



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

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO  
DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico

**Autor:**

Cumba Jaguaco Byron Eduardo

**Tutor:**

Ing. M.Sc. Andrés German Arévalo Zabala

Latacunga - Ecuador

Julio 2019



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Cumba Jaguaco Byron Eduardo declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.”**, siendo el Ing. M.Sc. Andrés German Arévalo Zabala tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....  
**Cumba Jaguaco Byron Eduardo**

**C.I.: 172473868-5**



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.”**, de Cumba Jaguaco Byron Eduardo, de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019

El Tutor

.....  
**Ing. M.Sc. Andrés German Arévalo Zabala**

**C.I.: 171032684-2**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Cumba Jaguaco Byron Eduardo, con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2019

Para constancia firman:

.....  
**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre: Dr. PhD. Enrique Torres**

**C.I.: 175712194-0**

.....  
**Lector 2**

**Nombre: ME.ng. Jefferson Porras**

**C.I.: 070440044-9**

.....  
**Lector 3**

**Nombre: M.sc. Cristian Gallardo**

**C.I.: 050284769-2**

**AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

Señores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Ciudad. -

En calidad de Gerente General de la empresa "SIPROELECTRIK S.A.", confirma la realización del proyecto "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.", Implementado por el señor, **Cumba Jaguaco Byron Eduardo**, estudiantes de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Bajo la supervisión y coordinación de la empresa.

Acepto conocer y estar conforme con los términos y condiciones de las actividades que se van a realizar dentro de la empresa para la ejecución del proyecto del señor estudiante.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente documento para que el interesado pueda hacer uso en fines que crea conveniente.

Atentamente:



**SIPROELECTRIK S.A.**  
RUC: 1792243963001

.....  
Diego Hernán Simbaña Iza

GERENTE GENERAL

## ÍNDICE GENERAL

1. INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica .....	2
2.2. Tipo de alcance .....	2
4.3. Área de conocimiento.....	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	3
2.5. Objeto de estudio y campo de acción.....	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción .....	3
2.6. Situación problemática y problema.....	3
2.6.1. Situación problemática.....	3
2.6.2. Problema .....	4
2.7. Hipótesis o formulación de pregunta directriz .....	4
2.8. Objetivos .....	4
2.8.1. Objetivo general .....	4
2.8.2. Objetivos específicos.....	4
2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	5
3. MARCO TEÓRICO .....	6
3.1. Análisis de los trabajos precedentes.....	6
3.2. Proceso de secado de motores eléctricos.....	6
3.3. Horno eléctrico.....	7
3.4. Tipos de hornos - clasificación.....	8
3.4.1. Muflas eléctricas .....	8
3.4.2. Horno eléctrico.....	9
3.4.3. Horno pirolítico .....	10
3.5. Barnices de aislamiento.....	11
3.5.1. Clasificación de los barnices: .....	11
3.5.2. Proceso del Barnizado.....	12
3.6. Sistema de calentamiento .....	12
3.8. Termocupla .....	14
3.7. Sistema de aislamiento.....	15
3.7.1. Lana AW .....	15
3.7.2. Acero galvanizado.....	16
3.8. Estructura .....	17

3.8.1. Acero laminado caliente .....	17
3.9. Sistema de control .....	17
3.9.1. Contactador .....	17
3.9.2. Pulsadores .....	18
3.9.3. Paro de emergencia .....	18
3.9.4. Controlador de temperatura.....	18
3.9.4.1. Control de temperatura On / Off .....	19
3.9.4.2. Control de temperatura PID .....	19
4. METODOLOGÍA .....	21
4.1. Tipos de investigación.....	21
4.1.1. Investigación bibliográfica .....	21
4.1.2. Investigación de campo .....	21
4.1.3. Investigación experimental .....	21
4.2. Métodos de investigación.....	21
4.2.1. Método científico .....	21
4.2.2. Método de observación .....	22
4.3. Técnicas.....	22
4.4. Medición de variables .....	22
4.5. Herramientas y equipos .....	23
4.6. Procedimiento de cálculo para el diseño e implementación del horno eléctrico.....	23
4.6.1. Dimensiones internas del horno .....	23
4.6.2. Clase, dimensiones y peso de la carga .....	24
4.7. Ecuaciones para el diseño térmico .....	24
4.7.1. Selección del aislamiento térmico .....	24
4.7.2. Ecuación para la cantidad de calor requerida por el sistema.....	25
4.8. Ecuación de las pérdidas de calor por conducción.....	26
4.8.1. Ecuación para el calor acumulado en las paredes .....	27
4.9. Ecuaciones de las pérdidas de calor por convección.....	27
4.9.1. Pérdidas de calor por convección libre o natural.....	27
4.10. Pérdidas de calor por radiación .....	31
4.11. Calor necesario para la carga .....	31
4.11.1. Ecuación para el cálculo del volumen del motor.....	32
4.11.2. Ecuación para el contenido de humedad del motor.....	32
4.12. Dimensionamiento de las resistencias .....	32
4.12.1. Elementos a utilizar.....	33

4.12.2. Carga específica .....	33
4.12.3. Coeficiente de resistividad .....	33
4.12.4. Elementos de la resistencia .....	33
4.13. Ecuación del diámetro del hilo de la resistencia .....	34
4.14. Ecuación de la longitud radiante del hilo .....	34
4.15. Diámetro de la espiral .....	34
4.16. Número de espiras .....	35
4.17. Paso del arrollamiento .....	35
4.18. Ecuación para el elemento regulador del horno .....	35
4.19. Ecuación para determinar el valor de la resistencia .....	36
4.20. Ecuación para determinar el fusible del circuito de fuerza .....	36
4.21. Ecuación para el dimensionamiento del elemento termo magnético (Breaker) .....	37
4.22. Estructura metálica .....	37
4.22.1. Diseño general .....	37
4.22.2. Dimensionamiento estructural .....	37
4.22.2.1. Estructura del horno .....	37
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	38
5.1. Alcance .....	38
5.2. Boceto .....	38
5.3. Cálculo estructural .....	38
5.3.1. Ingeniería en detalle .....	38
5.3.2. Análisis de resultados, en la estructura del horno .....	39
5.3.3. Análisis de resultados en el coche .....	41
5.4. Selección del espesor de la lana mineral de fibra de vidrio .....	43
5.5. Resultados de la memoria de cálculo .....	43
5.6. Análisis de resultados de la memoria de cálculo .....	46
5.7. Curva de comportamiento del horno .....	47
6. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	48
6.1. Costos directos .....	48
6.2. Costos indirectos .....	49
6.3. Costo total de inversión .....	50
6.4. Ingresos de producción .....	50
6.5. Egresos de producción .....	50
6.6. Análisis del VAN y TIR .....	51
6.7. Ahorro producido por la máquina .....	52
7. ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	53

7.1. Impacto práctico.....	53
7.2. Impacto tecnológico.....	53
7.3. Impacto ambiental.....	53
7.4. Impacto económico.....	53
8. CONCLUSIONES:.....	53
9. RECOMENDACIONES:.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proceso de barnizado recomendado para el BC 346A de Dolphs .....	7
<b>Figura 2.</b> Horno Mufla.....	9
<b>Figura 3.</b> Horno Pirolítco .....	10
<b>Figura 4.</b> Barniz DOLPH'S BC-346-A-1 .....	12
<b>Figura 5.</b> Resistencias eléctricas de hilo bobinado .....	12
<b>Figura 6.</b> Tipos de Termocuplas .....	14
<b>Figura 7.</b> Termocuplas con su rango de temperatura y su equivalente en mv.....	15
<b>Figura 8.</b> Lana mineral de fibra de vidrio.....	15
<b>Figura 9.</b> Lámina de acero galvanizado.....	17
<b>Figura 10.</b> Elementos fundamentales en el sistema de control, contactor, pulsadores, pulsador de emergencia. ....	18
<b>Figura 11.</b> Controlador de temperatura Programable. ....	20
<b>Figura 12.</b> Transferencia de calor a través de las paredes. ....	26
<b>Figura 13.</b> Circuito de resistencias. ....	26
<b>Figura 14.</b> Elementos de resistencia. ....	33
<b>Figura 15.</b> Boceto del horno. ....	38
<b>Figura 16.</b> Resultados del análisis de tensiones.....	39
<b>Figura 17.</b> Resultados del análisis de desplazamiento.....	39
<b>Figura 18.</b> Resultados del análisis de la deformación unitaria. ....	40
<b>Figura 19.</b> Resultados del análisis factor de seguridad.....	40
<b>Figura 20.</b> Resultados del análisis del coche, tensiones. ....	41
<b>Figura 21.</b> Resultados del análisis del coche, desplazamiento. ....	41
<b>Figura 22.</b> Resultados del análisis del coche, deformación unitaria.....	42
<b>Figura 23.</b> Resultados del análisis del coche, factor de seguridad. ....	42
<b>Figura 25.</b> Curva de comportamiento del horno.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tareas por cumplir.....	5
<b>Tabla 2.</b> Especificaciones técnicas de lana de fibra de vidrio. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Datos obtenidos en la empresa SIPROELECTRIK S.A.....	22
<b>Tabla 4.</b> Variables medidas.....	23
<b>Tabla 5.</b> Medidas de las cargas. ....	23
<b>Tabla 6.</b> Tabla de temperatura en las paredes en fusión del espesor aislante.....	43
<b>Tabla 7.</b> Resultados del dimensionamiento y cálculo para las pérdidas de calor por conducción y el calor acumulado en las paredes.....	43
<b>Tabla 8.</b> Valores interpolados obtenidos de la tabla A-4 Incropera. ....	44
<b>Tabla 9.</b> Resultados del cálculo para las pérdidas de calor por convección libre o natural....	44
<b>Tabla 10.</b> Resultados del cálculo para las pérdidas de radiación y la energía requerida por la carga.....	45
<b>Tabla 11.</b> Resultados del cálculo para el diseño de las resistencias y las protecciones del circuito.....	46
<b>Tabla 12.</b> Costos directos.....	48
<b>Tabla 13.</b> Costos indirectos. ....	50
<b>Tabla 14.</b> Costo total.....	50
<b>Tabla 15.</b> Ingresos de producción.....	50
<b>Tabla 16.</b> Egresos de producción.....	51
<b>Tabla 17.</b> Cálculo del VAN y TIR.....	51
<b>Tabla 18.</b> Ahorro generado.....	52

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRIK S.A.”

**Autor:** Cumba Jaguaco Byron Eduardo

### RESUMEN

En el desarrollo de sistemas de mantenimiento de las máquinas eléctricas, como son motores, transformadores, generadores existen ciertos procesos que permiten realizar de forma eficiente el mantenimiento de los mismos, el proyecto de ingeniería se realiza en el sector de la Armenia provincia de Pichincha, en la empresa “SIPROELECTRICK S.A.” en la que se requiere un mejor proceso para el secado del barniz en los motores y sustituir los procesos tradicionales que actualmente se manejan en la empresa.

La finalidad principal de esta investigación es diseñar e implementar un horno eléctrico para el secado de motores, generadores y transformadores utilizando tecnología existente en el mercado.

El horno implementado está construido, con métodos tecnológicos que ayudan a controlar y optimizar el tiempo de secado de los motores. El horno está fabricado con elementos electromecánicos, donde el calor proporcionado es a base de resistencias eléctricas cuya potencia es de 2000 (W), cada una. Se utiliza un pirómetro como herramienta para mantener una temperatura estable dentro del horno, el cual está diseñado para alcanzar un máximo de 200°C, con una carga máxima de un motor de 75 hp. El horno tiene implementado un temporizador OFF-DELAY para controlar la duración del secado de los motores optimizando el tiempo del proceso para el operario.

Con la implantación de esta máquina es posible controlar parámetros antes mencionados teniendo una reducción de 20 minutos en el proceso de secado y una optimización en el consumo de la energía eléctrica. También se logra un proceso más seguro y sencillo para el operario, logrado a través de la implementación del sistema de control mediante un tablero de fácil manipulación.

**Palabras claves:** Horno eléctrico, monitoreo de temperatura, control del tiempo, resistencia eléctrica.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING SCIENCES AND APPLIED**

**TITLE:** "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRIC OVEN FOR THE DRYING OF ENGINES IN THE COMPANY SIPROELECTRIK S.A."

**Author:** Cumba Jaguaco Byron Eduardo

**ABSTRACT**

In the development of maintenance systems of electrical machines, such as motors, transformers, generators there are certain processes that allowed to efficiently carry out the maintenance of the same, the engineering project was carried out in the Province of Pichincha, in La Armenia, in the company "SIPROELECTRICK S.A.", in which a better process was required for the drying of the varnish in the engines and to replace the traditional processes that are currently handled in the company. The main purpose of this research was to design and implement an electric oven for drying engines, generators and transformers using technology existing in the market. The oven implemented was built with technological methods that helped to the control and optimization the drying time of the motors. The furnace was manufactured with electromechanical elements, where the heat provided its operation is based on electrical resistances whose power is 2000 W, each. Use of a pyrometer as a tool to maintain a stable temperature inside the oven, which is designed to reach a maximum temperature of 200 ° C, with a maximum engine load of 75 hp. The furnace has been implemented an OFF-DELAY timer to control the duration of drying of the engines optimizing the time of the process for the operator. With the implementation of this machine it was possible to control parameters mentioned above by means having a reduction of 20 minutes in the drying process and an optimization in the consumption of the electrical energy. It also achieves a safer and simpler process for the operator, achieved through the implementation of the control system through an easy to manipulate board.

**Key words:** Electric oven, temperature control, temperature monitoring, time control, electric resistance.



## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: CUMBA JAGUACO BYRON EDUARDO**, cuyo título versa **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA "SIPROELECTRIK S.A."**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

.....  
**Lic. José Ignacio Andrade M.**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

**C.C.: 050310104-0**



## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR:**

- Cumba Jaguaco Byron Eduardo

### **TEMA APROBADO:**

Diseño e implementación de un horno eléctrico para el secado de motores en la empresa “SIPROELECTRIK S.A.”

