



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR Y ELEVADOR  
AUTOMÁTICO PORTÁTIL PARA MATERIALES Y RESIDUOS NO FERROSOS  
PROVENIENTES DE LA CONSTRUCCIÓN.**

**Autor:**

Danilo Jesús Moreira Laya C.I.: 30.500.592

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR Y ELEVADOR  
AUTOMÁTICO PORTÁTIL PARA MATERIALES Y RESIDUOS NO FERROSOS  
PROVENIENTES DE LA CONSTRUCCIÓN.**

Proyecto del trabajo de grado para optar al título de  
**INGENIERO MECÁNICO**

**Autor:**

Danilo Jesús Moreira Laya C.I.: 30.500.592

**Tutor:**

Prof. Giovanni Pizzella Pierro

San Diego, junio 2023



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

**ACTA DE APROBACIÓN**

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de INGENIERIA para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR Y ELEVADOR AUTOMÁTICO PORTÁTIL PARA MATERIALES Y RESIDUOS NO FERROSOS PROVENIENTES DE LA CONSTRUCCIÓN

Realizado por el (la) Br. DANILO JESÚS MOREIRA LAYA

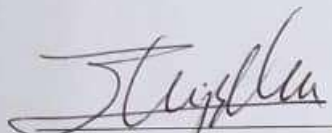
C.I. N° 30500542 cursante de la carrera de INGENIERIA MECÁNICA

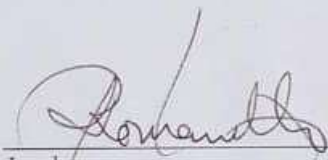
hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

El Jurado

  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: GIOVANNI PIZZELLA  
C.I.: 4455859

  
Jurado  
Nombre: DONATO ROHANILLO  
C.I.: 4131877

  
Jurado  
Nombre: LUIS ORTEGA  
C.I.: 3476801

Fecha: 06/07/2023







REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA

FIN 004 2022-3CR TG

Valencia, 14 de abril de 2023

Ciudadano:  
MOREIRA LAYA, DANILO JESÚS  
30.500.592  
Presente -


Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 02-2023 de fecha 08/02/2023 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Propuesta de diseño de un sistema triturador y elevador automático portátil para materiales y residuos no ferrosos provenientes de la construcción.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Ing. Giovanni Pizzella Pierro, titular de la cédula de identidad V-4.455.859

Atentamente

  
**Dra. Laura Aurora Sáenz Palencia**  
Decana de la Facultad de Ingeniería



c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería

## **RECONOCIMIENTOS**

Principalmente a Dios, que siempre ha guiado mis pasos y me ha dado la fortaleza para superar los retos de la vida, por bendecirme y darme fuerza para seguir adelante.

A mis padres y familia, por su amor, apoyo y comprensión incondicional durante este proceso, quienes me han enseñado a ser laborioso, diligente, honesto y perseverante. Gracias, por darme la existencia inicialmente y con ella la capacidad de superación y el deseo de ser mejor cada día, por su formación y ejemplo que me han ayudado a la consecución de este logro y a construir y ser la persona que ahora soy.

A la Universidad José Antonio Páez, a mis profesores, compañeros y a cada una de las personas que de una forma u otra fueron de ayuda en la realización de este trabajo. Gracias por sus enseñanzas, por el apoyo, la excelencia académica y la diversidad de oportunidades ofrecidas, hoy día, son fundamento en mi desarrollo personal y profesional.

Con mucho respeto y profunda gratitud...

Att. Danilo Jesús Moreira Laya

## **DEDICATORIA**

Con profundo agradecimiento y admiración, dedico este trabajo a mis padres, quienes me otorgaron una educación y apoyo inigualables. La formación, responsabilidad, valores, principios y el deseo de superación implantados son una bendición, que me llena de agradecimiento también por la protección brindada y la estadía y compañía continua de Dios.

A mi pareja por la atención, apoyo y compañía, quien con afecto y compromiso se mantuvo firme y dedicada a contribuir en este camino de formación e investigación. Por creer en mi y estar en los momentos de dudas motivándome a ofrecer lo mejor.

Finalmente, a los profesores que me acompañaron desde el inicio, quienes me brindaron apoyo y fueron constantes en el camino de este proceso de aprendizaje y desarrollo personal y profesional. Su sabiduría y comprensión fueron la base de mi desempeño para lograr esta meta, me ofrecieron una formación sólida otorgándome herramientas que seguirán siendo de utilidad a lo largo del tiempo.

Gracias, por creer y confiar, por su contribución en este proceso y por hacer realidad el alcance de esta meta. Con la convicción de que este es solo el comienzo de una larga travesía...

Att. Danilo Jesús Moreira Laya.

# ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	Pp.
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN INFORMATIVO.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Alcance.....	5
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Equipos para reducción de tamaño .....	9
2.2.1.1 Trituración.....	9
2.2.1.2 Molienda.....	9
2.2.2 Trituradoras .....	9
2.2.2.1 Trituradora de mandíbula o chancadora general.....	9
2.2.2.2 Trituradora de cono.....	10
2.2.2.3 Trituradora de cono resorte.....	10
2.2.2.4 Trituradora de cono hidráulica.....	11
2.2.2.5 Trituradora de impacto o chancadora de tipo europeo.....	11
2.2.2.6 Trituradora de impacto hidráulica.....	11
2.2.2.7 Trituradora de impacto de eje vertical.....	11
2.2.2.8 Trituradora o chancadora primaria de impacto.....	12
2.2.2.9 Trituradora de cuchillas.....	13
2.2.3 Torsión .....	13
2.2.4 Esfuerzos normales para vigas en flexión .....	14

2.2.5	Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a torsión.....	14
2.2.6	Potencia.....	15
2.2.7	Pandeo.....	15
2.2.8	Carga crítica.....	15
2.2.9	Elevadores.....	16
2.2.9.1	Elevador de cangilones.....	16
2.2.9.2	Elevador helicoidal.....	17
2.2.9.3	Elevador de cinta transportadora.....	18
2.2.10	Materiales de construcción.....	19
2.2.10.1	Pétreos.....	19
2.2.10.2	Cerámicos.....	19
2.2.10.3	Metálicos.....	19
2.2.10.4	Orgánicos.....	19
2.2.10.5	Sintéticos.....	19
2.2.11	Residuos de construcción y demolición.....	20
2.2.12	Características de los residuos de la construcción.....	20
2.2.13	Factor de Diseño y Factor de seguridad.....	21
2.2.14	Disponibilidad de uso.....	22
2.2.15	Vida Útil.....	22
2.2.16	Corrosión.....	22
2.2.17	Tipos de corrosión.....	23
2.2.18	Trituradora tipo dalton.....	24
2.2.19	Características de una trituradora de mandíbula tipo Dalton.....	28
2.2.20	Ventajas de las trituradoras de mandíbula tipo Dalton.....	28
2.2.21	Desventajas de las trituradoras de mandíbula tipo Dalton.....	28
2.2.22	Elementos del sistema.....	28
2.2.23	Materiales seleccionados para el diseño de la trituradora.....	33
2.2.24	Tipos de soldaduras.....	40
2.2.25	Tipos de electrodos.....	43
2.2.26	Estructura y componentes elevadores.....	45
2.2.26.1	Tipos de elevadores de cangilones.....	46
2.3	Bases Legales.....	47
2.4	Definición de términos básicos.....	47

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo de la investigación.....	49
3.2	Diseño de la investigación .....	50
3.3	Nivel de la investigación.....	50

3.4	Población y muestra.....	50
3.4.1	Población.....	50
3.4.2	Muestra.....	51
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	51
3.5.1	Técnicas de recolección de datos.....	51
3.5.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	51
3.6	Fases metodológicas.....	52
<b>IV RESULTADOS</b>		
4.1	Diagnosticar las condiciones de trabajo para diseñar el sistema con la suficiente robustez para soportar el paso del tiempo y el uso.....	54
4.2	Obtener la data necesaria para el diseño mediante revisión documental de diferentes trituradoras.....	63
4.3	Seleccionar la mejor opción de modelo para diseñar el sistema requerido.....	69
4.3.1	Propuesta de alternativa para la selección de la trituradora.....	69
4.3.2	Propuesta de alternativa para la selección del elevador.....	72
4.4	Diseñar el sistema lo más simple posible para aumentar la fiabilidad y reducir la dificultad que pueda causar a un usuario poco experimentado.....	75
4.4.1	Trituradora de materiales.....	75
4.4.1.1	Movimiento inferior de la mandíbula.....	75
4.4.1.2	Ángulos de la trituradora.....	76
4.4.1.3	Altura de pared.....	76
4.4.1.4	Capacidad y potencia del sistema.....	76
4.4.1.5	Revoluciones del eje.....	76
4.4.1.6	Área real y masa aproximada de la polea.....	81
4.4.1.7	Fuerzas que actúan.....	82
4.4.1.8	Eje excéntrico.....	83
4.4.1.9	Diámetro del eje excéntrico.....	84
4.4.1.10	Diámetro del eje en los extremos.....	85
4.4.1.11	Cuñas del sistema.....	85
4.4.1.12	Rodamientos.....	86
4.4.1.13	Partes de la trituradora.....	86
4.4.1.14	Armazón de la trituradora.....	98
4.4.2	Elevador de materiales.....	105
4.5	Evaluar la viabilidad económica y técnica del sistema diseñado.....	112
4.5.1	Viabilidad técnica.....	112
4.5.2	Viabilidad económica.....	112
<b>CONCLUSIONES</b> .....		115

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	117
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	119
<b>ANEXOS</b>	
A Catálogo Gates 2010.....	122
B Potencia nominal por correa.....	123
C Potencia agregada por correa.....	124
D Propiedades de algunos aceros al carbón.....	125
E Grados métricos de aceros para pernos.....	126
F Tamaños de cordón para placas gruesas.....	126
G Alambres para resortes.....	127
H Aceros estructurales.....	128
I Cangilones MAXI-TUFF AA para uso Industrial.....	129
J Catálogo WEG de motores trifásico.....	130

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>pp.</b>
1.	Trituradora de mandíbula .....	10
2.	Trituradora de impacto vertical .....	12
3.	Trituradora de impacto .....	12
4.	Trituradora de cuchilla .....	13
5.	Torsión mecánica .....	13
6.	Flexión (ingeniería) .....	14
7.	Elevador de cangilones .....	17
8.	Equipo de transporte de tornillo .....	18
9.	Cinta transportadora elevadora .....	18
10.	Clasificación de RCD.....	21
11.	Corrosión.....	23
12.	trituradora de mandíbula tipo Dalton .....	25
13.	Eje excéntrico.....	26
14.	Eje excéntrico funcionamiento.....	27
15.	Chaveta.....	29
16.	Polea conductora y polea conducida.....	30
17.	Partes de las poleas.....	30
18.	Tipos de poleas.....	31
19.	Lados de la correa.....	32
20.	Motor eléctrico.....	33
21.	Materiales de elementos de máquinas.....	34
22.	Nomenclatura AISI.....	35
23.	Nomenclatura AISI aceros al carbono y aleados.....	36
24.	Diseño de alambre ASTM A227.....	38
25.	Resistencia de fluencia.....	39
26.	Resistencia de fluencia.....	40
27.	Soldadura de ranura.....	41

28.	Soldadura de filete.....	42
29.	Procesos de unión.....	43
30.	Trituración de materiales.....	54
31.	Molienda húmeda.....	56
32.	Trituración por etapas .....	57
33.	Serie de tamices.....	58
34.	Características de las rocas .....	59
35.	Escombros de construcción.....	63
36.	Producción de grava.....	64
37.	Material triturado.....	65
38.	Ángulo de contacto de correas.....	68
39.	Factor de corrección por longitud de correa.....	69
40.	Fuerzas en el sistema.....	82
41.	Diagrama eje excéntrico.....	84
42.	Diámetros de resorte.....	96
43.	Esfuerzos cortantes A227.....	98

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA</b>		<b>pp.</b>
<b>1</b>	Resistencia y módulo de elasticidad de algunos materiales de la construcción.....	60
<b>2</b>	Coeficiente de fricción de algunos materiales.....	61
<b>3</b>	Propiedades de algunos materiales.....	62
<b>4</b>	Tamaño nominal de la cuña según el tamaño nominal del eje.....	66
<b>5</b>	Velocidades síncronas y a plena carga para motores eléctricos (CA) a una corriente con frecuencia de 60 Hz.....	67
<b>6</b>	Factor de seguridad de funcionamiento motores.....	67
<b>7</b>	Alternativas para la selección.....	69
<b>8</b>	Restricciones y Criterios.....	70
<b>9</b>	Comparación de Restricciones vs Alternativas.....	71
<b>10</b>	Ponderación de criterios.....	71
<b>11</b>	Parámetros de puntuación.....	71
<b>12</b>	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.....	72
<b>13</b>	Evaluación de soluciones.....	72

<b>14</b>	Alternativas para la selección.....	72
<b>15</b>	Restricciones y Criterios.....	73
<b>16</b>	Comparación de Restricciones vs Alternativas.....	74
<b>17</b>	Ponderación de criterios.....	74
<b>18</b>	Parámetros de puntuación.....	75
<b>19</b>	Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección.....	75
<b>20</b>	Evaluación de soluciones.....	75
<b>21</b>	Cordones para Bastidor.....	102
<b>22</b>	Cordones para Pared delantera.....	105
<b>23</b>	Cangilones.....	106
<b>24</b>	Factor K según material.....	106
<b>25</b>	Altura según cangilón.....	107
<b>26</b>	Valores de tensión.....	108
<b>27</b>	Número mínimo de telas.....	108
<b>28</b>	Diámetros mínimos de poleas.....	109
<b>29</b>	Espesor de cubiertas.....	109
<b>30</b>	Peso de cubiertas.....	110
<b>31</b>	Presupuesto del sistema.....	113



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE MECÁNICA**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA TRITURADOR Y ELEVADOR  
AUTOMÁTICO PORTÁTIL PARA MATERIALES Y RESIDUOS NO FERROSOS  
PROVENIENTES DE LA CONSTRUCCIÓN.**

**Autor:** Danilo Jesús Moreira Laya C.I.:30.500.592

**Tutor:** Prof. Giovanni Pizzella Pierro

**Fecha:** junio 2023

**RESUMEN INFORMATIVO**

El trabajo de grado presentado a continuación, el cual fue denominado “Propuesta de diseño de un sistema triturador y elevador automático portátil para materiales y residuos no ferrosos provenientes de la construcción.” tiene como propósito el diseño de un sistema automatizado para un sistema triturador y elevador para materiales y residuos no ferrosos provenientes de la construcción con el fin de agilizar el transporte, almacenamiento y utilización de los mismos aumentando las ganancias y disminuyendo los accidentes generados en este sector por la mala administración y falta de herramienta diseñada para este fin. La investigación es de tipo proyecto factible, descriptivo y documental tomando como mayor apoyo revisiones bibliográficas referentes al tema siguiendo la línea de investigación de la teoría de Mohr-Coulomb la cual es un modelo matemático que describe la respuesta de materiales quebradizos, tales como hormigón, o agregados de partículas como el suelo, a esfuerzo cortante, así como tensión normal y la teoría de Von Mises que expone que un material dúctil comienza a ceder en una ubicación cuando la tensión de Von Mises es igual al límite de tensión.

**Descriptores:** Diseño, Máquinas, Materiales, Automatización, Investigación.

## INTRODUCCIÓN

El ser humano en su constante búsqueda por avanzar ha creado una demanda de inventos que ayuden a este fin, se sabe que la humanidad ha buscado manipular las fuerzas de la naturaleza investigándola, conociéndola y usándola para su beneficio.

Actualmente el manejo de materiales y residuos para la construcción se realiza de una manera muy rudimentaria e ineficiente además de peligrosa para las personas ya que se suelen utilizar herramientas que no están diseñadas exactamente para esta tarea, lo que tiene como resultado múltiples accidentes, retrasos en el trabajo y en general una mala administración de los recursos por parte de las empresas o personas naturales. El diseño de una herramienta con la capacidad de triturar y elevar de manera automática sería de gran utilidad ya que en la actualidad las personas pierden mucho tiempo útil al momento de manejar tanto materiales y residuos, es por esto mismo que un sistema que dé una solución rápida, fácil, económica y confiable sería excelente para el día a día de las personas que se encuentran constantemente con problemas de este estilo.

El presente trabajo investigativo permitió llevar a la práctica gran parte del conocimiento adquirido a través del estudio de la carrera, así como también busca incentivar y facilitar futuras investigaciones que ayuden el comprender del diseño de máquinas.

El estudio de esta primera parte del trabajo de grado fue distribuido en 4 capítulos”

**Capítulo I:** Explicar todo lo relacionado con el método y planteamiento del problema, el objetivo del proyecto y las limitaciones que surgen en la resolución del problema.

**Capítulo II:** cubre toda la terminología y los conceptos necesarios que servirán de base para realizar el estudio, así como una breve descripción del contexto relevante para el estudio.

**Capítulo III:** Cubre los diversos pasos metodológicos utilizados para formular estrategias diseñadas para lograr los objetivos propuestos.

**Capítulo IV:** Resultados, donde se ofrece una descripción general de los experimentos y se presentan los datos obtenidos en un orden lógico, utilizando tablas y gráficos si es necesario.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente el manejo de materiales y residuos para la construcción se realiza de una manera muy rudimentaria e ineficiente además de peligrosa para las personas ya que se suelen utilizar herramientas que no están diseñadas exactamente para esta tarea, lo que tiene como resultado múltiples accidentes, retrasos en el trabajo y en general una mala administración de los recursos por parte de las empresas o personas naturales.

El proceso de diseño en ingeniería es una serie común de pasos que los ingenieros utilizan para crear productos y procesos funcionales. El proceso es sumamente iterativo: las partes del proceso a menudo deben repetirse muchas veces antes de que se pueda ingresar otra, aunque las partes que se repiten y el número de dichos ciclos en un proyecto determinado pueden variar. Es un proceso de toma de decisiones en el que se aplican las ciencias básicas, las matemáticas y las ciencias de la ingeniería para convertir los recursos de manera óptima para cumplir con un objetivo establecido. Entre los elementos fundamentales del proceso de diseño se encuentran el establecimiento de objetivos y criterios, síntesis, análisis, construcción, pruebas y evaluación y la construcción es el arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras. También se denomina construcción a una obra ya construida o en proceso de realización. De manera más general, se conoce como construcción a todo aquello que exige antes de realizarse disponer de un proyecto y una planificación determinada.

El mundo vive un aumento de la población a nivel global, por lo que se necesita una búsqueda exhaustiva de mecanismos, sistemas y soluciones con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas y generar un mejor confort en la vida de la mayor cantidad de personas posibles, lo que lleva a la creación de diferentes máquinas, una máquina es una herramienta que contiene una o más partes que utiliza la energía para llevar a cabo una determinada acción. Las máquinas están normalmente alimentadas por medios mecánicos, químicos, térmicos o eléctricos, y con frecuencia están motorizadas. Históricamente, una herramienta eléctrica también requiere partes móviles para ser clasificada como una máquina.

Sin embargo, el advenimiento de la electrónica ha llevado al desarrollo de herramientas eléctricas sin partes consideradas como elementos en movimiento. Tal vez el primer ejemplo de un dispositivo hecho por el hombre diseñado para aprovechar su fuerza es el hacha de mano,

fabricada mediante el astillado de piezas de pedernal para formar una cuña. Una cuña es una máquina simple que permite obtener una fuerza de separación transversal a partir del desplazamiento axial de la herramienta. La idea de que una máquina puede descomponerse en elementos móviles simples llevó a Arquímedes a definir la palanca, la polea y el tornillo como máquinas simples. En la época del Renacimiento esta lista aumentó hasta incluir la rueda y el eje, la cuña y el plano inclinado. El enfoque moderno para caracterizar las máquinas se centra en los componentes que permiten el movimiento, conocidos como articulaciones.

La Revolución Industrial es un ejemplo perfecto de lo que las herramientas pueden hacer por los individuos, fue un periodo comprendido desde 1750 hasta 1850, en el que los cambios en la agricultura, la industria manufacturera, la minería, el transporte y la tecnología tuvieron un profundo efecto en las condiciones sociales, económicas y culturales de la época. Comenzó en el Reino Unido, y posteriormente se extendió por toda Europa Occidental, América del Norte, Japón, y, finalmente, el resto del mundo. A partir de finales del siglo XVIII, se inició en Gran Bretaña una transición desde la economía basada en la mano de obra dependiente de la tracción animal hacia la fabricación basada en las máquinas. Todo comenzó con la mecanización de la industria textil, el desarrollo de la siderurgia y el aumento del uso del carbón refinado.

La industrialización de Venezuela se inicia por la introducción y rápida expansión de la industria petrolera en los años 20 del presente siglo, aunque ya en años anteriores se habían instalado ciertos equipos industriales, por ejemplo, en la industria textil. En tres décadas, Venezuela dio un salto significativo en su industrialización. La automatización es el uso de sistemas de control y tecnologías de la información para reducir la necesidad del trabajo humano en la producción de bienes y servicios. En el ámbito de la industrialización, la automatización es un paso más allá de la mecanización. Mientras que la mecanización proporciona a los operarios humanos maquinaria para ayudarles con los requisitos musculares de trabajo, la automatización reduce considerablemente la necesidad de requisitos sensoriales y mentales humanos, y juega un papel cada vez más importante en la economía mundial y en la experiencia diaria.

El desarrollo económico de los países y de la sociedad es producto de un importante aporte de la industria de la construcción, ya que por medio de esta se materializan sueños de familias, de empresarios y de la sociedad en general.

Considerando las ciudades como ecosistemas vulnerables a las acciones económicas, sociales, culturales y ambientales, estas se configuran como focos de contaminación del medio ambiente, dada la carga que soportan en términos de población, disminución de recursos e industria en general, es así como en un marco de sostenibilidad, la industria de la construcción tiene un reto y responsabilidad de incluir la gestión ambiental en la cadena de valor de sus desarrollos constructivos, prestando especial atención al consumo excesivo de los recursos mundiales como uno de los componentes principales del punto de partida de todo desarrollo.

El vertido de desechos y escombros de la construcción tiene numerosos efectos negativos en el medio ambiente, entre otros: contaminación, utilización excesiva de materiales con la consecuente pérdida de recursos naturales, degradación de la calidad del paisaje y alteración de drenajes naturales. Por otra parte, el despilfarro de material, mano de obra y transporte que implican los residuos, tiene así mismo consecuencias negativas, puesto que eleva los costos finales de construcción.

En el curso final de la vida útil de la construcción, todos los materiales utilizados a menudo se convierten en escombros, es decir, que grandes cantidades (50%) se presentan en forma de materiales de desecho.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo se puede mejorar el manejo de materiales y residuos para la construcción de manera rápida y eficiente?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Proponer el diseño de un sistema triturador con la capacidad de elevar el material o residuo ya procesado con el fin de poder ser distribuido de manera rápida y eficiente a su lugar de destino o en su defecto a un vehículo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar las condiciones de trabajo para diseñar el sistema con la suficiente robustez para soportar el paso del tiempo y el uso.
- Obtener la data necesaria para el diseño mediante revisión documental de diferentes trituradoras
- Seleccionar la mejor opción de modelo para diseñar el sistema requerido.

- Diseñar el sistema lo más simple posible para aumentar la fiabilidad y reducir la dificultad que pueda causar a un usuario poco experimentado.
- Evaluar la viabilidad económica y técnica del sistema diseñado.

#### **1.4 Justificación**

El diseño de una herramienta con la capacidad de triturar y elevar de manera automática sería de gran utilidad ya que en la actualidad las personas pierden mucho tiempo útil al momento de manejar tanto materiales y residuos, es por esto mismo que un sistema que dé una solución rápida, fácil, económica y confiable sería excelente para el día a día de las personas que se encuentran constantemente con problemas de este estilo.

No existe una herramienta de este estilo en el mercado común y sería de gran ayuda para muchas personas y empresas ya que al tener una manera rápida y eficiente de manejar sus materiales y residuos podrán aumentar su producción y disminuir el tiempo muerto que invierten en el manejo de estos y con esto aumentar sus ganancias, además de evitar muchos accidentes por la utilización de herramientas inadecuadas o simplemente errores humanos.

Del mismo modo se justifica académicamente, ya que el estudio describirá toda la información en el área de materiales, completando conocimientos generales de diseño, máquinas de elevación y transporte, entre otros, por medio de la obtención de la experiencia obtenida en el desarrollo del proyecto de esta investigación.

#### **1.5 Limitaciones**

- Falta de información referente al tema en cuestión.
- La no disponibilidad de personas con conocimiento del tema.
- Falta de tiempo para realizar el proyecto correctamente.

#### **1.6 Alcance**

- Desarrollar un diseño para el sistema antes mencionado.
- Obtener la data necesaria para el desarrollo y correcto funcionamiento del sistema en el mundo real.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

De acuerdo con la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2006), el contenido del marco teórico se basa en: Situar el problema en estudio dentro de un conjunto de conocimientos sólidos y confiables que permitan orientar la búsqueda y ofrezcan una conceptualización adecuada de los términos que se van a utilizar. El marco teórico permite integrar la teórica con la investigación y establecer sus interrelaciones. Representa un sistema coordinado coherente, de conceptos y propósitos para abordar el problema.

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Hidalgo, D. (2020), quien realizó el trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico Automotriz titulado **“Diseño de una máquina trituradora de plástico para la comunidad de Limoncocha, provincia de Sucumbíos-Ecuador”** realizado en la Universidad Internacional SEK, Ecuador, El propósito de esta investigación es diseñar una máquina trituradora de plástico mediante software de simulación mecánica para el procesamiento de desechos plásticos en la comunidad de Limoncocha provincia de Sucumbíos, Ecuador. En un comienzo se realizó una exhaustiva investigación de información, datos y características de diseños de máquinas trituradoras de plástico PET hechos para distintas aplicaciones y de esta manera recopilar algunos requerimientos y parámetros que permitan llevar a cabo el presente trabajo dirigido para la comunidad de Limoncocha situada en la provincia de sucumbíos en Ecuador.

Posterior a esto, se utilizó la matriz casa de la calidad (QFD) como medio de extracción de datos necesarios para realizar un diseño correcto y con estos requerimientos utilizar el método de diseño concurrente para seleccionar una alternativa de diseño correcta para la aplicación necesitada. Se escogió realizar el diseño de una trituradora de cuchillas cortadoras rotatorias, a partir de esto se realizó el diseño conceptual y el detallado de cada componente de la máquina trituradora, se realizó la simulación de esfuerzos de los elementos más críticos que componen la máquina que son la estructura y el eje que sostiene las cuchillas para comprobar el correcto funcionamiento cuando el conjunto está sometido a las distintas cargas, teniendo como resultado una confiabilidad muy alta de los elementos en mención asegurando que no van a tener ningún problema cuando la máquina esté en funcionamiento. Su aporte para esta

investigación radica en el entendimiento de como diseñar una máquina trituradora mediante software de simulación mecánica y elegir el diseño que mejor funcione que en este caso fue una trituradora de cuchillas cortadoras rotatorias.

Así mismo, Guerrero, A, (2019), quien realizó la investigación para optar al título de Ingeniero Mecánico Electricista titulada **“Diseño de trituradora 10 ton/ h para incrementar producción de agregados en la empresa Jubrisa E.I.R.L- Pucara - Jaén”** en la Universidad César Vallejo, Perú, este trabajo de investigación se desarrolló en la empresa Jubrisa E.I.R.L Pucará – Jaén, esta empresa se dedica a el rubro de producción de agregados, en donde se ha tenido que realizar un diagnóstico para identificar las causas principales por las que la empresa no está cumpliendo con la capacidad de pedidos que se le solicitan. En el diagnóstico, inicialmente se ha tenido que realizar una inspección previa de todas las instalaciones para conocer las condiciones en las que realiza sus operaciones de trituración. como parte del diagnóstico se ha usado un historial de pedidos desde una década atrás, el cual les permitió obtener resultados, en estos resultados se aprecia que la maquinaria actual no cumple con la capacidad de molienda que requiere la empresa. Así mismo se buscó dar solución y como resultado se optó por el diseño de una nueva trituradora teniendo en cuenta la producción actual de la empresa y una escala lineal progresiva. Finalmente se hizo una evaluación económica del diseño planteado, esto con la finalidad de lograr determinar su rentabilidad. El aporte que proporciona para la investigación es identificar y realizar un diagnóstico entender los problemas y como afecta a las empresas el no contar con una trituradora acorde con sus necesidades.

También, Pérez, M., Maldonado, J., Andrade, A. (2019), quienes realizaron una investigación para optar al título de ingeniero mecánico titulada **“Diseño de una Máquina Trituradora para el Reciclaje de Plástico en Venezuela”** realizado en la Universidad de los Andes, Venezuela, La cual se enfocó en diseñar una máquina trituradora para el reciclaje de plástico en Venezuela ya que el país cuenta con numerosas empresas de reciclaje de residuos, pero pocas de ellas se dedican al proceso de reciclaje de plásticos. Existen empresas que alquilan maquinaria para poder realizar el reciclado, pero la mayoría tan solo llegan hasta el proceso de recolección por no contar con maquinarias adecuadas. Es por ello que este proyecto busca ayudar a las empresas a ampliar su proceso de reciclaje con la construcción de una máquina trituradora y consecuentemente seguir promoviendo el reciclaje entre los habitantes del país.

Por su parte, Mendoza, L. (2019) realizó el trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico **“Diseño de un prototipo de máquina trituradora de botellas PET”** en la Universidad Tecnológica Del Perú, Perú. El objetivo principal de este trabajo de investigación es diseñar un prototipo de máquina trituradora de botellas PET, para lo cual se plantean como objetivos específicos: determinar los parámetros de velocidad y fuerza, dimensionar los componentes de la máquina y, por último, desarrollar los planos de fabricación de la máquina. La metodología empleada comprende seleccionar un mecanismo de trituración óptimo, se calcula la fuerza necesaria para cortar 0.6 mm de espesor de material PET reciclado, se determina las dimensiones de los componentes de la máquina teniendo en cuenta los esfuerzos a los cuales se encuentran sometidos producto de la fuerza de corte y considerando un factor de seguridad mayor a dos.

Los cálculos de esfuerzos se realizan de forma manual y con ayuda de un programa de diseño (Inventor 2015), donde se simulan los componentes, para luego comparar los resultados con los esfuerzos permisibles del material empleado. Los resultados obtenidos son: 3990 N, fuerza necesaria para cortar espesores de PET de 0.6 mm con longitud de 350 mm, la velocidad y potencia requerida son de 76 RPM y 5 HP respectivamente. Finalmente, concluyen que es factible realizar el diseño de un prototipo de máquina trituradora de botellas PET. El aporte de esta investigación fue brindar nociones sobre los parámetros de velocidad y fuerza, dimensionar los componentes de la máquina y, por último, desarrollar los planos de fabricación de la máquina.

Por último, Peña, R., Carrero, C., Rondón, D. (2018), en su trabajo de grado para optar al título de ingeniero mecánico **“Diseño de una Máquina Tritradora para la Producción de Abono Orgánico en el Municipio Barinas.”** realizado en la Universidad Politécnica Territorial “José Félix Ribas”, Venezuela, Presentaron un diseño para una máquina trituradora para la producción de abono orgánico en el municipio barinas capaz de agilizar este proceso a solo unos minutos, es decir, generar un sistema mecánico y así impulsar una producción mucho mayor de abono orgánico en las distintas microempresas dedicadas a la producción vegetal como es el caso de los viveros que además de darle los nutrientes necesarios al suelo y plantas sin causarle daño al medio ambiente como los abonos inorgánicos , también se evitarán numerosas cantidades de desechos naturales que ligados con otros materiales inorgánicos pueden causar grandes daños a suelos y aguas potable. El aporte de esta investigación es mostrar

como una trituradora puede ahorrar y agilizar un proceso largo a solo minutos aumentando la efectividad de las personas y mejorando las capacidades de las empresas.

## **2.2 Bases teóricas**

De acuerdo con Arias (2006), “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado” (p.107). Por lo tanto, la correcta realización de las bases teóricas permitirá no solo obtener un sustento sobre el cual se podrá realizar el apropiado y acorde análisis de resultados, sino que también ayudará a explicar la problemática a partir de un conjunto de teorías y supuestos ya establecidos y publicados.

### **2.2.1 Equipos para reducción de tamaño**

La reducción de tamaño es una operación unitaria en la que el tamaño medio de los alimentos sólidos o líquidos se reduce por la aplicación de fuerzas de compresión, impacto o cizalla. Los equipos para reducción de tamaño se dividen en trituradores, molinos, molinos de ultrafinos y máquinas de corte. Los trituradores se encargan de romper las piezas grandes de materiales sólidos en pequeños pedazos. Se pueden distinguir las distintas etapas de trituración y molienda a la salida de la máquina:

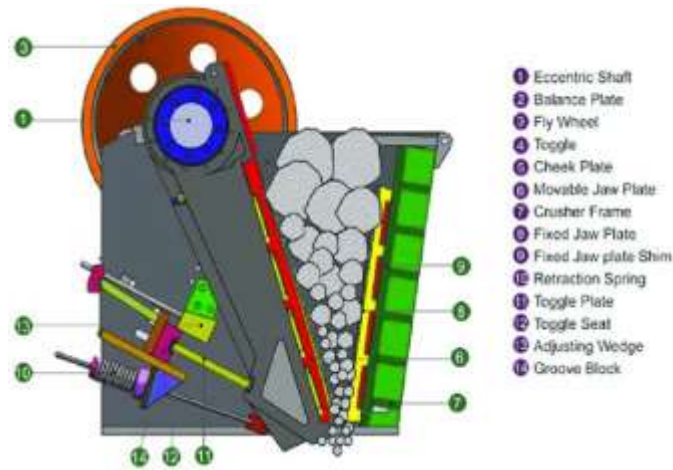
- Trituración
  - Trituración gruesa: tamaños: 15 cm.
  - Trituración mediana: tamaños: entre 3 y 15 cm.
  - Trituración fina: tamaños: entre 0,5 y 3 cm.
- Molienda
  - Molienda grosera: tamaños: entre 1 y 3 mm.
  - Molienda fina: tamaños: menores de 1 mm.

### **Trituradoras**

Los trituradores industriales son máquinas útiles para reducir el volumen de residuos sólidos, urbanos e industriales.

#### **2.2.2.1 Trituradora de mandíbula o chancadora general**

El Triturador de Mandíbula o Chancador de Mandíbula, cumple la función de triturar minerales y rocas duras, pero que también pueden ser utilizados para triturar materiales menos exigentes. Estos equipos son mayormente utilizados en la industria de la minería, extracción, reciclaje entre otras aplicaciones industriales. (Ver Figura 1)



**Figura 1: Trituradora de mandíbula.**

Fuente: ResearchGate

### 2.2.2.2 Trituradora de cono

Al igual que con todos los dispositivos de trituración de rocas, las rocas se alimentan a través de la parte superior. La gravedad los arrastrará hacia abajo, y es dentro de una cámara donde las rocas se descompondrán en componentes más pequeños. Las chancadoras de cono son máquinas de alta velocidad y alta potencia que pueden tomar minerales de medios extremadamente duros y descomponerlos en componentes más pequeños utilizados para material agregado. Son capaces de procesar mineral de hierro, arenisca, piedra caliza e incluso granito debido a los poderosos que son. Dentro de la máquina hay diferentes componentes, incluido el eje de transmisión, la polea, los engranajes cónicos, la correa trapezoidal y un motor que impulsa todo. Todo esto funcionará en conjunto para crear impactos de alta velocidad que romperán las piedras.

### 2.2.2.3 Trituradora de cono resorte

La trituradora de cono de resorte es apta para todo tipo de minerales y rocas de dureza mediana y superior. Posee características tales como, alta eficiencia, bajo coste de operación, fácil ajuste y mantenimiento económico entre otras.

El sistema de resortes posee un papel fundamental protegiendo la máquina de las sobrecargas, esto permite que el material extraño pueda pasar por la cavidad de trituración sin causar daños a la máquina. Posee un sellado aislante que evita la entrada de arena y polvo al interior del mecanismo, por lo que aumenta la estabilidad durante su funcionamiento y reduce los costes de mantenimiento.

#### **2.2.2.4 Trituradora de cono hidráulica**

La trituradora de cono multicilindro es un dispositivo de trituración típico para materiales duros triturados medios y finos. Al trabajar, el cono móvil hace un movimiento de balanceo a lo largo de la superficie interna. Cerca del cono fijo, el material es aplastado por la extrusión y la flexión del cono móvil. Cuando el cono móvil se desplaza, el material roto cae desde el fondo del cono debido a la gravedad. Los procesos de trituración y descarga se realizan sucesivamente de forma secuencial a lo largo de la superficie interna. El cilindro de protección de bloqueo está compuesto por una pluralidad de cilindros de protección de bloqueo, un acumulador de protección sobre hierro, un grupo acumulador de amortiguación y una tubería. El cilindro de protección de bloqueo funciona principalmente como protección de hierro y limpieza de la cámara de trituración. Cada dos cilindros hidráulicos están equipados con un acumulador amortiguador. Cuando se utiliza el aplastamiento normal, el anillo de ajuste salta debido a unos pocos materiales duros durante el almacenamiento en búfer.

#### **2.2.2.5 Trituradora de impacto o chancadora de tipo europeo**

La trituradora de impacto tipo europeo posee un rotor más resistente con estructura fuerte para lograr una mayor inercia. Así mismo, tiene una alta resistencia al desgaste de materiales, cuenta con tres cavidades para triturar, trabajando extraordinariamente en la trituración fina y superfina.

#### **2.2.2.6 Trituradora de impacto hidráulica**

La trituradora de impacto hidráulica ha sido ampliamente utilizada en metalurgia, minería, cemento, productos químicos, refractarios, cerámica y otros campos industriales. Es adecuado para aplastar tipos de rocas de dureza y media, como basalto, andesita, guijarros de río, granito y otras rocas. Es una de las trituradoras más utilizadas.

#### **2.2.2.7 Trituradora de impacto de eje vertical**

Se usa típicamente después de una trituradora primaria o secundaria. Esto le hace ideal para la fabricación de arena y para la fabricación de agregados gruesos y medianos para la producción de concreto/asfalto. El tamaño de alimentación y las características afectarán a la aplicación de una VSI. El tamaño de alimentación está limitado por la abertura en el centro del rotor. Normalmente se desea material de menos de 5 pulgadas, pero una trituradora de eje vertical muy grande puede manejar hasta 12 pulgadas de alimentación. Otra característica que afectará a la aplicación es la humedad, que puede hacer que la alimentación pegajosa. La

capacidad de producción requerida es el criterio de limitación final. Los grandes modelos de eje horizontal primario pueden dar salida hasta 1600 toneladas por hora o incluso más. 1000 Toneladas por hora es aproximadamente la máxima capacidad para un VSI debido a la limitación del tamaño del motor y la creciente fuerza de la gravedad de un rotor de alta velocidad, los que se calcula multiplicando el radio por el cuadrado de la RPM. (Ver Figura 2)

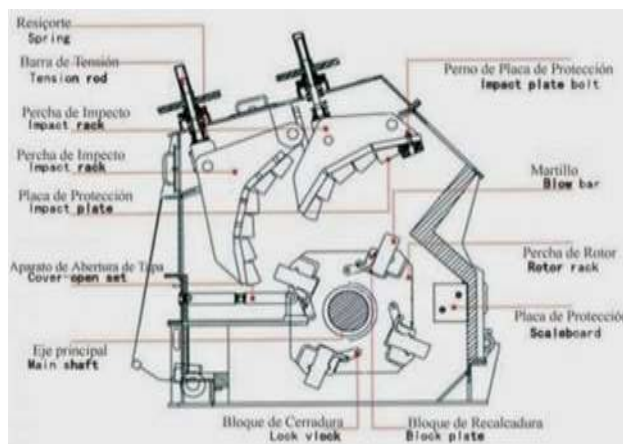


**Figura 2: Trituradora de impacto vertical.**

Fuente: Power Tech

### 2.2.2.8 Trituradora o chancadora primaria de impacto.

La trituradora de impacto es una máquina que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. En general, estas máquinas proporcionan curvas mejor graduadas en relación las machacadoras de mandíbulas, así como un buen factor de forma. (Ver Figura 3)



**Figura 3: Trituradora de impacto.**

Fuente: Apuntes de ingeniería mecánica (blogspot)

### 2.2.2.9 Trituradora de cuchillas.

Este tipo de máquinas contiene dos ejes con cuchillas que giran en sentidos opuestos. (Ver Figura 4)



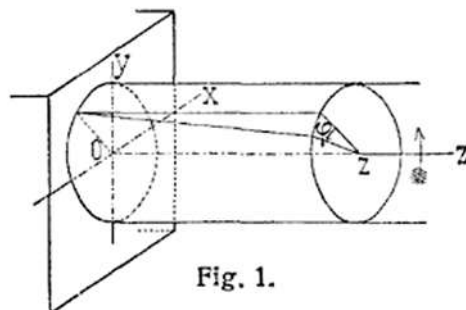
**Figura 4: Trituradora de cuchilla.**

Fuente: Ingeniería Química USFQ

### 2.2.3 Torsión

En ingeniería, torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento sobre el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las otras dos, aunque es posible encontrarla en situaciones diversas.

La torsión se caracteriza geoméricamente porque cualquier curva paralela al eje de la pieza deja de estar contenida en el plano formado inicialmente por las dos curvas. En lugar de eso una curva paralela al eje se retuerce alrededor de él. (Ver Figura 5)



$$\tau_{Max} = \frac{T \times r}{J}$$

**Figura 5: Torsión mecánica.**

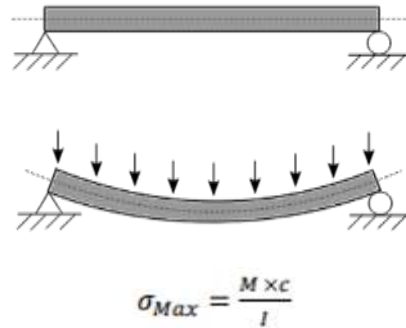
Fuente: Urbipedia

Donde:

- T: par de torsión
- r: radio de la sección circular
- J: segundo momento polar de área

#### 2.2.4 Esfuerzos normales para vigas en flexión

Es el esfuerzo resultante de aplicar fuerzas perpendicularmente al eje principal del elemento que tienden a doblarlo. La flexión produce compresión en la parte cóncava del elemento y tracción en la opuesta, la convexa. (Ver Figura 6)



**Figura 6: Flexión (ingeniería)**

Fuente: Urbipedia

Donde:

- M: Momento total en la viga.
- c: Distancia del eje neutro hacia la parte exterior de la viga, zona de tensión o compresión, según corresponda.
- I: Segundo momento de Inercia.

#### 2.2.5 Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a torsión

Una barra de longitud soldada a una estructura mediante dos soldaduras de filete. La reacción en el soporte de un voladizo siempre consiste en una fuerza cortante V y en un momento M. La fuerza cortante V produce un esfuerzo cortante primario en las soldaduras, cuyo valor es:

$$t^i = \frac{V}{A} \quad \text{Ec.1}$$

Donde:

- A: área de la garganta de la soldadura.
- V: Fuerza cortante.

El momento M produce un esfuerzo cortante secundario:

$$t^{ii} = \frac{Mr}{J} \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

- r: es la distancia desde el centroide del grupo de soldaduras hasta el punto en la soldadura de interés.
- J: es el segundo momento polar de inercia del área del grupo de soldaduras respecto del centroide del grupo.

### **2.2.6 Potencia**

La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. Puede asociarse a la velocidad de un cambio de energía dentro de un sistema, o al tiempo que demora la concreción de un trabajo. Por lo tanto, es posible afirmar que la potencia resulta igual a la energía total dividida por el tiempo.

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

- w: representa el cambio de energía o la variación de trabajo.
- t: representa el tiempo medido en segundos.

### **2.2.7 Pandeo**

El pandeo es un fenómeno que ocurre cuando se comprime un elemento. La manifestación de este fenómeno es la deformación horizontal. en medio del artículo.

### **2.2.8 Carga crítica**

La carga critica puede entenderse como la carga axial máxima a la que puede estar sometido. la columna permanece recta, por lo que un ligero empujón lateral la forzaría deformado y alabeado. En otras palabras, la carga crítica es la carga máxima que puede manejar sostener el poste antes de empezar a pandear.

### **2.2.9 Elevadores**

### **2.2.9.1 Elevador de cangilones**

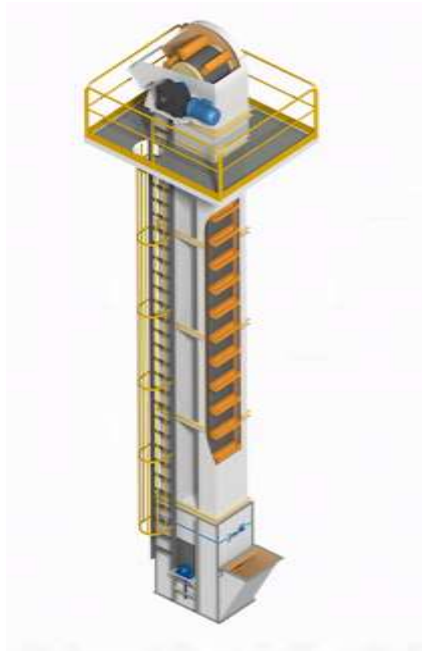
Un elevador de cangilones es un mecanismo que se emplea para el acarreo o manejo de materiales a granel verticalmente (como en el caso de granos, semillas, fertilizantes, minerales, etc.).

Un elevador de descarga centrífuga debe de ser vertical o inclinado. Los elevadores verticales dependen totalmente de la acción de la fuerza centrífuga para dirigir el material hacia el chute de descarga y debe de ser operado a una velocidad relativamente alta. Elevadores inclinados con cangilones muy separados o muy cercanos deben de llevar el chute de descarga bajo la polea conductora. Como éstos no dependen tanto de la fuerza centrífuga para hacer la descarga, la velocidad de operación puede ser menor.

Casi todos los elevadores con descarga centrífuga tienen cangilones espaciados con fondos redondeados y toman el producto de una fosa o una pila de material en la polea conducida.

Los cangilones también pueden ser triangulares en secciones transversales e instalados muy cercanos unos de otros con un claro muy pequeño entre cada uno, conocido como "elevador de cangilones continuo" y su principal aplicación es la del manejo de materiales difíciles de transportar a una baja velocidad.

