

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y**  
**Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,**  
**Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica**



**DISEÑO DE UNA MAQUINA DE ELECTRO-HILADO DE COLECTOR  
DE RODILLO DE 30 kVA**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**Macport-Macedo Acurio, Manuel-  
Armando**  
**Sánchez Cabanillas, Julio Misael**

Para optar el Título Profesional de  
**Ingeniero Mecánico**

Asesor:

**Mg. Castro Valdivia, Jorge Luis**

**Arequipa – Perú**

**2023**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA MECANICA**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 14 de Noviembre del 2023

**Dictamen: 011716-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 011716, presentado por:

**2016224261 - MACPORT - MACEDO ACURIO MANUEL-ARMANDO**

Titulado:

**DISEÑO DE UNA MAQUINA DE ELECTRO-HILADO DE COLECTOR DE RODILLO DE 30 KVA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29667313 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE  
DICTAMINADOR**



**29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS  
DICTAMINADOR**



**40386948 - VALDEZ LOAIZA JUAN CARLOS  
DICTAMINADOR**



# DISEÑO DE UNA MAQUINA DE ELECTRO-HILADO DE COLECTOR DE RODILLO DE 30 kVA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

3%

2

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

1%

3

[repositorio.uta.edu.ec](http://repositorio.uta.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

4

[tesis.ucsm.edu.pe](http://tesis.ucsm.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 14 de Noviembre del 2023

**Dictamen: 010174-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 010174, presentado por:

**2011203751 - SANCHEZ CABANILLAS JULIO MISAEL**

Titulado:

**DISEÑO DE UNA MAQUINA DE ELECTRO-HILADO DE COLECTOR DE RODILLO DE 30 KVA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29667313 - ALCAZAR ROJAS HERMAN ENRIQUE  
DICTAMINADOR**



**29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS  
DICTAMINADOR**



**40386948 - VALDEZ LOAIZA JUAN CARLOS  
DICTAMINADOR**



### *Dedicatoria*

*Este proyecto de tesis quiero dedicarles principalmente a mis padres por darme siempre mucho cariño y enseñarme los valores fundamentales de la vida, además de estar ahí conmigo en todo momento, en las buenas y en las malas, dándome ánimos y fortaleza para lograr mis metas y objetivos. A mi hermano por ser el principal artífice de impulsarme con mucho cariño y firmeza a lograr mis objetivos y mis metas, a mi tío el Sr. Misael Cabanillas, por enseñarme con mucho cariño, aprecio y estima la vida desde el ámbito del trabajo y lo profesional, dándome la oportunidad de aprender a trabajar y ganar experiencia y crecer profesionalmente, a mi novia C. O. M. por estar incondicionalmente a mi lado en las buenas y en las malas siempre, siendo el eje de mi vida y mi éxito; y a mis asesores por ayudarnos y guiarnos a lograr el objetivo fundamental de desarrollar este proyecto y terminarlo con éxito.*

***Misael Sánchez Cabanillas.***

*A lo largo del tiempo siempre hemos querido dejar huella a través de trabajos, edificaciones, libros y otras obras. Lo cual es, en efecto, una huella perenne para la sociedad.*

*Yo aun no se si logre dejar una huella física en este mundo, sin embargo, puedo hacer alarde, en mi opinión, de la pequeña huella que deje en mis allegados. Y es a ellos a quienes va dedicado este trabajo. A mis padres, hermanos y amigos que la vida me dio.*

***Manuel Macport.***

### Agradecimientos

*Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darnos la bendición de la vida, a la Universidad católica De santa María por ser mi alma mater, quien fue el artífice para mi formación profesional, a la facultad de ciencias e ingenierías físicas y formales y a la escuela profesional de ingeniería mecánica, mecánica-eléctrica y mecatrónica por dame las herramientas en mi formación y así ayudarme a dar el primer paso para emprender el camino del éxito.*

*Quiero agradecer a mi asesor el Ing. Jorge Castro por ser mi guía y por darme los consejos que necesité para desarrollar este proyecto de tesis. Al Dr. Hermman Alcázar por su labor académica, sus conocimientos y su experiencia, en ser un soporte fundamental en el desarrollo de este proyecto. Al director de la EPIMMEM por su gestión y ayuda incondicional para lograr mi formación profesional y el desarrollo de mi tesis. A mi compañero y amigo Manuel Macport por ayudarme a desarrollar este proyecto de tesis, sacarlo adelante y terminarlo exitosamente, con los resultados esperados.*

**Misael Sánchez Cabanillas**

*En esta ocasión quiero agradecer a DIOS. Por haberme permitido cumplir una meta más en mi vida y por brindarme la luz en el camino a través de todas las personas que colaboraron en la elaboración de esta investigación. A mis padres por su incondicional apoyo y paciencia en el desarrollo de mi formación académica, a mi tía, Mi segunda madre por apoyarme en todo desde pequeño. A mis Asesores el Ing. Jorge Castro y a el Dr. Ing. Hermman Alcazar por sus enseñanzas en los estudios universitarios y por su guía en el desarrollo de esta tesis. A mi amigo Misael Sanchez por el apoyo en el desarrollo de esta tesis. Y, por último, pero no menos importante a aquella persona que me motivo todos los días a avanzar en este proyecto, gracias A. y gracias a todos.*

**Manuel Macport**

## RESUMEN

Para el diseño de una máquina de electro-hilado (Electrospinning) de colector de rodillo de 30 KVA, que será de uso experimental en un laboratorio de pruebas; seguimos el siguiente proceso, primero realizar un bosquejo de lo que sería la máquina, luego el diseño del sistema de giro, el sistema de soporte, la estructura, la selección de todos los componentes luego se evalúo el funcionamiento en conjunto de partes diseñadas y seleccionadas, demostrando que los componentes seleccionados son los adecuados, según nuestro esquema y según los parámetros requeridos por el diseño. Una vez completado este proceso, llegamos a obtener el diseño deseado, teniendo los detalles precisos con los cuales demostramos que la máquina de Electrohilado funcionara correctamente y de manera óptima. Los usos que tendrá la máquina serán aplicables para muchos campos como por ejemplo la medicina y la ingeniería. Ya que las nanofibras que produce la máquina tienen mucho potencial para los campos mencionados.

### Palabras Clave:

Electrohilado, diseño. Nanofibras, polímeros

## ABSTRACT

For the design of a 30 KVA roller collector Electrospinning machine, which will be for experimental use in a test laboratory; We followed the following process, first making a sketch of what the machine would be, then the design of the rotation system, the support system, the structure, the selection of all the components, then the overall functioning of the designed and selected parts was evaluated. demonstrating that the selected components are appropriate, according to our scheme and according to the parameters required by the design. Once this process was completed, we obtained the desired design, having the precise details with which we demonstrated that the Electrospinning machine would work correctly and optimally. The uses that the machine will have will be applicable to many fields such as medicine and engineering. Since the nanofibers produced by the machine have a lot of potential for the mentioned fields

**Key words:**

Electrospinning, design. Nanofibers, polymers

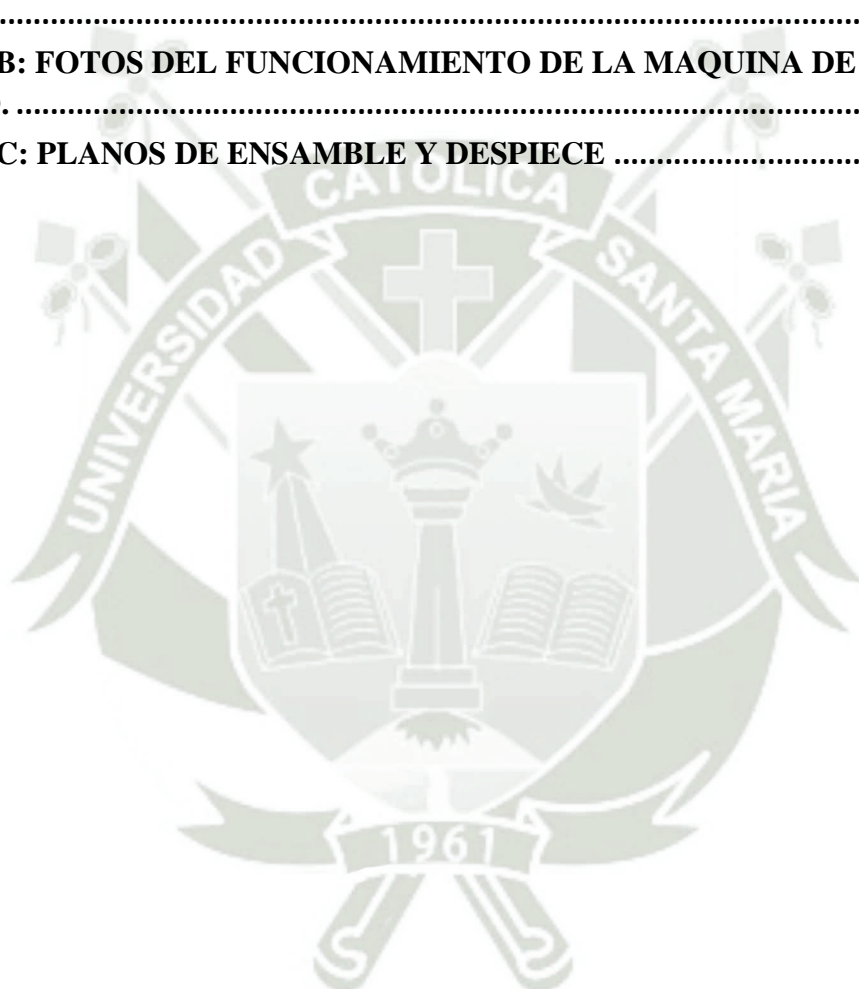
## ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ABREVIATURAS Y LISTAS DE SÍMBOLOS .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>2</b>
1. MARCO METODOLÓGICO .....	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	4
1.4 ALCANCES .....	4
1.5 LIMITACIONES .....	5
1.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.7 CAMPO DE VERIFICACIÓN .....	5
1.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	5
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>6</b>
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1 ELECTRSPINNING O ELECTRO-HILADO .....	6
2.2 FASES DEL PROCESO DE ELECTROHILADO .....	6
2.2.1 Disolución: .....	6
2.2.2 Aparición del cono de Taylor y filamento.....	7
2.2.3 Adelgazamiento del filamento.....	8
2.2.4 Inestabilidad del filamento .....	8
2.2.5 Colecta del filamento.....	8
2.3 PARÁMETROS DEL ELECTROHILADO .....	8
2.3.1 Parámetros de la Solución .....	10

2.3.2	Parámetros del proceso.....	10
2.3.3	Parámetros ambientales.....	11
2.4	OTRAS TÉCNICAS.....	11
2.4.1	Electrohilado coaxial.....	11
2.4.2	Electrohilado de emulsión.....	13
2.4.3	Electrohilado de doble flujo.....	14
2.5	APLICACIONES.....	16
2.5.1	Ingeniería de tejidos.....	16
2.5.2	Liberación controlada de fármacos.....	17
2.5.3	Sensores.....	17
2.5.4	Protección personal y medioambiental.....	17
2.5.5	Electrodos para baterías.....	17
2.5.6	Filtros de aire.....	17
2.6	TECNOLOGÍAS DISPONIBLES Y ESTRUCTURA DE LA MAQUINA.....	18
2.7	MAQUINAS DE ELECTROHILADO EN EL MERCADO NACIONAL.....	20
2.8	ESTRUCTURA DE MÁQUINAS DE ELECTROHILADO.....	23
2.8.1	Fuente de alto voltaje.....	23
2.8.2	Generador de corriente continua.....	23
2.8.3	Capilar o aguja.....	23
2.8.4	Sistema de alimentación de la solución.....	23
2.8.5	Colector.....	24
2.8.6	Sistema de control y monitoreo.....	24
2.8.7	Caja de seguridad.....	24
2.8.8	Sistema de soplado de aire.....	24
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>25</b>
3.	DISEÑO CONCEPTUAL.....	25
3.1	LISTA DE DESEOS O EXIGENCIAS.....	25

3.2 ESTRUCTURA DE FUNCIONES .....	27
3.2.1 Dominio de Mecánico .....	27
3.2.2 Dominio de Actuación .....	28
3.2.3 Dominio de Interacción con el Usuario.....	28
3.2.4 Dominio de Energía .....	29
3.3 BOSQUEJO DE PROTOTIPO. ....	29
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>30</b>
4. DISEÑO DE DETALLE Y SELECCIÓN DE PARTES .....	30
4.1 CAJA AISLANTE.....	30
4.1.1 Cálculo de Espesor de Plancha Metálica.....	31
4.2 SISTEMA DE RECOLECCION.....	33
4.2.1 Cálculo de diámetro del eje.....	35
4.2.2 Análisis de los rodillos .....	44
4.2.3 Selección de Poleas .....	47
4.2.4 Selección de Motor Paso a Paso.....	47
4.2.5 Selección del Rodamiento .....	48
4.2.6 Selección de correa de transmisión .....	51
4.2.7 Cálculo de espesor de planchas del soporte de rodillo.....	52
4.2.8 Cálculo de pernos de unión: .....	53
4.3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.....	53
4.3.1 Cálculo de Espesor de Plancha de poliamida.....	54
4.3.2 Selección de motor paso a paso.....	55
4.3.3 Selección de tuerca y husillo de precisión.....	56
4.3.4 Selección de Acople de eje.....	56
4.3.5 Selección de carro de rodamientos y riel guía.....	57
4.4 SISTEMA ELEVADOR DE TENSIÓN .....	58
4.4.1 Selección de sistema de elevación de tensión. ....	58

4.5 SISTEMA DE CONTROL DE PARÁMETROS.....	60
4.5.1 Selección del sistema de control de parámetros.....	60
4.6 ANALISIS DE COSTOS .....	62
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO A: FICHA TECNICA DE ALIMENTACION DE VOLTAJE DW-P303-1ACD1 - 30 kV.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO B: FOTOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE ELECTRO HILADO. ....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO C: PLANOS DE ENSAMBLE Y DESPIECE .....</b>	<b>73</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
<b>Figura 1. 1</b> <i>Dibujo esquemático de una máquina de Electrohilado.</i> .....	3
<b>Figura 2. 1</b> <i>Cono de Taylor en el proceso de electrohilado.</i> .....	7
<b>Figura 2. 2</b> <i>Tipos de Parámetros.</i> .....	9
<b>Figura 2. 3</b> <i>Esquema de Electrohilado coaxial.</i> .....	12
<b>Figura 2. 4</b> <i>Esquema de Electrohilado de emulsión</i> .....	14
<b>Figura 2. 5</b> <i>Esquema de Electrohilado de doble flujo.</i> .....	16
<b>Figura 2. 6</b> <i>Maquina de Electrohilado</i> .....	18
<b>Figura 2. 7</b> <i>Agujas Coxial y Triaxial.</i> .....	19
<b>Figura 2. 8</b> <i>Tipos de Colectores.</i> .....	19
<b>Figura 2. 9</b> <i>Maquina MSK-NFES-IU</i> .....	21
<b>Figura 2. 10</b> <i>Máquina de Electrohilado PE-300.</i> .....	22
<b>Figura 3. 1</b> <i>Bosquejo de Maquina de Electro Hilado a desarrollar.</i> .....	29
<b>Figura 4. 1</b> <i>Carga distribuida sobre la plancha (viga)</i> .....	31
<b>Figura 4. 2</b> <i>Isométrico de las planchas de la caja aislante.</i> .....	32
<b>Figura 4. 3</b> <i>Sistema de recolección de nano fibras.</i> .....	34
<b>Figura 4. 4</b> <i>Vista lateral del sistema de recolección</i> .....	35
<b>Figura 4. 5</b> <i>Factor de concentración de esfuerzos para canales chaveteros.</i> .....	37
<b>Figura 4. 6</b> <i>Factor de concentración de esfuerzos para bordes de eje</i> .....	38
<b>Figura 4. 7</b> <i>Criterio de signos para el cálculo.</i> .....	39
<b>Figura 4. 8</b> <i>Posición y Magnitud de cargas que ejercerán sobre el eje.</i> .....	39
<b>Figura 4. 9</b> <i>Diagrama de esfuerzos cortantes del eje.</i> .....	39
<b>Figura 4. 10</b> <i>Diagrama de deflexión del eje</i> .....	40
<b>Figura 4. 11</b> <i>Grafico de momento flector en el eje.</i> .....	40
<b>Figura 4. 12</b> <i>Propiedades de los aceros según la norma AISI</i> .....	41
<b>Figura 4. 13</b> <i>Factor de corrección de temperatura</i> .....	41
<b>Figura 4. 14</b> <i>Diagrama para hallar el factor de corrección de superficie</i> .....	41
<b>Figura 4. 15</b> <i>Factor de confiabilidad funcional (Cr)</i> .....	42
<b>Figura 4. 16</b> <i>Factor de corrección de esfuerzos residuales.</i> .....	42
<b>Figura 4. 17</b> <i>Cálculo del eje usando todos los factores nombrados anteriormente</i> .....	43

<b>Figura 4. 18</b>	Sujecciones para el cálculo de rodillos, en el software Inventor.....	44
<b>Figura 4. 19</b>	Implementación de la carga en el medio del rodillo, en el software Inventor.....	44
<b>Figura 4. 20</b>	Resultados de la simulación del esfuerzo de Von Misses .....	45
<b>Figura 4. 21</b>	Resultados de la simulación del esfuerzo de Von Misses en los tambores. ...	45
<b>Figura 4. 22</b>	Resultados de la simulación de deformaciones con carga de servicio en los tambores. ....	46
<b>Figura 4. 23</b>	Simulación del factor de seguridad en el software inventor.....	46
<b>Figura 4. 24</b>	Datos extraídos en base a la selección del motor.....	48
<b>Figura 4. 25</b>	Datos y Características Técnicas del Rodamiento, extraído de Ficha Técnica.....	49
<b>Figura 4. 26</b>	a) Viscosidad nominal de lubricante b) Tipo de lubricante a utilizar.....	49
<b>Figura 4. 27</b>	Factor $N_c$ para rodamientos para diferentes niveles de contaminación.....	50
<b>Figura 4. 28</b>	Diagrama para hallar el factor $\partial skf$ para rodamientos. ....	50
<b>Figura 4. 29</b>	Datos para el cálculo del rodamiento.....	51
<b>Figura 4. 30</b>	Posicionamiento de la fuerza para el cálculo de pernos .....	53
<b>Figura 4. 31</b>	Isométrico del sistema de posicionamiento .....	54
<b>Figura 4. 32</b>	Partes del carro de rodamientos y riel guía.....	57
<b>Figura 4. 33</b>	Fuente de alta tensión NLI 30 Kv .....	58
<b>Figura 4. 34</b>	Fuente de alta tensión DW-P303-1ACD1 - 30 kV .....	59
<b>Figura 4. 35</b>	Sistema de control por PLC.....	61
<b>Figura 4. 36</b>	Sistema de controlador por Arduino .....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
<b>Tabla 3. 1</b> <i>Lista de exigencias y deseos para el diseño de la máquina de electrohilado.</i> ...	25
<b>Tabla 4. 1</b> <i>Propiedades eléctricas de la poliamida.</i> .....	30
<b>Tabla 4. 2</b> <i>Para chapas metálicas p2, p3, p4.</i> .....	32
<b>Tabla 4. 3</b> <i>Para chapas metálicas p5, p6, p8.</i> .....	33
<b>Tabla 4. 4</b> <i>Para chapas metálicas p7, p9, p10, p11:</i> .....	33
<b>Tabla 4. 5</b> <i>Propiedades del Motor paso a paso</i> .....	43
<b>Tabla 4. 6</b> <i>Características de la polea seleccionada</i> .....	47
<b>Tabla 4. 7</b> <i>Propiedades del Motor paso a paso</i> .....	48
<b>Tabla 4. 8</b> <i>Características de la correa seleccionada</i> .....	52
<b>Tabla 4. 9</b> <i>Para chapas metálicas pp2, pp3, pp4, pp9:</i> .....	52
<b>Tabla 4. 10</b> <i>Para planchas pp 12 a la pp 19</i> .....	54
<b>Tabla 4. 11</b> <i>Para plancha pp20</i> .....	55
<b>Tabla 4. 12</b> <i>Para plancha pp21 a la pp24 y pp29 a la pp32</i> .....	55
<b>Tabla 4. 13</b> <i>Para la pp25 y pp27</i> .....	55
<b>Tabla 4. 14</b> <i>Características del motor paso a paso seleccionado</i> .....	56
<b>Tabla 4. 15</b> <i>Características del husillo seleccionado</i> .....	56
<b>Tabla 4. 16</b> <i>Características del acople seleccionado</i> .....	57
<b>Tabla 4. 17</b> <i>Características del carro de rodamientos y riel guía seleccionados.</i> .....	57
<b>Tabla 4. 18</b> <i>Características de la Fuente de alta tensión NLI 30 kV</i> .....	59
<b>Tabla 4. 19</b> <i>Características de la Fuente de alta tensión DW-P303-1ACD1 - 30 Kv</i> .....	59
<b>Tabla 4. 20</b> <i>Estructura de costos para la fabricación de la Máquina de Electro-Hilado.</i> ..	63

## ABREVIATURAS Y LISTAS DE SÍMBOLOS

### Abreviaturas

KVA	Kilovolt-amperio
KV	Kilovoltios
mA	Miliamperio
E	Exigencia
D	Deseo
V	Voltaje
Hz	Hertz
DET	Distribución de Energía Total
DP	Distribución de presión
DT	Distribución de temperatura
NMs	Nanomateriales
NPs	Nanopartículas
OQ	(Orthogonal Quality) Calidad Ortogonal

### Lista de símbolos

$f_s$	Fuerza Cortante
$E$	Módulo de Elasticidad
$I$	Momento de Inercia
$\emptyset$	Diámetro
$K_m$	Factor de Momento
$K_t$	Factor de Torsión
$D$	Deflexión
$w$	Carga Lineal
$d$	Profundidad de la viga
$l$	Longitud
$f_t$	Fuerza torsión
$d$	Diámetro del pistón

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto consiste en el diseño de una máquina de electro-hilado (Electrospinning) que consta de un conjunto de elementos mecánicos y eléctricos, los cuales una vez ensamblados permiten colocar los polímeros base en unos depósitos (jeringas) y generar nanofibras, los materiales que se podrían usar para el diseño de esta máquina son principalmente metálicos, plásticos, entre otros, y para la parte eléctrica y/o electrónica, se podrían usar dispositivos que de acuerdo al diseño mecánico serían más adecuados para el funcionamiento óptimo de la máquina, la máquina en diseño, será aplicada para el laboratorio de pruebas de la UCSM, se mostrará un manual para la correcta operatividad de la máquina.

En los primeros capítulos veremos la hipótesis, los objetivos a alcanzar, algunos problemas que podríamos tener en el diseño, y plantear las soluciones para llegar al diseño óptimo de esta máquina, veremos cálculos estructurales y cálculos de funcionamiento de la máquina, etc.

En la parte de cálculos podremos ver los parámetros necesarios para el funcionamiento de la máquina, mostraremos también algunas alternativas de los diferentes polímeros base que se podrían usar, para llegar a obtener las nanofibras deseadas.

Finalmente haremos una estructura de costos, para saber exactamente cuál es el precio estimado de fabricar una máquina de este tipo, analizando desde la estructura, los materiales, la mano de obra, los equipos a usar, la ingeniería y los detalles.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO METODOLÓGICO

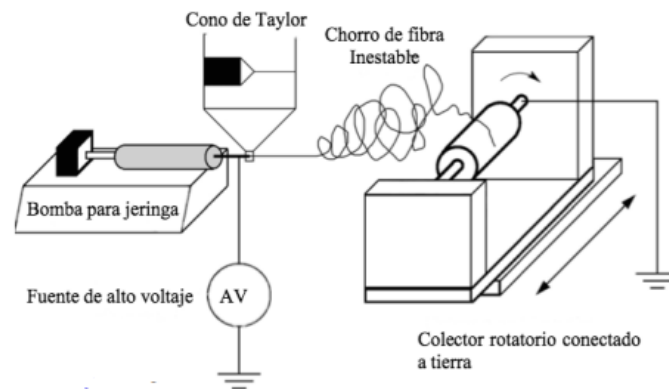
#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el campo de la fabricación de nanoestructuras y con el propósito de aplicarlo en la nano-instrumentación, se encuentra la técnica conocida como Electrohilado. Esta técnica se basa en la atomización electrostática y se utiliza para producir fibras a nivel nanométrico mediante el estiramiento axial de una solución viscoelástica. Este proceso implica el uso de un campo eléctrico para extraer y estirar las fibras a partir de un fluido de material.

La técnica de Electrohilado se basa en vencer las fuerzas de tensión superficial presentes en una solución polimérica cargada, mediante la aplicación de fuerzas eléctricas suficientemente intensas. Cuando se alcanza un voltaje crítico, pequeños chorros de la solución se expulsan desde el capilar hacia un plato colector. Después de este proceso, el chorro de solución se mueve en dirección al campo eléctrico y se elonga debido a las fuerzas internas y externas, lo que ocasionalmente produce inestabilidades. Fragmentos de fibra se depositan de manera aleatoria en un sustrato colector a medida que el disolvente se evapora. Por lo general, el Electrohilado se lleva a cabo en condiciones ambientales y atmosféricas normales.

A partir de lo expuesto previamente, surge la idea de crear y diseñar una máquina de Electrohilado de tipo rodillo (ver Figura 1.1). En este proyecto, se llevará a cabo el desarrollo, diseño e implementación de una máquina de prueba de Electrohilado que empleará una fuente de alimentación de alta tensión capaz de generar voltajes de 0 a 30 kV. Esto permitirá la producción de nano fibras utilizando polímeros como material base.

**Figura 1. 1** Dibujo esquemático de una máquina de Electrohilado.



Nota: Adaptacion de Esquema de máquina de Electrohilado Sill & Von Recum (2008).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General

- Diseñar una máquina de electro-hilado de colector de rodillo de 30 kVA, para uso experimental.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Comprender los efectos individuales de los diversos factores de producción en el proceso de Electrohilado sobre las fibras producidas, recopilar los datos más relevantes de fuentes científicas y académicas, como artículos, libros, tesis o artículos.
- Examinar la literatura disponible para estudiar los rangos de valores habitualmente utilizados en cada parámetro de producción y emplear esta información como una guía para evaluar los requisitos de capacidad de los elementos y equipos incorporados en la máquina.
- Diseño de sistema de recolección, sistema de posicionamiento y aislamiento estructural.
- Seleccionar todos los componentes para la máquina de Electrohilado.
- Seleccionar partes y componentes necesarios.
- Generar planos de ensamble y fabricación que permitan construir la maquina.
- Realizar un análisis de costos de fabricación.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

#### i) Tecnológica

El presente estudio va a representar un aporte importante en la tecnología, ya que al entender mejor la estructura y funcionamiento de estas máquinas puede sentar la base para la producción en masa de estas máquinas en el Perú.

#### ii) Económica

El desarrollo de esta máquina impactara en el ámbito económico ya que comercialmente el costo de estas es elevado al elaborar el diseño de esta máquina se planea impulsar la investigación de este nuevo proceso, quitando el factor económico como un limitante.

#### iii) Social

El impacto social de este diseño recae en los futuros equipos de investigación para que puedan realizar investigaciones a más profundidad y también encontrar oportunidades de mejorar y hacer más eficiente este proceso.

#### iv) Personal

El presente estudio servirá para aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional y realizar una investigación más profunda sobre temas específicos a beneficio de los tesisistas y los que deseen tomar este estudio como referencia. Al término de la investigación los tesisistas obtendrán el título de ingeniero mecánico.

### 1.4 ALCANCES

Se realizará una evaluación de las diferentes alternativas de funcionamiento que pueden tener los sistemas de Electrohilado y sus variantes. Con ello se realizarán el cálculo y selección de componentes. Por último, se terminará el proyecto con los planos necesarios para el montaje del proyecto junto a un análisis de costos tanto de la construcción como del montaje de la máquina.

La máquina que se pretende construir para la obtención de nanofibras trabajara con un voltaje máximo de 15-30 KV.

## 1.5 LIMITACIONES

- Presentaremos limitaciones como lo es un grupo escaso de componentes y equipos disponibles para la selección. Al tener un mercado limitado, tendremos que adaptarnos a los disponible en el mercado o en su defecto, equipos de fácil importación.
- La plataforma de operación estructural es un diseño ajeno al presente trabajo.
- Se realizará el diseño considerando los estándares de diseño y seguridad aplicados en el Perú.

## 1.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de tipo aplicada, pues se busca la aplicación de los conocimientos que se adquiridos en los años de formación universitaria.

## 1.7 CAMPO DE VERIFICACIÓN.

Este trabajo de diseño se realizará en la ciudad de Arequipa, en un periodo de tiempo comprendido en el 2023.

## 1.8 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

### i) Cálculo Matemático.

En la presente investigación se elaborarán cálculos para determinar los materiales y dimensiones requeridos de las piezas a diseñar.

### ii) Análisis documental

En la presente investigación se utilizará la técnica de Análisis documental, ya que se recopilará y analizará información técnica referencial e información sobre las máquinas de electrohilado que existen actualmente en el mercado.

### iii) Materiales y equipos.

Para el estudio se utilizará, laptop con capacidad y rendimiento adecuado con los programas de Office y de diseño CAD.

Adicionalmente se utilizarán instrumentos como con útiles de escritorio para el desarrollo de apuntes, esquemas y cálculos manuales.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ELECTRSPINNING O ELECTRO-HILADO

Según explican Molfino et al. (2020), En el campo de la bioingeniería, el proceso de electrohilado se considera una de las técnicas más avanzadas. Este método utiliza un campo eléctrico para producir fibras delgadas, y luego, a lo largo de varios pasos, se produce la producción final de fibras diseñadas específicamente para satisfacer las necesidades específicas de varios sectores de actividad. Como resultado, las fibras producidas pueden contribuir a la construcción de estructuras debido a su versatilidad.

El proceso de electrohilado ha brindado un notable impulso al ámbito de la biomedicina, al proporcionar una técnica altamente adecuada para la fabricación de herramientas que mejoran los servicios ofrecidos a pacientes que necesitan tratamientos especializados, como la profilaxis, la regeneración de tejidos y otros relacionados con la construcción y desarrollo de estructuras biológicas. (Molfino et al., 2020).

Además, se indica que el procedimiento de electrohilado requiere el uso de campos eléctricos externos para evitar que la tensión superficial supere las fuerzas eléctricas. Esto facilita la generación de voltaje y ayuda a formar fibras delgadas que se proyectan hacia un dispositivo de recolección. Sin embargo, es importante tener en cuenta que pueden surgir problemas con la inestabilidad y la evaporación de los solventes durante este proceso.

#### 2.2 FASES DEL PROCESO DE ELECTROHILADO

##### 2.2.1 Disolución:

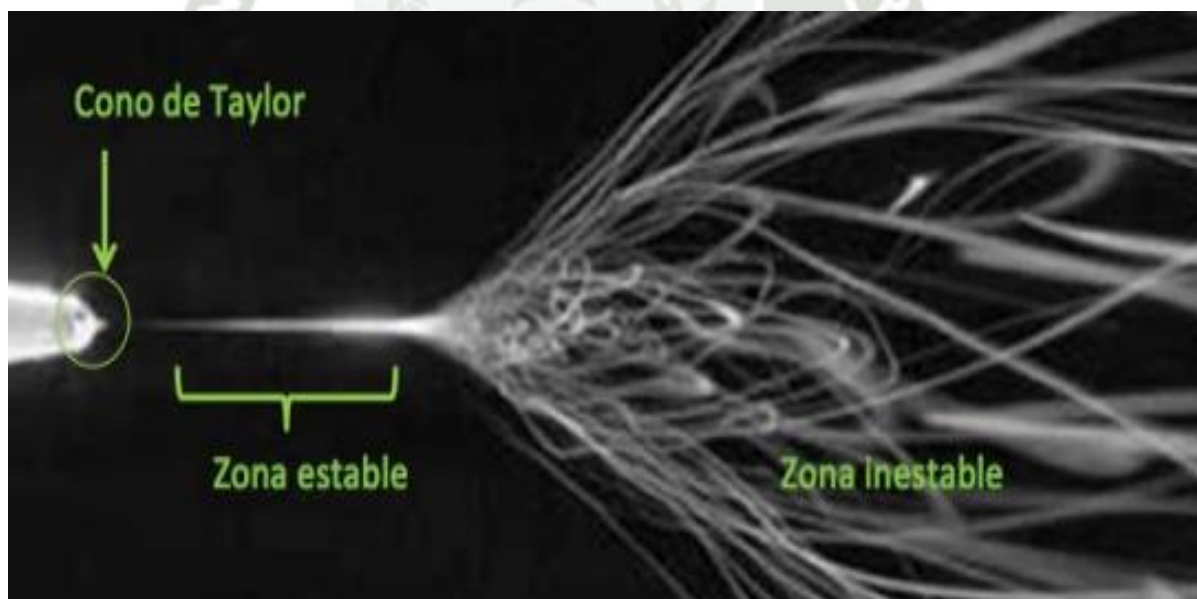
La fase de disolución marca el inicio del proceso de electrohilado, donde los polímeros deben disolverse por completo. Para lograrlo, se utilizan solventes particulares creados para garantizar una disolución completa y promover la formación de fibras uniformes, así como para prevenir posibles obstrucciones en los capilares. Para garantizar la eficacia de esta etapa, con frecuencia se utiliza una mezcla de varios tipos de solventes para promover una disolución rápida y completa de los componentes poliméricos.

### 2.2.2 Aparición del cono de Taylor y filamento

El proceso comienza con la solución creada en la primera etapa, que puede almacenarse en un cono o en una jeringa. En ambos casos, se aplica un alto nivel de voltaje a esta solución hasta que se acumulan cargas eléctricas a una velocidad e intensidad tan elevadas que se inicia la formación de una gota alargada en el campo eléctrico. Los filamentos se mueven a través del campo eléctrico cuando esta gota alcanza su máximo alargamiento y adquiere una forma cónica conocida como formación del cono de Taylor. (Ramakrishna et al., 2005).

Según explica Meixueiro (2016), Cuando se alcanzan las fuerzas críticas del campo durante el proceso de electrohilado, los polímeros forman una gota extremadamente delgada que se estira y alarga hasta adquirir la característica forma cónica conocida como el cono de Taylor.

**Figura 2. 1** *Cono de Taylor en el proceso de electrohilado.*



Nota: En la figura se observa el cono de Taylor dentro del proceso de electrohilado. Adaptado de “Efectos de la corriente sobre el cono de Taylor durante el electrohilado” D. Meixueiro, p. 22 (2016).

### 2.2.3 Adelgazamiento del filamento

Es un período de transición en el que el cono de Taylor se vuelve cada vez más delgado a medida que avanza en el campo eléctrico. Como resultado, los filamentos se estrechan y siguen una trayectoria específica para dirigirse hacia los colectores, donde finalmente se almacenarán las fibras. (Teo & Ramakrishna, 2006).

### 2.2.4 Inestabilidad del filamento

El campo eléctrico afecta los filamentos extremadamente delgados y los hace altamente inestables. En consecuencia, se pueden distinguir dos tipos de inestabilidad que se observan con frecuencia en los procesos de electrohilado. La primera inestabilidad, conocida como "latigazo", se caracteriza por la desviación aleatoria de los filamentos, lo que significa que pierden su dirección original y son influenciados por las fuerzas del campo eléctrico. La segunda inestabilidad es el resultado de la primera, ya que los filamentos se vuelven más frágiles al moverse a lo largo de los bordes del campo eléctrico y, finalmente, se rompen, lo que se conoce como "rompimiento de gota de filamento". (Teo & Ramakrishna, 2006).

### 2.2.5 Colecta del filamento

En esta fase, los filamentos y el cuerpo conductor interactúan para producir fibras. Esto se debe a la alta intensidad con la que se mueven las fuerzas del campo eléctrico, así como al alto voltaje que se aplicó en etapas anteriores del proceso. El cuerpo conductor no solo almacena las fibras, sino que también actúa como el canal por el cual las fibras se liberan en forma de depósito. Por esta razón, para dirigir adecuadamente las fibras hacia su destino final, el conductor y/o colector de fibras debe poder controlar las fuerzas del campo eléctrico. (Teo & Ramakrishna, 2006).

## 2.3 PARÁMETROS DEL ELECTROHILADO.

Cada solución debe contener una variedad de componentes específicos necesarios para realizar el proceso de electrohilado de manera efectiva. Estos componentes, que se muestran en la Figura 2.2, cubren todos los aspectos del proceso y difieren según las necesidades específicas de cada proceso y el tipo de fibra final deseado. El disolvente que se utilizará para aplicar a los polímeros es esencial. Además, hay elementos más complejos, como el nivel de voltaje que se aplica a las partes en el campo eléctrico.

Debido a que esto asegura que no se generen estructuras no deseadas y se eviten complicaciones que puedan entorpecer la obtención de las fibras deseadas, resulta esencial tener en cuenta todos los factores que ejercen influencia en cada fase del proceso y en los componentes que participan en él.

**Figura 2. 2** *Tipos de Parámetros.*

<i>Parámetro</i>		<i>Característica que aporta</i>
Concentración de la solución de polímero	↑	Dificulta el paso de la solución a través del capilar.
	↓	Las fibras se rompen en gotas antes de llegar al plato colector.
Tensión Superficial	↑	Aparición de defectos (beads) en las fibras.
	↓	Obtención de fibras lisas, para disminuir la tensión superficial se pueden adicionar solventes con baja tensión como el etanol.
Conductividad de la solución	↑	Mayor transporte de cargas, mayor estiramiento de la solución, fibras más delgadas.
	↓	Menor transporte de car gas, menor estiramiento de la solución, fibras más gruesas.
Voltaje	↑↑	Fibras gruesas, distorsión del jet, aparición de beads.
	↓	Poco impulso para llegada de la solución al plato colector.
Flujo de Salida	↑	Fibras más gruesas, beads con mayores tamaños.
	↓	Mayor tiempo para evaporación del solvente, fibras sin defectos.
Distancia aguja-colector	↑	Las fibras pueden romperse debido a su propio peso. Mayor estiramiento de la solución , obtención de fibras delgadas
	↑↑	Aparición de defectos (beads)en las fibras al trabajar con muy altas o muy bajas distancias
	↓↓	
	↓	Poco tiempo para la evaporación del solvente por tanto, las fibras llegan húmedas al plato colector.
Humedad Relativa	↑	Aparición de poros en las nanofibras.

Nota: Se observa los tipos de parámetros y la influencia que tienen sobre las fibras de la solución. Adaptado de “Electrohilado: La era de las nanofibras” (L. Duque, L. Rodriguez y M. López (2014).

### 2.3.1 Parámetros de la Solución.

v) Concentración de la solución:

Se refiere al grado de concentración en relación a la tensión y la viscosidad. La tensión permite que los filamentos se estiren para formar las fibras, mientras que la viscosidad ayuda a que los polímeros mantengan una consistencia adecuada y continúen funcionando. Por lo tanto, lograr un equilibrio entre los niveles de tensión y viscosidad es crucial porque un exceso de viscosidad podría retrasar la obtención de fibras en el tiempo previsto, de la misma manera que sucedería si no se empleara la tensión adecuada. Por lo tanto, el parámetro de concentración juega un papel importante en variables como el tamaño y la morfología de las fibras. (Sill & Von Recum, 2008).

vi) Conductividad de la solución:

El parámetro de conductividad tiene un impacto en la capacidad de transportar cargas en el campo eléctrico, y se espera que los conductores tengan una alta capacidad de transporte de fuerzas. Esto permite que el material fluya fácilmente, lo que reduce el diámetro de las fibras y les permite pasar a través de la abertura del colector. Por esta razón, se agregan sales y se aplican fuerzas eléctricas para crear buenos conductores. La combinación adecuada de estos componentes garantiza la uniformidad de las fibras al final del proceso. (Bhardwaj & Kundu, 2010).

### 2.3.2 Parámetros del proceso.

i) Voltaje

En términos generales, el voltaje es uno de los factores que contribuye al estiramiento de los componentes presentes en la solución. Esto afecta tanto fibras como nanofibras, cada una de acuerdo con su composición y etapa de desarrollo. Por lo tanto, al seleccionar el nivel de voltaje a aplicar, se debe considerar las características de cada componente del proceso, con especial atención a la viscosidad, ya que esta característica afecta el comportamiento de los polímeros. (Sencadas et al., 2012).

ii) Distancia entre la punta de la aguja y el plato colector

Es fundamental asegurarse de que la distancia entre la punta de la aguja y el plato colector sea la adecuada para lograr la morfología deseada al finalizar el proceso. Es bien conocido que una separación excesiva entre la aguja y el plato colector debilita las fibras y hace más difícil mantenerlas integras hasta que los solventes se hayan evaporado por completo. Por otro lado, distancias demasiado cortas pueden retrasar la formación de la morfología final deseada, pero permiten la conservación de las fibras a lo largo del proceso.

### 2.3.3 Parámetros ambientales.

Según Casper et al. (2004), varios parámetros ambientales son relevantes en el proceso, pero dos de ellos sobresalen por su significativa influencia en la morfología de las fibras finales. La humedad y la temperatura son estos factores. Por un lado, la humedad ayuda a formar poros que permiten la transmisión de proteínas y facilita la movilidad de las fibras celulares. Un exceso de humedad puede cambiar la forma de las fibras, particularmente cuando se utilizan disolventes altamente volátiles al principio. Sin embargo, la temperatura tiene un impacto en la viscosidad y la velocidad de evaporación de los disolventes.

## 2.4 OTRAS TÉCNICAS.

### 2.4.1 Electrohilado coaxial

El proceso de electrospinning, también conocido como electrohilado, se utiliza para fabricar fibras poliméricas a una escala nanométrica. Se ha demostrado que este método puede producir fibras de alta calidad con diámetros que alcanzan decenas de nanómetros. Sin embargo, la estructura unidimensional de estas fibras puede limitar su utilidad en algunos casos. La técnica conocida como electrohilado coaxial ha sido desarrollada para abordar esta limitación.

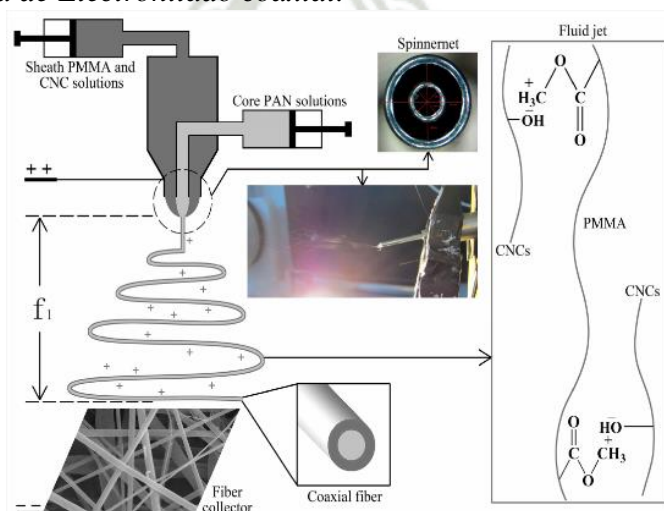
Una variante del electrospinning llamada electrohilado coaxial permite la creación de fibras hechas de dos o más materiales. Esta estrategia requiere el uso de una boquilla coaxial, como se muestra en la Figura 2.3, a través de la cual se inyectan dos o más soluciones de polímeros simultáneamente. Mientras que una de las soluciones fluye a través del núcleo interno de la boquilla, la otra fluye a través de la capa exterior. Ambas soluciones se mezclan en la boquilla antes de ser sometidas al proceso de electrohilado, que produce fibras con una estructura de núcleo-cáscara. (Li & Xia, 2004).

Debido a su capacidad para producir fibras con una variedad de características, como una superficie específica aumentada, una amplia área interfacial y el control de la liberación de sustancias medicinales y propiedades de barrera, el método de electrohilado coaxial ha suscitado un gran interés. Estas fibras obtenidas por electrohilado coaxial pueden usarse en electrónica flexible, administración controlada de medicamentos, ingeniería de tejidos y fabricación de materiales compuestos.

Se ha demostrado que el proceso de electrohilado coaxial puede producir fibras que tienen una amplia gama de estructuras y características. Se han desarrollado fibras compuestas que incorporan hidrogeles y polímeros, lo que facilita la liberación controlada de medicamentos. De la misma manera, las fibras compuestas se han fabricado a partir de varios polímeros con distintas propiedades mecánicas, lo que las hace adecuadas para la producción de materiales compuestos.

En resumen, el electrohilado coaxial representa una técnica de producción muy promisoría que permite la creación de fibras compuestas formadas por dos o más materiales. Esta técnica ha demostrado su capacidad para generar fibras con una amplia gama de propiedades, consolidándose como una técnica crucial en la manufactura de materiales compuestos, la liberación controlada de fármacos, la ingeniería de tejidos y la fabricación de dispositivos electrónicos flexibles. Numerosas investigaciones, como las llevadas a cabo por Huang (Huang Z. , Zhang, Kotaki, & Ramakrishna, 2003), y (Li, y otros, 2017), respaldan la importancia y el potencial de esta técnica.

**Figura 2. 3** Esquema de Electrohilado coaxial.



Nota: Extraído de Li, y otros (2017).

### 2.4.2 Electrohilado de emulsión

El electrohilado de emulsión se presenta como una técnica muy prometedora y avanzada para producir nanofibras con una distribución de tamaño uniforme y una superficie específica elevada. Este proceso crea nanofibras utilizando emulsiones como materiales iniciales. Esto facilita la creación de materiales con características particulares, como ser hidrofílicos o hidrofóbicos. Debido a su potencial para aplicaciones en varios campos, como la biomedicina, la energía y la electrónica, esta técnica ha emergido como un enfoque innovador y ha suscitado un gran interés en la comunidad científica y en la industria.

El proceso de electrohilado de emulsión tiene muchas ventajas, incluida la capacidad de controlar la estructura y la composición de las nanofibras y la posibilidad de agregar diferentes sustancias activas, como fármacos o catalizadores, a las fibras generadas. Además, la amplia área superficial de las nanofibras y su capacidad para interactuar con otros materiales las hacen una excelente opción para aplicaciones que requieren una transferencia de masa y energía eficiente.

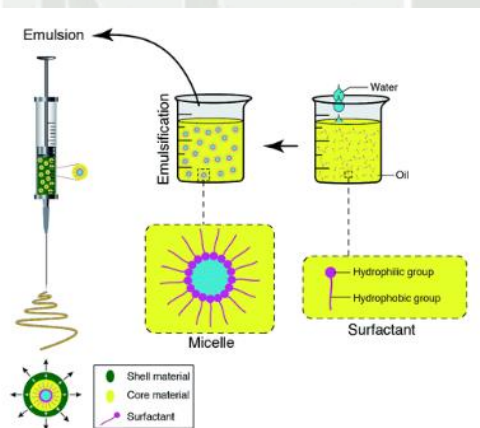
Según J. Liu (Liu, Jiang, & Shi, 2019), La técnica de electrohilado de emulsión es una forma más avanzada de hacer electrohilado. Este último se basa en la creación de un campo eléctrico entre un electrodo con carga positiva y una solución polimérica en una jeringa. Por otro lado, las emulsiones se utilizan como precursores de nanofibras en el electrohilado de emulsión. Estas emulsiones son una mezcla homogénea de dos o más líquidos que no se mezclan y donde uno de ellos se disuelve en pequeñas gotas en el otro.

En la técnica del electrohilado de emulsión, las emulsiones se inyectan en una solución polimérica en la punta de una jeringa y luego se exponen a un campo eléctrico. La investigación de H. Fong (Fong, Chun, & Reneker, 1999), descubrió que este campo eléctrico descompone las gotas de emulsión y las convierte en nanofibras, que luego se recolectan en un dispositivo colector (Figura 2.3). La morfología de las nanofibras producidas está influenciada por varios factores, incluidos el tamaño y la forma de las gotas de emulsión, la concentración de la solución polimérica y la intensidad del campo eléctrico.

Las investigaciones realizadas por R. Yuan (Yuan, Liu, Deng, Tang y Chen, 2017) han demostrado que el método de electrohilado de emulsión ofrece una variedad de ventajas en comparación con el electrohilado tradicional. La fabricación de nanofibras con una distribución de tamaño más homogénea y una elevada área superficial es posible gracias a esta técnica. Además, las emulsiones utilizadas en el proceso sirven como portadores para agregar a las nanofibras una variedad de compuestos activos, lo que las convierte en materiales que podrían ser utilizados en áreas como la biomedicina y la liberación controlada de fármacos.