### **CARRERA:**

Ingeniería en Electromecánica

### **DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Ing. M.Sc. Andrés German Arévalo Zabala

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

#### **Tutor**

Nombres: Andrés German  
Apellidos: Arévalo Zabala  
Cédula de identidad: 171032684-2  
Email: andres.arevalo6842@utc.edu.ec

#### **Coordinador 1:**

Nombres: Byron Eduardo  
Apellidos: Cumba Jaguaco  
Cédula de identidad: 172473868-5  
Celular: 0961472204  
Dirección: Machachi  
Email: byron.cumba5@utc.edu.ec

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

Sierra (Zona 2), Pichincha, Quito, Conocoto

**TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:** 2018 - 2019**FECHA DE ENTREGA:** Junio 2019**LÍNEAS Y SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**

- **Línea de investigación de la universidad**

Línea 4: Procesos industriales

- **Línea de investigación de la carrera**

Línea 3: Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

**TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Desarrollo tecnológico en el diseño y construcción de un horno eléctrico para el secado de motores, a base de un sistema electromecánico que permita mantener una temperatura estable en el proceso y también controlar el tiempo de secado.

**2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA****2.1. Título de la propuesta tecnológica**

Diseño e implementación de un horno eléctrico para el secado de motores en la empresa SIPROELECTRIK S.A.

**2.2. Tipo de alcance**

**Productivo:** Mejorar las condiciones del proceso de secado en el mantenimiento de motores, generadores y transformadores que oferta la empresa.

**4.3. Área de conocimiento**

**Área:** Ingeniería, industria y construcción. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES, 2019)

**Sub área:** 52 Ingeniería y profesiones afines. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

**Sub área específica de conocimiento:**

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

## **2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica**

La importancia del proyecto radica en que permitirá mejorar la prestación de servicios en la empresa “SIPROELECTRIK S.A.”, mediante el diseño e implementación de un horno eléctrico para el secado de motores.

El motivo por el cual se implementa el horno eléctrico para el secado de motores en la empresa es el resultado de búsqueda y necesidad por obtener mejores niveles de rendimiento y calidad, en sus servicios, mediante el remplazo de métodos tradicionales por nuevos avances tecnológicos que se pueden implementar en la empresa, evitando así el uso del gas GLP que incumple con el reglamento técnico de comercialización de gas licuado.

En el artículo 1 apartado 26 se manifiesta que el uso del GLP en el sector industrial debe ser el tanque de 45 kilogramos y no el de uso doméstico. De este modo la propuesta tecnológica al usar resistencias de niquelina como fuente calor, brindará beneficios de producción en el secado y teniendo un proceso controlado, usando como fuente la energía eléctrica, de tal forma se garantiza un ambiente adecuado y seguro para el personal de trabajo, lo cual conllevará a optimizar el tiempo en los procesos, reducción de costos y retorno de la inversión a corto plazo.

## **2.5. Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1. Objeto de estudio**

Diseño de un horno eléctrico para el secado de motores, el cual permitirá tener una temperatura estable y un control del tiempo para el correcto curado de los bobinados en los motores.

### **2.5.2. Campo de acción**

Implementación de una máquina que permita el secado de motores eléctricos, teniendo un control y monitoreo de la temperatura, como también un control del tiempo de secado, lo que permitirá optimizar el tiempo del proceso.

## **2.6. Situación problemática y problema**

### **2.6.1. Situación problemática**

Dada la ausencia de un horno para secado de motores en la empresa SIPROELECTRIK S.A., por mejorar sus actividades laborales, y siendo en si las necesidades de sus potenciales clientes, nuestra propuesta de horno para secado de motores, mejoraría de gran manera el desempeño de

sus actividades teniendo directamente un impacto económico, y satisfaciendo las necesidades de sus clientes.

### **2.6.2. Problema**

¿Cómo incide la falta de un horno para el secado de motores eléctricos en una empresa que brinda servicios de reparación y rebobinado de motores eléctricos, generadores, transformadores, entre otros servicios?

### **2.7. Hipótesis o formulación de pregunta directriz**

Al implementar el horno eléctrico para el secado bobinados se permitirá una correcta supervisión y control del proceso y tiempo en el secado de los motores, transformadores y generadores.

### **2.8. Objetivos**

#### **2.8.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar un horno eléctrico con tecnología existente en el mercado, usando resistencias para el secado de motores eléctricos en la empresa “SIPROELECTRIK S.A.” en la ciudad de Quito.

#### **2.8.2. Objetivos específicos**

- Efectuar una revisión teórica de los componentes, variables que intervienen en el diseño de la propuesta tecnológica.
- Diseñar la estructura mecánica y térmica que mejor se ajuste a las necesidades y utilizar elementos de control, asociando toda la información recolectada y utilizarla para la elaboración del proyecto.
- Construir, instalar y verificar el funcionamiento del horno secador de motores en las instalaciones de SIPROELECTRIK.S.A.

## 2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

**Tabla 1.** Tareas por cumplir

<b>Objetivos</b>	<b>Tareas por cumplir</b>
<p>Efectuar una revisión teórica de los componentes, variables que intervienen en el diseño de la propuesta tecnológica.</p>	<p>Investigar y analizar diferentes fuentes bibliográficas, sobre las cuales se sustente el marco teórico.</p>
	<p>Investigar los diferentes procesos y materiales con los que se realiza el secado de motores.</p>
	<p>Identificar los materiales más adecuados para el diseño la propuesta tecnológica existentes en el mercado.</p>
<p>Diseñar la estructura mecánica y térmica que mejor se ajuste a las necesidades y utilizar elementos de control, asociando toda la información recolectada y utilizarla para la elaboración del proyecto.</p>	<p>Establecer el procedimiento de diseño a través de los cálculos respectivos.</p>
	<p>Diseñar los planos de la estructura mecánica, así como de sus componentes en un software CAD.</p>
	<p>Seleccionar los materiales y el equipo adecuado para realizar la construcción de la máquina.</p>
<p>Construir, instalar y verificar el funcionamiento del horno secador de motores en las instalaciones de SIPROELECTRIK.S.A.</p>	<p>Adquirir los materiales más adecuados, para la construcción de la máquina.</p>
	<p>Realizar la construcción, pruebas y correcciones para verificar el buen funcionamiento del equipo.</p>
	<p>Instalar la máquina en la empresa para someterla a condiciones reales de trabajo.</p>
	<p>Verificar su correcto funcionamiento en condiciones de trabajo.</p>

### **3. MARCO TEÓRICO**

El presente proyecto muestra, cual es la información más importante para el estudio del tema de este trabajo, dando a resaltar los antecedentes de investigación, cual es el método adecuado para el procedimiento que se debe llevar en cada subproceso para un buen secado de motores, el tiempo que se debe emplear, así como los diferentes elementos existentes para realizar el diseño del horno de secado de motores eléctricos.

#### **3.1. Análisis de los trabajos precedentes**

En los diferentes tipos de procesos industriales es pertinente ejercer un control sobre las diferentes variables que intervienen en cada proceso para asegurar óptimas condiciones de calidad. El proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema automático de control HVCA de temperatura de un horno eléctrico industrial, que permita mantener una temperatura de secado constante de los bobinados de motores y generadores eléctricos. [1]

El horno mufla puede alcanzar temperaturas sobre los 1000°C y sirve para el calentamiento de materiales que son sometidos a distintos procesos de tratamiento térmico. Estos hornos también son utilizados en varias aplicaciones; así, en la metalurgia, en el secado y calcinación precipitadas, ensayos de flamabilidad a alta temperatura, aleaciones metálicas, templado, ensayos de fundición y otras que necesitan de un tratamiento por calor. [2]

La implementación del horno automatizado que ayude al estudiante a comprender las reacciones físicas que sufre un material al alterar la temperatura del mismo. Es abordada por algunos autores al decir: “Es un proyecto innovador que trasciende de procesos tradicionales bajo los cuales se realizaba tratamientos térmicos a distintas piezas destinadas a diferentes usos, donde se usa un sensor para medir temperaturas que van desde 100°C hasta 1100°C acompañados con elementos electrónicos.” [3]

#### **3.2. Proceso de secado de motores eléctricos**

Para realizar el secado de los motores, usando hornos eléctricos procedemos a seguir los siguientes pasos: [4]

1. Precalentar: elimina humedad, libera tensiones concentradas, elimina el barniz gastado, prepara el bobinado para recibir el barniz.
2. Barnizar: por inmersión, spray o goteo. Si es por inmersión (el más recomendado), dejar un tiempo sumergido con el estator a una temperatura de 60 °c, para una mejor impregnación del nuevo barniz.

3. Ecurrir: suspender el estator al aire libre por un periodo de 15 a 30 minutos, permitir a los excedentes del barniz abandonar el estator.
4. Horneado/curado: ingresar el estator al horno por un tiempo y a una temperatura según indique el fabricante del barniz o resina.

Al momento de realizar este proceso es recomendable basarnos en la Norma IEC 60085 del aislamiento dieléctrico evaluación y designaciones térmicas, siguiendo las recordaciones del fabricante del barniz que se use. Observar la figura 1.



**Figura 1.** Proceso de barnizado recomendado para el barniz BC 346A de Dolphs.

**Fuente:** [4]

### 3.3. Horno eléctrico

Un horno eléctrico es una máquina compuesta por varios materiales aislantes que tienen como fin el conservar temperaturas establecidas por el operario, para realizar distintos tipos de operaciones industriales como: fundición de metales, calcinados, tratamientos térmicos, entre otros.

La circulación de aire por convección es importante para asegurar una temperatura uniforme en el interior del horno. Por otro lado, la extracción de gases producto del curado del barniz es clave para evitar el fenómeno conocido como Lavado del barniz, que se da cuando los gases de los solventes quedan en el interior de la cámara del horno, desplazando el barniz del bobinado, el fenómeno es el siguiente: [5]

El propio solvente al calentarse y ascender puede llegar a arrastrar en su convección el barniz que hay en la parte exterior del bobinado.

Los solventes al ir saliendo por evaporación arrastran la capa de barniz exterior hasta dejarlo completamente limpio.

Funciones del horno para secado de motores

Promover la reacción química de solidificación, en resinas sin solventes.

### **3.4. Tipos de hornos - clasificación**

Los hornos más utilizados en la industria, son aquellos donde se calientan los materiales y las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente.

La forma de calentamiento da lugar a la clasificación de los hornos, con diversos tipos donde mencionamos algunos: [6]

- Hornos de llama.
- Hornos mufla eléctricos.
- Hornos eléctricos
- Hornos pirolítico.

#### **3.4.1. Muflas eléctricas**

Las muflas eléctricas son aquellas que cuentan con hornos generalmente pequeños con resistencias calefactoras ocultas, como se muestra en la figura 2. Estas son ampliamente utilizadas en laboratorios, talleres pequeños o consultorios dentales. [7]

Las muflas se componen por ciertos elementos necesarios para su correcto funcionamiento, entre ellos:

- Gabinete interno.
- Contrapuerta.
- Gabinete externo.
- Controladores de temperatura.
- Panel de control.



**Figura 2.** Horno Mufla  
**Fuente:** [8]

### 3.4.2. Horno eléctrico

Los hornos eléctricos por resistencias o más conocidos como hornos industriales, son equipos o dispositivos utilizados, en la industria en la que se calienta piezas o elementos colocados en su interior por encima de una temperatura ambiente. Como se observa en la figura 3. Se pueden también plantear las aplicaciones de los hornos industriales en relación con el procedimiento procesos utilizados. Desde este punto de vista se clasifican de la siguiente forma: [9]

- Sintetizado y calcinado
- Fusión de metales
- Calentamiento de materiales
- Tratamiento térmico de metales
- Secado en general, reducción del contenido de humedad en ciertos elementos (bobinados)



**Figura 3.** Horno eléctrico.  
**Fuente:** [10]

### 3.4.3. Horno pirolítico

“Un horno pirolítico es utilizado para la remoción de resina. La pirólisis es un proceso que quema la resina, barnices o cualquier clase de material orgánico. Esto permite que luego de realizar este proceso en un motor, se puedan quitar los bobinados en unos segundos.

La otra función que brinda el horno pirolítico es la de secado, observar figura 4. Después de haber reparado el motor, hay que volver a poner adentro la resina y luego secarla.” [11]

#### Ventajas del Horno Pirolítico:

- Bajas emisiones de contaminante
- Alta eficiencia energética
- Seguro para operadores, equipado con dispositivos de seguridad
- El sistema está completamente automatizado. Después de insertar los objetos solo se arranca el ciclo y se espera el final
- Se requiere bajo mantenimiento
- Evita cualquier deformación o daño en los motores
- Es posible quitar resinas en múltiples motores al mismo tiempo, por lo que se reduce el tiempo de proceso



**Figura 4.** Horno Pirolítico

**Fuente:** [11]

Luego de indagar en los diferentes tipos de horno y ver sus características el más óptimo para este diseño es el horno eléctrico, el cual tiene la doble funcionalidad característica del horno pirolítico, las cuales son poder alcanzar temperaturas elevadas para poder retirar el bobinado

viejo a los motores y la regulación y control de la temperatura en el interior del horno para el secado del barniz en el nuevo bobinado durante un tiempo establecido.

### **3.5. Barnices de aislamiento**

El recubrimiento de barniz, también llamado aislamiento secundario, es una parte importante del sistema de aislamiento del motor eléctrico. Barnices de diferentes tipos son usados en el sistema de aislamiento de máquinas eléctricas para propósitos de impregnación y aplicaciones de terminación. Las ventajas de estos recubrimientos son:

- Aumento de la rigidez mecánica en los alambres del bobinado
- Mejora las propiedades dieléctricas
- Mejora la capacidad de conducción térmica
- Protección del bobinado contra la humedad y el entorno corrosivo químico.

#### **3.5.1. Clasificación de los barnices:**

- Aplicaciones del barniz
- Tipos de curado del barniz
- Material usado en la composición básica del barniz

Lo más recomendable es usar aplicaciones de barniz mediante el método de inmersión para el proceso de secado utilizando hornos eléctricos. Se aplicará el barniz más recomendable dependiendo de la aplicación que se realice.

El barniz más recomendable para el requerimiento es el DOLPH'S BC-346-A-1, observe figura 5, debido a las propiedades técnicas que posee, como: [12]

Dolphos BC 346 A es un barniz transparente de 1 componente basado en poliéster modificado.