Los primeros elevadores de cangilones fabricados utilizaban cadenas planas con cangilones metálicos espaciados a pocas pulgadas. Hoy en día en su mayoría son utilizadas bandas de hule con cangilones plásticos. Se utilizan también poleas de varios pies de diámetro tanto en el extremo superior como en el inferior. La polea superior o "polea conducida" es puesta en marcha por medio de un motor eléctrico. (Ver Figura 7)



**Figura 7: Elevador de cangilones.**

**Fuente:** JLM Ingeniería

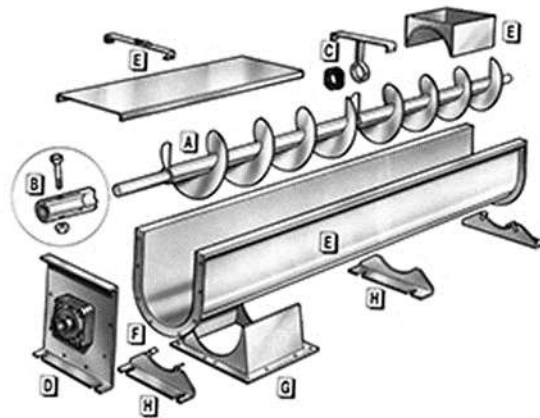
#### **2.2.9.2 Elevador helicoidal**

Un transportador helicoidal o transportador de tornillo sinfín es un mecanismo que utiliza una cuchilla de tornillo helicoidal giratoria, llamada "Ala o Hélice", generalmente dentro de un tubo o canal en forma de "U", para mover materiales líquidos, polvos y granulares. Se utilizan en muchas industrias de manipulación a granel. Los transportadores de tornillo en la industria moderna a menudo se usan horizontalmente o con una ligera inclinación como una forma eficiente de mover materiales semisólidos, incluidos desechos de alimentos, astillas de madera, agregados, granos de cereales, alimentos para animales, cenizas de calderas, harina de carne y huesos, sólidos municipales desperdicio, y muchos otros. El primer tipo de transportador de tornillo fue el tornillo de Arquímedes, utilizado desde la antigüedad para bombear agua de riego.

Por lo general, consisten en un canal o tubo que contiene una hélice espiral enrollada alrededor de un eje, impulsada por un extremo y sujeta por el otro, o una "espiral sin eje", impulsada por un extremo y libre en el otro. La velocidad de transferencia de volumen es proporcional a la velocidad de rotación del eje. En aplicaciones de control industrial, el dispositivo se usa a menudo como un alimentador de velocidad variable al variar la velocidad de rotación del eje para entregar una velocidad o cantidad medida de material en un proceso.

Los transportadores de tornillo se pueden operar con el flujo de material inclinado hacia arriba. Cuando el espacio lo permite, este es un método muy económico de elevar y transportar. A medida que aumenta el ángulo de inclinación, la capacidad de una unidad dada disminuye rápidamente.

La parte giratoria del transportador a veces se llama simplemente una helicoidal montado en tubo. (Ver Figura 8)



**Figura 8: Equipo de transporte de tornillo.**

**Fuente:** Index West International

### 2.2.9.3 Elevador de cinta transportadora

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias). (Ver Figura 9)



**Figura 9: Cinta transportadora elevadora.**

**Fuente:** Cintas Técnicas

## **2.2.10 Materiales de construcción**

### **2.2.10.1 Pétreos**

Derivados de piedras que se obtienen de la naturaleza. La piedra se puede utilizar directamente sin tratar o como materia prima para crear otros materiales. Entre los tipos de piedra, y sus derivados, más empleados en construcción destacan: Granito, mármol, caliza, pizarra, arenisca, grava, cal, yeso, cemento, mortero, hormigón, arena, vidrio.

### **2.2.10.2 Cerámicos**

La arcilla es químicamente similar a la arena; contiene, además de dióxido de silicio, óxidos de aluminio y agua, pero su granulometría es mucho más fina, y cuando está húmeda es de consistencia plástica. La arcilla, mezclada con polvo y otros elementos del propio suelo, forma el barro, material que se utiliza de diversas formas. Cuando la arcilla se calienta a elevadas temperaturas (900 °C o más), ésta se endurece, creando los materiales cerámicos como: ladrillo, teja, gres, azulejos, etc.

### **2.2.10.3 Metálicos**

Los más utilizados son el hierro y el aluminio. El primero se alea con carbono para formar acero, que se emplea en estructuras por sí solo o con hormigón, formando entonces el hormigón armado. Otros metales empleados en construcción son: cobre, zinc y titanio.

### **2.2.10.4 Orgánicos**

Fundamentalmente la madera y sus derivados, aunque también se utilizan (o se han utilizado en la historia de la construcción) otros elementos orgánicos vegetales, como paja, bambú, corcho, lino, elementos textiles o incluso pieles animales.

### **2.2.10.5 Sintéticos**

Fundamentalmente plásticos derivados del petróleo, aunque frecuentemente también se pueden sintetizar. Son muy empleados en la construcción debido a su inalterabilidad, lo que al mismo tiempo los convierte en materiales muy poco ecológicos por la dificultad a la hora de reciclarlos. También se utilizan alquitranes y otros polímeros y productos sintéticos de diversa naturaleza. Los materiales sintéticos se usan en una gama inmensa de productos, como: aglomerantes, sellantes, impermeabilizantes, aislantes, o también en forma de pinturas, esmaltes, barnices.

### **2.2.11 Residuos de construcción y demolición**

Los residuos de construcción y demolición (RCD) se refieren a sustancias u objetos que entran dentro de la definición de "residuos" que se generan durante la construcción, renovación, reparación, alteración o destrucción de bienes inmuebles, como edificios, carreteras, puertos, aeropuertos, vías férreas, canales, presas, instalaciones deportivas o recreativas, y cualquier otra construcción civil y obra análoga que altere la forma o calidad de la tierra o del subsuelo, tales como excavaciones, bombeos, urbanizaciones, etc.

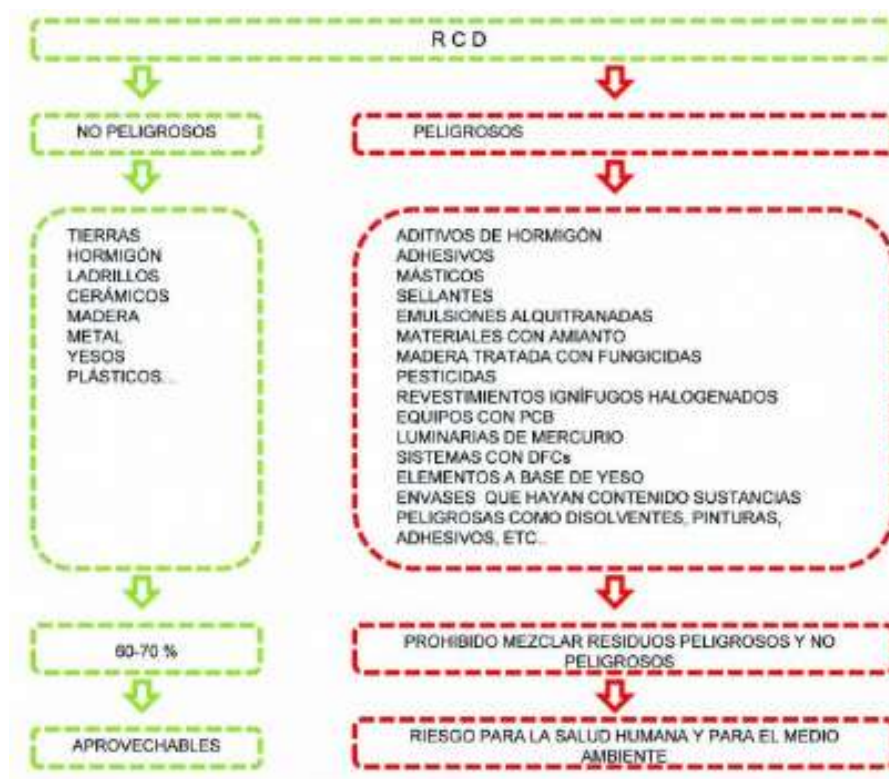
Los residuos de construcción y demolición (RCD) incluyen muchos tipos de residuos. No es solo un remanente de indiferencia, Por lo general, consiste en hormigón, piedra, ladrillo y teja. Todos los residuos generados durante la operación serán considerados RCD, independientemente de sus características y sin perjuicio de lo dispuesto en la ley Aplicable a todo tipo de residuos (residuos peligrosos, suelo, etc.). son sobras, recortes y exceso de materiales de construcción, residuos de materiales de pintura y barniz y sus envases y embalajes, (latas de pintura, tarimas, film retráctil, cinta adhesiva, latas de aerosol, etc.). ellos también son un equipo de protección personal (EPP) usado o sobrantes y bebidas producidas por los operadores (papel de aluminio, latas de bebidas, desperdicio de alimentos, etc.). En los trabajos de demolición y reconstrucción, se convierten en Residuos desmantelados o descartados (muebles, plomería, almacenes, estructuras), sean o no parte de la estructura almacenado en el interior. Los residuos pueden ser peligrosos o no peligrosos (roca o no). la piedra es un tipo de la segunda categoría).

### **2.2.12 Características de los residuos de la construcción**

Los residuos de construcción y demolición se dividen en peligrosos y no peligrosos. Los primeros se pueden renovar y utilizar para darles una segunda vida. Su uso depende de hacer una línea lo suficientemente pura y libre de sustancias nocivas. Los residuos peligrosos deben recogerse y tratarse por separado. Para esto, se envían a gerentes competentes.

Los residuos peligrosos son perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente. Estos materiales son muy peligrosos porque pueden ser inflamables, tóxicos, irritantes, cancerígenos, tóxicos para el medio ambiente, pueden ser fuente de sulfuro de hidrógeno en los vertederos, etc.

La ley prohíbe explícitamente la mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos. (Ver Figura 10)



**Figura 10: Clasificación de RCD**

Fuente: Paula Serrano Yuste

### 2.2.13 Factor de Diseño y Factor de seguridad

Para realizar los cálculos de los miembros estructurales, se deben tener en cuenta las cargas. uso permitido, esta carga permitida se basa en la pérdida de carga funcional y el coeficiente de cálculo dado. Después de completar los elementos de diseño. El diseño real puede variar debido a la diferencia de origen del material utilizado, es decir, utilizando el tamaño de la parte más grande calculada o utilizar materiales con mejores propiedades en lugar de lo que ha sido predicho usando elementos de diseño. Reutilizar la ecuación del coeficiente el diseño de los materiales de diseño que se utilizarán se cambia al nombre del elemento seguro, tiene la misma definición que el elemento de diseño, pero a menudo es diferente en su valor numérico.

#### **2.2.14 Disponibilidad de uso**

La disponibilidad de las máquinas es la cantidad de tiempo en total en la que una máquina realmente funciona y no el tiempo programado durante el cual se la programó para funcionar.

El tiempo productivo programado se calcula en base a la capacidad disponible, las materias primas y el personal necesario para que las máquinas puedan funcionar.

El tiempo de parada de las máquinas puede ocasionar que la máquina se ralentice o detenga durante este tiempo programado. Los motivos que pueden llevar a las paradas de máquinas programadas son: mantenimiento preventivo, cambios y otras variables conocidas y controladas. Además, podemos encontrar paradas no programadas durante el proceso productivo que se deban a roturas, caídas de calidad, atascos u otros imprevistos.

La disponibilidad de la máquina es un indicador de producción (KPI, por sus siglas en inglés) y su medición ayuda a optimizar los procesos productivos. Para esto, primero se debe medir el tiempo, la duración y los motivos de las paradas de máquinas. Una vez que se conozcan estos datos, podemos utilizar la disponibilidad como “un ancla” para comprender por qué un equipo funciona (o no) y esto, en consiguiente, nos ayuda a comprender otros KPI y a optimizar procesos de planta o máquina.

Algunas variables pueden afectar al rendimiento del equipo como: tasa de fallas, tiempo de producción planificado, tiempo máximo y las paradas de máquinas.

#### **2.2.15 Vida Útil**

Generalmente, los manuales de los fabricantes y libros técnicos estiman la vida útil en horas totales, a título indicativo se pueden dar las siguientes ratios: Maquinaria pequeña: 6,000 horas de trabajo; 3 años de duración. Maquinaria de obra pesada: 10,000 horas de trabajo; 5 años de duración.

#### **2.2.16 Corrosión**

La corrosión es el proceso de degradación de ciertos materiales, como consecuencia de una reacción electroquímica, o sea, de óxido-reducción, a partir de su entorno.

Se trata de un fenómeno natural, espontáneo, que afecta sobre todo (aunque no exclusivamente) a los metales. La velocidad de la reacción depende de la temperatura a la que

ocurre, así como de las propiedades de los elementos involucrados, especialmente de su salinidad.

La corrosión es un proceso químico en el que suelen intervenir tres factores: el elemento corroído, el ambiente y, generalmente, el agua. Sin embargo, también existen sustancias corrosivas, o sea, capaces de producir la corrosión de los materiales con los que entren en contacto directo.

Por su parte, la industria metalúrgica estudia la corrosión como un enemigo importante a vencer por parte de sus productos, especialmente de los expuestos al ambiente como es el caso de nuestra sistema triturador y elevador, en piezas arquitectónicas o de construcción. De hecho, se estima que cada poco segundo se pierdan, aproximadamente, cinco toneladas de acero en el mundo entero debido a la corrosión. (Ver Figura 11)



**Figura 11: Corrosión**

**Fuente:** Lufilsur

### **2.2.17 Tipos de corrosión**

A grandes rasgos existen dos tipos de corrosión: la química y la electroquímica, dependiendo del tipo de materiales y reacciones que implique:

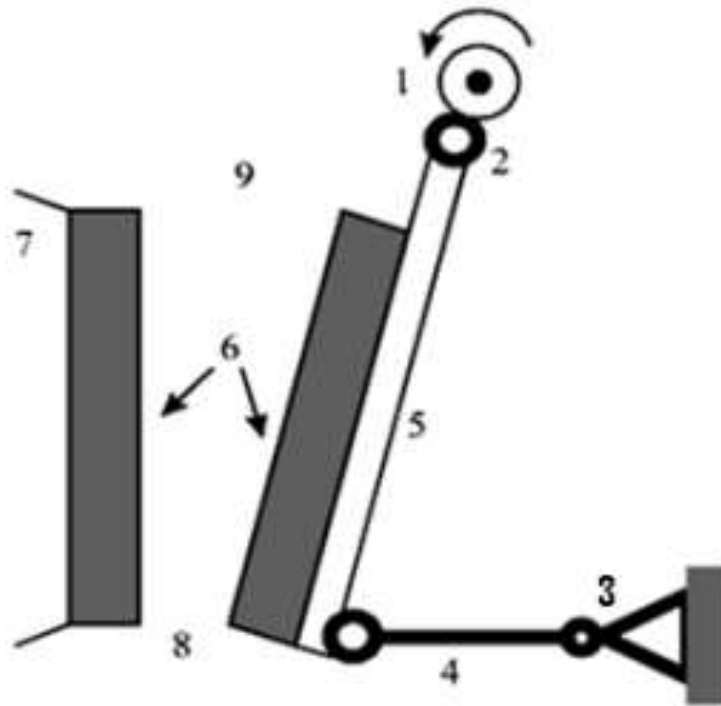
- Corrosión química. Se produce cuando un material reacciona en un líquido o gas corrosivo, hasta disolverse por completo o hasta saturar el líquido. Esto puede ocurrir de distintos modos:
- Ataque por metal líquido. Se da cuando un metal sólido y otro metal líquido se ponen en contacto, y el primero es corroído en sus puntos débiles por el segundo.
- Lixiviación selectiva. Se da cuando hay una corrosión selectiva en aleaciones metálicas.
- Ataque químico. Se da con reacciones químicas agresivas por solventes poderosos, como los que son capaces de disolver polímeros, generalmente considerados resistentes a la corrosión.
- Corrosión electroquímica. Ocurre generalmente en los metales, cuando sus átomos pierden electrones y se convierten en iones. Puede darse de distintas maneras:
- Corrosión microbiológica. Cuando la ocasionan organismos vivos microscópicos capaces de alterar la química de los materiales, como bacterias, algas y hongos.
- Corrosión galvánica. Es la más intensa de todas y ocurre cuando interactúan metales distintos entre sí, y actúa uno como ánodo y otro como cátodo, y forman lo que se conoce como una pila galvánica.
- Corrosión por aireación superficial. Conocida como Efecto Evans, se produce en superficies planas ubicadas en sitios húmedos y sucios, que propician entornos electronegativamente cargados.

### **2.2.18 Trituradora tipo dalton**

Para realizar la trituración de los materiales o minerales se inventaron muchos tipos de máquinas que fueron mejorando y cambiando con el paso del tiempo, entre ellas se encuentra la trituradora de mandíbula, esta es llamada así por su forma de triturar los materiales ya que se asemeja al movimiento generado por la boca al masticar alimentos, es por esto que también es llamada machacadora de quijada.

Existen varios tipos de trituradora de mandíbula, pero para este diseño se utilizará la trituradora de mandíbula tipo “Dalton” la mandíbula móvil va montada directamente sobre un balancín que está suspendido en la parte superior por el eje, excéntricamente y el movimiento

está dado por el motor. La mandíbula simple hace de “biela” en un movimiento elíptico. (Ver Figura 12)



**Figura 12: trituradora de mandíbula tipo Dalton**

**Fuente:** Víctor Yepes Piqueras [victoryepes.blogs.upv.es](http://victoryepes.blogs.upv.es)

- 1: Polea mayor
- 2: Eje excéntrico
- 3: Soporte de la placa
- 4: Placa riostra o de articulación
- 5: Porta mandíbula
- 6: Mandíbulas.
- 7: Bastidor
- 8: Abertura de salida
- 9: Abertura de entrada

Esta trituradora tiene un funcionamiento relativamente simple, esta cuenta con dos mandíbulas las cuales son las que realizan la trituración del material con dicho movimiento semejante al de una mandíbula, este se logra gracias a un eje excéntrico giratorio al cual se fijan

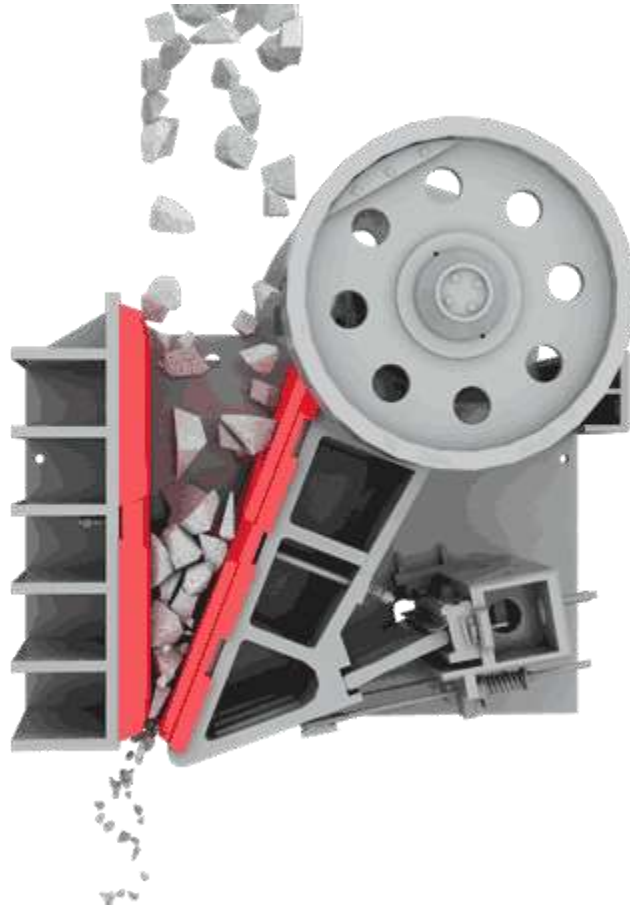
una volante y una polea, la última acoplada por correas a un motor el cual puede ser eléctrico o de combustión según el diseño, en este proyecto se utilizara un motor eléctrico. (Ver Figura 13)



**Figura 13: Eje excéntrico**

**Fuente:** makermaq

Cuando la mandíbula se acerca comprime los materiales que se encuentran dentro de la trituradora y cuando se alejan por gravedad los materiales caen. Los materiales a triturar caen por la boca de entrada y son expulsadas por la parte inferior o boca de salida, durante el recorrido son trituradas. (Ver Figura 14)



**Figura 14: Eje excéntrico funcionamiento**

**Fuente:** daswell

El eje está soportado por rodamientos sujetos a la pared de la máquina ya que deben aguantar las cargas de gran impacto. En la parte inferior trasera que soporta la mandíbula encontramos una articulación en la que se sujeta una placa la cual dirige el movimiento y también hace de fusible del sistema evitando fallos en el resto del sistema si existe una sobrecarga.

Estas trituradoras se utilizan sobre todo en la trituración de material grueso, duro y abrasivo que producen pedazos irregulares al momento de ser triturados, este tipo de trituradoras son susceptibles a sufrir atascos cuando el material está húmedo o que tenga cierto nivel de plasticidad, por lo que no son apropiadas para este tipo de materiales, pero son capaces de triturar materiales blandos los cuales discurren y no es posible triturarlos en otro tipo de trituradoras como por ejemplo una de cono.

Las trituradoras de mandíbula son generalmente utilizadas en trituraciones primarias y algunas veces en secundarias como es el caso de este trabajo de grado, las dimensiones de la misma deberán ser elegidas tomando en cuenta el material que será triturado y el material que se espera como resultado.

### **2.2.19 Características de una trituradora de mandíbula tipo Dalton**

Las trituradoras de mandíbula tipo Dalton están caracterizadas por tener una estructura sencilla y firme, un funcionamiento seguro y tener un relativo bajo costo tanto de producción y mantenimiento, es por esto que fue el modelo elegido.

### **2.2.20 Ventajas de las trituradoras de mandíbula tipo Dalton**

Las principales ventajas de las trituradoras de mandíbula tipo Dalton son: simplicidad en el sistema, seguridad al momento de su utilización, gran rango de utilidad para triturar trozos grandes de material de alta dureza, buena relación de reducción, granulosis relativamente homogénea en el producto final, fácil y económico mantenimiento, mejores capacidades y rendimiento que trituradoras de otros tipos, peso relativamente contenido en relación con la abertura de entrada, ruido reducido y generan poco polvo en su utilización, pocas piezas móviles lo que se traduce en mejor confiabilidad y durabilidad lo que las convierte en la opción ideal para el proyecto.

### **2.2.21 Desventajas de las trituradoras de mandíbula tipo Dalton**

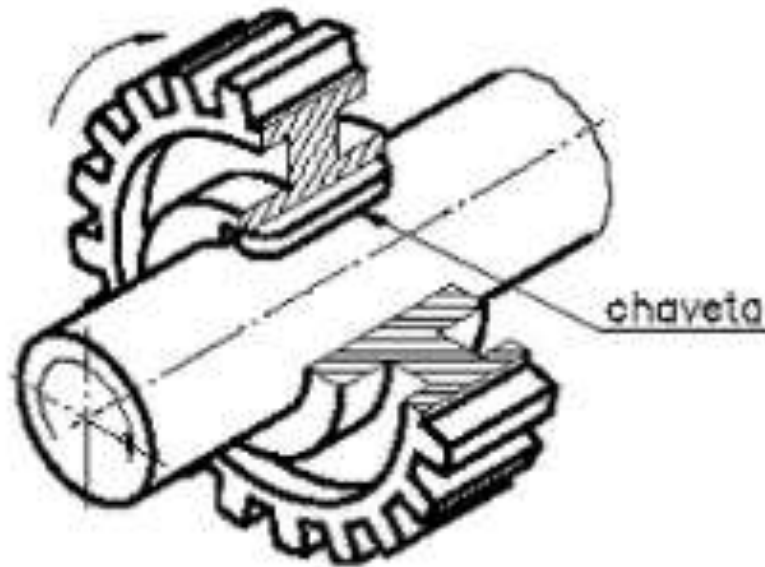
Las trituradoras de mandíbula tipo Dalton tienen algunos defectos propios por la manera en que operan, entre ellos tenemos: vibración durante su funcionamiento, fallas por entrada de materiales demasiado duros para el sistema, materiales estancando por una alimentación irregular del material, no pueden ser utilizadas para materiales pegajosos o viscosos, como podemos ver, son desventajas en casos muy concretos y que no tienen relación o importancia en el desarrollo de este trabajo de grado.

### **2.2.22 Elementos del sistema**

#### **I) Chaveta**

Pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben estar juntos entre sí para evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra.

El hueco que se mecaniza en las piezas acopladas para insertar las chavetas se llama chavetero o cuñero. La chaveta tiene que estar muy bien ajustada y carecer de juego que pudiese desgastarla o romperla por cizallamiento. (Ver Figura 15)

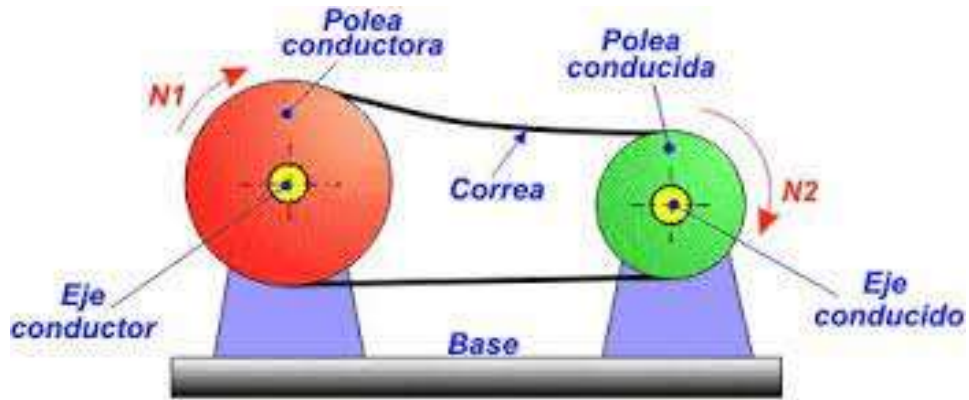


**Figura 15: Chaveta**

Fuente: solidprize

## II) Poleas

La polea conductora es la que se monta en el eje del accionamiento en este caso en el del motor eléctrico y la conducida es la que va en la máquina, cuando se utilizan para reducción de velocidad, que es el caso más común, la polea conductora es la de menor diámetro y la conducida la mayor. (Ver Figura 16)



**Figura 16: Polea conductora y polea conducida**

Fuente: CEJAROSU

Las poleas más empleadas son ruedas con superficie acanalada para alojar la o las correas. En ella se distinguen tres partes: cubo, cuerpo y garganta. El cubo es la parte central que comprende el agujero, permite aumentar el grosor de la polea para aumentar su estabilidad sobre el eje, suele incluir un chavetero que fija la unión de la polea con el eje. (Ver Figura 17)

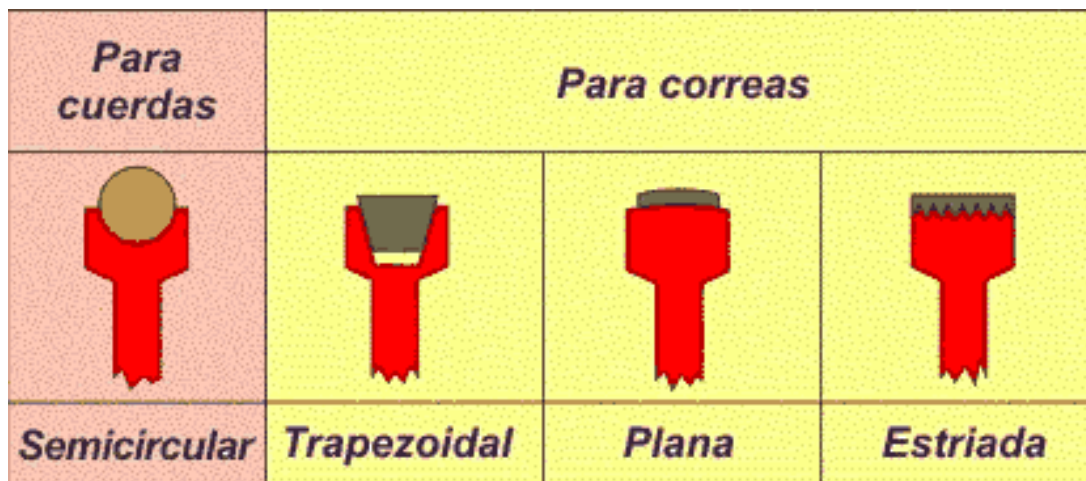


**Figura 17: Partes de las poleas**

Fuente: tecnoloinformatica

El cuerpo es el elemento que une el cubo con la garganta. En algunos tipos de polea está formado por radio o aspas a modo de ventilador para reducir peso y facilitar la ventilación de las máquinas. La garganta es la parte de la polea que entra en contacto con la correa. Puede

adoptar distintas formas (plana, semicircular, triangular), pero la más empleada hoy en día es la trapezoidal. (Ver Figura 18)



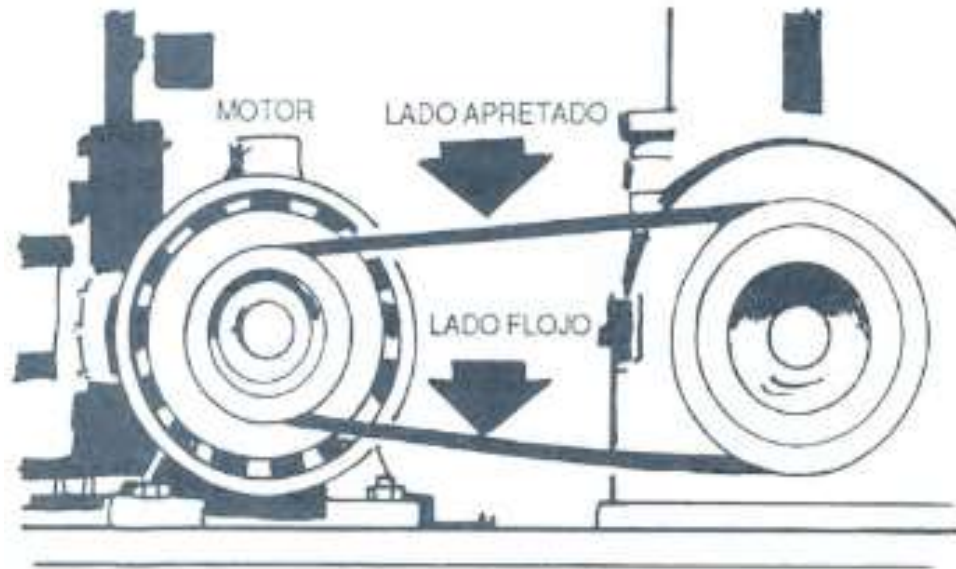
**Figura 18: Tipos de poleas**

**Fuente:** tecnoloinformatica

### III) Correa

La correa de transmisión es un elemento flexible que une las poleas entre sí, accionando al eje del sistema, mediante la potencia que trasmite el motor. Gran parte de las correas poseen lonas de alta resistencia, que ponen en el diámetro de paso de la sección transversal de la correa, para aumentar la resistencia a la tensión. Las correas las fabrican con fibras naturales, sintéticas o de acero y las encierran en un compuesto de hule para dar la flexibilidad necesaria y que pase alrededor de las poleas.

La correa se coloca alrededor de las poleas decreciendo la distancia entre ellas. Luego se separan y se estira la correa con una tensión inicial bastante alta. Durante la transmisión de la fuerza, la fricción hace que la correa se adhiera a la polea de transmisión, lo que aumenta la tensión en un lado, conocido como "lado de tensión". La fuerza de rozamiento generada en la correa ejerce una fuerza tangencial sobre la polea ranurada a accionar, por lo que se aplica un par de torsión al eje de transmisión. El lado opuesto de la correa todavía está apretado, pero es menos crítico. Por eso se llama el "lado menos tenso". (Ver Figura 19)



**Figura 19: Lados de la correa**

Fuente: CEJAROSU

En el diseño de este trabajo de grado se utilizarán las correas conocidas como trapezoidales sus características son:

- Se usan para poleas ranuradas de sección igual y distancias entre centros más cortas.
- La capacidad de carga de una correa trapezoidal es mayor que la de una plana debido al mayor coeficiente de fricción.
- Las correas trapezoidales son las que han adquirido mayor aplicación en las industrias.
- Varias correas pueden montarse paralelas en poleas ranuradas, por lo tanto, pueden constituir así una transmisión múltiple, para utilizarse en la transmisión de elevadas potencias.
- Son llamadas correas en “V”, su forma hace que la banda se acuje firmemente en la ranura de la polea, lo que incrementa la fricción.

#### **IV) Motor**

El movimiento de la trituradora depende de un dispositivo que puede ser tanto un motor eléctrico como uno de combustión, el más utilizado es normalmente el motor eléctrico y es el seleccionado para el diseño por todas sus ventajas como lo pueden ser: (Ver Figura 20)

- Poco ruido
- Poca vibración
- No contamina
- Genera menos calor
- Constante y eficiente



**Figura 20: Motor eléctrico**

Fuente: es.wikipedia.org

### **2.2.23 Materiales seleccionados para el diseño de la trituradora**

Los elementos de máquinas se fabrican, a menudo, con metales o aleaciones metálicas como el acero, aluminio, hierro colado, zinc, titanio o bronce. Es posible que el acero sea el material más usado en los elementos de máquinas por sus propiedades de gran resistencia, gran rigidez, durabilidad y facilidad relativa de fabricación y será utilizado en este diseño también. (Ver Figura 21)



**Figura 21: Materiales de elementos de maquinas**

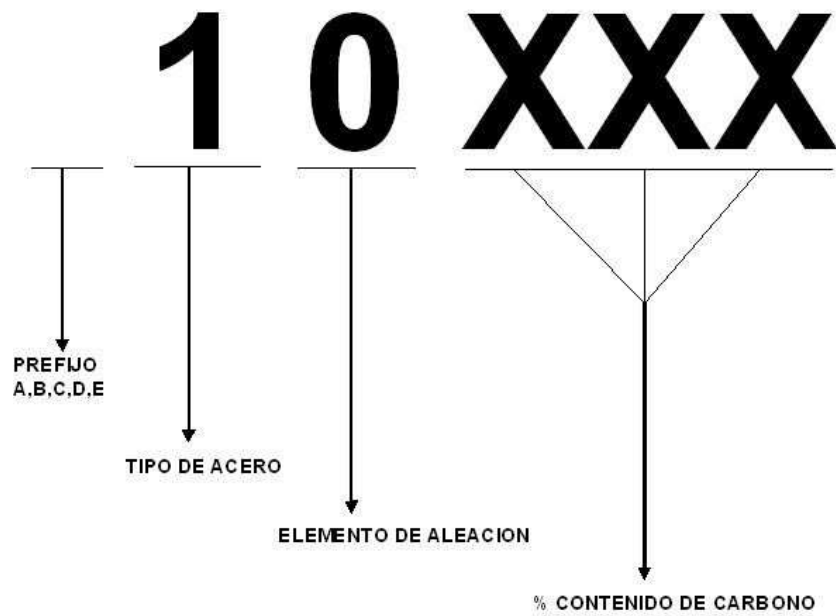
**Fuente:** umesal

Hay diversos tipos de aceros disponibles, pero en esta sección se describirán únicamente los que se utilizarán en el diseño del trabajo. Aunque la mayor parte de las aleaciones de acero contienen menos del 1% de carbón, este se incluye en la designación debido a sus efectos sobre las propiedades del acero. A medida que aumenta el contenido de carbón, también aumenta la resistencia y la dureza, con las mismas condiciones de procesamiento y tratamiento térmico. Por otro lado, la ductilidad disminuye al aumentar el contenido de carbono, por esto la selección de un acero adecuado implica cierto compromiso entre resistencia y ductilidad.

La norma AISI (también conocida por ser una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos). Es la más común en los Estados Unidos. AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero), mientras que SAE es el acrónimo en inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices). En 1912, la SAE promovió una reunión de productores y consumidores de aceros donde se estableció una nomenclatura y composición de los aceros que posteriormente AISI expandió.

En este sistema los aceros se clasifican con cuatro dígitos. El primero especifica la aleación principal, el segundo indica el porcentaje aproximado del elemento principal y con los dos últimos dígitos se conoce la cantidad de carbono presente en la aleación. (Ver Figura 22 y 23)

IDENTIFICACION DE LOS ACEROS SISTEMAS SAE Y AISI



**Figura 22: Nomenclatura AISI**

**Fuente:** ingenieriamecanicaautomotriz

<b>Aceros al Carbono</b>	<b>Descripción</b>
10XX	no-resulfurado, 1.00 Mn máx
11XX	resulfurado
12XX	resulfurado y refosforizado
15XX	no-resulfurado, sobre 1.00 Mn máx
<b>Aceros aleados</b>	
13XX	1.75 Mn
40XX	0.20 o 0.25 Mo, o 0.25 Mo + 0.042 S
41XX	0.50, 0.80 o 0.95 Cr + 0.12, 0.20 o 0.30 Mo
43XX	1.83 Ni, 0.50-0.80 Cr, 0.25 Mo
46XX	0.85 o 1.83 Ni + 0.20 o 0.25 Mo
47XX	1.05 Ni, 0.45 Cr, 0.20 o 0.35 Mo
48XX	3.50 Ni + 0.25 Mo
51XX	0.80, 0.88, 0.93, 0.95 o 1.00 Cr
51XXX	1.03 Cr
52XXX	1.45 Cr
61XX	0.60 o 0.95 Cr + 0.13 o 0.15 V min
86XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.20 Mo
87XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.25 Mo
88XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.35 Mo
92XX	2.00 Si o 1.40 Si + 0.70 Cr
50BXX	0.28 o 0.50 Cr, 0.0005 - 0.003 B
51BXX	0.80 Cr, 0.0005-0.003 B
81BXX	0.30 Ni, 0.45 Cr, 0.12 Mo, 0.0005 - 0.003 B
94BXX	0.45 Ni, 0.40 Cr, 0.12 Mo, 0.0005 - 0.003 B

**Figura 23: Nomenclatura AISI aceros al carbono y aleados**

**Fuente:** ingenieriaymecanicaautomotriz

El acero al carbono tiene un aspecto mate y es conocido por ser sensible a la corrosión. En total, existen tres subtipos de este acero: acero con bajo, medio y alto contenido de carbono, con un bajo contenido de alrededor de un 0,30% de carbono, medio con un 0,60% y alto con un 1,5%. En realidad, el nombre deriva del hecho de que contiene una cantidad muy pequeña de otros elementos de aleación. Son excepcionalmente fuertes, por lo que a menudo se utilizan para fabricar objetos como cuchillos, cables de alto voltaje, piezas de automóviles y otros objetos similares.

- Aceros para pernos y tornillos

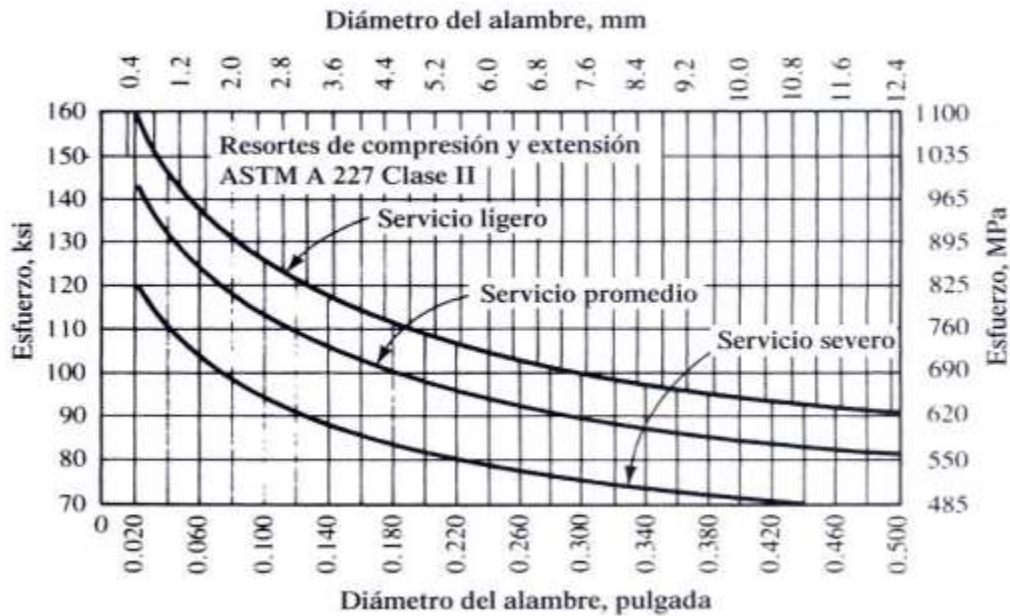
En las máquinas, la mayoría de los tornillos son de acero, por su alta resistencia, gran rigidez, buena ductilidad y buena facilidad de maquinado y formado. Pero se puede usar diversas composiciones y condiciones del acero. La resistencia de los aceros para tornillos y pernos se usa para determinar su grado, de acuerdo con una de varias normas con frecuencia se dispone de tres capacidades de resistencia: las conocidas resistencia a la tensión, y resistencia a la fluencia, y la resistencia de prueba, esta última se parece al límite elástico, y se define como el esfuerzo al cual el perno o tornillo sufriría una deformación permanente. En el caso normal es de 0.9 a 0.95 la capacidad de la resistencia de fluencia.

- Acero estructural

La mayor parte de los estructurales reciben la designación de los números ASTM (Asociación Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés) un grado frecuente que se utiliza, es el material ASTM A36 que es muy dúctil. Es un acero de bajo carbón y laminado en caliente, disponible en láminas, placas, barras y perfiles estructurales como: vigas, canales y ángulos.

- Acero para resortes

En un resorte se puede usar virtualmente cualquier material elástico. Sin embargo, en la mayor parte de aplicaciones mecánicas se usa alambre metálico: de acero de alto carbón, acero aleado, acero inoxidable, latón, bronce, cobre al berilio o aleaciones a base de níquel. La especificación del diámetro necesario del alambre es uno de los factores más importantes del diseño de resortes, el alambre se fabrica en piezas de diámetro estándar que abarcan un rango muy amplio. La resistencia para determinado material es mayor para los tamaños menores de alambre, el esfuerzo cortante que resiste el alambre depende del diámetro y la clase, que puede ser: servicio ligero, servicio promedio y servicio severo. (Ver Figura 24)



**Figura 24: Diseño de alambre ASTM A227**

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

Materiales para diseño

- ASTM A227: acero para uso general al carbón para la construcción de resortes. Resistente y de bajo costo.
- ASTM A36: Se utilizará en construcción de, estructuras, vigas, angulares, bastidores.
- AISI 1045: Elegido para la fabricación de ejes, arboles, engranajes, piezas forjadas,
- AISI 1040: adecuado para construcción de elementos de máquinas, donde se requiera resistencia y ductilidad, tales como ejes, chumaceras, ruedas dentadas.
- AISI 1020: adecuado en piezas moldeadas en láminas; partes maquinadas, piezas de uso general, en forma de barras, palancas, cuñas, eslabones, pasadores.

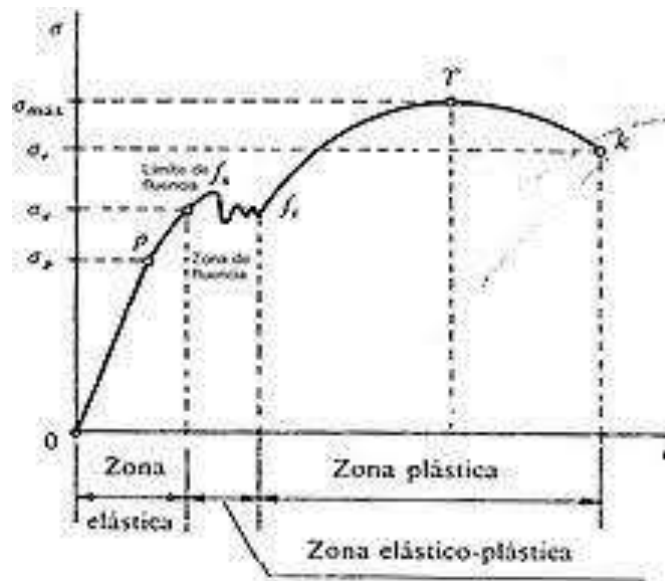
#### I) Criterios a utilizar para la evaluación del material

- Resistencia al corte directo

La resistencia de corte es la fuerza necesaria para crear la deformación plástica de una pieza y convertirla en virutas, y con un ángulo de corte mayor, la resistencia de corte es menor, mientras que con un menor ángulo de corte será más alta la resistencia corte.