En síntesis, el electrohilado de emulsión se perfila como una técnica prometedora para producir nanofibras con una distribución de tamaño homogénea y una amplia área superficial. Esta técnica, respaldada por estudios que los realizados por R. Yuan, presenta ventajas significativas en comparación con el electrohilado convencional. El electrohilado de emulsión tiene un amplio potencial de aplicación en una amplia gama de campos, como la biomedicina, la energía y la administración controlada de medicamentos, gracias a su capacidad para emplear emulsiones como precursores y su capacidad para integrar compuestos activos.

**Figura 2. 4** Esquema de Electrohilado de emulsión



Nota: Adaptación de Electrohilado de Emulsión Nikmaram, y otros (2017).

### 2.4.3 Electrohilado de doble flujo

Una técnica de electrohilado innovadora conocida como electrohilado de doble flujo permite la coextrusión de dos soluciones diferentes a través de capilares individuales para crear nanofibras con características y configuraciones distintas. Este método ofrece notables ventajas en comparación con el electrohilado tradicional porque permite generar estructuras multicapa y multifuncionales, así como un mayor control sobre la composición y la estructura de las fibras.

La coextrusión de ambas soluciones a través de capilares individuales se utiliza en el procedimiento de electrohilado de doble flujo. Un campo eléctrico induce una carga eléctrica en las soluciones, lo que provoca un flujo en cada uno de los capilares. Como se muestra en la Figura 2.4, la formación de fibras con características y estructuras particulares ocurre cuando estos flujos de solución se cruzan y se estiran a medida que se dirigen hacia el colector.

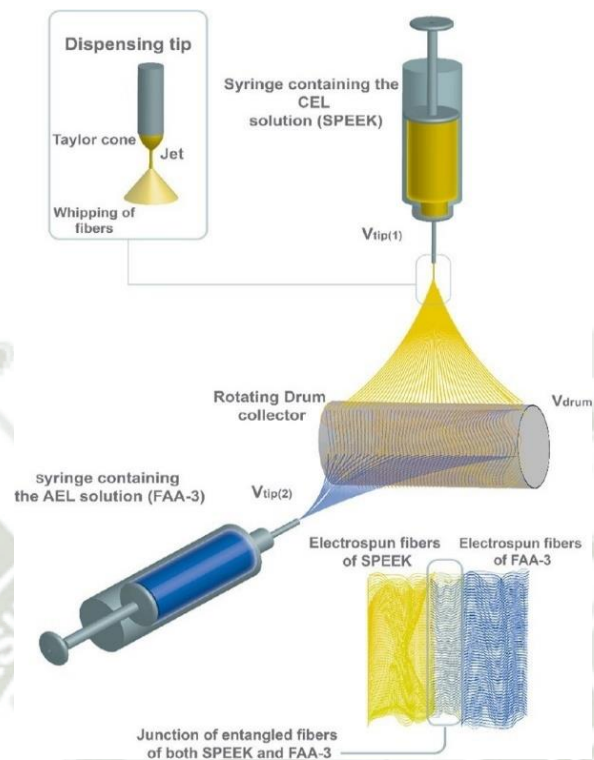
Para lograr la formación de fibras con la morfología y composición deseadas, es necesario ajustar cuidadosamente las propiedades de las soluciones, incluida su viscosidad, conductividad y tensión superficial, durante el proceso de electrohilado de doble flujo. Igualmente, es necesario calibrar los parámetros del proceso, como el voltaje aplicado, la distancia entre los capilares y el colector y la velocidad de suministro de soluciones.

En un estudio realizado por Li (Li, Hu, Liu, Yang, & Lu, 2021), utilizó el electrohilado de doble flujo para investigar cómo la separación entre los capilares afecta el proceso de formación de fibras. Los investigadores descubrieron que una distancia adecuada entre los capilares puede mejorar la uniformidad de la disposición de las fibras y fortalecer la estabilidad del procedimiento.

En un estudio adicional llevado a cabo por Wei (Wei, Zhao, Wang, Guo, & Fan, 2018), investigó el uso del electrohilado de doble flujo para crear fibras con múltiples capas. Los científicos demostraron que la coextrusión de soluciones de varios colores y composiciones a través de dos capilares diferentes permitió la creación de fibras multicapa con características y estructuras distintivas.

En conclusión, el electrohilado de doble flujo se presenta como una técnica con un gran potencial para la producción de fibras con características y estructuras distintivas. La obtención de fibras uniformes y de alta calidad depende de la optimización de las características de las soluciones y los parámetros del proceso. Esta técnica tiene un atractivo adicional porque puede producir fibras multicapa y con múltiples funciones, lo que la hace adecuada para una variedad de aplicaciones en campos como la medicina, la electrónica y la energía.

**Figura 2. 5** Esquema de Electrohilado de doble flujo.



Nota: Adaptación de Electrohilado de doble flujo Al-dhubhani, y otros (2021).

## 2.5 APLICACIONES.

Debido a su versatilidad en términos de formas y materiales, el electrohilado como método de producción y obtención de nanofibras ofrece una amplia gama de aplicaciones que exploraremos en detalle a continuación.

### 2.5.1 Ingeniería de tejidos.

El proceso de electrohilado se utiliza para crear andamios de matriz extracelular destinados a la ingeniería de tejidos, que son cruciales para la recuperación de tejidos dañados o perdidos.

Al proporcionar un entorno tridimensional que fomenta el crecimiento celular y logra una imitación más precisa de la matriz extracelular natural, las nanofibras creadas por electrohilado sirven como estructuras de soporte para las células. (Li, Wang, & Xia, lectrospinning of polymeric and ceramic nanofibers as uniaxially aligned arrays, 2003).

### **2.5.2 Liberación controlada de fármacos**

Las nanofibras creadas por electrohilado tienen la capacidad de actuar como dispositivos para liberar medicamentos de manera controlada, lo que permite la administración continua de agentes farmacológicos. Estos medicamentos pueden integrarse en las nanofibras y liberarse gradualmente a lo largo del tiempo, lo que puede mejorar la eficacia terapéutica y reducir los efectos secundarios, (Sill & Von Recum, 2008).

### **2.5.3 Sensores.**

El método de electrohilado se utiliza para crear nanofibras que son sensores capaces de detectar gases, líquidos y biomoléculas. Estas nanofibras tienen una gran área superficial, lo que les da una mayor sensibilidad y selectividad en la detección de diferentes sustancias. (Ding & Kim, 2012).

### **2.5.4 Protección personal y medioambiental.**

Los textiles destinados a la protección personal, como mascarillas, guantes y trajes, se fabrican mediante el proceso de electrohilado. Además, puede usarse para fabricar materiales absorbentes que ayudan a eliminar los contaminantes del aire y el agua. (Torres-Giner, Giménez, Lagaron, & Rodríguez-González, 2012).

### **2.5.5 Electroodos para baterías.**

El proceso de electrohilado crea nanofibras de óxido metálico que se utilizan como electrodos en baterías de iones de litio. Estas fibras tienen una gran área superficial y porosidad, lo que les permite tener una alta capacidad de carga y descarga. (Zhang, Sui, Xu, & Wang, 2012).

### **2.5.6 Filtros de aire.**

Gracias a su alta capacidad de filtración y baja resistencia al flujo de aire, las nanofibras creadas por electrohilado se utilizan como materiales de filtro para el aire. (Chen, Wang, & Lv, 2017).

## 2.6 TECNOLOGÍAS DISPONIBLES Y ESTRUCTURA DE LA MAQUINA.

El primer ejemplo de los avances tecnológicos en el campo del electrohilado será un sistema de alta calidad diseñado para su uso en laboratorios. Posteriormente, se presentarán las soluciones tecnológicas que otros investigadores han utilizado para desarrollar un sistema de inyección, un sistema de recolección y un sistema de generador de alto voltaje.

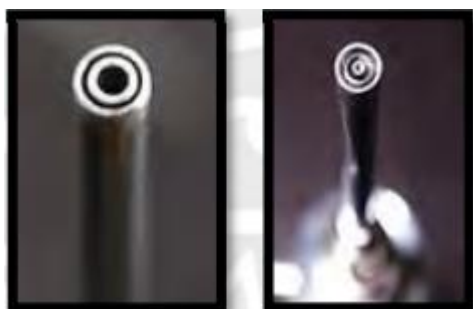
En la actualidad, los dispositivos utilizados en las tecnologías de fabricación de micro y nanofibras pueden controlar todos los factores ambientales y el proceso de electrohilado, lo que resulta en la producción de fibras de mayor calidad. El modelo TL-OMNI de Tong Li Tech, que cuesta \$57,000, es uno de los mejores equipos de laboratorio para la producción de micro y nanofibras.

**Figura 2. 6** *Maquina de Electrohilado*



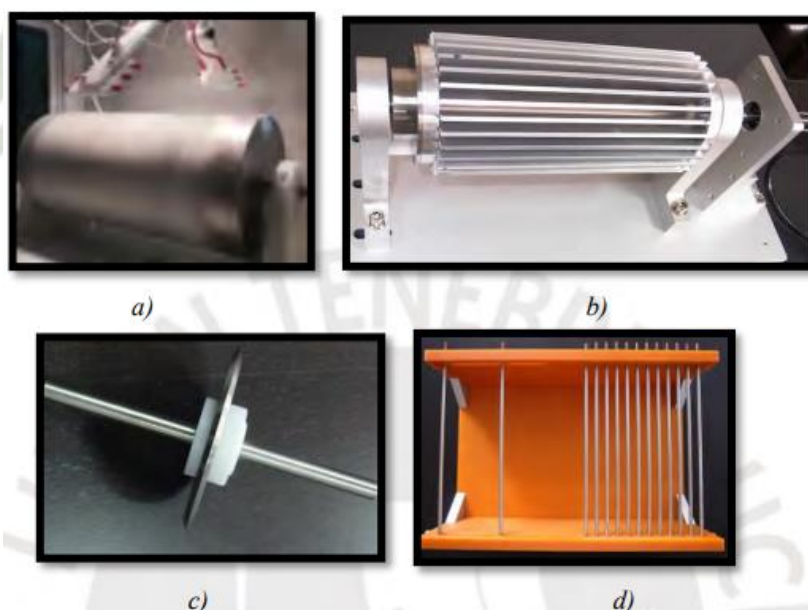
Nota: Extraído de TONG LI TECH CO LTD (2020).

Este dispositivo tiene una fuente de voltaje controlada por un medidor digital de cinco dígitos y puede producir una corriente en la salida de menos de 1 mA y un voltaje en la salida de hasta 50 kV. Además, tiene la posibilidad de utilizar agujas convencionales con diámetros internos que van desde 0.1 mm hasta 1.6 mm, así como agujas coaxiales y triaxiales, como se muestra en la Figura 2.7.

**Figura 2. 7** *Agujas Coxial y Triaxial.*

**Nota:** Extraído de TONG LI TECH CO LTD (2020).

Este dispositivo permite el uso de colectores de micro y nanofibras en una variedad de formas y dimensiones, dependiendo del tipo de alineación de fibras que se desea lograr. Esta máquina admite una amplia gama de tipos de colectores, incluidos colectores de disco, colectores de electrodos paralelos, colectores paralelos con estrías y colectores cilíndricos.

**Figura 2. 8** *Tipos de Colectores.*

**Nota:** En la figura 1 se puede apreciar: a) Colector de cilindro, b) colector paralelo acanalado, c) colector de disco, d) colector electrodos paralelos TONG LI TECH CO LTD (2020).

Fuera de la cámara de electrohilado se encuentra una bomba de jeringa de doble canal para el sistema de inyección de este dispositivo. Además, tiene una pantalla táctil que permite la regulación del flujo; puede ajustar el caudal para cada canal desde 0.1 mL/h hasta 900 mL/h.

En la actualidad, existen diversas máquinas y equipos comerciales disponibles para llevar a cabo el proceso de electrohilado. Algunas de las máquinas más comunes incluyen:

i) Máquinas de electrohilado convencional:

Estos sistemas básicos incluyen una fuente de voltaje elevado, una aguja o un tubo capilar para extraer solución polimérica y un dispositivo para recolectar fibras. Se utilizan principalmente en laboratorios de investigación para producir an escala pequeña.

ii) Máquinas de electrohilado industrial:

Estos sistemas de mayor tamaño se utilizan para producir fibras electrohiladas en masa. Incluyen características adicionales, como la utilización de múltiples capilares para aumentar la capacidad de producción, sistemas de control de temperatura, humedad y sistemas de recolección así como almacenamiento de fibras.

iii) Máquinas de electrohilado por soplado asistido:

Estos dispositivos utilizan una corriente de gas o aire para ayudar an extender y orientar las fibras durante el proceso de electrohilado. Esto aumenta la eficiencia de producción y la uniformidad de las fibras. Algunas de estas máquinas tienen sistemas de control de velocidad del gas que permiten cambiar las propiedades de las fibras según sea necesario.

iv) Máquinas de electrohilado por inmersión:

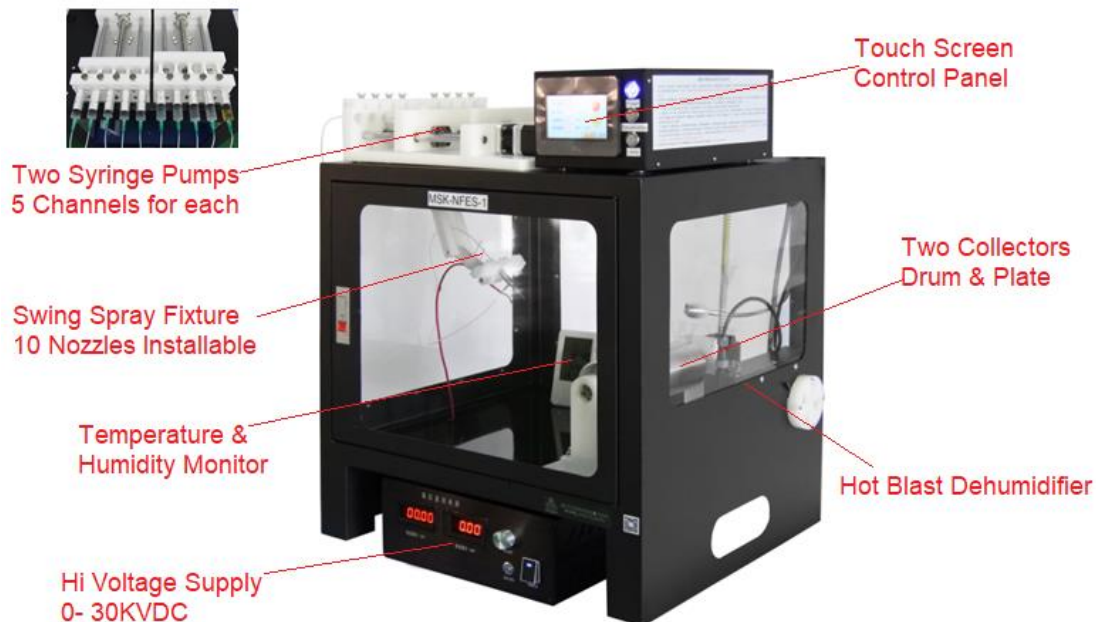
Estos dispositivos crean fibras en la interfaz del líquido mediante la introducción de la extremidad del capilar en una solución de alta viscosidad. Las características y dimensiones de estas máquinas pueden variar de acuerdo con los requisitos de producción específicos.

## **2.7 MAQUINAS DE ELECTROHILADO EN EL MERCADO NACIONAL.**

No hay máquinas de electrohilado disponibles en el mercado local, por lo que la mayoría de investigadores en este campo considera importarlas de proveedores internacionales en caso de ser necesario. A continuación, proporcionaremos detalles sobre algunas de las máquinas actualmente disponibles:

- i) Dispositivo compacto de electrohilado de nanofibras multifuncional con 10 canales. Bomba y 2 colectores - MSK-NFES-1U

**Figura 2. 9** *Maquina MSK-NFES-1U*



Nota: Extraído de MTICorporation (2019).

Como se muestra en la Figura 2.9, el sistema MSK-NFES-1U es un dispositivo de electrohilado de sobremesa que cumple múltiples funciones. Este equipo tiene dos bombas de jeringa con cinco canales cada una, lo que permite la instalación simultánea de hasta diez boquillas. La fuente de alimentación de alto voltaje de corriente continua (CC) tiene una capacidad máxima de 1 mA y un rango de voltaje de salida de 0–30 kV. El paquete también incluye un colector de placa estacionaria y un colector de tambor giratorio.

El campanario extractor MSK-NFES-1U crea un entorno cerrado con paredes laterales transparentes que permite supervisar el proceso de electrohilado. Esta campana extractora tiene un sistema de extracción que puede deshumidificar la zona. Un sensor de humedad también está incluido para monitorear la temperatura y la humedad del entorno.

## ii) PE-300 Máquina de Electrohilado/Pulverización

**Figura 2. 10** *Máquina de Electrohilado PE-300.*

Nota: Extraído de Inoverso (2020).

Se ha demostrado que el electrohilado es una técnica efectiva para crear biomateriales en forma de nanofibras. Al modificar las moléculas activas utilizadas en el proceso de electrohilado, se pueden mejorar la calidad de las nanofibras y la eficacia de la membrana nanofibrosa.

La máquina piloto de electrohilado PE 300, como se muestra en la Figura 2.10, es la mejor opción para lograr este objetivo. La producción continua de nanofibras es posible con esta máquina. Además, la Electrohiladora PE 300 es altamente escalable, lo que la convierte en una opción ideal para líneas de producción y proyectos de investigación y desarrollo. Actualmente, esta máquina NS Pilot es la mejor opción para abordar los desafíos que plantea la producción de nanofibras.

Con este diseño, se pueden fabricar nanofibras de núcleo-envoltura, nanofibras huecas y nanofibras de dos componentes mediante un sistema coaxial.

## 2.8 ESTRUCTURA DE MÁQUINAS DE ELECTROHILADO

Las máquinas de electrohilado pueden tener diferentes estructuras y diseños, pero generalmente están compuestas por:

### 2.8.1 Fuente de alto voltaje

Puede utilizarse como una fuente de alto voltaje que puede controlar tanto el voltaje como la corriente, lo que permite ajustar los parámetros del proceso de electrohilado. Además, proporciona la energía necesaria para crear un campo eléctrico fuerte durante la operación de electrohilado.

### 2.8.2 Generador de corriente continua

Suministra y controla una corriente constante a la fuente de alto voltaje para garantizar el suministro eléctrico estable.

### 2.8.3 Capilar o aguja

El capilar es un tubo delgado y conductor hecho de acero inoxidable o vidrio que se usa para aplicar alto voltaje que produce fibras electrohiladas y extruir soluciones poliméricas líquidas o fundidas. Su extremo puede estar cónico con frecuencia para facilitar la formación del cono de Taylor.

### 2.8.4 Sistema de alimentación de la solución

El sistema de alimentación, que puede ser una bomba de alimentación o una bomba de jeringa, proporciona al capilar la solución polimérica líquida o fundida. Además, este sistema de alimentación con frecuencia proporciona control de presión y velocidad para garantizar una extrusión uniforme de la solución.

### **2.8.5 Colector**

Es el proceso de acumulación y recolección de fibras producidas durante el proceso de electrohilado. Esta recolección puede realizarse a través de una variedad de estructuras, como cintas transportadoras, tambores giratorios, placas metálicas o incluso configuraciones tridimensionales que facilitan la recolección ordenada de fibras.

### **2.8.6 Sistema de control y monitoreo**

Engloba sensores y mecanismos de control destinados a controlar y supervisar elementos importantes del proceso, como voltaje, flujo de solución, separación capilar-colector, temperatura y humedad ambiental. Además, generalmente incluye una interfaz de usuario que facilita la configuración y control de estos parámetros.

### **2.8.7 Caja de seguridad**

Es una configuración que protege al operador del alto voltaje. Con frecuencia incluye una ventana transparente que permite observar de manera segura el proceso de electrohilado.

### **2.8.8 Sistema de soplado de aire**

Un sistema de soplado de aire, que ayuda a estirar y orientar las fibras durante la creación, es posible incorporar en ciertas máquinas de electrohilado. La regulación del flujo de aire puede mejorar la alineación y uniformidad de las fibras electrohiladas.

Es importante tener en cuenta que algunos de los componentes pueden cambiar o no ser necesarios dependiendo del tipo de electrohilado utilizado (por ejemplo, electrohilado por soplado de aire o electrohilado por inmersión). Además, las máquinas de electrohilado se pueden encontrar en versiones de laboratorio o modelos a escala industrial, lo que puede afectar su configuración y diseño.

## CAPITULO III

### 3. DISEÑO CONCEPTUAL

La lista de requisitos de la máquina se muestra en el siguiente capítulo y se creó en respuesta a las necesidades del cliente para el procesamiento de biopolímeros. Además, se definirán los principales objetivos del prototipo y los sistemas integrados, mecanismos o dispositivos electrónicos capaces de realizar estas tareas.

Finalmente, se establecerán los estándares técnicos y económicos del prototipo

#### 3.1 LISTA DE DESEOS O EXIGENCIAS

Se presenta una lista de requisitos que la máquina a diseñar debe cumplir en base a los requerimientos del cliente y las diversas fuentes revisadas en el capítulo anterior de estado del arte. Se presenta una lista de requisitos que la máquina a diseñar debe cumplir en base a los requerimientos del cliente y las diversas fuentes revisadas en el capítulo anterior de estado del arte.

**Tabla 3. 1** Lista de exigencias y deseos para el diseño de la máquina de electrohilado.

<b>LISTA DE DESEOS O EXIGENCIAS</b>	
<b>1. FUNCIÓN PRINCIPAL</b>	<b>EXIGENCIA/DESEO</b>
1.1 Generar Nanofibras poliméricas a base de diferentes soluciones ( PLA, PVA,)	E
<b>2. GEOMETRÍA</b>	
La geometría externa de la maquina tiene las siguientes dimensiones especificaciones.	
2.1 Ancho: 800 mm Alto: 950 mm Profundidad: 600 mm	E
2.2 Tener una puerta porque el usuario extraerá las láminas de micro o nanofibras. Debido a que se utilizarán componentes intercambiables como jeringas y posiblemente cilindros colectores de diferentes formas, también se requiere un componente que no produzca interferencias y que pueda proporcionar fácilmente un ambiente cerrado o abierto.	E
Se necesita una ventana de 50x40 cm, lo suficientemente grande para ver el proceso de fabricación de micro o nano fibras.	D
2.3 La máquina no debe de exceder un peso de 50 kg.	E
<b>3. CINEMÁTICA</b>	

3.1	La velocidad, caudal, presión, energía eléctrica debe ser regulable para obtener el polímero deseado. Velocidad: 120 - 3000 RPM Presión: 0-35KPa (dependiendo del calibre de la aguja)	D
3.2	Rangos deseados de flujo de expulsión de solución: (entre 0.1 y 1 mL/h)	D
3.3	El sistema de recolección debe tener la capacidad de realizar un movimiento lineal entre 0 y 30 cm.	D
<b>4. CINÉTICA</b>		
4.1	La máquina debe tener la suficiente estabilidad y rigidez de modo que no impida el funcionamiento a plena carga.	E
4.2	La máquina debe disipar las vibraciones generadas de manera autónoma.	D
<b>5. ENERGÍA</b>		
5.1	La energía utilizada no debe impactar el medio ambiente.	E
5.2	La máquina debe ser accionada por energía eléctrica con voltaje de ingreso de 220 V y 60 Hz.	E
5.3	El voltaje de operación para la obtención de las nano fibras debe estar en un rango de 5 kV a 30 Kv, con un amperaje de 1mA y potencia de salida de 80 W	D
5.4	Los valores regulables serán mediante instrumentos como voltímetro, termómetro, tacómetro, potenciómetro.	E
5.4	La máquina requiere de un calefactor para controlar la temperatura interna que oscile entre 10°C a 50 °C	E
<b>6. SEÑALES</b>		
6.1	Por seguridad del operario, la maquina tendrá una cabina con puertas y bloqueo de seguridad y la señalización para encendido y apagado.	E
6.2	La máquina tendrá controladores de todos los sistemas.	E
<b>7. ERGONOMÍA</b>		
7.1	Los componentes internos de la maquina tienen que estar dispuestos de forma que se pueda manipularlos de manera rápida y ergonómica para el usuario.	E
7.2	La máquina deberá tener medidas que faciliten la manipulación y transporte de acuerdo a la Resolución Ministerial N°375-2008-TR, "Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico" (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, 2008).	D
<b>8. FABRICACION</b>		
8.1	La fabricación de la máquina y algunos componentes de la misma, deberán ser de manera sencilla.	D
8.2	Los componentes de la maquina deben estar disponibles en el mercado nacional	E
<b>9. MONTAJE</b>		

9.1	La máquina debe ser de simple montaje para facilitar las actividades de movimiento o traslado.	E
<b>10. TRANSPORTE</b>		
10.1	La máquina debe presentar un fácil transporte para la ubicación deseada por el operario	E
<b>11. MANTENIMIENTO</b>		
11.1	Los componentes que presenta la máquina deben ser de fácil reemplazo	E
<b>12. SEGURIDAD</b>		
12.1	La seguridad de la maquina debe estar establecida con los diferentes sensores de seguridad.	E
12.2	La máquina debe de tener un candado de seguridad en la puerta principal para evitar abrirlo en funcionamiento	E
12.3	Los componentes internos de la maquina deben tener una conductividad eléctrica mínima	E
<b>13. MEDIO AMBIENTE</b>		
13.1	El equipo no debe presentar segregaciones ni emisiones que impacten el medio ambiente.	E
<b>14. OPERACIÓN</b>		
14.1	La máquina deberá ser operada por una persona.	E
<b>15. COSTO</b>		
15.1	El costo de fabricación de la maquina deberá ser el mínimo posible cumpliendo las expectativas deseadas.	D

### 3.2 ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Las funciones parciales que se desprenden de la función principal " Generar Nanofibras poliméricas a base de diferentes soluciones" se presentan en esta sección. Las funciones parciales se han dividido en seis dominios: interacción con el usuario, actuación, mecánico y energía. Los dominios se muestran a continuación.

#### 3.2.1 Dominio de Mecánico

- i) Acoplar sistema de inyección a la estructura.

Diseñar un mecanismo que permita unir la jeringa con toda la estructura de inyección y que permita un acople rápido.

- ii) Sistema de traslado de solución Polimérica:

Buscar un sistema que permita el traslado de solución desde la jeringa hasta la aguja de eyección, y que sea de bajo costo.

iii) Recolector de nanofibras:

Diseñar un sistema óptimo basado en lo investigado en el marco teórico que permita la recolección lineal de fibras.

iv) Soportar, proteger y fijar componentes:

Estructura que permite agrupar a todos los componentes de la máquina cada uno en una posición determinada y de forma protegida frente a posibles golpes.

### 3.2.2 Dominio de Actuación

i) Transformar energía eléctrica en energía mecánica:

Buscar un sistema o equipo que permita transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

ii) Transformar baja tensión en alta tensión:

Buscar un equipo que transforme una señal de bajo voltaje en una señal de alto voltaje de forma constante.

iii) Accionar interruptor de corte de energía:

Buscar un actuador que permite cortar el flujo de energía que se suministra a toda la máquina.

### 3.2.3 Dominio de Interacción con el Usuario

i) Recibir información de usuario:

Interfaz que permita ingresar, registrar y modificar los datos que el usuario ingrese acerca de los parámetros de producción.

ii) Mostrar parámetros de producción y estado del proceso:

Buscar una interfaz que permita la visualización en tiempo real el estado de los parámetros del proceso.

### 3.2.4 Dominio de Energía

- i) Transformar voltaje de alimentación de equipos:

Recepcionar una señal de 220 VAC y la traduce a 5 o 12 VDC, según los sensores o actuadores.

- ii) Energizar diferentes subsistemas de Actuación:

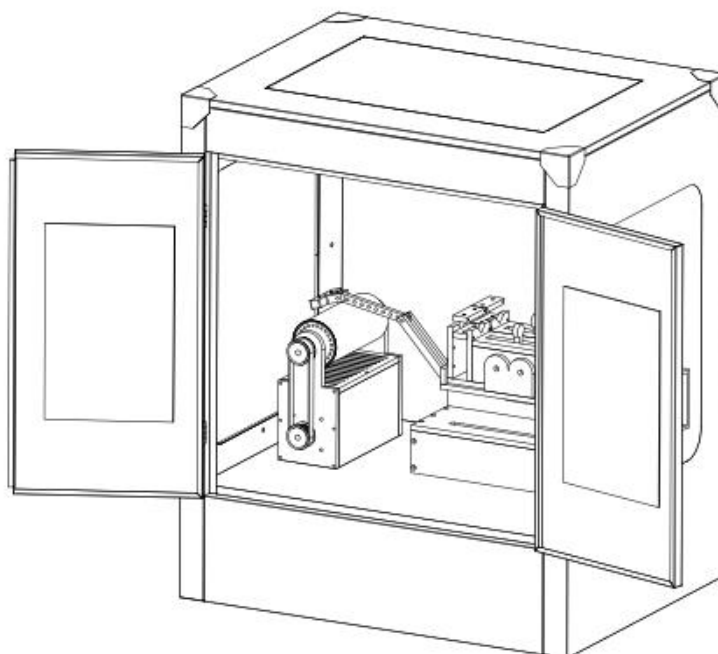
Proporciona energía eléctrica a los actuadores de la máquina.

- iii) Energizar subsistemas de sensores:

Proporcionar energía a los sensores o dispositivos de monitoreo de las diferentes variables medibles.

### 3.3 BOSQUEJO DE PROTOTIPO.

**Figura 3. 1** *Bosquejo de Máquina de Electro Hilado a desarrollar.*



ISOMETRICO 01  
ESC.1 : 6

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DE DETALLE Y SELECCIÓN DE PARTES

En este capítulo se explicará el diseño de los componentes internos y externos de la máquina, así como la selección de componentes mecánicos necesarios para el correcto funcionamiento de la máquina.

La máquina de Electrohilado como tal cuenta con partes independientes que conforman un conjunto final, estas partes son:

- i) Caja aislante
- ii) Sistema elevador de tensión
- iii) Sistema de recolección.
- iv) Sistema de Posicionamiento.
- v) Sistema de control de parámetros

#### 4.1 CAJA AISLANTE

Para crear un ambiente libre de impurezas y aislar los altos voltajes con los que se pretende trabajar, es que fabricaremos una caja de chapa metálica en acero A36 de bajo espesor para cuidar el peso máximo de la máquina.

La cara interna de esta estructura deberá estar recubierta de poliamida para que sirva de aislante ya que se trabajara con voltajes elevados, en lugar de vidrios se usara planchas de acrílico transparente de espesor 10 mm, las propiedades de la poliamida se detallan en la tabla 4.1.

**Tabla 4. 1** *Propiedades eléctricas de la poliamida.*

PROPIEDADES ELECTRICAS DE LA POLIAMIDA		
PROPIEDAD	UND	VALOR
	Kv /	
Resistencia Dieléctrica	mm	25
Resistividad Volumétrica	$\Omega$ -cm	$>10^{14}$
Resistividad Superficial	$\Omega$	$>10^{13}$
Permeabilidad Relativa:		
a 100 Hz	-	3.6
a1 MHz	-	3.2
Factor de perdidas dieléctricas:		
a 100 Hz	-	0.012
a1 MHz	-	0.016

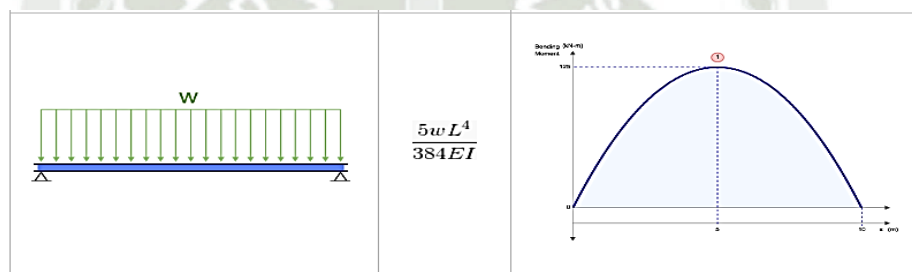
La caja tendrá las dimensiones siguientes:

- Ancho: 800 mm
- Alto: 950 mm
- Profundidad: 600 mm

#### 4.1.1 Cálculo de Espesor de Plancha Metálica.

Para cálculo de espesores de planchas se calculará mediante deflexión, considerándose una sección de la plancha como viga con una carga distribuida como se muestra a continuación en la figura 4.1, las cargas serán aproximadas al peso de los elementos actuantes:

**Figura 4. 1** Carga distribuida sobre la plancha (viga)



i) Para chapa metálica p1:

- Carga distribuida ( $w$ )= 0.004 kg/mm
- Largo ( $l$ ) = 935 mm
- Modulo de Elasticidad ( $E$ )= 21000 kg/mm<sup>2</sup>
- Ancho de la columna ( $d$ )= 25 mm
- Espesor de la columna seleccionado ( $b$ ) = 0.6 mm
- Momento de Inercia ( $I$ ):

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$I = \frac{0.6 \times 25^3}{12}$$

$$I = \frac{9375}{12}$$

$$I = 781.25 \text{ mm.}$$

- Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ):

$$D_{max} = \frac{l}{360}$$

$$D_{max} = \frac{935}{360}$$

$$D_{max} = 2.597 \text{ mm.}$$

- Deflexión (D):

$$D = \frac{5wl^4}{384EI}$$

$$D = \frac{5 \times 0.004 \times 935^4}{384 \times 21000 \times 781.25}$$

$$D = 2.43 \text{ mm.}$$

$$D < D_{max} \dots OK!$$

Espesor seleccionado de 0.6 mm. cumple con la deflexión máxima.

Para los siguientes cálculos con el fin de optimizar el proceso de diseño se usó un libro Excel, como se observa en la tabla 4.2; 4.3 y 4.4, para automatizar el cálculo del espesor de las planchas siguiendo la distribución de la Figura 4.2.

Figura 4. 2 Isométrico de las planchas de la caja aislante.

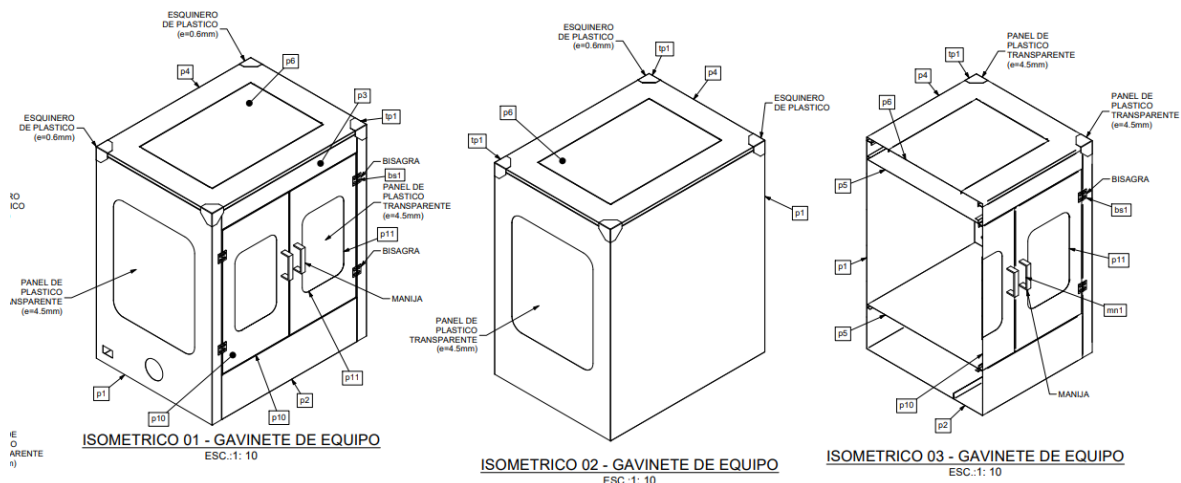


Tabla 4. 2 Para chapas metálicas p2, p3, p4.

Carga distribuida (w) =	0.009 Kg/mm
Largo (l) =	700.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	21000.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	25.0 mm
Momento de Inercia (I = bd <sup>3</sup> /12) =	781.250 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima (D <sub>max</sub> ) l / 360 =	1.944 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	0.50 mm
Espesor Seleccionado (b)=	0.60 mm
Deflexión (D) =	1.63 mm

**Tabla 4. 3** Para chapas metálicas p5, p6, p8.

Carga distribuida (w) =	0.006 Kg/mm
Largo (l) =	795.0 mm
Módulo de elasticidad (E) =	21000.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	25.0 mm
Momento de Inercia (I = bd <sup>3</sup> /12) =	781.250 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	2.208 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	0.54 mm
Espesor Seleccionado (b)=	0.60 mm
Deflexión (D) =	1.99 mm

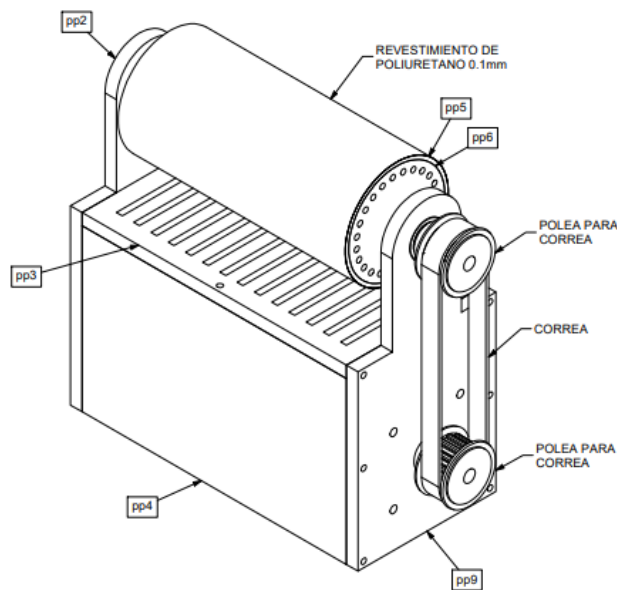
**Tabla 4. 4** Para chapas metálicas p7, p9, p10, p11:

Carga distribuida (w) =	0.008 Kg/mm
Largo (l) =	635.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	21000.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	25.0 mm
Momento de Inercia (I = bd <sup>3</sup> /12) =	781.250 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	1.764 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	0.35 mm
Espesor Seleccionado (b)=	0.60 mm
Deflexión (D) =	1.02 mm

## 4.2 SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Como se muestra en la Figura 4.3, el subsistema de recolección se compone de un cilindro colector rotatorio, un eje, un motor de pasos y una estructura soporte.

**Figura 4. 3** Sistema de recolección de nano fibras.



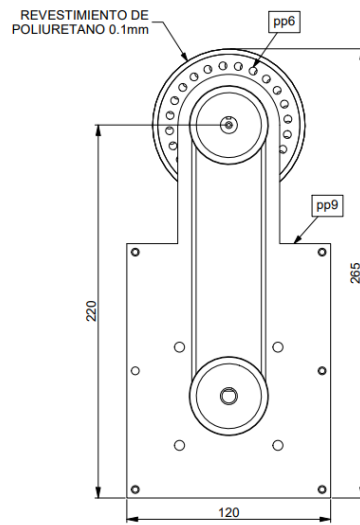
El cilindro colector es de acero de 3 mm de espesor, diámetro de 90 mm y largo de 198 mm, que a su vez este revestido de poliuretano, para los laterales se colocará una tapa con un orificio central donde irá el eje a presión, dicha tapa a su vez tendrá orificios para disminuir el peso del cilindro.

Por otro lado, para la transmisión de movimiento se usarán rodamientos en la estructura de soporte y un par de poleas accionadas por una correa dentada.

El cilindro colector rotatorio descansa sobre el eje descrito anteriormente. Este cilindro tiene dos capas: una interna contiene un material aislante y una externa contiene un material conductor eléctrico. Ambas capas tienen una longitud de 198 mm. Además, existe un ajuste de apriete entre la capa externa y las tapas laterales lo que impide que se muevan independientemente de la otra.

Los soportes diseñados, como se observa en la figura 4.4, están hechos de poliamida de 10 mm de espesor, en la parte central tiene un orificio en forma de chumacera donde irán alojados los rodamientos que facilitarán el movimiento del eje. Y en la parte central inferior de uno de los laterales se realizará otro orificio para que pueda conectarse el eje del motor. A dicha plancha se le harán orificios roscados M5 para que se pueda ensamblar con las otras partes de la estructura.

**Figura 4. 4** Vista lateral del sistema de recolección



#### 4.2.1 Cálculo de diámetro del eje.

El eje se calculará con el enfoque de Esfuerzos combinados, y nos ayudaremos con el método de la Teoría de la Falla por Distorsión de la energía (Teoría de Von Mises).

Se parte del análisis que en general los ejes son cortos en longitud, girarán para transmitir movimiento y que solo se Generarán Esfuerzos de Torsión Constantes y Esfuerzos de Flexión Variables (Esfuerzos invertidos).

Se halla diagramas de cortante y momento con el programa MdSolid a partir de la carga puntual de la polea y la carga distribuida del rodillo

Partiendo de la Teoría de la Falla por Distorsión de la energía (Teoría de Von Mises).

$$\frac{1}{N} = \left[ \left( \frac{Sea}{Sna} + \frac{Sef}{Snf} \right)^2 + \left( \frac{Ses}{Sns} \right)^2 \right]^{1/2} \dots \dots \dots [11]$$

Donde

- Sef: Esfuerzo Equivalente a Flexión
- Sea: Esfuerzo Equivalente a Tracción
- Ses: Esfuerzo equivalente a Torsión

$$S_{ef} = \frac{S_{nf}}{S_y} S_{mf} + K_f * S_{af}$$

$$S_{ea} = \frac{S_{na}}{S_y} S_{ma} + K_f * S_{aa}$$

$$S_{es} = \frac{S_{ns}}{S_{ys}} S_{ms} + K_{fs} * S_{as}$$

Donde:

- Sn: Resistencia a la Fatiga
- Sy: Punto de Fluencia del Material
- Sys: Punto Fluencia del material a torsión: Sys = 0.6 Sy (Ver Tabla N° 1 para valores de Sy)
- Sm: Esfuerzo medio a flexión y Sms : Esfuerzo medio a torsión
- Sa: Esfuerzo Alterno a flexión y Sas: Esfuerzo medio a Torsión
- Kf: Factor de concentración de esfuerzo a flexión y Kfs: Factor de Concent. Esfuerzo a Torsión.
- N: Factor de Seguridad

Se considera que:

- El torque es constante, por lo tanto, el esfuerzo alterno a torsión es cero: Sas = 0
- No existe Fuerza axial, ya que se trabajará con engranajes rectos
- El esfuerzo de flexión es variable e invertido, por lo tanto, el esfuerzo medio de flexión es cero: Sm = 0.

La ecuación 11 se reduce a:

$$\frac{1}{N} = \left[ \left( \frac{K_f * S_{af}}{S_n} + \frac{S_{ms}}{S_{ys}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots [12]$$

i) El esfuerzo Alterno de Flexión ( $S_{af}$ )

Siendo el Esfuerzo de Flexión Variable e Invertido, El Esfuerzo Máximo a flexión es igual al Esfuerzo mínimo, pero de sentido contrario, por lo tanto, la ecuación queda:

$$S_{af} = \frac{S_{max} - (S_{min})}{2} = S_{max}$$

El esfuerzo Alterno de Flexión Saf es:  $S_{af} = \frac{M_{max}}{z}$

Donde:

- $M_{max}$ . es el Momento Flector Máximo en el punto del eje a analizar
- $Z$  es el Módulo de la sección. (para sección circular  $Z = \pi d^3 / 32$ )

Sustituyendo  $Z$  en la ecuación del Esfuerzo Alterno de Flexión ( $S_{af}$ ), tenemos:

$$S_{af} = \frac{32M_{max}}{\pi d^3} \dots \dots \dots [13]$$

ii) El esfuerzo Cortante de torsión es:

$$S_s = \frac{T}{Z'} \dots \dots \dots [14]$$

Donde:

- $T$  es el Torque máximo en el punto a analizar
- $Z'$  es el Módulo polar de la sección circular:  $Z' = \pi d^3 / 16$ , o lo que es lo mismo:  $Z' = 2Z$

$$S_s = \frac{32T}{2 * \pi * d^3} \dots \dots \dots [15]$$

Sustituyendo las ecuaciones 13 y 15 en la ecuación 12 tenemos y despejando  $d^3$ :

$$d = \left[ 10.19 * N * \left[ \left( K_f * \frac{M_{max}}{S_n} \right)^2 + 0.694 * \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

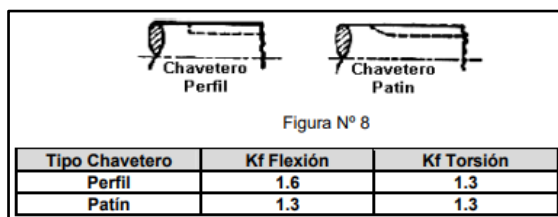
*Esta ecuación es compatible con la norma ANSI B106.1M – 1985*

iii) Datos de Entrada

- Factor de concentración de esfuerzos ( $k_f$ ):

Valores de  $K_f$  para chaveteros o cuñeros figura 4.4:

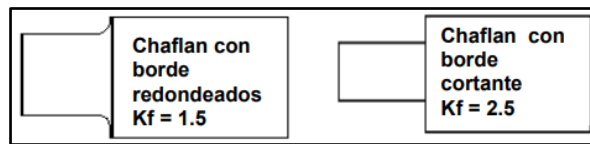
**Figura 4. 5** Factor de concentración de esfuerzos para canales chaveteros.



Nota: Extraído de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020)

- Valores de  $K_f$  para chaflanes de hombros:

**Figura 4. 6** Factor de concentración de esfuerzos para bordes de eje.



Nota: Extraído de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020)

- Valores de  $K_f$  para ranuras de anillos de retención:

La geometría de la ranura la establece el fabricante del anillo de retención, su configuración común es una ranura hueca con bordes cortantes. Se puede obtener un aproximado del valor de  $K_f$  si se asemeja a dos bordes cortantes muy cercanos, en consecuencia, el valor de  $K_f$  para estas ranura es:

$$K_f = 3.0$$

Para nuestro Caso se usará un Factor  $K_f$  de 1.5 por el tipo de Maquinado que se le hará a nuestro eje:

$$K_f = 1.5$$

iv) Momento Flector Máximo

El momento flector Máximo el Eje se considerará con una fuerza de 10 kg que es un aproximado del peso propio de la maquina Hiladora.

A continuación, se detallan los cálculos y diagramas de fuerzas y Momentos Flectores.