Dolphos BC 346 A en estado líquido tiene las siguientes características sobresalientes:

- Baja viscosidad a temperatura ambiente.
- Muy buena estabilidad de almacenamiento en el rendimiento del tanque menor.
- Corto tiempo de curado a 135 ° C de temperatura del horno.
- Muy buena penetración al bobinado.



**Figura 5.** Barniz DOLPH'S BC-346-A-1  
**Fuente:** [12]

### 3.5.2. Proceso del Barnizado

Dentro de las sugerencias que especifica el fabricante del barniz, el proceso de inmersión ejemplar: (corresponde, al pre secado de objetos a  $110^{\circ}\text{C}$  y después de enfriar a  $65 - 70^{\circ}\text{C}$ ). [13]

1. Inmersión a temperatura ambiente durante 15 a 30 min.
2. Drenar en la parte superior del tanque durante 15 a 30 min.
3. Curado a  $160^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas (una vez alcanzada la temperatura del objeto) en horno cerrado.
4. Refrigeración ligeramente forzada en la corriente de aire de escape.

### 3.6. Sistema de calentamiento

El sistema de calentamiento de los hornos eléctricos es aquel donde obtienen la energía calorífica a través de resistencias eléctricas que se calientan por el efecto Joule.

Las resistencias transferirán el calor a la carga a través de la radiación, donde su estructura interna es un filamento fabricado de aleaciones especiales para tolerar el flujo de corriente como se muestra en la figura 6.



**Figura 6.** Resistencias eléctricas de hilo bobinado  
**Fuente:** [14]

El calor que se transmite por convección donde es empleado en procesos hasta 200°C. para lo cual se utilizan resistencias de niquelina, que se calentarán hasta la temperatura deseada donde las más comunes son las resistencias de hilo bobinado tipo Kanthal. Existen diversas formas de transmisión de calor. Según dónde se ubiquen las resistencias, los hornos pueden ser de calefacción por la parte inferior, superior o lateral. [14]

El coeficiente de resistividad se muestra en la figura 7, donde la resistividad eléctrica de las aleaciones Fe-Cr-Al. Es notablemente más elevada que las aleaciones Ni-Cr, lo que resulta favorable en el cálculo de las resistencias en hornos eléctricos. [15]

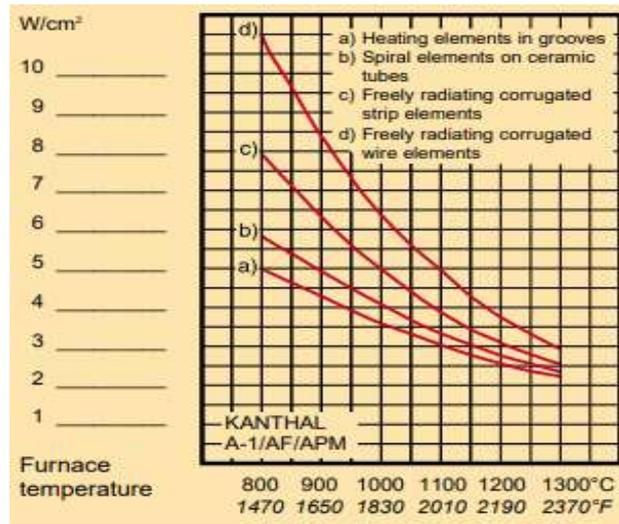
Aleación	22-6 PM	22- 6	22- 5	22- 4	14- 4
resistividad eléctrica $\mu\Omega\text{cm}$					
coeficiente de resistividad:					
20 °C	145	145	139	135	125
20°C	1	1	1	1	1
100°C	1	1	1	1	1,01
200°C	1	1	1,01	1,01	1,02
300°C	1	1	1,01	1,01	1,03
400°C	1	1	1,02	1,02	1,04
500°C	1,01	1,01	1,03	1,03	1,05
600°C	1,02	1,02	1,04	1,04	1,07
700°C	1,02	1,02	1,04	1,05	1,09
800°C	1,03	1,03	1,05	1,06	1,11
900°C	1,03	1,03	1,05	1,06	1,132
1000°C	1,04	1,04	1,06	1,07	1,14
1100°C	1,04	1,04	1,06	1,07	1,15
1200°C	1,04	1,04	1,06	1,08	-
1300°C	1,04	1,04	1,06	1,08	-
1400°C	1,05	1,05	1,07	-	-

**Figura 7.** Coeficiente de resistividad.

**Fuente:** [15]

Un dato fundamental en las resistencias es la carga específica que, para unas condiciones de disposición de las mismas, determina la diferencia de temperatura entre las resistencias y la carga a calentar en el interior del horno.

En la figura 8, se indica la carga específica en función de la temperatura del horno para las aleaciones Fe-Cr-Al y Ni-Cr. [15]



**Figura 8.** Carga específica.

**Fuente:** [15]

En el sistema de calentamiento es muy importante la medición de la temperatura, para controlarla y mantenerla en un rango estable de acuerdo a las necesidades requeridas.

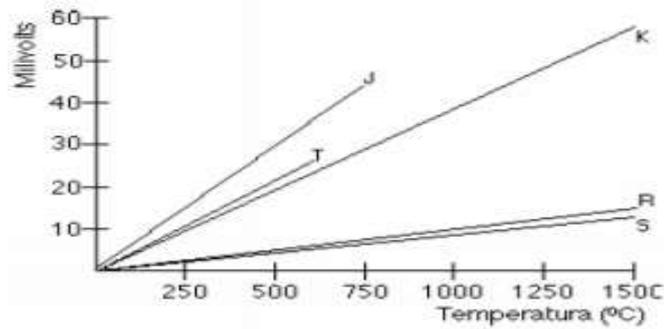
### 3.8. Termocupla

Las termocuplas son el sensor de temperatura más común utilizado industrialmente. Una termocupla se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente). Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (efecto Seebeck) del orden de los milivolts el cual aumenta con la temperatura. Observar figura 9 y 10 para la selección de la termocupla. Normalmente las termocuplas industriales se consiguen encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está la unión y en el otro el terminal eléctrico de los cables, protegido adentro de una caja redonda de aluminio (cabezal). [16]



**Figura 9.** Tipos de Termocuplas

**Fuente:** [17]



**Figura 10.** Termocuplas con su rango de temperatura y su equivalente en mv.

**Fuente:** [18]

### 3.7. Sistema de aislamiento

El sistema de aislamiento es fundamental en el proceso de diseño del horno eléctrico, ya que este sistema, es el que nos permite conservar el mayor porcentaje de energía calórica en el interior del horno para poder llevar la aplicación que queramos, este material se selecciona bajo la Norma ASTM 04.06, de Aislamiento Térmico, acústico, ambiental. Donde nos enfocamos en la lana de vidrio.

#### 3.7.1. Lana AW

Aislamiento térmico hecho con lana mineral de fibra de vidrio biosoluble, inorgánica y elástica, aglomerada con resina termo resistente, presentada en rollos, usado generalmente para estufas, hornos y calentadores domésticos. Sus características principales se las detalla en la tabla 2.

La Lana AW está diseñada para ser empleada en aplicaciones como aislamiento térmico de equipos y electrodomésticos que trabajan a temperaturas hasta de 540°C (1000°F) con el espesor recomendado. Este aislamiento es ampliamente utilizado en sistemas de paneles, recubrimientos flexibles, hornos industriales o superficies irregulares. Como se lo muestra en la figura 11. Según la Norma. ASTM C553 Standard Specification for Mineral Fiber Blanket Thermal Insulation for Commercial and Industrial Applications Type V. [19]



**Figura 11.** Lana mineral de fibra de vidrio.

**Fuente:** [19]

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de lana de fibra de vidrio.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Peso (kg/ m <sup>2</sup> )	0.90
Dimensiones (pul)	600"x48"x2"
Espesor (pul)	De 1" a 2"
Límites de operación (°C)	Máx. Temperatura 538°C (1000°F)
Conductividad térmica (W/m.°C)	0.0375 Valor típico a 24°C Temp. media
Normas	ASTM C447 ASTM C518

**Fuente:** [19]

### **3.7.2. Acero galvanizado**

El acero galvanizado es un tipo de acero procesado con un tratamiento al final del cual queda recubierto de varias capas de zinc. Observe figura 12. Estas capas de zinc protegen al acero evitando que se oxide. El acero galvanizado también es un material con un acabado más duradero, resistente a las rayaduras y que resulta más atractivo para muchos consumidores. El acero galvanizado también es utilizado en la fabricación de muchos componentes de uso industrial. [20]

#### **Ventaja**

El zinc hace a la pieza de acero más resistente al protegerlo de dos formas. Por un lado, el zinc es muy resistente a la oxidación mientras que el hierro, uno de los principales componentes del acero, se oxida con cierta facilidad en contacto con el oxígeno del aire y mucho más con el agua y la humedad. Al crear una capa de zinc sobre el acero se evita que el oxígeno alcance al hierro o al menos se enlentece el proceso en gran medida. [20]

#### **Desventaja**

Como principal desventaja podemos citar que algunos objetos de acero no se pueden someter al proceso de inmersión en zinc fundido por su forma o tamaño y, aunque puedan galvanizarse mediante otros métodos, no ofrecen una galvanización de igual protección. Además, la protección que ofrece el zinc no es perfecta y se corroe cuándo es expuesto de forma frecuente a factores externos como lluvia y agua de mar acortándose la vida útil de la pieza. Aun así, dura más que el acero sin galvanizar. [20]



**Figura 12.** Lámina de acero galvanizado.

**Fuente:** [21]

### **3.8. Estructura**

#### **3.8.1. Acero laminado caliente**

Por lo general el laminado en caliente es utilizado dentro de la elaboración de los sucesivos grados o niveles del acero, entre ellos podemos ver los siguientes: el acero comercial, el acero para fundir, el acero de gran calidad y el acero tanto de mediana como de alta resistencia, de la misma manera tenemos la baja aleación en diferentes presentaciones como tubos, planchas, etc.

El acero laminado en caliente es producido, calentado y presionado por medio de unos rodillos especiales industriales que tienen como objetivo manipular todo el acero siguiendo ciertos criterios y especificaciones. Esto debido a que cuando se encuentra como metal calentado es más fácil de ser transformado. [22]

Es importante recalcar que el acero es un metal más flexible cuando se encuentra en su estado caliente, de esta manera se hace más fácil el trabajo de manipulación.

### **3.9. Sistema de control**

Para la operación del horno eléctrico es necesario contar con un equipo de control que nos permita tener los rangos de temperatura deseados según los requerimientos de trabajo, donde se encuentren elementos electromecánicos que nos ayuden al funcionamiento y puesta en marcha de la máquina los cuales se rigen bajo la Norma IEC 60947-5-5, para interruptores, pulsadores de baja tensión y dispositivos de circuitos de control y elementos de conmutación, dispositivo eléctrico de parada de emergencia con bloqueo mecánico.

#### **3.9.1. Contactador**

El contactador es un aparato eléctrico de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Observe figura 13. Es la pieza clave del automatismo.

Es un aparato mecánico de conexión con una sola posición de reposo. Ya que se lo emplea debido a su asignación en los diagramas unifilares industriales donde su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos eléctricos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores, que son accionados manualmente o por relés.

### 3.9.2. Pulsadores

Un pulsador es un operador eléctrico que cuando se oprime permite el paso de la corriente eléctrica y cuando se deja de oprimir lo interrumpe. Observe figura 13.

Los pulsadores se emplean en los timbres, las máquinas expendedoras de refrescos, los teclados de los ordenadores, para seleccionar el piso en los ascensores y en otras muchas aplicaciones industriales. Por lo general, los contactos del pulsador están abiertos. [23]

### 3.9.3. Paro de emergencia

Según la norma ISO 13850, la función de parada de emergencia sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas, para evitar daños en la máquina o en trabajos en curso o para minimizar los riesgos ya existentes, y ha de activarse con una sola maniobra de una persona. Observe figura 13. [24]



**Figura 13.** Contactor, pulsadores, pulsador de emergencia.

**Fuente:** [25]

### 3.9.4. Controlador de temperatura

El controlador de temperatura es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales en rangos de temperatura que se ejecutan en un ambiente industrial. Observe figura 14. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

El controlador de temperatura puede ajustarse con diversas clases de termocuplas para dar una medición de la temperatura. Los ajustadores de temperatura son de uso fácil y comprensible, de precios relativamente económicos, proporcionando una comparabilidad relativamente alta en

la modernización industrial. Se usan en maquinaria plástica, condensando la máquina, condensando procesos de comida, así como economizando la luz industrial, también son utilizadas en industrias textiles. [26]

#### **3.9.4.1. Control de temperatura On / Off**

Encendido y apagado (ON-OFF). Este tipo de controladores son los más simples, ya que el tipo de salida de estos dispositivos no cuenta con un punto medio, y simplemente trabajan, o no. Los controladores de encendido y apagado empiezan a trabajar en el momento en que la temperatura necesaria atraviesa o sobrepasa el punto de ajuste indicado, por lo que el mecanismo de control térmico funciona a base de calor, y este se enciende y empieza a funcionar cuando la temperatura se encuentra debajo del punto adecuado y a su vez, deja de trabajar y se apaga cuando el calor ha sobrepasado el punto de ajuste. [26]

#### **3.9.4.2. Control de temperatura PID**

Este último tipo de controlador de temperatura combina a los dos sistemas mencionados anteriormente, con lo que se logra compensar los cambios de temperatura mediante un control integral, proporcional y derivativo, es decir, que se puede ajustar cada variable de manera individual y por lo tanto la inspección es mucho más precisa. Este tipo de controladores de temperatura son utilizados en sistemas que trabajan con masas pequeñas, y que por ende son más susceptibles a los cambios de temperatura, por muy ligeros que sean. [26]

#### **Características:**

- ENTRADA: J / K / PT100
- Tamaño 48x48mm
- Tipo de salida Relé, SSR
- Alarma 1 Alarma
- Alimentación rango de 85 - 265VAC
- Dual LCD pantallas a color
- Modo estándar con PID, ON-OFF, modo de control manual
- 0.2% f.s precisión de medición
- Entrada de evento SV modo de configuración



**Figura 14.** Controlador de temperatura programable.  
**Fuente:** [27]

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipos de investigación**

#### **4.1.1. Investigación bibliográfica**

El método bibliográfico es la primera etapa del proceso investigativo que ayuda a proporcionar información y conocimiento de las investigaciones ya existentes, de un modo sistemático, a través de la indagación, conocimientos y técnicas sobre un tema determinado. El resultado de un buen proceso investigativo bibliográfico permite la publicación de un documento que acompañe al conocimiento científico que instruya al usuario en la metodología de investigación.