- Resistencia de fluencia

Esta propiedad indica que, en realidad, el material ha cedido o se ha alargado en gran medida, en forma plástica y permanente, con respecto a su punto de fluencia o límite elástico, cuando el material está en el límite elástico, este puede volver a su estado inicial sin deformarse por su propiedad dúctil, cuando llega a la resistencia de fluencia la deformación es permanente. (Ver Figura 25)

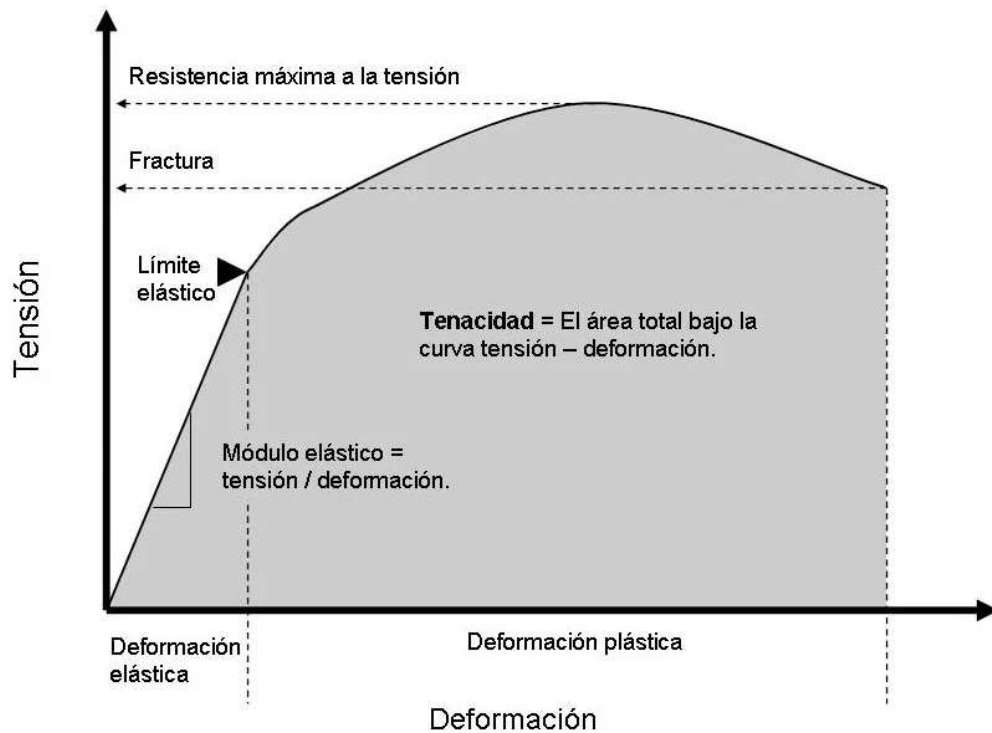


**Figura 25: Resistencia de fluencia**

Fuente: es.wikipedia.org

- Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión consiste es la máxima fuerza o tensión a la que puede someterse un metal antes de su rotura. El procedimiento empieza colocando la muestra en una máquina, conocida como extensómetro, que aplica una carga progresiva lentamente creciente. (Ver Figura 26)



**Figura 26: Resistencia de fluencia**

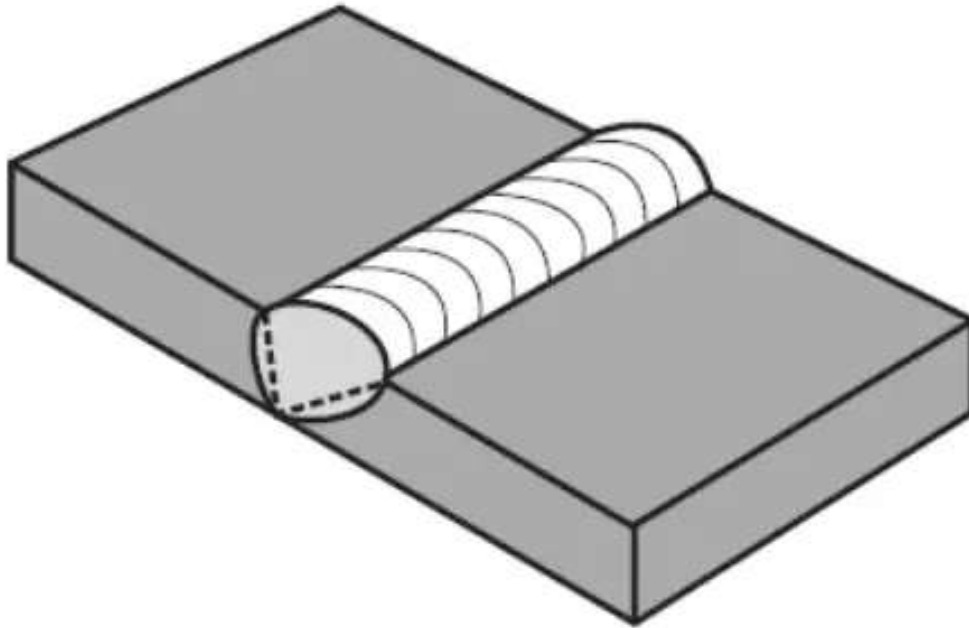
Fuente: es.wikipedia.org

### 2.2.24 Tipos de soldaduras

El tipo de soldadura seleccionada para el diseño del sistema fue la soldadura por arco eléctrico, la cual es la unión de dos o más partes metálicas semejantes formando una unión por medio de fusión. La soldadura por arco se produce al acercar el electrodo al metal que se va a soldar para formar un arco voltaico. Se utilizan dos métodos: rayado y golpeado. El método de rayado es similar a encender un fósforo gigantesco, y esta se aplicará de las siguientes maneras:

- Soldaduras de ranura:

Este tipo de soldadura se utiliza generalmente para unir placas de una manera efectiva. Donde la soldadura se deposita en la ranura obtenida por dos placas a tope o miembros de tubería. La soldadura de ranura o la soldadura a tope pueden ser lo mismo cuando los miembros a tope tienen ranuras hechas en ellos. (Ver Figura 27)



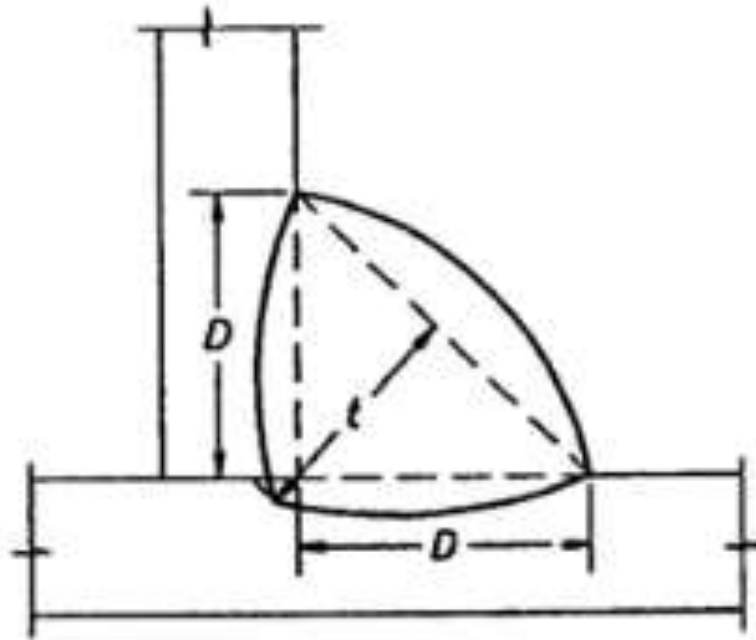
**Figura 27: Soldadura de ranura**

**Fuente:** materialwelding

La soldadura de ranura tiene diferentes tipos. Los dos tipos principales son:

- Ranura en V simple
  - Ranura en V doble
- 
- Soldaduras de filete

La Soldadura a tope también conocida como Soldadura de filete (fillet brazing) o Butt Weld, es un tipo de forma de unión de metales cuyo objetivo es fijar las piezas sin sobreponer alguna de ellas, uniéndolas por sus extremos (canto contra canto) a través de la circulación de una corriente eléctrica, sin empalmarlas. (Ver Figura 28)



**Figura 28: Soldadura de filete**

**Fuente:** materialwelding

Tipos de cordones

- El cordón de soldadura es el elemento que une las piezas en la junta de soldadura. este elemento de unión es formado por el material fundido de las dos piezas más el material de aportación cuando lo hay.

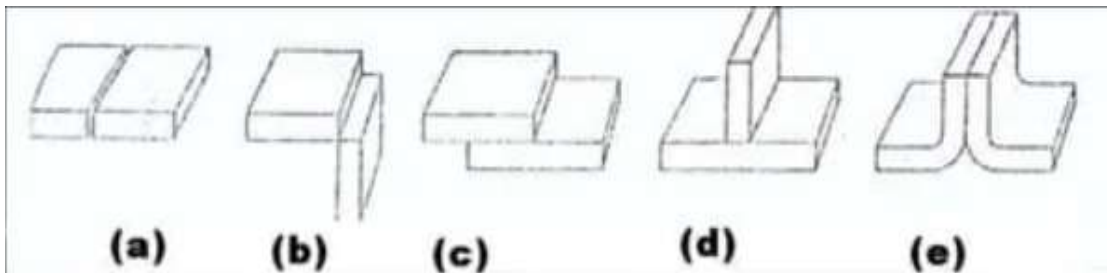
Algunos de los cordones más comunes son:

- Cordón a tope
- Cordón angular
- Cordón reforzado
- Cordón plano
- Cordón aligerado

Tipos de uniones soldadas a utilizar

Existen cinco tipos básicos de uniones para integrar dos partes de una junta estas se definen de la siguiente forma:

- (a) Unión empalmada (a tope). en este tipo de unión, las partes se encuentran en el mismo plano y se unen en sus bordes.
- (b) Unión de esquina. las partes en una unión de esquina forman un ángulo recto y se unen en la esquina del ángulo.
- (c) Unión superpuesta esta unión consiste en dos partes que se sobreponen.
- (d) Unión en T. En la unión en T, una parte es perpendicular a la otra en una forma parecida a la letra T.
- (e) Unión de bordes. las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común. (Ver Figura 29)



**Figura 29: Procesos de unión**

**Fuente:** María Guadalupe Rodríguez Marthell

### 2.2.25 Tipos de electrodos

El electrodo ideal es aquel que suministra una buena estabilidad de arco, un cordón de soldadura liso y bien presentado, una buena velocidad de depósito, escasez de proyecciones, máxima resistencia y fácil eliminación de la escoria. Para alcanzar estas características hay que considerar diversos factores a la hora de seleccionar el electrodo:

- Condiciones de servicio: Los requerimientos en la pieza que se trata de soldar, pueden demandar una soldadura para condiciones especiales. Por ejemplo, gran resistencia a la corrosión, gran ductilidad o mayor resistencia a tracción.

- Diámetro del electrodo: Como regla general, es recomendable evitar utilizar electrodos de diámetro superior al espesor de las piezas a soldar.
- Corriente de trabajo: Hay electrodos que solo funcionan en corriente continua con una polaridad determinada. Otros funcionan bien en corriente continua y en corriente alterna. Se debe seleccionar la corriente adecuada.
- Característica del metal base: Una soldadura de buena calidad debe tener tanta resistencia como el metal base, antes de acometer cualquier operación de soldadura debemos asegurarnos de la composición química del metal base y seleccionar el electrodo recomendado para este material.
- Rendimiento en el trabajo: La velocidad de aportación es un factor muy importante en cualquier trabajo de producción. Cuanto mayor es la velocidad de soldadura, menor es el costo.

Teniendo todos estos factores en cuenta llegamos a la conclusión que estos son los electrodos idóneos para el desarrollo del diseño de la trituradora gracias a sus características:

- Revestimiento duro Stoody 2134: El electrodo Stoody 2134 muestra una excelente resistencia a la abrasión en suelos finos y arenosos, y tiene buena adherencia con los aceros al manganeso, al carbono y de baja aleación. Este es un electrodo tubular que contiene elementos granulares de aleación. Cuenta con revestimiento de grafito.
- Electrodo E7018: Es un electrodo de acero para todas las posiciones con polvo de hierro, bajo en hidrógeno, para soldar aceros dulces, incluidos recipientes a presión, estructuras de aleaciones bajas, tuberías, calentadores de agua, equipos de trabajo pesado, construcción naval, mantenimiento general y fabricación.

- Electrodo E6013: Fácil encendido y reencendido. Penetración mediana con cordones convexos de muy buena apariencia. baja salpicadura y escoria autodesprendible. pesadas y láminas gruesas.

### **2.2.26 Estructura y componentes elevadores**

Cangilón: Es el recipiente que se encarga de transportar el material. El material con el que se fabrica dependerá del tipo de aplicación que tenga, por ejemplo, puede ser de carbono, nylon o acero inoxidable entre otros. El cangilón puede tener las siguientes formas:

- Profundo: suele utilizarse en carga de materiales pesados o arenosos.
- Poco profundos: para materiales apelmazados o húmedos.
- De escama: con base sin redondear, son utilizados para elevadores con descarga dirigida por gravedad.

Elementos de transmisión: guía a la cadena en la parte superior del elevador y, además, es el que transmite la fuerza necesaria para mover la carga. Está compuesto por: la rueda de tracción, eje superior, cojinete, B-loc y la lámina de protección.

Órgano de tracción: sirve para unir, guiar y tiene la fuerza que se necesita para mover los cangilones y la carga que transportan. Para ello se utilizan diferentes cadenas. En la mayoría de los casos, las cadenas que se utilizan son de acero, pero también existen: las cadenas simples, dobles y las cadenas específicas según que trabajo.

Caja tensora: es el ensamble que se compone de la polea o rueda dentada ubicada en la parte inferior del elevador. Existen diferentes tipos dependiendo de la cadena a utilizar y la carga a soportar.

Cabeza: se encuentra en la parte superior de la estructura y está compuesta por la cabeza superior y la cabeza inferior.

- Cabeza superior: sus funciones se basan en proteger las partes internas del elevador.
- Cabeza inferior: su función principal consiste en soportar el ensamble del eje superior.

Bota: también llamado caja base, es el componente inferior del elevador de cangilones. Gracias a este elemento se realiza la entrada del material que va a ser transportado. Existen diferentes configuraciones de botas, dependiendo del tipo de uso del elevador.

Motoreductor: es la parte que le da toda la fuerza que necesita el elevador de cangilones para transportar la carga. Suele ser un motor eléctrico con la fuerza necesaria para su funcionamiento.

Cubierta: forma la estructura que soporta la cabeza del elevador. Otra de sus funciones es proteger contra el polvo y el agua, la cadena y los cangilones.

### **2.2.26.1 Tipos de elevadores de cangilones**

Existen diferentes elevadores de cangilones dependiendo de:

Tipo de carga:

- Directamente desde Tolva: para el transporte de materiales de pedazos abrasivos y grandes. Se aplica una velocidad de desplazamiento bajo.
- Por dragado: para el transporte de materiales que no ofrecen resistencia a la extracción, son pulvulentos y de granulación fina.

Tipo de descarga:

- Centrífuga: Es el tipo de elevado más utilizado. Se aplican grandes velocidades de desplazamiento.
- Por gravedad: Se utiliza para bajas velocidades de desplazamiento. Su funcionamiento se centra en aprovechar el propio peso del material para su descarga. Se puede clasificar en: gravedad libre o dirigida.
- Positiva: el elevador es parecido al tipo de centrifugado. La velocidad de los cangilones es lenta y perfecta para materiales livianos, aireados y pegajosos.

Conociendo todos estos datos llegamos a la conclusión que este tipo de elevador es el indicado ya que además de las características ya mencionadas también tenemos que, apenas requiere prestación de personal, tiene pocas averías, ausencia de polvo, siempre que se cierre de forma correcta, permite el transporte de materiales a temperaturas elevadas, entre otras características favorables para nuestro proyecto.

### 2.3 Bases Legales

El estudio contó con el apoyo del Comité Venezolano de Normas Industriales (COVENIN), el cual es el encargado de velar por la estandarización y normalización de acuerdo a los lineamientos de calidad venezolanos. COVENIN establece requisitos mínimos para los procedimientos, materiales, productos, operaciones y demás aspectos contemplados en estas normas. En el comité participan organismos estatales y no estatales especializados en un campo.

### 2.4 Definición de Términos Básicos

- **Máquina:** Una máquina es una herramienta que contiene una o más partes que utiliza la energía para llevar a cabo una determinada acción. Las máquinas están normalmente alimentadas por medios mecánicos, químicos, térmicos o eléctricos, y con frecuencia están motorizadas. Históricamente, una herramienta eléctrica también requiere partes móviles para ser clasificada como una máquina. Sin embargo, el advenimiento de la electrónica ha llevado al desarrollo de herramientas eléctricas sin partes consideradas como elementos en movimiento.
- **Triturador:** Un triturador, es una máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original. Chancadora es un dispositivo diseñado para disminuir el tamaño de los objetos mediante el uso de la fuerza, para romper y reducir el objeto en una serie de piezas de volumen más pequeñas o compactas.

Si se trata de una máquina agrícola, tritura, machaca y prensa las hierbas, plantas y ramas que se recogen en el campo. También se puede emplear para extraer alguna sustancia de los frutos o productos agrícolas, rompiendo y pensándolos. Si se trata de una máquina empleada para la minería, la construcción o para el proceso industrial, puede procesar rocas u otras materias sólidas.

- **Automatización:** La automatización, como su nombre lo indica, es poder hacer que algo se controle de manera autónoma o semiautónoma. Generalmente para lograrlo se necesita la ayuda de cinco elementos, ya sea creados por los seres humanos o provenientes de la naturaleza (mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico analógico o digital), que dependerán del presupuesto para automatizar, por razones lógicas de seguridad y rendimiento del mismo.

- **Material:** En la naturaleza existen una infinidad de materiales que pueden componer a los distintos tipos de roca, de suelo o de yacimientos minerales que son acumulaciones de petróleo, asfalto, gas natural, etc. Los materiales se dividen en dos tipos, los naturales y los sintéticos o más bien dicho, materias primas naturales que se obtienen de la naturaleza y que el hombre las utiliza a su antojo y la materia prima sintética, que es elaborada por el hombre, mediante la manipulación y a veces mezcla de materia prima natural.
- **Ferroso:** Ferroso es un adjetivo que proviene del latín ferrum (hierro). Se utiliza esta palabra para indicar la presencia de hierro, sobre todo en la metalurgia o industrias relacionadas. También hay metales no ferrosos, que son metales que no contienen hierro.
- **Diseño:** El proceso de diseño en ingeniería es una serie común de pasos que los ingenieros utilizan para crear productos y procesos funcionales. El proceso es sumamente iterativo: las partes del proceso a menudo deben repetirse muchas veces antes de que se pueda ingresar otra, aunque las partes que se repiten y el número de dichos ciclos en un proyecto determinado pueden variar.
- **Sistema:** Un sistema es "un objeto complejo cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes"; ya sea conceptual o material. Todos los sistemas tienen composición, estructura y entorno, pero sólo los sistemas materiales tienen mecanismos, y solo algunos sistemas materiales tienen figura.
- **Herramienta:** Del latín ferramenta, una herramienta es un instrumento que permite desarrollar ciertos trabajos. Estos objetos fueron diseñados para facilitar la realización de una tarea mecánica que requiere del uso de una cierta fuerza. El destornillador, la pinza y el martillo son herramientas.
- **Dispositivo:** Del latín dispositus ("dispuesto"), un dispositivo es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones. Su nombre está vinculado a que dicho artefacto está dispuesto para cumplir con su objetivo.
- **Elevador:** Un ascensor o elevador es un tipo de transporte que se utiliza para el desplazamiento de personas o cargas y su estructura puede estar compuesta de elementos mecánicos y eléctricos que conforman un tipo de desplazamiento seguro.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

El contenido de este capítulo hace referencia a la investigación, en el enfoque metodológico determinado para este trabajo. La palabra Investigar proviene del latín "investigare", que expresa el hacer diligencias para descubrir algo, registrar, indagar, buscar, inquirir, explorar, etc..; otra definición aparte la establece como: "La actividad de búsqueda que se caracteriza por ser reflexiva, sistemática y metódica; tiene por finalidad obtener conocimientos y solucionar problemas científicos, filosóficos o empírico-técnicos, y se desarrolla mediante un proceso".

Como base de la comprensión ejercida en el desarrollo de cualquier investigación, se considera necesario retomar ciertos conceptos, del proceso de investigación, para ello, se presentan diversas definiciones ofrecidas por Sabino (2002): El método científico es "el procedimiento o conjunto de procedimientos que se utilizan para obtener conocimientos científicos, el modelo de trabajo o secuencia lógica que orienta la investigación científica" (p.26-28). La metodología es el estudio del método, o de los métodos; y abarca la justificación y la discusión de su lógica interior, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características y cualidades.

#### **3.1 Tipo de investigación**

UPEL (2006), explica que un proyecto factible consiste en "la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales...". El presente trabajo de investigación pretende ofrecer propuestas reales y adecuadas para cambiar la situación que padece ese sector, un proyecto que tenga la posibilidad de realizarse en el tiempo presente, y con garantías de éxito. Los proyectos factibles se fundamentan en trabajos de campo, documentales o la combinación de ambos. El autor Martins (2010), describe la investigación documental "se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos-escritos u orales- uno de, los ejemplos más típicos de esta investigación son las obras de historia". La investigación documental es, por lo tanto, aquella que se realiza a través de la consulta de documentos (libros, revistas, periódicos, memorias,

anuarios, registros, códigos, constituciones, etc.); también se apoya en medios audiovisuales y electrónicos.

### **3.2 Diseño de investigación**

Arias (2016, p.27) define el diseño de investigación como la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, es un informe narrativo de hallazgos de investigaciones individuales donde domina la opinión del revisor. No son concluyentes. Pretende conocer, normalmente con una finalidad pedagógica, el estado de la cuestión sobre un problema de investigación. De campo, la técnica de investigación de campo se divide en dos clases: a) La observación o la exploración del terreno, que consiste en contacto directo con el objeto de estudio. b) La entrevista, (la encuesta) que consiste en el acopio de testimonios, orales o escritos, de personas vivas. Y experimental, es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. Así, se entiende como un plan que permite al investigador recoger datos para solucionar el problema de la investigación a solucionar. Este proyecto es de tipo de investigación documental, motivado a que, está basada en el análisis e interpretación de fuentes documentales de diversos autores.

### **3.3 Nivel de la investigación**

Así mismo, el estudio estará enmarcado dentro de un nivel descriptivo, según Arias (2016). La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento.

### **3.4 Población y muestra**

#### **Población**

La población o universo, es el conjunto de personas, cosas o fenómenos sujetos a investigación como objeto de estudio, que tienen algunas características definitivas. Ante la posibilidad de investigar el conjunto en su totalidad. Planteamiento que se confirma cuando se examina un enunciado de Arias (2006), quien expresa que: La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características

comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio. (p.81)

Tomando en cuenta lo antes mencionado se logra puntualizar que son elementos seleccionados con características comunes para lograr llevar a cabo la investigación que en este caso son los trituradores de escombros.

### **Muestra**

Es una parte del universo, la cual debe tener las mismas características del universo en su totalidad ya que es representativa de este. Y se utiliza cuando no es conveniente considerar a todos los elementos que lo componen. Según Risquez de Morales G. (1.999) la muestra “no es más que un sector de la población que se debe escoger para realizar la investigación” (p.49). Se procedió a hacer una muestra del universo, que Carlos Sabino en su trabajo, El proceso de investigación, 1996, justifica el uso de la muestra: En vez de realizar esa fatigosa tarea procederemos a extraer una muestra de ese universo, o sea un conjunto de unidades, una porción del total, que nos represente la conducta del universo en su conjunto. Una muestra, en un sentido amplio, no es más que eso, una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo (p.81).

Teniendo claro esto se puede decir que la muestra tomada en este caso será la misma población, por lo tanto, es una muestra censal.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (1998) se define a la técnica de recolección de datos como “las observaciones que consisten en el registro sistemático, cálido y confiable de comportamientos o conductas”. Las técnicas para la recolección de datos son básicamente: Revisión documental, entrevistas, registros de prensa, observaciones directas, entre otras. Existen diversos instrumentos para la recolección de estos datos los cuales son: computadores, lápiz, hojas, grabadoras, fotografías, entre otras. Los instrumentos de investigación son los recursos que el investigador puede utilizar para abordar problemas y fenómenos y extraer información de ellos

Las técnicas a utilizar en el presente trabajo serán:

Las técnicas a utilizar son observación directa, según Arias (2012) es cuando el observador está físicamente presente en el espacio observado e indirecta cuando la observación se realiza en base a grabación del entorno observado y revisión documental la cual es una técnica

de observación complementaria, en el caso de un registro de acciones y programas.(Arias 2012)  
La revisión documental permite hacer una idea del desarrollo y las características de los procesos y también la información que se confirma o se pone en duda, estas técnicas se realizarán con el fin de profundizar la información recopilada con todas las aplicadas anteriormente, esta comprende la búsqueda de la información de documentos que contribuyan al conocimiento del comportamiento de sucesos realizados que sirvan de apoyo para el desarrollo de teorías pertinentes para la resolución de problemas.

### **3.6 Fases metodológicas**

Las fases metodológicas están dadas por los objetivos específicos:

#### **Fase I. Diagnóstico de las condiciones de trabajo para diseñar el sistema con la suficiente robustez para soportar el paso del tiempo y el uso.**

El diagnóstico alude, en general, al análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. Esta determinación se realiza sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor qué es lo que está pasando. Lo permitirá realizar un diseño lo suficientemente robusto para soportar el paso del tiempo.

#### **Fase II. Obtener la data necesaria para el diseño mediante revisión documental de diferentes trituradoras**

A través de los diferentes antecedentes seleccionados y apoyados por material bibliográfico técnico sobre el tema en cuestión, se logró obtener la data necesaria para empezar con el diseño del sistema requerido.

#### **Fase III. Selección de la mejor opción de modelo para diseñar el sistema requerido.**

Una vez planteadas las alternativas de solución se procederá a elegir la mejor opción, con el fin de desarrollar, basándose en la comparación de las ventajas y desventajas que tiene cada solución, y la que genere la mayor cantidad de beneficios será la mejor decisión, además se realizará un análisis con la ayuda de criterios y restricciones, para hacer una selección acertada. Capacidad de los medios de fabricación. En este punto se busca tener una idea detallada de la ayuda tecnológica y científica disponible para la realización del dispositivo

#### **Fase IV. Diseño de sistema lo más simple posible para aumentar la fiabilidad y reducir la dificultad que pueda causar a un usuario poco experimentado.**

Generación de ideas. Como su nombre lo indica, en esta fase primero se generarán la mayor cantidad de posibles soluciones, apoyándose en métodos como: tormentas de ideas, para crear, seleccionar y comparar soluciones que remedien la situación problemática actual, permitiendo de manera objetiva elegir la solución más adecuada, para la toma de decisiones.

Para la elaboración del diseño, se estimaron los cálculos para el mismo, el cual debía presentar las características necesarias según el esfuerzo al que estaría expuesto para no fallar y al mismo tiempo tomar en cuenta la simplicidad para aumentar su rentabilidad y la aceptación por parte de usuarios o personal poco experimentado con el equipo.

#### **Fase V. Evaluación de la viabilidad económica y técnica del sistema diseñado.**

Este se refiere a la comparación de algunos factores económicos importantes, es decir, evaluar si la construcción del mismo está justificada por la ganancia que generará este.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Diagnóstico de las condiciones de trabajo para diseñar el sistema con la suficiente robustez para soportar el paso del tiempo y el uso.

Al almacenar y utilizar las rocas y minerales en las plantas y sitios de trabajo, es importante prepararlos y, durante la preparación, a menudo es necesario reducir su tamaño de acuerdo con lo que se necesite con ese material. Las operaciones que implican la reducción del tamaño físico se denominan trituración y molienda. Estas actividades se utilizan a menudo en la industria y se encuentran en la gestión de las cosas. La trituración y molienda es un proceso en el que el tamaño del material cambia en proporción a su tamaño. Los métodos utilizados para la reducción de tamaño son: aplastamiento, penetración, fricción e impacto, La mayoría de las veces, esto sucede de manera conjunta. Sin embargo, la máquina utilizada para triturar es muy importante. Según la forma del cuerpo de la máquina y el tamaño de la porción de material a triturar, se selecciona uno u otro tipo de trabajo. Por lo tanto, los objetos duros y quebradizos se pueden romper por aplastamiento, penetración e impacto, y los objetos duros y viscosos se pueden trabajar con aplastamiento y frotación. (Ver Figura 30)



**Figura 30: Trituración de materiales**

**Fuente:** Omar fimbres

Las operaciones anteriores se realizan para controlar el transporte de materiales, realizar manipulaciones físicas (mezclado, dosificación, aglomeración o disolución) y permitir cambios químicos. Si bien no existe una diferencia real entre trituración y molienda, La trituración ocurre cuando se separan partículas de más de 25 mm y molienda cuando separamos partículas más pequeñas. La trituración también es llamada desintegración y las máquinas utilizadas son llamadas desintegradoras, quebrantadoras, trituradoras o machacadoras.

En la industria, en la mayoría de los casos, se requieren altos grados de trituración, partes del material principal se reducen a 1.500 mm, mientras que en los procesos tecnológicos a veces se utilizan materiales en los que las dimensiones de sus partículas son fracciones de micrones, como se menciona, estos grados de molienda se logran únicamente mediante la trituración en varias etapas, ya que de una sola vez (en una máquina) no puede obtener el resultado para un espesor final dado. Por lo tanto, cuando el material se toma de la cantera y se tritura en la trituradora, esta área se denomina trituradora primaria. Si el material de pasa a una segunda etapa desde allí, se produce una segunda trituración. Si sigue irrumpiendo en otras máquinas, sucede una terciaria, etc. A este proceso se le denomina trituración por etapas.

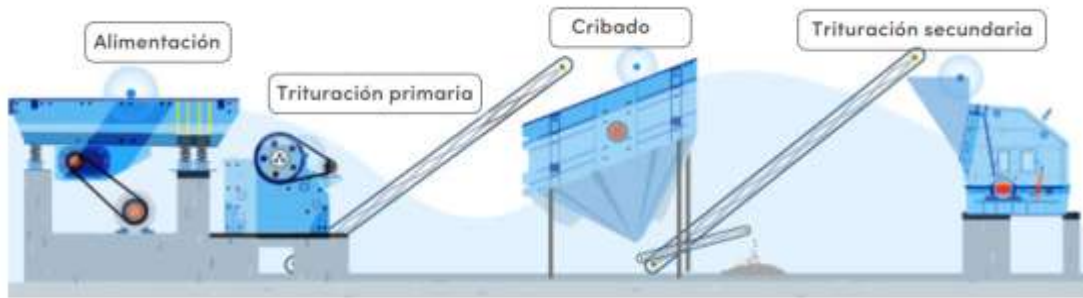
Normalmente la trituración se divide en: gruesa, media y fina, y la molienda en: muy fina y extra fina. La trituración de materiales se hace normalmente en seco mientras que la molienda si acostumbra realizarse en mojado para evitar la formación de polvo y facilitar el manejo del material. (Ver Figura 31)



**Figura 31: Molienda húmeda**

**Fuente:** Sergei Lykov

Así la trituración gruesa, media y fina corresponden a la primera, segunda y tercera etapa de lo que se conoce como trituración y la molienda fina y extra fina corresponden a primera y segunda etapa de molienda respectivamente. Estos procesos requieren de grandes cantidades de energía, es por esto que se busca disminuir la masa del material a elaborar buscando no triturar más de lo que se necesita. Tomando esto en cuenta es conveniente extraer los pedazos más pequeños de lo que ya se desea obtener, esto normalmente se realiza mediante una clasificación previa a la trituración y evitando que los pedazos que no requieren trituración entren al proceso disminuyendo el consumo de energía y aumentando la productividad del equipo además de obtener el producto final más uniforme. (Ver Figura 32)



**Figura 32: Trituración por etapas**

**Fuente:** ECN Automation

El tamizado o cribado se puede realizar en máquinas vibratorias y se define como la técnica de clasificar partículas de una muestra en términos de sus capacidad o incapacidad para pasar por agujeros de dimensiones regulares. Consiste en colocar la muestra de polvo en la parte superior de un juego de tamices o cribas en secuencia, las partículas con las dimensiones adecuadas lograran pasar mientras que las otras quedaran en el mismo y estas son las que llegaran a la trituradora

#### Granulometría

Es imposible conseguir por medio de la trituración en sus diferentes etapas partículas que en su totalidad seas de igual volumen entre ellas, ya que el material producido es de dimensiones diferentes el cual es clasificado de acuerdo a curvas definidas llamadas curvas granulométricas. De lo cual podemos decir que:

- Triturar trozos planos genera más material fino que los trozos irregulares.
- La cantidad de material fino aumenta al aumentar el grado de trituración.
- Varias etapas de trituración generan menos materiales finos.
- La forma de los granos varia con la ubicación en la escala de tamizado o cribado.

Entonces se tiene que el material extraído de su medio natural como el que ya sufrió alguna reducción se puede catalogar según su tamaño, así del tamaño que tienen las partículas a la salida de la trituradora, podemos distinguir las diferentes etapas de trituración y molienda tomando en cuenta el tamaño inicial del material.

- Molienda

- Extra fina: Partículas de 0.075 a 0.001mm
- Fina: Partículas de 2 a 0.075mm
- Trituración
  - Fina: Partículas de 25 a 2mm
  - Media: Partículas de 50 a 25mm
  - Gruesa: Partículas de 300 a 100mm

Realmente los trozos de materiales forman grupos de diferentes tamaños, por lo que resulta imposible desde el punto de vista industrial medir uno a uno verificando su tamaño, por lo que se recurre a clasificar los grupos con una serie de tamices y según los tamaños de los mismos se logra clasificar los mismos de una manera mucho más rápida y finalmente se calcula el tamaño medio del grupo. (Ver Figura 33)



**Figura 33: Serie de tamices**

**Fuente:** Javier Torrijo studiosgeotecnicos.info

#### Características de las rocas a triturar

Las rocas son una compleja mezcla de compuestos orgánicos e inorgánicos las cuales conforman la corteza del planeta. Sus características nos dan una idea general del comportamiento que se puede esperar al momento de la trituración o molienda de las mismas. Las más relevantes son dureza, resistencia a esfuerzos, peso, humedad, forma y tamaño del grano entre otros. Según su dureza los materiales pueden ser (Ver Figura 34)

- Muy duros: 2,500 kg/cm<sup>2</sup> y mas
- Duros: de 1,000 a 2,500 kg/cm<sup>2</sup>
- Medios: de 500 a 1,000 kg/cm<sup>2</sup>
- Blandos: de 50 a 250 kg/cm<sup>2</sup>



**Figura 34: Características de las rocas**

**Fuente:** Geoenciclopedia

Los más duros se recomienda que sean triturados mediante aplastamiento, en la Tabla 1 se puede determinar resistencia y elasticidad de algunos materiales comunes en la construcción. (Ver Tabla 1)

**Tabla 1: Resistencia y módulo de elasticidad de algunos materiales de la construcción**

<b>Material</b>	<b>Limite de resistencia <math>\sigma_R</math> Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Modulo de elasticidad E Kg/cm<sup>2</sup></b>
Basalto	(2,500 - 5,000)	---
Basalto en masa	(300 - 1,500)	---
Granito muy duro	(3,500 - 4,000)	(6 x 10 <sup>5</sup> )
Granito blando	(500 - 700)	---
Caliza	(250 - 1,900)	---
Cuarzo	(1,200 - 1,500)	(3 x 10 <sup>5</sup> )
Mármol	(500 - 2,500)	---
Carbón de piedra	(20 - 290)	(7 x 10 <sup>3</sup> - 60 x 10 <sup>3</sup> )

**Fuente:** V.S. Shubin, C. Pedre, Diseño de Maquinaria Industrial 4

En la industria al momento de triturar un material, este se tiene de antemano bastante estudiado para evitar problemas en el proceso y posibles daños al equipo, estos estudios nunca se detienen ya que pueden aparecer variaciones en las propiedades del material, un factor a tomar en cuenta es el coeficiente de fricción del material ya que con esto podemos predecir saltos del material al momento de ser triturados y evitar un accidente. El grado de humedad es otro factor que también se debe tomar en cuenta en la molienda para poder decidir qué tipo usar, seca o húmeda e incluso cual molino, el peso específico de una roca varía con el tamaño de la partícula por lo que permite calcular las capacidades reales de una trituradora en función de los volúmenes y el grado de desintegración requerido, es muy importante conocer estos datos para poder calcular de manera eficiente el proceso que se va a realizar mejorando la eficiencia y tratando adecuadamente a los materiales y equipos a utilizar. (Ver Tabla 2 y 3)

**Tabla 2: Coeficiente de fricción de algunos materiales**

Material	Coeficiente de fricción					
	Sobre acero		Sobre madera		Sobre concreto	
	f	fo	f	fo	f	fo
Antracita	0.29	0.84	0.47	0.84	0.51	0.9
Carbon fino	0.32	0.84	0.47	0.84	0.51	0.9
Carbon pardo y seco	0.58	1	0.7	1	0.7	1
Coque	0.47	1	0.84	1	0.84	1
Ceniza seca	0.47	0.84	0.84	1	0.84	1
Tierra, arena, grava	0.58	1	—	—	—	—
Piedra caliza	0.58	1	—	—	—	—
Diferentes minerales	0.58	1.19	—	—	—	—
Escoria	0.7	1.19	—	—	—	—
Carbon en polvo	1	2.77	—	—	—	—

f: en movimiento      fo: en reposo

**Fuente:** V.S. Shubin, C. Pedre, Diseño de Maquinaria Industrial 4.

**Tabla 3: Propiedades de algunos materiales**

<b>Materiales</b>	<b>Peso específico aparente, t/m<sup>3</sup></b>	<b>Propiedades principales.</b>
Arcilla .....	0.55 ..... 0.85	Se agarra, a veces abrasiva.
Arena seca Menor a 6 hr/día	1.50 ..... 1.60	Abrasiva.
Arena y grava .....	1.75 ..... 2.00	Abrasivas
Cal apagada .....	0.30 ..... 0.50	Se apelotona por la presión, sensible, a la humedad.
Carbón mineral .....	1.20 ..... 1.50	Muy abrasivo, aveces, corrosivo, si esta, humedo, polvo explosivo.
Cemento, clincas .....	1.20 ..... 1.30	En terrones, muy abrasivo.
Ceniza seca .....	0.55 ..... 0.65	Abrasiva, granular.
Coque en trozos .....	0.45 ..... 0.65	Muy abrasivo.
Cuarzo partido .....	1.60 ..... 1.75	Muy abrasivo.
Escorias .....	1.20 ..... 1.30	Muy abrasiva.
Grava .....	1.80 .....	Abrasiva.
Marmol triturado .....	1.50 ..... 1.55	Abrasivo.
Mineral de cobre .....	2.00 ..... 2.40	En terrones, muy abrasivo.
Mineral de hierro .....	2.40 .....	Abrasivo, a veces en grandes terrones.
Piedra arenisca partida .....	1.35 ..... 1.55	Abrasiva.
Piedra caliza pulverizada .....	1.30 ..... 1.40	Abrasiva, produce polvo.
Piedra caliza residuos de cribado ...	1.40 ..... 1.50	Abrasiva y pulverulenta.
Piedras clasificadas .....	1.30 ..... 1.60	Muy abrasivas.
Piedras sin clasificar .....	1.40 ..... 1.60	Muy abrasivas.
Sal en terrones .....	1.20 ..... 1.45	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero, corrosiva, no es abrasiva.
Sal fina .....	1.20 ..... 1.30	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero, corrosiva, no es abrasiva.
Sal gruesa .....	0.70 ..... 0.80	Higroscópica. Se adhiere al hierro y al acero, corrosiva, no es abrasiva.
Yeso calcinado .....	0.85 ..... 1.00	Algo abrasivo.
Yeso en terrones .....	1.35 .....	Debe protegerse de la humedad.

**Fuente:** V.S. Shubin, C. Pedre, Diseño de Maquinaria Industrial 4

## 4.2 Obtener la data necesaria para el diseño mediante revisión documental de diferentes trituradoras

Trituradora de materiales:

Antes de empezar con el diseño mecánico se deben conocer ciertos valores iniciales, conforme a los cuales se empezará a calcular.

- El material a triturar será duro y de dureza media, este comprenderá rocas, rocas de canteras para conseguir grava, también escombros provenientes de la construcción como se habló anteriormente para reciclaje, y otras rocas de dureza media.

Denominaremos dicho material, en general, como “piedras sin clasificar” (Ver Figura 35 y 36)



**Figura 35: Escombros de construcción**

**Fuente:** istockphoto



**Figura 36: Producción de grava**

**Fuente:** Karla Mendizabal

- El tamaño promedio esperado con el que entrara el material:

$$\textit{Tamaño inicial material} = 200 \textit{ mm}$$

- El tamaño promedio esperado con el que saldrá el material será:

$$\textit{Tamaño promedio de resultado} = 50 \textit{ mm} \text{ (Ver Figura 37)}$$



**Figura 37: Material triturado**

**Fuente:** Gregadosagresa

- El grado o relación de reducción, al que se llamará ( $i$ ) se determinará por la diferencia de la dimensión de los pedazos de entrada entre la dimensión de los pedazos de salida, por lo tanto:

$$i = \frac{200mm}{50mm} = 4$$

- La máquina se pretende que trabaje un promedio normal de 8 horas por día, pero se diseñara para que resista jornadas de hasta 24 horas diarias.

#### **4.2.1. Largo y Ancho de la boca.**

Es importante resaltar que tanto el largo y el ancho de la boca de la trituradora deben ser mayores a la de los trozos iniciales del material ( $di$ )

Se tiene que:

$$A = (1.15 \text{ hasta } 1.25) \times di \text{ (tomamos } 1.25)$$

$$A = 1.25 \times 200 = 250 \text{ mm.}$$

$$LB = m \times di + (0.15 \text{ hasta } 0.25) \times di.$$

(m es compensación de longitud la cual tiene un valor de 1,2,3...etc, vamos a tomar m=2 y 0.15)

$$LB = (0.15 \times 200) + (2 \times 200) = 430 \text{ mm.}$$

En el caso de este diseño el elemento a fijar con una chaveta es la polea conductora al eje del motor y la polea conducida al eje excéntrico del sistema a diseñar, esta se debe de instalar primero en el chavetero del eje y después el del cubo se alinea con la chaveta y se desliza el cubo a su posición correcta. Los chaveteros en el eje y en el cubo se deben de diseñar para que exactamente la mitad de la altura de la chaveta se recargue en el lado del cuñero del eje, y la otra mitad entre en el cuñero del cubo. El tipo más común de chavetas o cuñas para ejes de hasta 6.5" de diámetro, es el tipo cuadrada, la de tipo rectangular se recomienda para ejes más grandes, y para ejes pequeños donde se pueda tolerar la menor altura. (Ver Tabla 4)

**Tabla 4: Tamaño nominal de la cuña según el tamaño nominal del eje**

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1/4	1/4	3/16
1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5/16	5/16	1/4
1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3/8	3/8	1/4
1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1/2	1/2	3/8
2 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5/8	5/8	7/16
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3/4	3/4	1/2
3 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7/8	7/8	5/8
3 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1	1	3/4
4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	7/8
5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1
6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9	2	2	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
9	11	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>
11	13	3	3	2
13	15	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
15	18	4		3
18	22	5		3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

En la Tabla 5 se muestran las velocidades síncronas y a plena carga para motores eléctricos (CA) a una corriente con frecuencia de 60 Hz. (Ver Tabla 5)

**Tabla 5: velocidades síncronas y a plena carga para motores eléctricos (CA) a una corriente con frecuencia de 60 Hz.**

No de polos	Velocidad síncrona (rpm)	Velocidad a plena carga (rpm)
2	3600	3450
4	1800	1725
6	1200	1140
8	900	850
10	720	690
12	600	575
Aproximadamente 95 % de la velocidad síncrona (deslizamiento normal)		

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

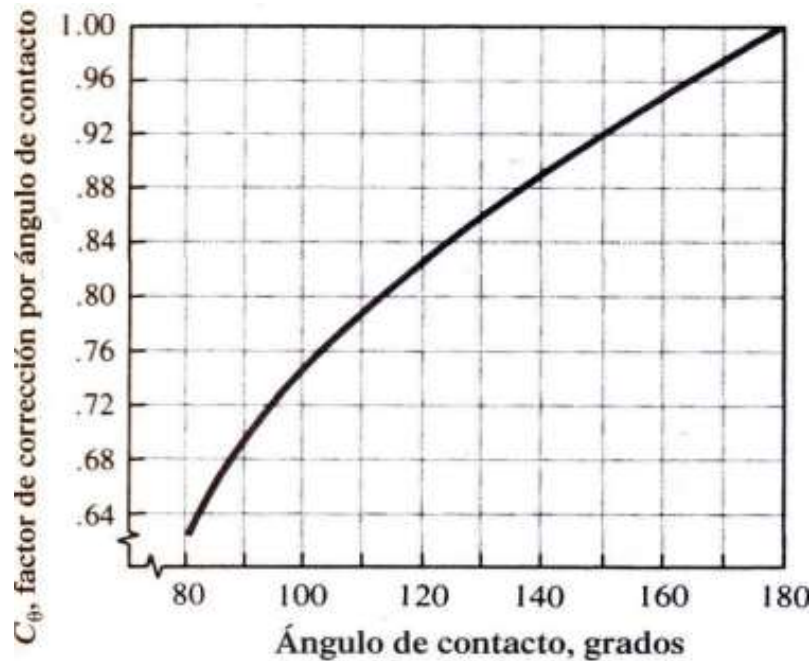
Los motores eléctricos se diseñan con un factor de seguridad de funcionamiento que puede ser bajo, medio o alto, a este se le conoce como factor servicio (Fs). (Ver Tabla 6)

**Tabla 6: Factor de seguridad de funcionamiento motores**

Tipo de máquina impulsada	Factor Servicio (Fs)		
	Menor a 6 hr/día	De 6 a 15 hr/día	Mayor a 15 hr/día
Motores de CA: Alto par torsional Motores de CD: Bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de Combustión: De 4 cilindros o menos			
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrifugas, transportadores ligeros.	1.1	1.2	1.3
Generadores, máquinas herramientas, mezcladores.	1.2	1.3	1.4
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados.	1.4	1.5	1.6
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule.	1.5	1.6	1.8
Toda máquina que se pueda ahogar.	2	2	2

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

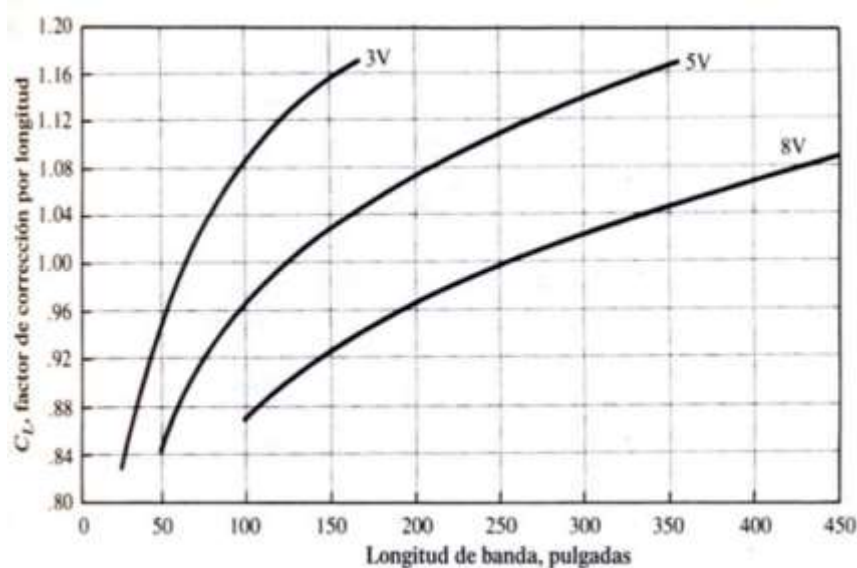
El ángulo de contacto ( $\theta$ ) es el que forma la correa con respecto a la superficie de la polea que está en contacto con la banda, este ángulo teóricamente es de  $180^\circ$  si la relación de transmisión es de 1:1. Para otro valor de transmisión se determina siempre el ángulo de contacto. Al determinar el ángulo de contacto de la polea tanto conductora como conducida para efectos de diseño, se debe de tomar en cuenta un valor adicional llamado Factor de corrección por ángulo de contacto ( $C_\theta$ ). (Ver Figura 38)



**Figura 38: Ángulo de contacto de correas**

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

Otro factor a tomar en cuenta debe ser el factor de corrección por longitud de correa (CL). (Ver Figura 39)



**Figura 39: Factor de corrección por longitud de correa**

Fuente: Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas

### 4.3 Seleccionar la mejor opción de modelo para diseñar el sistema requerido.

#### 4.3.1 Propuesta de alternativa para la selección de la trituradora. (Ver Tabla 7)

**Tabla 7. Alternativas para la selección**

A	B	C	D
Trituradora de impacto	<b>Trituradora de cuchillas</b>	<b>Trituradora de cono</b>	<b>Trituradora de mandíbula (Dalton)</b>
<b>VENTAJAS</b> <b>Gran capacidad de trituración de hasta 1600 toneladas por hora.</b>	<b>VENTAJAS</b> Permiten una trituración con unos resultados muy parejos.	<b>VENTAJAS</b> Tiene la capacidad de triturar materiales extremadamente duros y a alta velocidad.	<b>VENTAJAS</b> simplicidad en el sistema, seguridad al momento de su utilización, gran rango de utilidad para triturar trozos
<b>DESVENTAJAS</b> <b>Extremadamente compleja, costosa y delicada.</b>	<b>DESVENTAJAS</b> Delicada por el desgaste de cuchillas y posibles	<b>DESVENTAJAS</b> Diseño complejo y con pocas	<b>DESVENTAJAS</b> grandes de material de alta dureza, buena relación de reducción,

	atoramientos del sistema por materiales inadecuados.	posibilidades de ser modular.	granulosidad relativamente homogénea en el producto final, fácil y económico mantenimiento. <b>DESVENTAJAS</b> vibración durante su funcionamiento, fallas por en entrada de materiales demasiado duros para el sistema.
--	--	-------------------------------	--

Fuente: Moreira (2023)

**4.3.2 Criterios de evaluación y escogencia de la propuesta**

A continuación, se elaboró una lista de restricciones (R) y de criterios (C) para la selección de la fuente de energía alterna más conveniente. (Ver Tabla 8)

**Tabla 8. Restricciones y Criterios.**

RESTRICCIONES	CRITERIOS
R1 Fácilmente desmontable	C1 Fácil de manipular por los operarios
R2 Relativamente ligero	C2 Seguro en su funcionamiento
R3 Diseño modular	C3 Amplio rango de uso
	C4 Económico de mantener

Fuente: Moreira (2023)

**4.3.2.1 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:**

Una vez elaborado las restricciones y criterios, se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas. Posteriormente aquellas posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones

serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cuál es la mejor solución para el modelo de trituradora. (Ver Tabla 9)

**Tabla 9. Comparación de Restricciones vs Alternativas**

RESTRICCIONES	POSIBLE SOLUCIONES				
		A	B	C	D
	R1	SI	SI	NO	SI
	R2	SI	SI	SI	SI
R3	SI	SI	NO	SI	

Fuente: Moreira (2023)

En la Tabla 9 se puede observar que la posible trituradora que no cumple con la mayoría de las restricciones impuestas, es la C. Por lo que queda descartada, las alternativas A, B y D, serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver tabla 10).