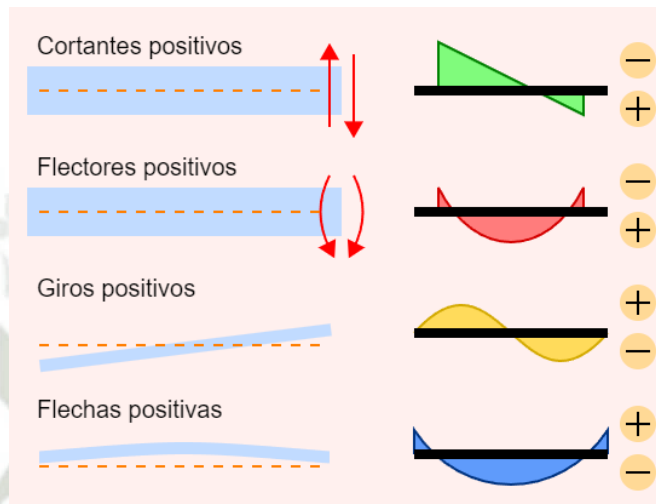
Datos

Viga

- Longitud: 30.0
- Apoyo 1 (móvil): 2.0
- Apoyo 2 (fijo): 28.0
- Elasticidad: 2100.0
- Inercia: 4000.0
- Unidades:
  - Fuerzas en kgf
  - Momentos en kgf × cm
  - Longitudes en cm

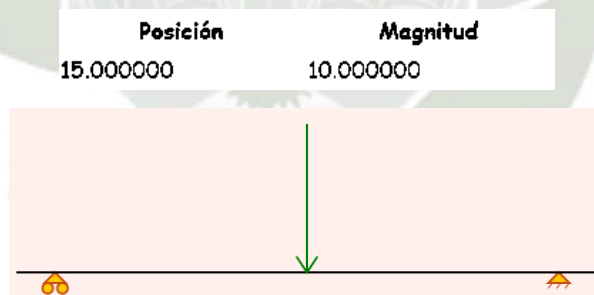
- Giros en radianes
- Criterio de signos:

**Figura 4. 7** *Criterio de signos para el cálculo.*



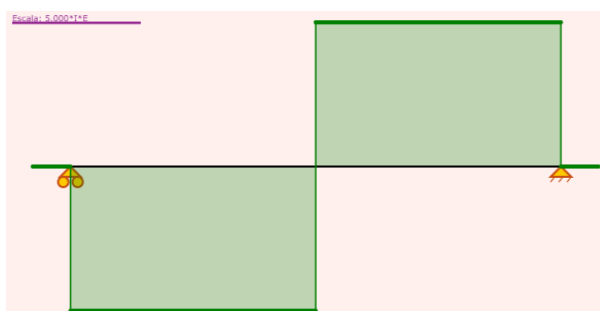
- Cargas

**Figura 4. 8** *Posición y Magnitud de cargas que ejercerán sobre el eje.*



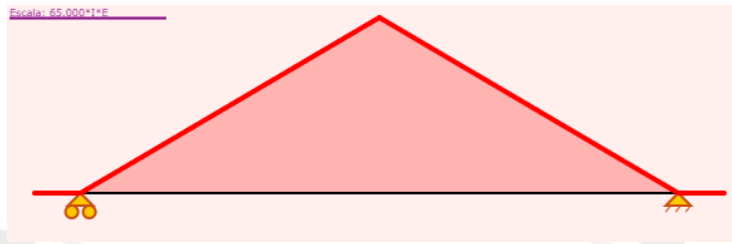
- Gráficos de esfuerzos cortantes

**Figura 4. 9** *Diagrama de esfuerzos cortantes del eje.*



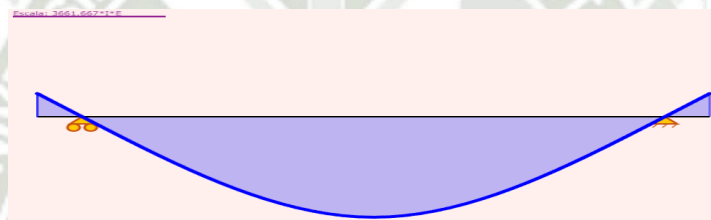
- Gráfico de Flectores

**Figura 4. 10** Diagrama de deflexión del eje.



- Gráfico de Flechas

**Figura 4. 11** Grafico de momento flector en el eje.



- Valores máximos:

Momento máximo en la sección

Posición: 15.0

**Magnitud: -65.0**

Mayor valor del esfuerzo cortante

Posición: 15.0

Magnitud: -5.0

Mayor valor del giro (sin dividir entre E\*I)

Posición: 28.089

Magnitud: 422.500

Mayor valor deformación (sin dividir entre E\*I)

Posición: 15.000000

Magnitud: -3661.666504

***El momento Máximo que se usará para el cálculo del Eje será de 65 Kgf-cm***

v) Resistencia Máxima del Material

El material a usar será un eje de acero SAE 1095, con las siguientes propiedades

**Figura 4. 12** Propiedades de los aceros según la norma AISI

N° AISI	ESTADO	Res. Máxima Su		Res. Fluencia Sy		Dureza
		Kgf/Cm <sup>2</sup>	Ksi	Kgf/Cm <sup>2</sup>	Ksi	BHN
Hierro Dulce	Laminado simple	3374	48	1757	25	
C1010	Estirado en Frío	4710	67	3867	55	137
C1015	Estirado en Frío	5413	77	4429	63	170
C1020	Laminado Simple	4569	65	3374	48	143
C1020	Normalizado	4499	64	3515	50	131
C1020	Recocido	4007	57	2952	42	111
C1020	Estirado en Frío	5483	78	4640	66	156
C1022	Laminado simple	5062	72	3656	52	149
C1030	Laminado simple	5621	80	3586	51	179
C1035	Laminado simple	5976	85	3867	55	190
C1045	Laminado simple	6749	96	4148	59	215
C1095	Normalizado	9913	141	5624	80	285

Nota: Adaptado de Norma AISI (2021).

$$Su = 9913 \text{ kgf-cm}$$

vi) Punto de Fluencia del Material

$$Sy = 4148 \text{ kgf-cm}$$

vii) Límite de Fatiga del Material

$$S'n = 0.5 * Su = 4956.5 \text{ kgf-cm}$$

viii) Factor de Corrección de Temperatura Cb

**Figura 4. 13** Factor de corrección de temperatura

**Cb** es el Factor de Corrección por Temperatura.

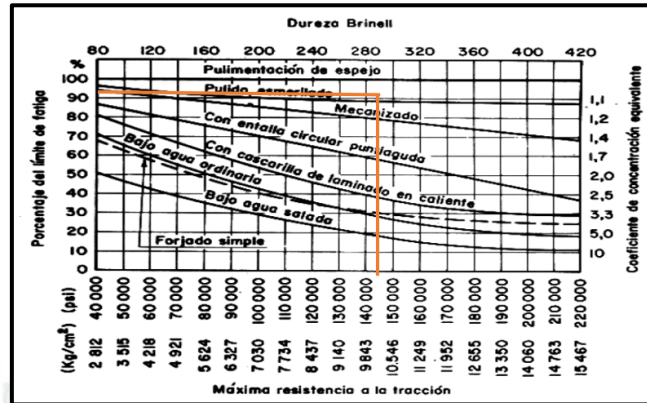
Cb = 1 → Para temp. Ambiente.  
 Cb = 0.8 → Para temp. Entre 100 °C y 200 °C  
 Cb = 0.6 → Para temp. > 200 °C.

Nota: Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020).

*Para nuestro caso Cb será 1*

ix) Factor de Corrección de Superficie Cs

**Figura 4. 14** Diagrama para hallar el factor de corrección de superficie.



Nota: Adaptado de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020).

*Nuestro factor de corrección de Superficie será de 0.8*

x) Factor de Confiabilidad Funcional  $C_r$

**Figura 4. 15** Factor de confiabilidad funcional ( $C_r$ )

**$C_r$ : Factor de Confiabilidad funcional**  **$C_r = 1 - A B$**   
 Donde :  
 **$A = 0.076$**  para aceros  
 **$B =$  Rata de supervivencia: (Ver Valores Tabla Siguiente)**

50%	$B = 0$	95%	$B = 1.6$
67%	$B = 0.44$	99%	$B = 2.3$
84%	$B = 1.0$	99.99%	$B = 3.7$
90%	$B = 1.3$		

Nota: Extraído de Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020).

$$1 - 0.076 * 3.7$$

*Nuestro factor de Confiabilidad Funcional será de 0.7188*

xi) Factor de Corrección por Esfuerzos Residuales  $C_o$

**Figura 4. 16** Factor de corrección de esfuerzos residuales.

**$C_o$ : Factor de corrección por esfuerzos residuales**  
 Si hay esfuerzos residuales  
 $C_o = 1.3$  (Material laminado o estirado en frío).  
 $C_o = 1$  (Materiales con tratamientos térmicos de Normalizado o Recocido)

Nota: Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley Ed.10 (2020).

*Nuestro factor de corrección por Esfuerzos Residuales será de 1*


xii) Resistencia a la Fatiga  $S_n$

$$S_n = S'n * C_b * C_s * C_r * C_o = 2850.186 \text{ Kg}f - \text{cm}2$$

xiii) Torque Máximo – Momento Torsor

De acuerdo a la ficha técnica del motor el Momento torsor es del motor paso a paso.

**Tabla 4. 5** Propiedades del Motor paso a paso

	TORQUE (IN-OZ)	RPM	LARGO	ANCHO	ALTO	DIAMETRO	TIPO	EJES	PROTECCION	PRECIO
	85.4	1600	2.9"	1.7"	1.7"	5mm	Solid	1	IP65	\$268.29

**85.4 in\*oz que es equivalente a 6.15 kgf-cm**

xiv) Factor de Seguridad

El factor de Seguridad que se considerará para este eje es de:

$$N = 3$$

xv) Diámetro del Eje

Ahora Aplicando la Ecuación desarrollada anteriormente, con los parámetros antes mencionados tenemos un diámetro de eje de:

**Figura 4. 17** Cálculo del eje usando todos los factores nombrados anteriormente.

K <sub>f</sub>	1.5		Factor de Concentración de Esfuerzos
M <sub>max</sub>	62.59	kgf-cm	Momento Flector Máximo
S <sub>u</sub>	9913	kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia Máxima
S <sub>y</sub>	4148	kgf/cm <sup>2</sup>	Punto de Fluencia del Material
S' <sub>n</sub>	4956.5		Limite de la Fatiga del Material
C <sub>b</sub>	1		Factor de Corrección por Temperatura
C <sub>s</sub>	0.8		Factor de Corrección por Superficie
C <sub>r</sub>	0.7188		Factor de Confiabilidad Funcional
C <sub>o</sub>	1		Factor de Corrección por esfuerzos Resi
S <sub>n</sub>	2850.18576	kgf/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la fatiga
T	6.15	kgf-cm	Torque Máximo - Momento Torsor
N	3		Factor de Seguridad
$d = \left[ 10.19 N \left[ \left( \frac{K_f M_{max}}{S_n} \right)^2 + 0.694 \left( \frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$			
∅	1.0025542	cm	

$$\text{Ø} = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

#### 4.2.2 Análisis de los rodillos

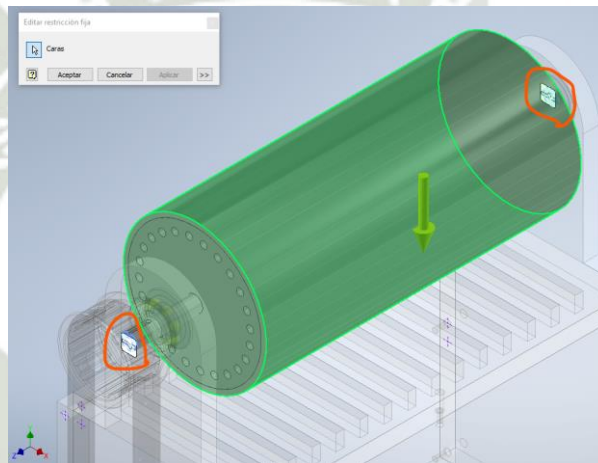
Para realizar el Análisis del Rodillo se va a hacer un análisis de Elementos Finitos con el Software Autodesk Inventor 2021.

Las dimensiones del Rodillo son las siguientes de acuerdo al plano mostrado en los anexos.

##### i) Sujeciones y Restricciones

Las sujeciones se colocan en los extremos del eje donde irá ensamblado el rodillo, como se muestra en la figura 4.18.

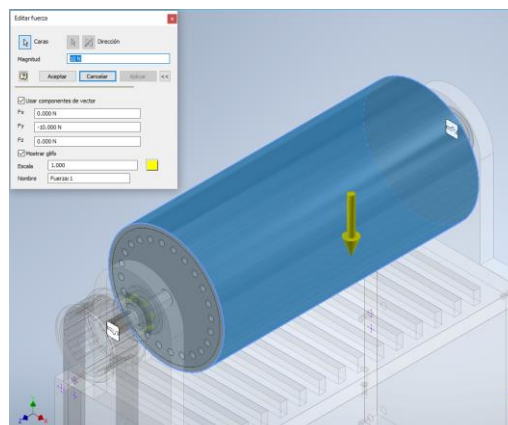
**Figura 4. 18** *Sujeciones para el cálculo de rodillos, en el software Inventor.*



##### ii) Cargas para el análisis del Tambor

La carga se pondrá vertical al tambor, como se muestra en la figura 4.19, de la misma forma esta carga tendrá un valor de 1 kg que aproximadamente es 10 N.

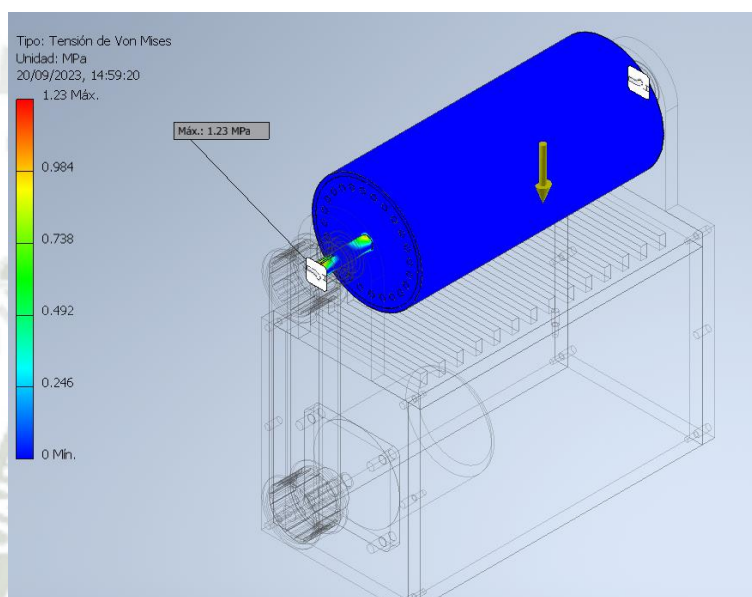
**Figura 4. 19** *Implementación de la carga en el medio del rodillo, en el software Inventor.*



iii) Resultados de Primer Esfuerzo de Von - Misses

Resultados Generales de Primer Esfuerzo de Von – Misses, donde se aprecia que no hay deformación.

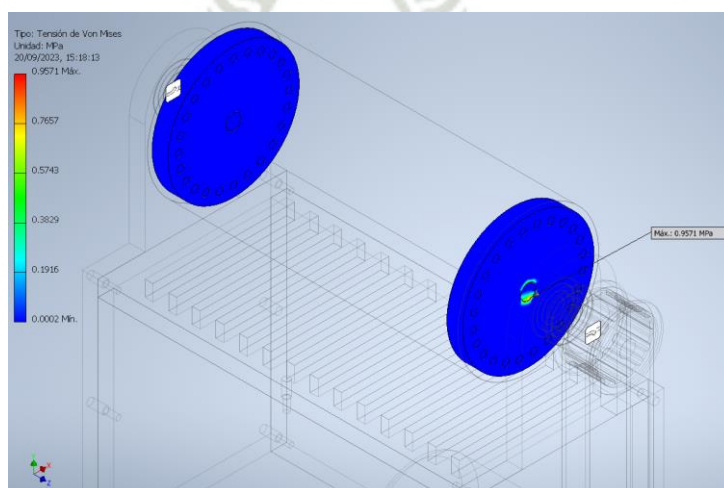
**Figura 4. 20** Resultados de la simulación del esfuerzo de Von Misses



iv) Resultados de los Tambores para el Primer Esfuerzo de Von Misses

Resultados del Primer Esfuerzo de Von – Misses en los tambores, donde se aprecia que no hay deformación. El esfuerzo máximo es de 0.9571 MPa

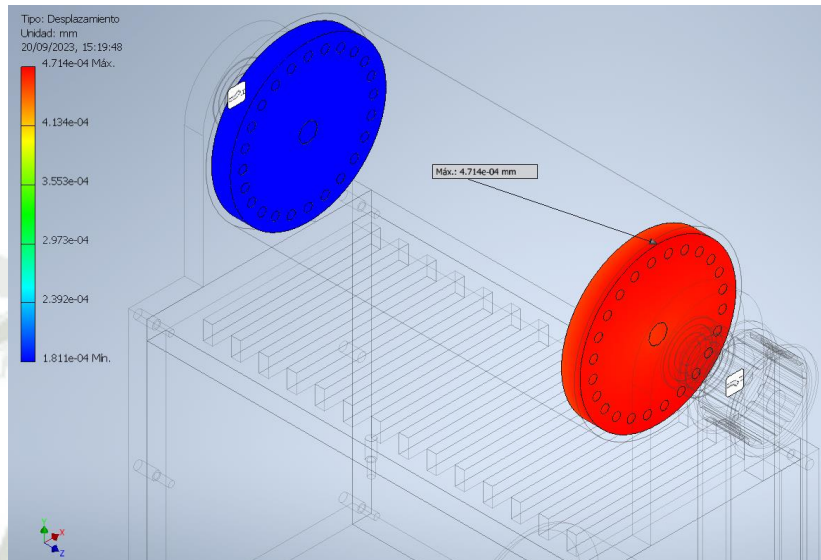
**Figura 4. 21** Resultados de la simulación del esfuerzo de Von Misses en los tambores.



v) Deformaciones Máximas de para Tambores con Cargas de Servicio.

Resultados de la simulación de la deformación en los tambores, donde se aprecia que el desplazamiento Máximo de los tambores es de  $4.71 \cdot 10^{-4}$  mm.

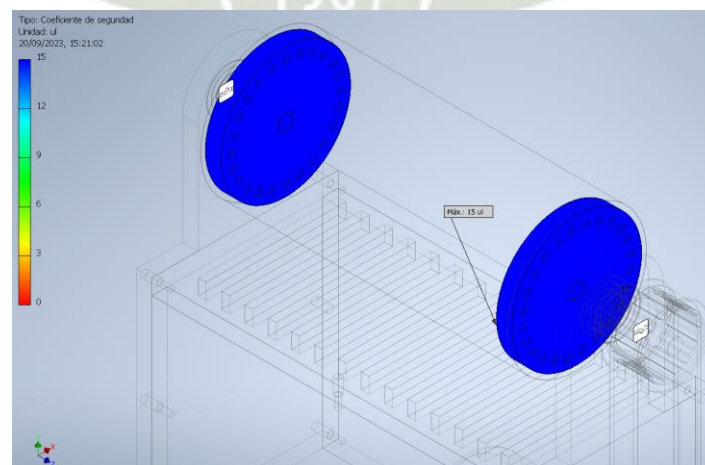
**Figura 4. 22** Resultados de la simulación de deformaciones con carga de servicio en los tambores.



vi) Factor de Seguridad para el Análisis

Resultados de la simulación del factor de seguridad en los tambores, dando como resultado mínimo factor de seguridad para el análisis de 15.


**Figura 4. 23** Simulación del factor de seguridad en el software inventor.



### 4.2.3 Selección de Poleas

Para transmitir el movimiento del motor hacia el rodillo colector se buscará una polea para un eje de 10mm y 10 dientes, para mejorar la transmisión de movimiento se buscará una polea dentada de un diámetro externo no mayor a 40 mm. A su vez se tiene que buscar un elemento que sea comercial y de un costo adecuado.

**Tabla 4. 6** Características de la polea seleccionada

	OD	Numero de dientes	Paso	Diametro del eje	Diametro de paso	Numero de Bridas	Material	Modelo	Costo
	1.438"	10	0.375"	3/8"	1.194"	2	Steel	Polea Serie L	\$26.60

Se escogió la opción de Polea dentada serie L, debido a que cumple con las condiciones requeridas y es de un material más resistente.

### 4.2.4 Selección de Motor Paso a Paso

#### i) Descripción y Funcionamiento del motor

Un motor paso a paso, como otros tipos de motores, es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en movimiento mecánico. Sin embargo, su funcionamiento es diferente al de los motores convencionales. Este motor divide el movimiento en una serie de pasos iguales en lugar de realizar un giro continuo. El motor paso a paso se compone de varios bobinados y, dependiendo de cuáles se alimenten con corriente eléctrica, girará un cierto número de grados y luego se detendrá. Para realizar un giro completo, es necesario enviar una combinación de pulsos eléctricos a varios cables de alimentación en momentos específicos. Si se enchufan todos los cables al mismo tiempo, el motor se bloqueará.

Este funciona basándose en la interacción de campos magnéticos creados por bobinas e imanes permanentes. Este tipo de motor se distingue por su estator, que está compuesto por múltiples conjuntos de bobinas que están conectados de manera independiente. Esto significa que cuando un conjunto de bobinas se alimenta, el rotor se posiciona en respuesta, pero su movimiento se detiene en ese momento porque no hay un mecanismo para cambiar la polaridad de la corriente eléctrica.

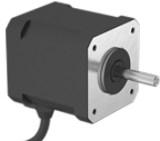
Para una comprensión más completa, el funcionamiento de este motor depende principalmente del estator, y el rotor solo reacciona a los polos magnéticos creados en el estator. Por ejemplo, si se activa una de las cuatro bobinas del estator, genera campos magnéticos que inducen una respuesta en el rotor, alineándolo. No obstante, este es su límite de movilidad. Energizar otra bobina y repetir el proceso en sucesión es necesario para que el rotor realice otro paso.

Existe una variedad de configuraciones para conectar y alimentar las bobinas del estator en los motores paso a paso. Por lo tanto, independientemente del tipo de motor, ya sea de reluctancia variable, imán permanente o híbrido, existen dos formas diferentes de funcionamiento. Por decirlo de otra manera, estas dos configuraciones son válidas para una amplia gama de motores paso a paso.

ii) Selección del Motor

Basados en el diámetro del eje, RPMs requeridos y el torque se escogió el motor paso a paso NEMA 17, como se detalla a continuación:

**Tabla 4. 7** *Propiedades del Motor paso a paso*

	TORQUE (IN-OZ)	RPM	LARGO	ANCHO	ALTO	DIAMETRO	TIPO	EJES	PROTECCION	PRECIO
	85.4	1600	2.9"	1.7"	1.7"	5mm	Solid	1	IP65	\$268.29

**4.2.5 Selección del Rodamiento**

i) Datos de Entrada

Basado en el motor seleccionado se extraen los siguientes datos:

**Figura 4. 24** *Datos extraídos en base a la selección del motor.*

T	40 °C	<i>Temperatura de referencia estandarizada internacional (skf)</i>
∅	10 mm	<i>Diametro interior Requerido</i>
Velocidad de trabajo	1600 RPM	<i>Velocidad de salida en el tambor del motor de hilado</i>
Contaminación	Ligera	<i>Debido a que el rodamiento seleccionado tiene un sello integral</i>

**Figura 4. 25** Datos y Características Técnicas del Rodamiento, extraído de Ficha Técnica



Image may differ from product. See technical specification for details.

## 6200

### Rodamiento rígido de bolas

Los rodamientos rígidos de una hilera de bolas son especialmente versátiles, tienen una baja fricción y están optimizados para un bajo nivel de ruido y vibraciones, lo que permite alcanzar altas velocidades de giro. Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos, son fáciles de montar y requieren menos mantenimiento que muchos otros tipos de rodamientos.

- Diseño sencillo, versátil y robusto
- Baja fricción
- Capacidad de alta velocidad
- Soportan cargas radiales y axiales en ambos sentidos
- Requieren poco mantenimiento

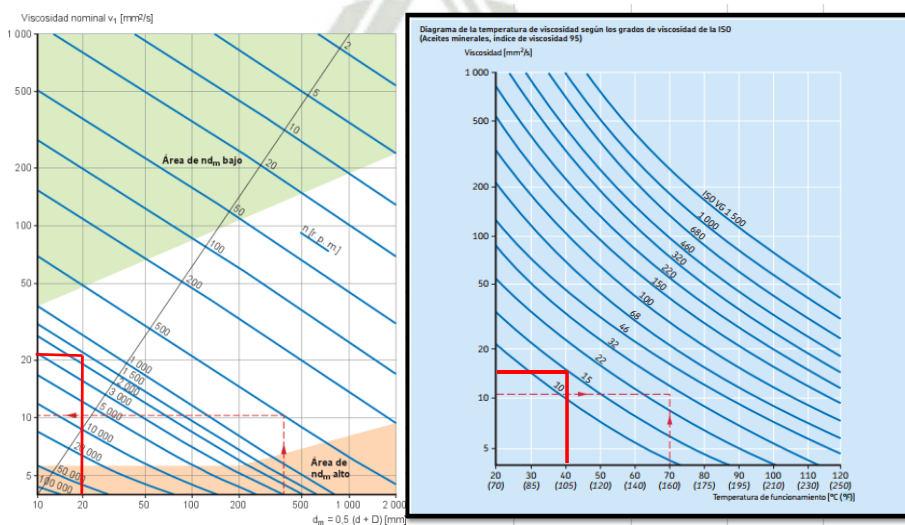
Designación	Dimensiones principales				Capacidad de carga básica		Velocidades nominales	
	d [mm]	t <sub>r</sub>	D [mm]	B [mm]	C [kN]	C <sub>0</sub> [kN]	Velocidad de referencia [r/min]	Velocidad límite [r/min]
4200 ATN9	10		30	14	9.23	5.2	40 000	22 000
6200	10		30	9	5.4	2.36	56 000	36 000
6200-2RSH	10		30	9	5.4	2.36		17 000
6200-2RSH/VA947	10		30	9	5.4	2.36		17 000
6200-2RSL	10		30	9	5.4	2.36	56 000	28 000
6200-2Z	10		30	9	5.4	2.36	56 000	28 000

Nota: Extraído de Ficha técnica SKF (2022)

- ii) Lubricación.  
Diámetro medio ( $d_m$ )

$$d_m = \frac{30 + 10}{2} = 20 \text{ mm.}$$

**Figura 4. 26 a)** Viscosidad nominal de lubricante **b)** Tipo de lubricante a utilizar



Nota: Extraído de Ficha técnica SKF (2022).

$$\text{Viscosidad } (v) = 15 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$\text{Viscosidad Nominal } (V_1) = 21 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Tipo de lubricante: ISO VG 15

$$k = \frac{v}{v_1} = \frac{15}{21} = 0.71$$

iii) Factor de Contaminación

**Figura 4. 27** Factor  $N_c$  para rodamientos para diferentes niveles de contaminación

Tabla 4  
Valores orientativos para el factor  $n_c$  para distintos niveles de contaminación

Condiciones	Factor $n_c^{21}$ para rodamientos con diámetro medio	
	$d_m < 100 \text{ mm}$	$d_m \geq 100 \text{ mm}$
<b>Limpieza extrema</b> • tamaño de las partículas aproximadamente igual al espesor de la película de lubricante • condiciones de laboratorio	1	1
<b>Gran limpieza</b> • aceite lubricante con filtración muy fina • condiciones típicas: rodamientos sellados lubricados con grasa de por vida	0.8 ... 0.6	0.9 ... 0.8
<b>Limpieza normal</b> • aceite lubricante con filtración fina • condiciones típicas: rodamientos con placas de protección lubricados con grasa de por vida	0.6 ... 0.5	0.8 ... 0.6
<b>Contaminación ligera</b> • condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste y leve ingreso de contaminantes	0.5 ... 0.3	0.6 ... 0.4
<b>Contaminación típica</b> • condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste e ingreso de partículas desde el exterior	0.3 ... 0.1	0.4 ... 0.2
<b>Contaminación severa</b> • condiciones típicas: altos niveles de contaminación debido a desgaste excesivo o sellos ineficaces • disposición de los rodamientos con sellos ineficaces o dañados	0.1 ... 0	0.1 ... 0
<b>Contaminación muy severa</b> • condiciones típicas: niveles de contaminación tan graves que los valores de $n_c$ están fuera de escala, lo que reduce significativamente la vida útil del rodamiento	0	0

21) La escala para  $n_c$  se refiere solo a contaminantes sólidos típicos. No se incluyen contaminantes como el agua u otros fluidos perjudiciales para la vida del rodamiento. Debido al fuerte desgaste abrasivo en entornos altamente contaminados ( $n_c = 0$ ), la vida útil de un rodamiento puede ser significativamente inferior a la vida nominal.

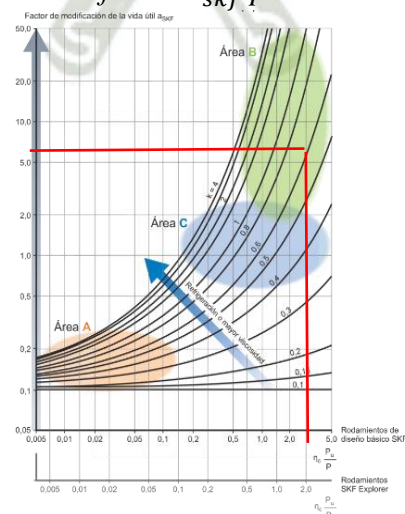
Nota: Extraído de Ficha técnica SKF (2022).

$$\text{Factor de contaminación } (N_c) = 0.5$$

iv) Factor  $\partial_{skf}$

$$n_c \frac{P_u}{P} = 0.5 \times \frac{0.1}{0.015} = 3.333$$

**Figura 4. 28** Diagrama para hallar el factor  $\partial_{skf}$  para rodamientos.



Nota: Extraído de Ficha técnica SKF (2022).

$$\partial_{skf} = 6$$

v) Vida Nominal

**Figura 4. 29** Datos para el cálculo del rodamiento

DATOS DEL RODAMIENTO	
CAPACIDAD DE CARGA DINAMICA BASICA (C)	5.4 kN
CAPACIDAD DE CARGA ESTATICA BASICA (Co)	2.36 kN
CARGA LIMITE DE FATIGA (Pu)	0.1 kN
VELOCIDAD DE REFERENCIA	56 000 r/mm
VELOCIDAD LIMITE	36 000 r/mm

Nota: Adaptación de Ficha técnica SKF (2022).

Por ser rodamiento rígido de bolas.

$$I_{nmh} = \left( \frac{10^6}{60 \times n} \right) \times a_1 \times \partial_{skf} \times \left( \frac{C}{P} \right)^p$$

Donde:

$a_1$  = Factor de ajuste de la vida útil para mayor confiabilidad.

C = Capacidad de carga dinámica (kN).

P = Carga dinámica equivalente.

n = Velocidad de giro (RPM)

p = Exponente de la ecuación

$$I_{nmh} = \left( \frac{10^6}{60 \times 1600} \right) \times 1 \times 6 \times \left( \frac{5.4}{0,015} \right)^3$$

$$I_{nmh} = 2.92 \times 10^9 \text{ hrs.}$$

#### 4.2.6 Selección de correa de transmisión

La correa sincronizada, también conocida como correa dentada o correa reguladora, se distingue por tener dientes que se ajustan a los dientes de las poleas correspondientes. En este sistema, la transmisión de potencia no depende del roce entre la polea y la correa, sino de la acción de los dientes que se acoplan. Las transmisiones mediante correa dentada son similares a las transmisiones por engranajes en este aspecto, pero tienen la ventaja de que la correa misma les da más flexibilidad. Este tipo de correa se utiliza en aplicaciones donde se requiere una relación de velocidades constante. Esto evita los problemas que suelen surgir en las correas

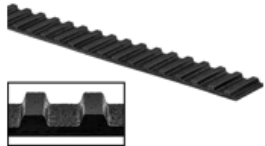
planas y trapezoidales, donde la transmisión se basa en el roce y puede resultar en deslizamientos no deseados.

Entre las ventajas de estas correas se incluyen:

- Mantienen una relación de transmisión constante.
- No necesitan una tensión significativa para transferir potencia entre ejes, lo que minimiza los problemas de fatiga en los ejes de montaje.
- Permiten alcanzar velocidades considerables en sus secciones (hasta 50 metros por segundo).
- Ofrecen un alto rendimiento con una eficiencia del 98%.

Basados en el tipo de polea que se escogió y a las ventajas mencionadas escogemos el siguiente modelo de correa.

**Tabla 4. 8** Características de la correa seleccionada

	CORREA	ANCHO	PASO	MATERIAL	RANGO DE TEMPERATURA (°F)
	LL050L	1/2"	0.375"	Neoprene	-20° to 180°

#### 4.2.7 Cálculo de espesor de planchas del soporte de rodillo

Para este soporte de rodillo se usará planchas de poliamida, esto por sus buenas características dieléctricas mencionadas anteriormente, el método de cálculo a usar será el mismo que se usó para el cálculo de las planchas metálicas.

**Tabla 4. 9** Para chapas metálicas pp2, pp3, pp4, pp9:

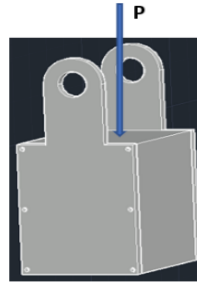
Carga distribuida (w) =	0.014 Kg/mm
Largo (l) =	250.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	285.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	20.0 mm
Momento de Inercia ( $I = bd^3/12$ ) =	6666.667 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	0.694 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	5.40 mm
Espesor Seleccionado (b)=	10.00 mm
Deflexión (D) =	0.37 mm

#### 4.2.8 Cálculo de pernos de unión:

i) Cálculo por corte en los pernos

Consideramos una carga de  $L = 10 \text{ kg}$ , para ambos lados  $L = 10/2 = 5 \text{ kg} = 11 \text{ lb}$

**Figura 4. 30** Posicionamiento de la fuerza para el cálculo de pernos



Para el cálculo previo se utilizarán pernos Allen M5 x 10

$$F_u = 600 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Area del perno } (A_b) = 19.63 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_u}{A_b} = \frac{600}{19.63} = 30.57 \text{ N/perno}$$

$$\text{Numero de pernos } (n) = 6$$

$$r_{uv} = \frac{P_u}{n} = \frac{5}{6} = 0.833 \text{ kg/perno} \approx 8,33 \text{ N/perno}$$

$$8.33 \text{ N/perno} < 30.57 \text{ N/perno} \dots \text{OK}$$

#### 4.3 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO.

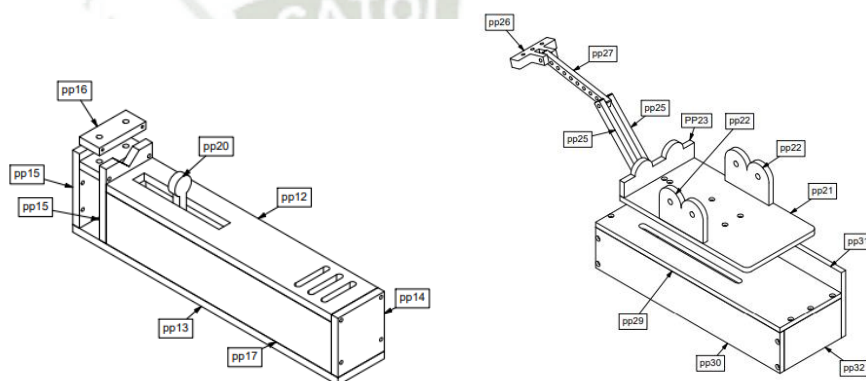
El Subsistema de Posicionamiento, como se ilustra en la Figura 4.31, se compone de una estructura de soporte compuesta por placas de polipropileno de 10 mm de grosor, conectadas mediante tornillos. Esta estructura consta de dos niveles: uno destinado al movimiento en la dirección X y otro para el movimiento en la dirección Y.

El primer nivel de la estructura se compone de una plancha base de 130 mm de ancho y 420 mm de largo, la cual en la parte superior tiene un orificio tipo agujero chino de 218 mm de largo y 13 mm de ancho por el cual se acopla al piso superior permitiendo el movimiento en el eje X.

Dentro de este primer piso se encuentra un tornillo sin fin movido por un motor paso a paso el cual está anclado a una de las placas laterales y se transmite el movimiento del eje del motor al tornillo gracias a un acople flexible de aluminio sobre este tornillo sin fin se encuentra el carro principal, acoplado mediante un carro de transporte, en el cual se colocan las jeringas con la solución.

Para la inyección de la solución se usará un sistema similar al anterior, se desarrollará una carcasa con un motor paso a paso acoplado a una de las paredes el cual moverá un tornillo sin fin que estará acoplado a una placa y al avanzar presionará el embolo liberando la solución.

**Figura 4. 31** *Isométrico del sistema de posicionamiento*



#### 4.3.1 Cálculo de Espesor de Plancha de poliamida.

Para cálculo de espesores de planchas se calculará mediante deflexión, considerándose una sección de la plancha como viga con una carga distribuida.

**Tabla 4. 10** *Para planchas pp 12 a la pp 19*

Carga distribuida (w) =	0.033 Kg/mm
Largo (l) =	91.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	220.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	15.0 mm
Momento de Inercia (I = bd <sup>3</sup> /12) =	2812.500 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima (D <sub>max</sub> ) (l) / 360 =	0.253 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	1.88 mm
Espesor Seleccionado (b)=	10.00 mm
Deflexión (D) =	0.05 mm

**Tabla 4. 11** Para plancha pp20

Carga distribuida (w) =	0.022 Kg/mm
Largo (l) =	91.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	285.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	10.0 mm
Momento de Inercia ( $I = bd^3/12$ ) =	833.333 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	0.253 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	3.27 mm
Espesor Seleccionado (b)=	10.00 mm
Deflexión (D) =	0.08 mm

**Tabla 4. 12** Para plancha pp21 a la pp24 y pp29 a la pp32

Carga distribuida (w) =	0.033 Kg/mm
Largo (l) =	91.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	220.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	15.0 mm
Momento de Inercia ( $I = bd^3/12$ ) =	2812.500 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	0.253 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	1.88 mm
Espesor Seleccionado (b)=	10.00 mm
Deflexión (D) =	0.05 mm


**Tabla 4. 13** Para la pp25 y pp27

Carga distribuida (w) =	0.013 Kg/mm
Largo (l) =	150.0 mm
Módulo de Elasticidad (E) =	220.0 Kg/mm <sup>2</sup>
Ancho de la columna (d) =	15.0 mm
Momento de Inercia ( $I = bd^3/12$ ) =	2812.500 mm <sup>2</sup>
Deflexión Máxima ( $D_{max}$ ) (l) / 360 =	0.417 mm
Espesor de la columna seleccionado (b)=	3.41 mm
Espesor Seleccionado (b)=	10.00 mm
Deflexión (D) =	0.14 mm

#### 4.3.2 Selección de motor paso a paso

Para este subsistema se usará el motor seleccionado en el sistema en el subsistema anterior.

**Tabla 4. 14** Características del motor paso a paso seleccionado


	TORQUE (IN-OZ)	RPM	LARGO	ANCHO	ALTO	DIAMETRO	TIPO	EJES	PROTECCION	PRECIO
	85.4	1600	2.9"	1.7"	1.7"	5mm	Solid	1	IP65	\$268.29

#### 4.3.3 Selección de tuerca y husillo de precisión

Un husillo es un conjunto de tornillos largos con diferentes diámetros que se utilizan para operar dispositivos de sujeción como mordazas o prensas. Además, se puede usar para producir movimiento lineal en carros de fresadoras, tornos y compuertas hidráulicas. El acero templado es el material más común para fabricarlo, pero también se pueden encontrar husillos de madera o PVC.

La tuerca del husillo es un mecanismo que consiste en un tornillo (husillo) que gira para desplazar linealmente la tuerca en la que está enroscado, lo que produce un movimiento rectilíneo.

**Tabla 4. 15** Características del husillo seleccionado


	MEDIDA DEL TORNILLO	PASO	LONGITUD	MATERIAL	DISTANCIA DE AVANCE POR VUELTA (MM)
	M10	2 MM	250 MM	ACERO AL CARBONO	2

#### 4.3.4 Selección de Acople de eje.

Los mecanismos conocidos como acoplamientos de ejes conectan dos ejes en rotación para reducir desalineaciones y errores de montaje entre ambos ejes. Estos dispositivos brindan flexibilidad mecánica y permiten una transmisión suave de movimiento. Los acoplamientos de ejes son rígidos o flexibles. Los acoplamientos rígidos se utilizan para conectar ejes perfectamente alineados, mientras que los acoplamientos flexibles pueden manejar desalineaciones variables entre los ejes.

Estos acoplamientos se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluidos motores, generadores, compresores, bombas, maquinaria y motores.

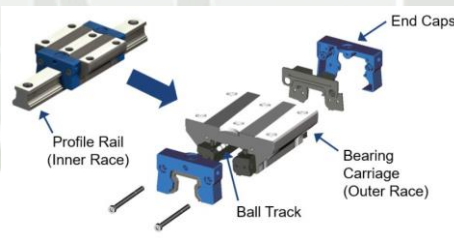
**Tabla 4. 16** *Características del acople seleccionado*

	PARA DIAMETRO DE EJE	LONGITUD	DIAMETRO EXTERNO	MAXIMA VELOCIDAD	TOQUE MAXIMO
	10mm × 10mm	45mm	29mm	4000 RPM	925 In-Lb

#### 4.3.5 Selección de carro de rodamientos y riel guía.

Los soportes lineales para portaobjetos son mecanismos de apoyo utilizados para facilitar el transporte de cargas y garantizar un movimiento lineal recto y uniforme. El carruaje deslizante y el riel son las dos partes típicas de las guías lineales. El componente que se desplaza a lo largo del riel y sostiene la carga que lleva consigo se conoce como carruaje deslizante. El tipo de guía lineal utilizado determinará la configuración del carruaje deslizante y del riel. Las guías lineales de contacto deslizante y de rodamiento de rodillos son los dos tipos más comunes.

**Figura 4. 32** *Partes del carro de rodamientos y riel guía*



Nota: Extraído de Firguelli Automotions (2018).

**Tabla 4. 17** *Características del carro de rodamientos y riel guía seleccionados.*

	CAPACIDAD DE CARGA	ALTURA DE CARRO	ANCHO DEL CARRO	LONGITUD DEL CARRO
	120 LB	6 MM	12 MM	16 MM

#### 4.4 SISTEMA ELEVADOR DE TENSIÓN

Dado que este parámetro es esencial para la producción de nanofibras, la Nota de alto voltaje es el factor más importante en la fabricación de la máquina de electrohilado vertical. Con el fin de superar el voltaje superficial de la solución polimérica, fomentar la formación del cono de Taylor y finalmente obtener un filamento (nanofibra), es esencial tener un voltaje mínimo de 10 kV. En este contexto, se han considerado varias opciones:

##### 4.4.1 Selección de sistema de elevación de tensión.

- i) Alternativa A: Fuente de alta tensión NLI 30 kV

La característica principal de las fuentes de suministro de alto voltaje (HVPS) es su tamaño pequeño y liviano. Esto las convierte en equipos confiables tanto para el proceso de electrohilado como para su uso en entornos de laboratorio. Gracias a sus características de seguridad avanzadas y a su gran versatilidad para operar en una amplia gama de investigaciones, también son adecuadas para una variedad de aplicaciones, como el uso en condensadores y láser.

La Figura 4.33 muestra una fuente de alto voltaje que se ha desarrollado específicamente para realizar el procedimiento de electrohilado. Esta fuente satisface todos los requisitos esenciales para el funcionamiento adecuado de la máquina.

**Figura 4. 33** Fuente de alta tensión NLI 30 Kv



Nota: Extraído de Amazon (2022).

**Tabla 4. 18** Características de la Fuente de alta tensión NLI 30 kV

MARCA	NLI
POTENCIA DE SALIDA	30 Kv
TIPO DE SALIDA	-
VOLTAJE DE ENTRADA	100-240 VAC
VOLTAJE DE SALIDA	Max 35 kV
FRECUENCIA DE SALIDA	50-60 Hz
CORRIENTE DE SALIDA	1 mA
DIMENSIONES	34x29x11 cm
GARANTIA	1 año

ii) Alternativa B: Fuente de alta tensión DW-P303-1ACD1 - 30 kV

La fuente de energía inicial que se consideró para la máquina de electrohilado se muestra en la Figura 4.34. Esta fuente contiene las características que se describen a continuación.

**Figura 4. 34** Fuente de alta tensión DW-P303-1ACD1 - 30 kV



Nota: Extraído de AliExpress (2021).

**Tabla 4. 19** Características de la Fuente de alta tensión DW-P303-1ACD1 - 30 Kv

MARCA	DW-P303-1ACD1
POTENCIA DE SALIDA	30 Kv
TIPO DE SALIDA	-
VOLTAJE DE ENTRADA	CA 220 V ± 10%
VOLTAJE DE SALIDA	DC MAX 30 Kv
FRECUENCIA DE SALIDA	50-60 Hz
CORRIENTE DE SALIDA	1 mA
DIMENSIONES	30x27x12 cm
GARANTIA	1 año

Las ventajas y características particulares de cada opción considerada para la construcción de la máquina determinan la elección de la fuente de alto voltaje. Se han evaluado los siguientes criterios durante este proceso:

- **Costo:** Este tema es importante en todas las circunstancias porque es necesario encontrar un equilibrio entre los costos y las ventajas del equipo que se utilizará en la construcción de la máquina.
- **Montaje:** Este aspecto ayuda a integrar el equipo en la estructura de la máquina, lo que facilita el desmontaje cuando se requieren cambios o mantenimiento.
- **Mantenimiento:** La selección de un equipo de uso comercial ha sido priorizada, lo que garantiza la disponibilidad en el mercado y mejora la eficacia de las labores de mantenimiento.
- **Voltaje:** Debido a que influye significativamente en la calidad de las nanofibras producidas, se ha reconocido que el voltaje es el factor más importante. Como resultado, se optó por un equipo que ofreciera ajustabilidad y proporcionara un voltaje superior a los 6 kV.
- **Amperaje:** Durante el uso del equipo, la seguridad del operador es crucial. Por lo tanto, para proteger la integridad del usuario, se decidió usar un equipo con bajo voltaje.

Tomando en cuenta las características mencionadas se llegó a la conclusión de que la solución B es la opción más adecuada.

## **4.5 SISTEMA DE CONTROL DE PARÁMETROS**

Este sistema, a través de un panel de control, es responsable de supervisar y controlar los sistemas de posicionamiento, recolección e inyección de polímeros. Para lograr esto, se han evaluado las siguientes opciones:

### **4.5.1 Selección del sistema de control de parámetros**

- i) Alternativa A: Control por PLC

Un tipo de dispositivo que es ampliamente utilizado en una variedad de industrias y máquinas es el controlador lógico programable (PLC), que se muestra en la Figura 4.35. Ofrece una serie de ventajas para el desarrollo de proyectos, incluido el hecho de que permite un ahorro significativo de tiempo. Además, se destaca por su tamaño pequeño y su bajo costo de mantenimiento, y puede controlar varias máquinas con un solo equipo.

**Figura 4. 35** *Sistema de control por PLC*

Nota: Extraído de AliExpress (2021).

ii) Opción B: Utilizar un controlador Arduino

Tal como se muestra en la figura 4.36, se trata de un microcontrolador. Una de sus ventajas es que su hardware es de código abierto, lo que lo hace más fácil de usar.

**Figura 4. 36** *Sistema de controlador por Arduino*

Nota: Extraído de AliExpress (2021).

El sistema de control electrónico es esencial para la activación del colector y la inyección inicial de la solución polimérica. Se han tomado en cuenta los siguientes factores para determinar la solución más efectiva:

- Costo: La evaluación de este criterio se centra en encontrar un equilibrio entre los gastos y los beneficios al adquirir el equipo que se ha elegido.
- Montaje: El equipo seleccionado debe ser fácilmente accesible para el montaje en la estructura de la máquina y facilitar el proceso de montaje y desmontaje.

- **Mantenimiento:** Se busca un dispositivo que tenga una vida útil satisfactoria y sea fácil de mantener. Además, se prioriza la disponibilidad de componentes que se pueden adquirir en cualquier momento.
- **Tamaño:** Crucial para la fabricación de la máquina y para la compatibilidad con el dispositivo que se elija, asegurándose de que se integre de manera efectiva sin ocupar espacio excesivo.
- **Software:** Tener un software de programación sólido es necesario para facilitar el control de la máquina sin enfrentar problemas importantes al adquirirlo.
- **Confianza:** Este criterio, al igual que la consideración anterior, tiene como objetivo crear un equipo que inspire la mayor confiabilidad durante su uso.

Se usará una tarjeta PLC como circuito integrador de las funciones la cual permitirá procesar las señales obtenidas de los diferentes sensores de la máquina y mostrarlos en la pantalla de control de la máquina y enviar señales de retorno en base a la configuración que el usuario escoja.

La comunicación se establecerá a través de una pantalla, indicadores luminosos y botones, que permitirán ingresar los parámetros de producción y recibir la respuesta sobre el estado del proceso.

#### **4.6 ANÁLISIS DE COSTOS**

Este capítulo proporcionará un desglose del costo total previsto para la construcción e implementación de un sistema mecatrónico capaz de producir micro y nanofibras mediante la técnica de Electro Hilado.

Se realizaron investigaciones sobre los precios de los materiales, componentes mecánicos y electrónicos durante el proceso de diseño de cada subsistema. En consecuencia, se determinó que la construcción de la cabina de electrohilado cuesta 5,373.91 dólares. La Tabla muestra el desglose de los costos para cada subsistema, como se aprecia en la tabla 4.20.