#### **4.1.2. Investigación de campo**

El método de campo es la recopilación de datos obtenidos a través de la visita a la empresa SIPROELECTRIK S.A. ubicada en la ciudad de Quito, dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento, reparación y rebobinado de motores, destinada a cumplir con la demanda de sus clientes, se propone la implementación de un horno eléctrico para el secado de motores.

#### **4.1.3. Investigación experimental**

Fundamentalmente la experimentación de otros modelos de proyectos permite realizar comparaciones de proyectos similares mejorando aspectos que se consideran válidos, evitando errores en base a experiencias de proyectos pasados.

Con la aplicación de la investigación experimental se logrará la manipulación de variables de intervención directa a ellas, observando el desarrollo y las consecuencias durante el proceso de la implementación del sistema.

### **4.2. Métodos de investigación**

#### **4.2.1. Método científico**

Con la investigación realizada previamente para el desarrollo de este proyecto se necesita emplear el método científico y métodos de análisis para el diseño del horno secador de motores eléctricos los cuales permitirán realizar la construcción y también permitirán seleccionar los elementos adecuados para el control de temperatura del proceso.

Los distintos métodos en los cuales se apoyó este proyecto permitirán conocer todos los procesos que se utilizaron para la construcción del horno a través de la obtención de calor necesario a través de las resistencias eléctricas.

La metodología para el diseño se describe a continuación:

- Determinación de los materiales y el dimensionamiento del horno.
- Diseño y construcción de la estructura del horno para el secado de motores eléctricos.
- Implementación de todos los componentes que conforman el horno.

### **Toma de datos**

Se visitó la empresa para realizar la toma de datos necesarios para el dimensionamiento y construcción del horno para el secado de motores eléctricos hasta 75 hp. Los datos obtenidos se observan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Datos obtenidos en la empresa SIPROELECTRIK S.A.

Variables	Medición
Temperatura ambiente (°C)	23
Humedad motor (%)	2,12 % (75hp)
Humedad relativa del ambiente	85 %
Voltaje (V)	220 (Monofásico)
Barniz a usar	Barniz DOLPH'S BC-346-A-1
Tiempo del proceso	2 - 4 Horas

#### **4.2.2. Método de observación**

La observación es una de las técnicas más utilizadas, en base al uso de la visión media, se obtiene veracidad sobre cada uno de los datos obtenidos, de esta forma se logra la respectiva tabulación y cálculos que determinan la factibilidad sobre el uso de los equipos y accesorios para el diseño e implementación de un horno eléctrico para secado de motores, y de esta manera optimizar recursos y tiempo de proceso.

Este método establece una relación concreta e intensiva entre el investigador y el hecho social de los que se obtienen datos que luego se sintetizan para desarrollar la investigación, como es el caso de las influencias producidas que son más difíciles de someter a un estudio experimental.

#### **4.3. Técnicas**

Como principal técnica se utiliza la observación con la cual se determinan todos los parámetros técnicos para el diseño. Al conocer proyectos similares o del mismo tipo se puede mejorar o innovar en un nuevo desarrollo según sea el requerimiento.

#### **4.4. Medición de variables**

Las variables que se pueden medir en el proceso de secado del motor eléctrico son:

1. Temperatura (°C)
2. Tiempo (H)

Las cuales se pueden modificar en función al barniz que se utilice para dicho proceso.

#### 4.5. Herramientas y equipos

En el presente proyecto se utilizarán instrumentos de medición para realizar las pruebas de funcionamiento del horno para verificar su correcto funcionamiento como:

La Termocupla tipo J: se utilizará para censar la temperatura dentro del horno.

El Temporizador: se utilizará para cronometrar el tiempo de secado que requiera el motor.

El voltímetro y amperímetro: se utilizará para medir el voltaje y corriente usado en el sistema de control y en las resistencias eléctricas.

Las unidades de medida y descripción de dichos equipos se observan en la tabla 4.

**Tabla 4.** Variables medidas.

Variables	Metodología	Instrumento	Unidades	Descripción
Temperatura	Experimental	Termopar tipo J	° C	Se utilizará para medir la temperatura dentro del horno.
Tiempo	Experimental	Reloj digital/ Temporizador	H	Se utilizará para determinar el tiempo del proceso.

#### 4.6. Procedimiento de cálculo para el diseño e implementación del horno eléctrico

En esta sección del proyecto se detallarán todas las ecuaciones y fórmulas usadas tanto en la parte térmica como en la construcción de la estructura.

##### 4.6.1. Dimensiones internas del horno

Las dimensiones de la cámara se dan en función a la máxima carga a ingresar al horno, cuyas medidas se observan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Medidas de las cargas.

Medidas del motor 75 hp (m)		Medidas motor 30 hp (m)		Medidas del coche (m)	
Largo	0,48	Largo	0,37	Largo	0,86
Ancho	0,50	Ancho	0,38	Ancho	0,86
Espesor	0,05	Espesor	0,06	Altura	0,24

Se asignan las dimensiones internas del horno, para una capacidad máxima de un motor de 75 hp, debido a sus dimensiones, tomando en cuenta la altura del coche para transportarlo del cual

dispone la empresa y también a la solicitud hecha por el Gerente de la empresa a considerar estas dimensiones.

Ancho = 1000 (mm)

Altura = 900 (mm)

Profundidad = 1000 (mm)

#### **4.6.2. Clase, dimensiones y peso de la carga**

El material utilizado como carga es el cobre cuyas características son:

- Calor específico a 200 °C                    0.092 (Kcal/Kg. °C)
- Conductividad térmica a 200 °C        321.79 (Kcal/H.m.°C)
- Densidad        8.954 (Kg/m<sup>3</sup>)
- Emisividad    0.01 (adimensional)
- Peso de la carga        330 Kg

#### **4.7. Ecuaciones para el diseño térmico**

Para realizar los cálculos necesarios se debe basar en las características de requerimientos y el presupuesto asignado para el proyecto, para lo que se debe conocer las siguientes ecuaciones que nos ayudaran a determinar la transferencia de calor entre la cámara y sus alrededores.

##### **4.7.1. Selección del aislamiento térmico**

Cuando más alta es la temperatura de la cámara, tanto mayor es el valor correspondiente a las pérdidas de calor en las paredes, para evitarnos este problema se utilizan aislantes con coeficientes de conductividad muy bajos.

En nuestro caso no necesitamos una cara interior especial de revestimiento aislante en la cámara, puesto que la temperatura de trabajo no es muy elevada, basándonos en esta característica del horno, se determina la naturaleza del material a emplear como aislante térmico. Esta temperatura de trabajo del horno, precisa un material aislante inorgánico.

Se utilizará como aislamiento térmico la lana mineral de fibra de vidrio.

Las propiedades del aislamiento térmico son:

Temperatura máxima de servicio hasta los 400 (°C)

Conductividad térmica (k)	0.0375 (W/m. K) a 23 (°C)
Densidad	30.5 (Kg/m <sup>3</sup> )
Calor específico	0.201(Kcal/Kg. °C)

#### 4.7.2. Ecuación para la cantidad de calor requerida por el sistema

La cantidad total de calor suministrada al proceso de secado del motor, es igual a: la cantidad de calor necesario para el calentamiento de la carga, más las pérdidas producidas a través de las paredes durante el tiempo de operación del horno, donde se utiliza la ecuación:

**Ecuación 4.1.** Ecuación de energía requerida por el sistema.

$$Q_S = Q_P + Q_C \quad (4.1)$$

Donde:

$Q_S$  : es el calor suministrado por el sistema (W)

$Q_P$  : es la pérdida de calor (W)

$Q_C$  : es el calor absorbido por la carga (W)

Las pérdidas de calor se producen por acumulación de calor en las paredes del horno, debido a la conducción; las pérdidas de calor se producen también por la radiación y convección desde la superficie exterior del horno al ambiente, entonces tenemos la ecuación que determina las pérdidas de calor en las paredes.

Considerando que el proceso es estacionario se asume que la temperatura de los gases en el interior del horno es igual a la temperatura en la pared interior del horno.

**Ecuación 4.2.** Ecuación de pérdidas de calor a través de las paredes.

$$Q_P = Q_k + Q_c + Q_r \quad (4.2)$$

Donde:

$Q_P$  : son las pérdidas de calor a través de las paredes (W)

$Q_k$  : son las pérdidas acumuladas en las paredes, por conducción (W)

$Q_c$  : son las pérdidas por convección desde la parte exterior del horno (W)

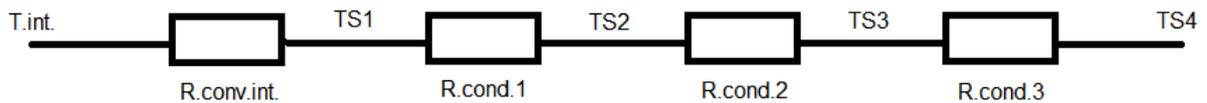
$Q_r$  : son las pérdidas de calor por radiación desde la pared exterior del horno (W)

#### 4.8. Ecuación de las pérdidas de calor por conducción

El flujo de calores es inversamente proporcional al espesor de las paredes, siendo de régimen permanente, la densidad de flujo calórico es constante e igual para todas las capas como se observa en la figura 15, por lo que se realizó un circuito de resistencias como se muestra en la figura 16, el cual se representa por la ecuación.



**Figura 15.** Transferencia de calor a través de las paredes.



**Figura 16.** Circuito de resistencias.

**Ecuación 4.3.** Ecuación de pérdidas de calor por conducción a través de las paredes.

$$Q_k = \frac{T_{s1} - T_{amb}}{\frac{1}{hc \cdot A} + \frac{L1}{k1 \cdot A} + \frac{L2}{k2 \cdot A} + \frac{L3}{k3 \cdot A}} \quad (4.3)$$

Donde:

$Q_k$  : es el flujo calórico perdido por las paredes. (W)

$T_{s1}$  : es la temperatura de la pared interior del horno. (°C)

$T_{amb}$  : es la temperatura de la pared exterior del horno. (°C)

$L1$  : es el espesor de la lámina de acero galvanizado. (m)

$L2$  : es el espesor del aislante mineral. (m)

$L3$  : es el espesor de la lámina de acero galvanizado. (m)

$k1$  : es la conductividad térmica del acero galvanizado. (W/m. K)

$k2$  : es la conductividad térmica del aislante mineral. (W/m. K)

$k_3$  : es la conductividad térmica del acero galvanizado. (W/m. K)

$A$  : es el área de la pared. (m<sup>2</sup>)

$h_c$  : es el coeficiente de convección de los gases, interna. (W/m<sup>2</sup>. K)

#### **4.8.1. Ecuación para el calor acumulado en las paredes**

En el proceso de secado se acumula una cantidad de calor en las paredes, considerando el tiempo de proceso el cual es de 4 horas máximo y tomando en cuenta que 1 (Kcal/h) es 1.163 Watts. Dónde utilizamos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.4.** Ecuación de acumulación de calor en las paredes.

$$Q_{ca} = \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{t} \cdot (1.163) \quad (4.4)$$

Donde:

$Q_{ca}$  : es el calor acumulado en las paredes. (W/m. K)

$m$  : es la masa del cuerpo que acumula el calor (Kg)

$C_p$  : es el calor específico del cuerpo. (Kcal/Kg. °C)

$\Delta T$  : es la variación de la temperatura del cuerpo (°C).

$t$  : es el tiempo del proceso (H)

### **4.9. Ecuaciones de las pérdidas de calor por convección**

#### **4.9.1. Pérdidas de calor por convección libre o natural**

En la convección libre o natural, la velocidad del fluido en puntos alejados de la superficie del cuerpo es esencialmente nula. Diferente a lo que sucede en las cercanías del cuerpo se registra un cierto movimiento del aire, si la temperatura del cuerpo es distinta a la del aire. En este caso serán diferentes las densidades del aire que se encuentran cerca de la superficie, y del que se encuentra alejado de esta; esta diferencia de densidad dará lugar a una fuerza de empuje o flotación (según la superficie este más caliente o más fría que el aire) sobre el fluido que se encuentra cerca de la superficie. Esta fuerza se traduce en un movimiento del aire, substancialmente en dirección vertical, a lo largo de la superficie con la consiguiente transmisión de calor por convección. [6]

El proceso de convección libre está en función de cuatro parámetros adimensionales ( $Ral$ ), ( $Pr$ ), ( $Grx$ ), ( $Nul$ ); donde se relaciona el coeficiente de convección ( $hc$ ), estando en la ecuación de nusselt donde cada parámetro adimensional tiene su ecuación.

**Ecuación 4.5.** Ecuación de nusselt.

$$Nul = \frac{hc \cdot Lc}{K} \quad (4.5)$$

**Ecuación 4.6.** Ecuación de Rayleigh.

$$Ral = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\alpha \cdot \gamma} \quad (4.6)$$

**Ecuación 4.7.** Ecuación de Grashof.

$$Grx = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\gamma^2} \quad (4.7)$$

**Ecuación 4.8.** Ecuación de Rayleigh para determinar el régimen.

$$Ral = Grx \cdot Pr \quad (4.8)$$

Donde:

$Nul$  : es el número de nusselt. (adimensional)

$Lc$  : es la longitud característica. (m<sup>2</sup>)

$Grx$  : es el número de Grashof. (adimensional)

$Pr$  : es el número de prandt. (adimensional)

$hc$  : es el coeficiente de convección. (W/m<sup>2</sup>. K)

$\beta$  : es el coeficiente de dilatación del aire. (K)

$\alpha$  : es coeficiente de difusión térmica. (m<sup>2</sup>/s)

$g$  : es la gravedad. (m/s<sup>2</sup>)

$K$  : es la conductividad del aire. (Kcal/h.m.°C)

$\rho$  : es el coeficiente cinemático de viscosidad. (m<sup>2</sup>/s)

$\Delta T$  : es la diferencia de temperatura. (°K)

En la convección libre se calcula las propiedades de fluido (aire) a la temperatura media de película.