La Tabla 11 muestra los parámetros de puntuación. La tabla 12 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y la tabla 13 muestra la evaluación final de la alternativa seleccionada.

**Tabla 10. Ponderación de criterios**

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Seguro en su funcionamiento	5
C2	Amplio rango de uso	4
C3	Fácil de manipular por los operarios	3
C4	Económico de mantener	2

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 11. Parámetros de puntuación**

1	No cumple con el criterio a evaluar.
2	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.
3	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 12. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección**

	C1	C2	C3	C4
A	2	1	1	2
B	3	1	2	1
C	x	x	x	x
D	3	2	3	3

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 13. Evaluación de soluciones**

EVALUAR SOLUCIONES		TOTAL, PUNTOS
A	$3x5 + 1x4 + 2x3 + 2x2$	21
B	$2x5 + 1x4 + 2x3 + 2x2$	27
C		x
D	$3x5+2x4+3x3+3x2$	38

Fuente: Moreira (2023)

El modelo ganador fue la D trituradora de mandíbula tipo Dalton ya que presenta varias ventajas con respecto a las otras opciones tales como la robustez del sistema al ser simple y la facilidad al momento de diseñar y de mantener a la hora de llevar el diseño a un entorno real. La trituradora de mandíbula se destina principalmente al uso de la maquinaria de trituración de primer nivel o secundaria (trituración gruesa y media), clasificada en el modelo de oscilación sencilla, modelo de oscilación compleja y el modelo de oscilación mixta. Por lo tanto, las demás quedan descartadas.

#### 4.3.2 Propuesta de alternativa para la selección del elevador (Ver Tabla 14)

**Tabla 14. Alternativas para la selección**

A	B	C
Elevador de cangilones	<b>Elevador helicoidal</b>	<b>Elevador de cinta transportadora</b>
VENTAJAS	<b>VENTAJAS</b>	<b>VENTAJAS</b>

<p><b>Apenas requiere prestación de personal.</b></p> <p><b>Tiene pocas averías.</b></p> <p><b>Ausencia de polvo, siempre que se cierre de forma correcta.</b></p> <p><b>Permite el transporte de materiales a temperaturas elevadas.</b></p> <p>DESVENTAJAS</p> <p><b>Consumo energético elevado.</b></p> <p><b>Existen riesgos de atascos del material con la caja exterior de protección.</b></p>	<p>Reducido tamaño, presentan una elevada capacidad de carga. Sencillos de fabricar y de diseñar debido a que están formados por pocas piezas, ofrecen un movimiento lineal preciso,</p> <p><b>DESVENTAJA</b></p> <p>No puede transportar muchos tipos de materiales</p>	<p>trato cuidadoso de la mercancía y ausencia de polvo, los trabajadores no entran en contacto con el material transportado, no se producen pérdidas, y la instalación no exige mucho espacio.</p> <p><b>DESVENTAJAS</b></p> <p>Requiere más control</p>
--	--	--

Fuente: Moreira (2023)

#### 4.3.3 Criterios de evaluación y escogencia de la propuesta

A continuación, se elaboró una lista de restricciones (R) y de criterios (C) para la selección del modelo de elevador (Ver Tabla 15)

**Tabla 15. Restricciones y Criterios.**

RESTRICCIONES	CRITERIOS
R1 Fácilmente desmontable	C1 Fácil de manipular por los operarios
R2 Relativamente ligero	C2 Seguro en su funcionamiento
R3 Diseño modular	C3 Amplio rango de uso
	C4 Económico de mantener

Fuente: Moreira (2023)

#### 4.3.3.1 Aplicación de restricciones y criterios para la selección de la mejor posible solución:

Una vez elaborado las restricciones y criterios, se procede a comparar las alternativas de solución con las restricciones planteadas, aquellas que no cumplan con las restricciones serán descartadas. Posteriormente aquellas posibles soluciones que sí cumplan con las restricciones serán evaluadas con relación a los criterios y así tomar la decisión de cuál es la mejor solución para el modelo del elevador (Ver Tabla 16)

**Tabla 16. Comparación de Restricciones vs Alternativas**

RESTRICCIONES	POSIBLE SOLUCIONES		
		A	B
R1	SI	NO	SI
R2	SI	NO	SI
R3	SI	NO	SI

Fuente: Moreira (2023)

Con referencia a lo que se observa en la Tabla 16. Se puede concluir que la solución que no cumple con la mayoría de las restricciones impuestas, es la B. Por lo tanto, las alternativas A y C, serán evaluadas mediante el método de ponderación de criterios (ver tabla 17).

La Tabla 18 muestra los parámetros de puntuación. La tabla 19 muestra la ponderación de soluciones de acuerdo a los criterios empleados para la selección de la mejor solución. Y la Tabla 20 muestra la evaluación final de la alternativa seleccionada.

**Tabla 17. Ponderación de criterios**

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	ORDEN DE IMPORTANCIA
C1	Seguro en su funcionamiento	5
C2	Amplio rango de uso	4
C3	Fácil de manipular por los operarios	3
C4	Económico de mantener	2

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 18. Parámetros de puntuación**

<b>1</b>	No cumple con el criterio a evaluar.
<b>2</b>	No cumple totalmente con la expectativa generada por el criterio.
<b>3</b>	Cumple totalmente con el criterio a evaluar.

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 19. Ponderación de soluciones de acuerdo a criterios de selección**

	C1	C2	C3	C4
A	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
B	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
C	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Fuente: Moreira (2023)

**Tabla 20. Evaluación de soluciones**

	EVALUAR SOLUCIONES	TOTAL, PUNTOS
A	$3x5 + 2x4 + 3x3 + 3x2$	38
B		<b>x</b>
C	$2x5 + 2x4 + 1x3 + 3x2$	27

Fuente: Moreira (2023)

El modelo ganador es el A que es el elevador de cangilones el cual es el que más se ajusta a las necesidades del proyecto, este es un mecanismo que se emplea para transportar o manejar material de todo tipo, ya sea a granel, secos, húmedos e incluso líquidos.

#### **4.4 Diseñar el sistema lo más simple posible para aumentar la fiabilidad y reducir la dificultad que pueda causar a un usuario poco experimentado.**

##### **4.4.1 Trituradora de materiales**

Para empezar con el diseño del sistema triturador lo primero que se considera calcular son las medidas básicas de la propia trituradora.

##### **4.4.1.1 Movimiento inferior de la mandíbula**

Este es el espacio que deja la mandíbula adicional al que existe ya de la propia salida inferior de la trituradora, este va desde 5 a 30mm y debe ser mínima respecto a **df**. Se toma una cifra intermedia de 15mm.

#### 4.4.1.2 Ángulos de la trituradora

##### Fricción

Se calcula tomando en cuenta el coeficiente de fricción del material (f) y con él se calcula el Angulo, en Tabla 2 se obtiene el f de “Diferentes minerales”:

$$\varphi = \text{arc tag} (0.58) \approx 30^\circ$$

##### Ángulo de sujeción de las mandíbulas

Se toma en cuenta que este ángulo no debe ser mayor al doble del ángulo de fricción o los trozos de material saldrán despedidos del sistema y normalmente es de (19° a 21°) y volvemos a tomar un numero intermedio:

$$\alpha = 20$$

#### 4.4.1.3 Altura de pared

Con los ángulos se calcula la altura a utilizar para la pared delantera del sistema.

$$H = \frac{A-E}{\text{tag}\alpha} \text{ (e es la abertura de salida, es decir } e = df = 50)$$

$$H = \frac{250-50}{\text{tag}20^\circ} = 549.4\text{mm (Tomamos H=550mm para redondear)}$$

#### 4.4.1.4 Capacidad y potencia del sistema

Al conseguir las medidas básicas del sistema se empieza a calcular la potencia y capacidad juntas ya que estas están muy relacionadas entre sí.

#### 4.4.1.5 Revoluciones del eje

Velocidad a la que gira el eje excéntrico (n) en revoluciones por minuto:

$$S=0.015(\text{metros})$$

$$n = 66.5 \sqrt{\frac{\tan 20^\circ}{s}} = 327.5 (\text{tomamos } n = 328 \text{ rpm para redondear})$$

## Capacidad

Calculamos la capacidad de la trituradora:

$$G = \frac{60 \times \mu \times \gamma_a \times n \times LB \times S \times df}{\tan \alpha} = \text{toneladas por hora}$$

$\gamma_a$  se obtiene de la tabla 3 “piedras sin clasificar”  $\gamma_a = 1.4 \text{ t/m}^3$

$\mu$  significa coeficiente de variación del peso específico aparente y su valor ronda de 0.4 a 0.6, se toma un valor intermedio  $\mu = 0.5$

$$G = \frac{60 \times 0.5 \times 1.4 \times 328 \times 0.43 \times 0.015 \times 0.05}{\tan 20^\circ} = 12 \text{ toneladas por hora}$$

## Potencia requerida

Para calcular la potencia requerida se toman en cuenta muchos factores diferentes, entre ellos la propia eficiencia de la trituradora la cual se estima que este entre 32% a 37% se toma el valor más bajo, es decir 32% de eficiencia.  $\eta = 32\%$

El límite de resistencia del material ( $\sigma_r$ ) es otro factor muy importante a tomar en cuenta, se toma el de material duro como lo mencionamos anteriormente en “Características de las rocas” de la primera fase.

Se toma un valor intermedio de  $\sigma_r = 1200 \text{ kg/cm}^2$

De igual manera otro factor es el módulo de elasticidad del material ( $E$ ) el cual se obtiene en la tabla 1, en este caso no contamos exactamente con un apartado para el material que se utiliza como referencia “Diferentes minerales” así que se utiliza el cuarzo al ser un material con un límite de resistencia superior pero parecido al que estimamos.

$$E = 300000 \text{ kg/cm}^2$$

Calculamos la potencia requerida:

$$Nr = 13.7 \times 10^{-8} \frac{\sigma r^2 \times G}{n \times E \times \gamma} \times \log i$$

$$Nr = 13.7 \times 10^{-8} \frac{1200^2 \times 12.206}{0.33 \times 300,000 \times 0,0014} \times \log 4 = 10.460 \text{kw}$$

### **Potencia nominal**

Con la potencia requerida por la trituradora se calcula la potencia nominal, importante resaltar que esta tiene que ser por lo menos un 50% más alta a la que se calcula, por lo que se tiene que:

$$N = 10.460 \times 1.5$$

$$N = 15.69 \text{ Kw (tomamos 15kw para simplificar)}$$

### **Relación de transmisión**

La relación de transmisión es el grado de reducción del sistema, considerando esto, de la tabla 5 se toma el motor trifásico de 8 polos y 12kw gracias a su baja velocidad ( $Vm$ ) = 850rpm

Volviendo a la relación de transmisión:

$$Z = \frac{Vm}{n} = \frac{850}{328} = 2.5$$

### **Poleas**

#### **Polea conductora**

Esta es la polea que va pegada al motor, se consideran valores estándar.

$$D1 = 150 \text{mm}$$

#### **Polea conducida**

Teniendo el diámetro de la polea conductora se calcula el de la polea conducida.

$$D2 = \frac{Vm \times D1}{n} = \frac{850 \times 150}{328} = 388.719mm \text{ (Tomaremos 400mm) (Ver Apéndice$$

28)

### **Distancia entre centros**

Con esto se calcula el espacio que hay entre el centro de una polea y de otra.

$$D2 < C < 3 \times (D2 + D1)/400 < C < 3 \times (400 + 150)/400 < C < 1,650$$

Lo que significa que está en el rango de  $C = 600mm$

### **Largo de la correa de transmisión**

Esta no debe quedar demasiado suelta o demasiado apretada, es importante tomar eso en cuenta al momento de elegir, entonces se tiene que:

$$L = 2c + 1.57(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C} = 2,089.54 \text{ mm}$$

Considerando esto se toma del catálogo Anexo A y seleccionamos una banda que se ajuste: XPB2120/5V840 y  $L = 2.120mm$

### **Ángulo de contacto de correa**

#### **Conductora**

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \left[ \frac{D2-D1}{2C} \right] = 156^\circ$$

#### **Conducida**

$$\theta_2 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \left[ \frac{D2-D1}{2C} \right] = 204^\circ$$

### **Potencia de diseño**

Para calcular la potencia de diseño se debe conocer antes el factor de servicio ( $F_s$ ), este lo conseguimos de la Tabla 6,  $F_s = 1.8$  para el motor seleccionado, y con esto se calcula la potencia de diseño.

$$Pd = Pn \times Fs = 27 \text{ Kw}$$

### **Potencia corregida por correa**

Para poder calcular esta potencia se necesita primero conocer varios factores. ( $P_c$ )

### **Ángulo de contacto de correas ( $\theta$ )**

Se determina gracias a la Figura 28: Angulo de contacto de correas  $C\theta = 0.94$

### **Factor de corrección por longitud de correa ( $CL$ )**

Se determina de la Figura 29: Factor de corrección por longitud de correa  $CL = 0.94$

### **Potencia nominal por correa ( $P_n$ )**

Se determina con el Anexo B. Entonces  $D_1 = 150 \text{ mm}$  lo que da como resultado  $9 \text{ hp}$

### **Potencia agregada por correa relación de velocidades ( $P_a$ )**

Se determina con el Anexo C, para relación de 2.59 y  $870 \text{ rpm}$   $P_a = 0.94$

La suma de ( $P_a$ ) y ( $P_n$ ) será ( $P$ ) =  $9.94 \text{ HP} = 7.4 \text{ Kw}$

Ahora con todos los valores necesarios se calcula la potencia corregida por correa con los datos: ( $C\theta$ )  $\times$  ( $CL$ )  $\times$  ( $P$ )

$$P_c = 6.5 \text{ Kw}$$

### **Cantidad de correas**

Con la potencia de diseño se calcula el número de correas que necesita el sistema diseñado.

$$Z_n = \frac{P_d}{P_c} = 4$$

### **Tamaño de polea**

El tamaño de la polea se calcula con  $B = (Z_n - 1) \times d + 2e$ , del catálogo se determinan los datos y se calcula que  $B = 8.5 \text{ cm}$

### **Rayos de polea mayor ( $A_1$ )**

Cuando se tiene una polea con un diámetro de 400mm se utilizan por lo menos 4 rayos.

### **Ancho ( $hx$ )**

$$\text{Se calcula con } hx = \sqrt[3]{\frac{97,500xN}{n \times 4 \times A1}} = 7.189cm = 72mm$$

### **Espesor ( $ax$ )**

$$\text{Se calcula } (hx) 0.4xhx = 28.8 = 30mm$$

#### **4.4.1.6 Área real y masa aproximada de la polea**

$$Ad = \pi \times R^2$$

$$Ad = \pi \times (200)^2 = 125,663.7 \text{ mm}^2 = 1,256cm^2$$

Con esto se pasa al área tomando dimensiones aproximadas para una polea como el diámetro exterior del cubo 100mm, espesor de llanta 20mm y radio de los vacíos como 130mm para poder seguir calculando.

### **Área de vacíos**

$$Av = \frac{1}{4} \pi \times (130)^2 = 13,273 \text{ mm}^2$$

Se multiplica por los 4 espacios vacíos que se tienen entre rayos y se consigue  $Avt = 530 \text{ cm}^2$

Con esto se consigue el área real aproximada de la polea con la formula  $Ap = Ad - Avt = 725cm^2$

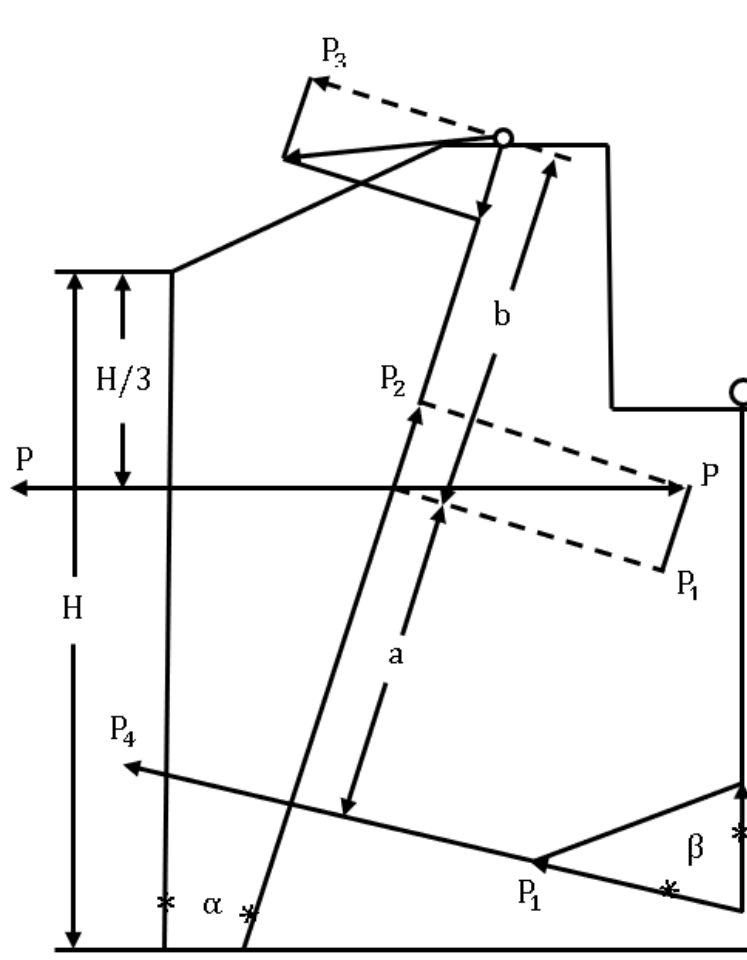
### **Masa aproximada**

Se calcula con la formula  $Mp = \rho \times Vp$  en la que  $Vp$  es el volumen de polea, el cual es determinado con  $Vp = Ap \times h$  en la que  $h$  es igual a  $b$  que en nuestro diseño es  $8.2cm$ , sustituyendo se tiene que  $Vp = 5950cm^2$

Ya con el volumen de la polea y la densidad del acero  $\rho = 7.85 \text{ gr/cm}^3$  se pasa a sustituir en la formula y obtener que  $Mp = 46000gr = 46kg$

#### 4.4.1.7 Fuerzas que actúan

Todas las fuerzas que actúan en este sistema provienen del movimiento generado por la excentricidad del eje y son transmitidas al resto de las piezas durante el funcionamiento del sistema. (Ver Figura 40)



**Figura 40: Fuerzas en el sistema**

**Fuente:** Moreira (2023)

Como se puede ver en la figura 40 la fuerza  $P$  actúa directamente en la parte fija del sistema, esta fuerza se calcula con la ecuación:

$$P = 405 \times LB \times H = 95 \text{ Ton} \times 1000 = 95000Kg$$

Teniendo P se procede a calcular el resto de fuerzas, las cuales son P1, P2, P3 y P4 como se puede apreciar en **Figura 40: Fuerzas en el sistema**

- $P1: P \times \cos \alpha = 90000Kg$
- $P2: P \times \sin \alpha = 32000Kg$
- $P3: \frac{a \times P \times \cos \alpha}{a+b} = 53000kg \text{ (} a = 390mm \text{ y } b = 270mm \text{)}$
- $P4: \frac{b \times P \times \cos \alpha}{a+b} = 36000kg \text{ (} a = 390mm \text{ y } b = 270mm \text{)}$

#### 4.4.1.8 Eje excéntrico

Este eje está constituido por dos diámetros, uno mayor y otro menor el cual va pegado de los extremos en el que fijamos el volante y la polea mayor, lo trabajamos como una viga con soportes en los extremos, teniendo esto en cuenta se calcula el eje excéntrico.

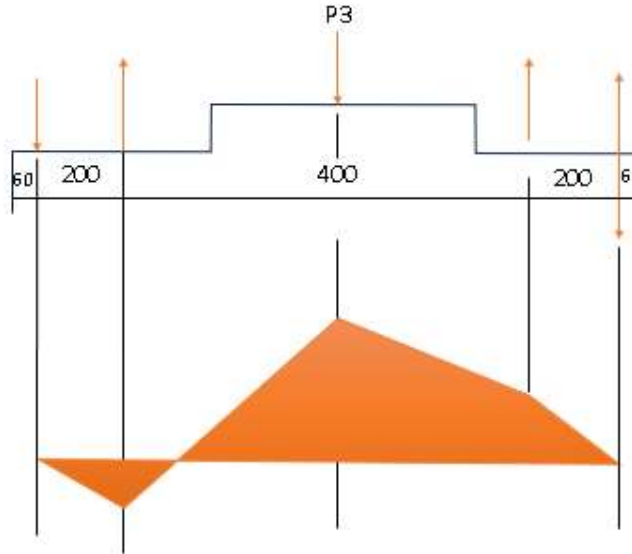
- Fuerzas generadas por las correas

$$\text{Se calcula con } Q = 2 \times S_o \times Z_n \times \sin \frac{\theta_1}{2}$$

en la que  $S_o$  es la tensión inicial de la correa que al ser tipo v le corresponde 21kg, sustituyendo en la formula los datos se obtiene que  $Q = 164 Kg$

- Reacciones en apoyos

Se calcula utilizando la ecuación de momento, las dimensiones están en el siguiente diagrama. (Ver Figura 41)



**Figura 41: Diagrama eje excéntrico**

Fuente: Moreira (2023)

$$MI = (Q \times 60) + (R2 \times 40) - (P3 \times 20) - (Gp \times 60) + (Gv \times 20) = 0$$

Se despeja R2 y se toma en cuenta que  $GP = GV = MP = 46KG$  y se obtiene que  $R2 = 26kg$

Con R1 se utiliza la sumatoria de fuerzas en  $Y \sum Fy = Q + R2 + R1 - P3 - Gv - Gp =$  se despeja  $R1 = 26kg$

### Momento flector máximo

Se determina con la siguiente ecuación  $Mf = (R1 \times 20) - (Gv \times 60) = 531626kgxcm$

### Momento torsor

Se determina con  $Mt = P3 \times e'$  en el que  $e'$  es 1cm, por lo que obtenemos que  $Mt = 53185kgxcm$

### 4.4.1.9 Diámetro del eje excéntrico

Se calcula utilizando los momentos con la siguiente ecuación:

( $\sigma_y$  es la Resistencia a fluencia del material, en este caso AISI 1045 y lo obtenemos en Anexo D Propiedades de algunos aceros al carbón,  $\sigma_y = 3161 \text{kgxcm}^2$  )

$$de = \sqrt[3]{\frac{10}{\sigma_y} \sqrt{mt^2 + mf^2}} = 12 \text{cm} = 120 \text{mm}$$

#### 4.4.1.10 Diámetro del eje en los extremos

Utilizamos la ecuación anterior, pero cambiando  $mf$  por  $mf_{max}$

$$Mf_{max2} = R1 - (Gpx20) = 25787 \text{kgxcm}$$

Ahora con la nueva  $mf$  se vuelve a utilizar la formula:

$$de2 = \sqrt[3]{\frac{10}{\sigma_y} \sqrt{mt^2 + mf^2}} = 6 \text{cm} = 60 \text{mm}$$

#### 4.4.1.11 Cuñas del sistema

##### Par torsional

$N = \text{Potencia nominal en kw y } n \text{ velocidad en rpm}$

$$Tc = 97500 \frac{N}{n} = 4458 \text{kgxcm}$$

Con esto se selecciona de la Tabla 4 una cuña para un diámetro de eje de 57mm hasta 70mm, será cuadrada entonces  $W = H = 16 \text{mm}$  y  $L = 50 \text{mm}$  (Ver Apéndice 29 )

##### Aplastamiento

El aplastamiento de la cuña se obtiene con la siguiente formula:

$$\sigma_{ap} = \frac{4.4xTc}{d2xHxL} = 408727 \text{Kg/cm}^2$$

##### Esfuerzo cortante

Se calcula en función del área transversal de la cuña

$$F = Tc$$

$$Tc \frac{F}{A} = 1741kg/cm^2 \text{ (A debe ir en cm)}$$

Ya que se utilizará acero AISI 1020 por sus características apropiadas para este diseño, según la Tabla 4 se determina que el material cuenta con  $\sigma_y = 2111kg/cm^2$  por lo que tiene un valor mas alto que los esfuerzos calculados, lo que significa que el material es perfectamente apropiado para esta aplicación.

#### **4.4.1.12 Rodamientos**

Se van a necesitar dos pares de rodamientos diferentes donde los más grandes serán utilizados para el portamandíbulas y los más pequeños se utilizarán para la pared lateral del bastidor.

$$Q_{eq} = \frac{Q_{min} + Q_{max}}{3} = 17814kg$$

#### **Duración estimada**

Para calcular la duración estimada del diseño utilizamos  $L_d =$  (hrs de operación estimadas)  $\times$  (rpm)  $\times$  (min/hr) se esperan aproximadamente 3000horas de uso para 328rpm que es lo que anteriormente se calculó que trabajaría el sistema por lo que obtenemos que  $L_d = 5.904 \times 10^7$

#### **Capacidad de carga dinámica**

$$K = 3.33 \text{ ya que son rodamiento a rodillos}$$

$$\text{La calcularemos con la formula } C_o = Q_{eq} \times (L_d/10^6)^{1/k} = 60550kg$$

#### **Capacidad de carga estática**

Se calcula con la formula  $C_o = f_s \times Q_{eq}$ , de la cual  $F_s$  es el factor de seguridad, se considera un factor de seguridad de 2.5, por lo que obtenemos que  $C_o = 44535kg$

Considerando estos datos se puede pasar a elegir los rodamientos que utilizara el sistema del catálogo que más nos convenga.

#### **4.4.1.13 Partes de la trituradora**

## I) Mandíbulas

Se considera que el material a utilizar será acero al carbón AISI 1040, las placas tendrán el espesor igual.

### Láminas

El espesor se calcula en función al esfuerzo despejando  $\sigma_y$ , la fuerza es  $P = 95000 \text{ Kg}$  la cual se calculó con anterioridad.

$$\sigma_y = 2958 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } \sigma_u = 5344 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Area transversal de la lamina} = \frac{P}{\sigma_Y} = 32380 \text{ kg/cm}^2$$

Ahora con el área transversal de la lámina se utilizar la formula  $t \frac{A}{w}$  para conseguir que:

$$t = 0.800 \text{ cm}$$

Se tomará un espesor mayor ya que el material estará expuesto a bastantes esfuerzos, se expresa en mm.

$$t = 30 \text{ mm}$$

Con esto se calcula el área real con  $A = w \times t$  y obtenemos que son  $120 \text{ cm}^2$ , y con ella se divide la carga de  $95000$  entre los  $120 \text{ cm}^2$  y se tiene que son alrededor de  $800 \text{ kg/cm}^2$  lo que significa que las láminas de este tipo de material son suficientes, se utilizarán dos laminas y se le harán los agujeros correspondientes. (Ver Apéndice 1)

### Pernos

Para fijar adecuadamente las placas se utilizan 12 pernos, esto significa que la fuerza se repartirá entre ellos  $P_3 = 53000 \text{ kg}$ , esto deja que cada perno tiene que resistir por lo menos  $4416 \text{ kg}$ , se utilizara acero grado 8.8 del cual tenemos sus características del Anexo E y tenemos que la resistencia de prueba es  $\sigma_p = 600 \text{ mpa}$ , esto se lleva a  $\text{kg/cm}^2$ , y se procede a calcular el área transversal del perno con:

$$\text{Area transversal del perno} = \frac{P}{\sigma_p} = 0.72 \text{ cm}^2$$

Ahora se calcula el radio:

$$\text{Radio del perno} = \sqrt{\frac{\text{Area transversal del perno}}{\pi}} = 0.48\text{cm}$$

Y se multiplica el radio para obtener el diámetro:

$$\begin{aligned} \text{Diámetro de perno} &= 0.96\text{cm} (\text{Tomaremos } 1.5\text{cm} \\ &= 15\text{mm por los esfuerzos a los que estaran sometidos los pernos}) \end{aligned}$$

$$\text{Area transversal real} = \pi R^2 = 1767\text{cm}^2$$

Ahora se calcula el esfuerzo cortante de los pernos para verificar el material elegido:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo cortante de los pernos} &= \frac{P3}{\text{Area transversal real}} = \\ \frac{\text{Fuerza que resiste cada perno}}{\text{Area transversal real}} &= 2.500\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Lo que significa que el material es apropiado para los pernos del sistema.

## **Porta mandíbula**

Lo conforman dos partes, la caja y la placa, en la caja va el eje y los rodamientos mientras que la placa es donde va la mandíbula móvil.

## **Placa**

Se diseña en acero al carbón AISI 1020 del cual ya se conocen sus propiedades del Anexo D, a esta placa se le perforan los agujeros para los pernos para la mandíbula y se le soldara un soporte para la articulación ya la amortiguación.

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{P}{A}$$

$$\text{Area minima} = \frac{P}{\sigma_y} = 45.000\text{cm}^2$$

Se toma el ancho de la placa  $w$  como  $40\text{cm}$

$$\text{Area minima} = \frac{wxt}{se} \text{ se depeja } t/t = \frac{A}{W} = 1.125\text{cm} \quad (t=5\text{cm ya}$$

que es una pieza expuesta a esfuerzos y fática constante y debe soportar gran carga incluyendo el peso del sistema)

Ahora se calcula la unión del soporte para la articulación, utilizamos electrodo E-7018, tiene un  $\sigma_u = 70,000 \text{ psi}$  que son  $\sigma_u = 4,923 \text{ Kg/cm}^2$ , en el Anexo F tenemos que para una placa con 40mm de espesor se debe utilizar una altura mínimo de cordón de 7.94mm, con lo que calculamos el espesor mínimo del cordón  $con t = 0.707xh = 5.6$  se considera  $t = 6\text{mm}$ .

Con esto se consigue el área transversal del cordón.

$$\text{Area transversal cordon} = \frac{1}{2} t \times h = 23.8\text{mm}^2 = 0.238\text{cm}^2$$

Ahora se calcula el largo del cordón tomando en cuenta que la pieza se tiene que soldar por todos los lados. Arriba y abajo=400mm Derecha e izquierda=340mm

Con las medidas se calcula la resistencia de los cordones, tomando en cuenta que  $AL = h(\text{cm}) \times Lc$ , tomamos la longitud de los cordones más cortos, lo que nos da como resultado  $27000\text{cm}^2$  (Ver Apéndice 2)

$$\sigma_y = \frac{P}{AL} = \frac{95000}{27000} = 3,519\text{kg/cm}^2$$

## Caja

Se diseña en acero al carbón AISI 1040 del cual ya se conocen sus propiedades del Anexo D y tendrá que soportar la fuerza  $p3 = 53000\text{kg}$ , vamos a calcular el espesor de la pared y para eso se calcula el área mínima en función de  $\sigma_y$ .

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{P3}{A}$$

$$\text{Area minima} = \frac{P3}{\sigma_y} = 18\text{cm}^2$$

Ahora se calcula el diámetro externo con la fórmula de cilindros huecos.

$$d = \text{Diámetro externo rodamiento (alrededor de 22cm)}$$

$$A = \frac{\pi x(D^2 - d^2)}{4} / (D - d) = \sqrt{\frac{Ax4}{\pi}} = 5cm$$

$$D = A + d = 27cm$$

Ahora se calcula el área menor

$$A = \frac{\pi x(D^2 - d^2)}{4} = 192.42kg/cm^2$$

Y con esto se comprueba si el material elegido es apto para el diseño:

$$\sigma_y = \frac{P3}{A} = \frac{53000}{192.42} = 275.439kg/cm^2$$

El acero seleccionado tiene mayor resistencia a fluencia, por lo que es apropiado. (Ver Apéndice 3)

### **Conjunto de regulación**

Este está compuesto por tres partes principales, funciona de soporte, regulación y seguridad.

### **Perno**

Se utiliza para poder regular el soporte de placa, con él se podrá ajustar la abertura de descarga, se utilizan dos pernos, de material se vuelve a utilizar el acero grado 8.8 el cual según el Anexo E tiene  $\sigma_p = 6,118.2 \text{ Kg/cm}^2$ , para calcular sus esfuerzos a tensión se debe primero dividir  $P4$  en dos que es el número de pernos:

$$\frac{P4}{2} = \frac{36000}{2} = 18000kg$$

Y se calculan los esfuerzos:

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{P4}{A}$$

Calculamos el área mínima:

$$Area\ minima = \frac{P4}{\sigma_y} = 3cm^2$$

$$\text{Area mínima perno} = \pi x R^2$$

Se despeja el radio:

$$R \sqrt{\frac{\text{Area mínima perno}}{\pi}} = 1cm$$

Se multiplica para conseguir el diámetro:

$$d = R x 2 = 2cm (\text{Utilizaremos 2.4 para selección de perno})$$

Ahora se calcula el área transversal real del perno:

$$\text{Area real del perno} = \pi x R^2 = 3.1415cm^2$$

Ahora calculamos el esfuerzo para comprobar el material:

$$\sigma = \frac{\text{Esfuerzo de cada perno}}{\text{Area real del perno}} = \frac{18000}{3.1415} = 5730kg/cm^2$$

El material es apropiado para el diseño, se eligen pernos M24 de cabeza hexagonal.

## Placa

Esta es la pieza encargada que va a unir el soporte de la placa con el porta mandíbula y se va a desplazar gracias al perno que se acaba de diseñar, se utiliza el ya conocido en el diseño AISI 1020, tendrá que soportar a  $P4 = 36000$ .

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{P4}{A}$$

Se calcula el área mínima:

$$\text{Area mínima} = \frac{P4}{\sigma_y} = 17cm^2$$

$$\text{Area mínima placa} = wxt \quad / \quad t = \frac{\text{Area mínima placa}}{w}$$

Diremos que el ancho de la placa son  $w = 200mm = 20cm$

$t = \frac{17}{20} = 0.85\text{cm}$  (Se toma 2cm ya que la placa estará expuesta a grandes fuerzas)

$$\text{Area real de la placa} = wxt = 40\text{cm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{P4}{A} = 900\text{kg/cm}^2$$

El material soporta perfectamente. (Ver Apéndice )

### **Soporte de placa de articulación** (Ver Apéndice 4)

Está compuesto por dos placas L soldadas al exterior de la pieza y una placa U que estará en contacto con la placa, se vuelve a utilizar Acero AISI 1040.

- Placa U

$$\sigma_y = \frac{F}{A} = \frac{P4}{A}$$

$$\text{Area minima U} = \frac{P4}{\sigma_y} = 17\text{cm}^2$$

$$h = 90\text{mm} = 9\text{cm}$$

$$\text{Area minima placa U} = hxt \quad / \quad t = \frac{\text{Area minima placa U}}{h} = 2\text{cm (tomaremos } t = 2.5\text{cm)}$$

Ahora se calcula el *área transversal*  $= wxt = 9 \times 2.5 = 22.5\text{cm}^2$

Ya podemos calcular el esfuerzo:

$$\sigma_y = \frac{P4}{A} = \frac{36000}{22.5} = 1440\text{kg/cm}^2$$

El material soporta. (Ver Apéndice 8)

- Placas L

Utilizamos la misma área mínima de la placa anterior y  $W = 20\text{cm}$

$$\text{Area minima } U \text{ y } L = \frac{P4}{\sigma_y} = 17\text{cm}^2$$

$$\text{Area minima placa } L = wxt$$

$$t = \frac{\text{Area minima placa } U}{w} = 0.85\text{cm}(\text{tomamos } 1\text{cm})$$

Se calcula el área =  $wxt = 1 \times 20 = 20\text{cm}^2$

Se calculamos el esfuerzo:

$$\sigma_y = \frac{P4}{A} = \frac{36000}{20} = 1800\text{kg/cm}^2$$

El material resiste el esfuerzo. (Ver Apéndice 9)

Ahora se calcula la soldadura del soporte

Utilizamos el electrodo E7018, se realiza soldadura en todos los lados con una longitud de 20cm, es decir, 4 cordones.

$$\text{Electrodo E7018 } \sigma_u = 4,923 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Al = 27\text{cm}^2$$

$$\sigma_y = \frac{P4}{Al} = \frac{36000}{27} = 1365\text{kg/cm}^2$$

### **Sistema de amortiguación de la trituradora**

Está constituido por una vara la cual tendrá uno de los extremos roscados y el otro totalmente plano, un resorte y su turca reguladora y un pasador, este estará en la parte inferior por lo que también sirve para regular la descarga.

### **Vara y lado roscado**

Para el diseño se considera que la vara soporta únicamente la mitad de la fuerza de  $P4$  es decir 18000kg y volvemos a utilizar el conocido Acero AISI 1020 gracias a sus características y versatilidad.  $\sigma_u = 3,865 \text{ kg/cm}^2$

Se busca el diámetro para la varilla mediante el área mínima transversal:

$$\text{Area minima transversal vara} \frac{18000}{3865} = 4.65\text{cm}^2$$

Mediante la fórmula de cilindros solidos para área:

$$\text{Area minima transversal vara} = \pi x R^2$$

Se Despeja el radio:

$$\text{Radio vara} = \sqrt{\frac{\text{Area minima transversal vara}}{\pi}} = 1.5\text{cm}$$

Se multiplica para conseguir el diámetro:  $d = 1.5 \times 2 = 3\text{cm}$  (para el lado roscado se maquina una rosca para una tuerca hexagonal M24)

Ahora se calcula el área transversal real de la vara

$$\text{Area transversal real de la vara} = \pi x R^2 = 7\text{cm}^2$$

Y se comprueba los esfuerzos para el material

$$\sigma_u = \frac{18000}{7} = 2571.42\text{kg/cm}^2$$

El material es apropiado.

### **Pasador y extremo plano de vara**

El material a utilizar será el Acero AISI 1020, se calcula el esfuerzo, será el mismo que la vara, es decir, la mitad de P4

$$\text{Fuerza en vara y pasador} = 18000\text{kg}$$

$$\text{Esfuerzo pasador} = \frac{P4}{A} = \frac{\text{Fuerza en pasador}}{A}$$

Se vuelve a dividir la fuerza del pasador por estar en corte doble

$$\text{Area pasador} = \frac{9000}{3865} = 2.32\text{cm}^2$$

Ahora con el área del pasador:

$$\text{Area pasador} = \pi x R^2$$

Se despeja el radio:

$$\text{Radio pasador} = \sqrt{\frac{\text{Area pasador}}{\pi}} = 0.88\text{cm}$$

Se calcula el diámetro con el radio:  $d = 2x0.88 = 1.76\text{cm}$  (tomamos 2.5cm)

$$\text{Area transversal real pasador} = \pi x R^2 = 4.90\text{cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo pasador} = \frac{\text{fuerza en pasador}}{\text{area transversal real pasador}} = 1836\text{kg/cm}^2$$

El material es apropiado.

Esfuerzo en la parte plana de la vara

Lo primero es obtener las medidas, en este caso usamos de ancho 5cm, de largo 5cm y de espesor 2.5cm

$$\text{Area vara plana} = tx(w - \text{diametro pasador}) = 6.25\text{cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo vara plano} = \frac{18000}{6.25} 2880\text{kg/cm}^2$$

El material funciona.

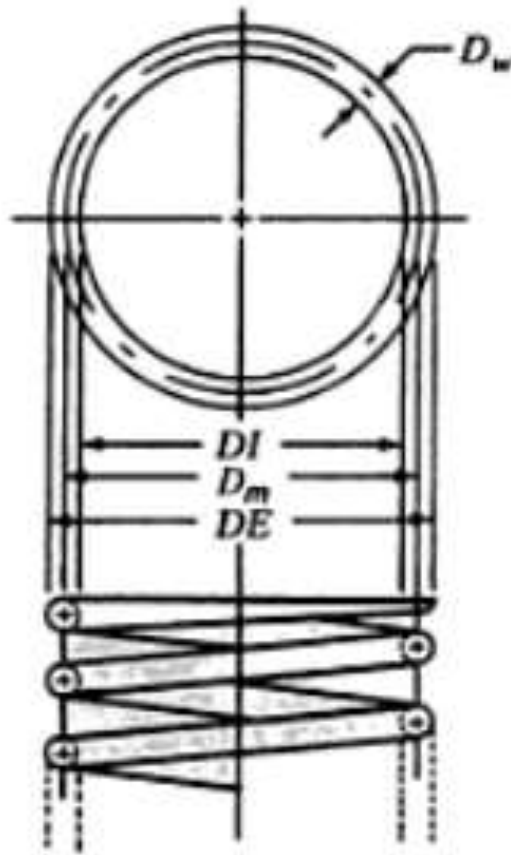
### **Resorte de amortiguación**

Está instalado en el extremo de la vara, el diámetro interno del resorte ( $d_i$ ) será 50mm o 5cm, utilizamos acero A227 Calibre 3, sus especificaciones se obtienen en Anexo G, y se asumirá el diámetro de resorte 6mm o 0.6cm. (Ver Figura 42)

$$\text{Módulo en cortante } G = 11.5 \times 10^6 \text{ psi}$$

$$\text{Módulo en tensión } E = 28.6 \times 10^6 \text{ psi}$$

G se necesita en  $kg/cm^2 = 808720 kg/cm^2$



**Figura 42: Diámetros de resorte**

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

Diámetro medio del resorte:

*Diámetro medio del resorte = diámetro interno + diámetro e alambre = 56mm*

Índice c del resorte se calcula con el diámetro medio y el diámetro del alambre, se recomienda  $5 < C < 12$

$$C = \frac{\text{Diámetro medio}}{\text{Diámetro alambre}} = 9$$

$$\text{Factor Wahl} = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} = 1.16$$

Esfuerzo de corte alambre:  $f_0=80\text{kg}$  (masa estimada)

$$\text{Esfuerzo corte alambre} = \frac{8 \times K \times F_0 \times D_m}{\pi \times D_w^3} = 6137 \text{kg/cm}^2$$

Se calcula la constante

$$(\text{Longitud cuando no esta comprimido})L_f = 108\text{mm} = 10.8\text{cm}$$

$$(\text{longitud de operacion})L_o = 60 = 6.0\text{cm}$$

$$k = \frac{F_0}{10.8 - 6} = 16.5$$

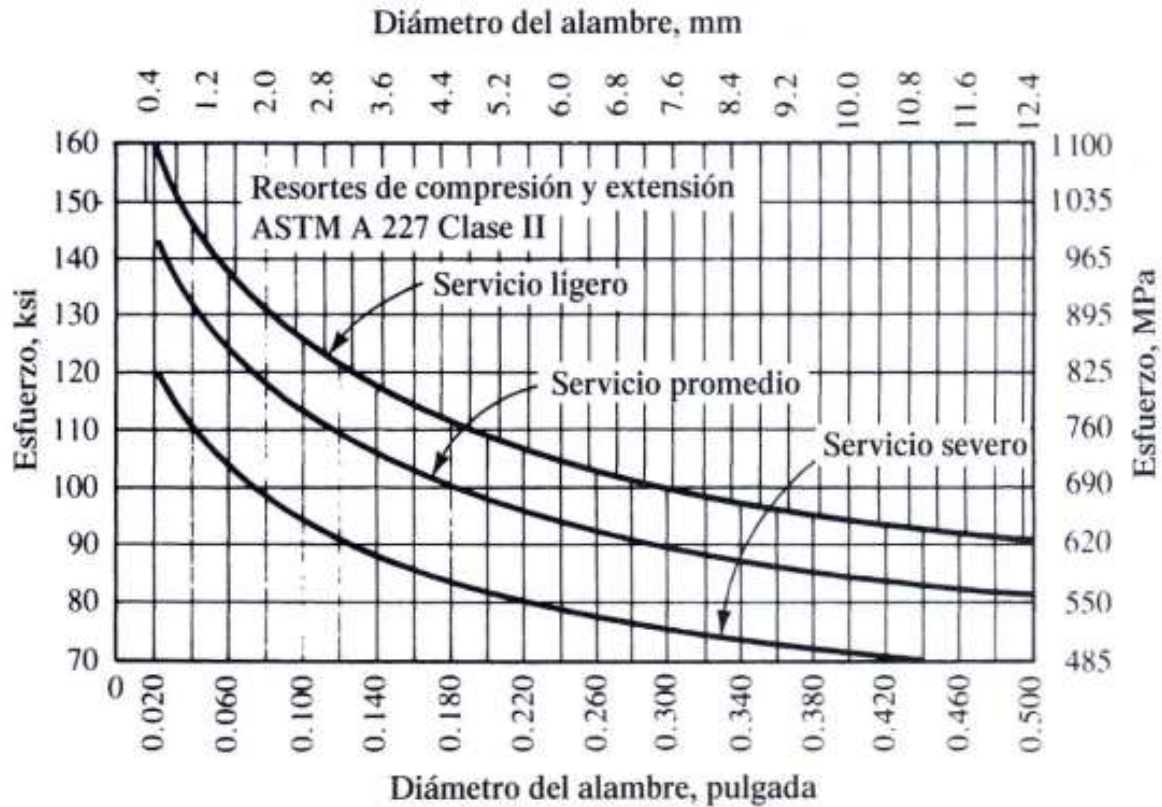
Ahora se calcula el número de vueltas del resorte

$$\text{Vueltas} = \frac{G \times D_w}{8 \times k \times C^3} = 6 \text{ vuelta}$$

(Los extremos son espirales inactivas por lo que el numero total de vueltas  $N$  sera 8 )

$$\text{Longitud comprimida} = D_w N = 48\text{mm}$$

De la imagen se tiene el esfuerzo de servicio promedio según el diámetro del alambre.  
(Ver Figura 43)



**Figura 43: Esfuerzos cortantes A227**

**Fuente:** Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4

660 Mpa = 6,730 Kg/cm<sup>2</sup> por lo que concluimos que el material funciona para este diseño.

#### 4.4.1.14 Armazón de la trituradora

El armazón es el encargado de dar forma y mantener todas las piezas del sistema y soportar las fuerzas generadas en el funcionamiento, por lo que se diseña con un alto factor de seguridad, este será dividido en varias partes como la parte de la pared delantera y la parte del bastidor, utilizamos Acero estructural ASTM A36, sus propiedades se obtienen en el Anexo H:  $E = 207 \text{ Gpa}$ ,  $\sigma_y = 250 \text{ Mpa}$ ,  $\sigma_u = 400 \text{ Mpa}$ .