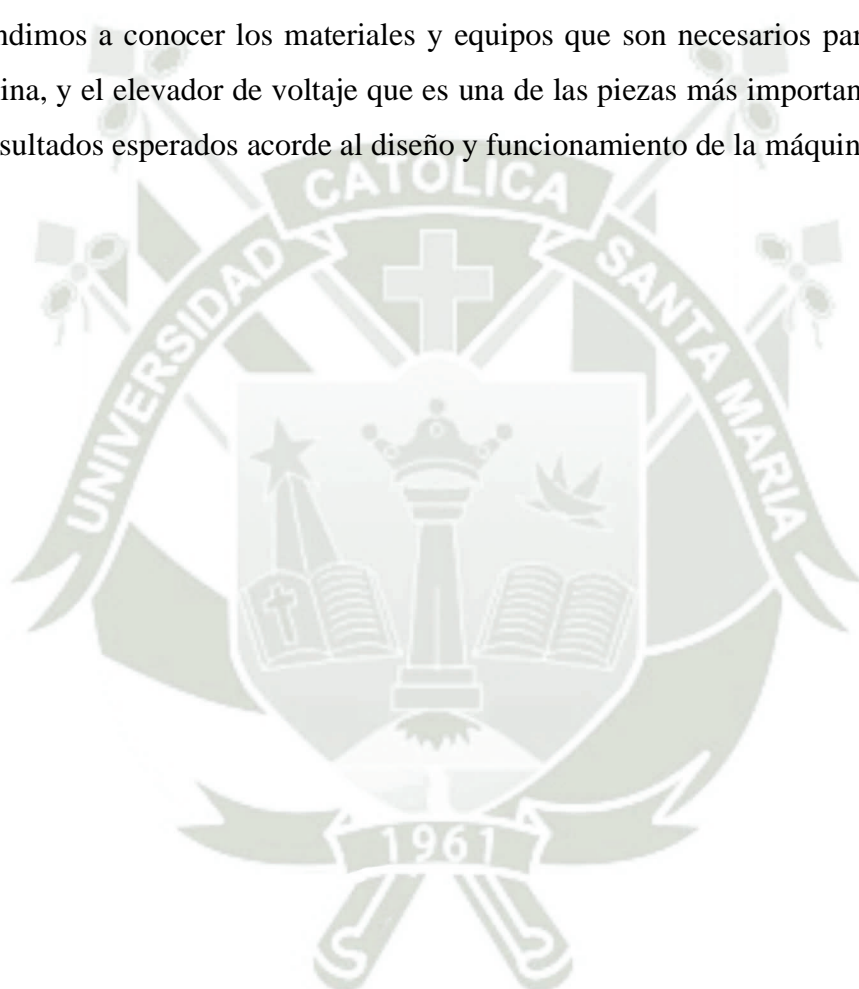
**Tabla 4. 20 Estructura de costos para la fabricación de la Maquina de Electro-Hilado.**

ESTRUCTURA DE COSTOS						N°:	
<b>Ciente :</b> <b>Atención:</b> <b>Trabajo:</b> MAQUINA DE ELECTROSPINNING <b>Fecha :</b> <span style="float: right;"><b>Elaborado por:</b> J. MISAEL SANCHEZ CABANILLAS/ MANUEL MACPORT</span>							
<b>A.-</b>						<b>MATERIALES E INSUMOS</b>	
Item	Cant	Unid	Descripción	Valor Unit. \$	Desperdicio %	Valor Parcial \$	
1	182.92	KG	PLANCHA DE ACERO A36 ESPESOR 0.6 mm	1.50		274.38	
2	3.00	UND	POLIAMIDA NYLON PL 60 X 2000 X 10 mm de espesor	374.86		1,124.58	
3	1.00	UND	ACRILICO TRANSPARENTE 2000 x 2000 4.5 mm de espesor	80.00		80.00	
4	1.00	UND	FUENTE DE ALIMENTACION DW-P303-1ACH2	1,012.03		1,012.03	
5	2.00	UND	Acoplamientos de eje de sujeción	33.76		67.52	
6	1.00	UND	Freno eléctrico magnético sin contacto	373.33		373.33	
7	1.00	UND	Rodillos impulsores de tolerancia estricta	23.63		23.63	
8	1.00	UND	Motores paso a paso para lugares húmedos	268.29		268.29	
9	1.00	UND	Correas de distribución sin polvo serie L	28.02		28.02	
10	2.00	UND	Tuercas y tornillos guía Acme de precisión	20.20		40.40	
11	1.00	UND	Carro con rodamientos de bolas y rieles guía	105.35		105.35	
12	1.00	PKG	Perno socket M5 x 10 x 50 pzas	4.26		4.26	
13	2.00	UND	Poleas de correa de distribución serie L	29.33		58.66	
14	1.00	UND	Eje de material VCN de diametro 3/8" x 300 mm	12.62		12.62	
15	1.00	UND	Controlador CS 10-3 de motor paso a paso	38.97		38.97	
16	2.00	UND	Rodamiento de bolas	7.82		15.64	
17	2.00	UND	Calefactor	12.49		24.98	
18	4.00	UND	Visagras	8.59		34.36	
19	2.00	UND	Manijas	18.12		36.24	
20	3.00	UND	Luces fluorescentes	19.04		57.12	
21	15.00	MTS	Cableado electrico	1.28		19.20	
<b>Total Materiales e Insumos:</b>						US\$ 3,699.58	
<b>B.-</b>						<b>MANO DE OBRA</b>	
Item	Actividad	N° Hombres	N° Días	Horas/día	\$/H-H	\$ Parcial	
1	PLEGADOR	1.00	1.00	8	US\$ 5.00	US\$ 40.00	
2	SOLDADOR	1.00	1.00	3	US\$ 8.00	US\$ 24.00	
3	ARMADOR	1.00	3.00	8	US\$ 6.00	US\$ 144.00	
4	AYUDANTE	1.00	3.00	8	US\$ 3.50	US\$ 84.00	
<b>Total Mano de Obra:</b>						US\$ 292.00	
<b>C.-</b>						<b>MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAM.</b>	
Item	Actividad	N° Máquinas	N° Días	Horas/día	\$/H-M	\$ Parcial	
1	PLEGADORA	1.00	1.00	8	US\$ 6.00	US\$ 48.00	
2	EQ. SOLDADURA	1.00	1.00	3	US\$ 8.00	US\$ 24.00	
3	HERR. MANUALES ARMADOR	1.00	3.00	8	US\$ 1.90	US\$ 45.60	
4	HERR. MANUALES AYUDANTE	1.00	3.00	8	US\$ 1.90	US\$ 45.60	
<b>Total Maquinaria Equipos y Herramientas:</b>						US\$ 163.20	
<b>MATERIAL E INSUMOS</b>						\$	<b>3,699.58</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						\$	<b>292.00</b>
<b>MAQUINARIA EQUIPOS Y HERRAM.</b>						\$	<b>163.20</b>
						\$	<b>0.00</b>
<b>COSTO DIRECTO</b>						\$	<b>4,154.78</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>				3%		\$	<b>124.64</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>				3%		\$	<b>124.64</b>
						\$	
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b>						\$	<b>4,404.07</b>
<b>UTILIDAD</b>				25%		\$	<b>1,101.02</b>
<b>VALOR DE VENTA</b>				precio unitario		\$	<b>5,505.08</b>

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó una máquina de electro hilado de colector de rodillo de 30 kVA para uso experimental de velocidad 120 a 3000 RPM, presión 0-35 kPa y un flujo de expulsión de solución que oscila entre los 0.1 y 1 ml/h.
2. Se diseñaron componentes para el sistema de posicionamiento, recolección y aislamiento estructural. Se diseñó la carcasa de medidas ancho: 800 mm, alto: 950 mm y profundidad: 600 mm, con un peso menor a 50 kg. Se seleccionó las piezas para implementar los sistemas de soporte y posicionamiento como figuran en los cálculos y en los planos de diseño en base de poliamida y acero como se evidencia en el capítulo 4.
3. Se seleccionaron la fuente de elevación de tensión y la tarjeta de interfaz y control, tomando en cuenta las variables como facilidad de obtención en el mercado peruano, costo, mantenibilidad y seguridad.
4. Según datos de estudios académicos y científicos, los factores de producción en el proceso de electrohilado tienen el potencial de alterar las propiedades mecánicas, el diámetro y la forma de las fibras, así como cómo se alinean entre sí. Por lo tanto, basándonos en una revisión exhaustiva de la literatura y reconociendo la importancia de los valores dentro de los rangos específicos para cada factor de producción, se ha optado por utilizar una fuente de voltaje que puede operar con tensiones de hasta 60 kV.
5. Se calculó el costo de diseño y fabricación del equipo alcanzando un valor de 5,505.00 dólares americanos aproximadamente, lo cual resulta más factible de adquirir en comparación a las máquinas presentes en el mercado nacional actualmente.
6. Se realizaron los planos de ensamble y fabricación basados en el boceto inicial, cumpliendo con las normas establecidas de diseño y dibujo.
7. Vimos desde el inicio, en qué consistía la máquina, desde las ideas y conceptos de lo que se trata el Electrohilado, conceptos de la máquina en sí, se pasó por los bosquejos, el diseño conceptual, los materiales, y por último el diseño final.

8. Conocimos un poco más a detalle el proceso de Electrohilado, sus aplicaciones, y el beneficio que nos traerá para el laboratorio de pruebas, ya que al indagar más sobre este método pudimos apreciar la variedad de aplicaciones, sobre todo en el área biomédica, lo cual puede impulsar a mejores investigaciones dentro de la Universidad Católica de Santa María
  
9. Aprendimos a conocer los materiales y equipos que son necesarios para el diseño de la máquina, y el elevador de voltaje que es una de las piezas más importantes, dándonos así los resultados esperados acorde al diseño y funcionamiento de la máquina.

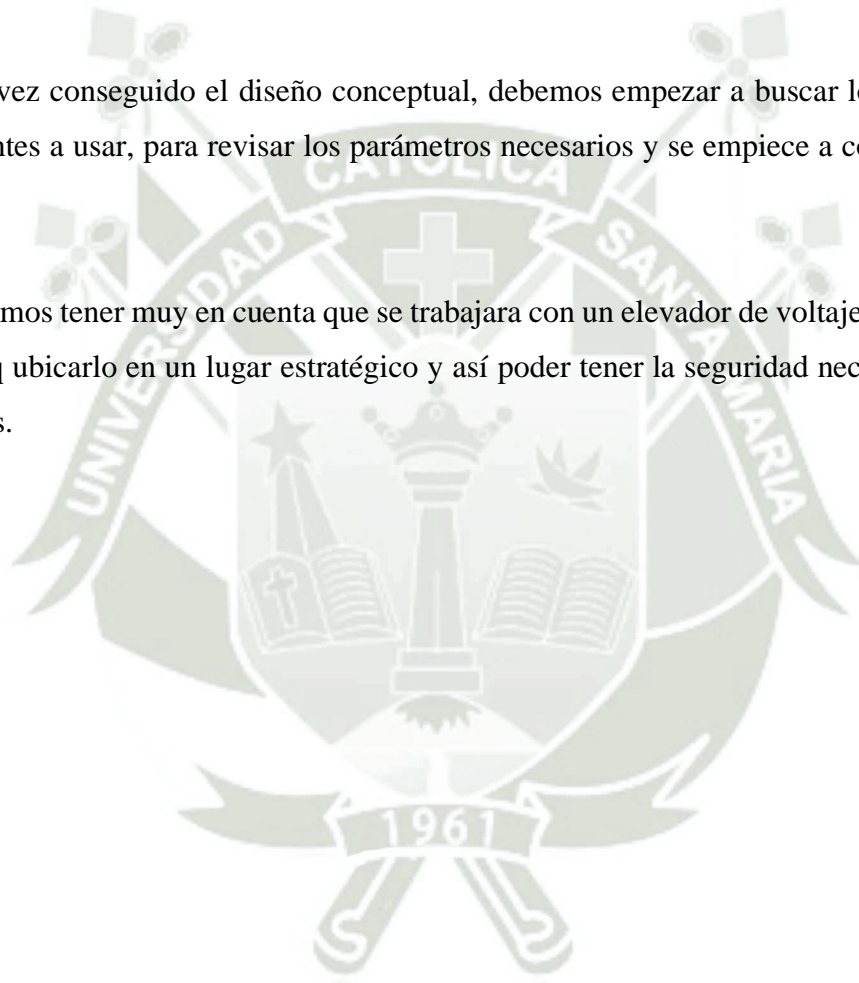


## RECOMENDACIONES

Como recomendaciones podremos mencionar que para el diseño se debe tener muy claro lo que significa el proceso y el tema en este caso el Electrohilado, debemos tener en claro los objetivos para que a partir de ahí se comience a diseñar y construir la máquina, debemos considerar los materiales necesarios para el funcionamiento de la máquina, tomando en cuenta los espacios y medidas necesarias para q el diseño sea óptimo.

Una vez conseguido el diseño conceptual, debemos empezar a buscar los detalles de los componentes a usar, para revisar los parámetros necesarios y se empiece a construir el diseño final.

Debemos tener muy en cuenta que se trabajara con un elevador de voltaje muy alto, el cual tenemos q ubicarlo en un lugar estratégico y así poder tener la seguridad necesaria para evitar accidentes.



## REFERENCIAS

- Molfino, H. M. G., Alcalde-Yañez, A., Valverde-Morón, V., & Villanueva-Salvatierra, D. (2020). Electrohilado: Advances and applications in the field of biomedicine. *Revista De La Facultad De Medicina Humana*, 20(4), 706–713. <https://doi.org/10.25176/rfmh.v20i4.3004>
- Teo, W. E., & Ramakrishna, S. (2006). A review on Electrohilado design and nanofibre assemblies. *Nanotechnology*, 17(14), R89–R106. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/17/14/r01>
- Al-dhubhani, E., Swart, H., Borneman, Z., Nijmeijer, K., Tedesco, M., Post, J., & Saakes, M. (2021). Entanglement-Enhanced Water Dissociation in Bipolar Membranes with 3D Electrospun Junction and Polymeric Catalyst. *ACS Applied Energy Materials*. doi:10.1021/acsaem.1c00151
- Bhardwaj, N., & Kundu, S. C. (2010). Electrohilado: A fascinating fiber fabrication technique. *Biotechnology Advances*, 28(3), 325–347. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.01.004>
- Buitin. (2020). Obtenido de <https://buitin.com/artificial-intelligence>
- Calle, V. a. (Octubre de 2017). ELECTRONIC FRONTIER FOUNDATION. Obtenido de <https://www.eff.org/pages/face-recognition>
- Casper CL, Stephens JS, Tassi NG, Chase DB, Rabolt JF (2004) Controlling surface morphology of electrospun polystyrene fibers: Effect of humidity and molecular weight in the Electrohilado process. *Macromolecules* 37(2):573–578. doi:10.1021/ma0351975
- Chen, X., Wang, X., & Lv, X. (2017). A review on the Electrohilado of nanostructured fibers for air filtration applications. *Journal of Nanomaterials*. doi:10.1155/2017/3403157
- Contaval. (Febrero de 2016). CONTAVAL. Obtenido de <https://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/>
- Ding , B., & Kim, J. (2012). Electrospun nanofibers for sensor applications. *Molecules*, 9020-9047. doi:10.3390/molecules17079020
- Doshi, J., & Reneker, D. H. (1995). Electrohilado process and applications of electrospun fibers. *Journal of Electrostatics*, 35, 151-160. doi:10.1016/0304-3886(95)00041-8
- Fong, H., Chun, I., & Reneker, D. (1999). Beaded nanofibers formed during Electrohilado. *Polymer*, 40, 4585-4592. doi:10.1016/S0032-3861(99)00068-3
- Fong, H., Liu, X., & Reneker, D. (1999). Electrohilado of polymer nanofibers: Effects on oriented morphology, structures and tensile properties. *Composites Science and Technology*, 815-826. doi:10.1016/S0266-3538(98)00135-3

- Fong, H., Reneker, D., & Elmaraghy, H. (1999). Bending instability of electrically charged liquid jets of polymer solutions in Electrohilado. *Composites Science and Technology*, 815-826. doi:10.1016/S0266-3538(98)00136-5
- Freepik. (2020). Obtenido de [https://www.freepik.es/fotos-premium/hombre-oficina-tarjeta-identificacion-escanear-maquina-sistema-control-acceso\\_9449162.htm](https://www.freepik.es/fotos-premium/hombre-oficina-tarjeta-identificacion-escanear-maquina-sistema-control-acceso_9449162.htm)
- Greiner, A., & Wendorff, J. (2007). Electrohilado: a fascinating method for the preparation of ultrathin fibers. *Angewandte Chemie International Edition*, 5670-5703.
- Huang, Z., Zhang, Y., Kotaki, M., & Ramakrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by Electrohilado and their applications in nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 2223-2253. doi:10.1016/S0266-3538(03)00178-7
- Huang, Z.-M., Zhang, Y.-Z., Kotaki, M., & Ramaskrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by Electrohilado and. *Composites Science and Technology*, 2223-2553. doi:10.1016/S0266-3538(03)00178-7
- Jiang, H., Wang, L., & Zhu, K. (2014). Coaxial Electrohilado for encapsulation and controlled release of fragile water-soluble bioactive agents. *Journal of Controlled Release*, 193, 296-303. doi:10.1016/j.jconrel.2014.04.025.
- Josh. (Diciembre de 2015). Tecnología, invención, aplicación y más. Obtenido de <https://medium.com/technology-invention-and-more/everything-you-need-to-know-about-artificial-neural-networks-57fac18245a1>
- Kim, B., Park, K., & Kim, M. (2017). Electrohilado of polysaccharides for regenerative medicine. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 333-342. doi:10.1016/j.addr.2016.08.011
- Kim, K., Luu, Y. K., Chang, C., Fang, D., Hsiao, B. S., & Chu, B. (2011). Electrohilado of polysaccharides and their derivatives. *Macromolecular Rapid Communications*, 755-762. doi:10.1002/marc.201000719
- Li, C., Qingde, L., Ni, X., Liu, G., Cheng, W., & Han, G. (2017). Coaxial Electrohilado and Characterization of Core-Shell Structured Cellulose Nanocrystal Reinforced PMMA/PAN Composite Fibers. *Materials*, 572. doi:doi.org/10.3390/ma10060572
- Li, D., & Xia, Y. (2004). Electrohilado of Nanofibbers: Reinventing the Wheel? *Advanced Materials*, 16, 1151-1170. doi:10.1002/adma.200400719
- Li, D., Wang, Y., & Xia, Y. (2002). Electrohilado of polymeric and ceramic nanofibers as uniaxially aligned arrays. *Nano Letters*, 1167-1171. doi:10.1021/nl025875l.
- Li, D., Wang, Y., & Xia, Y. (2003). electrospinning of polymeric and ceramic nanofibers as uniaxially aligned arrays. *Nature*, 1159-1162. doi:10.1038/nature01335
- Li, J., Hu, H., Liu, Z., Yang, X., & Lu, X. (2021). Distance-controlled co-Electrohilado of multicomponent fibers with bilayer structure. *Polymer Engineering & Science*, 1064-1071. doi:10.1002/pen.25463
- Liu, J., Jiang, C., & Shi, L. (2019). Electrohilado of emulsions: A review. *Progress in Materials Science*, 103, 69-125. doi:10.1016/j.pmatsci.2019.04.002
- Nikmaram, N., Roohinejad, N., Hashemi, S., Koubaa, M., Barba, F., Abbaspourrad, A., & Greiner, R. (2017). Emulsion-based systems for fabrication of electrospun nanofibers:

- food, pharmaceutical and biomedical applications. RSC Advances, 28951-28964. doi:10.1039/C7RA00179G
- Pardo, C. J. (Diciembre de 2017). VISION POR COMPUTADOR. Obtenido de <https://carlosjuliopardoblog.wordpress.com/2017/12/04/hog-histograma-de-gradientes-orientados/>
- Pataquiva Mateus, A., & Coba Daza, S. (2018). Producción de nanofibras poliméricas mediante el. Mutis, 17-33. doi:10.21789/22561498.1375
- Pham, Q., Sharma, U., & Mikos, A. (2006). Electrohilado of nanofibers for tissue engineering applications: A review. Tissue Engineering, 1197-1211. doi:10.1089/ten.2006.12.1197
- Reneker D. H., Yarin , A., Fong, H., & Koombhongse, S. (2000). Bending instability of electrically charged liquid jets of polymer solutions in Electrohilado. Journal of Applied Physics, 4531-4547. doi:10.1063/1.372655
- Sencadas, V., Correia, D. M., Areias, A. C., Botelho, G., Fonseca, A., Neves, I., Ribelles, J. L. G., & Lanceros-Méndez, S. (2012). Determination of the parameters affecting electrospun chitosan fiber size distribution and morphology. Carbohydrate Polymers, 87(2), 1295–1301. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.017>
- Sill, T. J., & Von Recum, H. A. (2008). Electrohilado: Applications in drug delivery and tissue engineering. Biomaterials, 1989-2006. doi:10.1016/j.biomaterials.2008.01.011.
- Torres-Giner, S., Giménez, E., Lagaron, J., & Rodríguez-González, F. (2012). Electrospun polymer nanofibers as submicronic filters for respiratory protection against aerosols. Journal of Electrostatics, 189-197. doi:10.1016/j.elstat.2011.11.004
- Tucker , N., Stanger, J. J., Staiger, M. P., Razzaq, H., & Hofman, K. (2012). The History of Science and Tecnology of Electrohilado from 1600 to 1995. Journal of engineered fibers and fabrics. doi:10.1177/155892501200702S10
- Wei, J., Zhao , Y., Wang, S., Guo, L., & Fan, Y. (2018). Multilayered Fibers Fabricated by Coaxial Co-Electrohilado. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, 305-316. doi: 10.3993/jfbi03201808
- Yuan, R., Liu, X., Deng, Y., Tang, J., & Chen, X. (2017). Emulsion Electrohilado: A scalable technology for producing ultrafine hydrogel fibers with controlled release of macromolecules. ACS applied materials & interfaces, 39770-39779. doi:10.1021/acsami.7b00308
- Zhang, X., Sui, G., Xu, B., & Wang, G. (2012). Recent advances in Electrohilado technology and nanofabrication for lithium-ion batteries. Nano Energy, 590-599. doi:10.1016/j.nanoen.2012.03.001
- Mecafenix, I. (2023, September 19). Motor paso a paso ¿Qué es y como funciona? Ingeniería Mecafenix. <https://www.ingmecafenix.com/electronica/motores-electronicos/motor-paso-a-paso/>
- Training | Thomson. (n.d.). Thomson Industries. <https://www.thomsonlinear.com/es/training/rodamientos-y-gu%C3%ADas-para-perfiles-de-riel/descripci%C3%B3n-general-del-dise%C3%B1o>

- Firgelli Automations. (n.d.). ¿Cómo se utilizan las guías lineales?  
<https://www.firgelliauto.com/es/blogs/slide-rails/how-are-linear-guides-used>
- Chen, J., Li, X., Yang, H., & Wang, C. (2019). Innovative Design of a Vertical and Transverse Elevator in Double Shafts, Based on TRIZ Theory. *Journal of Mechanical Engineering*, 297-310. doi:DOI:10.5545/sv-jme.2018.5937
- Huang, J. (2020). Research of elevator real time monitoring method based on spark. *Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757- 899X/758/1/012078
- Janovský, L. (1999). Elevator Mechanical Design. Elevator World Inc.
- Liu, X., Chen, Y., & Yu, H. (2014). Research on web-based elevator failure remote monitoring system. *Applied Mechanics and Materials*, 494-495, 797– 800. doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.494-495.797
- Mendizabal, M., Iriondo, J., McCloskey, A., Otaño, N., Galfarsoro, U., & Hernández, X. (2020). Analysis of the dynamic characterisation and behaviour of an elevator rope. *International Conference on Noise and Vibration Engineering* (págs. 1621-1634). Múndragon: Elsevier.
- Mendizabal, M., McCloskey, A., Poza, J., Zarate, S., & Iriondo, J. (2021). Optimum Slot and Pole Design for Vibration Reduction in Permanent Magnet Synchronous Motors. *Applied Sciences*. doi:10.3390/app11114849
- Van Houten, R., Nau, P., & Merrigan, M. (1981). REDUCING ELEVATOR ENERGY USE: A COMPARISON OF POSTED FEEDBACK AND REDUCED ELEVATOR CONVENIENCE. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 14, 377-387. doi:10.1901/jaba.1981.14-377
- Wang, Z., Fan, Y., Cui, N., & Liu, D. (2018). Non-equatorial space elevator design approach. *Journal of Aerospace Engineering*. doi:10.1177/0954410018797879
- H. (2021). Design and Analysis of Dual Mover Multi-Tooth Permanent Magnet Flux Switching Machine for Ropeless Elevator Applications. *Actuators*. doi:10.3390/act10040081
- Zhang, Q., Hou, T., Jing, H., & Zhang, R. (2021). Analysis of longitudinal vibration acceleration based on continuous time-varying model of high-speed elevator lifting system with random parameters. *Mechanics & Industry*. doi:10.1051/meca/20210

# ANEXO A: FICHA TECNICA DE ALIMENTACION DE VOLTAJE DW-P303-1ACD1 - 30 kV



## FUENTE DE ALIMENTACION DE ALTO VOLTAJE PARA ELECTRO HILADO

VOLTAJE DE SALIDA:  
CORRIENTE DE SALIDA:  
VOLTAJE DE ENTRADA:  
DIMENSIONES TOTALES:

CC 0-30 Kv  
1 mA  
AC 220 ±10%  
300\*270\*120 mm

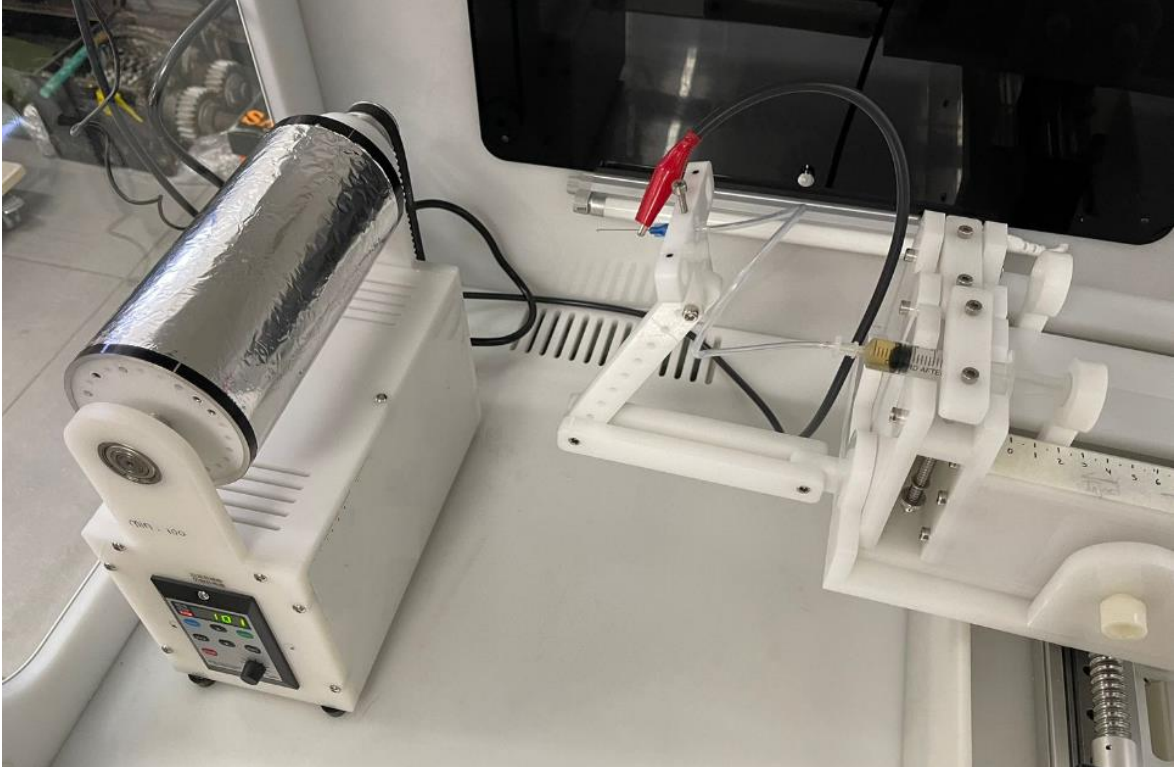


### RENDIMIENTO DEL EQUIPO

INDICADORES DE POTENCIA	MEDIDA
VARIACION DE PRESION EN EL TIEMPO	0.1% /H
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	10°C - +50°C
METODO DE AJUSTE	AJUSTE CON POTENCIOMETRO
TIPO DE PROTECCION	CAJA AISLADA
VARIACION POR TEMPERATURA	0.1%/C
LONGITUD DE CABLE	1.5 M
METODO DE PUESTO A TIERRA	AISLAMIENTO DE CA, CABLE DE CONECCION A TIERRA

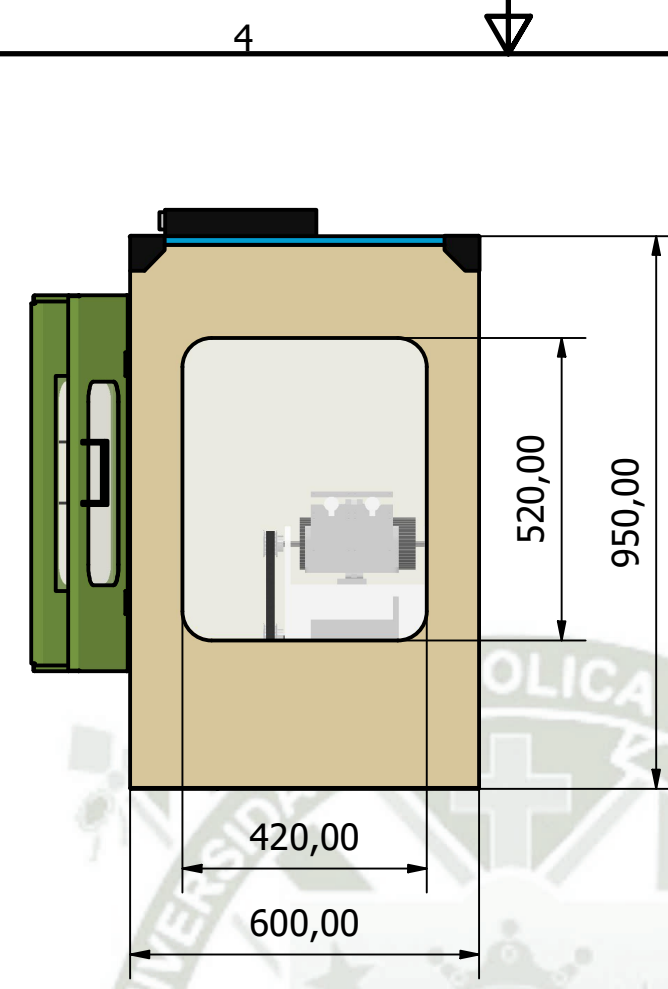
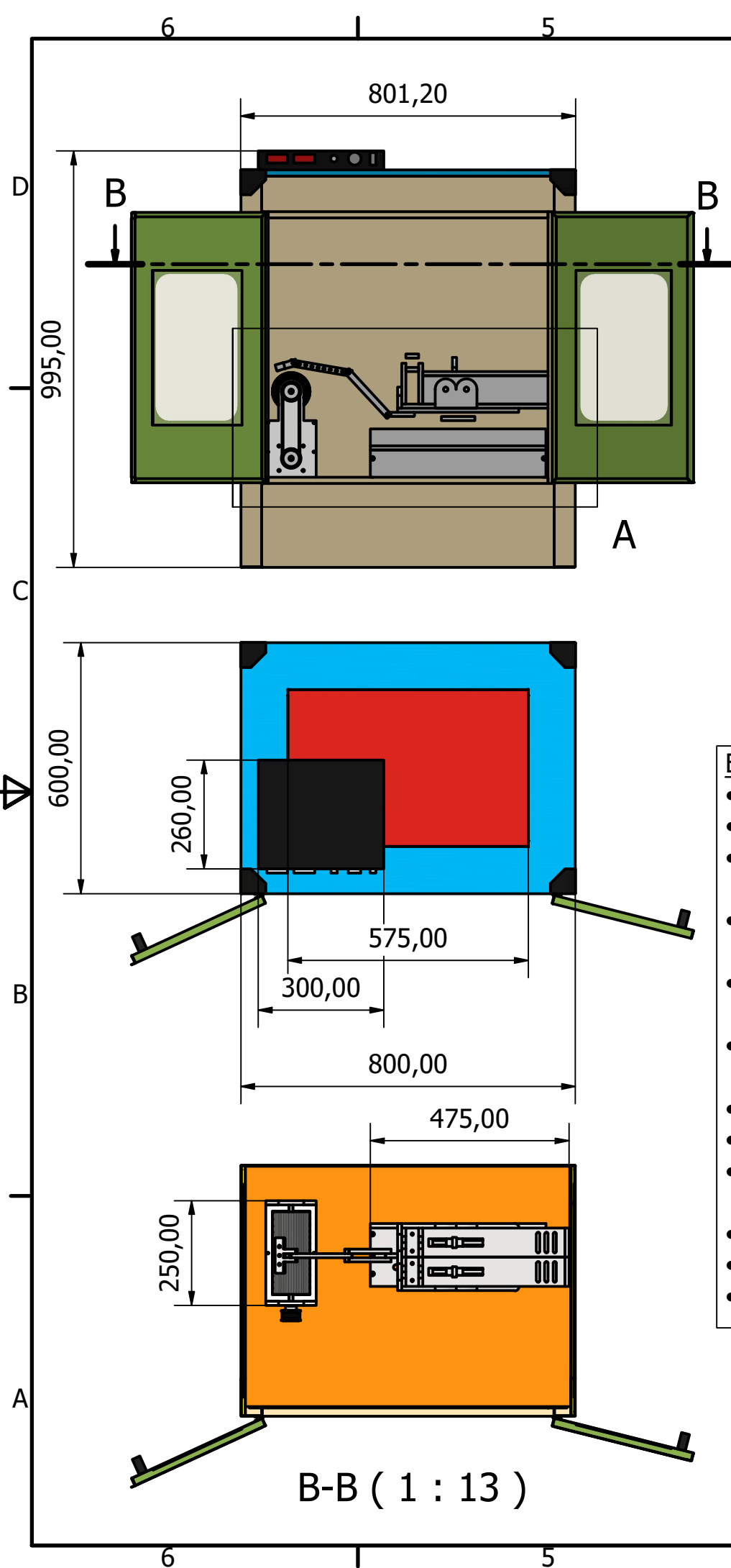


**ANEXO B: FOTOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE ELECTRO HILADO.**

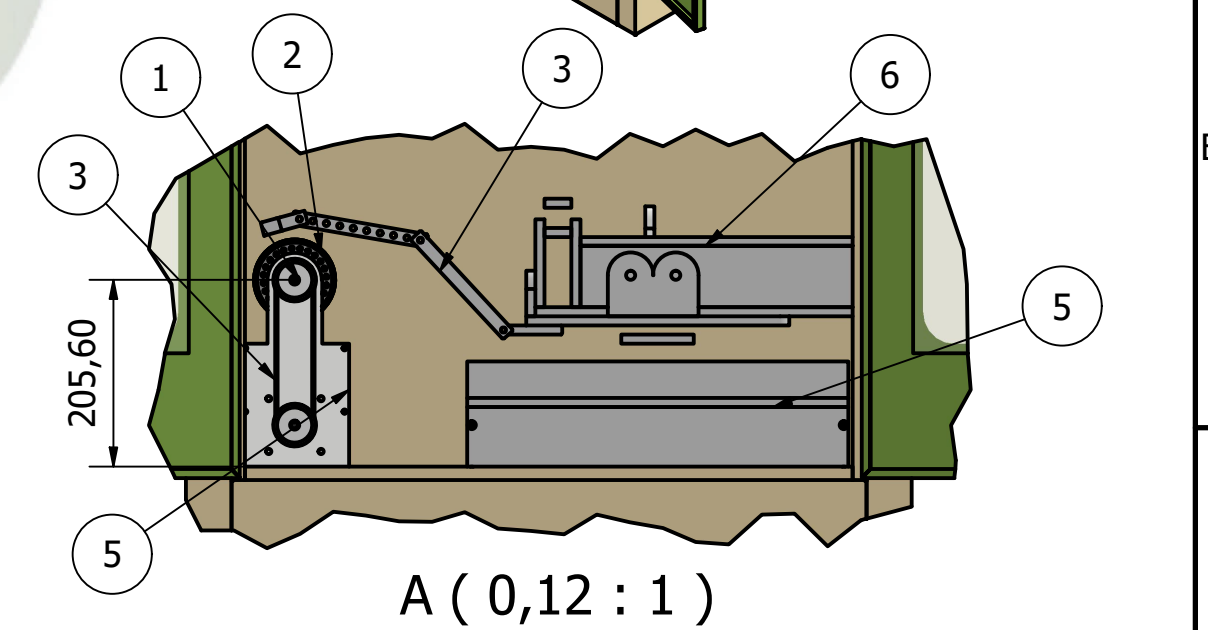
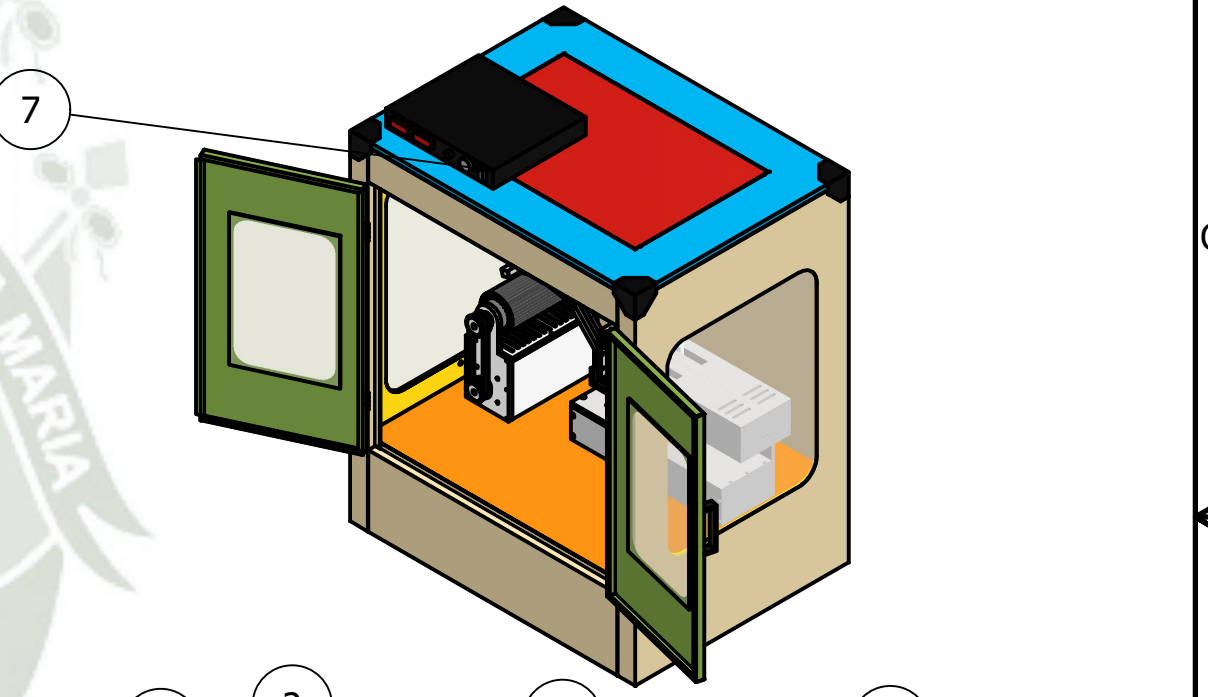


**ANEXO C: PLANOS DE ENSAMBLE Y DESPIECE**





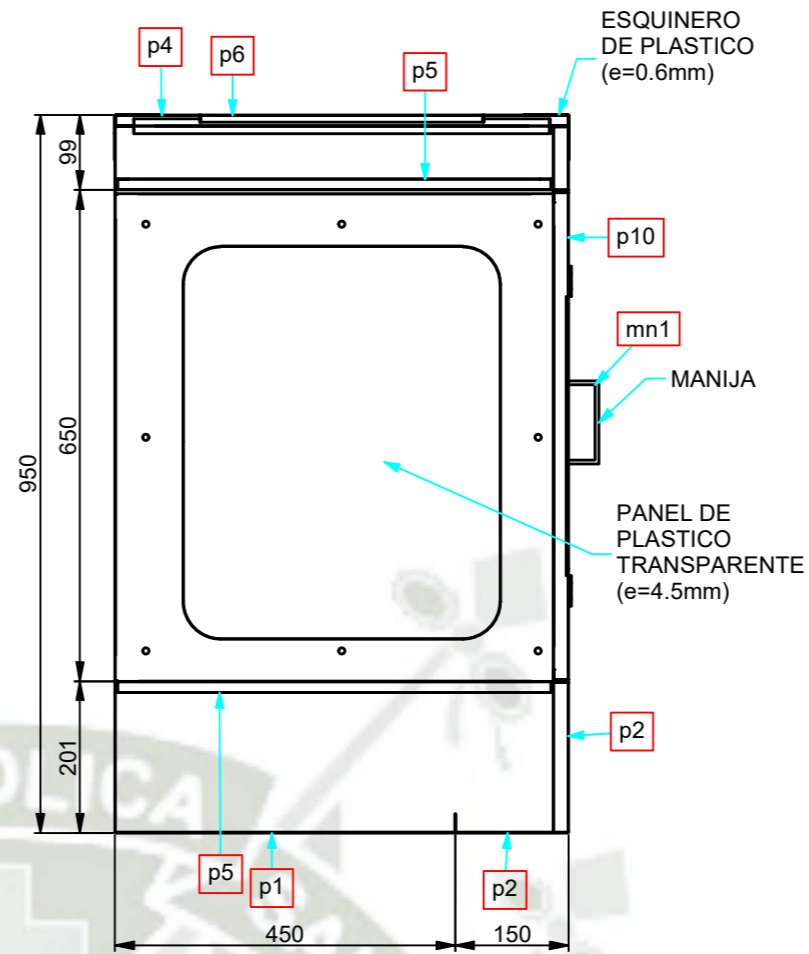
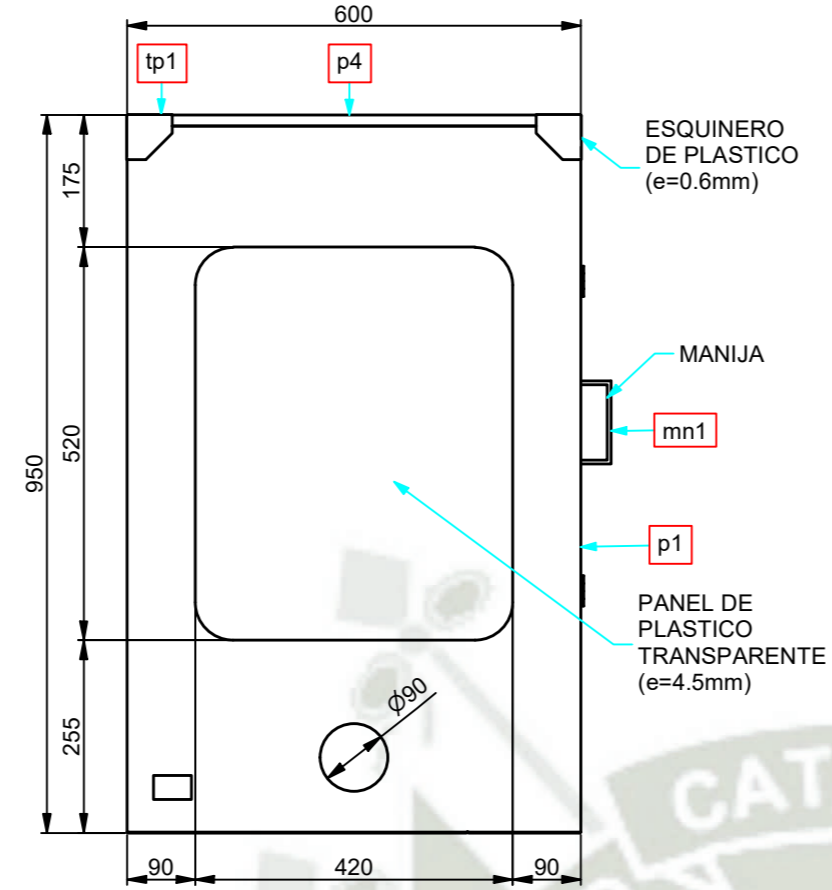
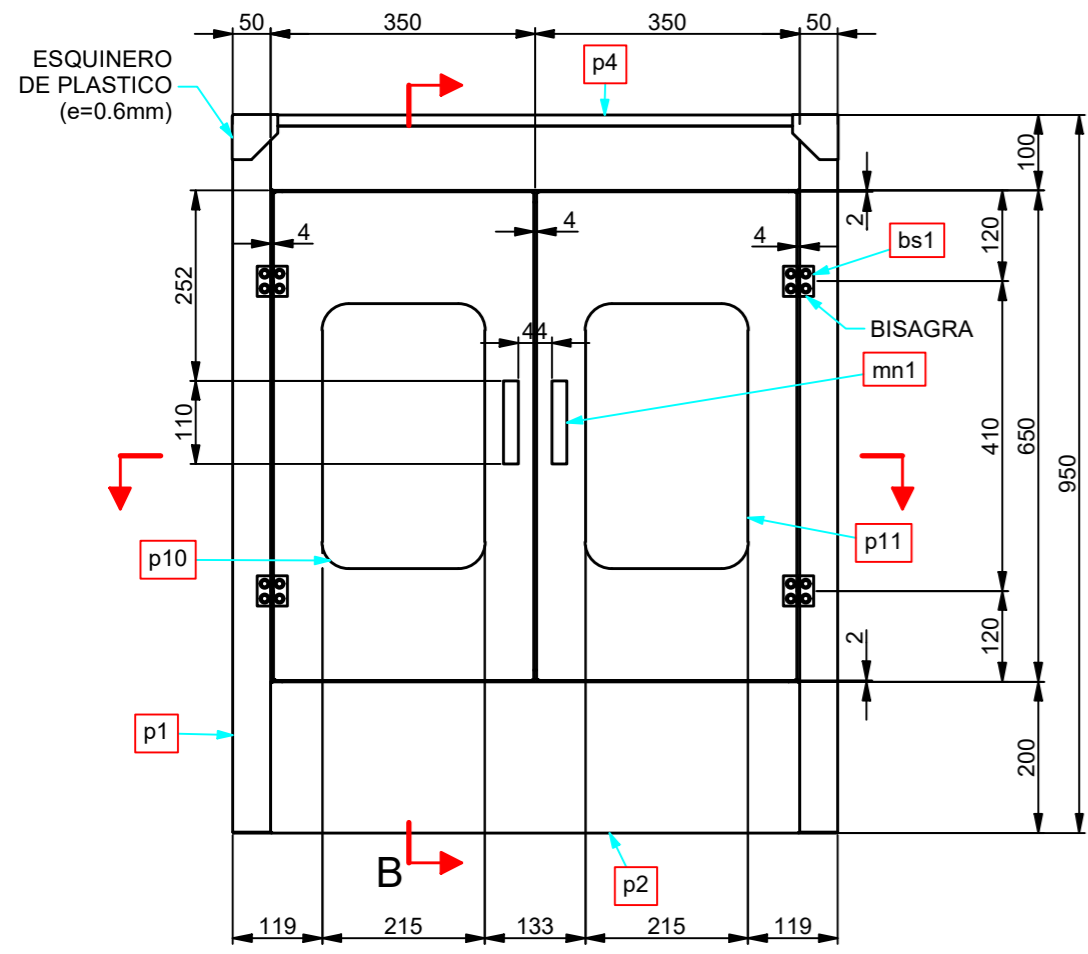
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	POLEA	
2	1	RODILLO	
3	1	CORREA	
4	2	BRAZO POCISIONADOR	
7	1	BASE PARA BRAZO	
6	1	SISTEMA DE POCISIONAMIENTO	
7	1	ELEVADR DE VOLTAJE	