**Ecuación 4.9.** Temperatura media.

$$T_m = \frac{T_{s4} + T_{amb}}{2} \quad (4.9)$$

Donde:

$T_m$  : es la temperatura media. (°K)

$T_{s4}$  : es la temperatura de la superficie del horno. (°K)

$T_{amb}$  : es la temperatura del fluido ambiente. (°K)

Para superficies planas verticales.

Para placas calientes dirigidas hacia arriba las ecuaciones para conocer el régimen del fluido son:

Régimen laminar:  $Ral < 10^9$

$$\text{Donde el: } Nul = \left( 0,68 + \frac{0,67 \cdot (Ral)^{\frac{1}{4}}}{\left( 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{4}{9}}} \right)^2$$

Régimen turbulento:  $Ral > 10^9$

$$\text{Donde se aplica la ecuación de Churchillchu: } Nul = \left( 0,825 + \frac{0,387 \cdot (Ral)^{\frac{1}{6}}}{\left( 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2$$

**Ecuación 4.10.** Coeficiente de convección.

$$h_c = \frac{Nul \cdot K}{L_c} \quad (4.10)$$

Donde:

$h_c$  : es el coeficiente de película colectivo. (W/m<sup>2</sup>. K)

$Nul$  : es el número de nusselt. (adimensional)

$K$  : es la conductividad del fluido. (W/m. K)

$L_c$  : es la longitud característica. (m<sup>2</sup>)

Entonces luego de analizar las ecuaciones anteriores las pérdidas de calor por convección en las paredes verticales están dadas por la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.11.** Pérdidas de calor por convección en paredes verticales.

$$Q_c = hc \cdot A \cdot \Delta T \quad (4.11)$$

Donde:

$Q_c$  : es las pérdidas de calor por convección. (W)

$hc$  : es el coeficiente de convección. (W/m<sup>2</sup>. K)

$A$  : es el área de la pared. (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  : es la diferencia de temperatura. (°C)

Las pérdidas de calor por convección en las paredes horizontales están dadas por la ecuación (4.12). Teniendo en cuenta que la pérdida por convección en la pared inferior es del 35% menos ya que los gases calientes tienden a subir a la parte superior del horno. [6]

Para paredes horizontales

Régimen laminar:  $10^4 \leq Ral \leq 10^7$

Donde el:  $Nul = 0,54 \cdot (Ral)^{1/4}$

Régimen turbulento:  $10^7 \leq Ral \leq 10^{11}$

Donde el:  $Nul = 0,15 \cdot (Ral)^{1/3}$

**Ecuación 4.12.** Pérdidas de calor por convección en paredes horizontales.

$$Q_c = hc \cdot A \cdot \Delta T \quad (4.12)$$

Donde:

$Q_c$  : es las pérdidas de calor por convección. (W)

$hc$  : es el coeficiente de convección. (W/m<sup>2</sup>. K)

$A$  : es el área de la pared. (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  : es la diferencia de temperatura. ( $^{\circ}\text{C}$ )

#### 4.10. Pérdidas de calor por radiación

Las superficies emiten y absorben energía radiante con diferente intensidad; la mayor parte de cuerpos sólidos son opacos; la cantidad de calor transmitida por radiación para estos cuerpos viene dado por la ecuación: [6]

**Ecuación 4.13.** Pérdidas de calor por radiación.

$$Q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{amb}^4) \quad (4.13)$$

Donde:

$Q_r$  : es el calor transmitido por radiación. (W)

$\varepsilon$  : es la emisividad de la superficie emisora. (adimensional)

$\sigma$  : es la constante universal de Stefan Boltzman. (Kcal/h.m<sup>2</sup>. K)

$A$  : es el área de superficie emisora. (m<sup>2</sup>)

$T_s$  : es la temperatura de superficie emisora. ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{amb}$  : es la temperatura ambiente. ( $^{\circ}\text{C}$ )

#### 4.11. Calor necesario para la carga

Se utiliza una ecuación para el secado de madera, acondicionándola para el secado de motores donde interviene el contenido de humedad.

**Ecuación 4.14.** Calor requerido por la carga.

$$Q_{sec} = V_m \cdot \rho_m \cdot H_i \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (4.14)$$

Donde:

$V_m$  : es el volumen del motor. (m<sup>3</sup>)

$\rho_m$  : es la densidad del cobre. (Kg/m<sup>3</sup>)

$H_i$  : es el contenido de humedad. (%)

$C_p$  : es el calor específico del cobre. (Kcal/Kg.  $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$  : es la variación de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

#### 4.11.1. Ecuación para el cálculo del volumen del motor

Para el cálculo de volumen del motor se toman las medidas para utilizarlas en la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.15.** Volumen del motor.

$$V_m = L.A.e \quad (4.15)$$

Donde:

$L$  : es el largo del motor. (m)

$A$  : es el ancho del motor. (m)

$E$  : es el espesor del motor. (m)

#### 4.11.2. Ecuación para el contenido de humedad del motor

Para obtener el contenido de humedad del motor, se lo realiza en función de su peso y el barniz a utilizar en el secado. Tomando en cuenta que 1 galón de barniz DOLPH'S BC-346-A-1, tiene un peso de (4.54Kg), [13] y también considerando la húmeda relativa del ambiente en la zona de 85%, para lo cual se utiliza la ecuación:

**Ecuación 4.16.** Contenido de humedad.

$$H_i = \left( \frac{P_h - P_s}{P_m} \cdot 100\% \right) + H_r \quad (4.16)$$

Donde:

$H_i$  : es la humedad inicial del motor. (%)

$P_h$  : es el peso del motor húmedo. (Kg)

$P_s$  : es el peso del motor seco. (Kg)

$P_m$  : es el peso del motor. (Kg)

$H_r$  : es la humedad relativa. (%)

#### 4.12. Dimensionamiento de las resistencias

El calentamiento por resistencias se basa en el efecto Joule, donde la potencia (KW), es absorbida por los elementos es disipada en forma de calor hacia la cámara.

#### 4.12.1. Elementos a utilizar

En el proyecto, donde la temperatura máxima a alcanzar por el horno es de 200°C, la investigación dice que la aleación Fe-Cr-Al, de Kanthal, será la adecuada para ser utilizada como elemento resistivo.

#### 4.12.2. Carga específica

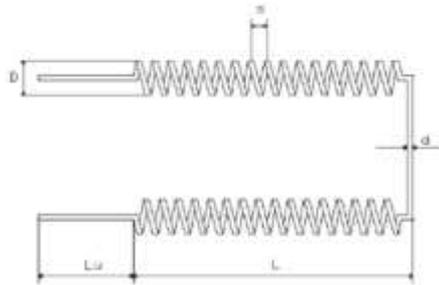
La carga específica es lo primero a tomar en cuenta, para el cálculo de los elementos resistivos. Para nuestro diseño tenemos una carga específica de 5 (W/cm<sup>2</sup>), para resistencias (Kanthal A1), donde el valor es obtenido de la figura 8.

#### 4.12.3. Coeficiente de resistividad

El coeficiente de resistividad determina la variación de la resistencia del elemento en función de la temperatura. La temperatura máxima a alcanzar por el horno es de 200° C, se tiene un valor de (Ct) de 1.01, obtenido de la figura 7.

#### 4.12.4. Elementos de la resistencia

Estos elementos son arrollados en espiral, como se puede ver en la figura 17, con esto parte del calor radiado se refleja dentro de la hélice.



**Figura 17.** Elementos de resistencia.

**Fuente:** [6]

Donde:

$S$  : es el paso del arrollamiento (mm)

$D$  : es el diámetro de la espiral (mm)

$d$  : es el diámetro del hilo (mm)

$L$  : es la longitud del elemento (cm)

#### 4.13. Ecuación del diámetro del hilo de la resistencia

Este método hace uso de las tablas del Handbook de Kanthal, se utiliza la relación  $Ac/R20$  ( $cm^2/\Omega$ ) y se obtiene el diámetro del hilo de la resistencia en la tabla de elementos Kanthal A1, ubicada en el Anexo III.

**Ecuación 4.17.** Diámetro del hilo de la resistencia.

$$d = \frac{P^2 \cdot Ct}{V^2 \cdot \rho} \rightarrow (cm^2/\Omega) \quad (4.17)$$

Donde:

$P$  : es la potencia. (W)

$V$  : es la tensión. (V)

$Ct$  : es el coeficiente de resistividad 1,01 para una temperatura máxima de 200 °C

$\rho$  : es la carga específica 5 (W/cm<sup>2</sup>)

#### 4.14. Ecuación de la longitud radiante del hilo

El cálculo de la longitud del hilo está dado por la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.18.** Longitud del hilo.

$$L = \frac{P}{3,1416 \cdot d \cdot \rho} \quad (4.18)$$

Donde:

$P$  : es la potencia. (W)

$D$  : es el diámetro del hilo. (mm)

$\rho$  : es la carga específica 5 (w/cm<sup>2</sup>)

#### 4.15. Diámetro de la espiral

Para normas industriales a temperaturas menores a 1000 °C, el diámetro de la espiral está dada por la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.19.** Diámetro de la espiral.

$$\frac{D}{d} = (5 - 8) \quad (4.19)$$

Donde:

$d$  : es el diámetro del hilo de la resistencia. (mm)

$D$  : es el diámetro de la espiral. (mm)

#### 4.16. Número de espiras

El número de espiras para el cálculo del elemento resistivo está dado por la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.20.** Número de espiras.

$$n = \frac{P \cdot L}{3,1416 \cdot (D - d)} \quad (4.20)$$

Donde:

$P$  : es la potencia de una resistencia. (W)

$L$  : es la longitud radiante. (mm)

$D$  : es el diámetro de la espiral. (mm)

$d$  : es el diámetro del hilo de la resistencia. (mm)

$n$  : es el número de espiras. (adimensional)

#### 4.17. Paso del arrollamiento

Para normas industriales a temperaturas menores a 1000° C, el paso del arrollamiento de la espiral está dada por la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.21.** Paso del arrollamiento.

$$\frac{s}{d} = (2 - 3) \quad (4.21)$$

Donde:

$S$  : es el paso del arrollamiento. (mm)

$d$  : es el diámetro del hilo de la resistencia. (mm)

#### 4.18. Ecuación para el elemento regulador del horno

La fuente de alimentación disponible en la empresa es de 220V, bifásica. Donde el dimensionamiento del elemento regulador del horno se lo hará en base a la corriente eléctrica que va a circular. Para lo cual utilizamos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.22.** Dimensionamiento del elemento regulador del horno.

$$PT = VL \cdot IL \cdot \cos\Phi \quad (4.22)$$

Donde:

$PT$  : es la potencia total. (W)

$VL$  : es el voltaje de línea. (V)

$IL$  : es la corriente de línea. (A)

$\cos\Phi$  : es el factor de potencia. (adimensional)

Las conexiones de las resistencias están en paralelo, como es una carga puramente resistiva el  $\cos\Phi$  es 1.

#### **4.19. Ecuación para determinar el valor de la resistencia**

Para la obtención del valor de la resistencia utilizamos la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.23.** Valor de la resistencia.

$$PT = Req \cdot IF^2 \quad (4.23)$$

Donde:

$IF$  : es la corriente de fase. (A)

$PT$  : es la potencia total. (W)

$Req$  : es la resistencia del elemento. ( $\Omega$ )

#### **4.20. Ecuación para determinar el fusible del circuito de fuerza**

Para el dimensionamiento del elemento de protección fusible, en el circuito de fuerza utilizamos la,  $IL$  en la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.24.** Dimensionamiento del fusible para el circuito de fuerza.

$$Ifu = IL \cdot 1,25 \quad (4.24)$$

Donde:

$IL$  : es la corriente de línea. (A)

$1,25$  : es el factor de seguridad

#### **4.21. Ecuación para el dimensionamiento del elemento termo magnético (Breaker)**

Para el dimensionamiento del elemento de protección (Breaker), en el circuito de fuerza utilizamos la,  $I_L$  en la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.25.** Dimensionamiento del Breaker.

$$I_{Br} = I_L \cdot 1,5 \quad (4.25)$$

Donde:

$I_L$  : es la corriente de línea. (A)

1,5 : es el factor de seguridad (adimensional)

#### **4.22. Estructura metálica**

##### **4.22.1. Diseño general**

En esta parte se realiza el diseño estructural para el horno determinando sus dimensiones, características geométricas partiendo desde la información previamente obtenida.

En este diseño se incluye:

- Cálculo estructural
- Diseño de la estructura

##### **4.22.2. Dimensionamiento estructural**

La estructura se va a dividir en dos partes:

- 1) La estructura del horno
- 2) La estructura que servirá de soporte para los bobinados

##### **4.22.2.1. Estructura del horno**

Esta estructura es el bastidor del horno en si deberá reunir varias características como resistencia, ligereza, durabilidad y seguridad.

Para determinar las características, el diseño se lo realizará a través de un software CAD, gracias a este programa se facilitará determinar los parámetros necesarios para su cálculo y dichos resultados se los comparará con las características de los materiales (perfiles metálicos) determinadas por el fabricante para su construcción.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

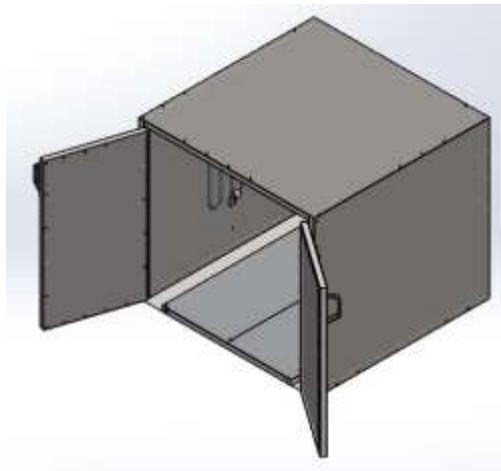
### 5.1. Alcance

De acuerdo a las características de los diferentes tipos de elementos que existen en el mercado y los requerimientos dados por el gerente de la empresa en función a la carga máxima de trabajo, el diseño e implementación del horno se llevará a cabo con las siguientes dimensiones que serán de 0,9 metros para el alto, 1 metro el ancho y la profundidad.