#### Bastidor

La parte del bastidor está dividida en las siguientes piezas:

### **Placa para anclaje**

Se tienen 2 placas de este estilo, las cuales son las encargadas de fijar el sistema al piso, tendrán 3 pernos cada una, se utiliza el espesor de 2cm o 20mm, un ancho (W) de 8cm o 80mm y un largo (L) de 80cm o 800mm. (Ver Apéndice 10)

Se calcula el área de superficie:

$$\text{Area de superficie} = W \times L = 640\text{cm}^2$$

Luego se calcula el Volumen:

$$\text{Volumen} = \text{Area de superficie} \times \text{espesor} = 1280\text{cm}^2$$

### **Placa lateral**

Del mismo modo que las placas anteriores tenemos dos placas de este tipo y se vuelve a repetir espesor con 2cm o 20mm y largo con 80cm o 800mm, estas placas son de suma importancia ya que mantendrán las piezas más pesadas del diseño, además de las fuerzas generadas por los mismos, tendrán 8 pernos y se le hará un espacio rectangular para poder acceder de manera rápida a los componentes del sistema.

Se calcula el área para buscar los esfuerzos y verificar el espesor.

$$\text{Area placa lateral} = t \times l = 160\text{cm}^2$$

Se calcula el área del espacio rectangular: (Ver Apéndice 12)

$$\text{Espacio rectangular} = 2 \times 9 = 18\text{cm}^2$$

$$\text{Area placa lateral con espacio rectangular} = 142\text{cm}^2$$

Ahora se calcula el esfuerzo

$$\text{Esfuerzo} = \frac{P_{3/2}}{\text{Area placa lateral con espacio rectangular}} = 186.619\text{kg/cm}^2 \text{ (P3 a la mitad por ser dos placas iguales)}$$

El espesor es suficiente. (Ver Apéndice 11)

### **Soportes angulares para refuerzo**

De este tipo de soporte se utilizan 8 unidades, estos van soldados a las placas diseñadas anteriormente dando una mayor rigidez a la estructura del sistema, se vuelve a utilizar espesor de 2cm o 20mm y tendrán forma triangular con 8cm de ancho y 8cm de largo: (Ver Apéndice 13)

$$\text{Area de soportes} = 1/2wxh = 32\text{cm}^2 \text{(Formula de área para triángulos)}$$

### **Barra de unión de refuerzo**

Esta barra es la encargada de unir las placas laterales y dar mayor rigidez a la estructura, utilizamos el mismo material ASTM A36, calculamos su diámetro mínimo.

$$\text{Area minima transversal de barra de union} \frac{P3}{\sigma_y}$$

Se divide P3 a la mitad ya que la carga se divide entre los extremos de la barra.

$$\text{Area minima transversal de barra de union} \frac{P3/2}{\sigma_y} = 10.39\text{cm}^2$$

Ahora de la formula  $\text{Area minima transversal de barra de union} = \pi x R^2$  se despeja el radio

$$\begin{aligned} \text{Radio de barra de union} &= \sqrt{\frac{\text{Area minima transversal de barra de union}}{\pi}} = 1.8x2 \\ &= \text{diametro} = 3.6\text{cm} \text{(Diametro de barra de union} = 5\text{cm} \end{aligned}$$

por los esfuerzos a los que sera sometida) (Ver Apéndice 14)

### **Placa superior de refuerzo**

Esta placa va soldada entre las placas laterales al igual que la barra antes diseñada para de igual manera aumentar la rigidez del sistema, se vuelve a utilizar espesor de 2cm o 20mm y se utiliza ancho de 43cm y un largo de 27cm lo que da un área de  $1.161\text{cm}^2$  (Ver Apéndice 15)

$$\text{Area de placa superior de refuerzo} = wxh = 1.161\text{cm}^2$$

## Placa con tuerca

Esta placa estará de igual manera soldada a las paredes laterales, pero también a la placa superior de refuerzo y su función será la de sujetar los pernos del conjunto de regulación anteriormente diseñado, se vuelve a utilizar espesor de 2cm o 20mm y un ancho de 43cm o 430mm.

$$\text{Esfuerzo de placa con tuerca} = \frac{P4}{\text{Area placa con tuerca}}$$

Se calcula el área transversal:

$$\text{Area transversal} = wxt = 86\text{cm}^2$$

Se calcula el esfuerzo para verificar el material

$$\text{Esfuerzo} = \frac{36000}{86} = 418\text{kg/cm}^2$$

El material es apropiado. (Ver Apéndice 16)

## Placa de soporte en T

Esta pieza está formada por dos placas soldadas entre sí, también estarán unidas a las placas laterales y a la placa con tuerca que se diseñó antes, servirá de refuerzo, guía para la articulación y también sujetará la varilla del sistema de amortiguación mediante un agujero de 4cm, se vuelve a utilizar un espesor de 2cm o 20mm en ambas placas con un ancho de 43cm y un largo de 30cm en la placa 1 y 43cm de ancho con 16cm de alto en la segunda.

$$A = WxL$$

$$\text{Area Placa 1} = W1xL1 = 1290\text{cm}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Area Placa 2} &= (W2xL2) - \text{Area del orificio para sistema de amortiguacion} \\ &= 675\text{cm}^2\end{aligned}$$

*Area total de la placa de soporte en T* = 1965cm<sup>2</sup>(Ver Apéndice 17)

## Soldaduras

Para las soldaduras con la que se une el bastidor se utiliza electrodo E6013 1/8, lo que significa altura mínima de cordón 7.94mm, espesor mínimo de cordón 5.6mm y espesor 6mm.

$$\text{Area transversal del cordón} = 1/2txh = 23.8\text{mm}^2$$

Tabla de los cordones a realizar (Ver Tabla 21)

**Tabla 21: Cordones para Bastidor**

Cantidad	Largo (mm)	Uso
2	460mm	Placa de soporte en T con placas laterales.
4	430mm	Placa con tuerca a placa superior de refuerzo y placa de soporte en T.
2	270mm	Placa superior de refuerzo a placas laterales.
2	150mm	Para unir placas laterales a barra de unión de refuerzo.
16	160mm	Soportes angulares para refuerzo a placas de anclaje y placas laterales.
2	800mm	Placas para anclaje a placa lateral.

**Fuente:** Moreira (2023)

## Pernos

Tanto el Bastidor como la pared delantera a diseñar se unirán por pernos y no por soldadura para permitir la portabilidad del aparato en cuestión, estos pernos estarán expuestos a esfuerzo de corte directo, el cual se necesita calcular para poder definir el diámetro de los mismos, se utilizará Acero de grado 9.8 el cual según el Anexo E tiene una resistencia de prueba de:

$$650\text{Mpa o } 6628\text{kg/cm}^2$$

Se necesitan 16 pernos en total, por lo que se divide P4 entre 16 para saber cuál es la fuerza que debe soportar cada perno.

$$\text{Fuerza para cada perno} = \frac{95000}{16} = 5937.5\text{kg}$$

Ahora se calcula el área transversal mínima del perno:

$$\text{Area transversal minima del perno} = \frac{\text{Fuerza para cada perno}}{\text{Resistencia de prueba}} = 0.89\text{cm}^2$$

Ahora de la formula  $A = \pi r^2$  se despeja el radio y se multiplica para conseguir el diámetro:

$$\text{Radio pernos Bastidor} = \sqrt{\frac{\text{Area transversal minima del perno}}{\pi}} = 0.5\text{cm}$$

$$(\text{Diametro del perno} = 1\text{cm})$$

pero se toma 1.4cm para mayor seguridad y llevarlo el diametro a metricas de perno)

Ahora se calcula el área transversal real:

$$\text{Area transversal real perno bastidor} = \pi r^2 = \text{usaremos } 1.5\text{cm}^2$$

Y ahora se calcula los esfuerzos para verificar el material:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo de corte pernos bastidor} &= \frac{\text{Fuerza para cada perno}}{\text{Area transversal real perno bastidor}} \\ &= 3958.33\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

El material es apropiado, se utilizarán pernos M14 de cabeza hexagonal.

**Pared delantera** (Ver Apéndice 18 a 22)

### **Frontal**

Se crearán 12 agujeros para los pernos, se sigue utilizando 2cm o 20mm de espesor y altura de 55cm o 550mm que fue lo calculado en **4.4.1.4** al inicio del diseño, y un ancho de 40cm o 400mm igual que la mandíbula. (Ver Apéndice 23)

$$\text{Area de la placa frontal} = wxh = 2200\text{cm}$$

### **Lateral**

Se necesitan 2 placas laterales, se le harán 8 agujeros para pernos, aquí se utilizan espesor de 1.5cm o 15mm, tendrá una altura de 55cm o 550mm también, pero 14cm o 140mm de ancho. (Ver Apéndice 24)

$$\text{Area de las placas laterales} = wxh = 770\text{cm}$$

### **Refuerzo**

Utilizamos tres placas para refuerzo del sistema, utilizamos el espesor de 2cm o 20mm, una altura de 40cm o 400mm y un ancho de 12cm o 120mm. (Ver Apéndice 25)

$$\text{Area de placas de refuerzo} = wxh = 480\text{cm}$$

### **Soldaduras**

Para las soldaduras con la que se une la pared delantera se utiliza electrodo E6013 1/8, lo que significa altura mínima de cordón 7.94mm, espesor mínimo de cordón 5.6mm y espesor 6mm.

$$\text{Area transversal del cordon} = 1/2txh = 23.8\text{mm}^2$$

Tabla de los cordones a realizar (Ver Tabla 22)

**Tabla 22: Cordones para Pared delantera**

Cantidad	Largo (mm)	Uso
12	120mm	Refuerzo con lateral

6	400mm	Refuerzo con frontal
2	550mm	Lateral con frontal

Fuente: Moreira (2023)

Adicional se diseñó una base para la trituradora ya que la salida de material esta por la parte de abajo y es necesario levantarla para poder conectar el elevador de materiales. (Ver Apéndice 26)

#### 4.4.2 Elevador de materiales

En 4.4.1.4 y 4.4.1.5 se calculó que la trituradora tendría las siguientes características, por lo que el elevador deberá cumplir con las mismas exigencias:

Datos:

-Flujo Requerido ( $Q$ )  $12T/h = 200kg/m$  (Mínimo)

-Altura de elevación ( $H$ )  $4m$

-Propiedades del material (Piedras sin clasificar) Muy abrasivas

-Peso específico aparente:  $1.4 t/m^3$

-Intensidad Horaria de trabajo: La máquina se pretende que trabaje un promedio normal de 8 horas por día, pero se diseñara para que resista jornadas de hasta 24 horas diarias.

La carga del cangilón se realizará directamente desde Tolva ya que se usa para el transporte de materiales de pedazos abrasivos y grandes. Se aplica una velocidad de desplazamiento bajo, como se indicó en 4.3.2.3

Elegimos un cangilón del Anexo I

$d = \text{suponemos } 250mm$

$Q = 12ton/h = 200kg/min$

$nt = \text{suponemos } 1$

$\rho = 1.4 t/m^3 = 1400kg/m^3$

$v = 67,5 m/min$

$$V1 = \frac{dxQ}{ntxvxp}$$

$$V1 = \frac{0.25 \times 200}{1 \times 67.5 \times 1400} = 5.29 \times 10^{-4} = 0.0185 \text{ pie}^3 \text{ (Ver Tabla 23)}$$

**Tabla 23: Cangilones**

TAMAÑO DEL CANGILÓN, PULGADAS'					PESO, LBS			CAPACIDAD, PULGADAS CU.		
DIMENSIÓN	Longitud	Proy.	Prof.	Grosor Pared Post	Nylon	Uretano	HDPE	Nivel Agua Pulg Cu X-X	Capacidad Pies Cu X-X	Espacio Estándar
5 x 4	5-1/4	4-1/8	4-1/8	0.205	0.51	0.60	0.44	34.8	0.020	8

**Fuente:** MAXI-TUFF

Del cual se consigue que el espaciado estándar para este cangilón es 8 pulgadas, lo que es igual a 0.2032 metros, con lo que se vuelve a calcular V (Ver Tabla 24)

$$V = \frac{0.2032 \times 200}{1 \times 67.5 \times 1400} = 4.30 \times 10^{-4} = 0.0150 \text{ pie}^3$$

tenemos que  $N_f=1$  el ancho de cinta será  $5 - 1/4 = 127 + 6.35 = 133.35 = B$

**Tabla 24: Factor k según el tipo de material.**

Tipo de material	k (Kg/m)
Granos y livianos	6 a 9
Pesados	9 a 15

**Fuente:** Good Year

Cálculo del peso lineal tentativo:  $Pc' = kxB$  (tomaremos  $k=10$ )

$$Pc' = 7,5 \times (133.35/1000) \times 9.81 = 9.81 \text{ n/m}$$

Tensión efectiva:  $T_e$

$$T_e = \frac{W1 \cdot (H + H0)}{d}$$

W1= Peso del material por cangilón

$$W1 = pV = 1400 \times 4.30 \times 10^{-4} = 0.602 \text{ kg (Ver Tabla 25)}$$

**Tabla 25** Altura equivalente según el tipo de cangilón (espaciado)

Ho (pies)	Ho (m)	
10	3,04	Cangilones continuos
30	9,14	Cangilones espaciados

Fuente: [Good Year](#)

$$T_e = \frac{0.602 \times (4 + 3.04) \times 9.81}{0.2032} = 204.60 \text{ N}$$

Peso tentativo de la cinta:

$$w^2 = Pc' \cdot H = 9.81 \times 4 = 39.24 \text{ N}$$

Según el catálogo cada cangilón pesa 0.60 libras = 0.27 kg x 9.81 = 2.3487 N

Número de cangilones por fila:

$$Nc = \frac{4}{0.2032} = 20 \text{ cangilones}$$

$$W3 = 20 \times 2.3487 = 52.974 \text{ N}$$

Tracción de la cinta o tensión de trabajo: P`o

$$P^o = W2 + W3 + T_e = 39.24 + 52.97 + 204.60 = 296.81 \text{ N}$$

La tensión transversal sobre la cinta es:

$$qc = \frac{P^o}{B} = \frac{296.81}{133.35} = 2.22 \text{ N/mm}$$

Composición de la cinta: (Ver Tabla 26)

**Tabla 26: Valores de tensión**

VALORES DE TENSION

		EP 630/3	EP 800/4	EP 1000/5	EP 1250/6
Servicio Industrial	Kn/m	42	56	70	84
	lbf/pul	240	320	400	480
Servicio de granos	KN/m	48	64	80	96
	lbf/pul	274	365	457	548

Fuente: Good Year

Tomando la de menor tensión, siendo está conformada por 3 lonas.  $^{\circ}N \text{ lonas} = 13,46kn/m \div 14 kn/m/lona \approx 1 \text{ lona EP 630/3 Good Year}$

Recubrimiento: es recomendado un recubrimiento de aproximadamente 3,0 mm.

Comprobación de la proyección del cangilón: (Ver Tabla 27)

**Tabla 27: Número mínimo de telas**

NUMERO MINIMO DE TELAS EN FUNCION DE LA PROYECCION DE LA BOCA DE CANGILONES

	EP 630/3		EP 830/4		EP 1000/5		EP 1250/6	
	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
Máxima proyección de boca Para cangilones espaciados -servicio industrial(100 lb/ft3-1pul)	210	8 1/2	260	10 1/2	260	10 1/2	260	10 1/2
Máxima proyección de boca Para cangilones continuos -servicio industrial(100 lb/ft3-1pul)	210	8 1/2	260	10 1/2	340	13 1/2	410	16 1/2
Máxima proyección de boca Para cangilones -servicios granos	240	9 1/2	240	9 1/2	240	9 1/2	240	9 1/2

Fuente: Good Year

Del catálogo del cangilón se comprueba que la proyección del mismo no es superior a la permitida.

Diámetro de polea (Ver Tabla 28)

$$\%Tensión = \frac{Qc}{P_{adm \text{ lineal}}} \times 100 = \frac{2.22}{42} \times 100 = 5.28\%$$

**Tabla 28: Diámetros mínimos de poleas**

**DIAMETROS MINIMOS DE POLEAS EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE TENSION**

Tensión	Diámetro MINIMO de la polea motora							
	EP 630/3		EP 800/4		EP 1000/5		EP1250/6	
	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
Hasta 60%	400	16	450	18	500	20	600	24
Entre 60% y 80%	450	18	500	20	600	24	750	30
Más de 80%	500	20	600	24	750	30	800	32

Fuente: Good Year

Debido a que el porcentaje es menos de 60% se toma como diámetro de polea motora 400

mm=D motriz =D tensora=Dmin.

Carga admisible para cinta.

$$P_{adm} = P_{adm \text{ lineal}} \times b = 42 \times 0.13335 = 5.6 \text{ kn}$$

Determinación del recubrimiento (Ver Tabla 29)

**Tabla 29: Espesor de cubiertas**

**ESPESOR DE LAS CUBIERTAS PARA MATERIALES (mm)**

Lado de la correa	Poco Abrasivos	Abrasivos	Muy Abrasivos	Extremamente Abrasivos
Cangilones	1,5	2,0	3,0	3,0
Poleas	1,5	2,0	3,0	3,0-6,0

Fuente: Good Year

Ya que de las características del material (Piedras sin clasificar) son muy abrasivas escogemos un recubrimiento de 3,0mm (Ver Tabla 30)

**Tabla 30: Peso de cubiertas**

**PESO DE LAS CUBIERTAS (STACKER, SUPER S Y B)**

Calibre Nominal(pul)	Peso(Kg/m2)	Calibre Nominal(mm)	Peso (Kg/m2)
1/32	0,941	1,0	1,191
1/16	1,893	1,5	1,786
3/32	2,834	2,0	2,381
1/8	3,786	3,0	3,572
3/16	5,668	4,0	4,763
1/4	7,561	5,0	5,954
5/16	9,454	6,0	7,144
3/8	11,348	7,0	8,335
1/2	15,122	8,0	9,526
		10,0	11,907
		12,0	14,289

**Fuente:** Good Year

Peso total del recubrimiento:

$$W_{total\ recubri.} = Peso\ tabla \times 2 \times H \times B = 3.572 \times 2 \times 0.13335 \times 4 = 3.81\text{kg}$$

Tracción máxima

$$P_o = W_2 + W_3 + T_e$$

$$W_2 = ((1) \times 4 \times 0.13335 \times 3.81) \times 9.81 = 19.93$$

$$P_o = 2.775\text{Kn} < 5.6\text{kn}$$

Lo que significa que se puede continuar con el diseño:

Transmisión sin deslizamiento entre polea superior y cinta.

$$P_o/P_1 \leq e^{\pi F_p}$$

$$e^{\pi \times 0.35} = 3$$

$$277.5/92.9 = 2.98 \leq e^{\pi \times 0.35}$$

(Se cumple la condición)

**Ejes de poleas**

**Longitud del eje**

$$L_{eje} = L_{extra} + B = 50 + 133.35 = 183.35\text{mm}$$

Diámetro del eje (Efectos de los momentos flector y torsor)

$$L = D + 2p + 250$$

$$L = 400 + (2 \times 120.65) + 250 = 891.3 \text{ mm}$$

Potencia del motor

$$Potabs = \frac{Texv}{4500} = \frac{204.60 \times 67.5}{4500} = 3 \text{ hp (Factor } n = 0.75 = 4 \text{ hp)}$$

Del catálogo WEG para motores trifásicos se elige el motor de 5hp carcasa 182/4T con par nominal de 10Nm a 3500Rpm

Se calcula la potencia total cómo (CV)

$$W1' = Wcang + W1 + Cadena = 130.26$$

$$Wcang = 2,3487 \text{ N}$$

$$W1 = 118.11 \text{ N}$$

$$Pc = 9.81 \text{ N}$$

$$V = 67.5 \text{ m/min} = 1.125 \text{ m/s}$$

$$d = 0.2032$$

$$J = 0.5$$

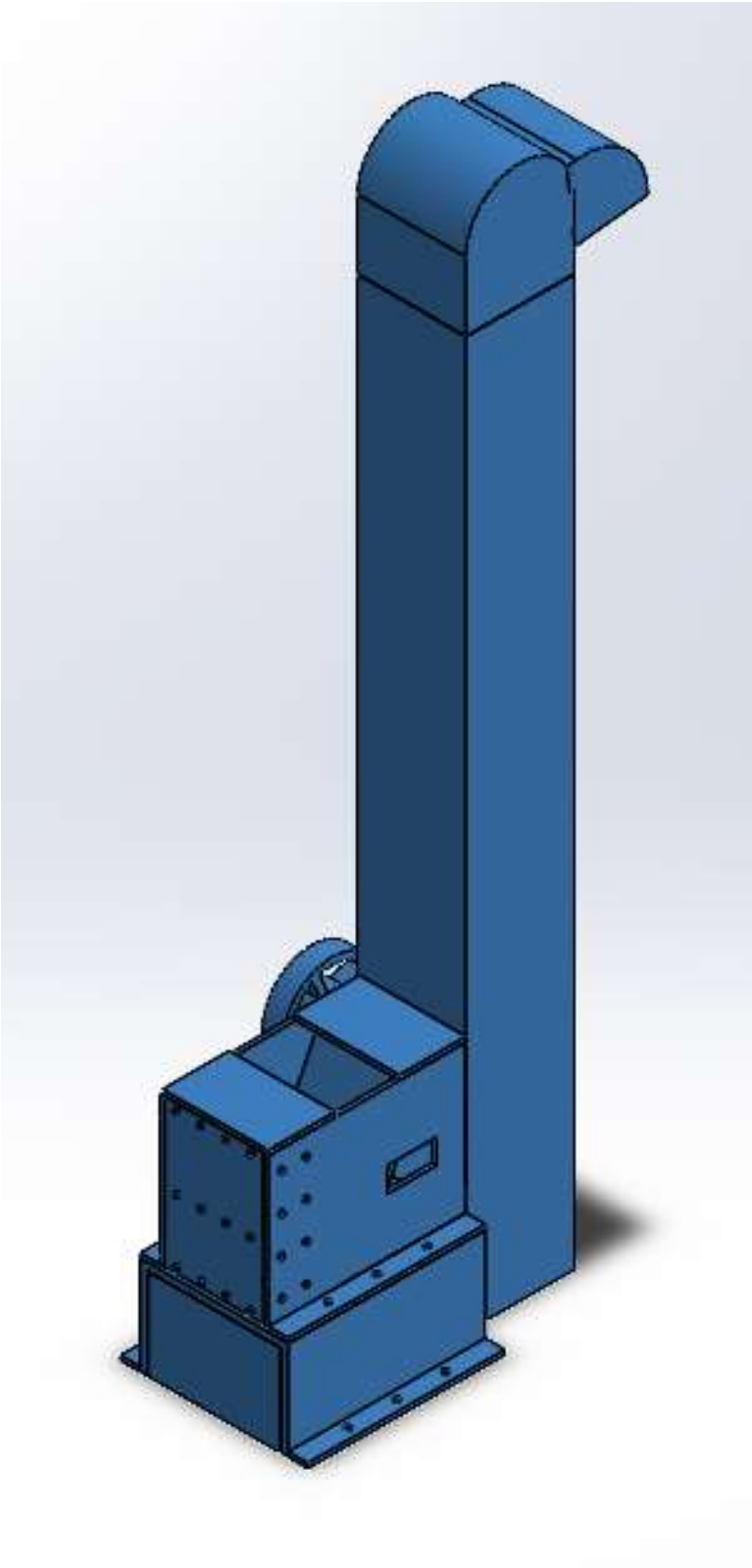
$$h = 4 \text{ m}$$

$$D = 0,400 \text{ m}$$

$$P = \frac{1,6}{75} \left( \frac{w1xvxh}{d} + 12jxW1x \frac{D}{d} xv + \frac{1.1w'1}{g} x \frac{v^3}{d} \right)$$

$$P = 9.14 \text{ HP}$$

**4.4.3 Ensamble final del sistema**



## **4.5 Evaluar la viabilidad económica y técnica del sistema diseñado.**

La viabilidad técnica del sistema diseñado es una herramienta fundamental el éxito o fracaso del sistema diseñado en un panorama real de uso, son necesarias para cualquier proyecto que se pretende para más que solo el papel y un requisito para la toma de decisiones respecto al mismo para verificar si la utilización del proyecto es útil o no.

### **4.5.1 Viabilidad técnica**

La viabilidad técnica Consiste en determinar si la empresa o industria cuenta con los recursos técnicos y la experiencia necesaria para cumplir con los requisitos del proyecto.

Es necesaria evaluar los recursos técnicos del lugar y decidir si están a la altura del proyecto para su correcta utilización, de lo contrario es probable que el proyecto sea una pérdida de tiempo y fondos.

### **4.5.2 Viabilidad económica**

Un estudio de viabilidad es un análisis de investigación en el que se tienen en cuenta todos los factores relevantes que afectan al proyecto incluyendo las consideraciones económicas, técnicas, legales, planificación, así como los estudios de mercado- para determinar la probabilidad de completar el proyecto con éxito. Del mismo modo, un estudio de viabilidad también está diseñado para identificar posibles problemas que puedan surgir al llevar a cabo el desarrollo de un nuevo producto.

El resultado se centra en determinar si la inversión de recursos proporcionará un resultado deseable, utilizando la investigación cualitativa y cuantitativa para evaluar las necesidades del proyecto.

El estudio de viabilidad es esencial para garantizar el éxito de un nuevo producto antes de lanzarlo al mercado, descubrir si su creación es factible y si se trata de un proyecto rentable.

Esto se calculó en base a un presupuesto aproximado del sistema diseñado. (Ver Tabla 31)

**Tabla 31: Presupuesto del sistema**

Nro	Objeto	Precio estimado (\$)
1	Láminas (ASTM A36, AISI1040, AISI 1020)	1500
2	Barras para refuerzo (ASTM A36, AISI 1045, AISI 1020)	750
3	4 correas gates v de 2,120mm	200(50 cada una)
4	Pernos, tornillos, arandelas, tuercas	500
5	Poleas	250
6	motor trifásico de 8 polos y 12kw (Aproximado)	1000
7	Electrodos	50
8	motor de 5hp carcasa 182/4T	1000
9	Cangilones	600(30 cada uno)
10	Otros	1000
	Total	6850

**Fuente:** Moreira (2023)

El sistema está pensado para aumentar alrededor del 50% la velocidad de trabajo de un equipo de trabajo tanto en el área de demolición de una construcción como en otras áreas aledañas a la misma como la trituración de otras rocas para la construcción, esto significa un incremento sustancial tanto en el rendimiento del equipo como en el ahorro de transporte de material y logística de la obra.

Tomando el ejemplo de la demolición de estructuras se tiene que la demolición de una casa de alrededor de 200 metros cuadrados según la cotización en línea de Cronoshare, una empresa especializada en el área cuesta alrededor de 12000 dólares, partiendo de esto y con el criterio que el sistema debería acelerar un mínimo de 50% el rendimiento del equipo, evitando paradas innecesarias y accidentes laborales, también tomando en cuenta que la propia empresa

estima que la demolición de la casa modelo se realiza en alrededor de 15 días, podemos calcular que apartando el 10% de la entrada para reponer el gasto del sistema, el mismo se estará pagando en alrededor de 6 trabajos, esto sería alrededor de 3 meses en los que se recuperaría el 100% de la inversión.

## CONCLUSIONES

Todos los objetivos planteados en el proyecto “Propuesta de diseño de un sistema triturador y elevador automático portátil para materiales y residuos no ferrosos provenientes de la construcción.” el cual era principalmente proponer el diseño de un sistema triturador con la capacidad de elevar el material o residuo ya procesado con el fin de poder ser distribuido de manera rápida y eficiente a su lugar de destino o en su defecto a un vehículo. Fueron cumplidos de manera satisfactoria durante la realización del mismo, lo que nos permitió además utilizar los conocimientos adquiridos en las materias referentes al diseño, propiedades de los materiales y soldadura.

El diseño planteado se puede considerar económicamente factible, ya que el retorno de la inversión inicial se generaría en pocos meses, y al recuperarse éste en un periodo menor a un año, se demuestra que el proyecto es rentable. Cabe destacar que el proyecto se considera factible técnicamente ya que se cuenta con la tecnología necesaria para la puesta en marcha y mantenerse en funcionamiento.

Se logro diseñar tanto una trituradora de tipo Dalton como un elevador de cangilones con una buena capacidad de producción de 12 toneladas por hora, esto supondrá un aumento de producción de las empresas que decidan utilizar el sistema ya que gracias a sus características de diseño tales como sencillez del sistema, fácil montaje y operación, robustez del mecanismo, peso bajo y completa modularidad de la maquina son características que sobresalen en comparación a otras permitiendo una fácil portabilidad del sistema a sitios con difícil acceso o alejados de una planta que sería el habitat natural de un sistema como este permitiendo una gran versatilidad a la hora de sacarle provecho y rentabilizar el mismo.

El uso de la ley de Mohr para esfuerzos combinados junto con el uso de ecuaciones de esfuerzos normales y cortantes fueron de gran ayuda para lograr comprobar la resistencia de los materiales a utilizar en el diseño.

El presente trabajo también logra demostrar claras ventajas económicas, al eliminar parte del esfuerzo físico de los operarios y los riesgos de enfermedades ocupacionales por los movimientos repetitivos. Con la instalación del sistema diseñado se aumentará el beneficio

económico para la empresa, producido por la venta de material recuperado de los escombros. Esto además de acortar los tiempos de las actividades relacionadas.

## RECOMENDACIONES

Para un óptimo funcionamiento del sistema debemos tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

La máquina está diseñada para funcionar perfectamente plana, no puede operar inclinada y tiene que estar anclada al piso mediante las placas diseñadas para este fin, de no cumplir con esto es posible que los materiales salgan disparados de la trituradora al momento de ser triturados y ocasionar un imprevisto importante tanto a la maquina como a las posibles personas de los alrededores.

Se debe anclar al piso mediante los pernos diseñados con este fin para evitar movimientos generados por el funcionamiento de la máquina.

Bajo ningún concepto se puede sobrepasar la velocidad en rpm para la cual fue diseñada la máquina, esto puede traer serios problemas al eje excéntrico y al resto de mecanismos dentro la máquina, acelerando el desgaste y una posible falla prematura, aumentar el rpm más de lo indicado también puede traer problemas de rendimiento a la maquina y ocasionar que el material salga disparado sin ser triturado al exterior de la máquina.

Si bien algunas piezas fueron diseñadas a modo de fusible para evitar daños mas significativos a la maquina en caso de que se colocara un material demasiado duro para la trituradora, no se recomienda triturar ningún tipo de material para el que no fue diseñado el sistema, tanto en dureza como en características ya que puede afectar negativamente el funcionamiento dañando alguna pieza o atascando el sistema dependiendo de las cualidades de dicho material.

Al momento de hacer alguna revisión a la trituradora, esta debe estar totalmente apagada y desconectada, esto con la finalidad de evitar cualquier accidente con el personal que opere la misma.

Tanto a la trituradora como al elevador se le deben realizar inspecciones periódicas para verificar las piezas que están expuestas a un fuerte desgaste.

Totalmente desaconsejado colocar manos, pies o cualquier otra parte del cuerpo en cualquiera de los sistemas diseñados si estos están en funcionamiento o conectados.

No se puede sobrecargar ninguno de los sistemas diseñados, esto podría dañar alguna pieza o atascar la maquina con el exceso de material.

Ninguno de los sistemas debe ponerse en funcionamiento si alguna de sus compuertas está abierta ya que puede salir material despedido.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica**. Quinta Edición. Caracas, Venezuela: Episteme, C. A.
- Arias, F. (2016). **El proyecto de investigación. Introducción a la Metodología Científica**". Caracas: 6ta. Edición, Episteme.
- Automatización industrial.** (s.f). Documento en línea: [https://es.wikipedia.org/wiki/Automatización\\_industrial](https://es.wikipedia.org/wiki/Automatización_industrial) [Último acceso: 20 de enero de 2023].
- Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J. (2004). **Mecánica de materiales**. 3ra edición, Ed. Mc. Graw Hill.
- Bostwick y Kyte. (2006). **“Metodología de la Investigación”**. Ed. McGraw-Hill.
- Ferroso.** (s.f). Documento en línea: <https://es.wikipedia.org/wiki/Ferroso> [Último acceso: 20 de enero de 2023].
- Fueyo, L. (1999). **Equipos de trituración, molienda y clasificación: Tecnología, diseño y aplicación**. Madrid: Ed. Rocas y Minerales. 1ª edición [371 pp].
- García, J. (2014). **Guía de compra: 10 factores para elegir la maquinaria que tu empresa necesita**. Documento en línea: <https://cervisimag.com/es/b/blog/reciclaje-1/p/guia-de-compra-10-factores-para-elegir-la-maquinaria-que-tu-empresa-necesita-77-275>
- Guerrero, A. (2019). **“Diseño de trituradora 10 ton/ h para incrementar producción de agregados en la empresa Jubrisa E.I.R.L- Pucara - Jaén”**. Universidad César Vallejo, Perú.
- Hernández, C., Fernández, C., Baptista, P. (1997). **Metodología de la Investigación**. México, Ed. McGraw-Hill
- Hidalgo, D. (2020). **“Diseño de una máquina trituradora de plástico para la comunidad de Limoncocha, provincia de Sucumbíos-Ecuador”**. Universidad Internacional SEK, Ecuador.
- López, C. (1998). **Manual de áridos**. 3ª edición. Ed. Carlos López Jimeno. Madrid, 607 pp. ISBN: 84-605-1266-5.
- Máquina (tecnología).** (s.f). Documento en línea: [https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina\\_\(tecnología\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Máquina_(tecnología)) [Último acceso: 20 de enero de 2023].
- Martí, J., González, F., Yepes, V. (2005). **Temas de procedimientos de construcción. Extracción y tratamiento de áridos**. Universidad Politécnica de Valencia, España.

**Material.** (s.f). Documento en línea: <https://es.wikipedia.org/wiki/Material> [Último acceso: 20 de enero de 2023].

Méndez, D. (2010). **Revisión Documental.** Documento en línea: [https://adsucc.fandom.com/es/wiki/Revision\\_Documental](https://adsucc.fandom.com/es/wiki/Revision_Documental)

Mendoza, L. (2019). **“Diseño de un prototipo de máquina trituradora de botellas PET”.** Universidad Tecnológica Del Perú, Perú.

Mott, R. (2006). **Diseño de elementos de máquinas.** 4ta edición. México, Ed. Pearson.

Ondarse, D. (2021). **Corrosión.** Documento en línea: <https://concepto.de/corrosion/>

Peña, R., Carrero, C., Rondón, D. (2018). **Diseño de una Máquina Trituradora para la Producción de Abono Orgánico en el Municipio Barinas.** Universidad Politécnica Territorial José Félix Riba, Venezuela.

Pérez, M., Maldonado, J., Andrade, A. (2019). **Diseño de una Máquina Trituradora para el Reciclaje de Plástico en Venezuela.** Universidad de los Andes, Venezuela.

**Proceso de diseño en ingeniería.** (s.f). Documento en línea: [https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_de\\_diseño\\_en\\_ingeniería](https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_de_diseño_en_ingeniería) [Último acceso: 20 de enero de 2023].

Pytel, S. (2008), **“Resistencia de Materiales”.** Alfa Omega grupo Editor Octava Reimpresión de la 4ta. Edición. Oxford University Press, New York.

Revista Ciencias Sociales y educativas. (2017). **Experiencia Investigativa en la Lectura y la Escritura.** Vol. 7 (No.2). Venezuela: Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda.

Rodríguez, M., García, L., García, A. (2012). **Procesos de Unión.** Documento en línea: <https://es.slideshare.net/MariaGpeRdzMarthell/procesos-de-unin-15729586>

Sabino, C. (1992). **El Proceso de Investigación.** Venezuela: Ed. Panapo.

Sampieri R., Fernández C., Baptista P. (2006). **“Metodología de la Investigación”.** Ed. McGraw–Hill.

Serrano, P. (2018). **Residuos de construcción y demolición reciclados para su reutilización.** Documento en línea: <https://www.certificadosenergeticos.com/residuos-de-construccion-y-demolicion-reciclados-reutilizacion>

Sotecma. (s.f). El **Elevador de Cangilones al detalle.** Documento en línea: <https://www.sotecma.es/elevador-cangilones-detalle/>

Tiktin, J. (1994). **Procesamiento de áridos: Instalaciones y puesta en obra de hormigón**. Universidad Politécnica de Madrid, España.

**Trituradora**. (s.f). Documento en línea: <https://es.wikipedia.org/wiki/Trituradora> [Último acceso: 20 de enero de 2023].

Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL. (2006). **Manual de trabajos de grado, de especialización, maestría y tesis doctorales**. 4º edición. Caracas. Fedeupel.

V. S. Shubin. C. Pedre. (1984). **Diseño de maquinaria industrial**. 4ta edición. Habana Cuba, Ed. Pueblo y Educación.

Vílchez, N. (2.002). **“Estrategias Creativas en el Diseño Mecánico”**. Carabobo, Venezuela: Universidad de Carabobo.


Villar, C., Meijome, X. (s.f.). **Técnicas de obtención de datos**. Documento en línea: <https://www.salusplay.com/apuntes/apuntes-metodologia-de-la-investigacion/tema-5-tecnicas-de-obtencion-de-datos/>

Vise. (s.f). **Máquinas para Trituración: Características y Uso**. Documento en línea: <https://blog.vise.com.mx/maquinas-para-trituracion-caracteristicas-y-uso>

Yepes, V. (2013). **¿Qué son las machacadoras de mandíbulas?** Documento en línea: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/11/04/que-son-las-machacadoras-de-mandibulas/>

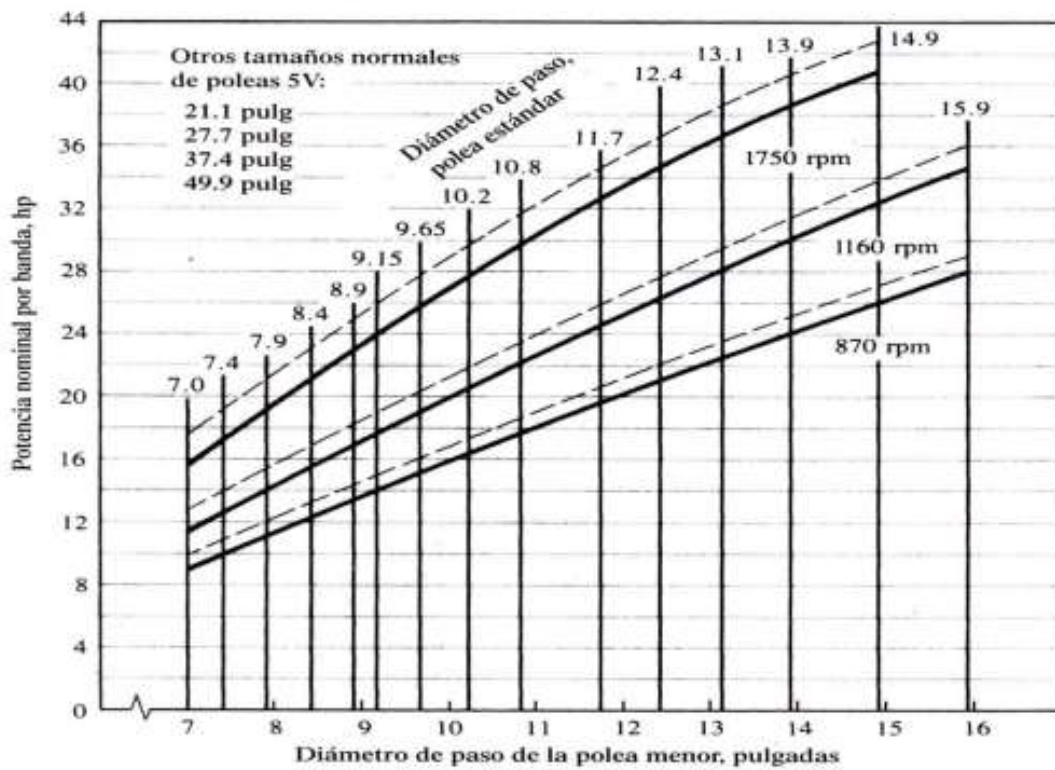
## ANEXOS

### Anexo A Catálogo Gates 2010



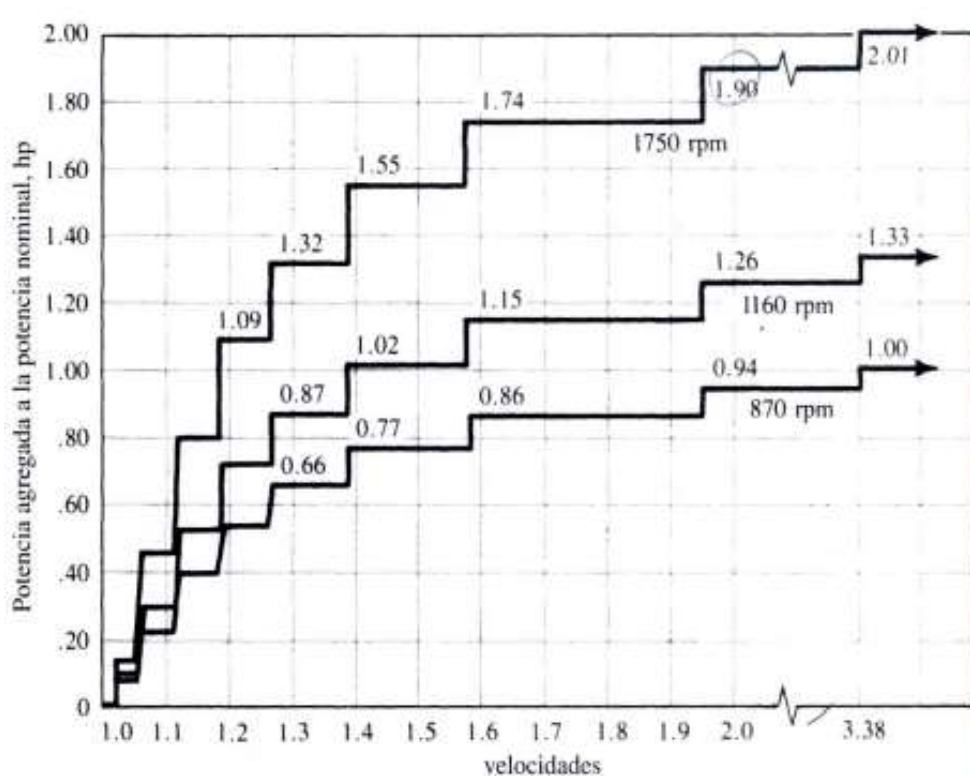
XPA		XPB/SVX	
Descripción ISO Long. de ref. mm	Descripción ISO Long. de ref. mm	Descripción ISO Long. de ref. mm	Descripción RMA
XPA690	XPA2240	XPB1000	SVX398
XPA732	XPA2360	XPB1060	SVX422
XPA747	XPA2430	XPB1080	SVX430
XPA757	XPA2500	XPB1120	SVX445
XPA782	XPA2650	XPB1180	SVX470
XPA800	XPA2800	XPB1250	SVX497
XPA832	XPA3000	XPB1260	SVX500
XPA850	XPA3150	XPB1320	SVX524
XPA857	XPA3350	XPB1340	SVX530
XPA882	XPA3550	XPB1400	SVX556
XPA900	XPA3750	XPB1410	SVX560
XPA907	XPA4000	XPB1450	SVX575
XPA925		XPB1500	SVX595
XPA932		XPB1510	SVX600
XPA950		XPB1550	SVX615
XPA957		XPB1590	SVX630
XPA975		XPB1600	SVX634
XPA982		XPB1650	SVX654
XPA1000		XPB1690	SVX670
XPA1007		XPB1700	SVX674
XPA1030		XPB1750	SVX693
XPA1060		XPB1800	SVX713
XPA1082		XPB1850	SVX733
XPA1090		XPB1900	SVX753
XPA1107		XPB1950	SVX772
XPA1120		XPB2000	SVX790
XPA1140		XPB2020	SVX800
XPA1150		XPB2120	SVX840
XPA1157		XPB2150	SVX850

Anexo B potencia nominal por correa. Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas4



Anexo C Potencia agregada por correa. Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas

4



**Anexo D Propiedades de algunos aceros al carbón Beer, Johnston, Dewolf. Mecanica de Materiales.**

Material		Resistencia de fluencia en tracción $S_y$ (0.2%)		Esfuerzo último en tracción $S_u$		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1010	Laminado en caliente	26	179	47	324	28	95
	Laminado en frio	44	303	53	365	20	105
1016 **	Laminado en caliente	40	275	57	390	25	160
	Estirado en frio (calibrado)	54	370	78	540	10	200
1020 *	Laminado en caliente	30	207	55	379	25	111
	Laminado en frio	57	393	68	469	15	131
	Recocido	43	296	60	414	38	121
1030	Laminado en caliente	38	260	68	469	20	137
	Normalizado @ 1650 °F	50	345	75	517	32	149
	Laminado en frio	64	441	76	524	12	149
	Templado y revenido @ 1000 °F	75	517	97	669	28	255
	Templado y revenido @ 800 °F	84	579	106	731	23	302
	Templado y revenido @ 400 °F	94	648	123	848	17	495
1035 *	Laminado en caliente	40	276	72	496	18	143
	Laminado en frio	67	462	80	552	12	163
1040	Laminado en caliente	42	290	76	524	18	149
	Normalizado @ 1650 °F	54	372	86	593	28	170
	Laminado en frio	71	490	85	586	12	170
	Templado y revenido @ 1200 °F	63	434	92	634	29	192
	Templado y revenido @ 800 °F	80	552	110	758	21	241
	Templado y revenido @ 400 °F	86	593	113	779	19	262
1045 *	Laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frio	77	531	91	627	12	179
1050	Laminado en caliente	50	345	90	621	15	179
	Normalizado @ 1650 °F	62	427	108	745	20	217
	Laminado en frio	84	579	100	689	10	197
	Templado y revenido @ 1200 °F	78	538	104	717	28	235
	Templado y revenido @ 800 °F	115	793	158	1089	13	444
	Templado y revenido @ 400 °F	117	807	163	1124	9	514

**Anexo E Grados métricos de aceros para pernos. Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4.**

Grado	Tamaño del perno	Resistencia a la tensión Mpa	Resistencia de fluencia Mpa	Resistencia de prueba Mpa
4.6	M5 - M36	400	240	225
4.8	M1.6 - M16	420	340	310
5.8	M5 - M24	520	415	380
8.8	M17 - M36	830	660	600
9.8	M1.6 - M16	900	720	650
10.9	M6 - M36	1,040	940	830
12.9	M1.6 - M36	1,220	1,100	970

**Anexo F Tamaños de cordón para placas gruesas Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4.**

Espesor de la placa (pulg)	Tamaño máximo del lado, para soldaduras de chaflán (pulg)
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1\frac{1}{2}$	5/16
$> 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{4}$	3/8
$> 2\frac{1}{4} - 6$	1/2
$> 6$	5/8

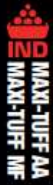
**Anexo G Alambres para resortes Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4.**

Material ASTM núm.	Módulo en cortante, $G$		Módulo en tensión, $E$	
	(psi)	(GPa)	(psi)	(GPa)
Acero estirado en frío: A227	$11.5 \times 10^6$	79.3	$28.6 \times 10^6$	197
Alambre para instrumentos musicales: A228	$11.85 \times 10^6$	81.7	$29.0 \times 10^6$	200
Templado en aceite: A229	$11.2 \times 10^6$	77.2	$28.5 \times 10^6$	196
Al cromo-vanadio: A-231	$11.2 \times 10^6$	77.2	$28.5 \times 10^6$	196
Al cromo-silicio: A401	$11.2 \times 10^6$	77.2	$29.5 \times 10^6$	203
Aceros inoxidables: A313				
Tipos 302, 304, 316	$10.0 \times 10^6$	69.0	$28.0 \times 10^6$	193
Tipo 17-7 PH	$10.5 \times 10^6$	72.4	$29.5 \times 10^6$	203
Latón de resortes: B134	$5.0 \times 10^6$	34.5	$15.0 \times 10^6$	103
Bronce fosforado: B159	$6.0 \times 10^6$	41.4	$15.0 \times 10^6$	103
Cobre al berilio: B197	$7.0 \times 10^6$	48.3	$17.0 \times 10^6$	117
Monel y K-Monel	$9.5 \times 10^6$	65.5	$26.0 \times 10^6$	179
Inconel e Inconel-X	$10.5 \times 10^6$	72.4	$31.0 \times 10^6$	214

## Anexo H Aceros estructurales Robert L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas 4.


Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21


# Anexo I Cangilones MAXI-TUFF AA para uso Industrial




## MAXI-TUFF® AA & MF

Descarga centrífuga a baja velocidad o descarga continua



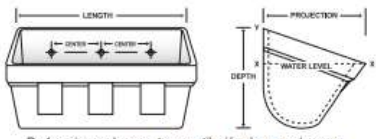




### Cangilones MAXI-TUFF® AA para uso Industrial


Descarga centrífuga a baja velocidad 125 - 450 FPM

El cangilón elevador centrífugo MAXI-TUFF AA tiene el contorno tradicional de un cangilón de hierro fundido. Este cangilón tiene el labio y esquinas fuertemente reforzadas con una pared posterior más gruesa para un montaje más robusto. Los espacios estándar equivalen a la proyección X 2. Entre los usos más comunes se incluye el manejo de cemento, piedras, arena, grava, carbón, fertilizante, barro, sal, piedra caliza y concreto. El cangilón MAXI-TUFF AA es el mejor cangilón para tareas de nivel industrial difíciles y abrasivas.