**ELEVADOR DE VOLTAJE**

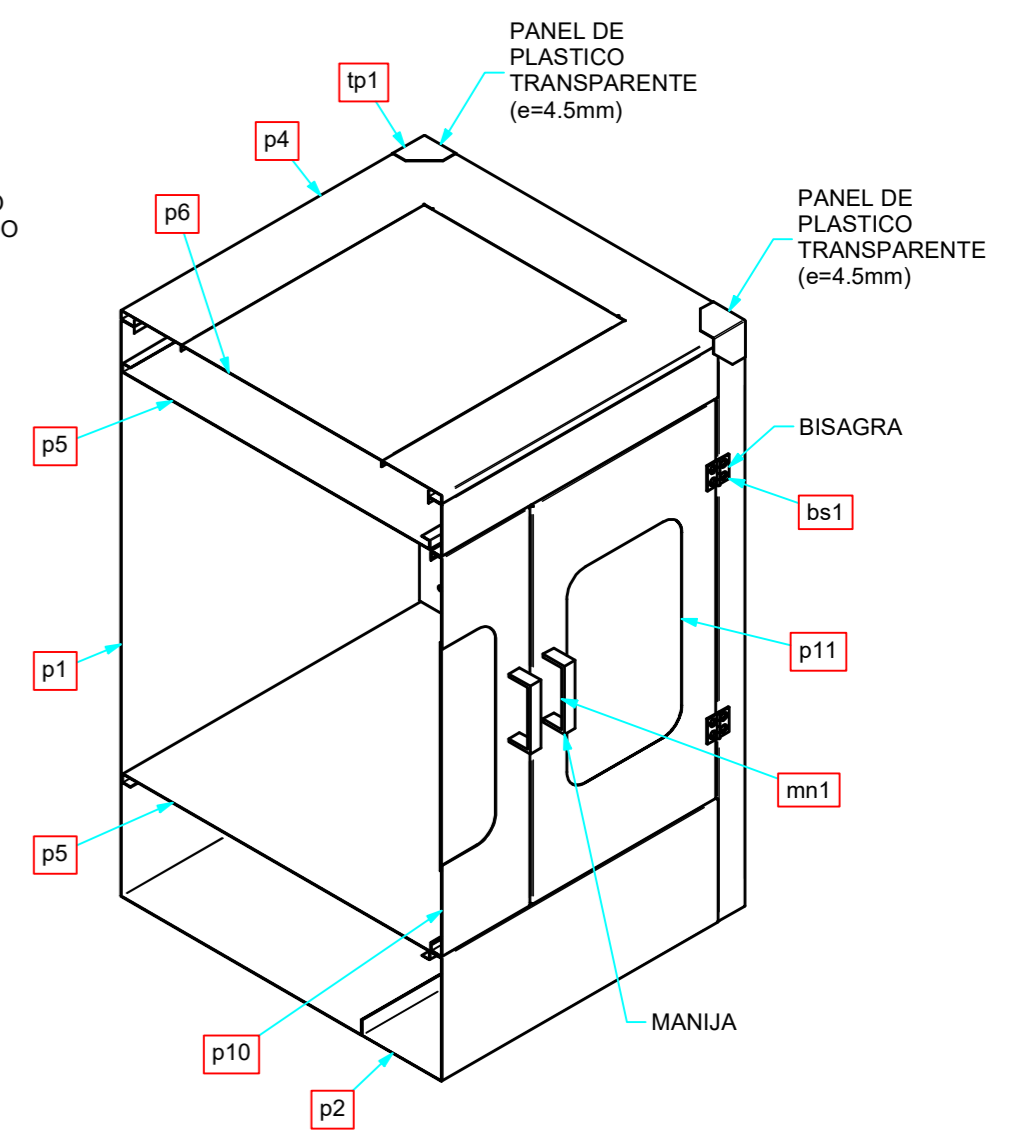
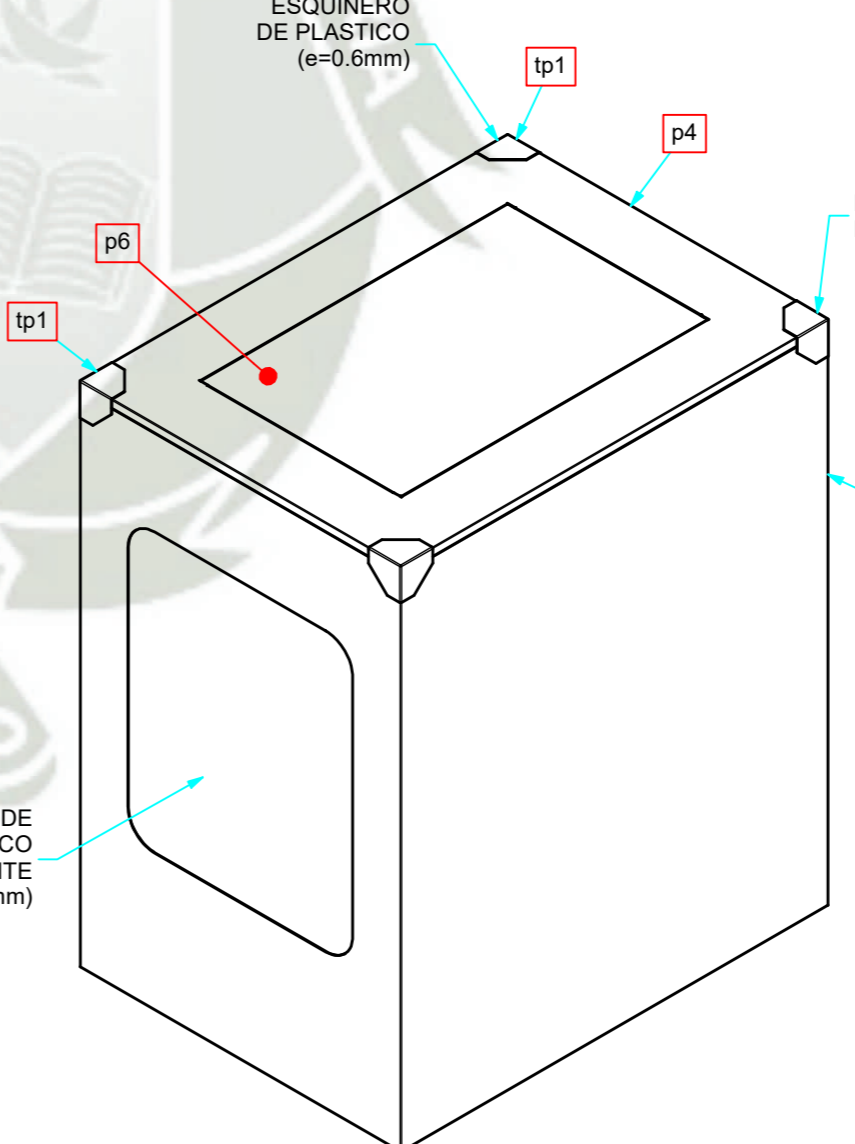
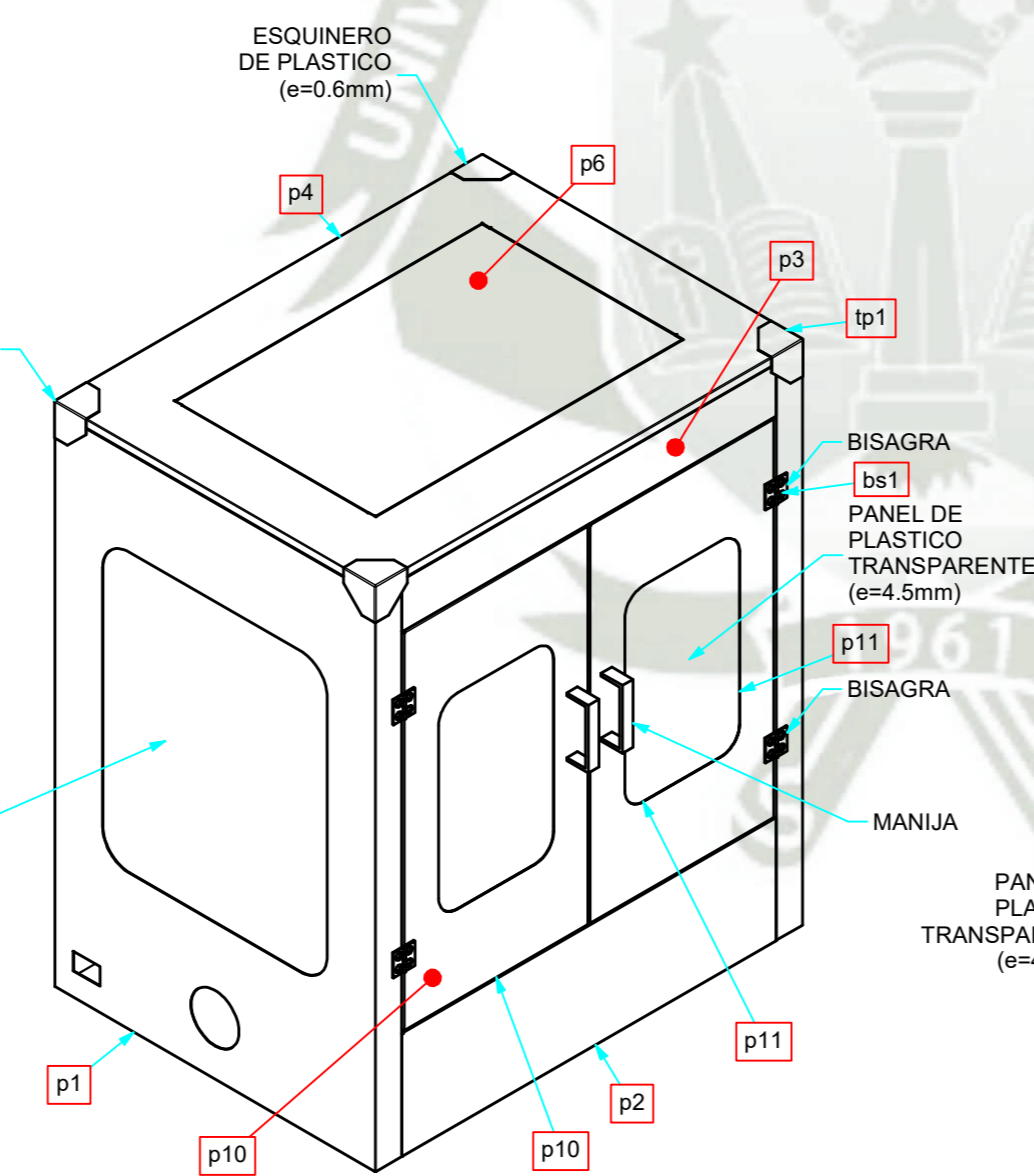
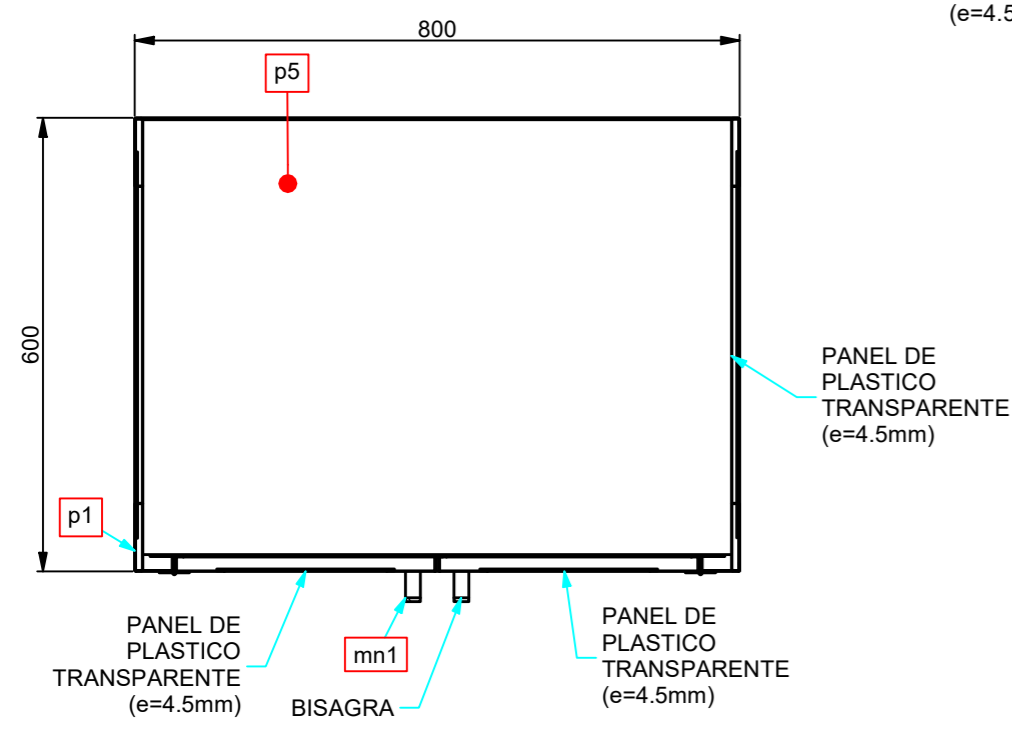
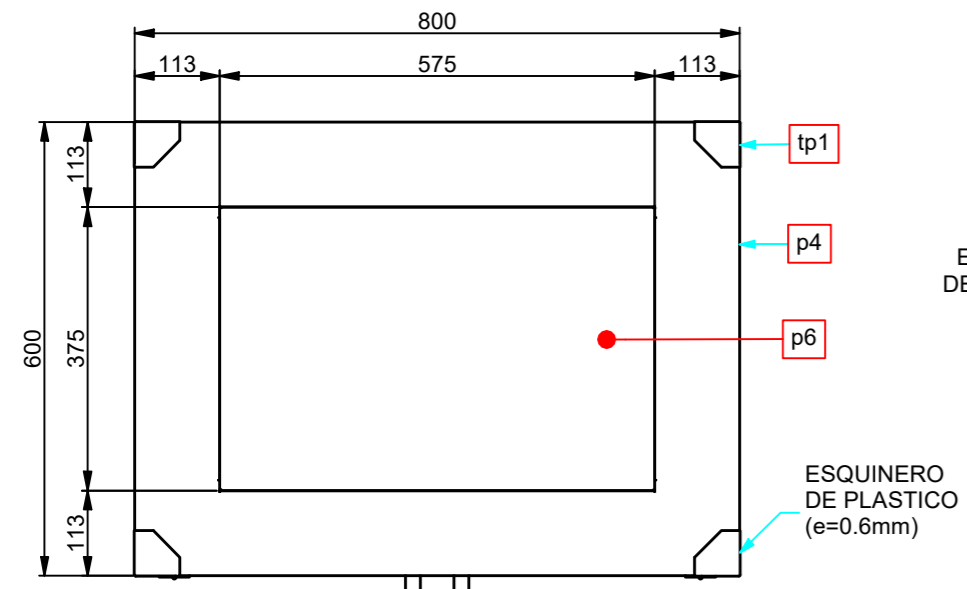
- Número de tipo: DW-P303-1ACD1.
- Voltaje de entrada: CA 220V ± 10%.
- Voltaje de salida: DC 0mm 3000V 4 1x2 metros de pantalla (+ 30.00KV).
- Corriente de salida: Pantalla de 1mA 3-1-2 metros (+ 1.00mA).
- Factor de forma: 300\*270\*120mm (chasis de aluminio, longitud del cable externo 1,5 m).
- Modo de puesta a tierra: aislamiento de CA, conexión a tierra de referencia.
- Modo de protección: tipo limitador de corriente.
- Modo de ajuste: Ajuste del potenciómetro.
- Precisión de deriva de tiempo: 0.1%/hora (calculado después de 30 minutos).
- Precisión de deriva de temperatura: 0.1% / °C.
- Ajuste de carga: 0.5%.
- Temperatura de trabajo: -10 °C ~ + 50 °C.

Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE
	Titulo, Subtitulo: <b>ENSAMBLE GENERAL.iam</b>	Numero de Referencia: <b>E01-001-2023</b>	Rev: 0
	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
			Hoja: 1/54



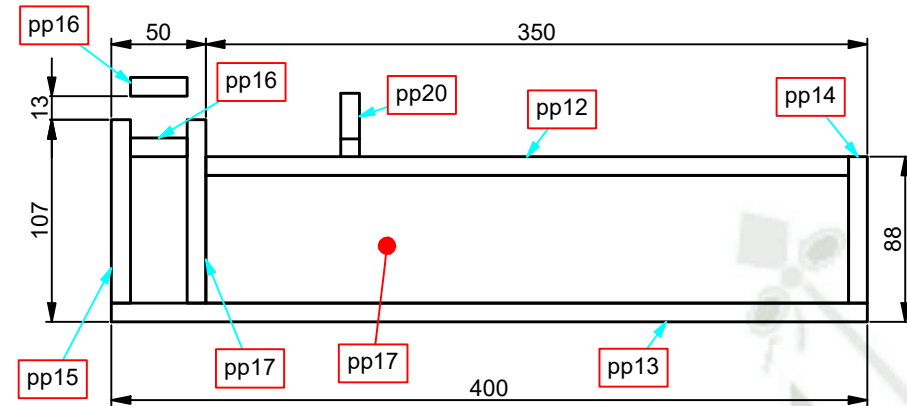
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	8	bs1	BISAGRA
2	2	mn1	MANIJA
3	1	p1	A36
4	1	p2	A36
5	1	p3	A36
6	1	p4	A36
7	2	p5	A36
8	1	p6	A36
9	2	p7	A36
10	2	p8	A36
11	2	p9	A36
12	1	p10	A36
13	1	p11	A36
14	2	p12	A36
15	4	tp1	ESQUINERO

NOTAS:  
 -Todas las medidas estan en mm S.I.C.  
 -Todas las planchas de acero son de material A36 y de espesor de 0.6mm.

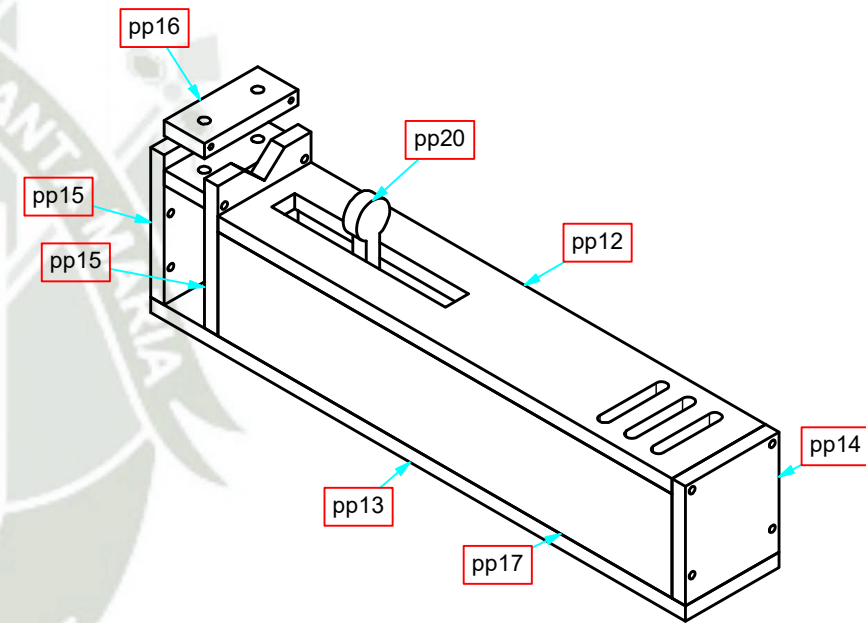
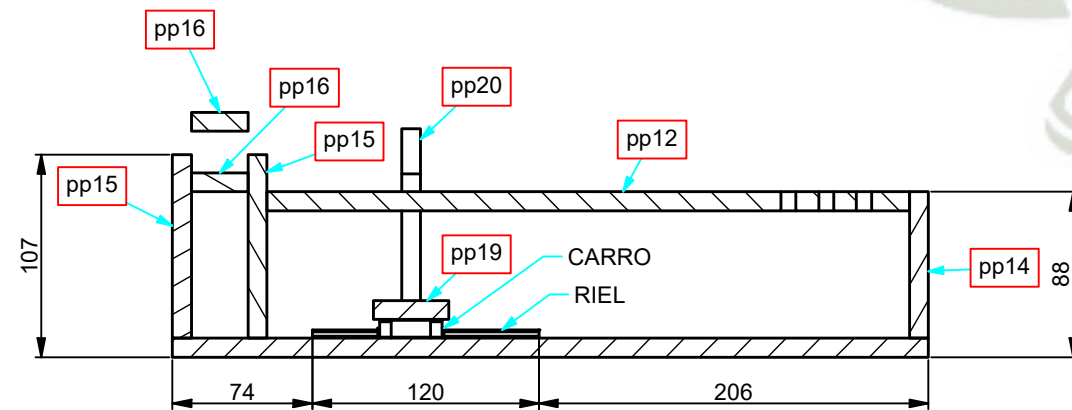
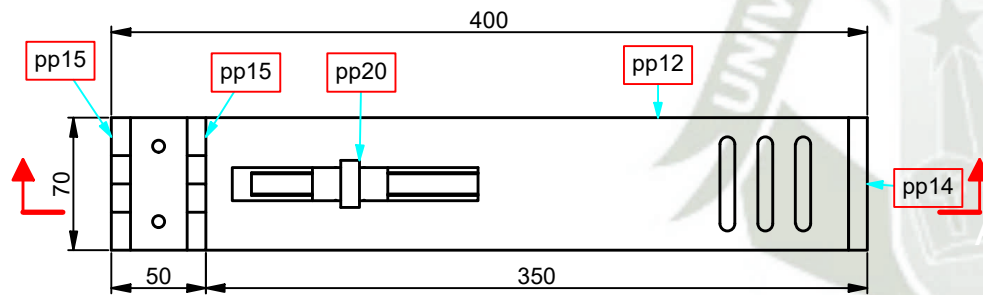


Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE	
	Titulo, Subtitulo: PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E02-001-2023	Rev: 0
	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 2/54

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	pp12	POLIAMIDA
2	1	pp13	POLIAMIDA
3	1	pp14	POLIAMIDA
4	2	pp15	POLIAMIDA
5	2	pp16	POLIAMIDA
6	2	pp17	POLIAMIDA
7	1	pp18	POLIAMIDA
9	1	pp19	POLIAMIDA
11	1	pp20	POLIAMIDA




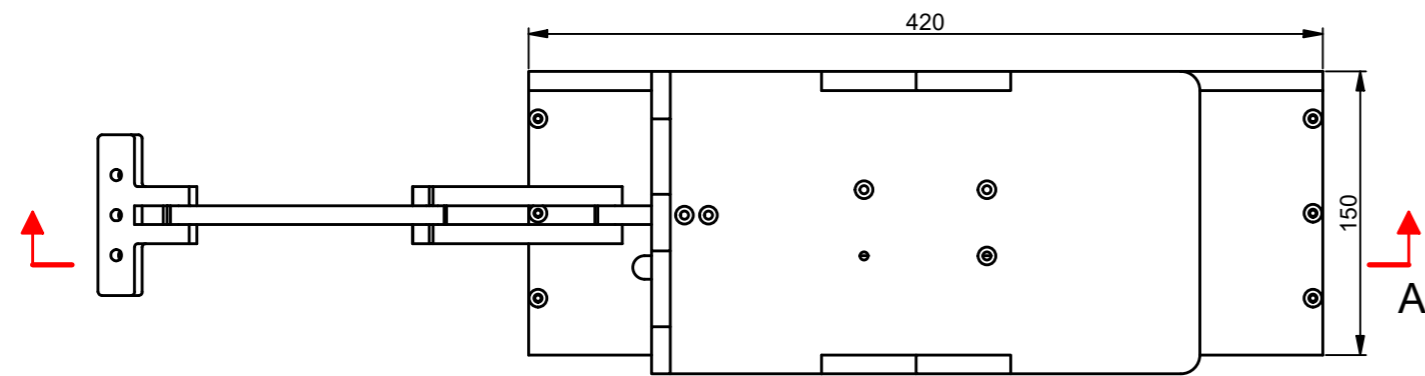
VISTA FRONTAL - SOPORTE 01  
ESC.:1: 4



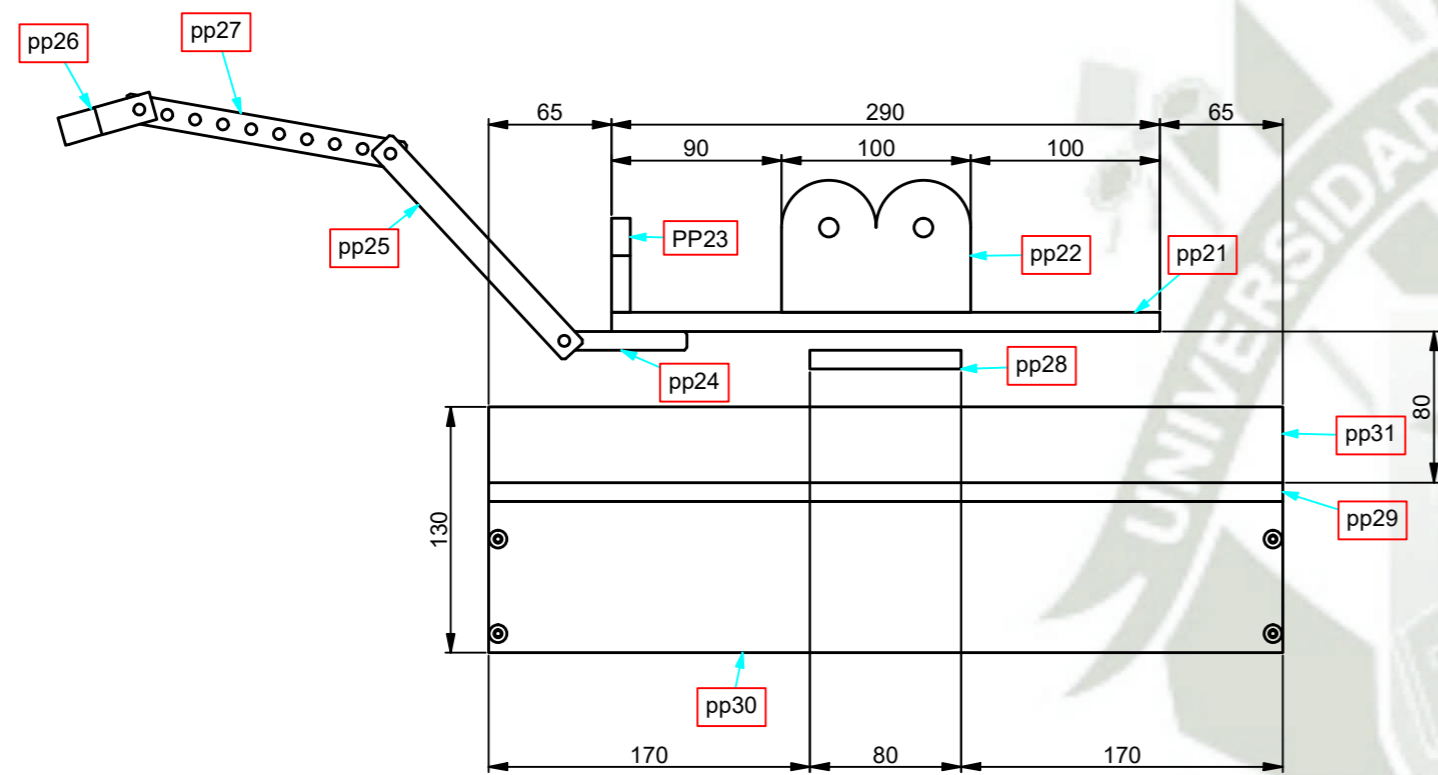
ISOMETRICO 01 - SOPORTE 01  
ESC.:1: 4

- NOTAS:
- Todas las medidas estan en mm S.I.C.
  - Todo el material con prefijo "pp-" es de material "Plastico"
  - Todos los pernos utilizados son allen M5x10.
  - Todos los agujeros deben ser realizados cuando se ensamble el soporte.

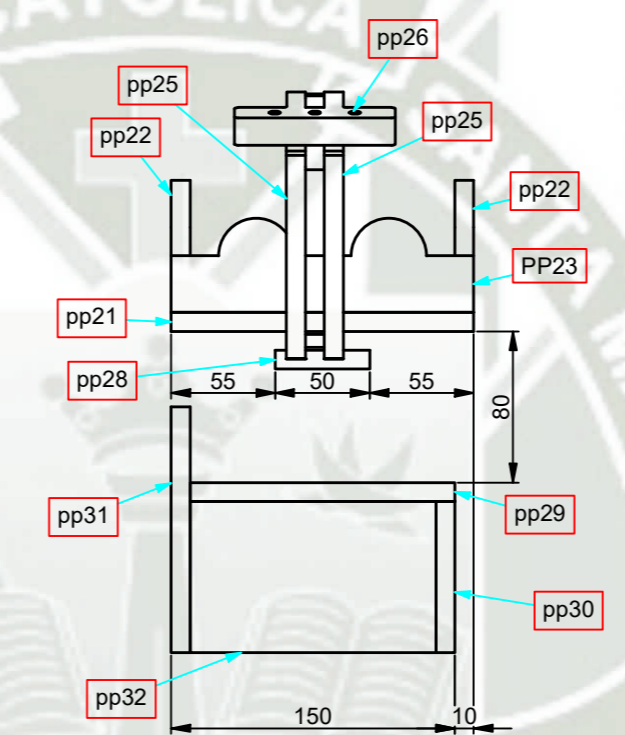
 <p>Universidad Católica de Santa María</p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: ENSAMBLE</p>	
	<p>Título, Subtítulo: PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E03-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 3/54</p>



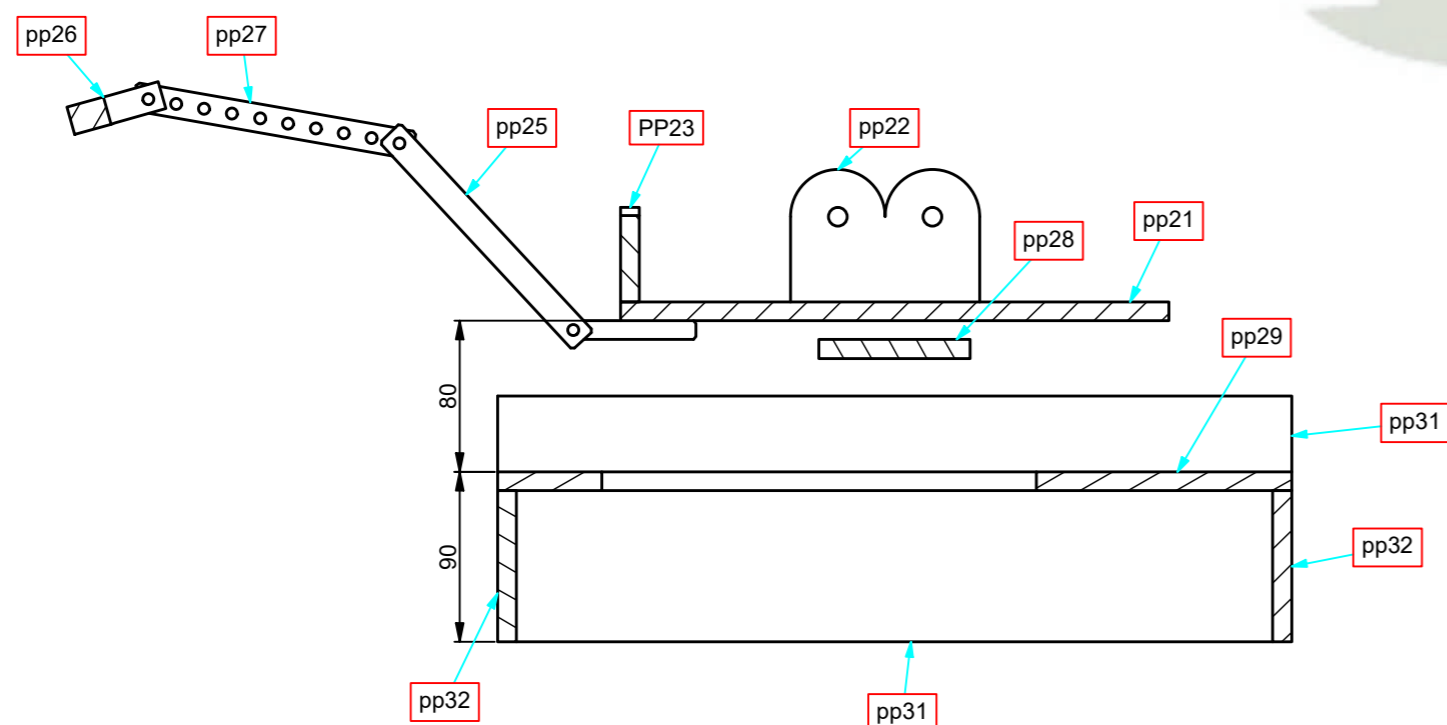
VISTA SUPERIOR - SOPORTE 02  
ESC.:1: 4



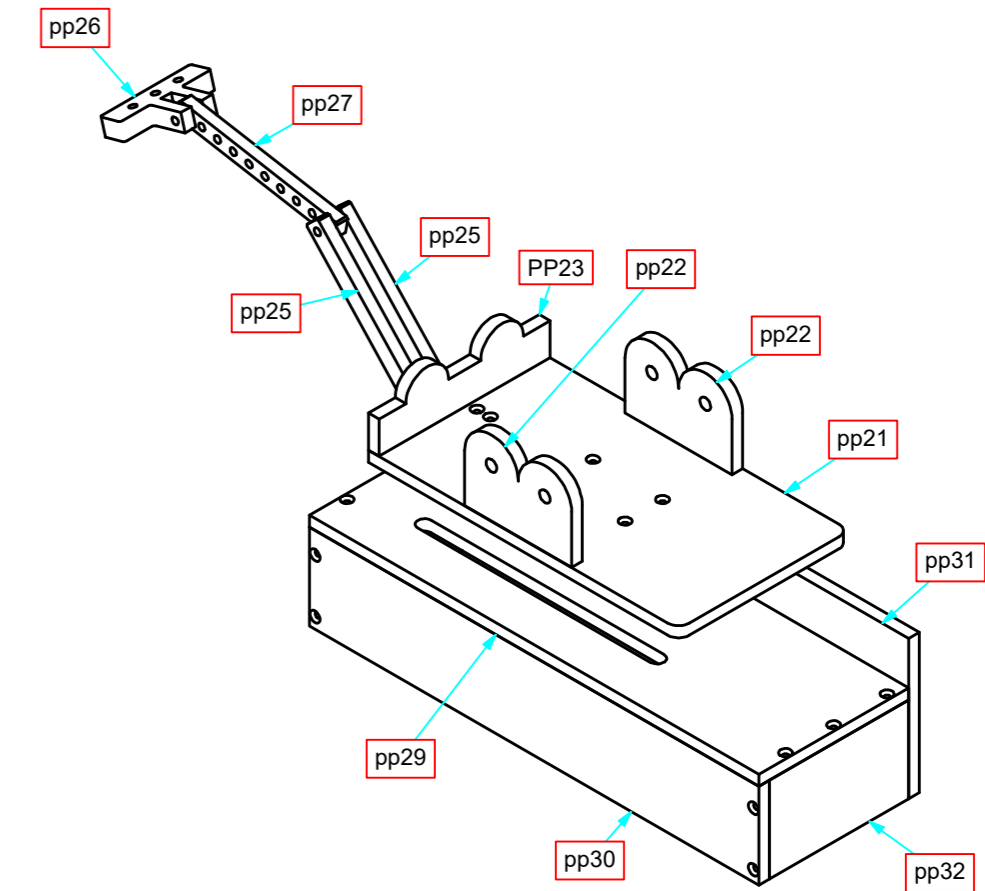
VISTA FRONTAL - SOPORTE 02  
ESC.:1: 4



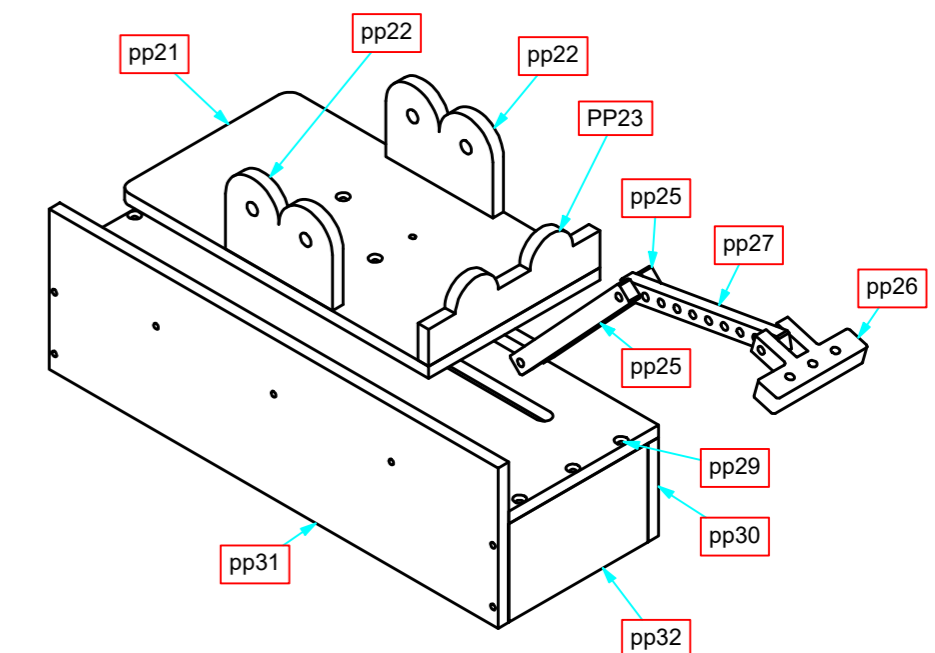
VISTA LATERAL - SOPORTE 02  
ESC.:1: 4



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	pp21	POLIAMIDA
2	2	pp22	POLIAMIDA
3	1	PP23	POLIAMIDA
4	1	pp24	POLIAMIDA
5	2	pp25	POLIAMIDA
6	1	pp26	POLIAMIDA
7	1	pp27	POLIAMIDA
8	1	pp28	POLIAMIDA
9	1	pp29	POLIAMIDA
10	1	pp30	POLIAMIDA
11	1	pp31	POLIAMIDA
12	2	pp32	POLIAMIDA



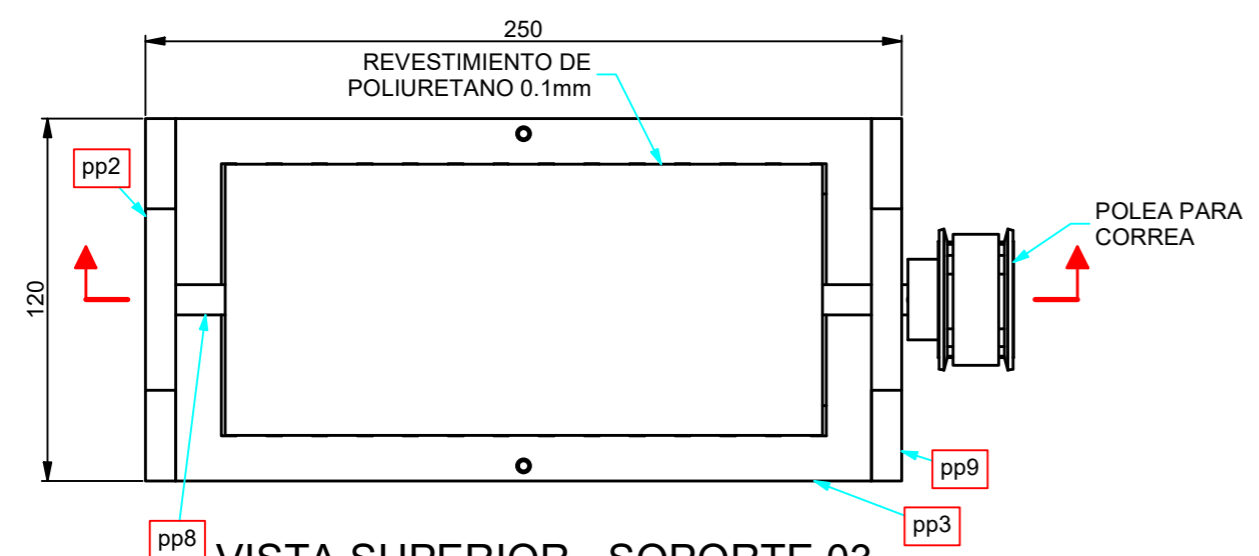
ISOMETRICO 01 - SOPORTE 02  
ESC.:1: 5



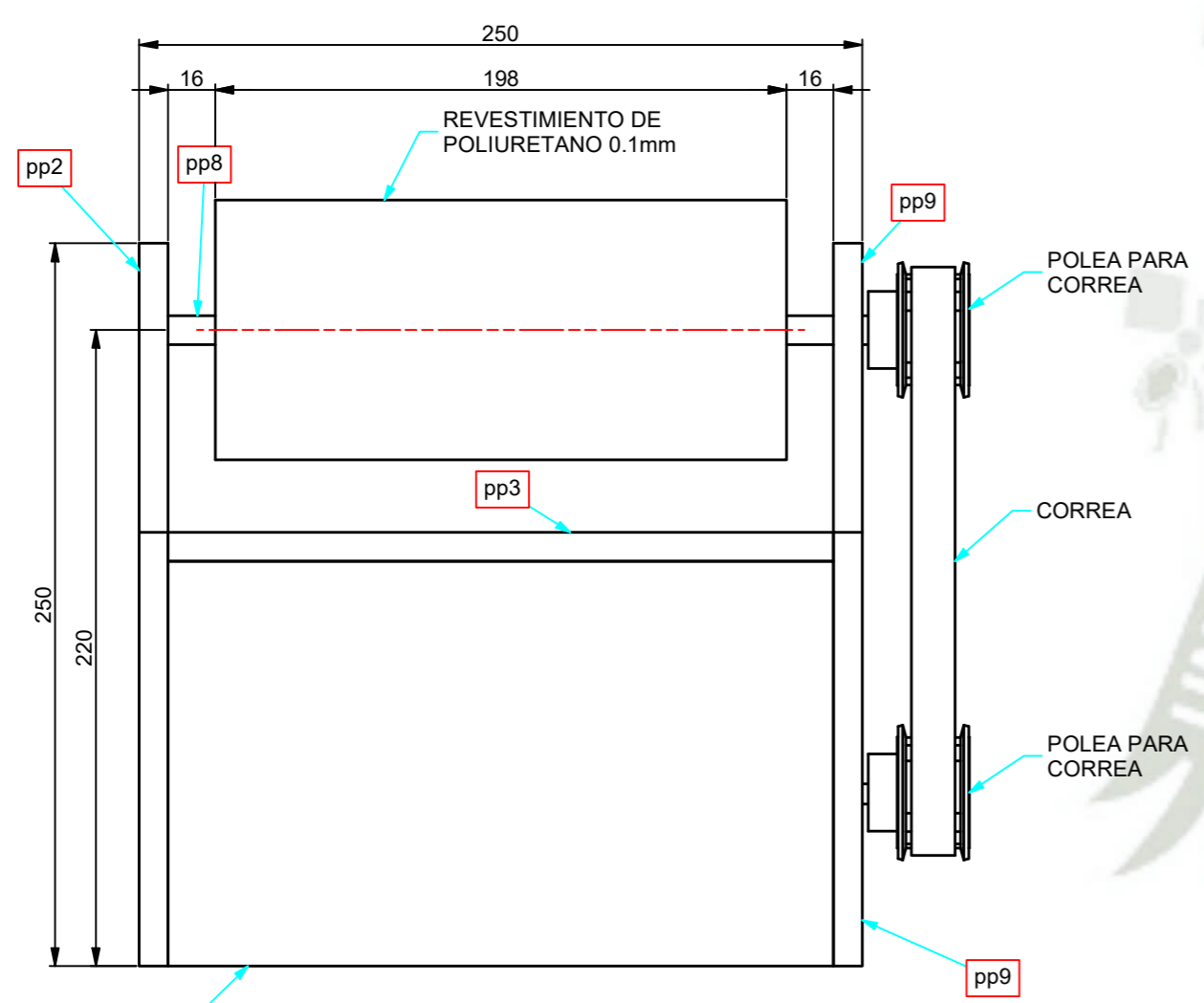
ISOMETRICO 02 - SOPORTE 02  
ESC.:1: 5

NOTAS:  
 -Todas las medidas estan en mm S.I.C.  
 -Todo el material con prefijo "pp-" es de material "Plastico"  
 -Todos los pernos utilizados son allen M5x10, S.I.C.  
 -Todos los agujeros deben ser realizados cuando se ensamble el soporte.

