de diferentes mantenimientos como, el mantenimiento programado que se debe realizar cada cierto tiempo, el mantenimiento por uso realizado, el mantenimiento preventivo y el correctivo. Las partes más requeridas para mantenimiento son el motorreductor, debido a que el mismo es el órgano principal en la transmisión de fuerza mecánica para el moldeo, posteriormente vienen las partes de engrasado y lubricación a las chumaceras y cadena de transmisión, los sprockets y por último los pernos de sujeción. En la tabla 1 de este manual se muestra el mantenimiento programado de toda la máquina.

#### 3.1. Mantenimiento De Un Motorreductor

Hay que tener en cuenta los siguientes consejos para brindar un adecuado mantenimiento al motorreductor:

##### 3.1.1 Revisión visual de cada componente

Mediante el recorrido visual por el motor reductor se puede identificar detalles primordiales que requieren ser atendidos. Adicionalmente el recorrido visual permite encontrar indicios de sobrecalentamiento y muestras que inducen a fallas. Adicionalmente los sentidos son importantes para detectar olores, ruidos excesivos, vibraciones y otras anomalías.

### 3.1.2 Detección de vibraciones

Pueden generar ruidos y vibraciones cuando existen piezas del motorreductor en movimiento, afectando el correcto desempeño. Adicionalmente las vibraciones están reflejadas en las pares mecánicas de los propulsores, mismas que son difíciles de identificar.

### 3.1.3 Limpieza y lubricación periódica

La temperatura juega un rol importante en el funcionamiento del motorreductor. Cuando exista un calor elevado, hay más probabilidad de problemas.

La corrosión también es un problema que hay que minimizar, se debe lubricar cada componente para protegerlo.

### 3.1.4 Prueba de bobinado del motorreductor

Cuando exista sobrecalentamiento en los bobinados es un riesgo que causa grave daños. Para la prueba de bobinado se debe desmontar el motorreductor, con eso se determinan las averías o fallas en los devanados. Se recomienda rebobinar el motorreductor.

Para una manera más comprensible de la tabla de mantenimiento que se muestra a continuación consiste, por ejemplo; para el mantenimiento de las chumaceras existen dos opciones, el de revisar y lubricar, ubicándonos en la fila de revisar podemos entender que la casilla se posiciona en, cada 20 horas o cada mes, donde se debe hacer el mantenimiento, y posteriormente ubicándonos en la fila de lubricar se muestra para cada 6 meses o 100 horas.

Tabla 1: Mantenimiento general de la máquina.

Se ejecuta para horas de trabajo y para cada mes		Cada uso	Cada mes o 20h	Cada 3 meses o 50h	Cada 6 meses o 100h	Cada año o 300h
Elemento						
Chumacera	Revisar		X			
	Lubricar				X	
Cadena	Revisar	X				
	Ajustar/lubricar				X	
Eje principal	Revisar					X
Sprockets	Revisar	Reemplazar cada 2 años si es necesario				
Motorreductor	Revisar					X




### Tabla de componentes de la máquina

Tabla de componentes de la máquina semiautomática	
Elemento	Código
Chumaceras	128780 F4B-DL-103
Sprockets	182-896
Cadena de transmisión	720-4280
Disyuntor	243-6984
Contactador adelante	394-9807
Contactador inversión	394-9807
Guardamotor	243-7151
Pulsador NA	609-6007
Pulsador NC	609-6007
Paro de emergencia	795-1306
Selector dos posiciones	331-0265
Señalización de voltaje	STR-AD1622VG
Señalización de amperaje	AD22-22AM
Señalización Start	744-9203
Señalización stop	744-9089

## Document Information

Analyzed document	TESIS EDISON CHICAIZA - PATRICIO GERMAN.pdf (D143540854)
Submitted	9/2/2022 7:40:00 PM
Submitted by	
Submitter email	luis.navarrete7284@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://brr.mx/chumaceras/">https://brr.mx/chumaceras/</a> Fetched: 9/2/2022 7:41:00 PM		1
<b>SA</b>	<b>INFORME FINAL UTC-SP-01_compressed.pdf</b> Document INFORME FINAL UTC-SP-01_compressed.pdf (D143403713)		19
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / Tesis_Trasplantadora_Final_30_08_2022.docx</b> Document Tesis_Trasplantadora_Final_30_08_2022.docx (D143408292) Submitted by: luigi.freire@utc.edu.ec Receiver: luigi.freire.utc@analysis.arkund.com		5
<b>SA</b>	<b>TESIS ELEVADOR 2021 FINAL.pdf</b> Document TESIS ELEVADOR 2021 FINAL.pdf (D109252291)		1
<b>SA</b>	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS-Changoluisa-Chiluisa final - 1.docx</b> Document TESIS-Changoluisa-Chiluisa final - 1.docx (D143455811) Submitted by: deysi.chiluisa7658@utc.edu.ec Receiver: edwin.moreano.utc@analysis.arkund.com		1

## Entire Document

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA ORTADA PROPUESTA TECNOLÓGICA Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica. Autores: Juan Patricio German Jacho Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga Tutor Académico: Ing. Mgs. Luis Navarrete PORTADA Latacunga – Ecuador 2022 "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI"

ii DECLARACIÓN DE AUTORÍA Nosotros, Edison Ramiro Chicaiza Guagchinga, Juan Patricio German Jacho declaramos ser autores del presente proyecto de investigación "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA MOLDEADORA DE FIGURAS EN ACERO ASTM A36, PARA LA EMPRESA PRO-ACERO UBICADA EN EL CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI", siendo el Ing. Mgs Luis Navarrete