Perforaciones de soporte y ventilación de acuerdo a sus especificaciones

Materiales Disponibles:



#### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Disminuye el peso en la banda elevadora hasta un 80%
- Descarga más limpia que los cangilones de acero
- Anticorrosivo, No produce chispas
- Paredes más gruesas
- Resistente al calor, impacto y abrasivos
- Disminuye el tiempo de mantenimiento
- Reduce el consumo de energía eléctrica
- Prolonga la vida útil del cangilón
- Disminuye el tiempo de inactividad
- Fácil de instalar y reemplazar
- Ahorra dinero comparado al de acero de carbón

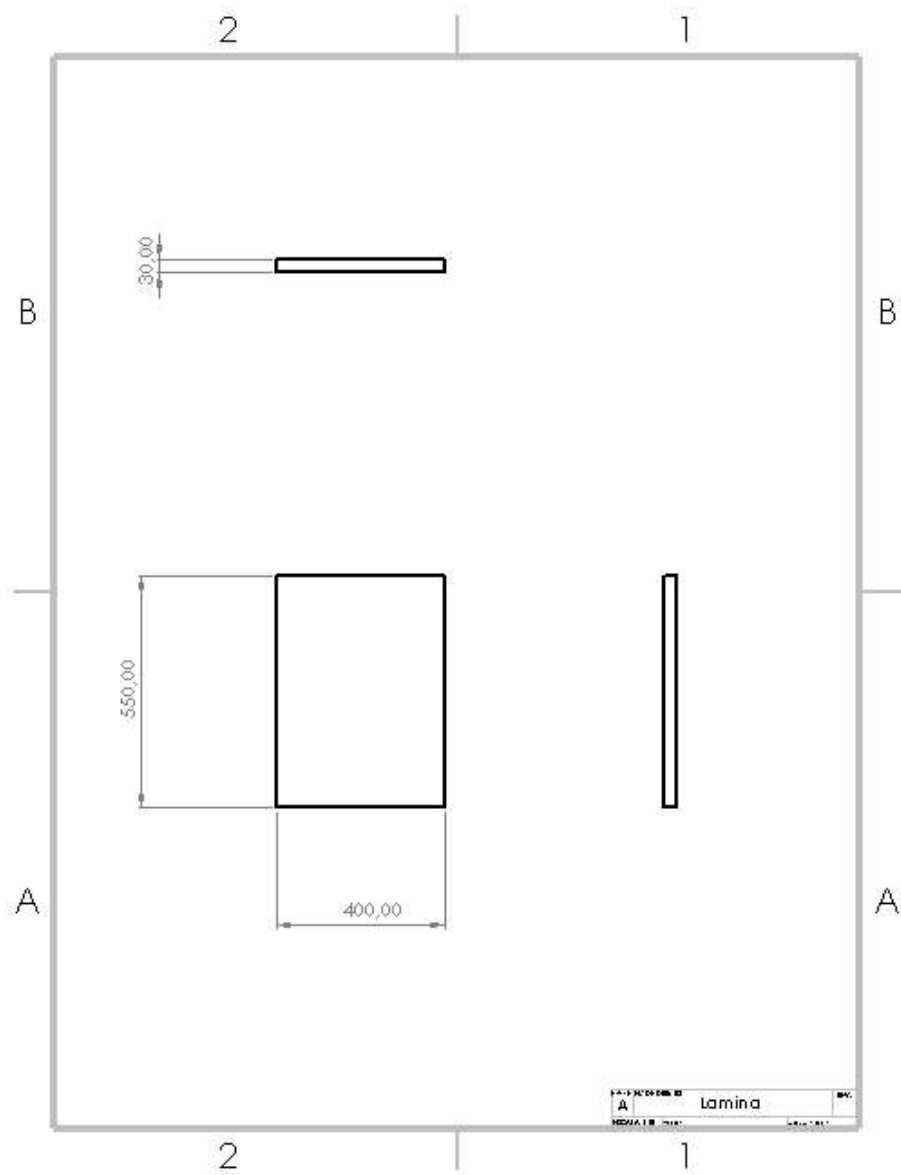
DIMENSIÓN	TAMAÑO DEL CANGILÓN, PULGADAS*				PESO, LBS			CAPACIDAD, PULGADAS CU.		
	Longitud	Proy.	Prof.	Grosor Pared Post	Nylon	Uretano	HDPE	Nivel Agua Pulg Cu X-X	Capacidad Pies Cu X-X	Espacio Estándar
4 x 3	4-1/4	3-1/8	3-1/8	0.205	0.20	0.24	0.18	13.4	0.008	6
5 x 4	5-1/4	4-1/8	4-1/8	0.205	0.51	0.60	0.44	34.8	0.020	8
6 x 4	6-1/4	4-1/8	4-1/8	0.205	0.56	0.69	0.49	41.5	0.024	8
7 x 4	7-1/4	4-1/8	4-1/8	0.225	0.65	0.78	0.56	51.3	0.030	8
7 x 5	7-1/8	5-1/8	5-1/4	0.325	0.93	1.14	0.82	76.6	0.044	10
8 x 5	8-1/8	5-1/8	5-1/4	0.325	1.17	1.40	1.02	89.7	0.052	10
9 x 5	9-1/8	5-1/8	5-1/4	0.300	1.17	1.41	1.02	101.3	0.059	10
9 x 6	9-3/8	6-1/8	6-1/8	0.290	1.45	1.72	1.23	132.4	0.077	12
10 x 6	10-3/8	6-1/8	6-1/8	0.322	1.54	1.88	1.39	148.3	0.086	12
11 x 6	11-3/8	6-1/8	6-1/8	0.285	1.63	1.99	1.43	163.5	0.095	12
12 x 6	12-3/8	6-1/8	6-1/8	0.345	2.21	2.62	1.95	186.1	0.108	12
12 x 7	12-3/8	7-1/8	7-1/8	0.284	2.47	3.00	2.21	244.1	0.141	14
14 x 7	14-3/8	7-1/8	7-1/8	0.300	2.91	3.50	2.57	298.4	0.173	14
14 x 8	14-3/8	8-1/8	8-1/8	0.455	4.12	4.93	3.64	351.5	0.204	16
16 x 8	16-3/8	8-1/8	8-1/8	0.455	4.62	5.58	4.12	406.4	0.235	16
18 x 8	18-1/8	8-1/8	8-1/8	0.455	5.24	6.09	4.52	467.4	0.271	16
18 x 10	18-1/2	10-1/8	10-1/8	0.463	7.80	9.40	6.83	692.6	0.401	20

## Anexo J catálogo WEG de motores trifásicos

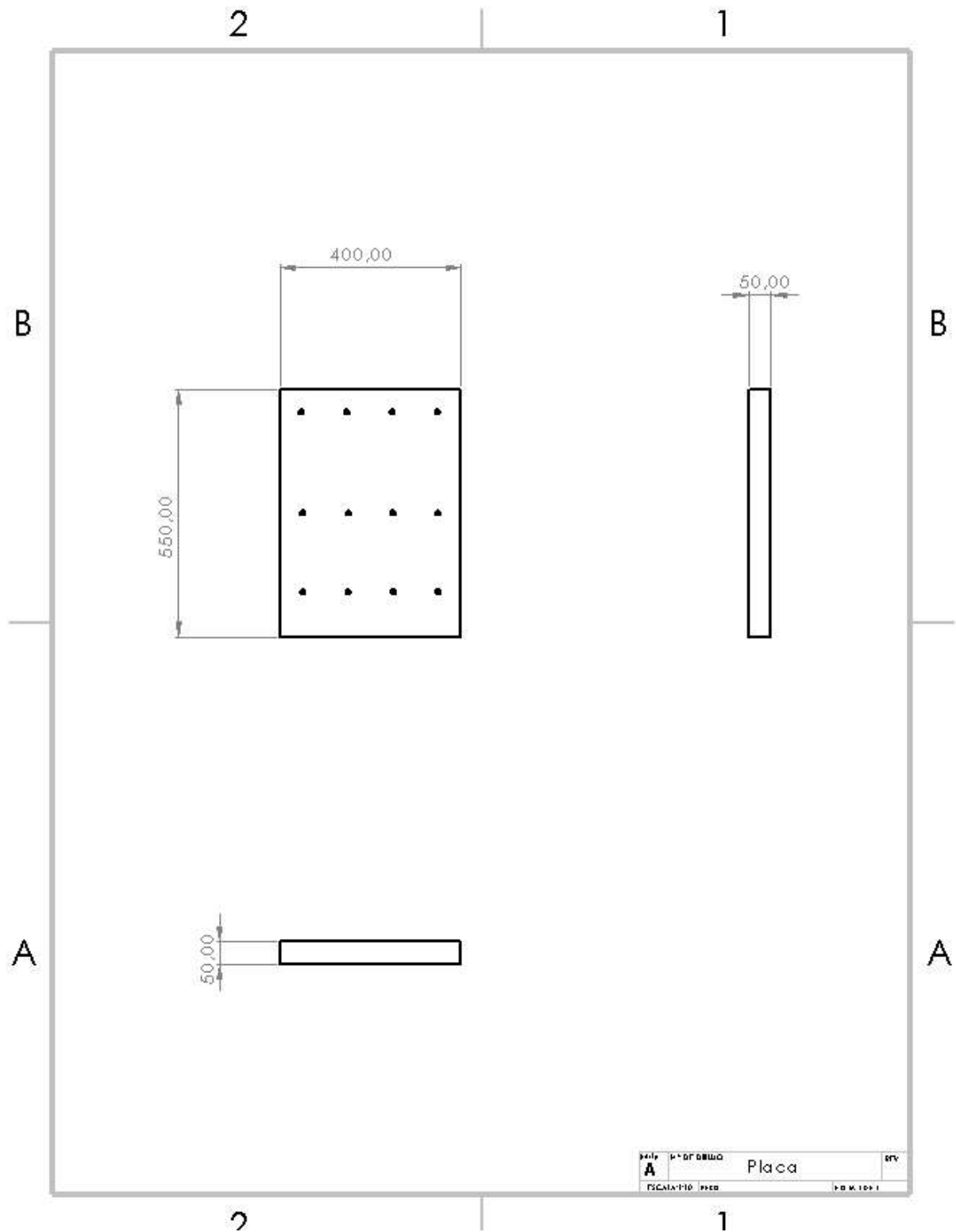
Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado		Par de arranque Ta/Tn	Par máximo Tm/Tn	Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máx. con rotor trabado		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	460 V							
HP	kW			Letra	Ia/In				(s)	Caliente			Frio	% de la potencia nominal			Corriente nominal In (A)			
														Rendimiento				Factor de potencia		
												50	75	100	50	75	100			
# polos																				
1	0,75	143/5T	2,02	L	8,2	2,8	3,4	0,0014	22	48	16,5	68,0	3480	75,0	79,0	81,5	0,63	0,74	0,80	1,44
1,5	1,1	143/5T	3,02	L	8,9	3,5	3,8	0,0020	21	46	18,5	68,0	3490	81,5	84,0	84,0	0,70	0,80	0,84	1,96
2	1,5	143/5T	4,04	L	8,9	3,5	3,8	0,0026	17	37	23,5	68,0	3475	82,5	85,5	85,5	0,71	0,80	0,86	2,56
3	2,2	182/4T	5,99	K	8,6	2,5	3,8	0,0080	41	90	40,0	69,0	3515	82,5	86,5	86,5	0,75	0,84	0,88	3,63
5	3,7	182/4T	10,0	J	7,8	2,3	3,5	0,0094	25	55	40,0	69,0	3500	86,5	88,5	88,5	0,76	0,85	0,89	5,90
7,5	5,5	213/5T	15,0	H	7,2	2,1	3,0	0,0197	27	59	63,0	72,0	3520	87,5	89,5	89,5	0,75	0,84	0,88	8,76
10	7,5	213/5T	20,0	H	7,2	2,2	2,9	0,0268	24	53	74,0	72,0	3520	89,5	90,2	90,2	0,79	0,87	0,90	11,6
15	11	254/6T	29,9	G	6,7	2,2	2,7	0,0530	26	55	107	72,0	3530	89,5	91,0	91,0	0,77	0,85	0,88	17,2
20	15	254/6T	39,9	G	6,1	2,0	2,4	0,0647	21	48	122	72,0	3520	91,0	91,7	91,0	0,82	0,87	0,89	23,2
25	18,5	284/6TS	49,7	G	6,3	2,0	2,5	0,1135	17	37	164	72,0	3535	91,0	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	28,5
30	22	294/6TS	59,6	G	6,3	2,0	2,5	0,1419	15	33	178	72,0	3535	91,7	91,7	91,7	0,82	0,87	0,89	33,8
40	30	324/6TS	79,0	G	6,3	2,3	2,4	0,2063	22	48	248	78,0	3555	91,7	92,4	92,4	0,82	0,87	0,89	45,8
50	37	324/6TS	98,9	F	6,2	2,2	2,3	0,2422	23	51	265	78,0	3550	93,0	93,0	93,0	0,83	0,87	0,89	56,1
80	45	364/5TS	118	G	6,6	2,0	2,6	0,4485	14	31	374	79,0	3560	91,7	93,0	93,6	0,81	0,88	0,90	67,0
75	55	364/5TS	148	G	6,7	2,0	2,6	0,5023	10	22	384	79,0	3555	92,4	93,6	93,6	0,83	0,88	0,90	81,9
100	75	404/5TS	198	G	6,5	2,0	2,4	0,5561	14	31	474	79,0	3545	93,0	94,1	94,1	0,85	0,90	0,91	110
125	90	444/5TS	248	G	6,6	2,0	2,5	1,41	29	64	725	81,0	3570	93,6	94,5	95,0	0,82	0,87	0,89	134
150	110	444/5TS	295	G	6,5	1,8	2,4	1,85	22	48	775	81,0	3570	94,1	95,0	95,0	0,83	0,88	0,89	163
200	150	445/7TS	394	G	6,5	2,1	2,3	1,88	14	31	868	81,0	3570	95,0	95,4	95,4	0,86	0,89	0,90	219
250	185	447/9TS	493	F	6,5	2,0	2,2	2,12	18	40	979	81,0	3565	95,4	95,8	95,8	0,87	0,90	0,91	266
300	220	447/9TS	590	G	6,8	2,1	2,4	2,45	14	31	1154	81,0	3570	95,4	95,8	95,8	0,86	0,89	0,90	320
350	260	586/7TS	687	G	6,8	1,6	2,3	5,75	28	62	1642	84,0	3580	95,4	96,2	96,2	0,86	0,90	0,91	373
400	300	586/7TS	785	G	6,8	1,8	2,2	5,15	48	106	1700	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	430
450	330	586/7TS	883	F	6,6	2,0	2,3	5,58	34	75	1777	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,86	0,90	0,91	473
500	370	586/7TS	981	G	6,8	2,2	2,4	6,01	39	86	1853	84,0	3580	95,8	96,2	96,2	0,88	0,90	0,91	530
550	400	588/9TS	1078	G	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	578
800	440	588/9TS	1176	H	7,4	2,3	2,7	6,54	33	73	2000	89,0	3585	96,0	96,5	96,5	0,84	0,89	0,90	650
650	480	588/9TS	1274	G	7,1	2,0	2,4	7,40	56	123	2102	89,0	3585	96,1	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	685
700	515,2	588/9TS*	1371	G	7,2	2,3	2,5	7,72	34	75	2179	89,0	3585	96,2	96,6	96,6	0,86	0,90	0,91	736

# APÉNDICES

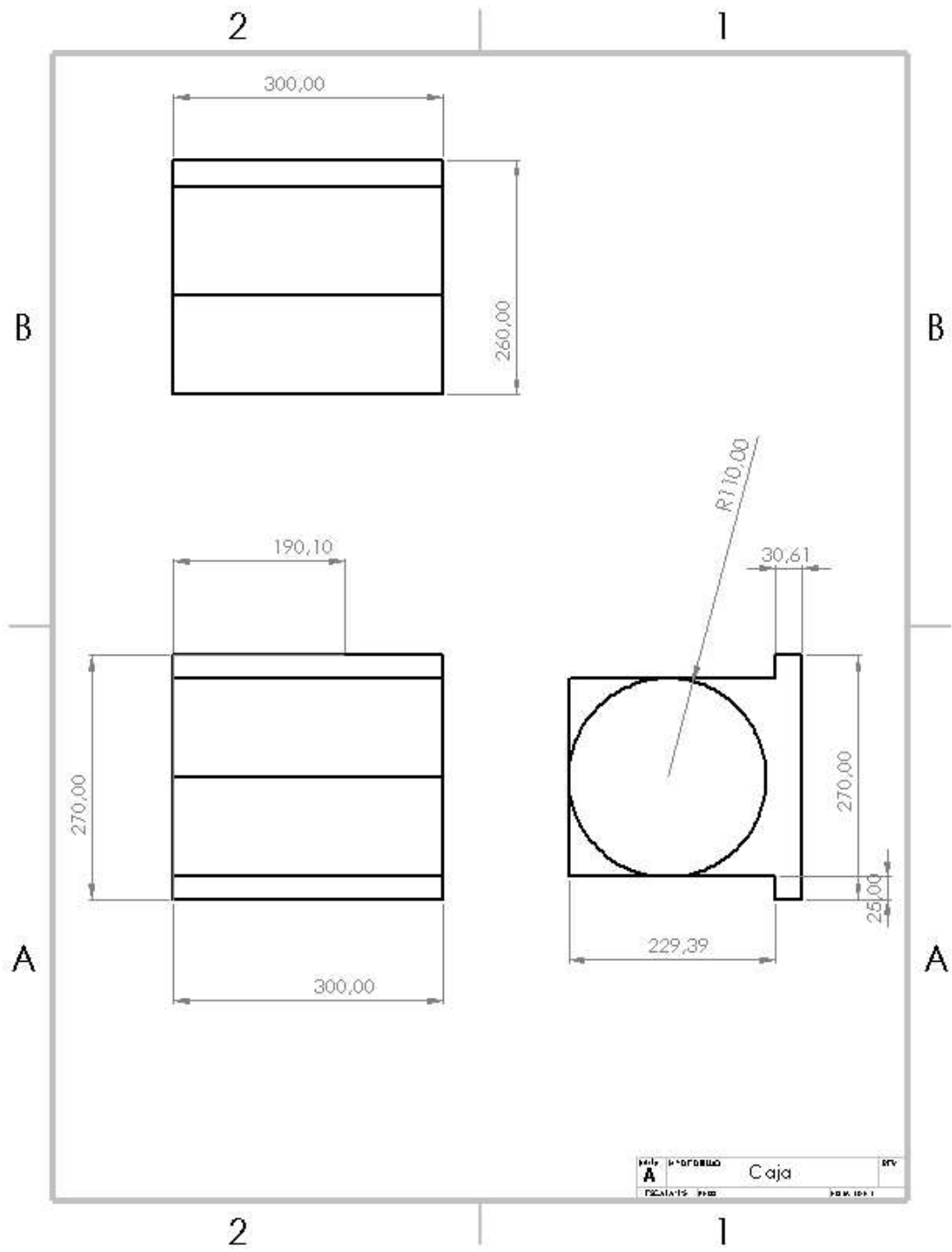
## Apéndice 1 : Láminas



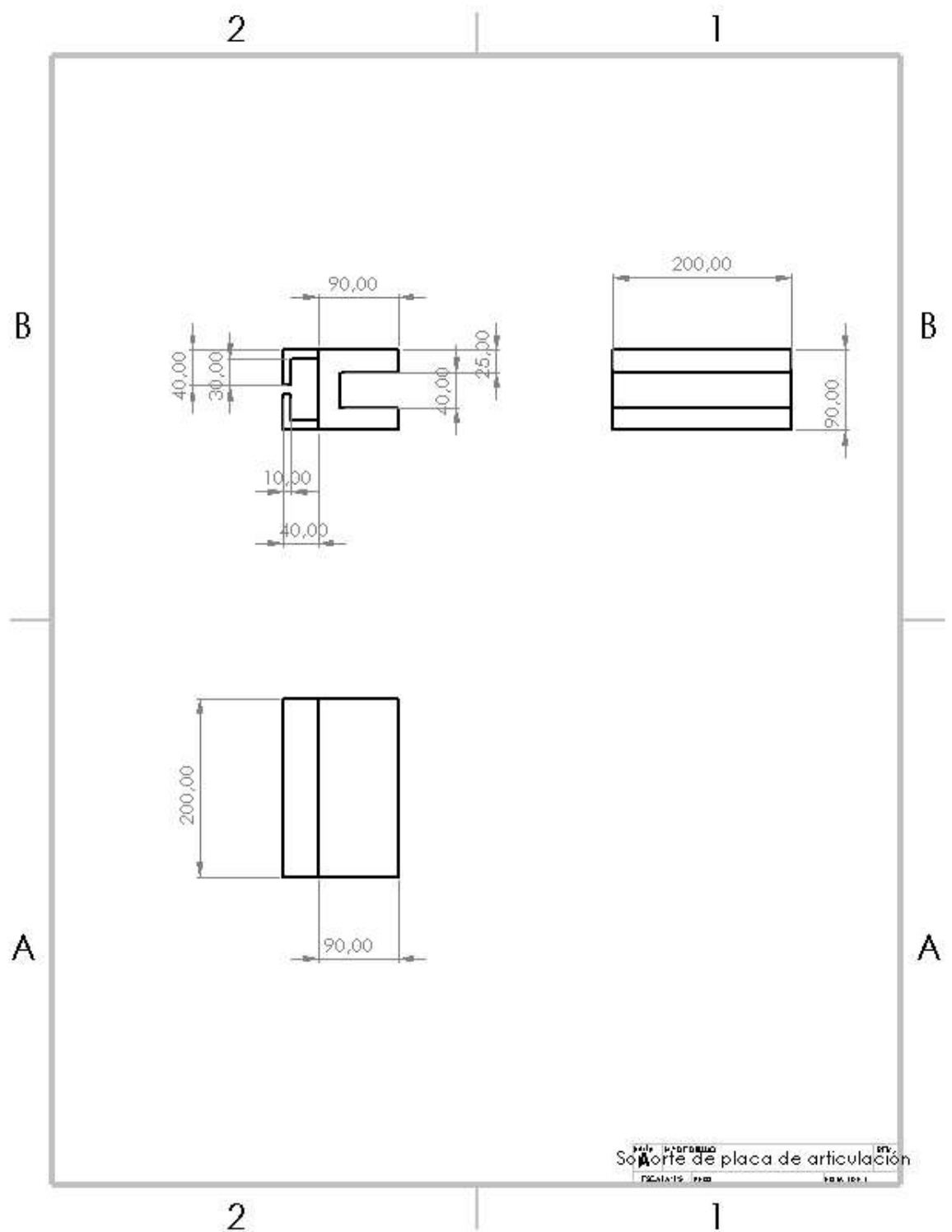
## Apéndice 2: Placa



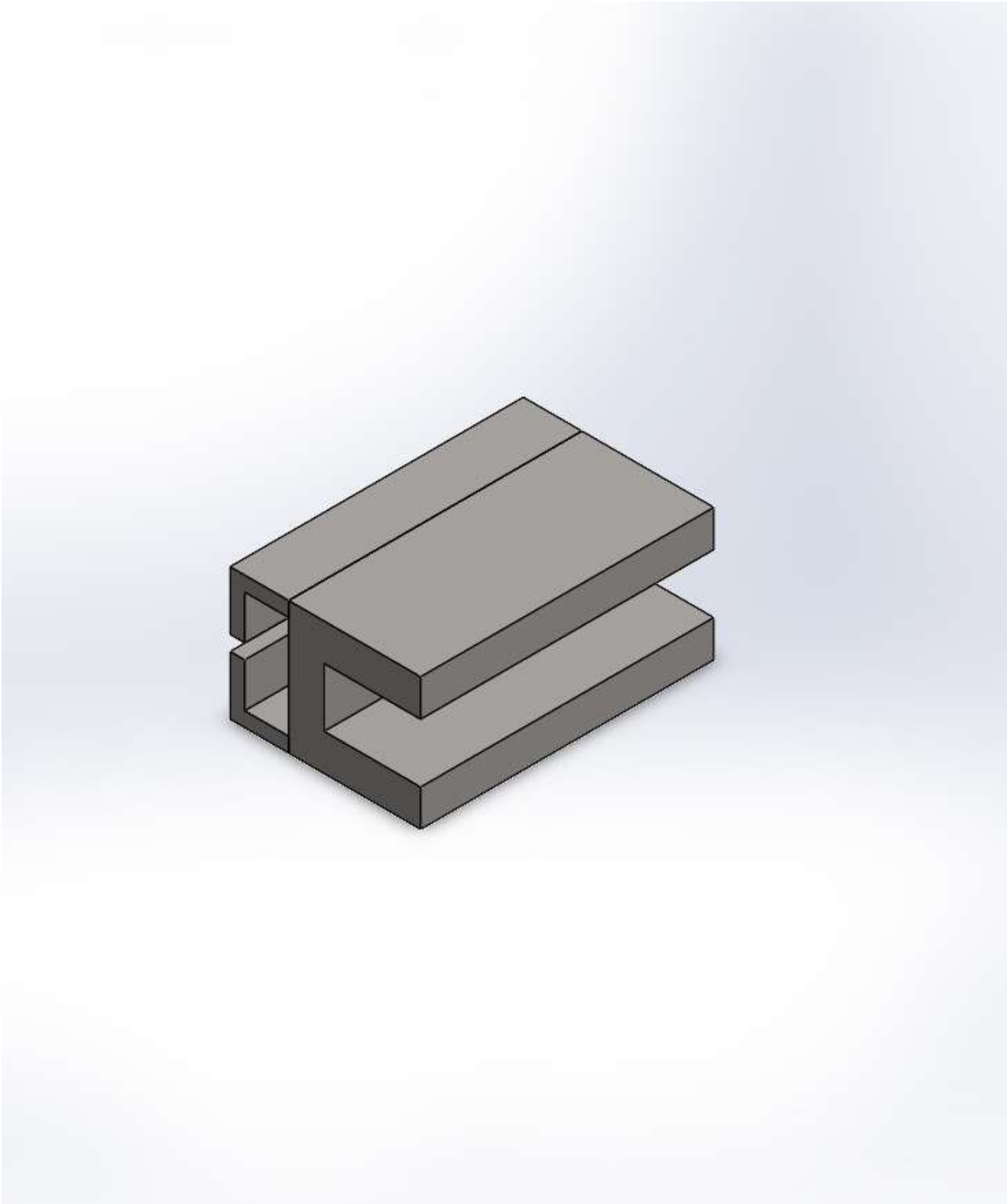
### Apéndice 3: Caja



#### Apéndice 4: Soporte de placa de articulación



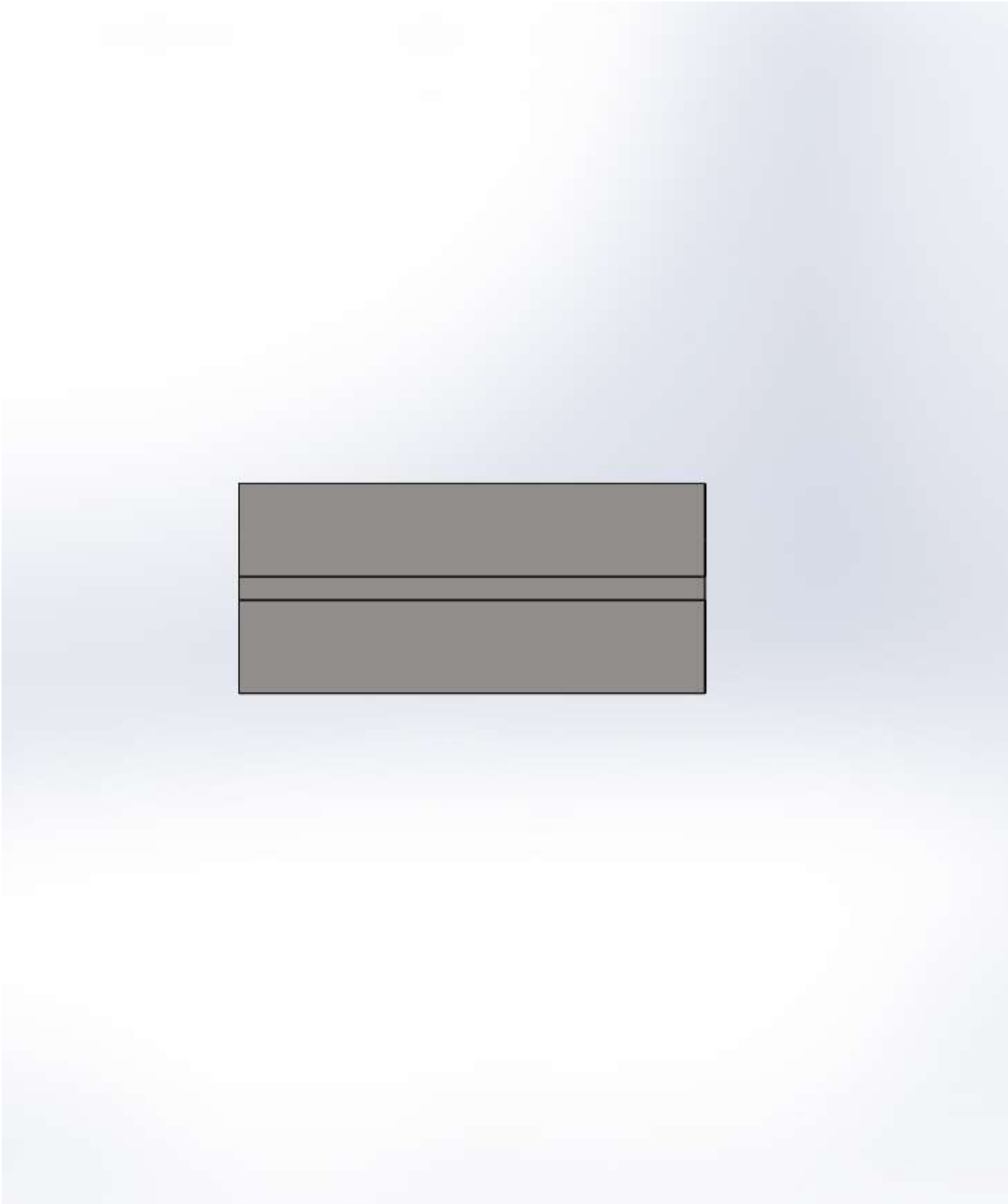
**Apéndice 4: Soporte de placa de articulación I**



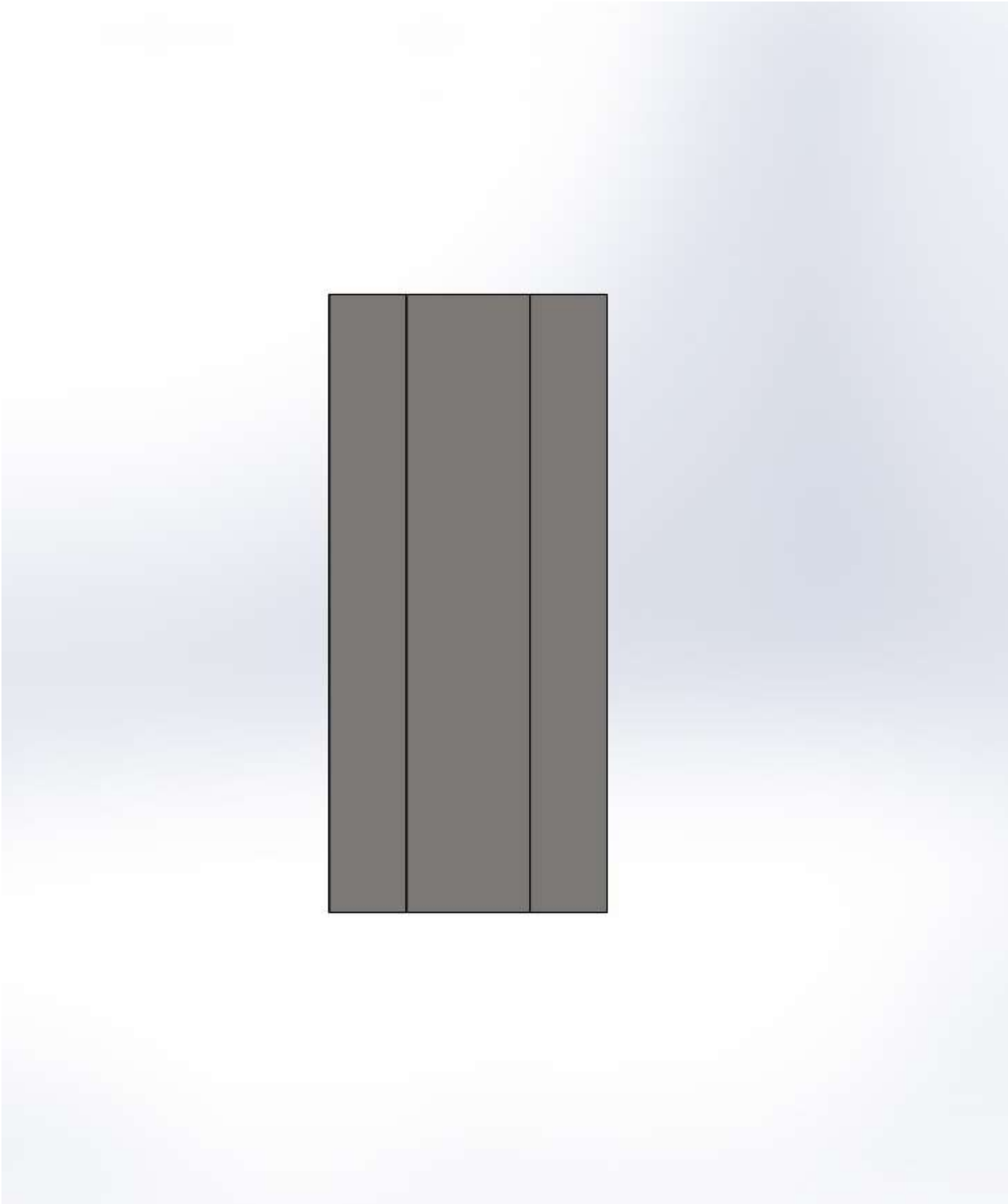
**Apéndice 5: Soporte de placa de articulación II**



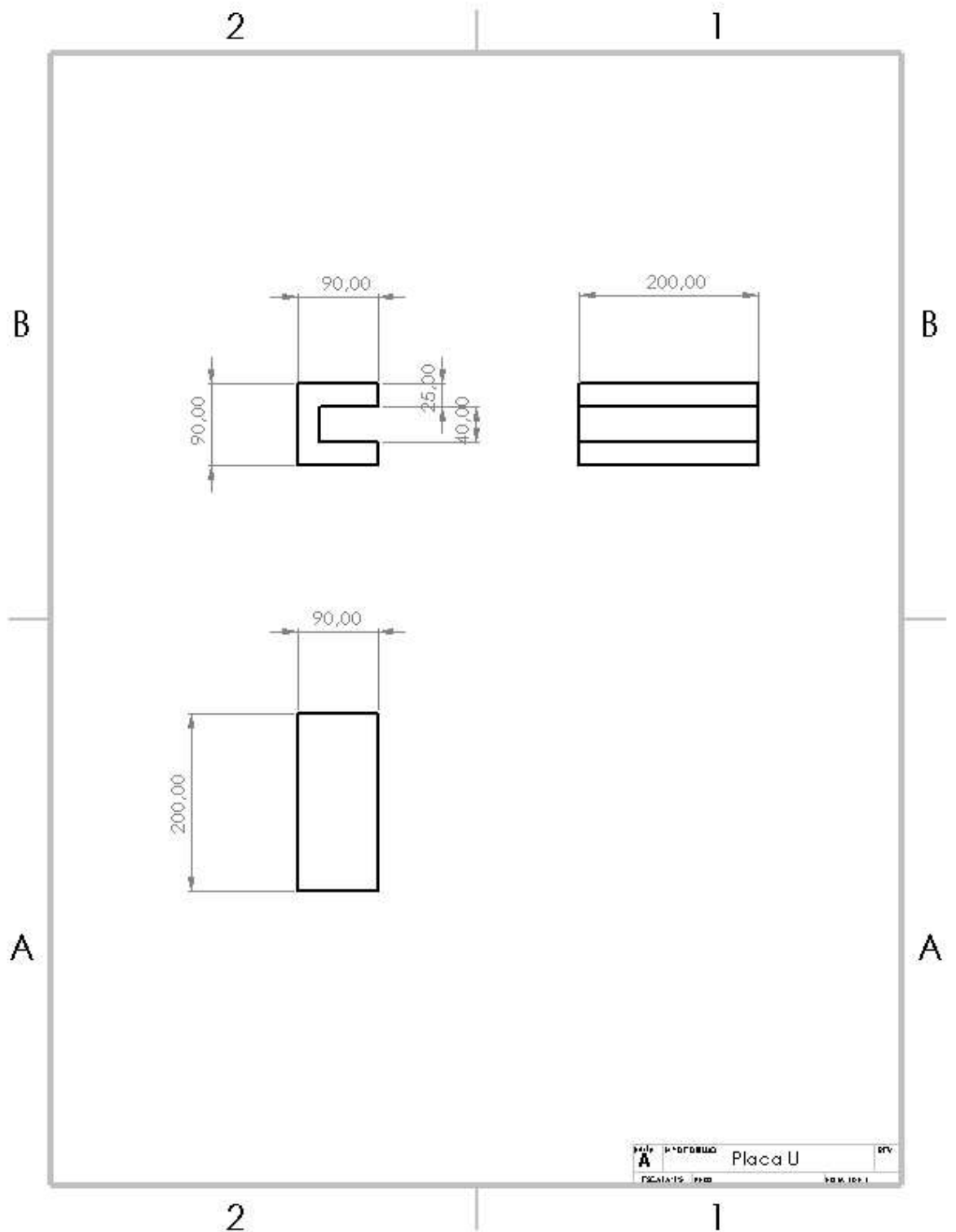
**Apéndice 6: Soporte de placa de articulación III**



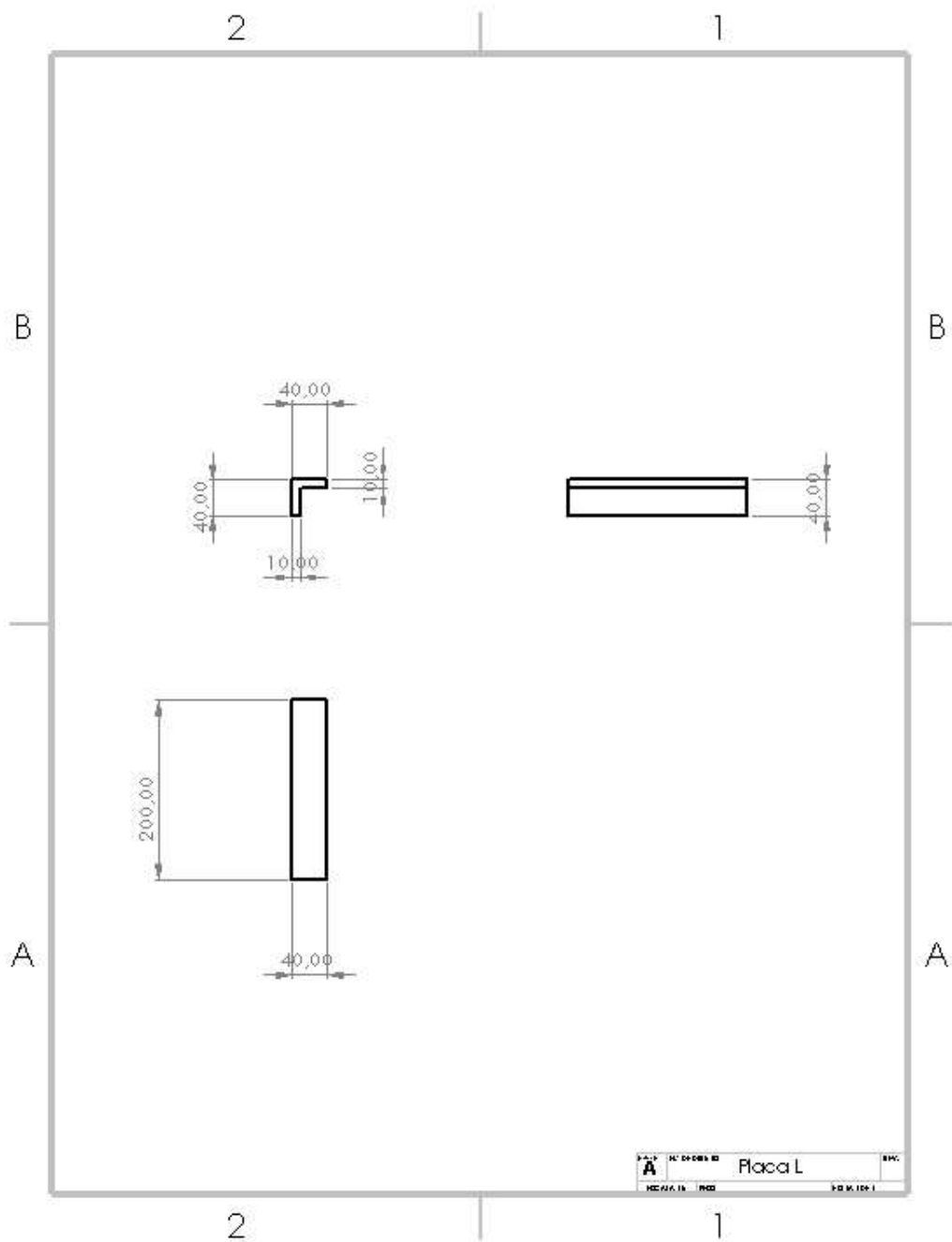
**Apéndice 7: Soporte de placa de articulación IV**