El horno se utilizará para el secado de motores eléctricos donde su temperatura máxima será los 200 °C, y su temperatura de trabajo será de 140 °C para un tiempo de 4 horas y 160 °C para un tiempo de 2 horas. La estructura del horno está diseñada para soportar el peso de un motor de 75 hp.

### 5.2. Boceto

Se ha realizado el siguiente boceto preliminar que servirá de referencia para la construcción del horno el cual cumple con los parámetros de diseño según el análisis realizado a los diferentes materiales. Observar la figura 18.



**Figura 18.** Boceto del horno.

### 5.3. Cálculo estructural

#### 5.3.1. Ingeniería en detalle

Para esto se utiliza un programa de diseño mecánico a través de un software CAD, el cual permite bosquejar el diseño de una máquina eficiente en estructura y funcionamiento. En cada uno de los elementos que compone la máquina será diseñado detallando las medidas con las que se va realizar la construcción, a la vez el diseño y la selección de materiales están de acuerdo a los requerimientos sugeridos por la empresa.

### 5.3.2. Análisis de resultados, en la estructura del horno

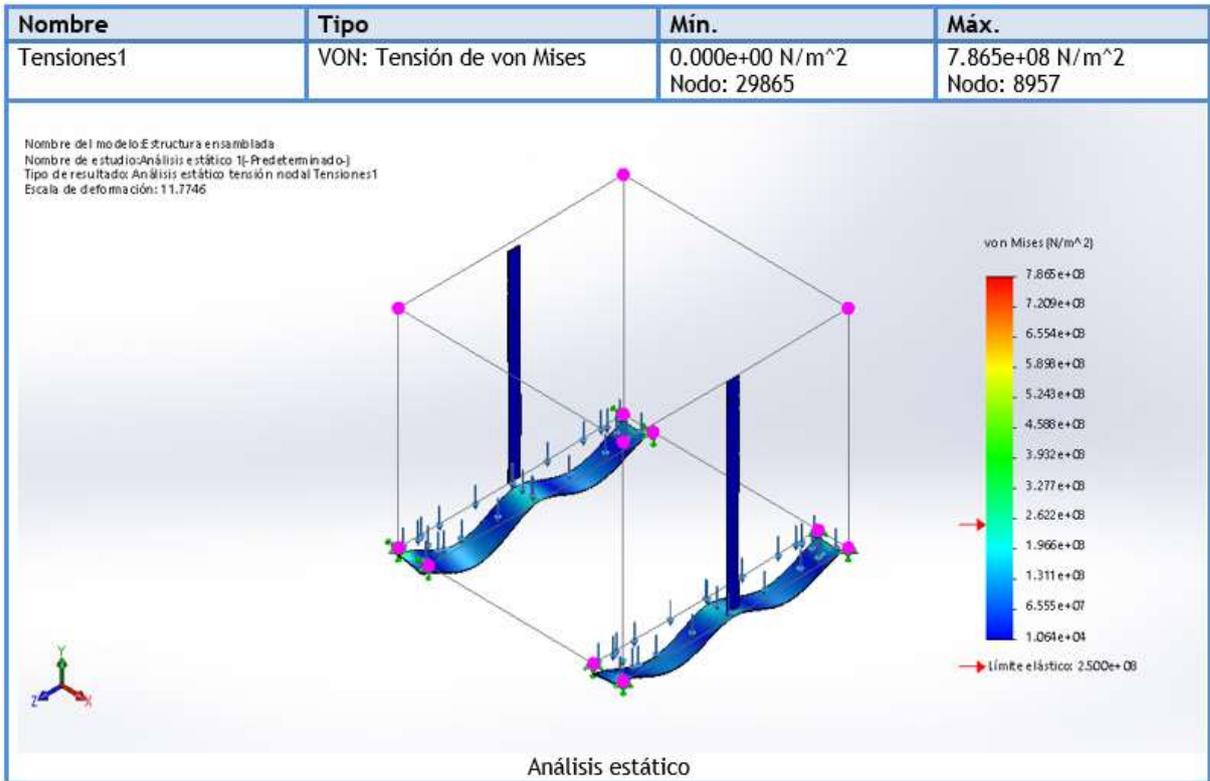


Figura 19. Resultados del análisis de tensiones.

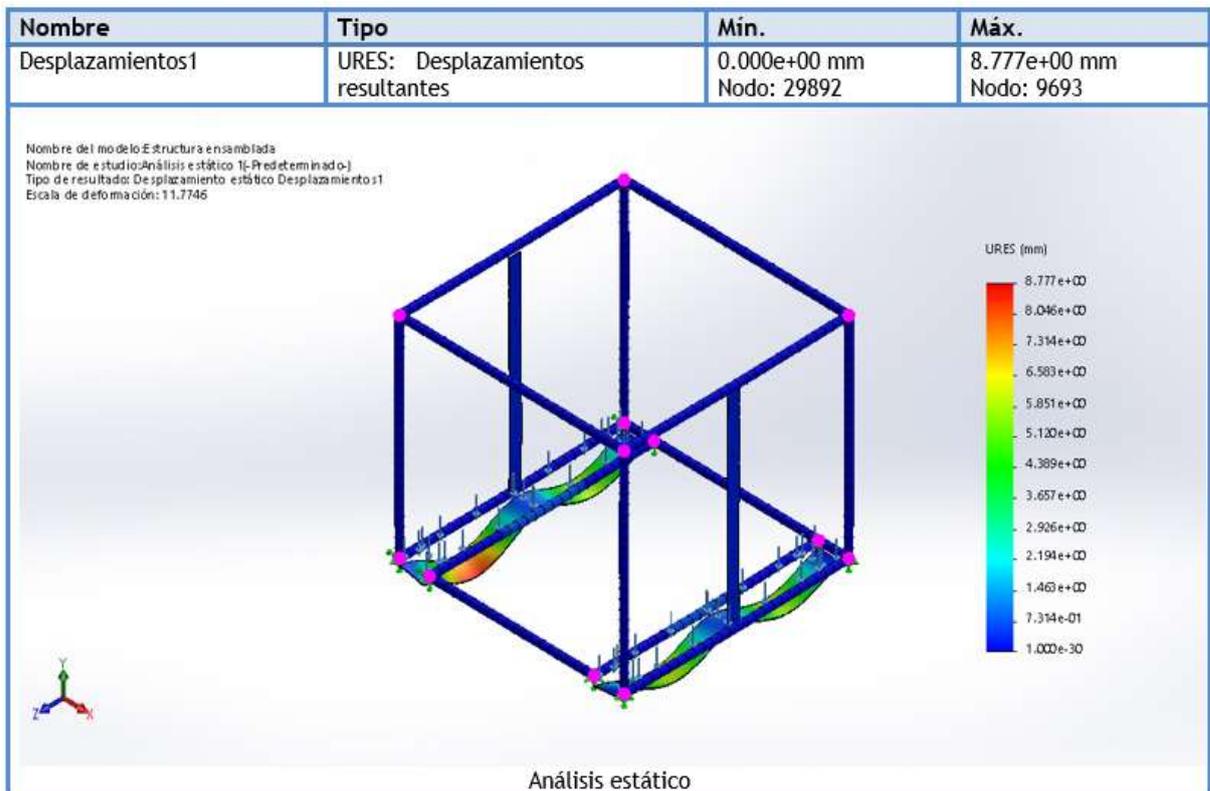
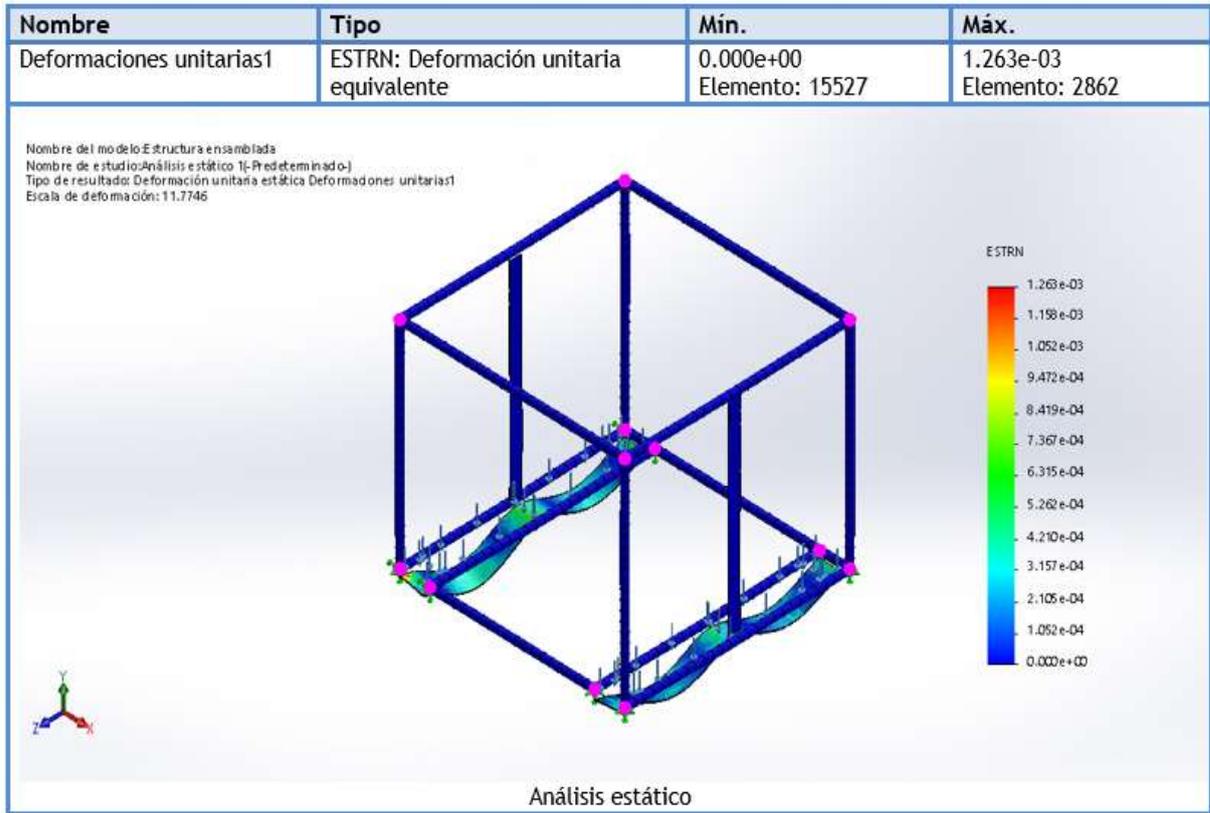
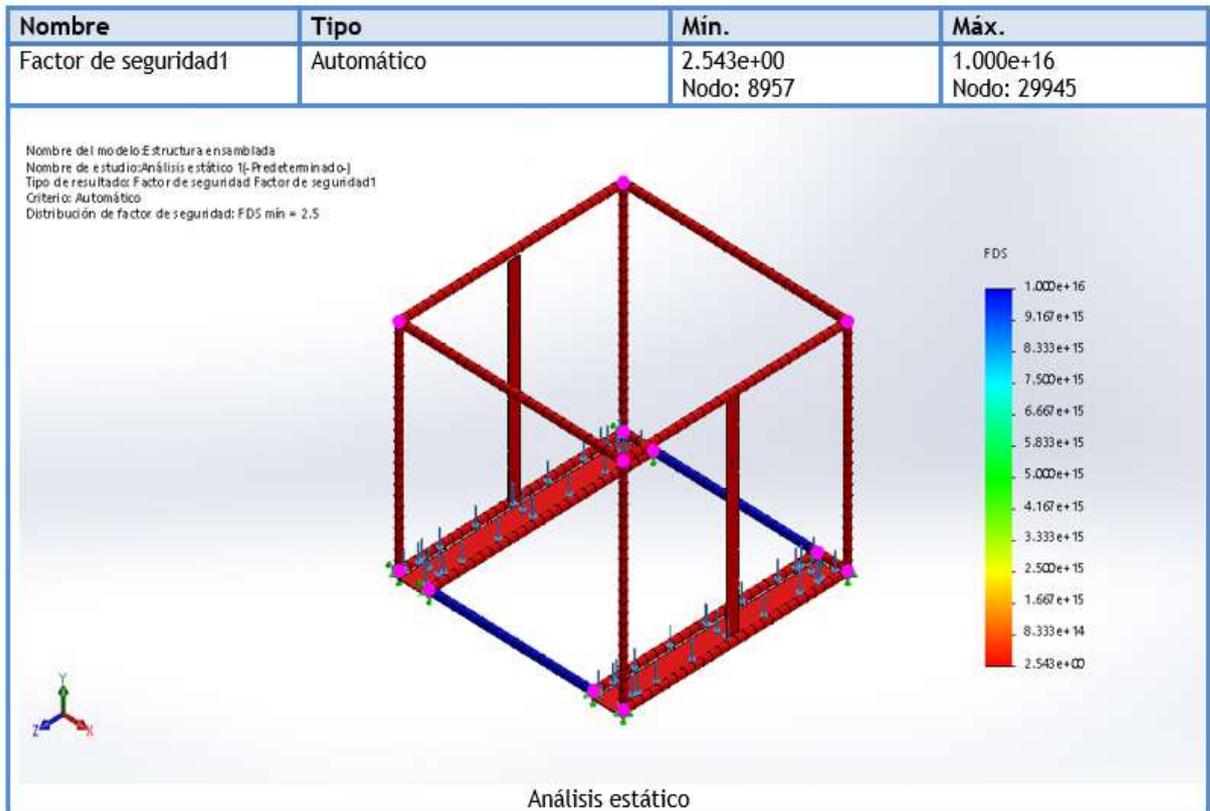


Figura 20. Resultados del análisis de desplazamiento.