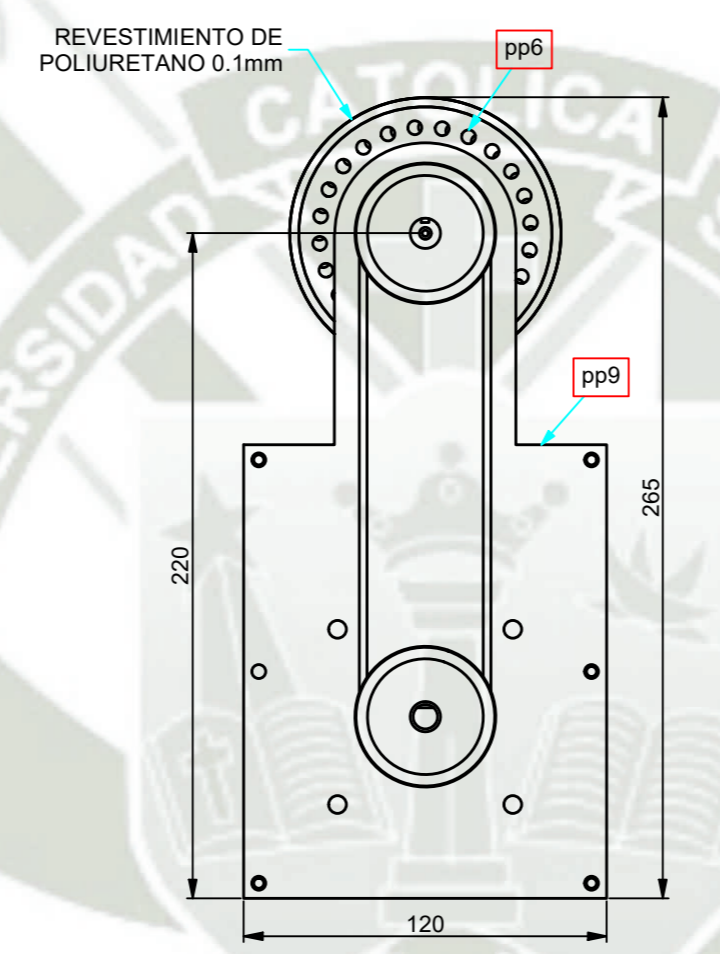
 Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE	
	Titulo, Subtitulo: PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E04-001-2023	Rev: 0
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning			Escala: Indicada	Form: A3
			Fecha: 28/10/2023	Hoja: 4/54



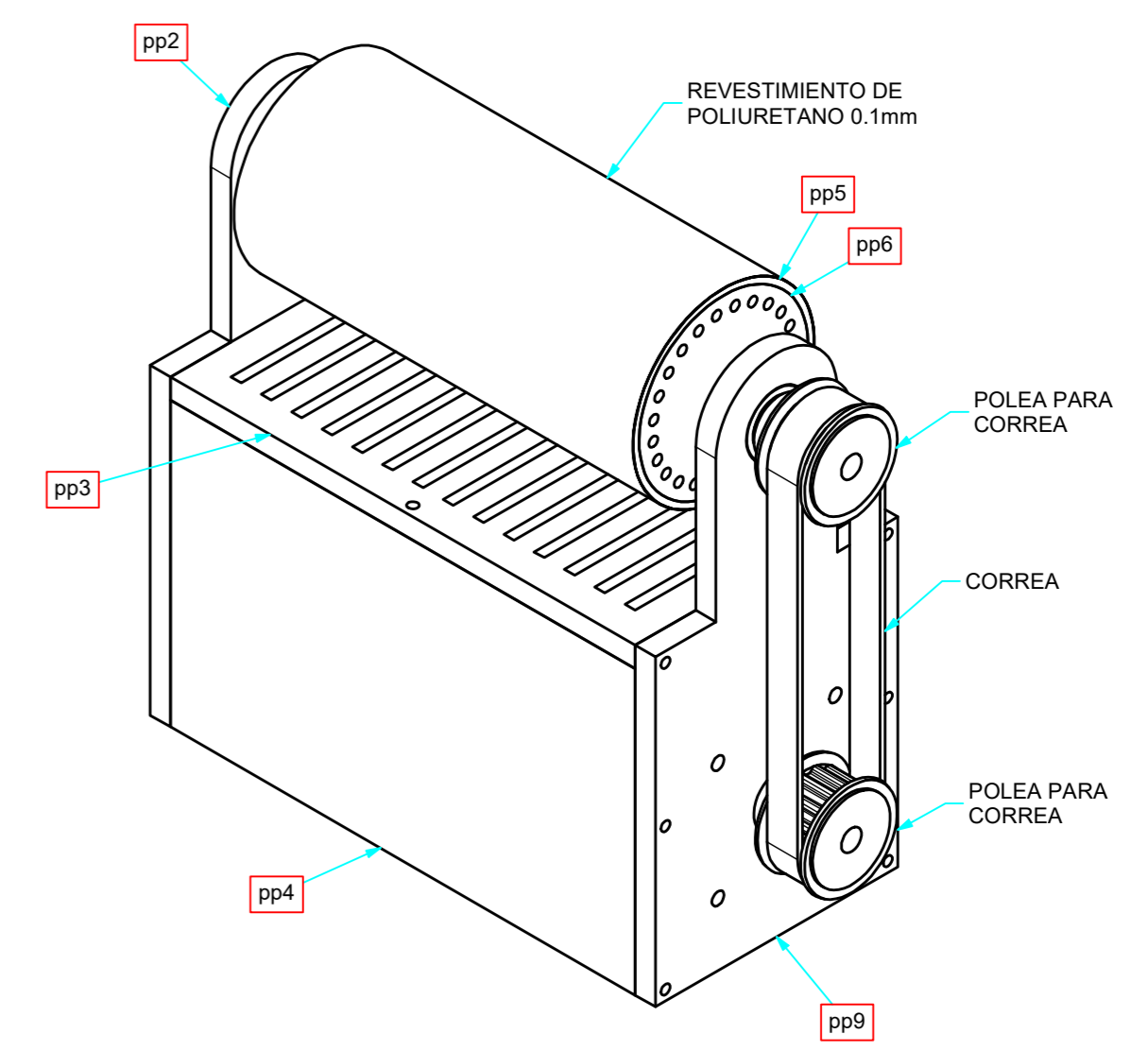
VISTA SUPERIOR - SOPORTE 03  
ESC.:1: 2.5



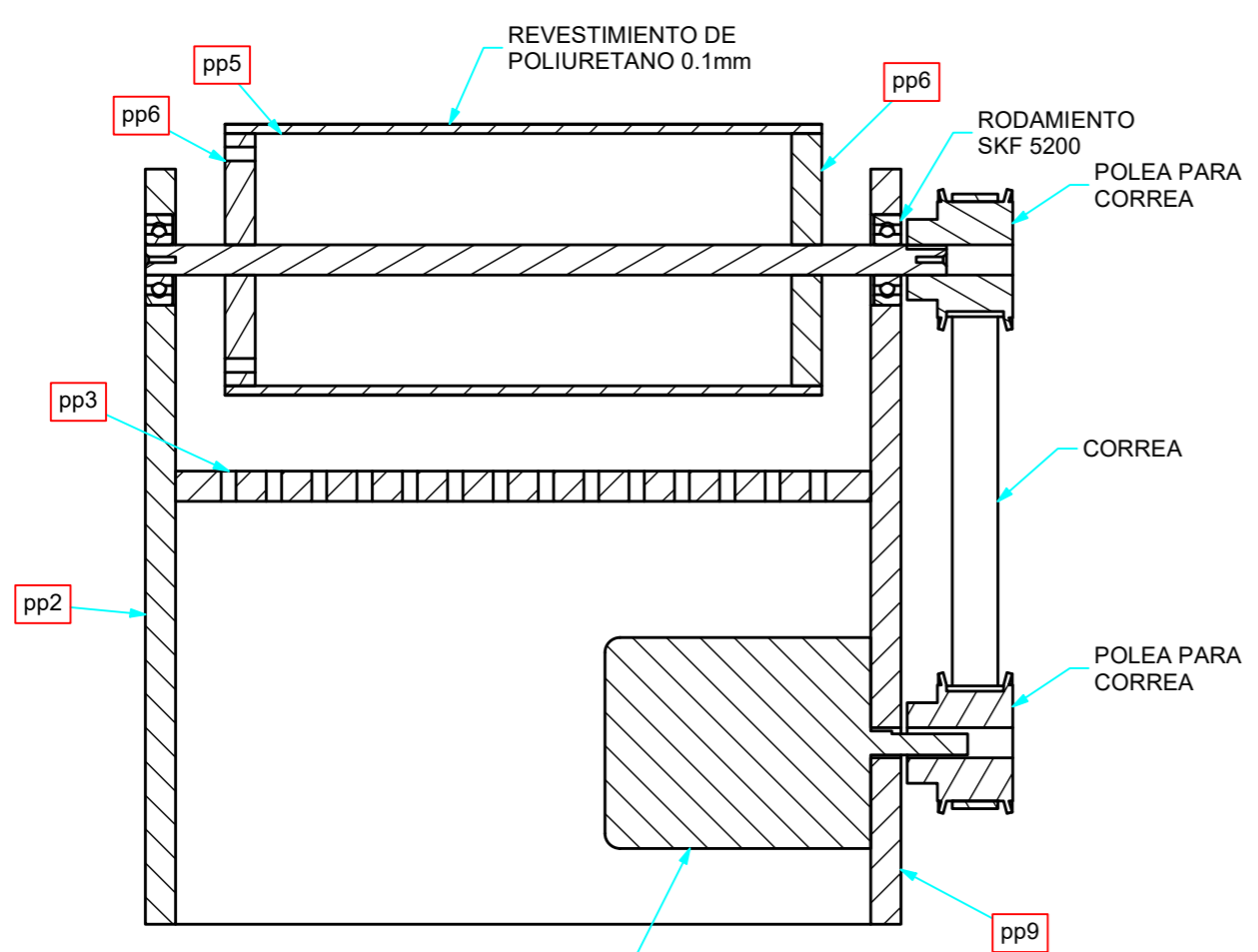
VISTA FRONTAL - SOPORTE 03  
ESC.:1: 2.5



VISTA LATERAL - SOPORTE 03  
ESC.:1: 2.5



ISOMETRICO 01 - SOPORTE 03  
ESC.:1: 2.5



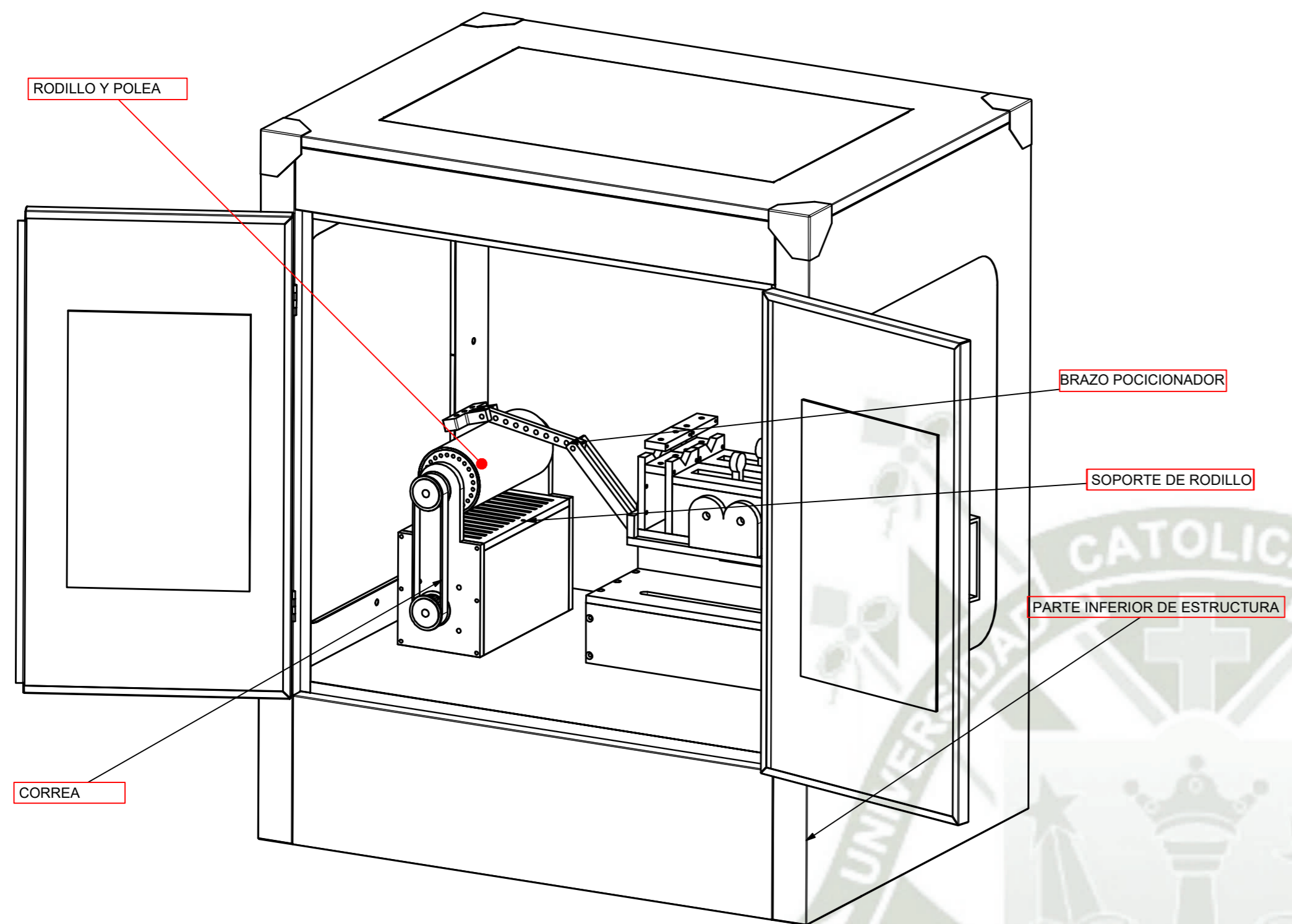
A-A ( 1: 2.5 )  
MOTOR PEQUEÑO

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	pp1	POLIAMIDA
2	1	pp2	POLIAMIDA
3	1	pp3	POLIAMIDA
4	2	pp4	POLIAMIDA
6	1	pp5	POLIAMIDA
7	2	pp6	POLIAMIDA
8	1	pp7	POLIAMIDA
9	1	pp8	POLIAMIDA
11	1	pp9	POLIAMIDA
13	1	pp11	POLIAMIDA

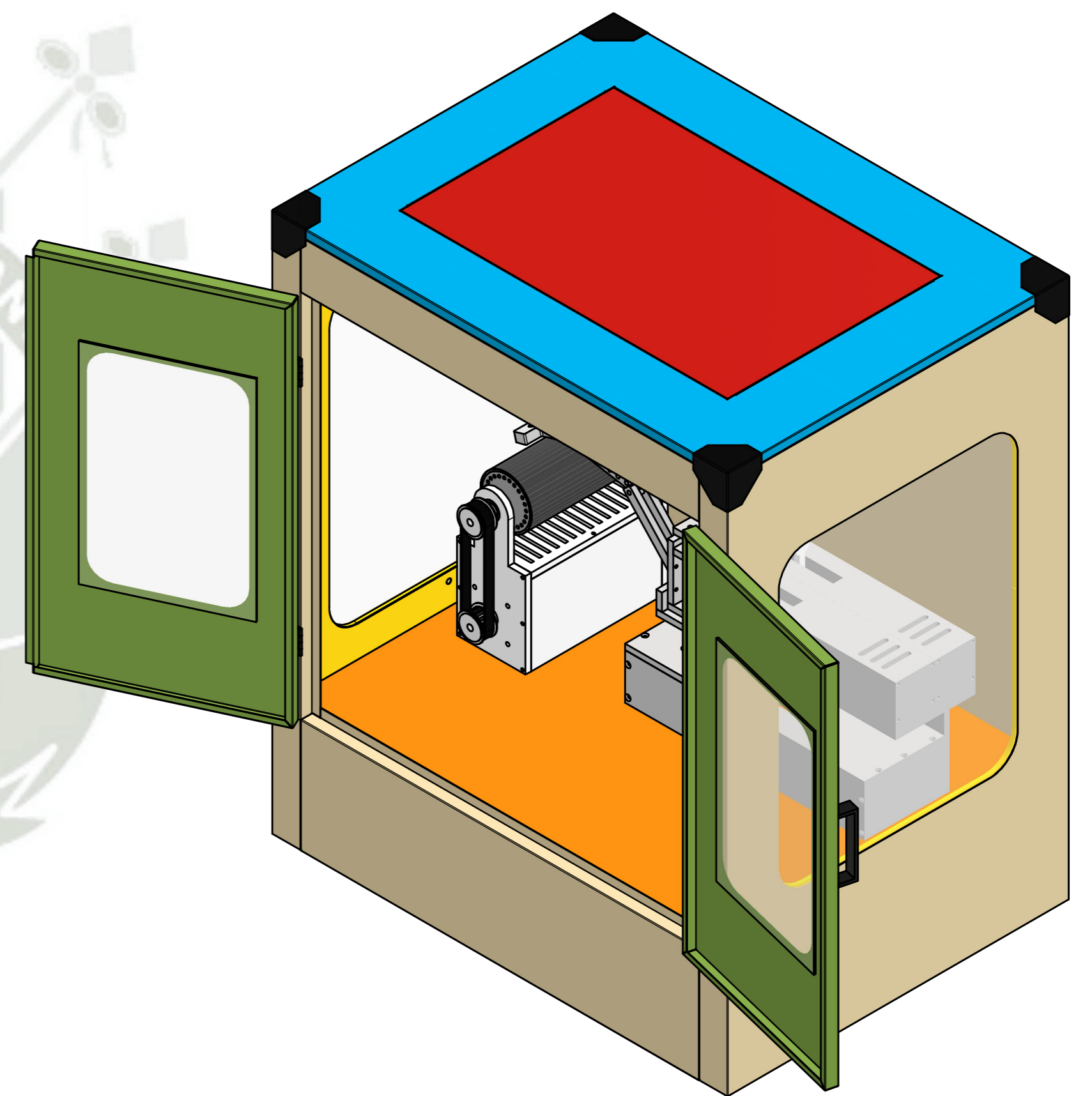
NOTAS:  
 -Todas las medidas estan en mm S.I.C.  
 -Todo el material con prefijo "pp-" es de material "Plastico" S.I.C.  
 -Todos los pernos utilizados son allen M5x10, S.I.C.  
 -Todos los agujeros deben ser realizados cuando se ensamble el soporte.  
 -Considerar Rodamiento SKF 5200 como sugerencia.

Universidad Católica de Santa María Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE
	Titulo, Subtitulo: PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E05-001-2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
			Rev: 0
			Hoja: 5/54

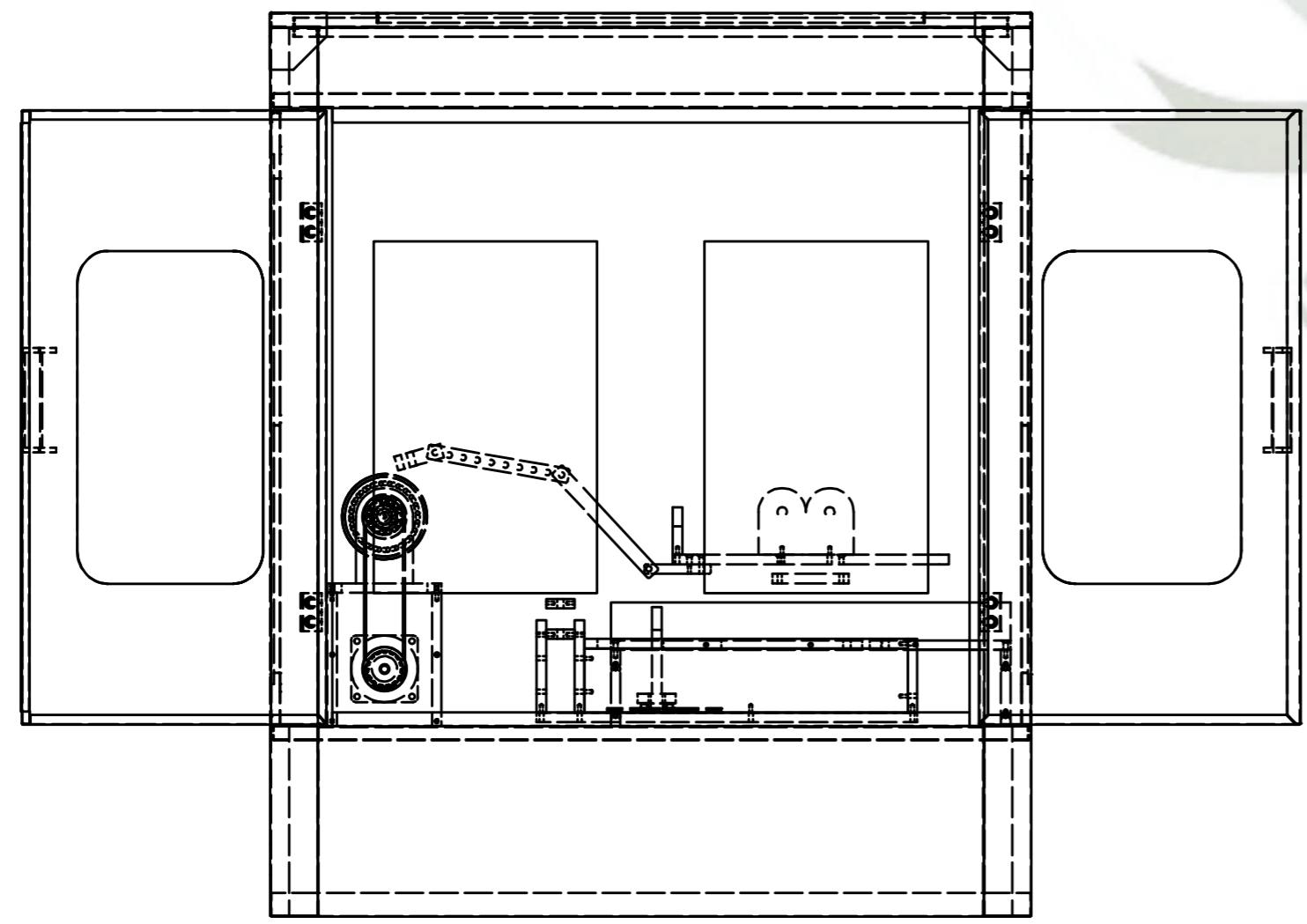
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	RODILLO Y POLEA	POLIAMIDA
2	1	BRAZO POCISIONADOR	POLIAMIDA
3	1	SOPORTE DE RODILLO	A36
4	1	CORREA	POLIMERO




**ISOMETRICO 01**  
ESC.:1 : 6

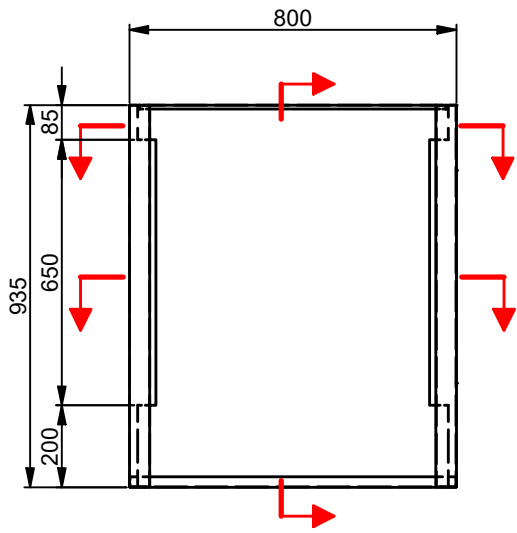


**ISOMETRICO 02**  
ESC.:1 : 6

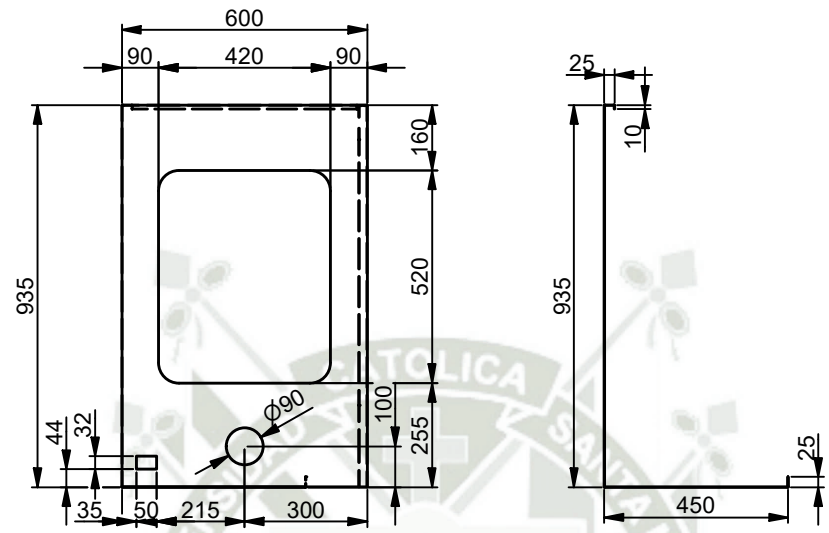


**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1 : 7

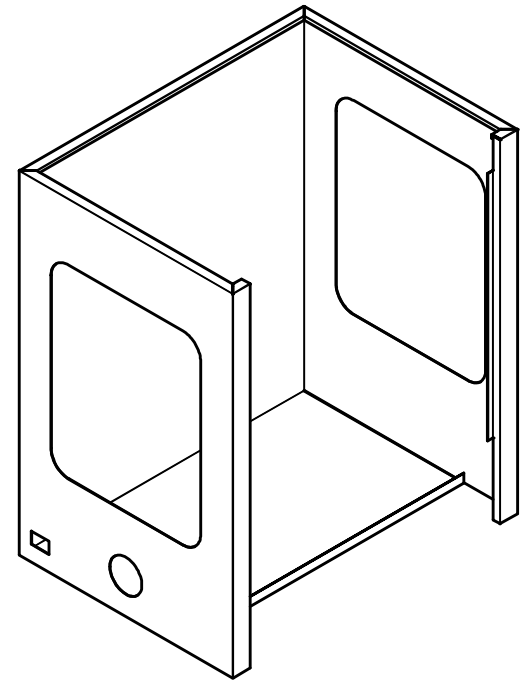
 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Máquina de Electrospinning	Creado por: Misael Sánchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE
	Título, Subtítulo: PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E06-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 6/54



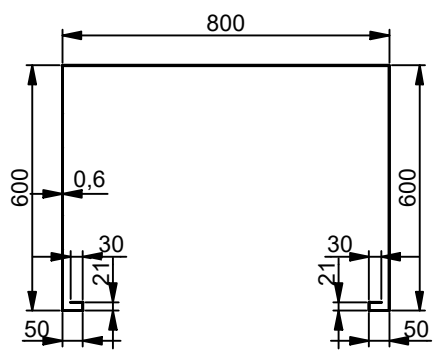
**HABILITADO -EQUIPO**  
ESC.:1: 18.5



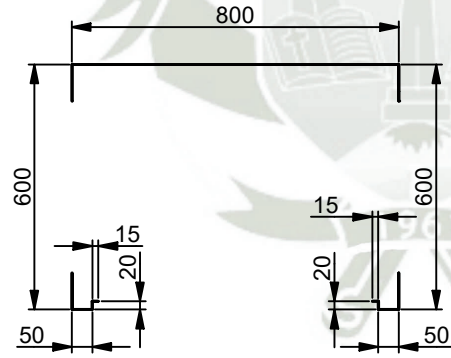
**A-A ( 1: 18.5 )**




**ISOMETRICO**

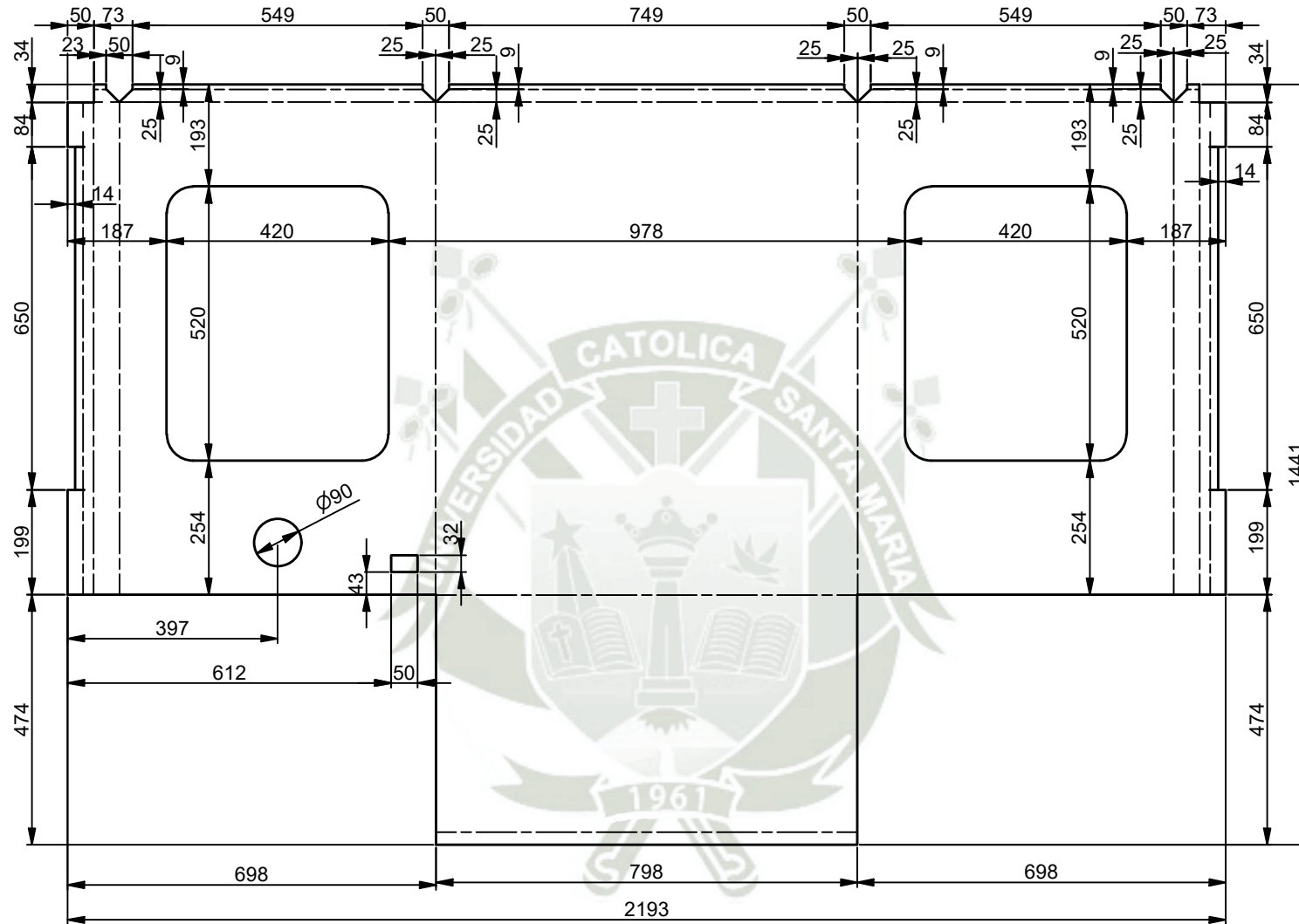


**B-B ( 1: 18.5 )**




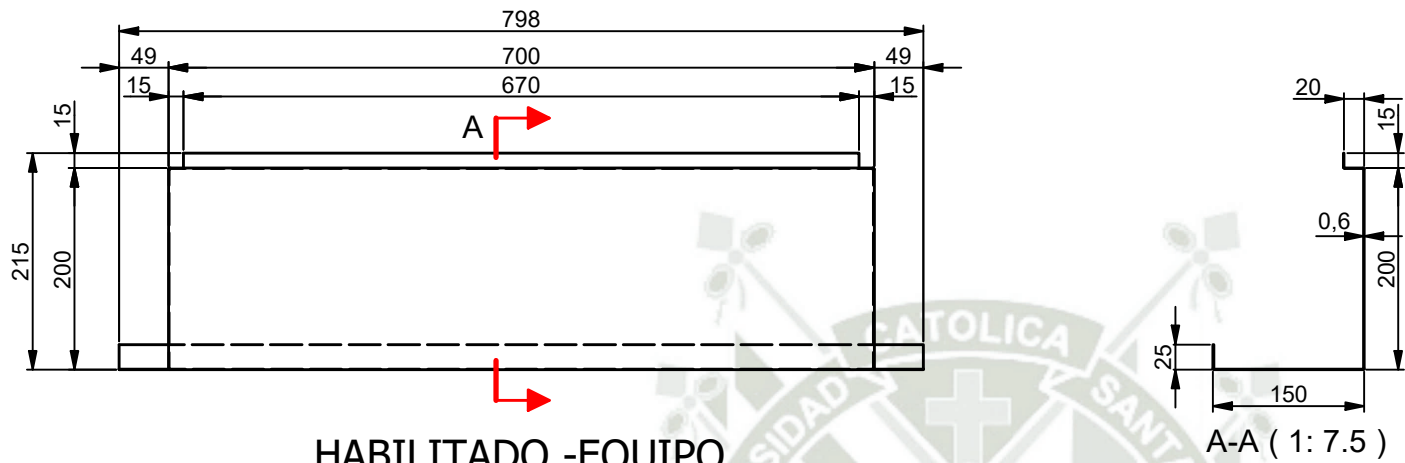
**C-C ( 1: 18.5 )**

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E07-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 7/54</p>



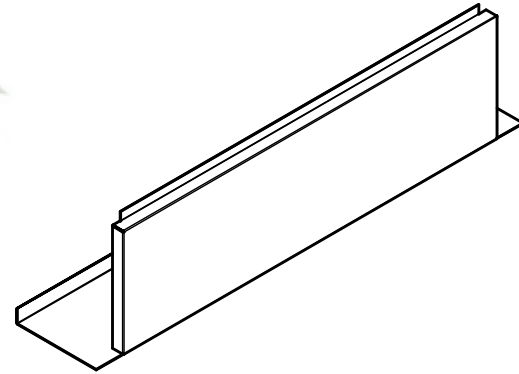
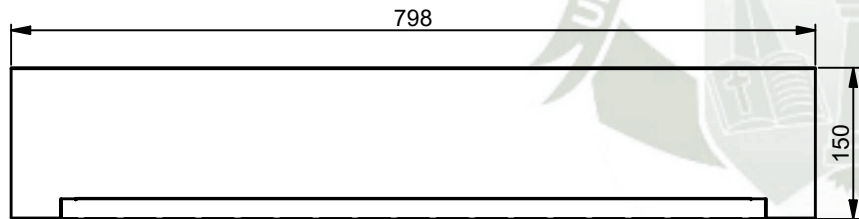
## DESARROLLO


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Máquina de Electrospinning</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO		
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E08-001-2023		Rev: 0
	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 8/54	

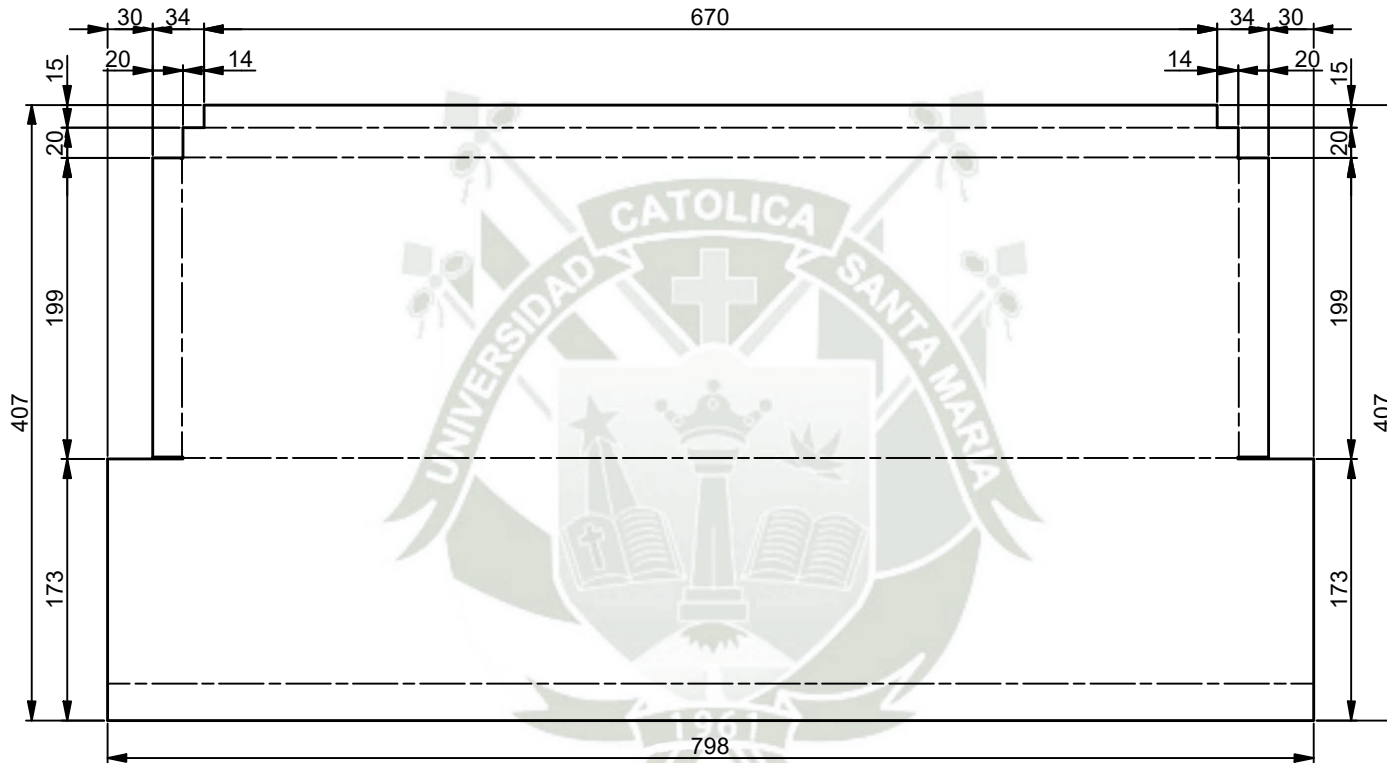


**HABILITADO -EQUIPO**  
ESC.:1: 7.5


A-A ( 1: 7.5 )

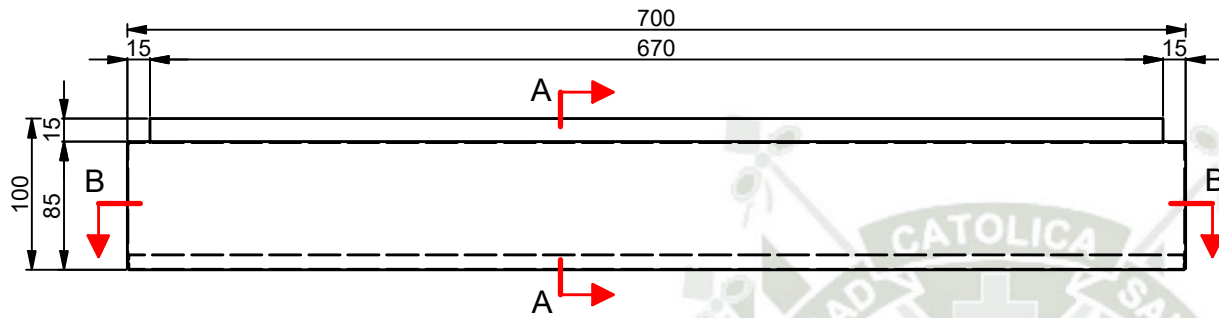


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  p2.ipt</p>		<p>Numero de Referencia: E09-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 9/54</p>

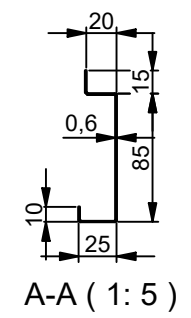


DESARROLLO

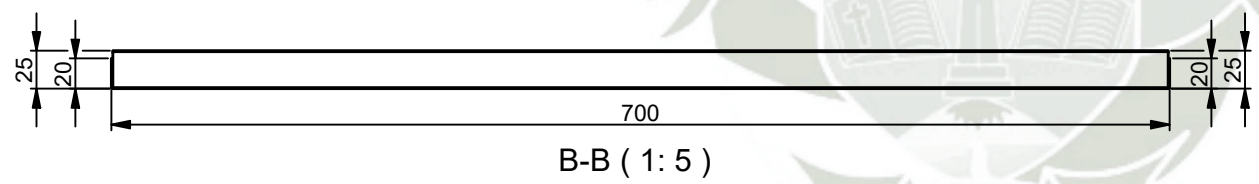
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E10-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning						



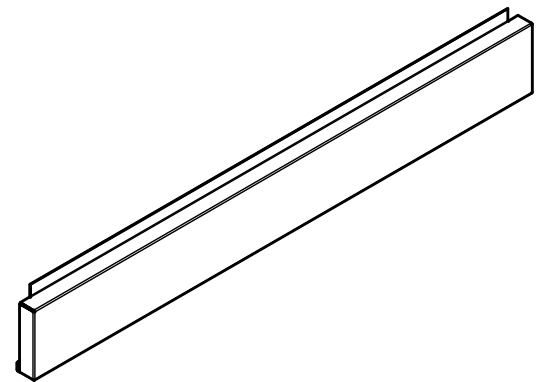
**HABILITADO -EQUIPO**  
ESC.:1: 5




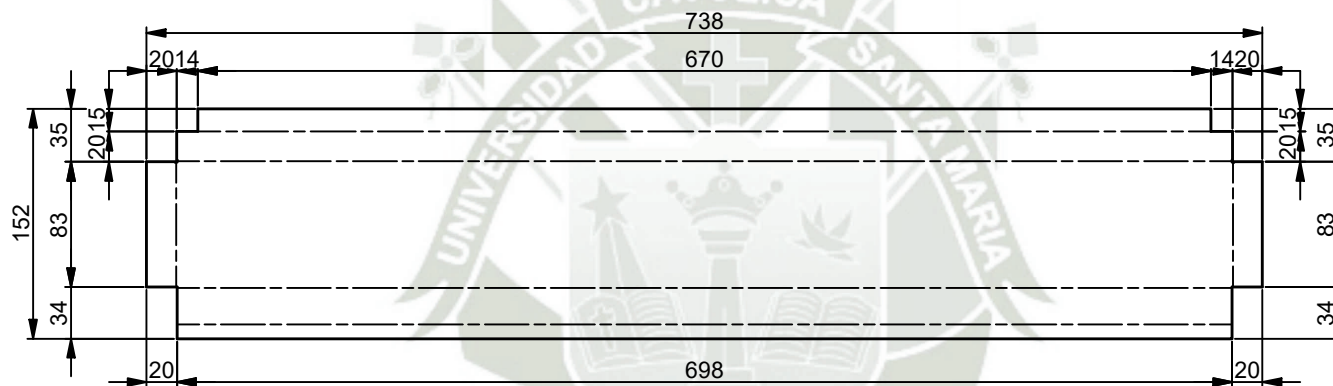
A-A ( 1: 5 )




B-B ( 1: 5 )

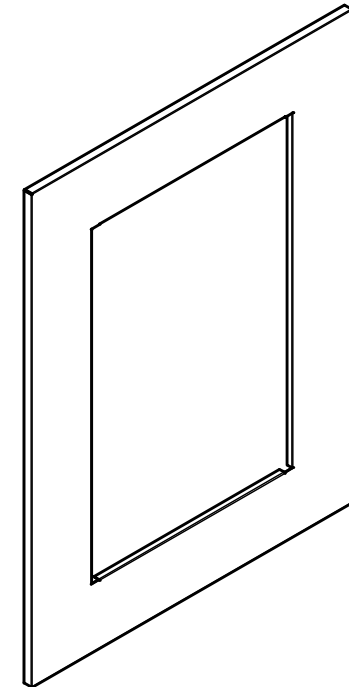
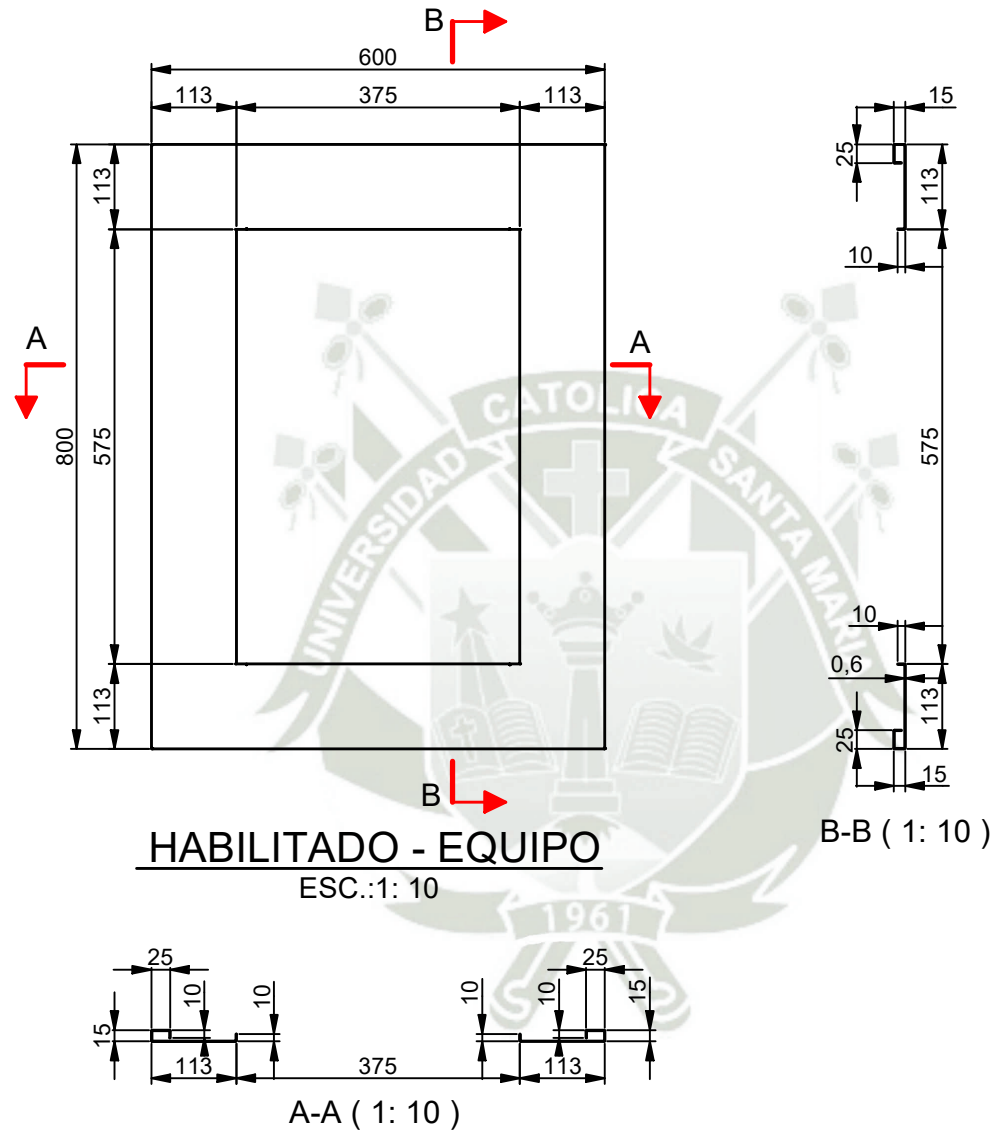



 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E011-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 11/54</p>

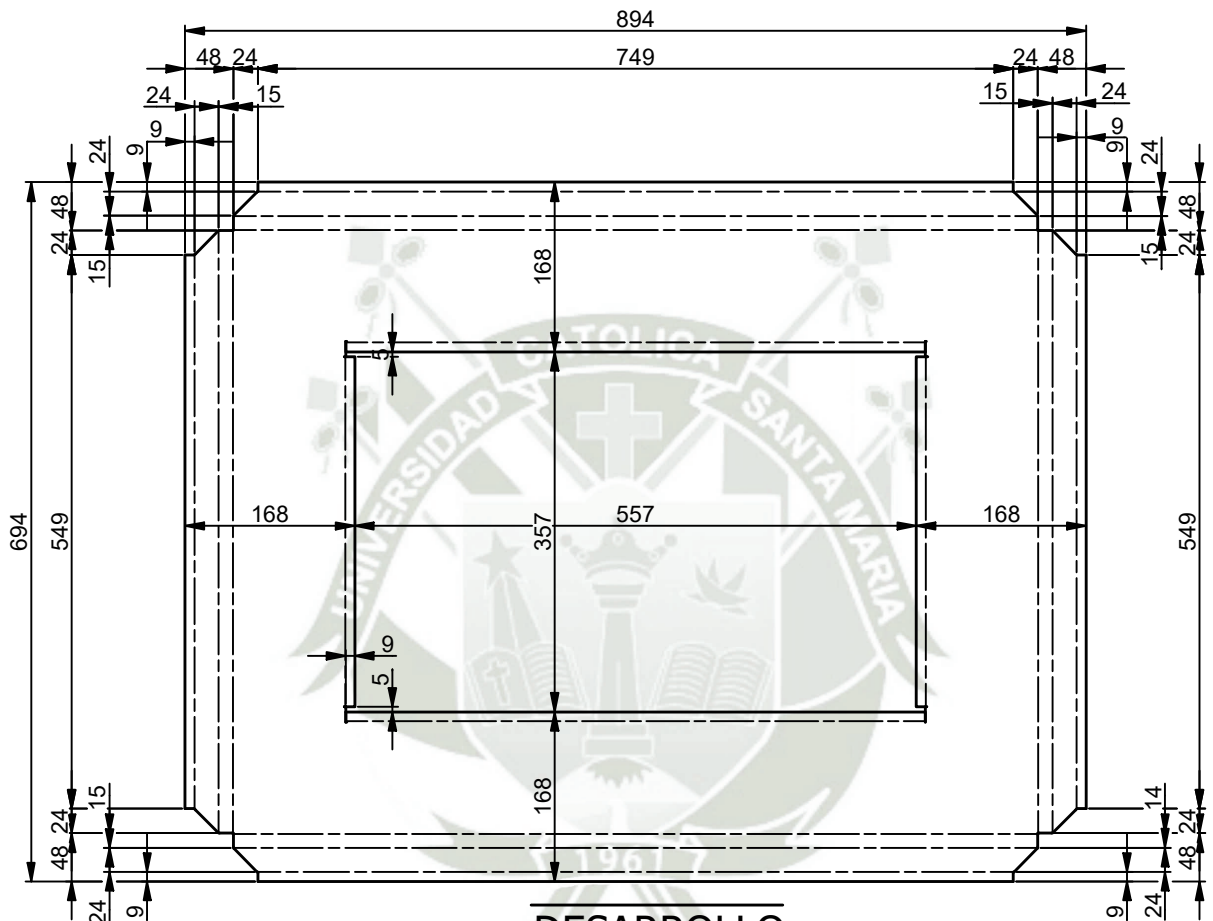


**DESARROLLO**


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E012-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning						