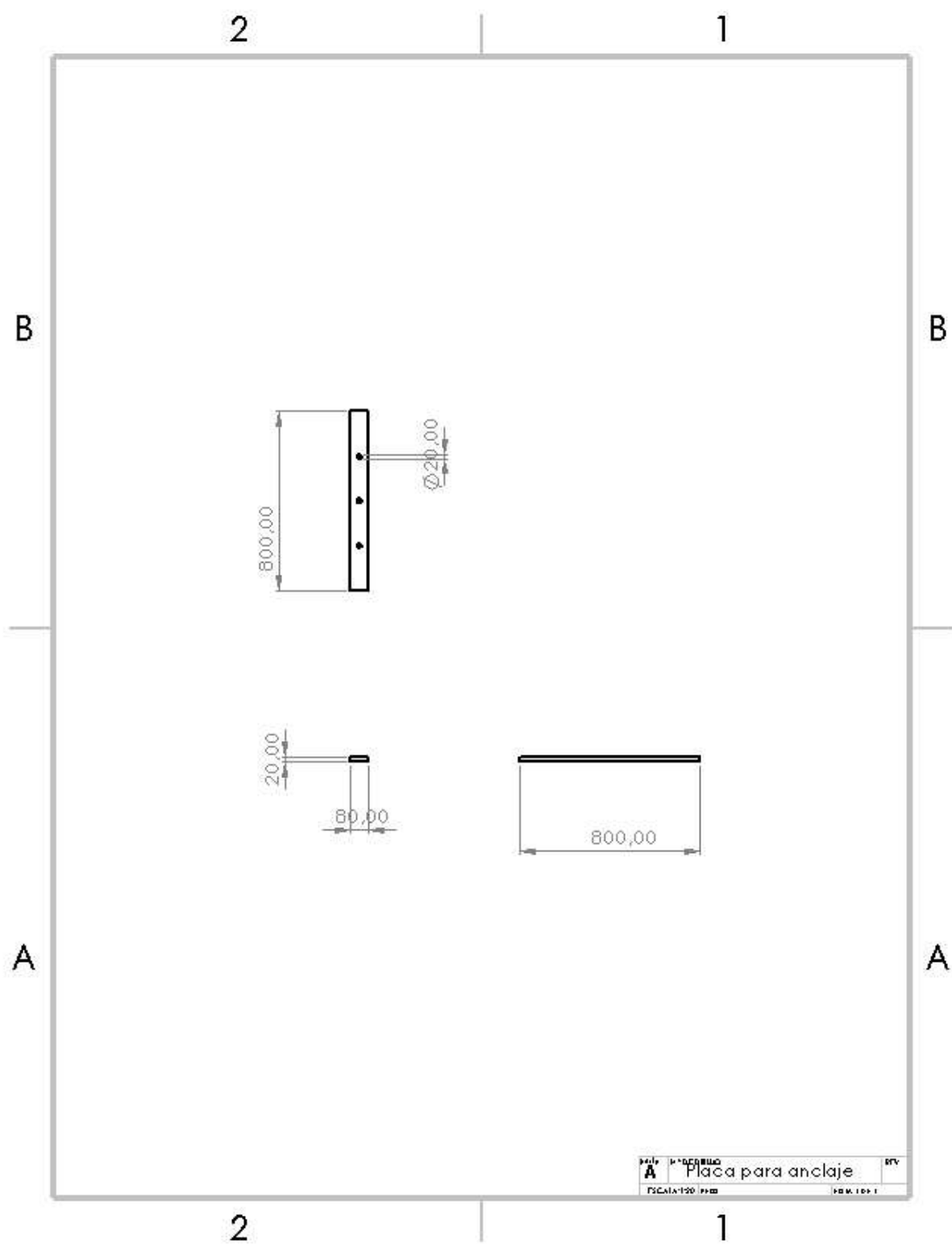
# Apéndice 8: Placa U



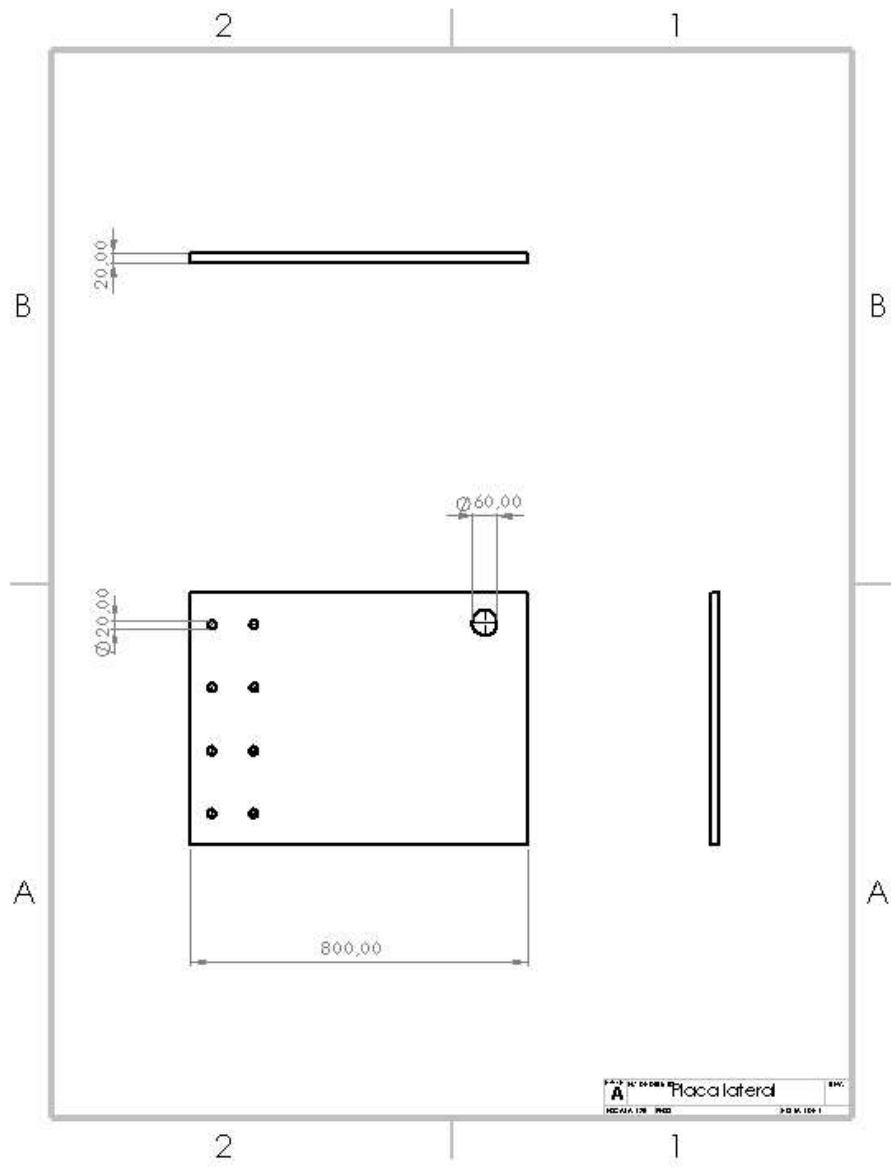
## Apéndice 9: Placas L



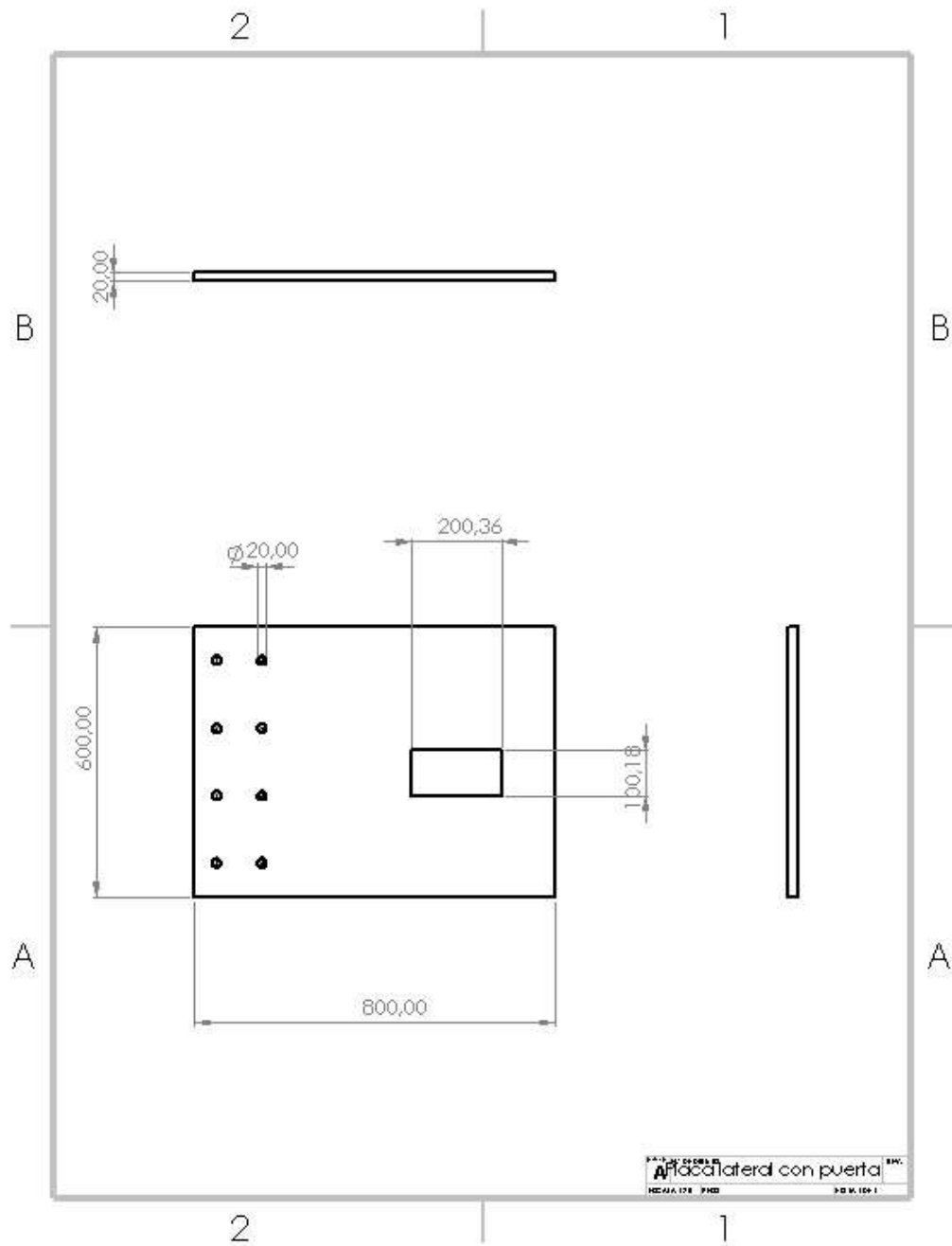
## Apéndice 10: Placa para anclaje



## Apéndice 11: Placa lateral con agujero para eje

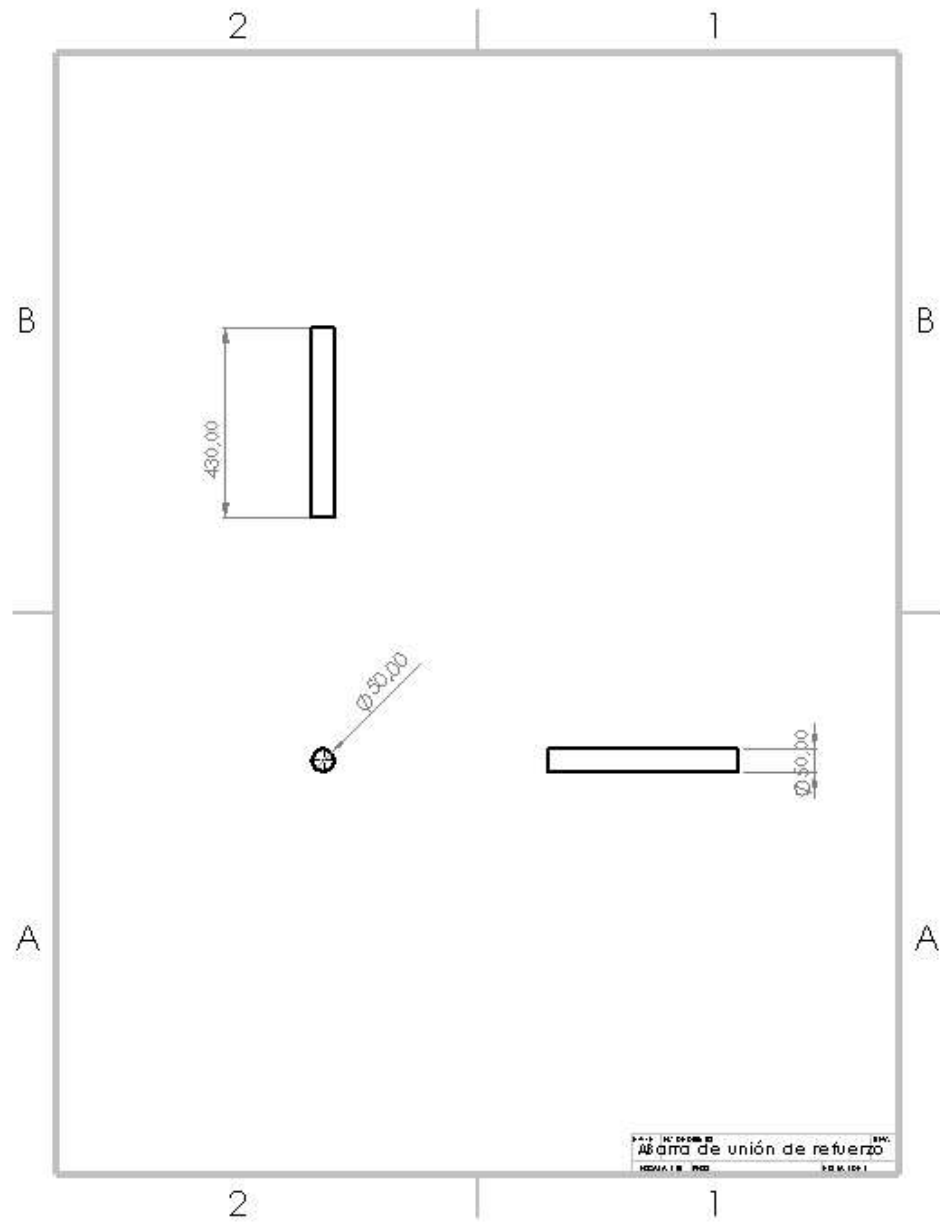


## Apéndice 12: Placa lateral con puerta rectangular

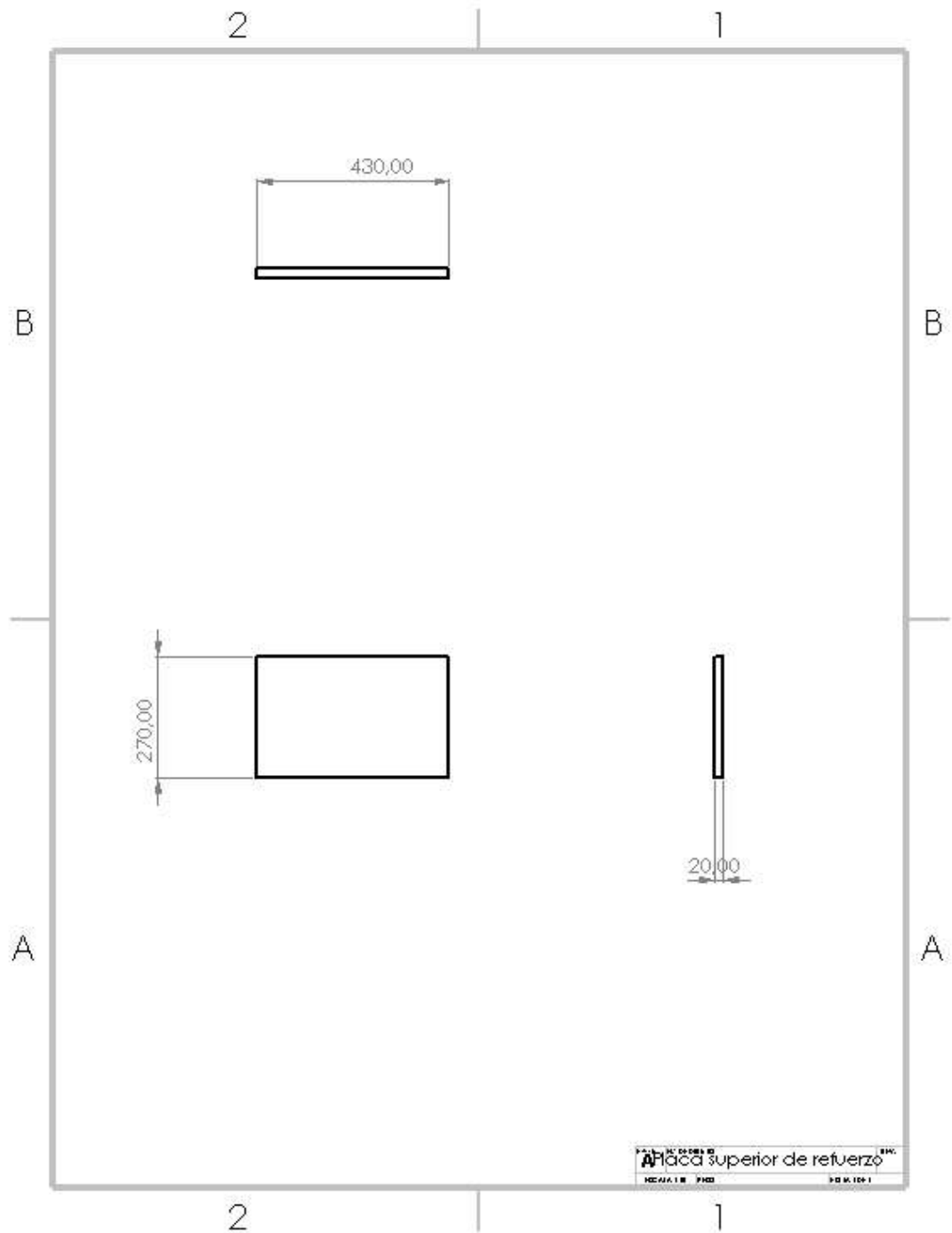




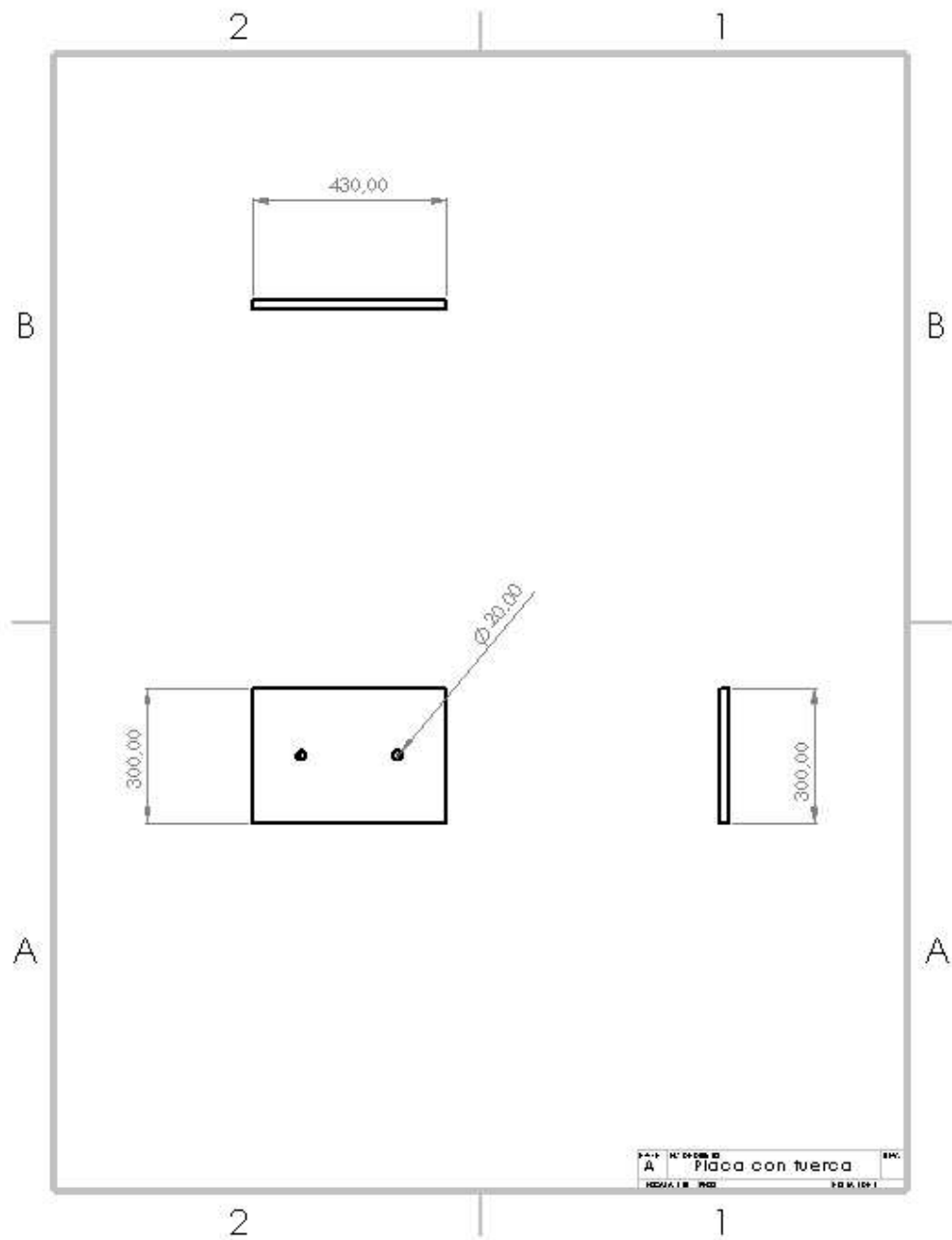
## Apéndice 14: Barra de unión de refuerzo



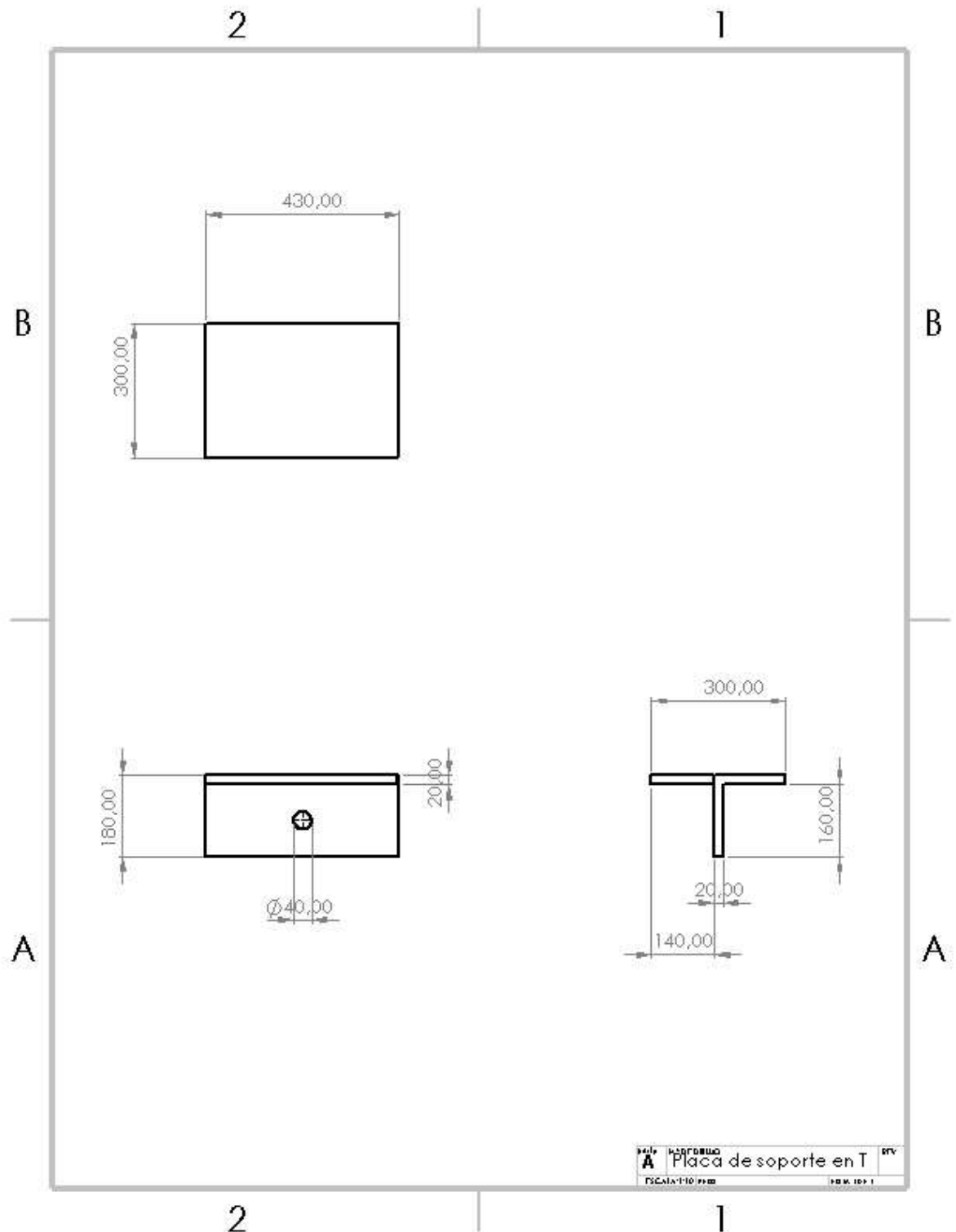
## Apéndice 15: Placa superior de refuerzo