**Figura 21.** Resultados del análisis de la deformación unitaria.



**Figura 22.** Resultados del análisis factor de seguridad.

### 5.3.3. Análisis de resultados en el coche

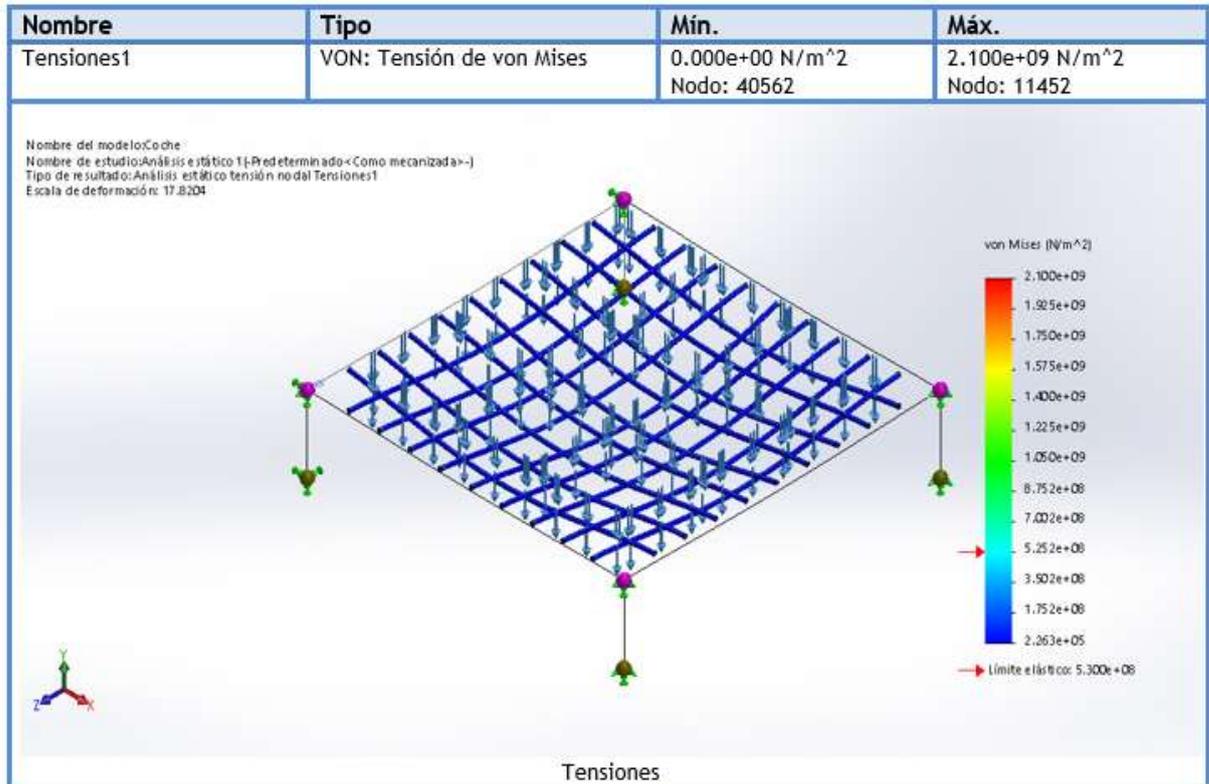


Figura 23. Resultados del análisis del coche, tensiones.

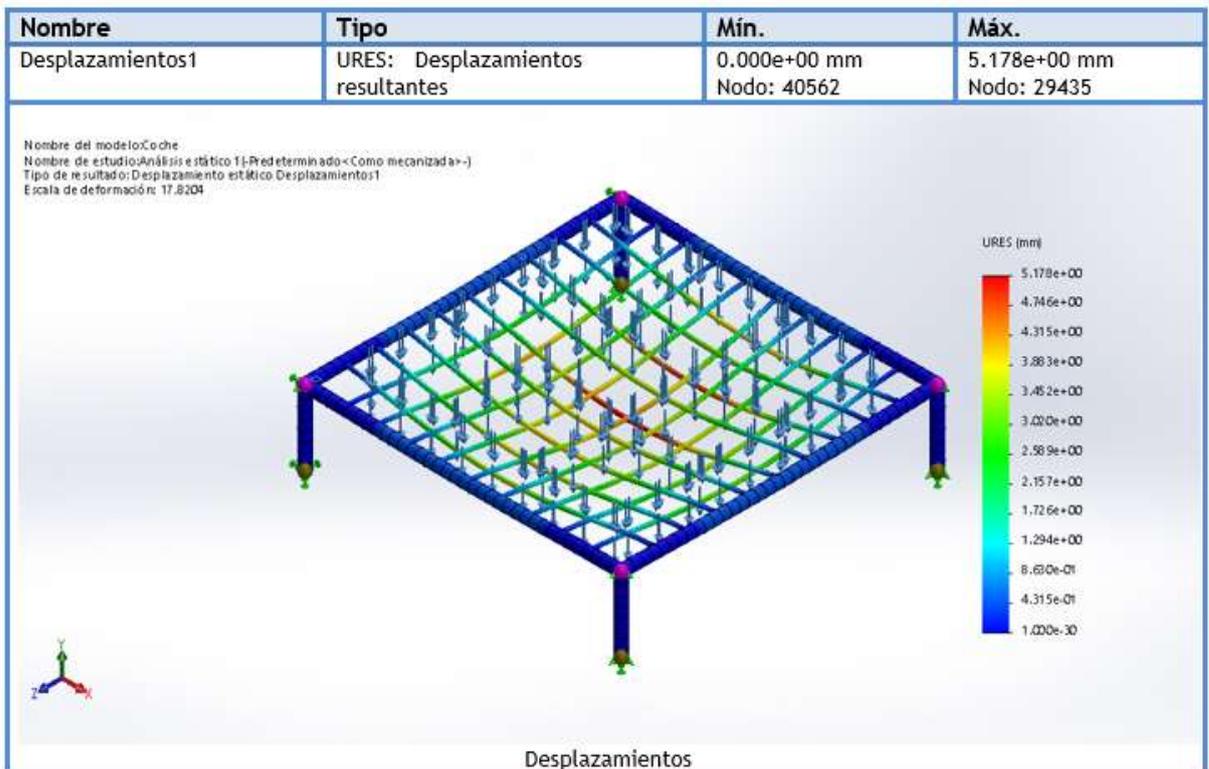


Figura 24. Resultados del análisis del coche, desplazamiento.

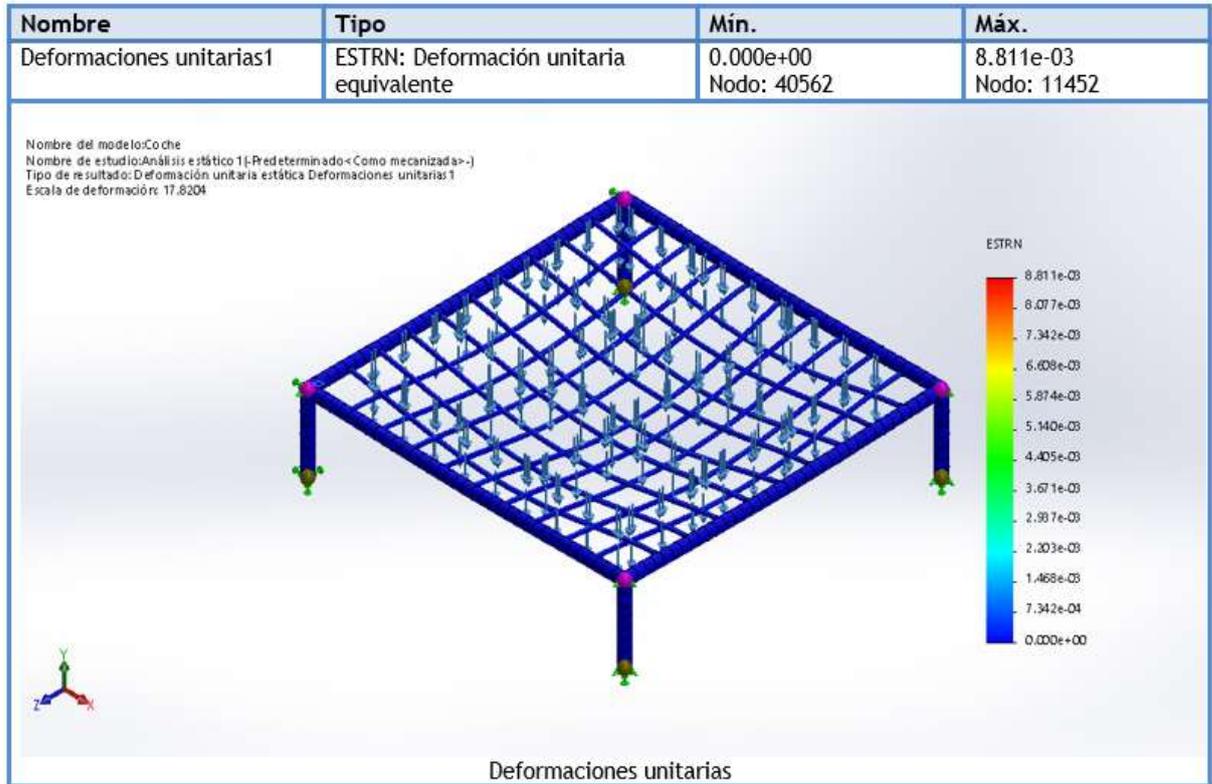


Figura 25. Resultados del análisis del coche, deformación unitaria.

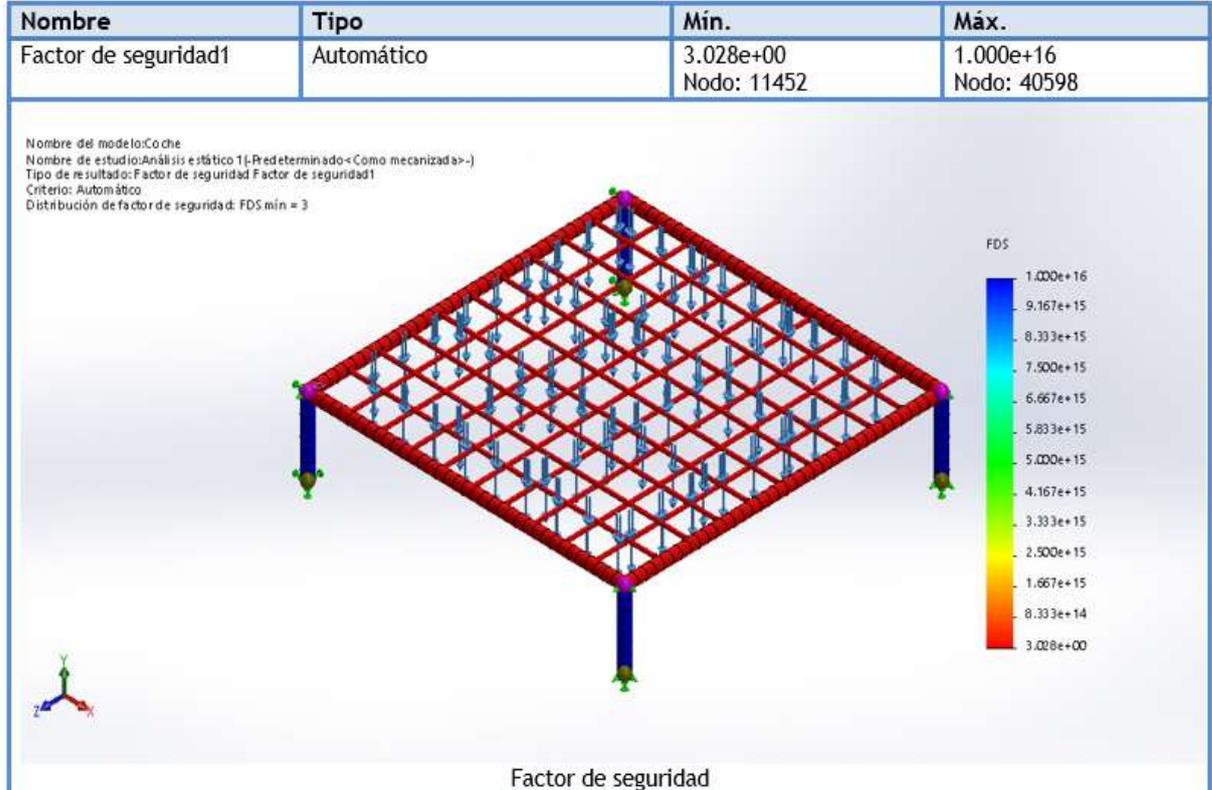


Figura 26. Resultados del análisis del coche, factor de seguridad.

#### 5.4. Selección del espesor de la lana mineral de fibra de vidrio

**Tabla 6.** Tabla de temperatura en las paredes en función del espesor aislante.

Espesor de Lana de vidrio (m)	Flujo de calor q (W)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
0,01	1288,91	199,83	92,42	92,25
0,02	769,84	199,90	71,59	71,49
0,03	548,81	199,92	62,72	62,72
0,04	426,40	199,94	57,81	57,75

Se realiza la selección del espesor de 30 mm, y se opta por la obtención de la lana mineral de fibra de vidrio AW, de espesor de 38 mm existente en el mercado, donde no existe inconveniente debido a que esta se puede comprimir y adaptar al espacio, al momento de la construcción. Observando la variación de la temperatura con respecto al espesor en la tabla 6.