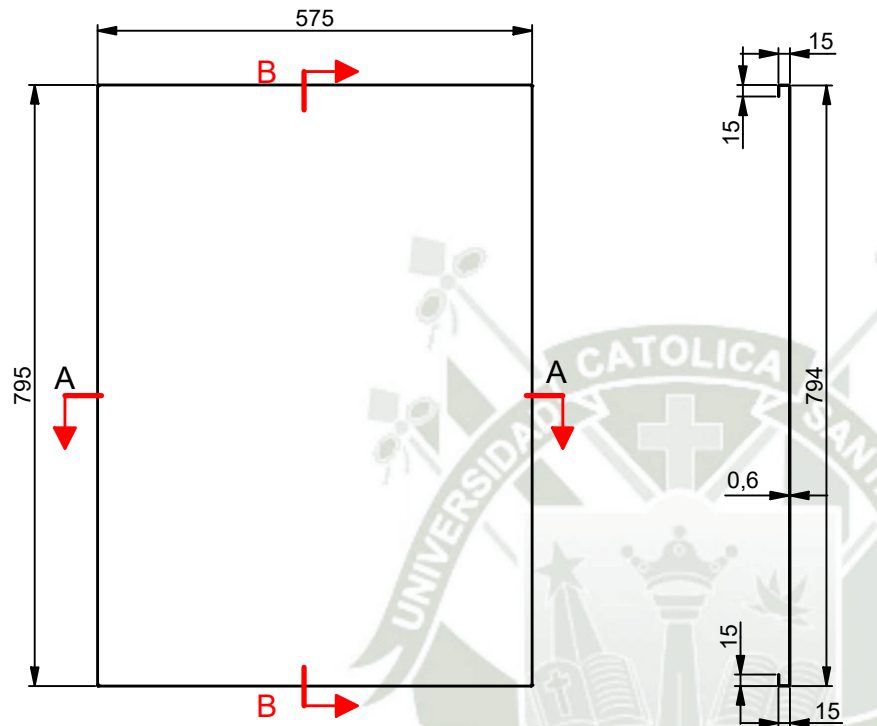


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E013-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 13/54</p>



DESARROLLO

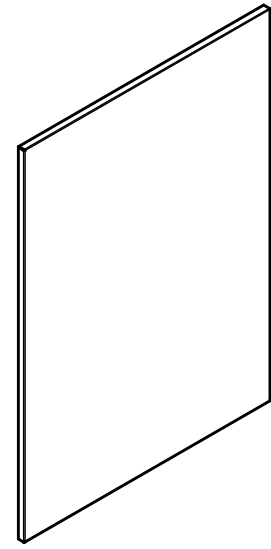
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E014-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>




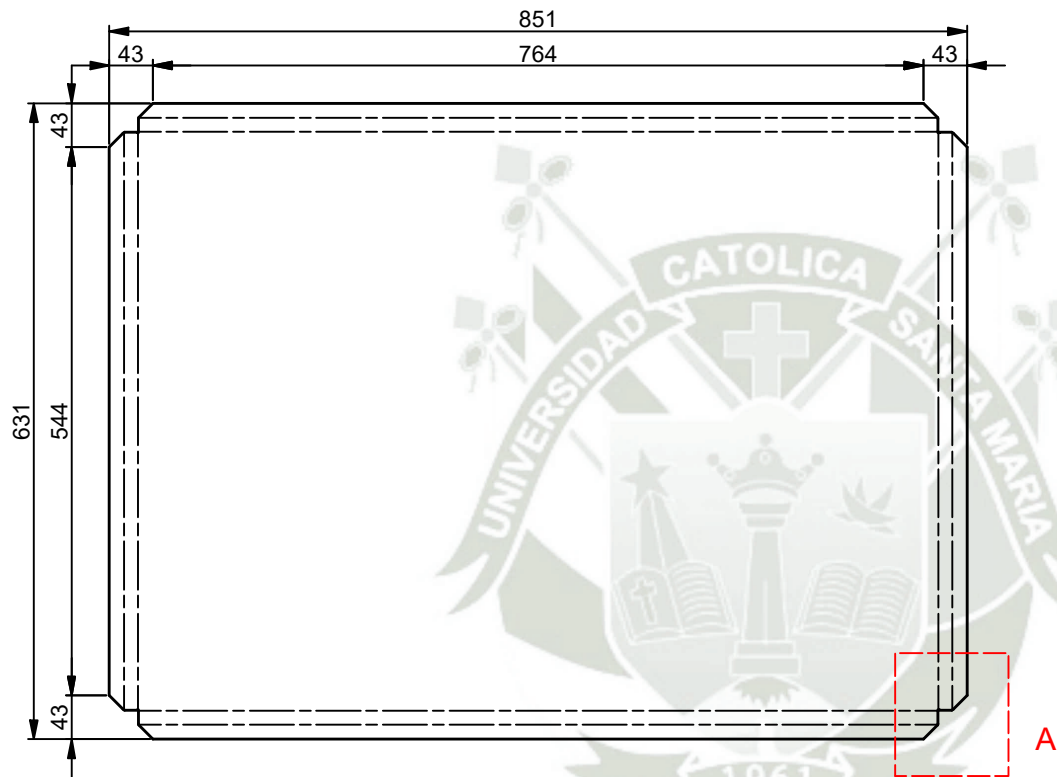
**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1: 10

B-B ( 1: 10 )

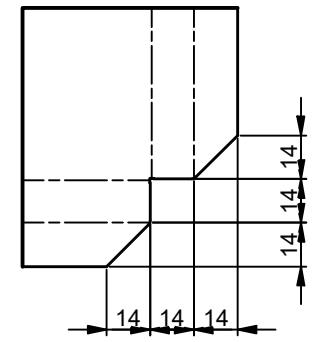
A-A ( 1: 10 )




 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Máquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E015-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 15/54</p>

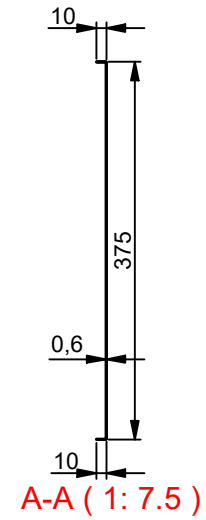
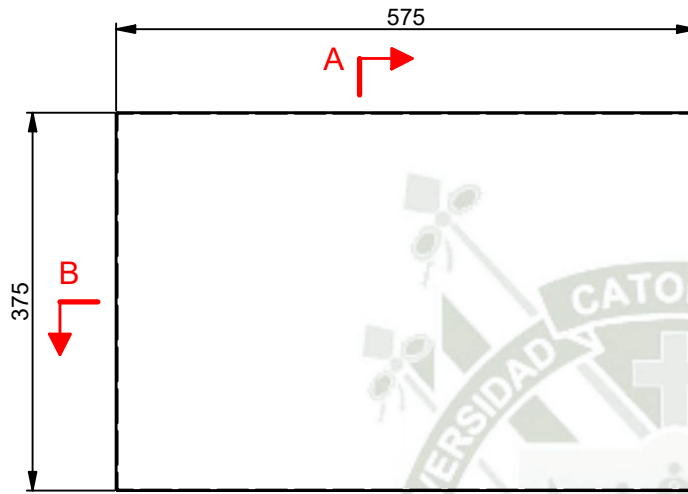


DESARROLLO

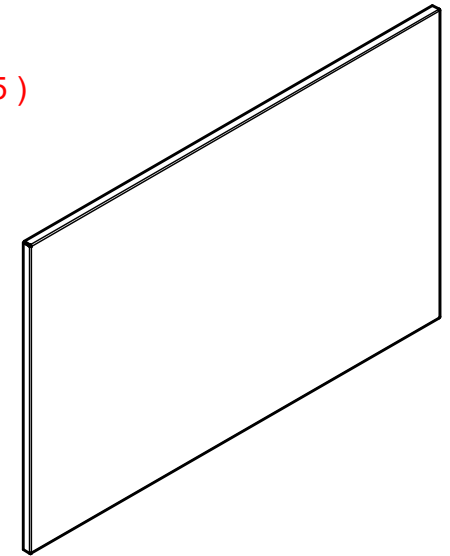
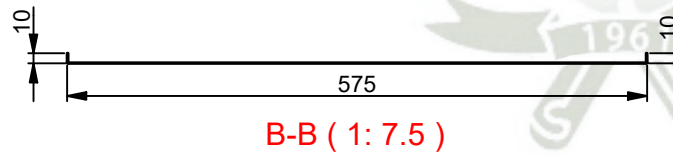



A ( 1: 2.5 )

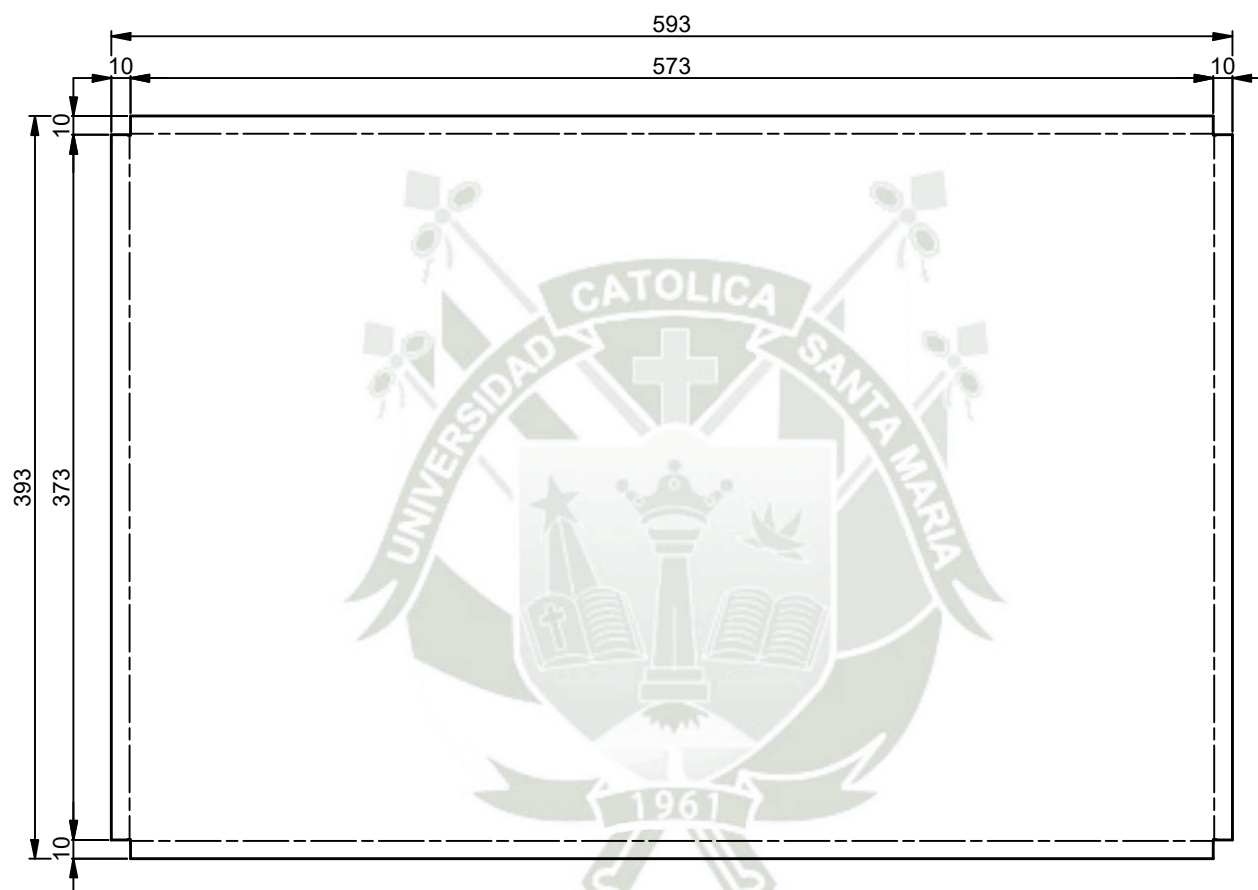
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>				
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E016-001-2023</p>	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Rev: 0</p>




**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1: 7.5

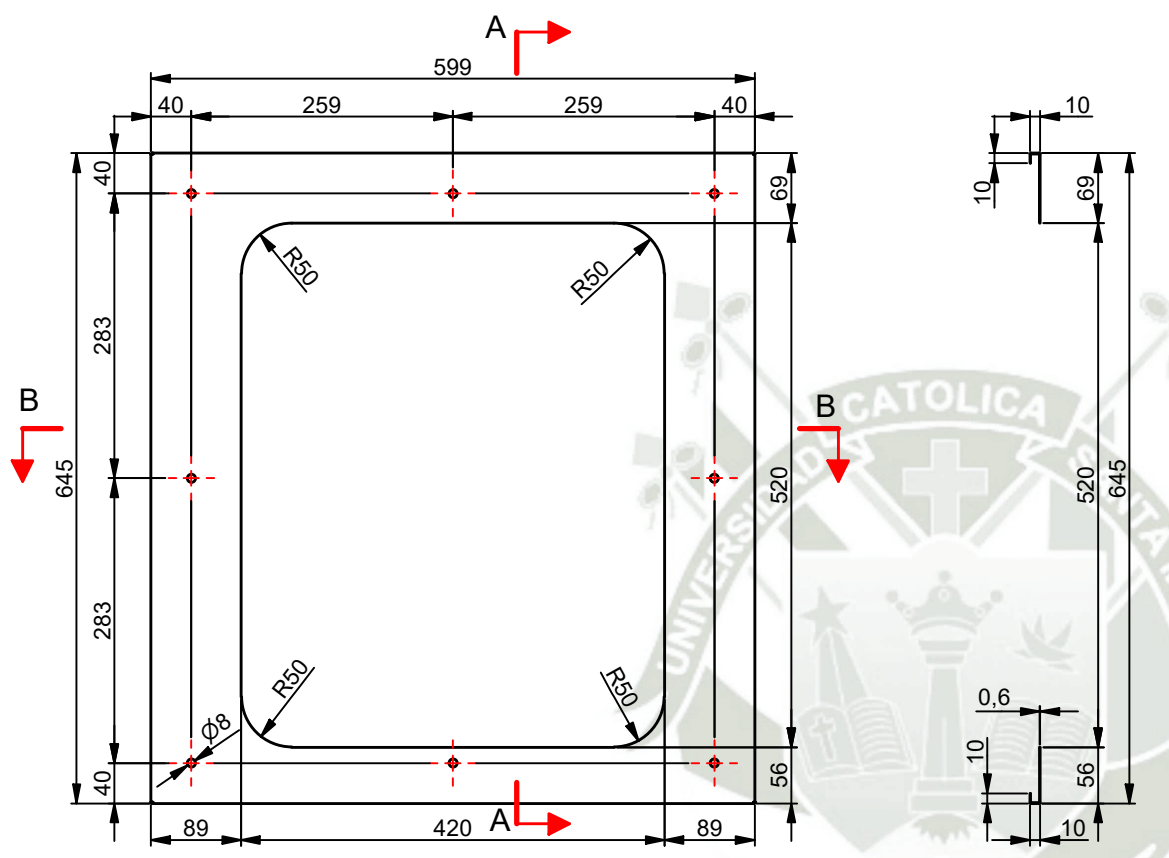


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E017-001-2023	Rev: 0
	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 17/54



**DESARROLLO**

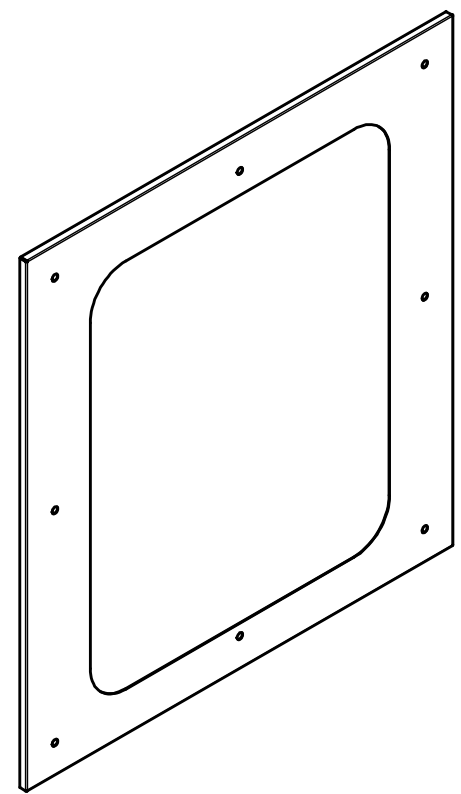
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E018-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning						




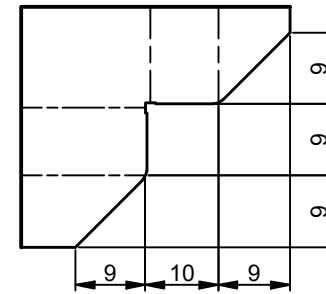
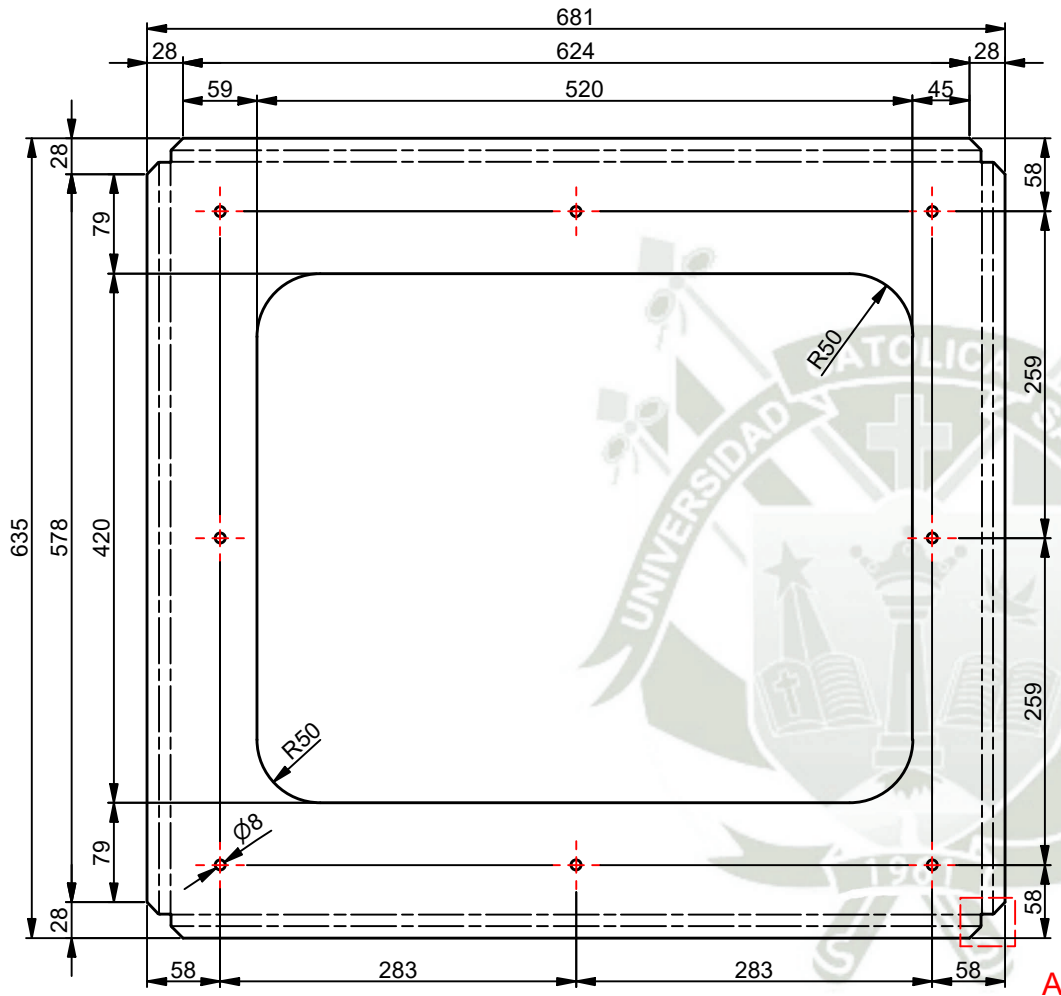
**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.: 1 : 7.5

A-A ( 1 : 7.5 )

B-B ( 1 : 7.5 )




 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E019-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 19/54</p>




A (1:1)

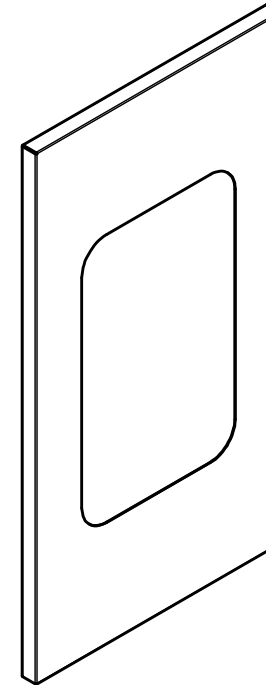
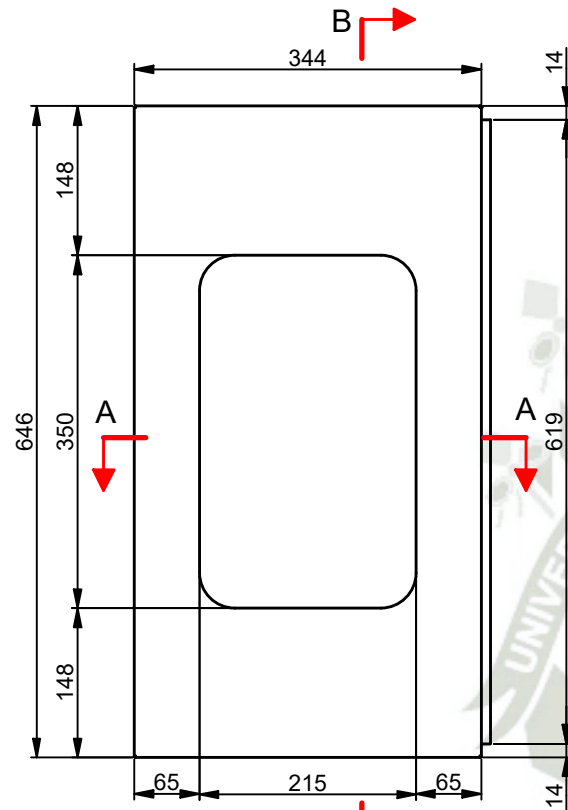
**DESARROLLO**

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Máquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E020-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 20/54</p>

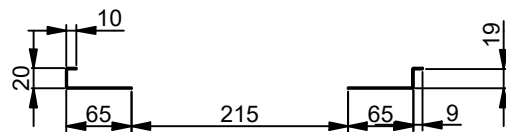


**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1


 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E021-001-2023	Rev: 0
		Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 21/54

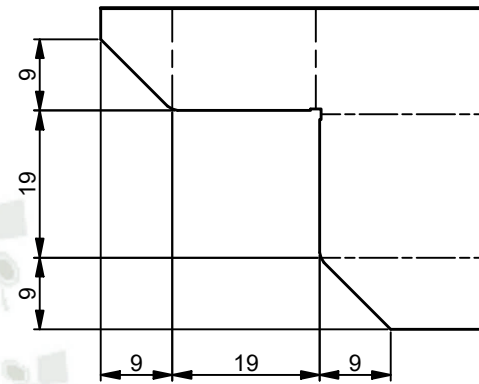
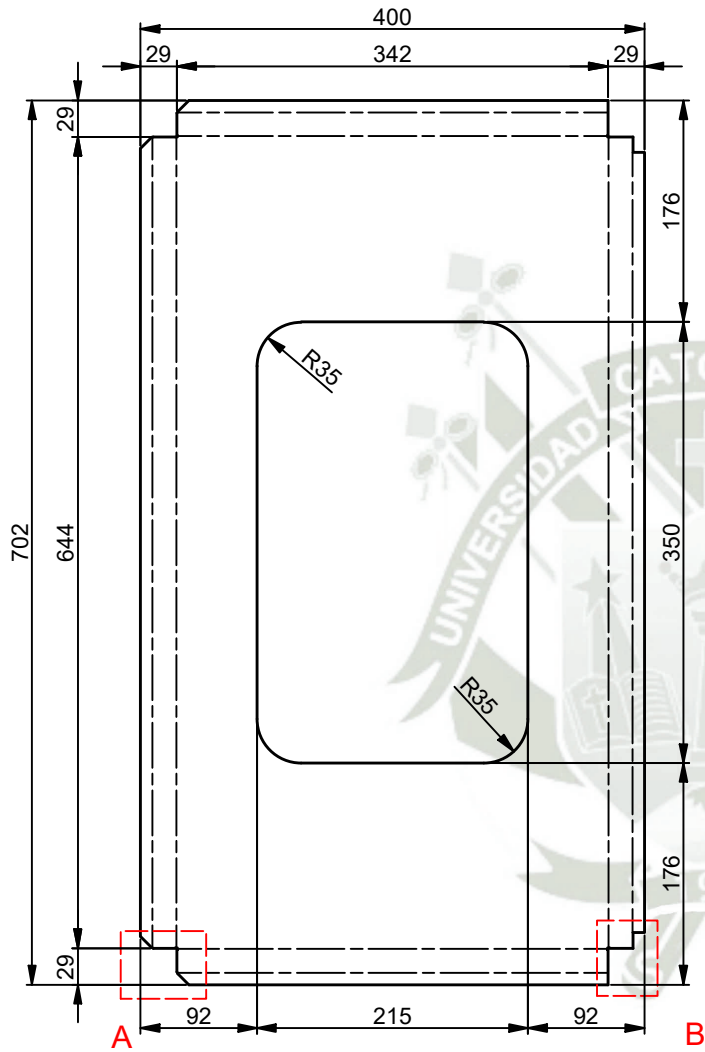


**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1: 7.5

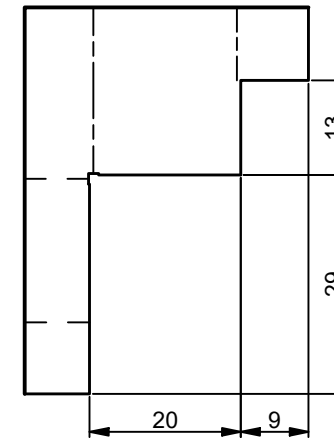


A-A ( 1: 7.5 )

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>		
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E022-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Hoja: 22/54</p>
		<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	




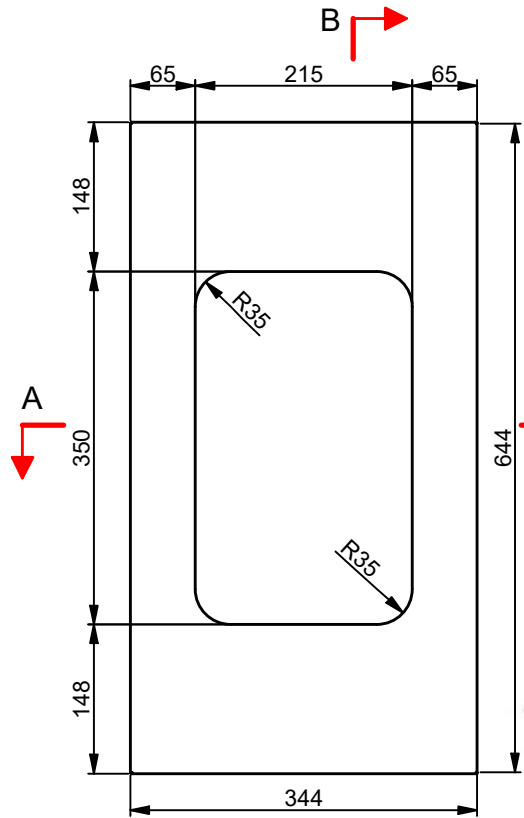
A (1:1)



B (1:1)

**DESARROLLO**

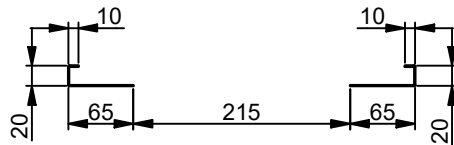
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E023-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>



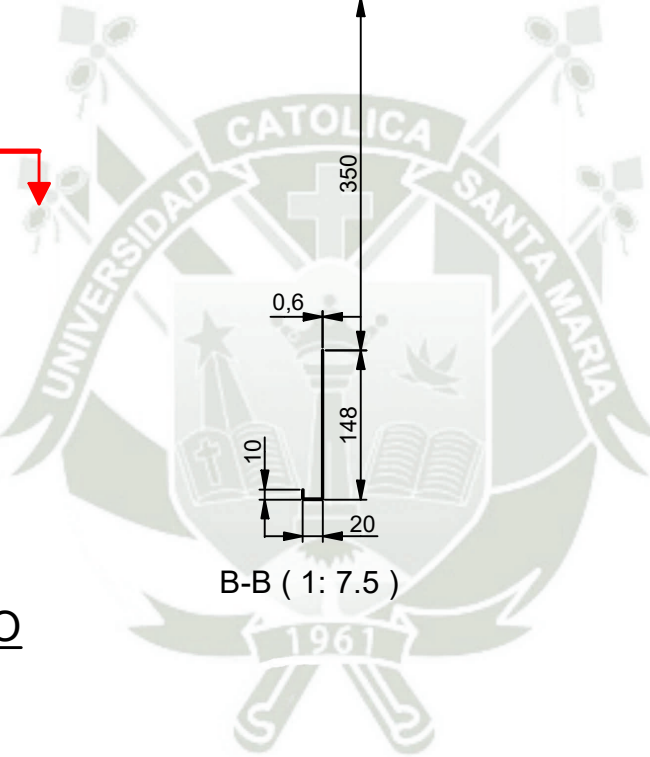
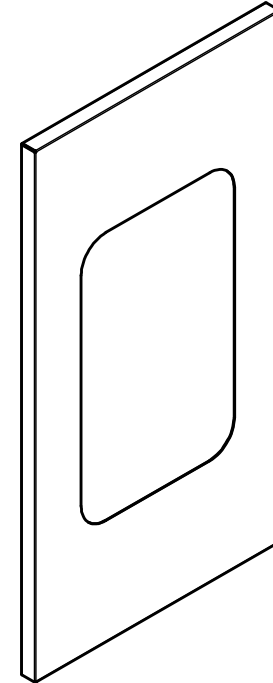
**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1: 7.5




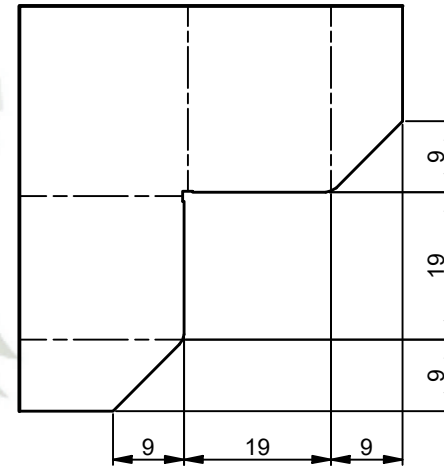
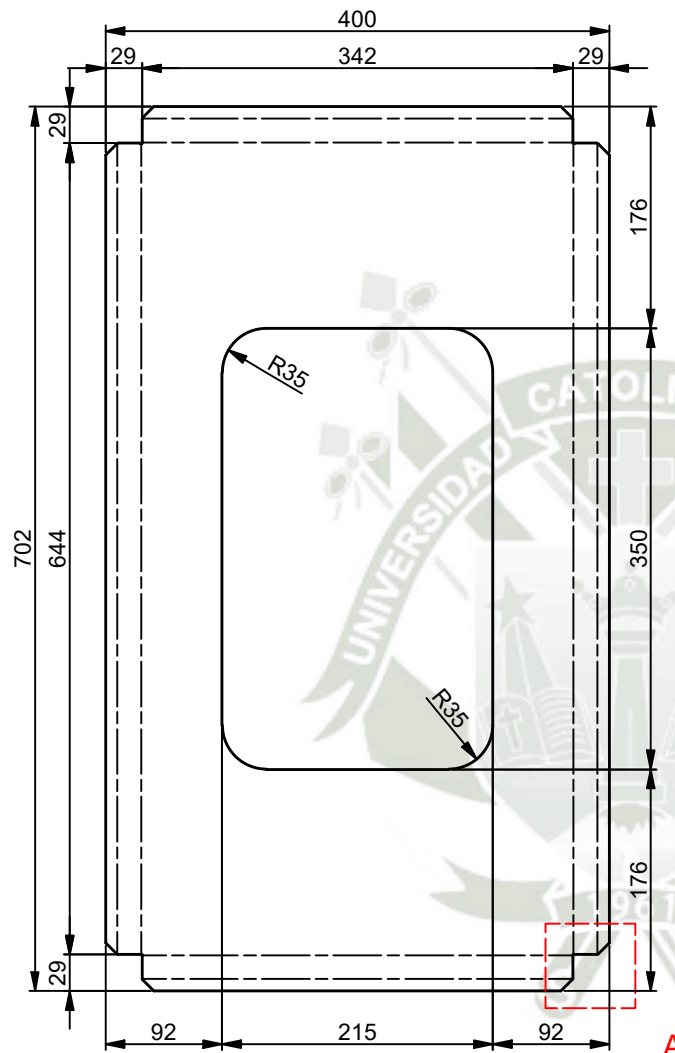
B-B ( 1: 7.5 )



A-A ( 1: 7.5 )




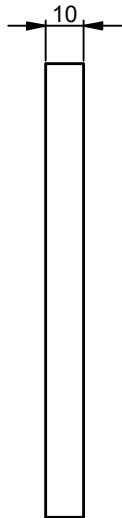
 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E024-001-2023	Rev: 0	Escala: Indicada
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 24/54	



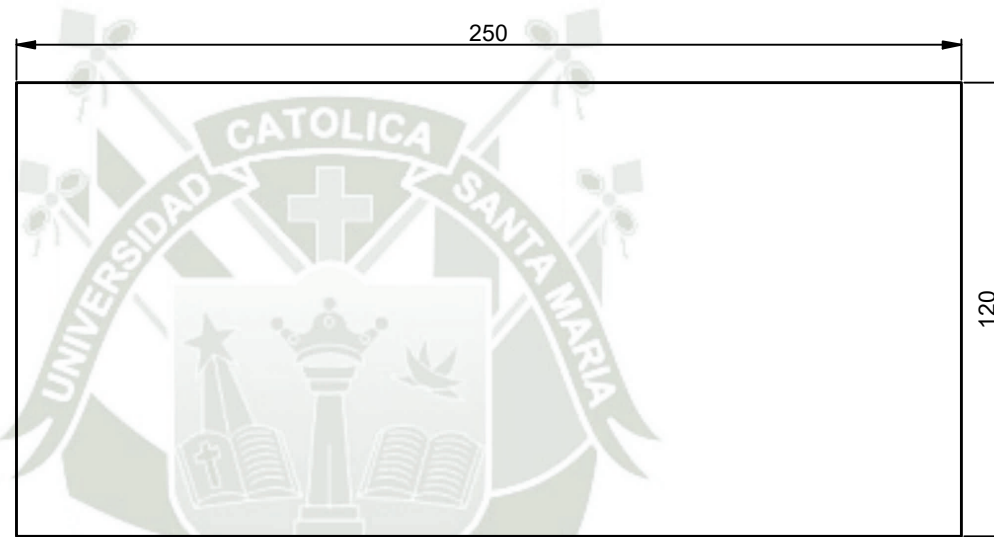
A (1:1)


DESARROLLO

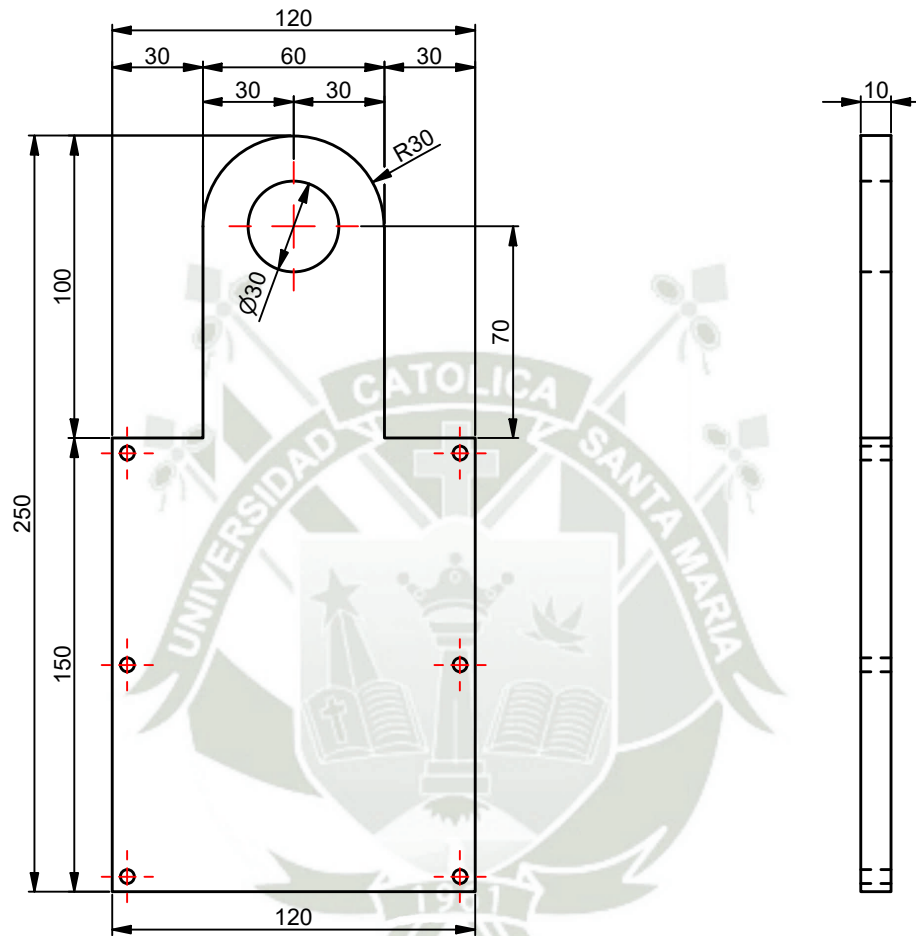
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>		<p>Numero de Referencia: E025-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>
	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 25/54</p>




**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1 : 2

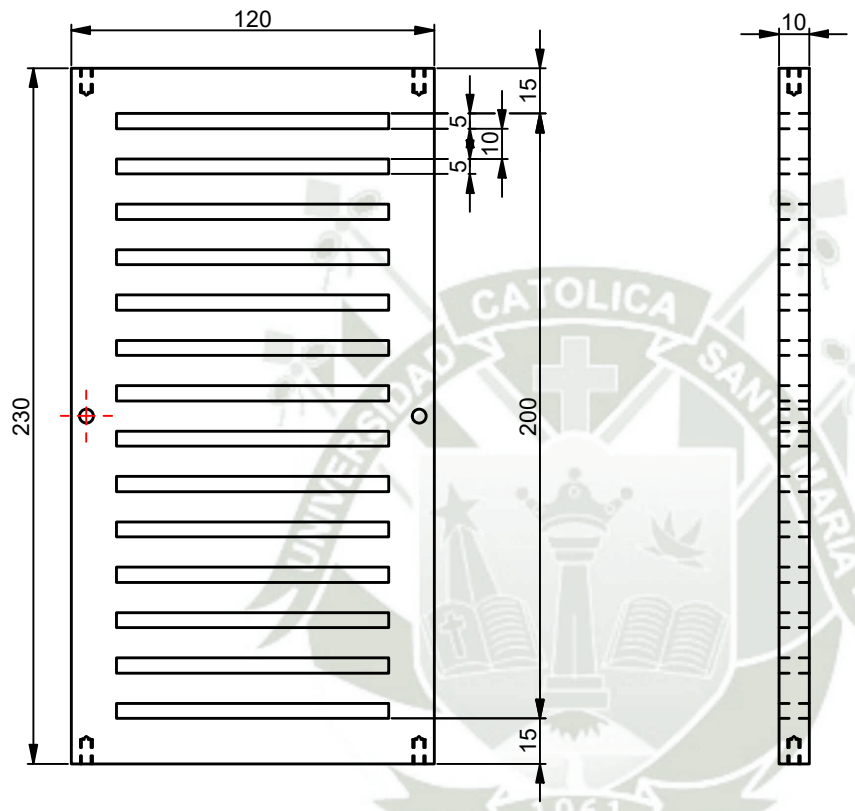


 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO		
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E026-001-2023	Rev: 0	
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning		Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 26/54




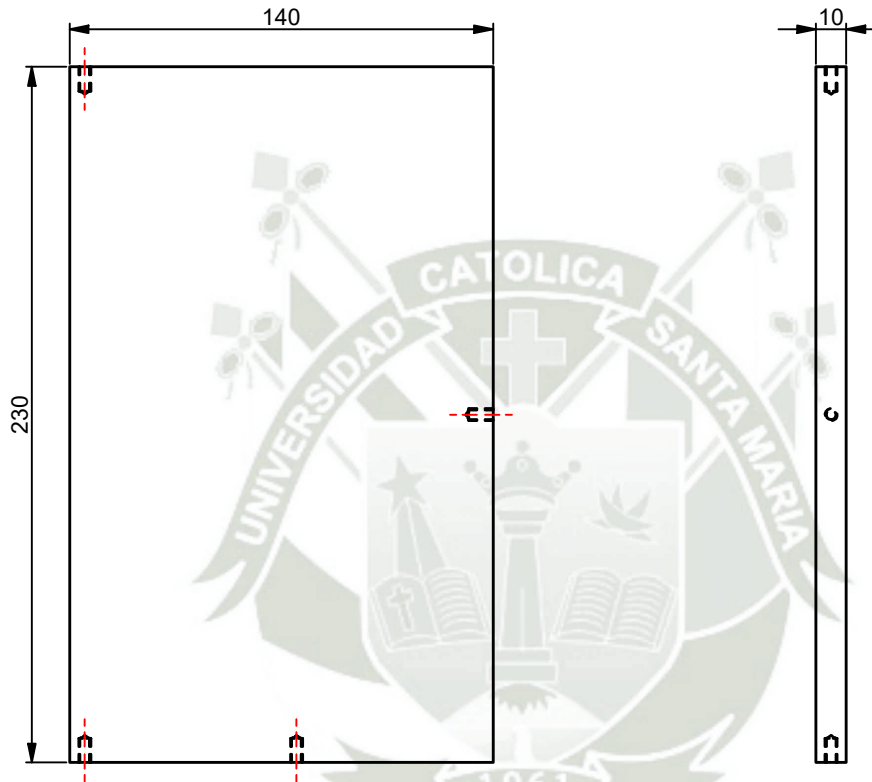
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 2.5

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p> <p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E027-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023




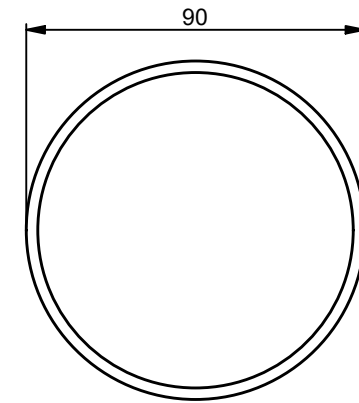
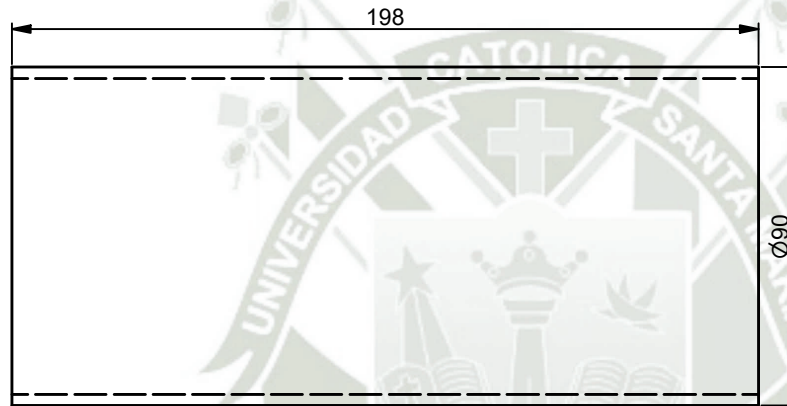
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 2.5

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b>          Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,          Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E028-001-2023	Rev: 0	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023




**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 2.5

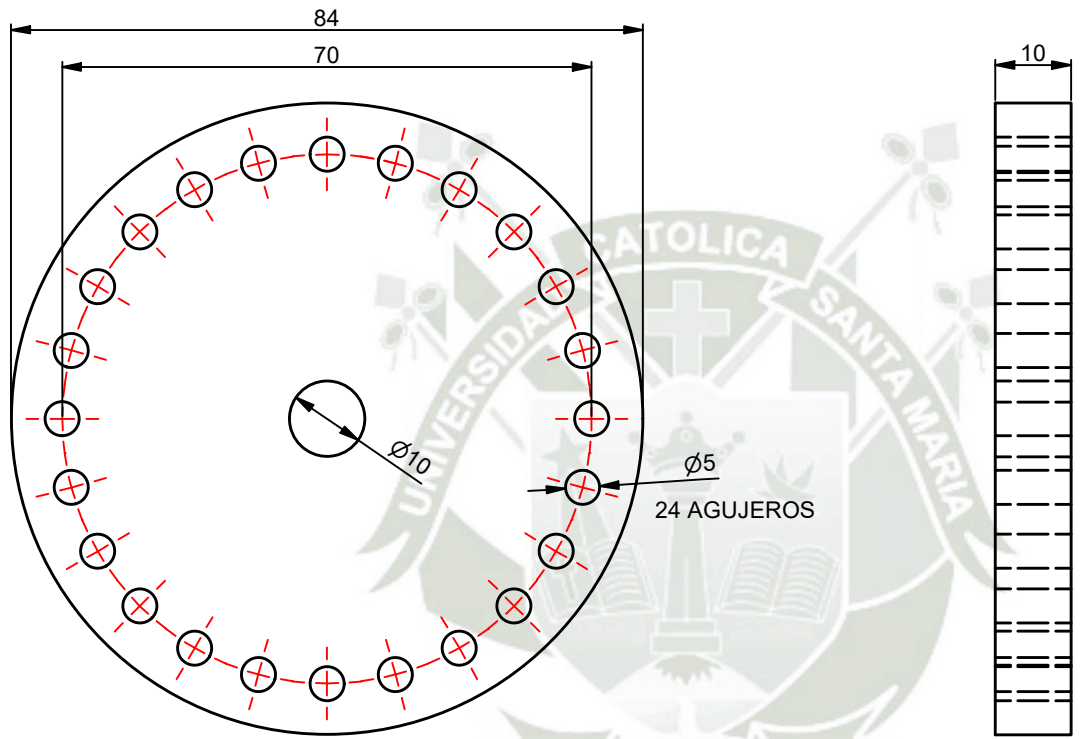
 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E029-001-2023		Rev: 0
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning			Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 29/10/2023




**HABILITADO - EQUIPO**

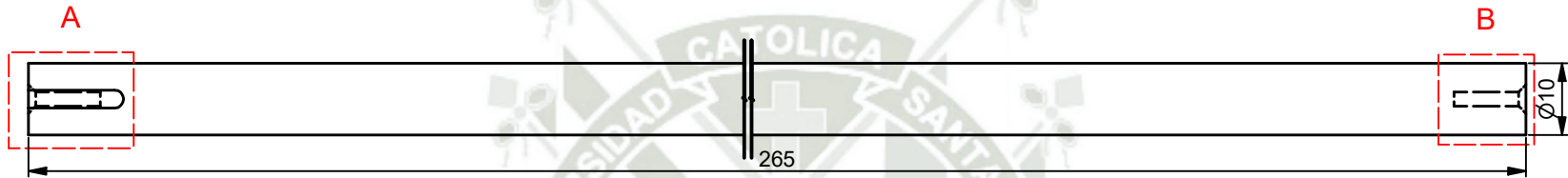
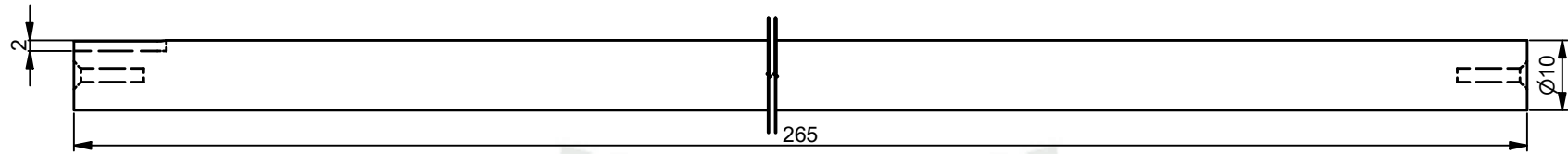
ESC.:1 : 2

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E030-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Escala: Indicada</p>
<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>		<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 30/54</p>	