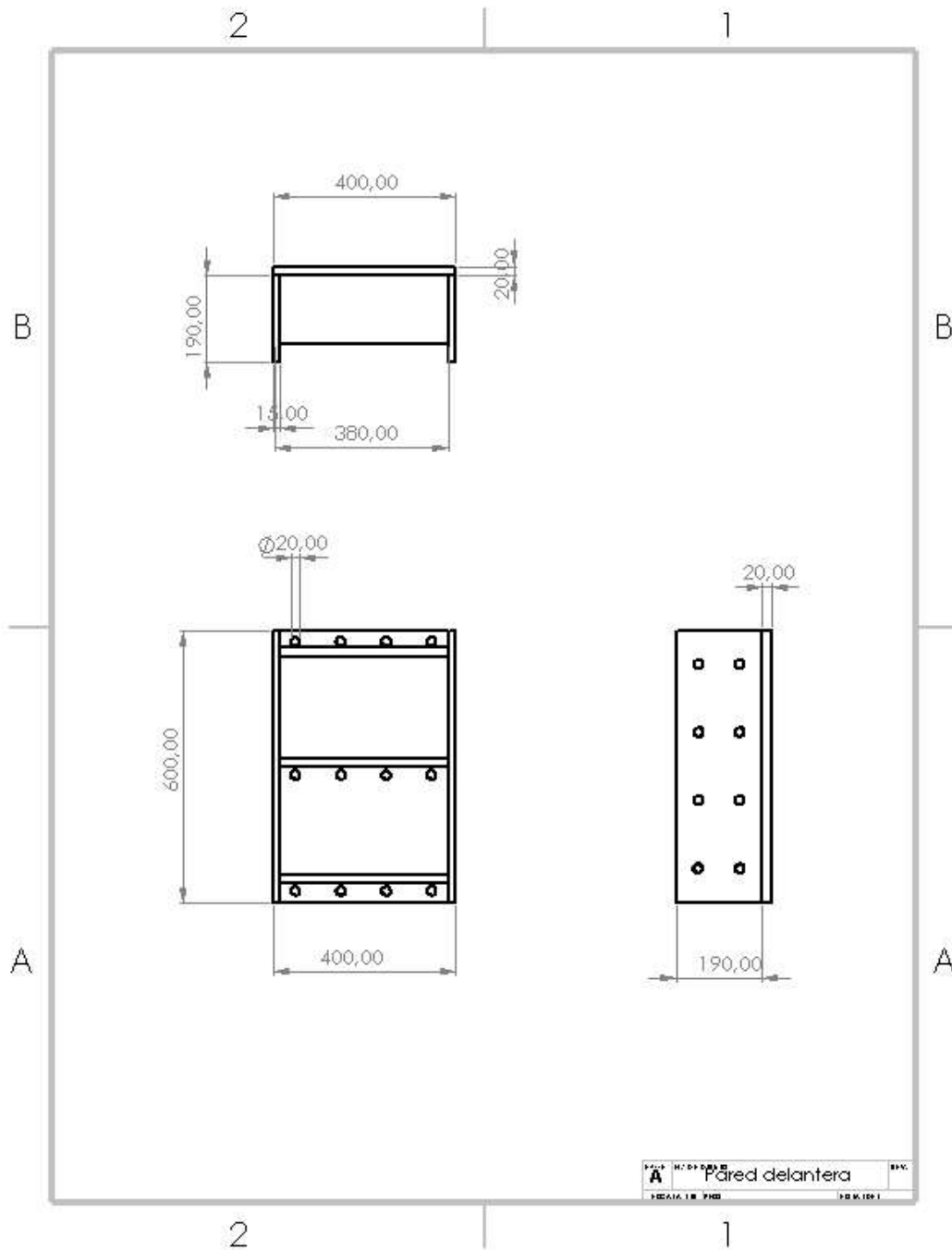
## Apéndice 16: Placa con tuerca



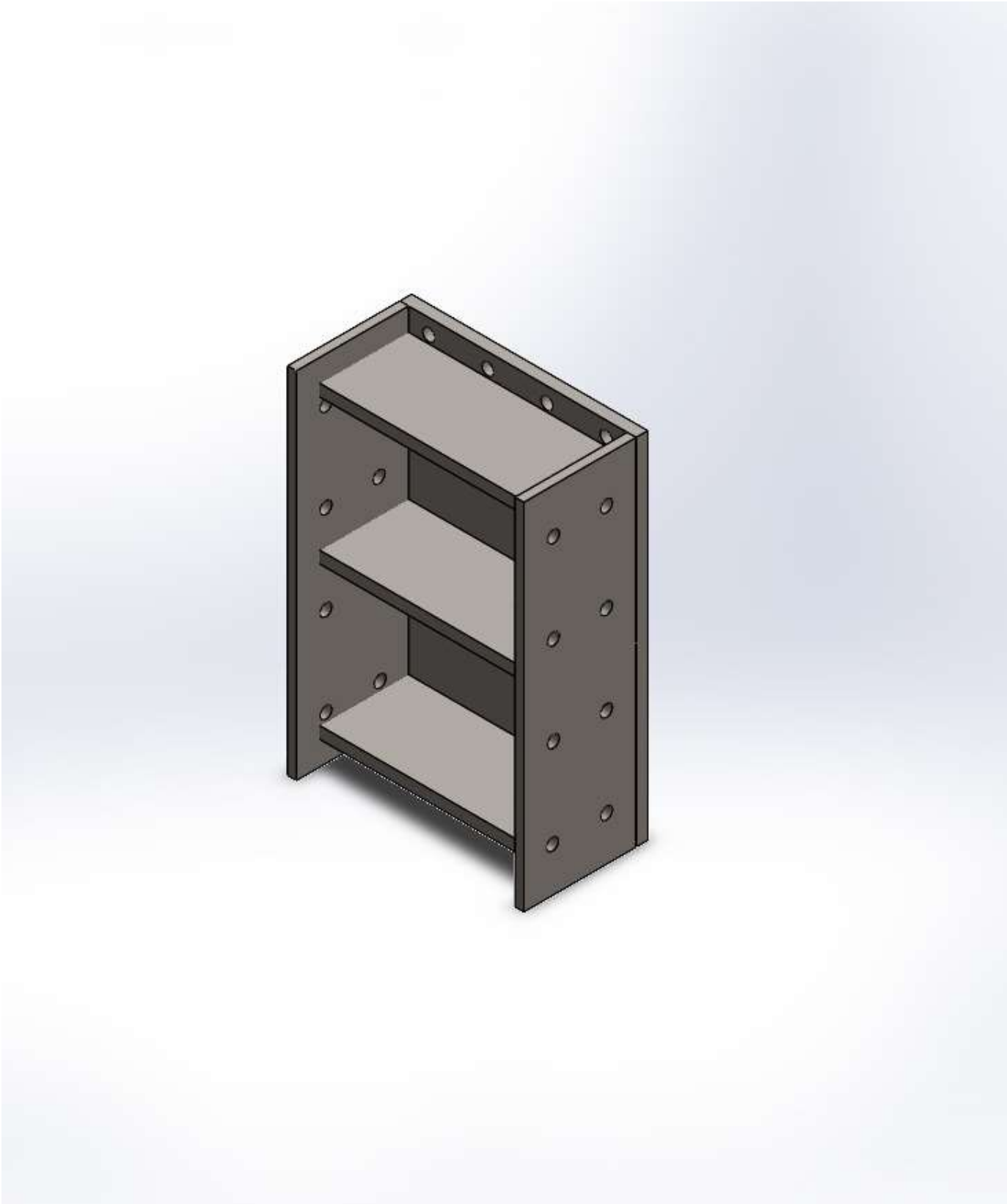
### Apéndice 17: Placa de soporte en T



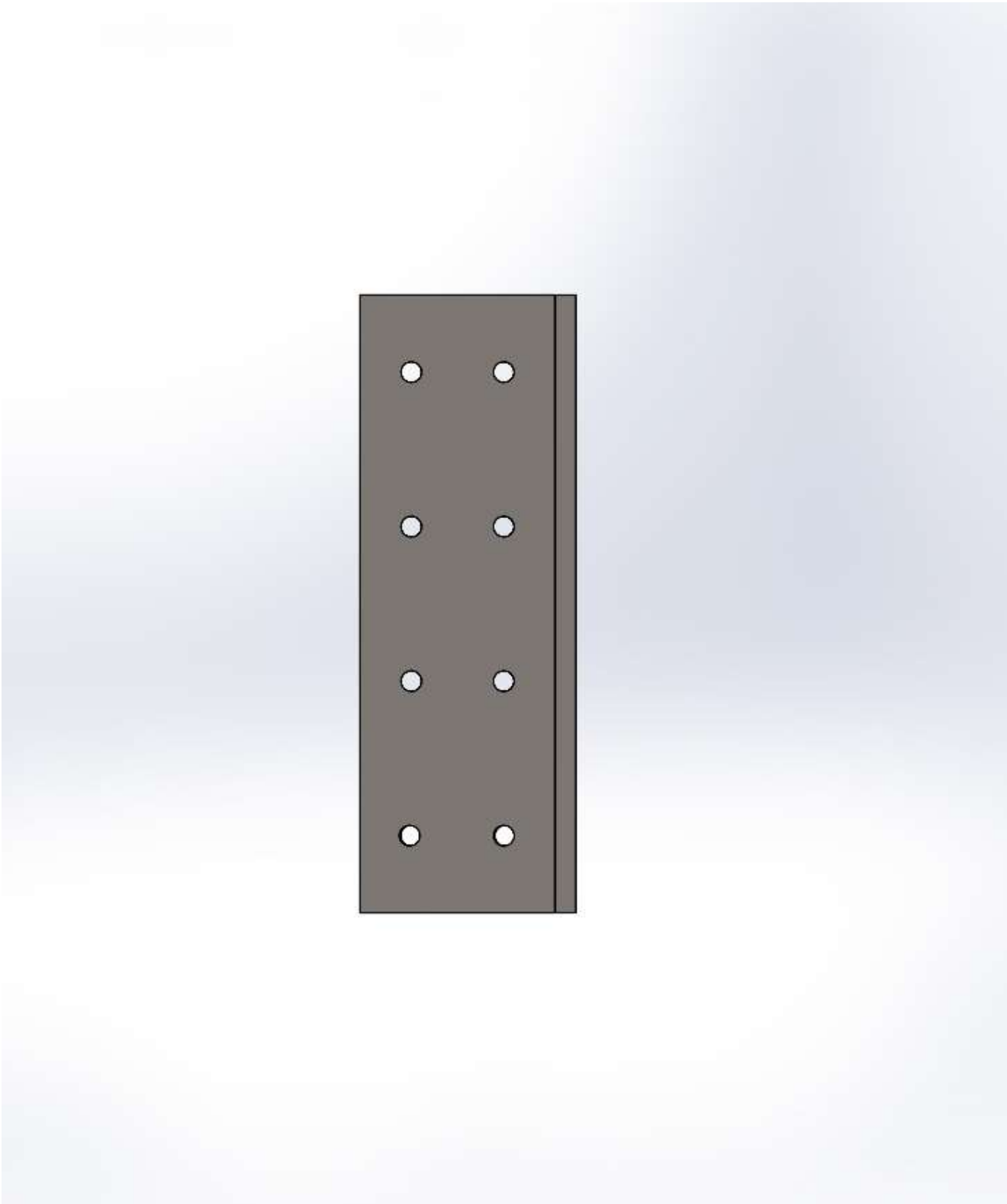
## Apéndice 18: Pared delantera



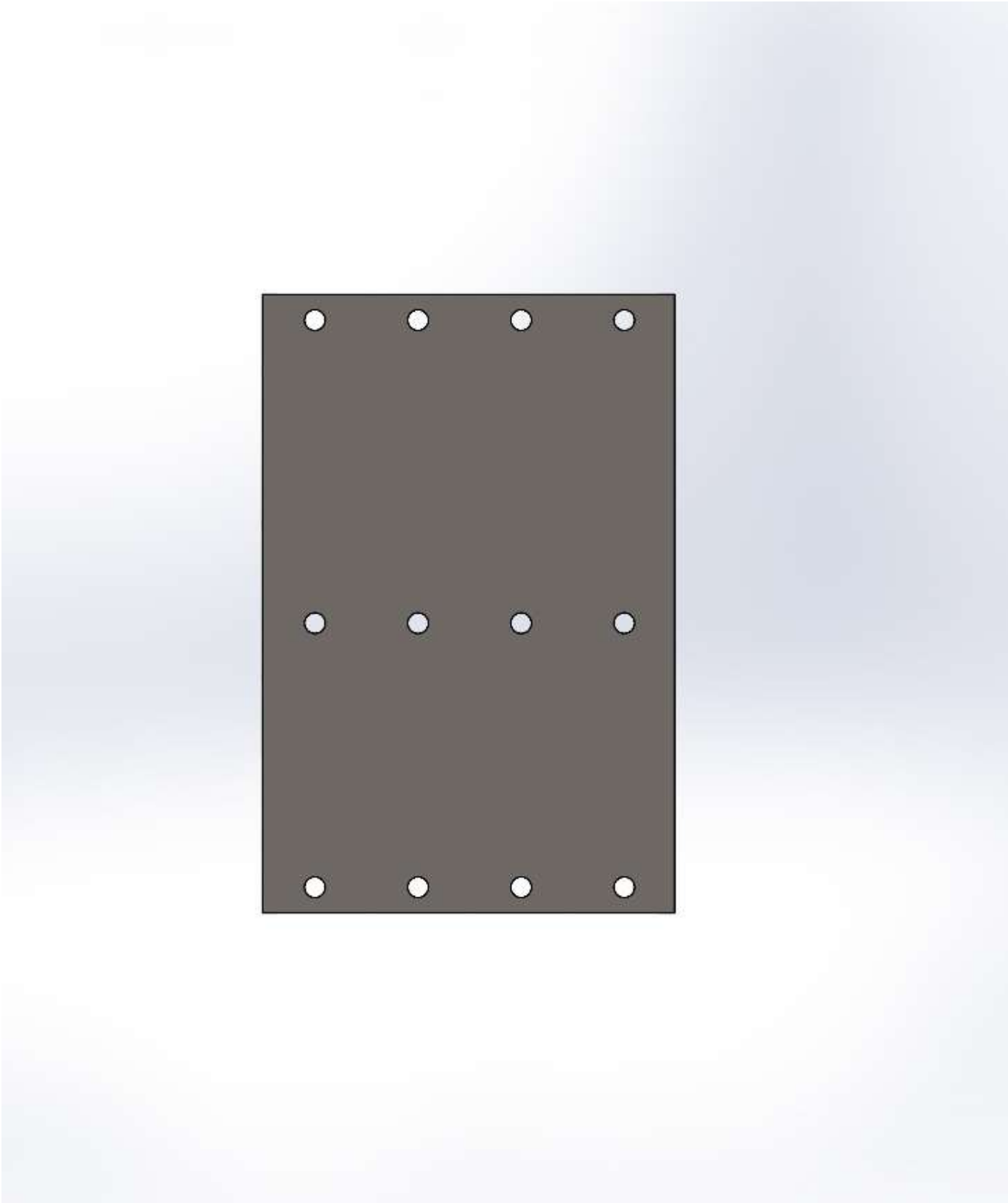
**Apéndice 19: Pared delantera I**



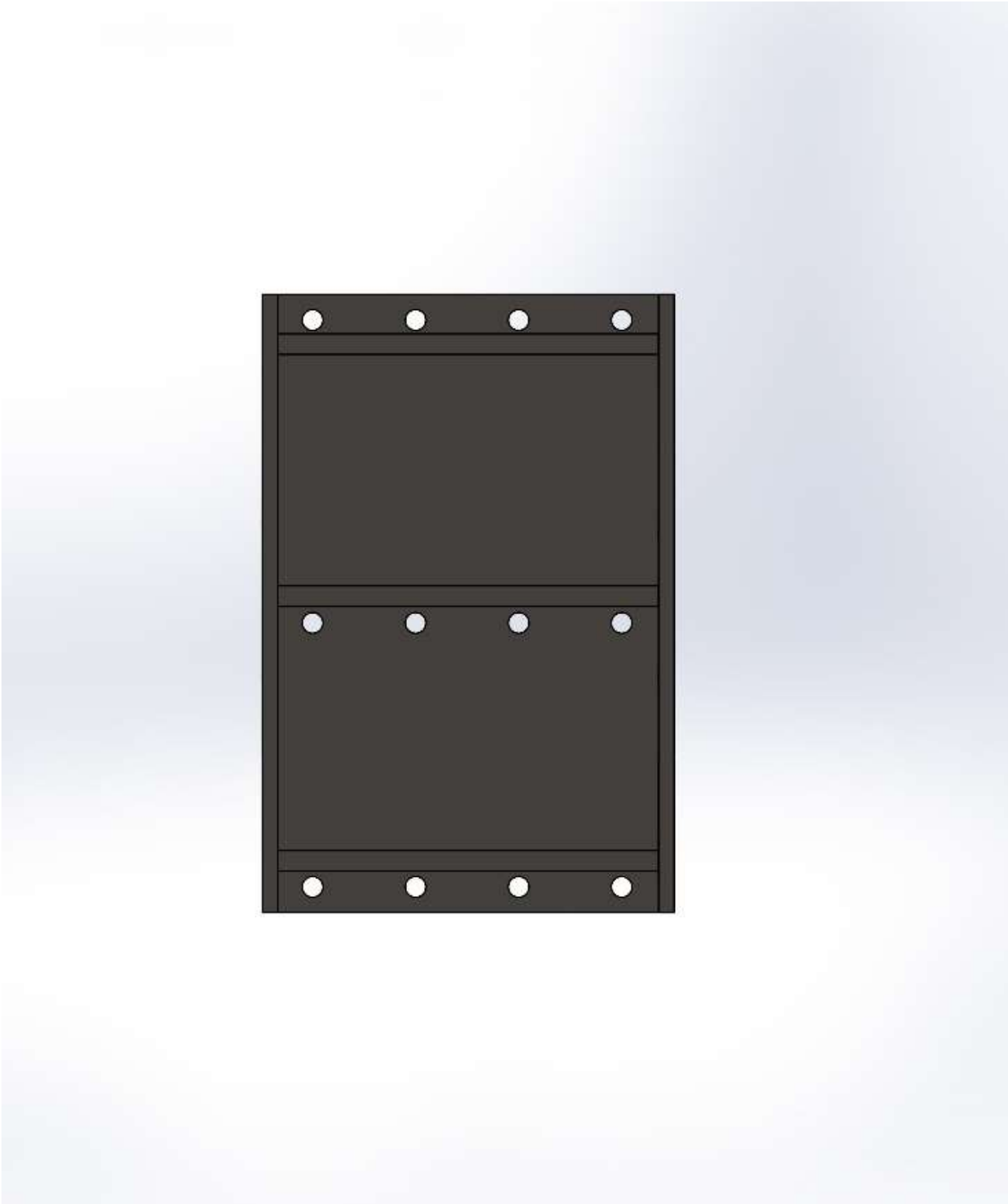
**Apéndice 20: Pared delantera II**



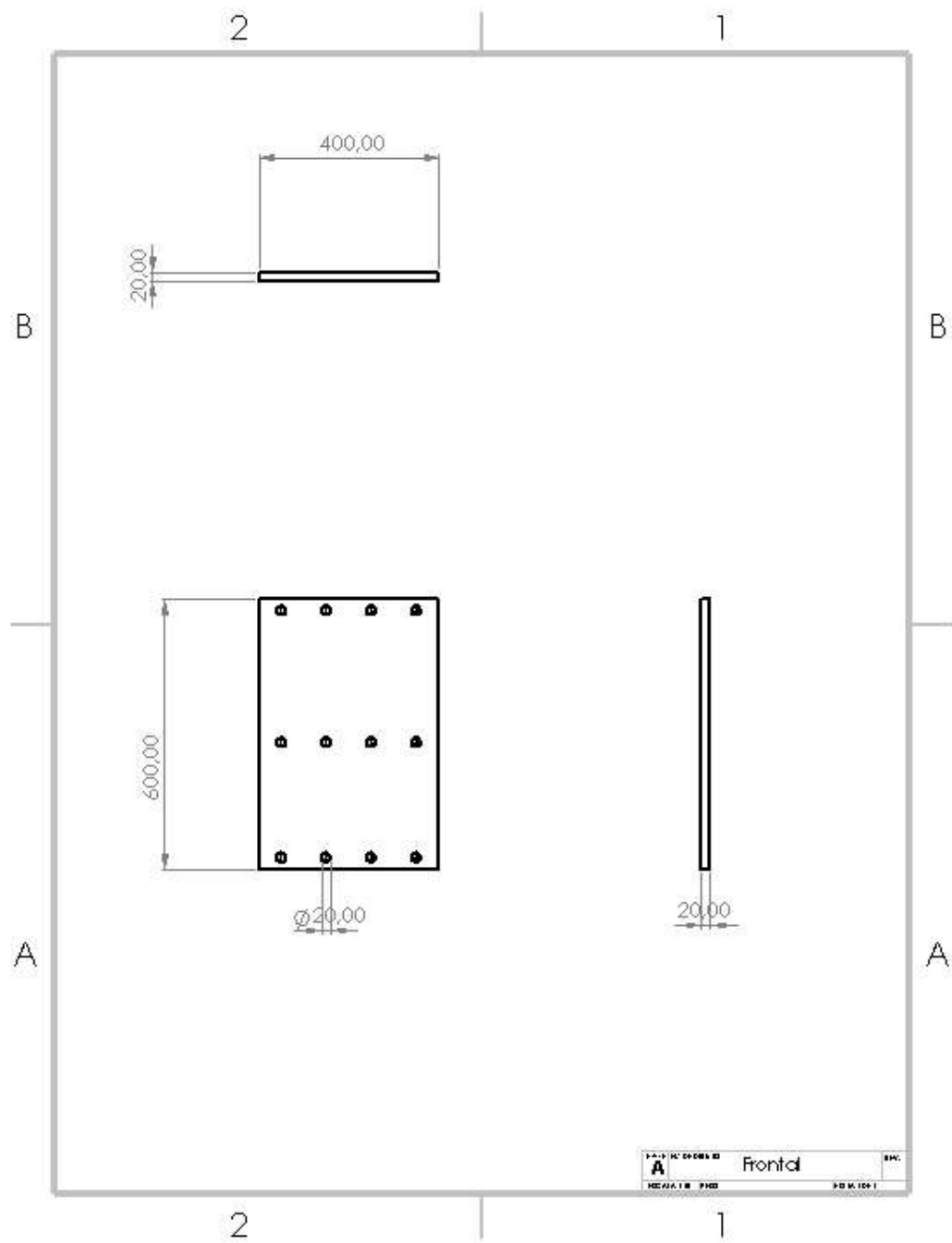
**Apéndice 21: Pared delantera III**



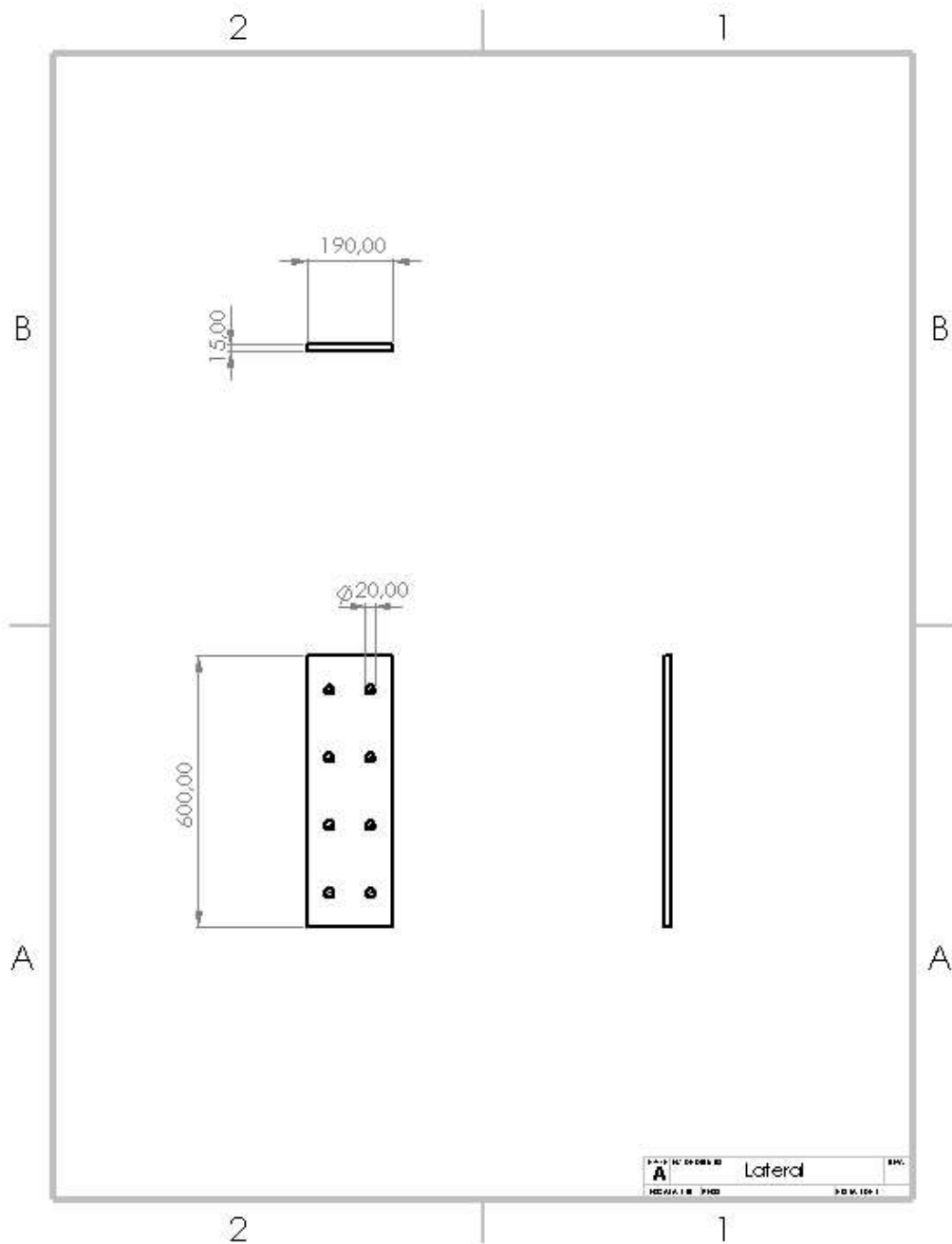
**Apéndice 22: Pared delantera IV**



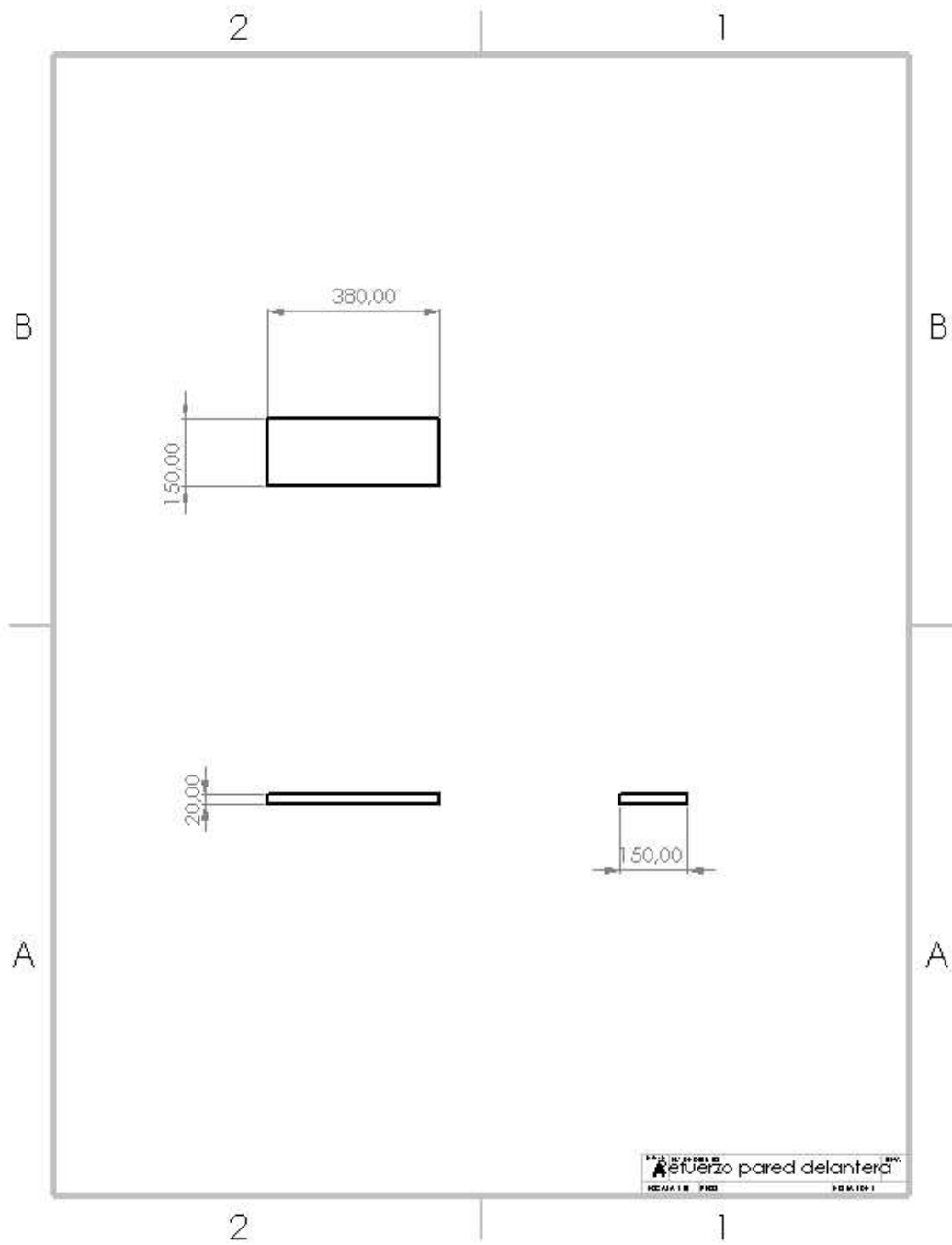
## Apéndice 23: Frontal



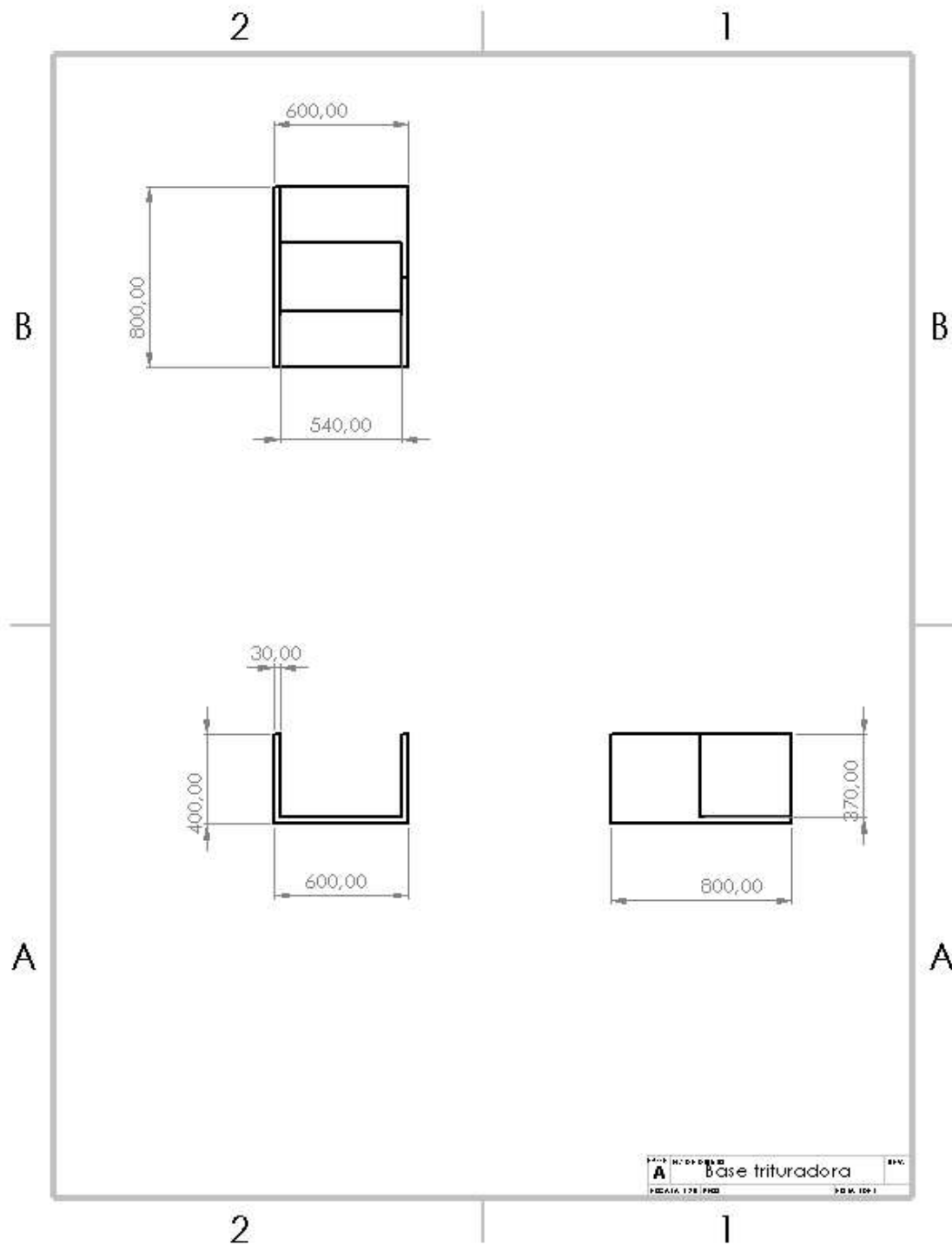
## Apéndice 24: Lateral



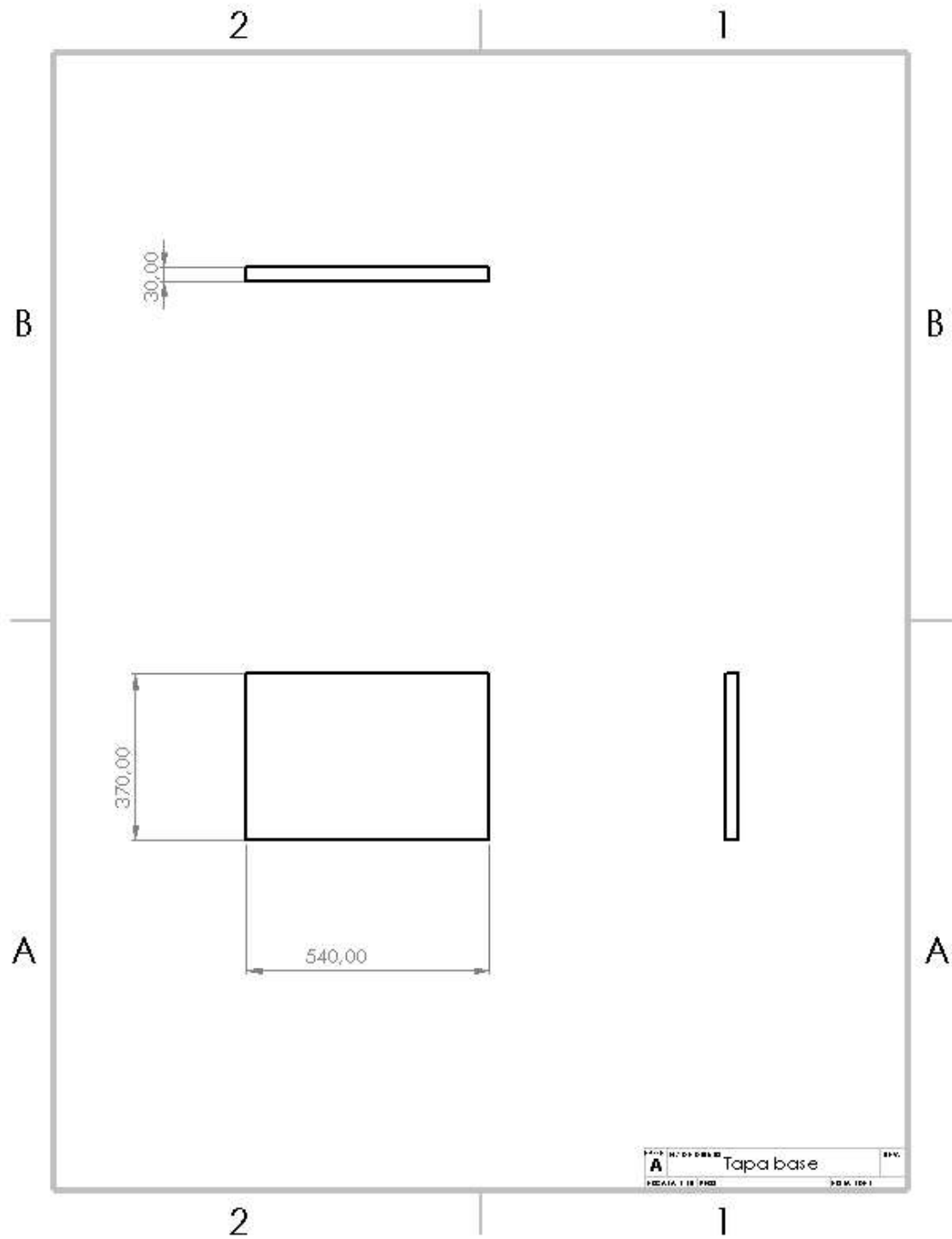
## Apéndice 25: Refuerzo



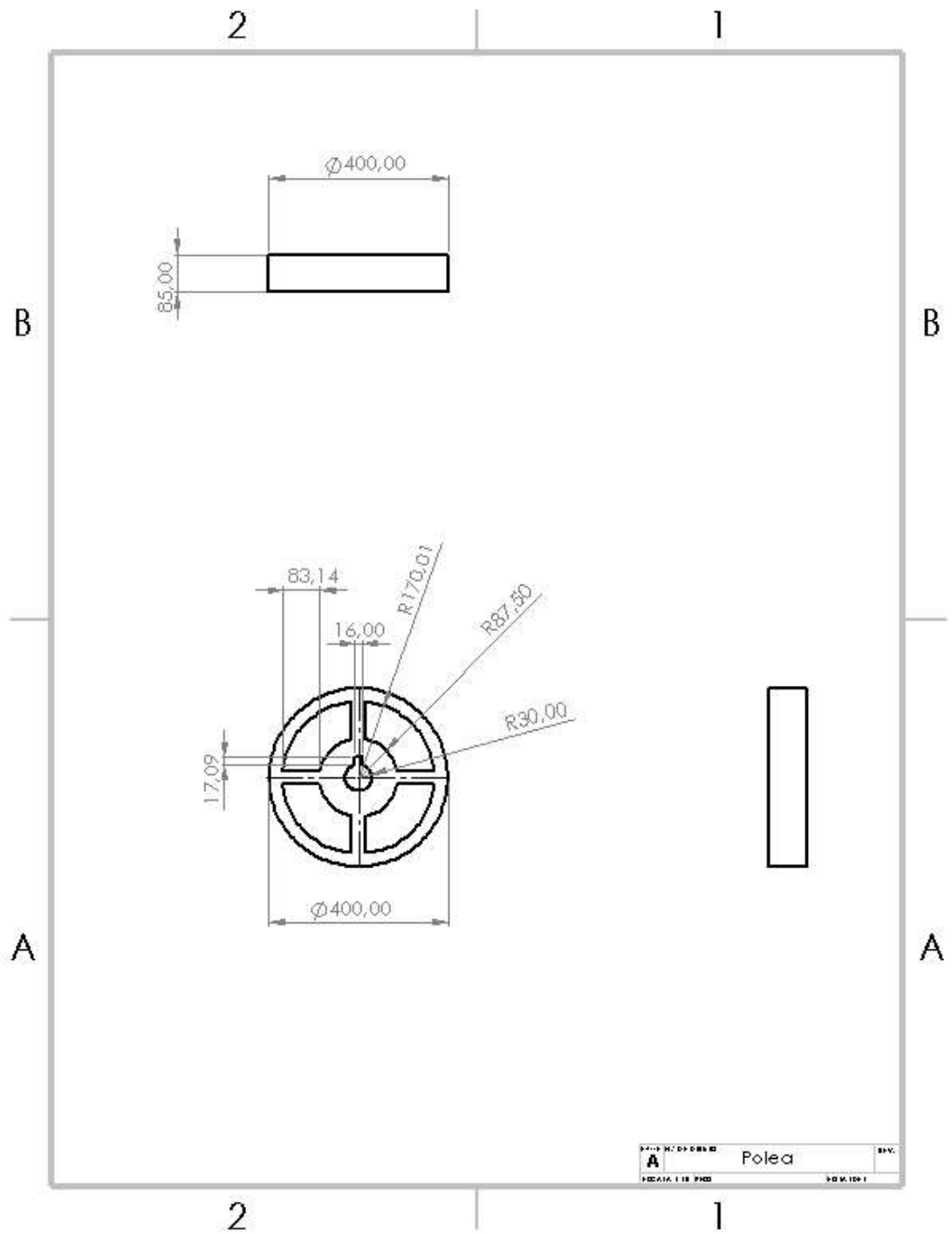
## Apéndice 26: Base de la trituradora



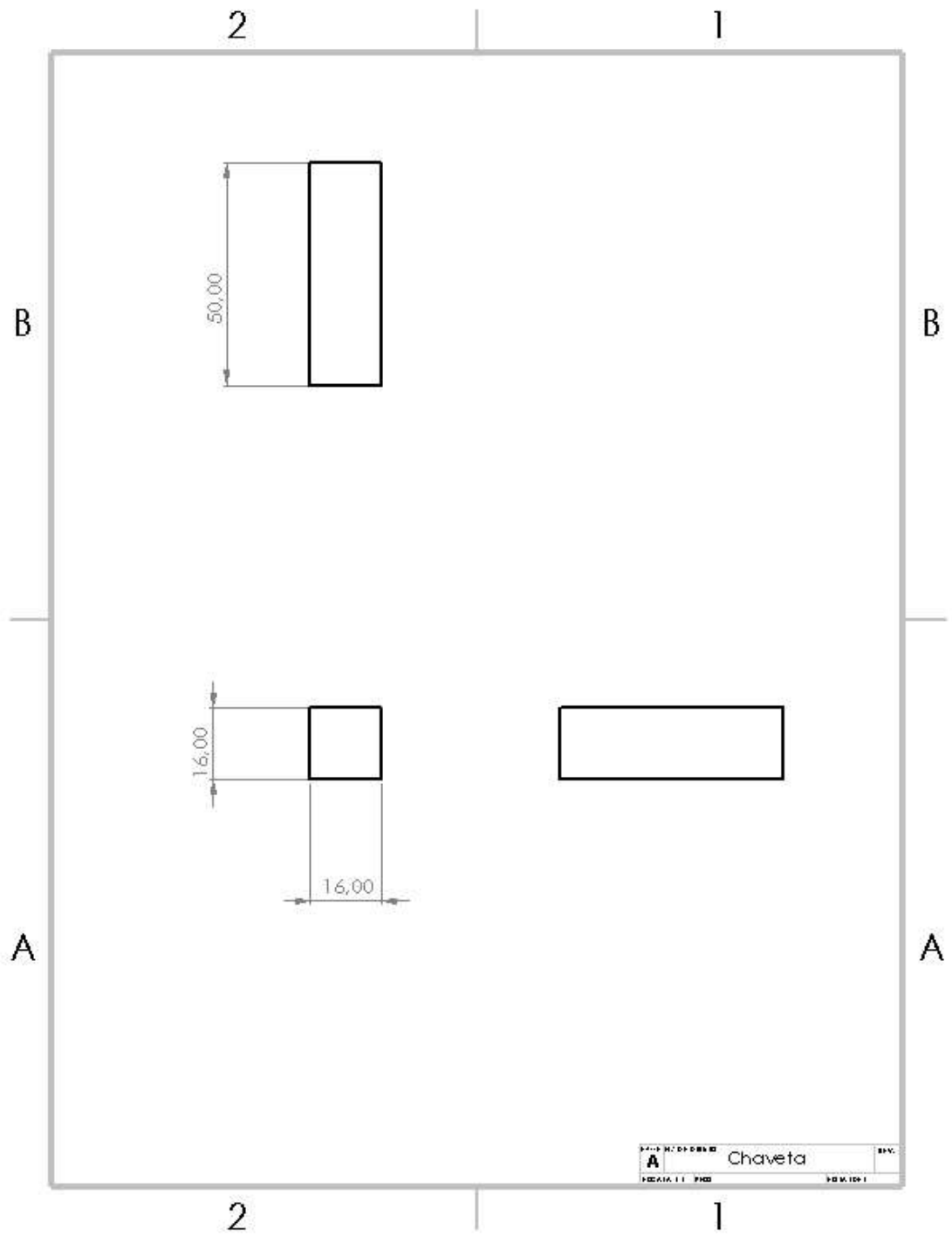
## Apéndice 27: Tapa base de la trituradora



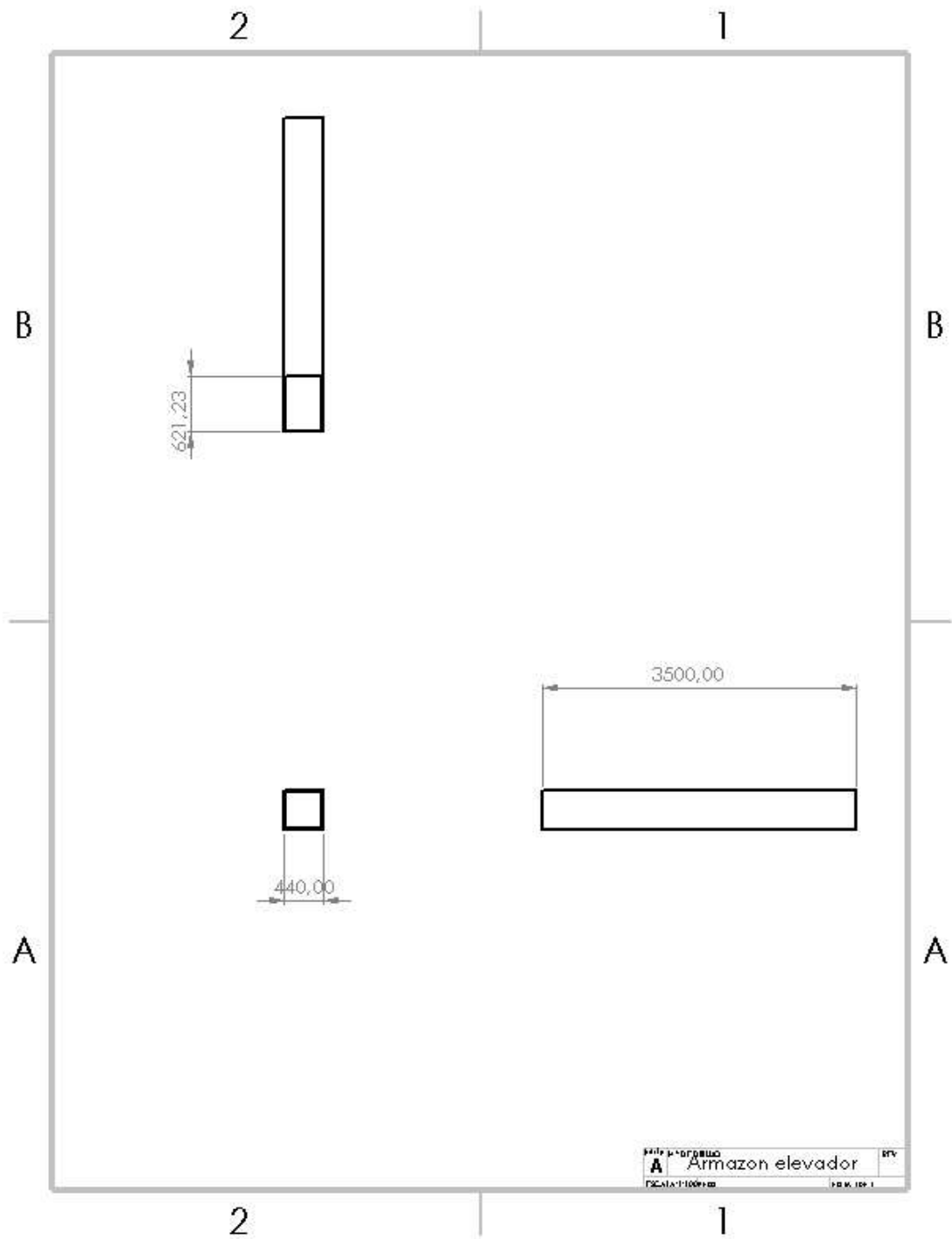
## Apéndice 28: Polea



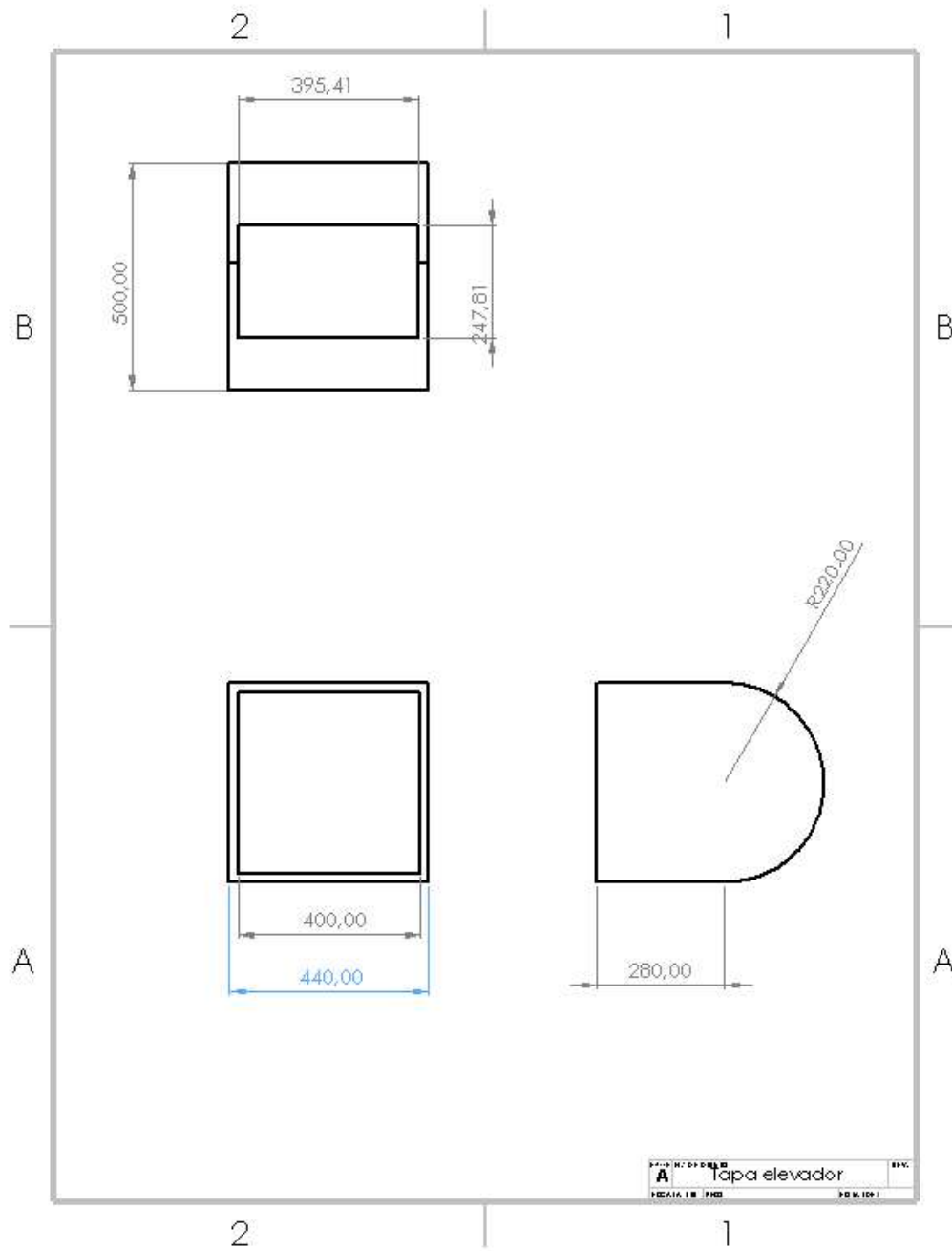
## Apéndice 29: Chaveta



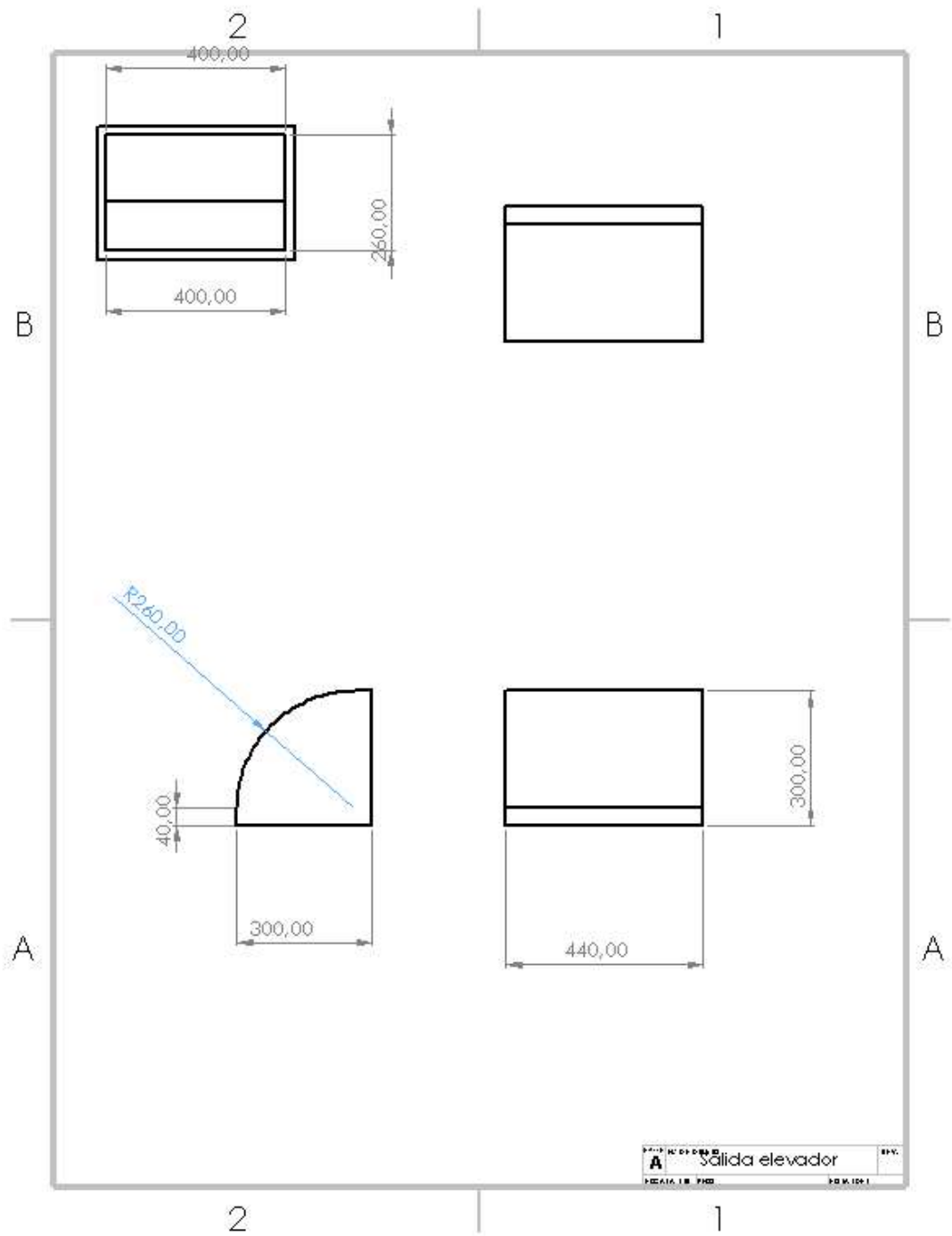
### Apéndice 30: Armazón de Elevador



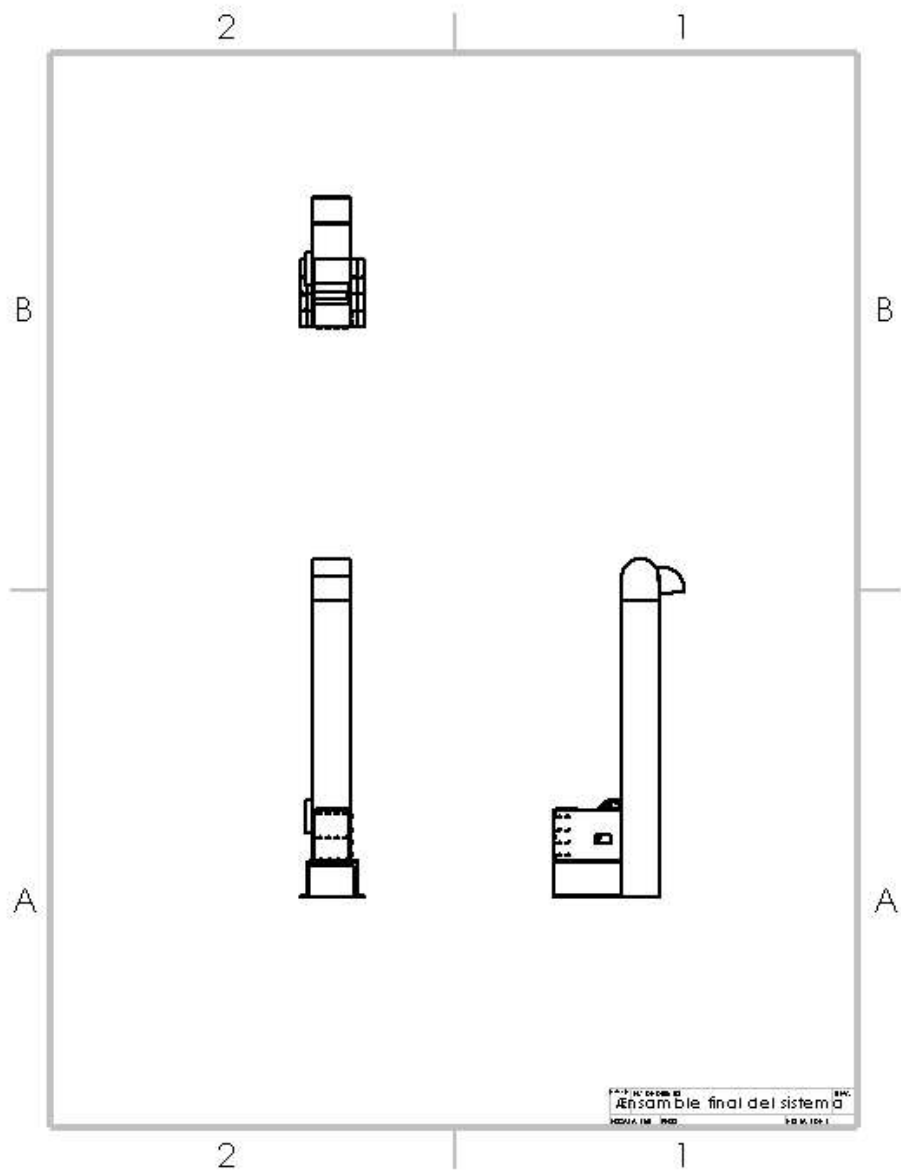
### Apéndice 31: Tapa elevador



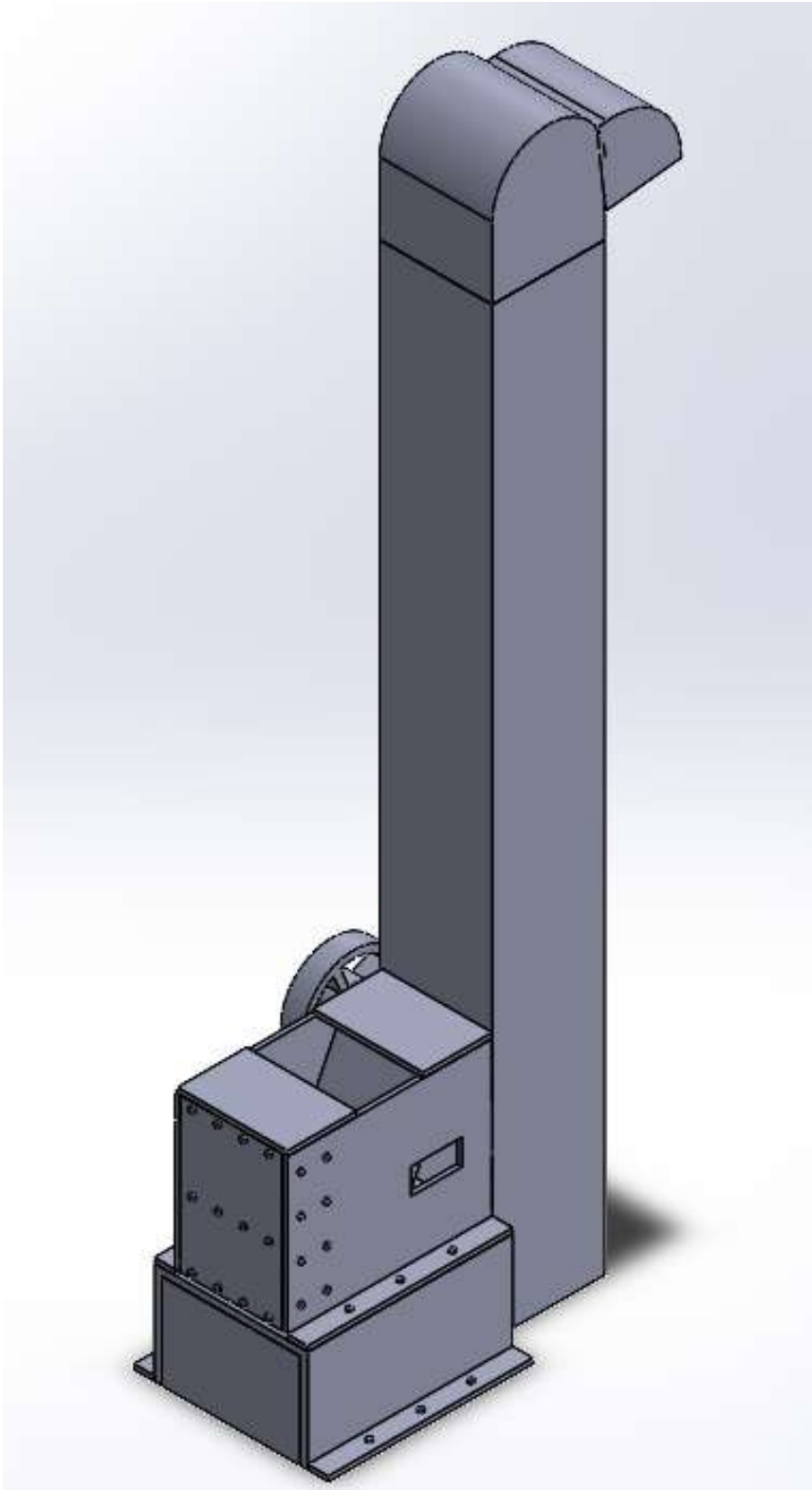
### Apéndice 32: Salida elevador



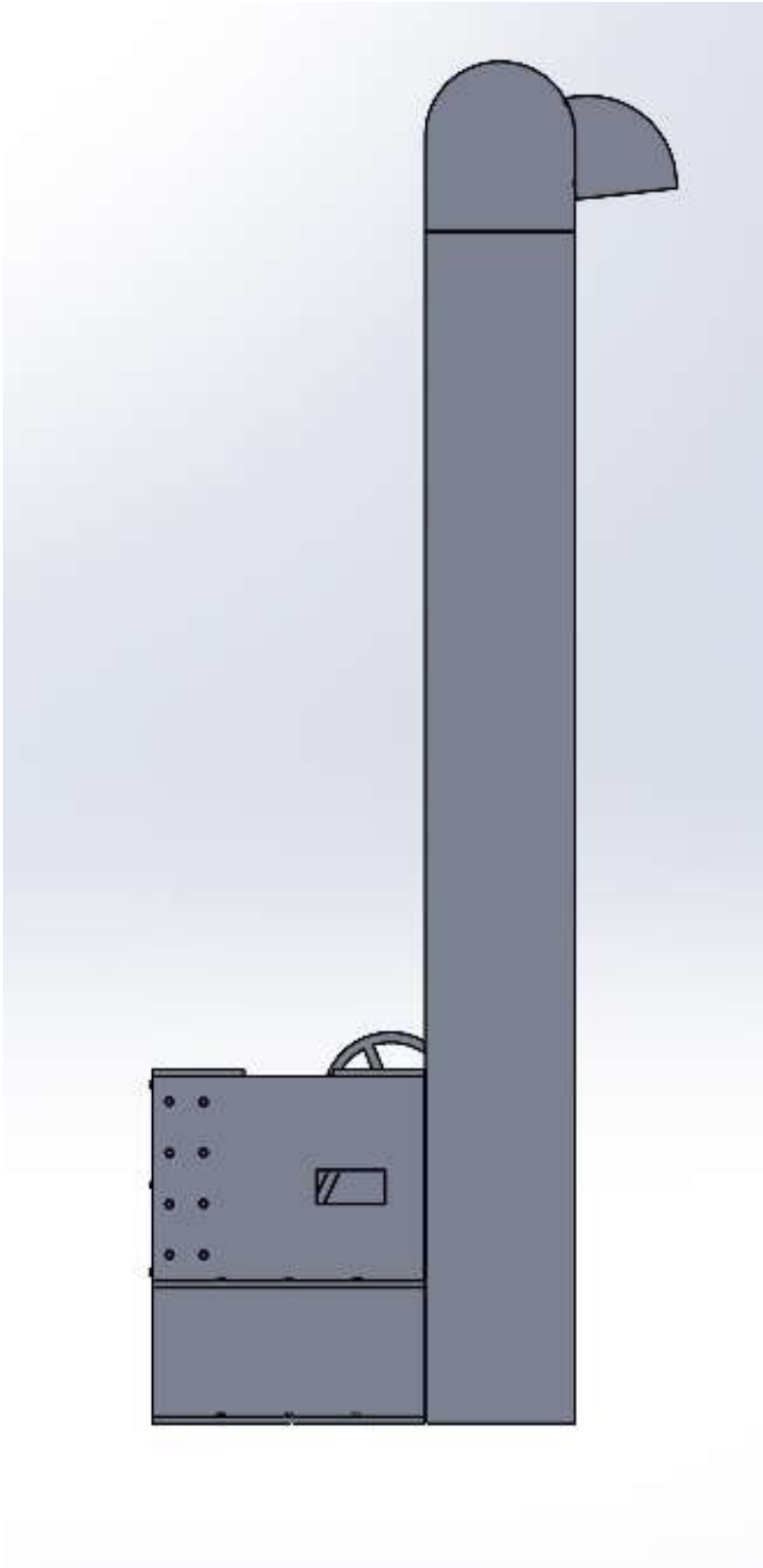
### Apéndice 33: Ensamble del sistema



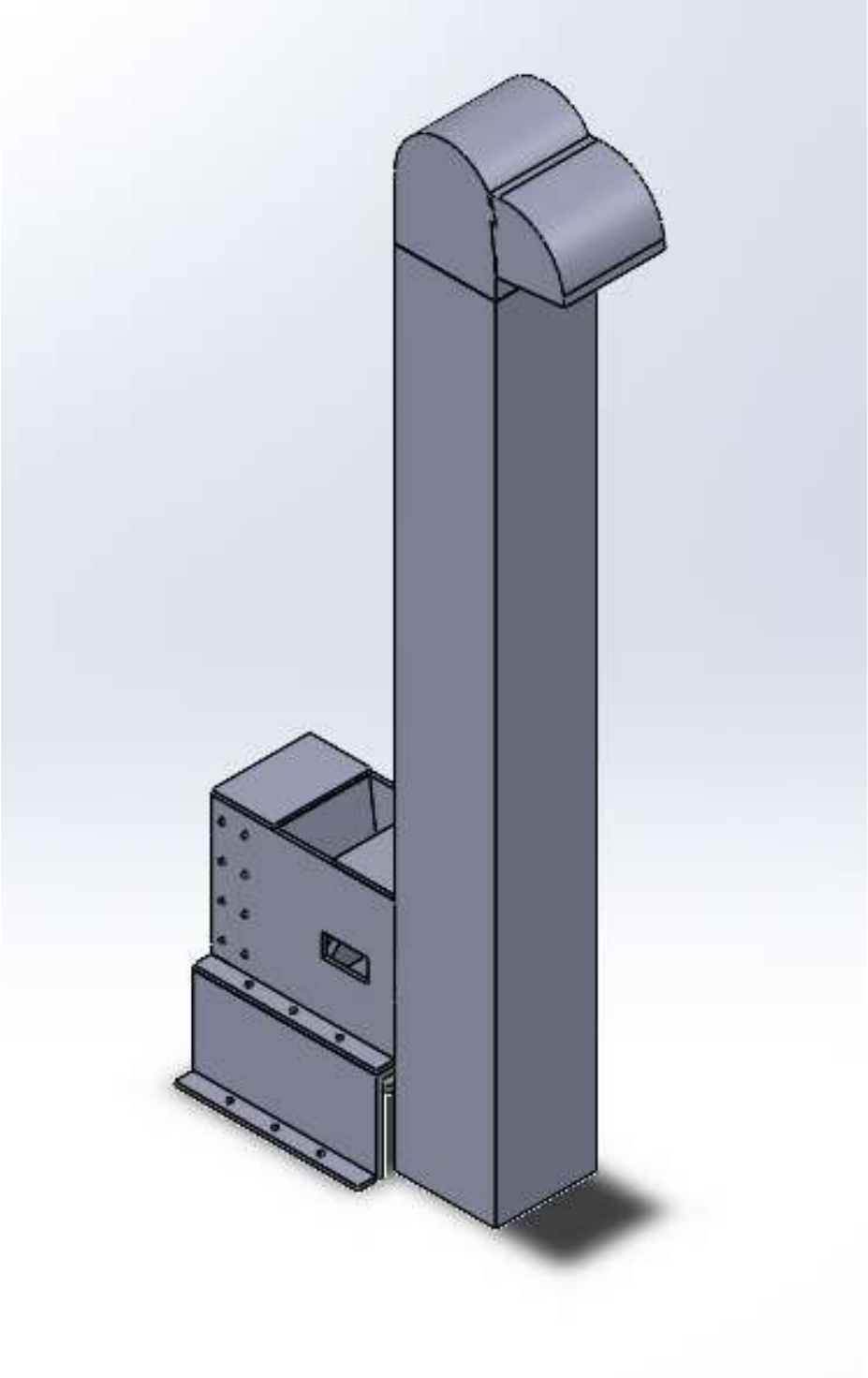
**Apéndice 34: Ensamble del sistema I**



**Apéndice 35: Ensamble del sistema II**



**Apéndice 36: Ensamble del sistema III**



**Apéndice 37: Ensamble del sistema IV**