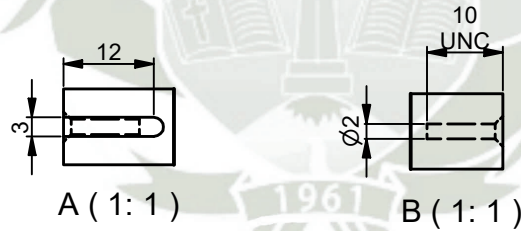
**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1 : 1

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E031-001-2023</p>	<p>Escala: Indicada</p>
		<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Hoja: 31/54</p>



**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.: 1 : 1



Universidad Católica  
de Santa María

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,  
Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Curso - Sección / Grupo o Tesis:  
Diseño de Maquina de Electrospinning

Creado por:  
Misael Sanchez Cabanillas  
Manuel Macport

Aprobado por:  
Jorge L. Castro

Tipo de Documento:  
HABILITADO

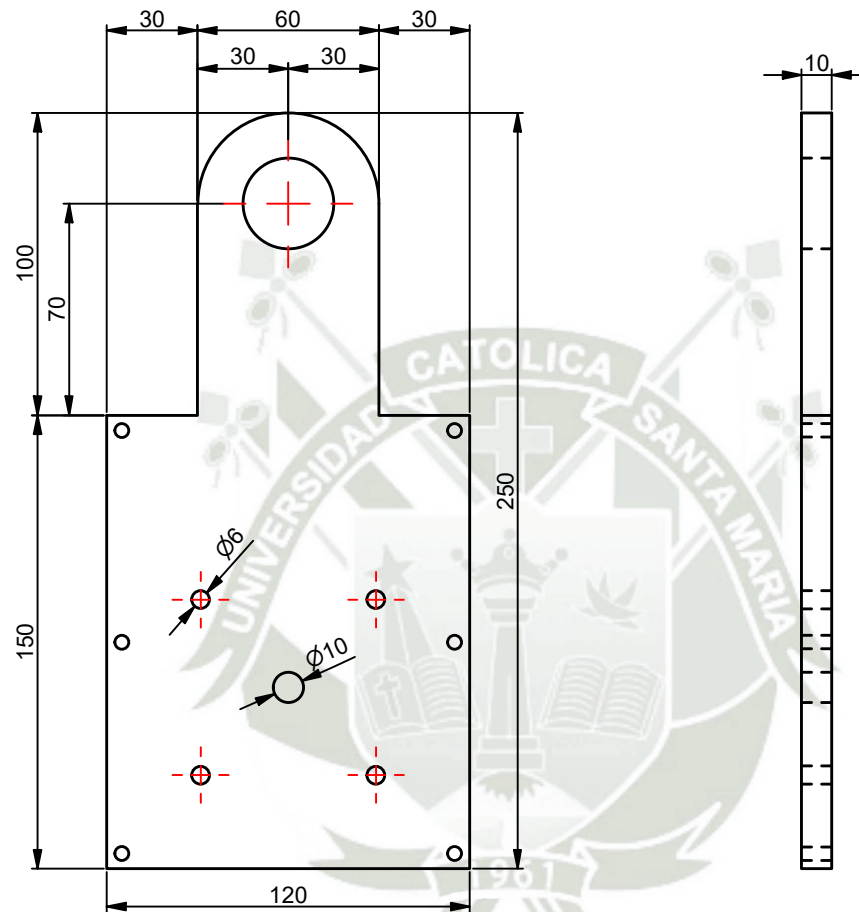
Título, Subtítulo:  
  
PLANOS.dwg

Numero de Referencia:  
E032-001-2023


Rev:  
0

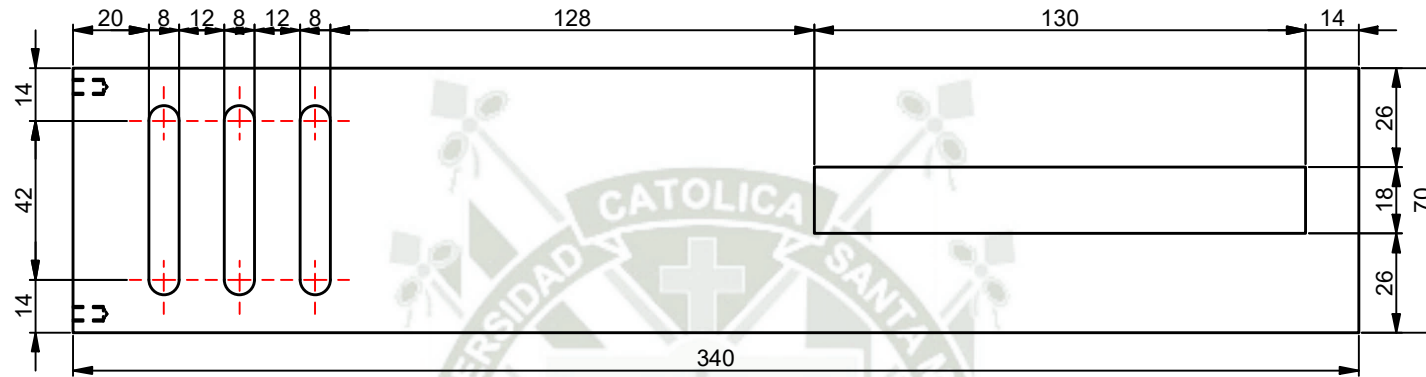
Escala: Form: Fecha:  
Indicada A3 28/10/2023

Hoja:  
32/54



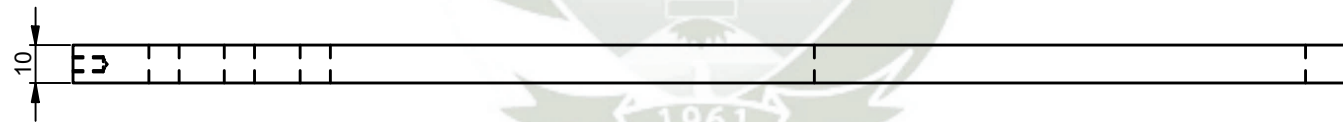
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.: 1 : 2.5

 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E033-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 33/54	Rev: 0



## HABILITADO - EQUIPO

ESC.: 1 : 2



Universidad Católica  
de Santa María

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,  
Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Curso - Sección / Grupo o Tesis:  
Diseño de Maquina de Electrospinning

Creado por:  
Misael Sanchez Cabanillas  
Manuel Macport

Aprobado por:  
Jorge L. Castro

Tipo de Documento:  
HABILITADO

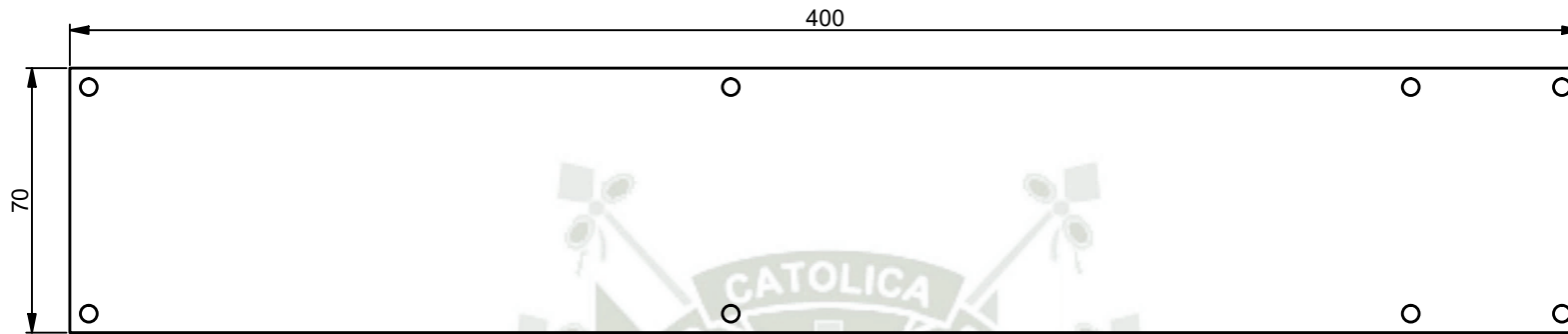
Título, Subtítulo:  
  
PLANOS.dwg

Numero de Referencia:  
E034-001-2023

Rev:  
0

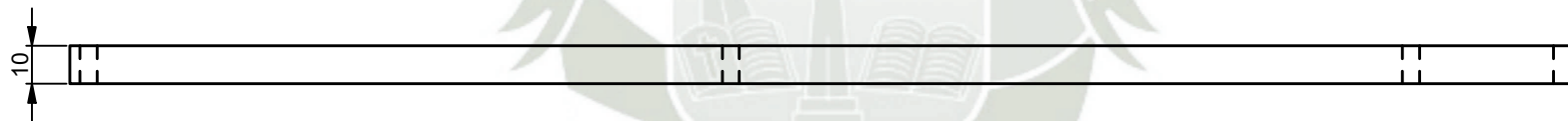
Escala: Form: Fecha:  
Indicada A3 28/10/2023


Hoja:  
34/54

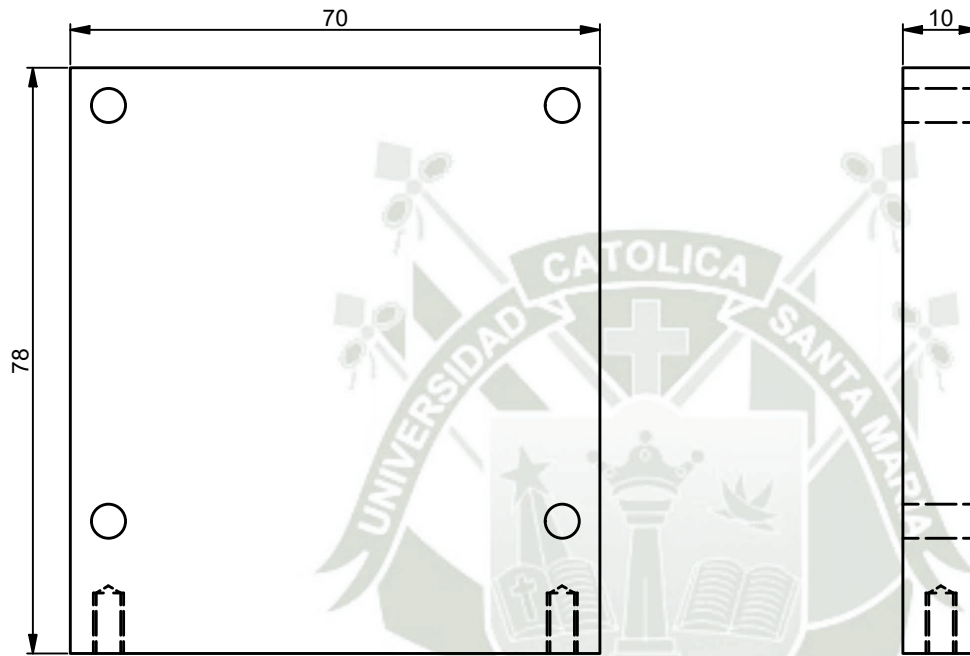


**HABILITADO - EQUIPO**


ESC.:1 : 2

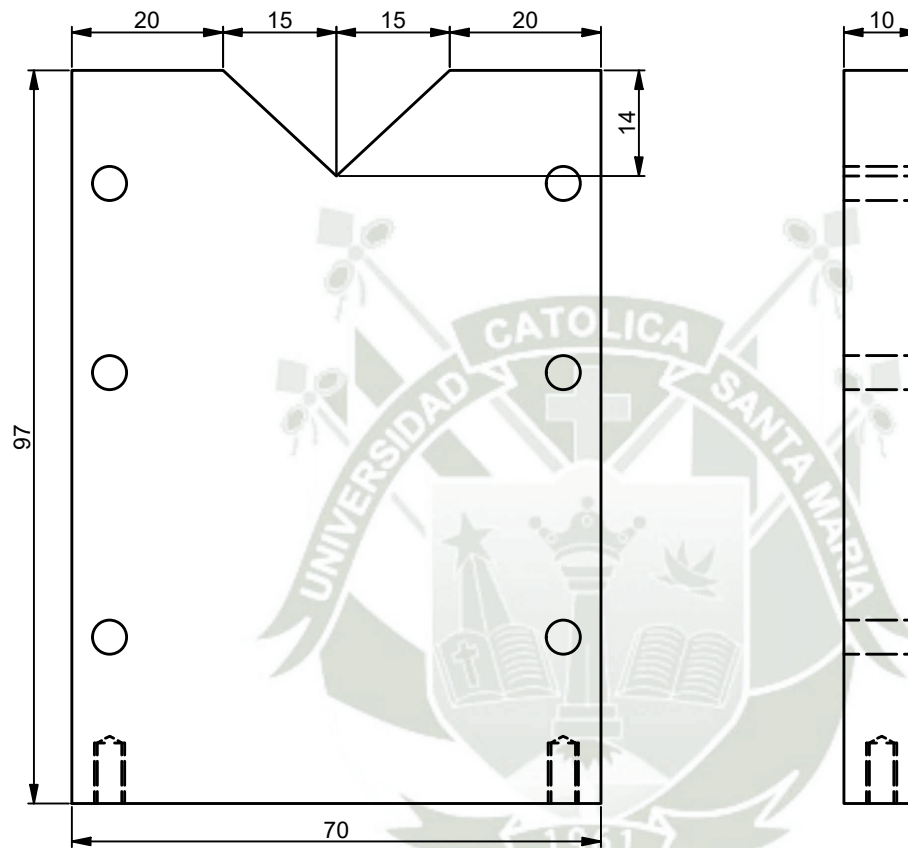


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>		
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E035-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Hoja: 35/54</p>
		<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	




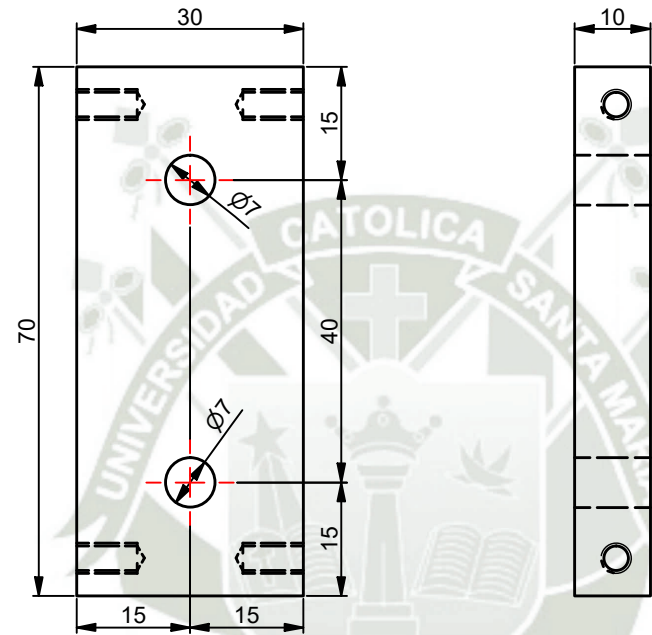
**HABILITADO - EQUIPO**  
ESC.:1 : 1

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E036-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>




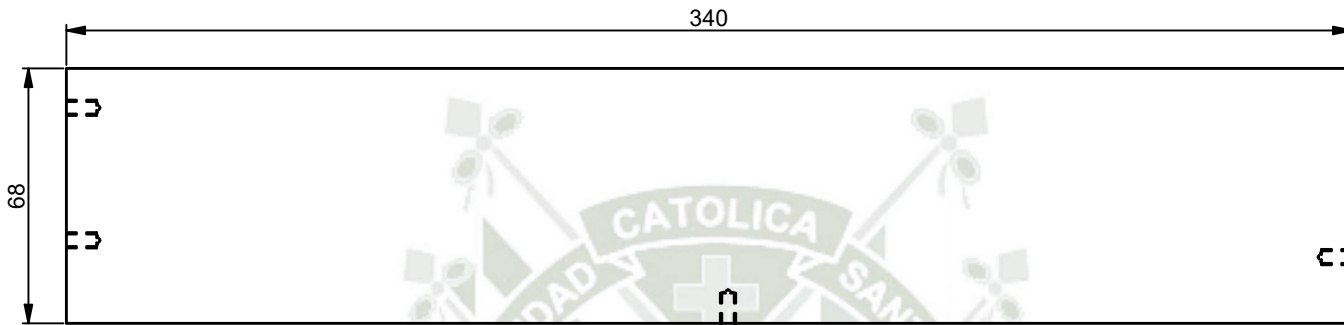
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1

 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E037-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 37/54	Rev: 0



**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1


 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E038-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning						

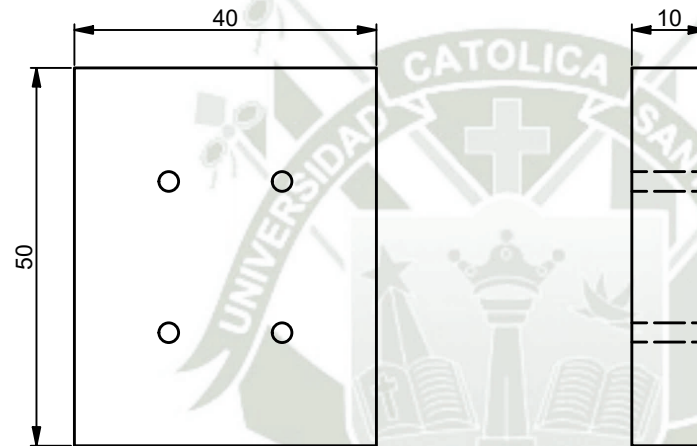


**HABILITADO - EQUIPO**


ESC.:1 : 2

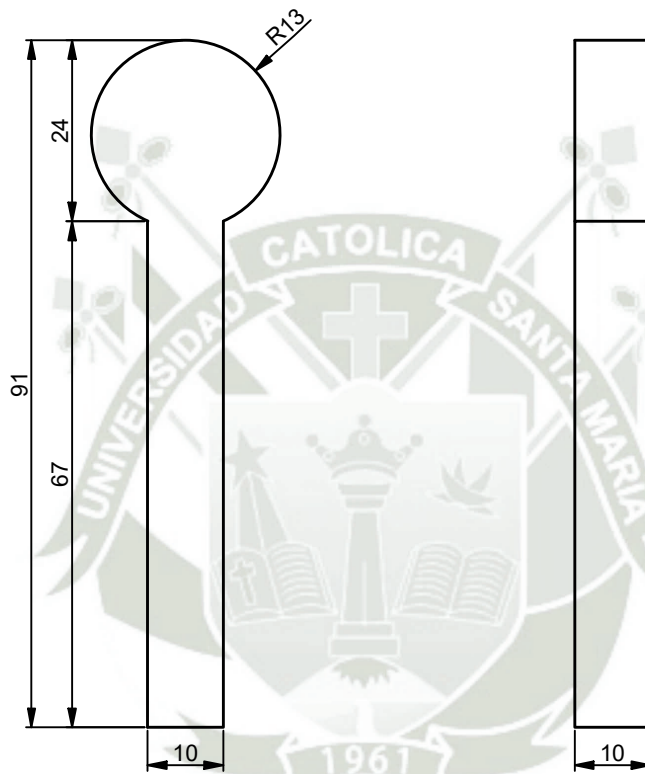


 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E039-001-2023	Rev: 0
		Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 39/54




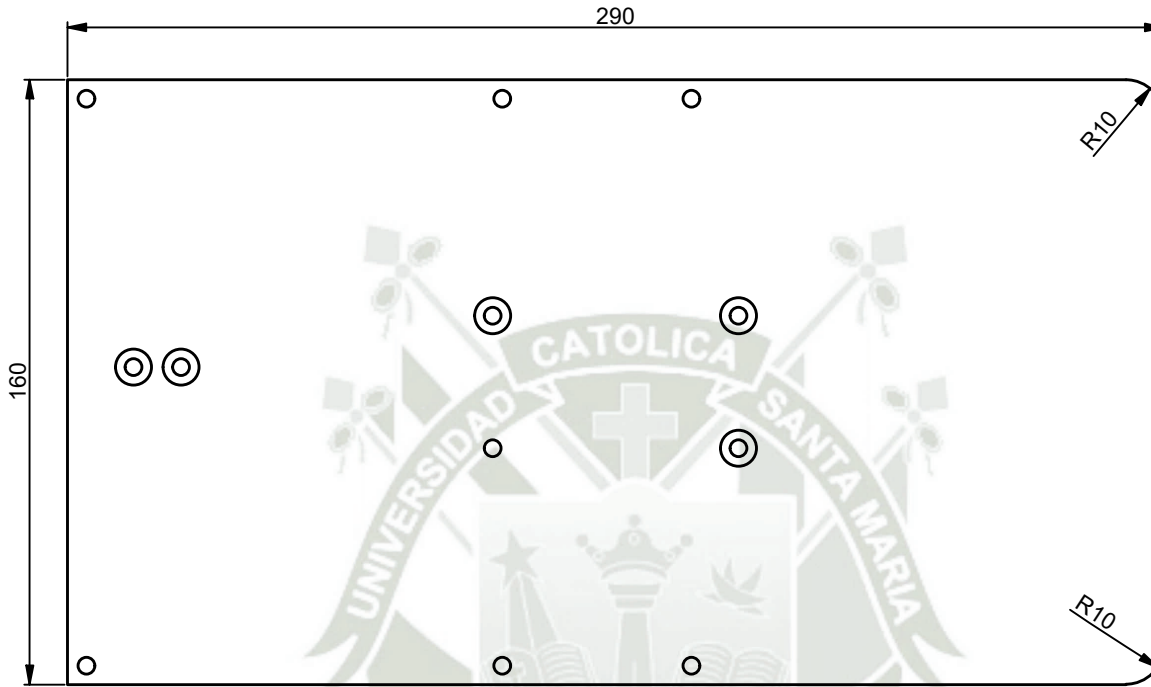
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1

 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO		
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E040-001-2023	Rev: 0	Hoja: 40/54
		Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	



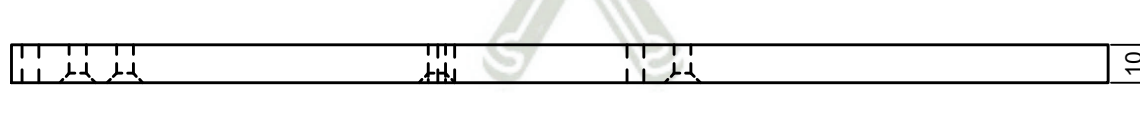
**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1


 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO		
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E041-001-2023	Rev: 0	Hoja: 41/54
		Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	

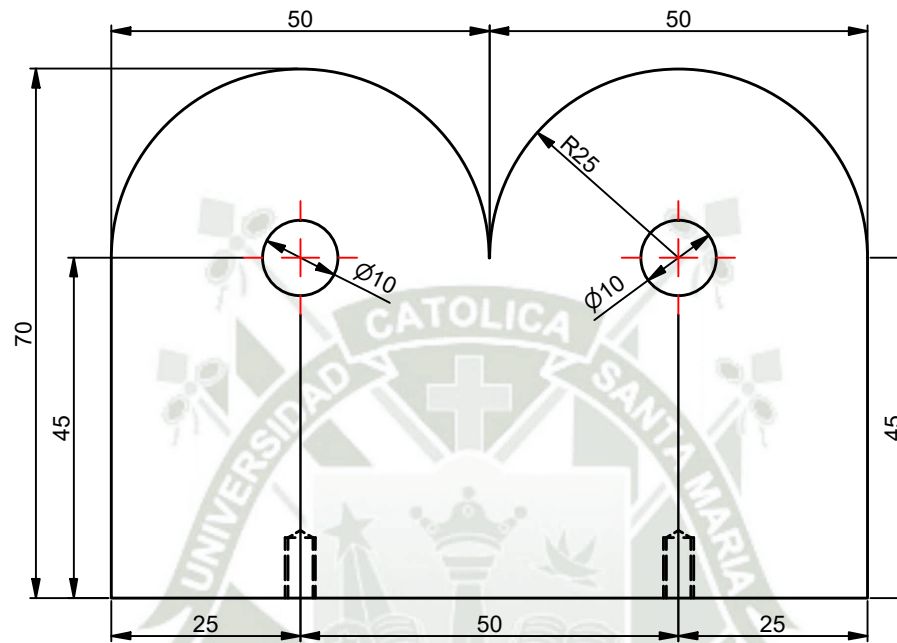


**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.:1 : 2




 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E042-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>

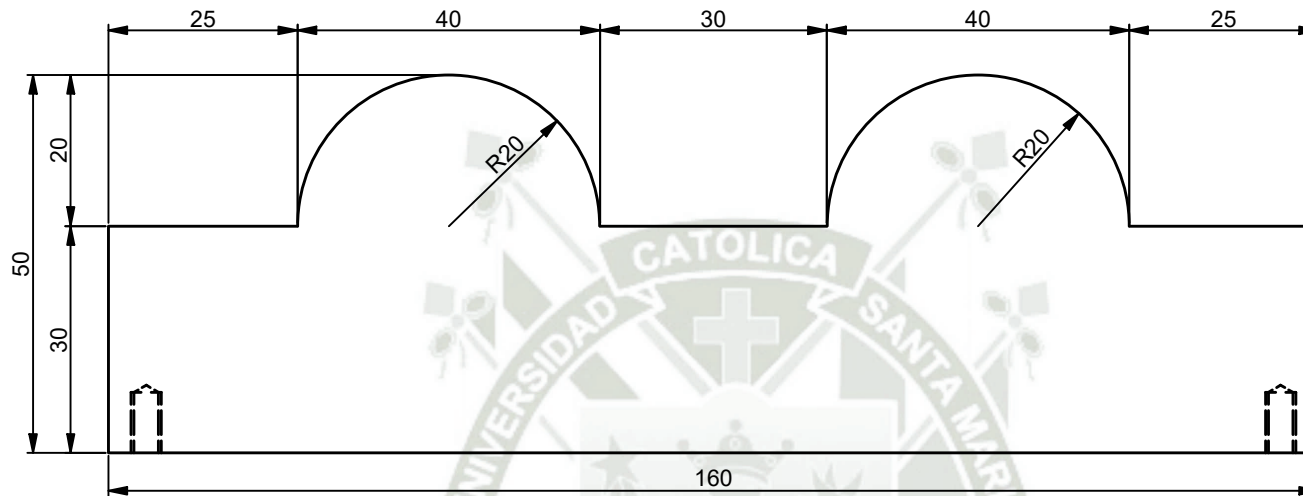


HABILITADO - EQUIPO

ESC.:1 : 1




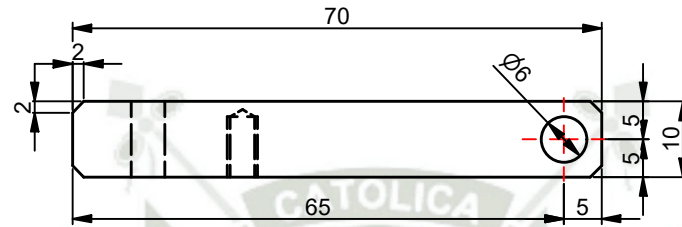
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E043-001-2023</p>	<p>Escala: Indicada</p>
		<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Hoja: 43/54</p>



**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.:1 : 1

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>		
	<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E044-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Hoja: 44/54</p>
		<p>Escala: Indicada</p>	<p>Form: A3</p>	<p>Fecha: 28/10/2023</p>	



**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.:1 : 1



Universidad Católica  
de Santa María

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,  
Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Curso - Sección / Grupo o Tesis:

Diseño de Maquina de Electrospinning

Creado por:  
Misael Sanchez Cabanillas  
Manuel Macport

Aprobado por:  
Jorge L. Castro

Tipo de Documento:  
HABILITADO

Título, Subtítulo:  
  
PLANOS.dwg

Numero de Referencia:  
E045-001-2023

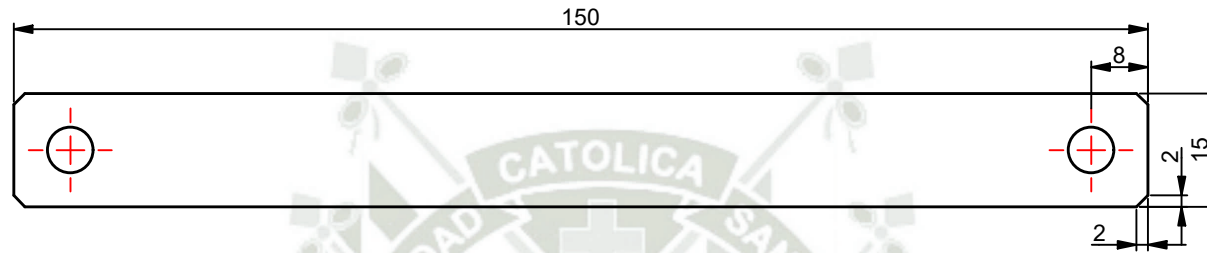
Rev:  
0

Escala:  
Indicada

Form:  
A3


Fecha:  
28/10/2023

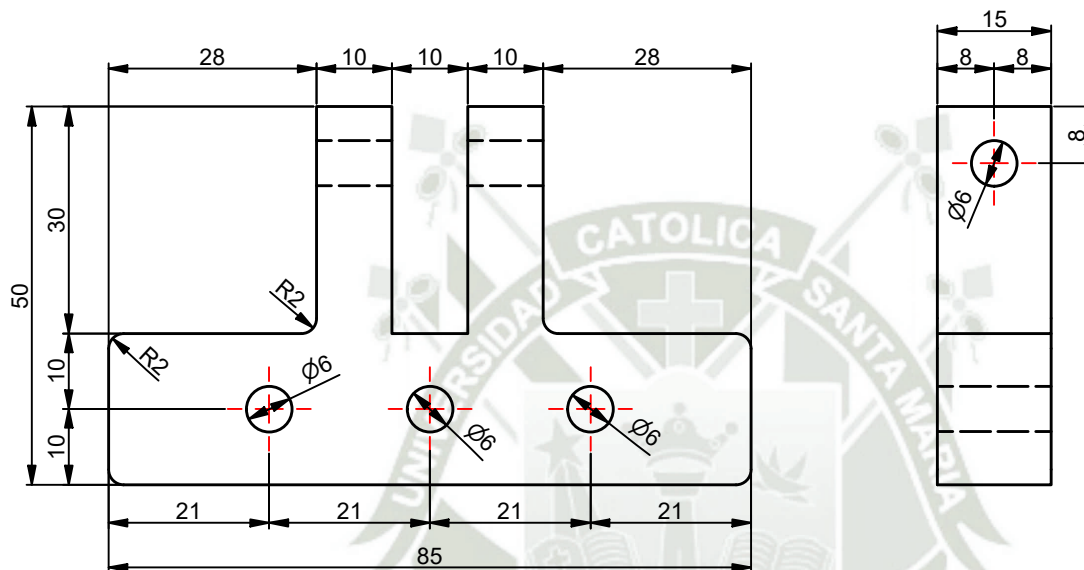
Hoja:  
45/54



**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1



 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo: PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E046-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 46/54	Rev: 0



**HABILITADO - pp26**  
 ESC.:1 : 1



Universidad Católica  
 de Santa María

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,  
 Mecánica Eléctrica y Mecatrónica

Curso - Sección / Grupo o Tesis:  
 Diseño de Maquina de Electrospinning

Creado por:  
 Misael Sanchez Cabanillas  
 Manuel Macport

Aprobado por:  
 Jorge L. Castro

Tipo de Documento:  
 HABILITADO

Título, Subtítulo:  
 PLANOS.dwg

Numero de Referencia:  
 E047-001-2023

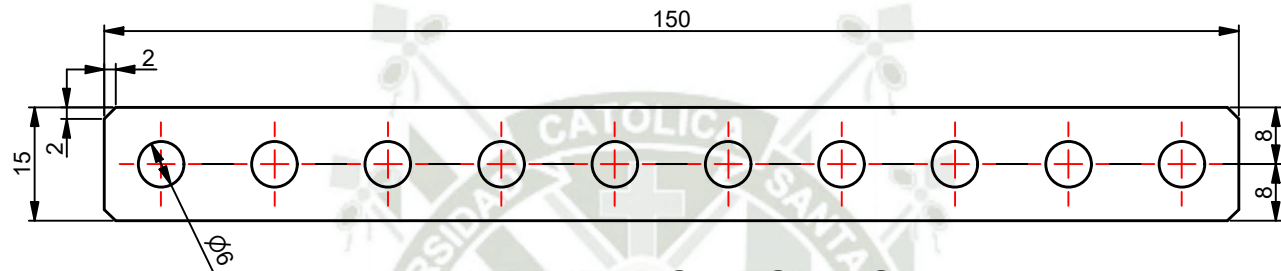
Rev:  
 0

Escala:  
 Indicada

Form:  
 A3


Fecha:  
 28/10/2023

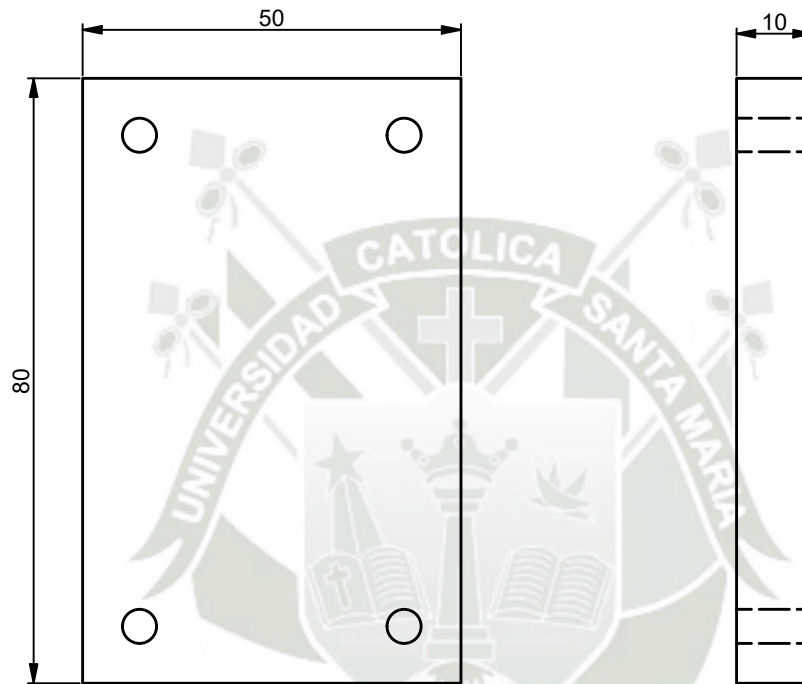
Hoja:  
 47/54



**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 1




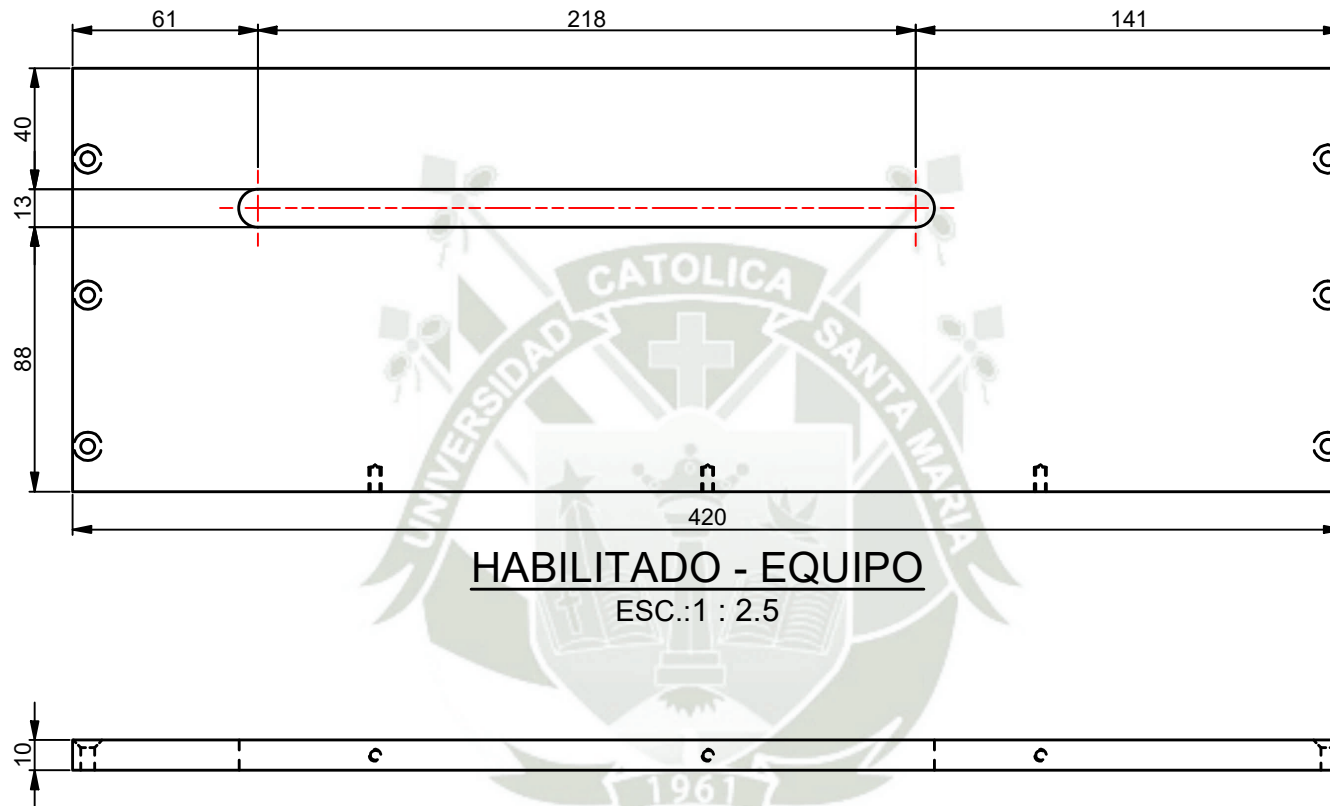
 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E048-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 48/54	Rev: 0




**HABILITADO - EQUIPO**

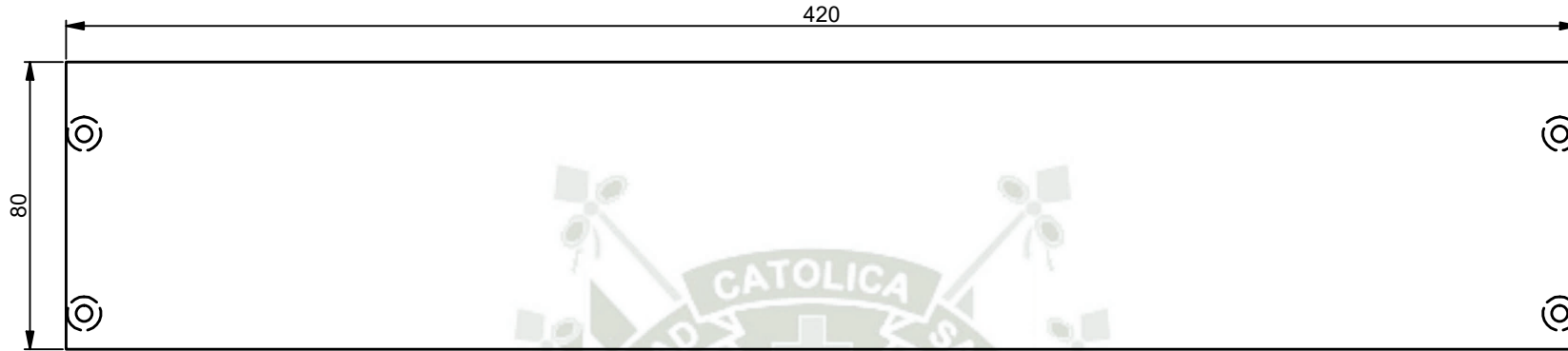
ESC.:1 : 1

 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning	Titulo, Subtitulo: PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E049-001-2023	Escala: Indicada
		Fecha: 28/10/2023	Hoja: 49/54	Rev: 0



**HABILITADO - EQUIPO**  
 ESC.:1 : 2.5


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E050-001-2023		Rev: 0
	Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning		Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 50/54

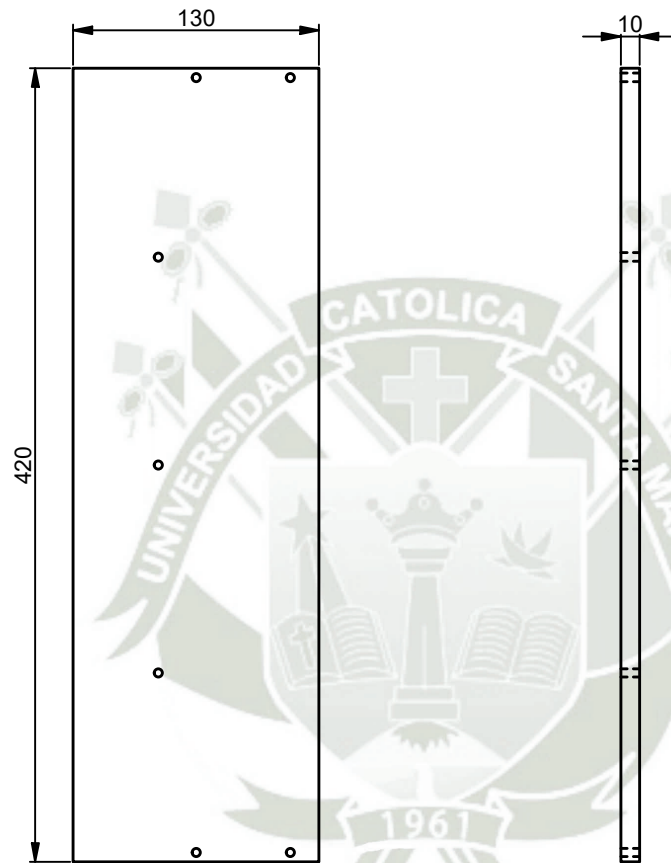


**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.:1 : 2




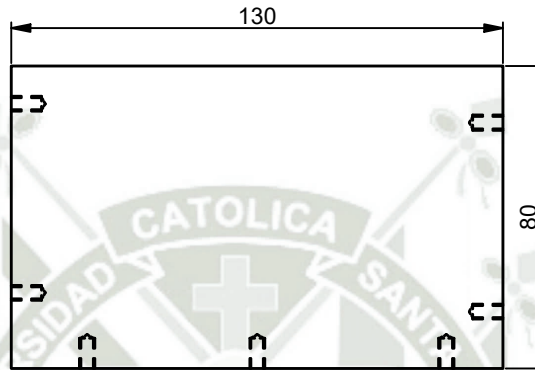
 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	<p>Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport</p>	<p>Aprobado por: Jorge L. Castro</p>	<p>Tipo de Documento: HABILITADO</p>	
	<p>Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg</p>	<p>Numero de Referencia: E051-001-2023</p>	<p>Rev: 0</p>	<p>Escala: Indicada</p>
<p>Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning</p>		<p>Fecha: 28/10/2023</p>	<p>Hoja: 51/54</p>	



**HABILITADO - EQUIPO**

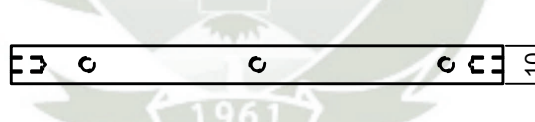
ESC.:1 : 4


 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b></p> <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport		Aprobado por: Jorge L. Castro		Tipo de Documento: HABILITADO	
	Título, Subtítulo:  PLANOS.dwg			Numero de Referencia: E052-001-2023		Rev: 0
				Escala: Indicada	Form: A3	Fecha: 28/10/2023
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning						



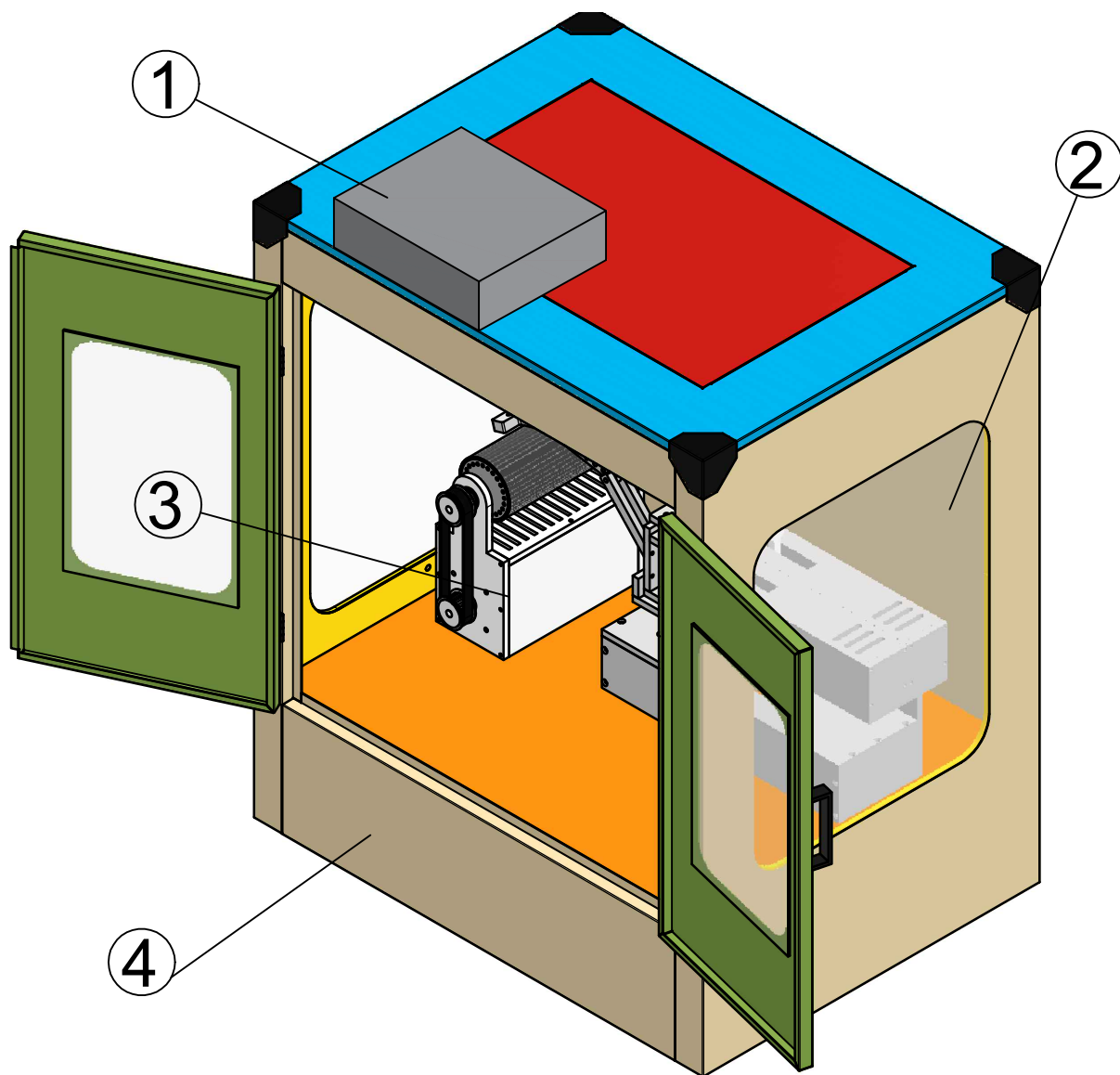
**HABILITADO - EQUIPO**

ESC.:1 : 2




 <b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: HABILITADO	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg	Numero de Referencia: E053-001-2023	Escala: Indicada	Form: A3
Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Maquina de Electrospinning			Rev: 0	Hoja: 53/54

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ELEVADOR DE VOLTAJE	
2	1	VENTANAS DE MAQUINA	ACRILICO
3	1	MECANISMO DE MAQUINA	POLIAMIDA
4	1	ESTRUCTURA DE MAQUINA	ACERO A36



**ISOMETRICO 02**  
ESC.: 1 : 6

 <p><b>Universidad Católica de Santa María</b> Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica Curso - Sección / Grupo o Tesis: Diseño de Máquina de Electrospinning</p>	Creado por: Misael Sanchez Cabanillas Manuel Macport	Aprobado por: Jorge L. Castro	Tipo de Documento: ENSAMBLE	
	Titulo, Subtitulo:  PLANOS.dwg		Numero de Referencia: E54-001-2023	Rev: 0
	Escala: Indicada	Form: A4	Fecha: 28/10/2023	Hoja: 54/54