#### 5.5. Resultados de la memoria de cálculo

Los resultados de la memoria de cálculo permiten evaluar y comparar los valores con datos de otras máquinas similares para establecer un criterio adecuado al momento de la construcción, los resultados obtenidos en el diseño de ingeniería se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 7.** Resultados del dimensionamiento y cálculo para las pérdidas de calor por conducción y el calor acumulado en las paredes.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de las pérdidas de calor por conducción.	$Q_k = \frac{T_{s1} - T_{amb}}{\frac{1}{h_c \cdot A} + \frac{L1}{k1 \cdot A} + \frac{L2}{k2 \cdot A} + \frac{L3}{k3 \cdot A}}$ $Q_k = \frac{(200 - 23)^\circ C}{\frac{1}{25.0,9} + \frac{0,007}{54.0,9} + \frac{0,03}{0,12.0,9} + \frac{0,007}{54.0,9}}$	$Q_k = 548,82 \text{ W}$
Cálculo del calor acumulado en las paredes	$Q_{ca} = \left( \frac{m \cdot C_p \cdot \Delta T}{t} \right) \cdot (1.163)$ $Q_{ca} = \left( \frac{54,9.0,201 \cdot (200 - 62)^\circ C}{4} \right) \cdot (1.163)$	$Q_{ca} = 440,65 \text{ W}$

**Tabla 8.** Valores interpolados obtenidos de la tabla A-4 Incropera.

Datos obtenidos de tablas a $T_m = 315,98$ (°K)			
Número de Prandt (Adimensional)	0,701	Coefficiente de difusividad térmica (m <sup>2</sup> /s)	2,75E-05
Variación de temperatura (K)	312,15	Gravedad (m/s <sup>2</sup> )	9,81
Coefficiente de dilatación volumétrica ( $\beta$ )	3,16E-03	Longitud característica (m)	0,23
Conductividad del aire (W/m.K)	2,881E-02	Temperatura media pelicular (°C)	42,5
Coefficiente cinemático de viscosidad (m <sup>2</sup> /s)	1,931E-05	Variación de temperatura (K)	39

**Tabla 9.** Resultados del cálculo para las pérdidas de calor por convección libre o natural.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de la temperatura media de película	$T_m = \frac{T_{s4} - T_{amb}}{2}$ $T_m = \frac{(62 + 23)^\circ C}{2}$	$T_m = 315,98 K$
Cálculo del número de Grashof	$Gr_x = \frac{g \cdot \beta \cdot (\Delta T) \cdot L^3}{\nu^2}$ $Gr_x = \frac{9,81 \cdot (3,16E - 3) \cdot (42,5) \cdot (0,23)^3}{(1,93E - 5)^2}$	$Gr_x = 4,338 \cdot 10^7$
Cálculo del número de Rayleigh	$Ral = Gr_x \cdot Pr$ $Ral = (4,338 \cdot 10^7) \cdot 0,701$	$Ral = 3,05 \cdot 10^7$
Cálculo del número de Nusselt	$Nul = \left( 0,825 + \frac{0,387 * (Ral)^{\frac{1}{6}}}{\left( 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2$	$Nul = 42,94$
Cálculo del coeficiente de convección para paredes verticales	$h_c = \frac{Nul \cdot K}{L_c}$ $h_c = \frac{(42,94) \cdot (2,88E - 2)}{0,23}$	$h_c = 5,38 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Cálculo de pérdidas por convección en paredes verticales	$Q_c = hc \cdot A \cdot \Delta T$ $Q_c = (5,38) \cdot (0,9) \cdot (42,5)$	$Q_c = (207,38) \cdot (4)$ $Q_c = 829,53 (W)$
Cálculo del número de Nusselt, paredes horizontales	$Nul = 0,15 \cdot (Ral)^{1/3}$ $Nul = 0,15 \cdot (3,05 \cdot 10^7)^{1/3}$	$Nul = 46,84$
Cálculo del coeficiente de convección para paredes horizontales	$h_c = \frac{Nul \cdot K}{L_c}$	$h_c = 5,87 \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$

	$h_c = \frac{(46,84) \cdot (2,88E - 2)}{0,23}$	
Cálculo de pérdidas por convección en la pared horizontal superior	$Q_c = hc \cdot A \cdot \Delta T$ $Q_c = (5,87) \cdot (1) \cdot (42,5)$	$Q_c = 226,16 \text{ (W)}$
Cálculo de pérdidas por convección en la pared horizontal inferior	$Q_c = hc \cdot A \cdot \Delta T$ $Q_c = (5,87) \cdot (1) \cdot (42,5)$	$Q_c = 149,67 \text{ (W)}$

**Tabla 10.** Resultados del cálculo para las pérdidas de radiación y la energía requerida por la carga.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo de pérdidas de calor por radiación	$Q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{s4}^4 - T_{amb}^4)$ $Q_r = (0,9) \cdot (5,67 \cdot 10^{-8}) \cdot (T_{s4}^4 - T_{amb}^4)$	$Q_r = 1461,06 \text{ (W)}$
Sumatoria de las pérdidas de calor por las paredes en el sistema	$Q_p = Q_k + Q_c + Q_r$	$Q_p = 3655,57 \text{ (W)}$
Cálculo del volumen el motor 75 hp	$V_m = L \cdot A \cdot e$ $V_m = (0,48) \cdot (0,50) \cdot (0,05)$	$V_m = 0,012 \text{ (m}^3\text{)}$
Cálculo del contenido de humedad del motor 75 hp	$H_i = \left( \frac{P_h - P_s}{P_m} \cdot 100\% \right) + H_r$ $H_i = \left( \frac{337 - 330}{330} \cdot 100\% \right) + 85$	$H_i = 87,12\%$
Cálculo de la energía requerida por la carga 75 hp	$Q_{sec} = V_m \cdot \rho m \cdot H_i \cdot C_p \cdot \Delta T$ $Q_{sec} = V_m \cdot (11,91) \cdot H_i \cdot (0,123) \cdot (177^\circ C)$	$Q_{sec} = 315,26 \text{ (W)}$
Cálculo de la cantidad de calor requerida por el sistema	$Q_s = Q_p + Q_{sec}$ $Q_s = (3655,57) + (315,26)$	$Q_s = (3970,83) \cdot 1,5$ $Q_s = 5956,25 \text{ (W)}$

**Tabla 11.** Resultados del cálculo para el diseño de las resistencias y las protecciones del circuito.

Parámetro	Ecuación	Resultados
Cálculo del diámetro del hilo de la resistencia	$d = \frac{PT^2 \cdot Ct}{V^2 \cdot \rho}$ $d = \frac{(6000)^2 \cdot 1,01}{(220)^2 \cdot 5}$	$d = 150,25 \text{ (cm}^2/\Omega\text{)}$ $d = 3,5 \text{ (mm)} \rightarrow 0,35 \text{ (cm)}$ (valor obtenido Anexo V, figura 1 del libro de Kanthal)
Cálculo de la longitud radiante del hilo	$L = \frac{PT}{3,1416 \cdot d \cdot \rho}$ $L = \frac{6000}{3,1416 \cdot (0,35) \cdot (5)}$	$L = 1091,34 \approx 110 \text{ (cm)}$ $L = 1091,34/3 = 363,6 \text{ (cm)}$ $L = 363,6 \text{ (cm) (cada resistencia)}$
Cálculo del diámetro de la espiral	$\frac{D}{d} = (5 - 8)$	$D = 10,5 \text{ (mm)}$
Cálculo del número de espiras	$n = \frac{P \cdot L}{3,1416 \cdot (D - d)}$	$n = 68993,11 \text{ espiras}$
Cálculo del paso del arrollamiento	$\frac{s}{d} = (2 - 3)$	$s = 3,5 \text{ (mm)}$
Cálculo del elemento regulador del horno (Contactor)	$IL = \frac{PT}{VL \cdot \cos\phi}$ $IL = \frac{6000}{(220) \cdot 1}$	$IL = 27,27 \text{ (A)}$ $IL = 27,27 \cdot 1,8 = 49,09 \text{ (A)}$ (seleccionamos el contactor que es de tipo AC-1 de 50 amperios debido a la circulación de corriente)
Cálculo del valor de la resistencia	$Req = \frac{PT}{IL^2}$	$Req = 8,068 \text{ (}\Omega\text{)}$
Cálculo para determinar el fusible del circuito de fuerza	$Ifu = IL \cdot 1,25$	$Ifu = 32,08 \text{ (A)}$
Cálculo del elemento termo magnético (Breaker)	$IBr = IL \cdot 1,5$	$Br = 40,91 \text{ (A)}$

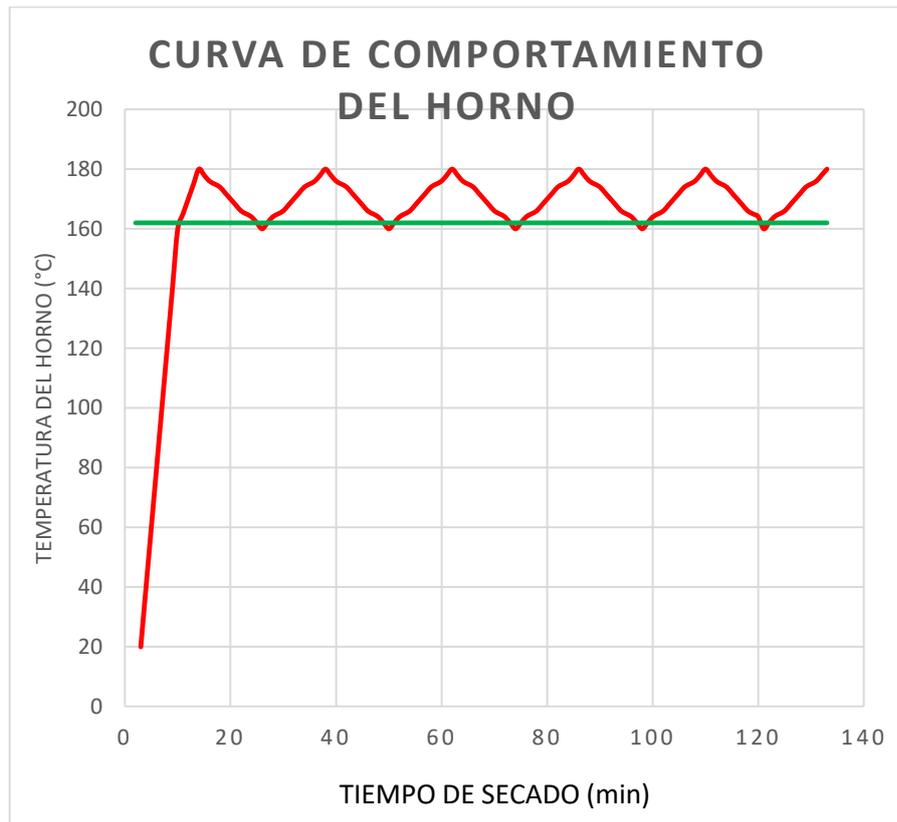
## 5.6. Análisis de resultados de la memoria de cálculo

Los resultados obtenidos por la memoria de cálculo ayudan a dimensionar las características finales del horno, el cual consta de unas medias de 1000x1000x900 mm; para poder ingresar la carga máxima, de un motor de 75 hp, con su diámetro de 56 cm y el coche que consta de una altura de 24 cm. La energía requerida para el proceso de secado es de 6000 W, por lo que el fabricante “VEGA OMEGA” ofrece un modelo de resistencias industriales de 2000 W, cada

una adquiriendo 3 resistencias de dicha capacidad en forma de “M”, para poder distribuir las por el interior del horno y suplir la energía requerida en el proceso de secado de los motores.

### 5.7. Curva de comportamiento del horno

En la figura 27, podemos observar como es el comportamiento del horno en relación temperatura tiempo, ya sometido a pruebas reales de funcionamiento.



**Figura 27.** Curva de comportamiento del horno

## 6. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Este apartado consiste en implementar los gastos en el proyecto previo que se encuentre en fase de ejecución. En las tablas que se ilustra a continuación se fijan los precios de los equipos y materiales a utilizar en el proyecto.

### 6.1. Costos directos

En la tabla 12, se detalla los valores económicos, de los materiales mecánicos, eléctricos y accesorios eléctricos que intervienen en la construcción del horno.

**Tabla 12.** Costos directos.

Detalle	Descripción	Cantidad	Valor U.	IVA 12%	Valor Total
Tubo cuadrado	30x30x3mm.	6	14,00	10,08	94,08
Acero galvanizado	1200x2400x0,7mm.	3	24,00	8,64	84,64
Acero A-36	100x70x3mm.	1	24,00	2,88	26,88
Platina de acero A-36	10mmx3mmx6m.	1	18,00	2,16	20,16
Rollo de lana de vidrio	600"x48"x1.5"	1	80,00	9,60	89,60
Tornillos auto-perforantes	ST4.2x16x14.6	160	0,05	0,96	8,96
Bisagras	100x50x3mm.	4	0,50	0,24	2,24
Electrodos	E-6011	10	2,60	3,12	29,12
Sacabocado y Husillo	22mm. y 8,5mm.	1	29,00	3,48	32,48
Broca de concreto	6,5mm.	1	1,00	0,12	1,12
Tornillo/Tuerca	M4x0.7x25 M4x0.7	15	0,21	0,38	3,53
Tuerca/Tuerca	M3x0.5x25 M3.5x0.6	6	0,15	0,11	1,01
Disco de amolar	4x1/4x5/8	1	1,50	0,18	1,68
Resistencias eléctricas de 2000W a 220VAC	30x35x6mm	3	31,00	11,16	104,16
Controlador de temperatura	72x72mm -220VAC	1	34,82	4,18	39,00
Termocupla J (tipo bayoneta)	5A551N	1	8,48	1,02	9,50
Pulsador NA, verde 220VAC	Plástico 22mm.	1	1,70	0,20	1,90
Pulsador NC, rojo 220VAC	Plástico 22mm.	1	1,70	0,20	1,90
Luz verde 220VAC	Plástico 22mm.	1	1,51	0,18	1,69
Pulsador hongo 220VAC	Metálico 40mm.	1	3,57	0,43	4,00
Contactador LS 50 Amp	Bobina 220VAC	1	59,45	7,13	66,58

Base para fusible	10x38	4	2,03	0,98	9,12
Fusible cerámico 1 Amp.	10x38	2	0,44	0,11	0,99
Fusible cerámico 32 Amp.	10x38	2	0,44	0,11	0,99
Relé 220VAC	8 pines	1	4,31	0,52	4,83
Base redonda TC-0.85 <sup>a</sup>	8 pines	2	1,24	0,30	2,78
Timer Off-Delay 1,2S A 300-h	220VAC	1	31,54	3,78	35,32
Cable concéntrico SJT 600VAC	8AWGx3	2	4,15	1,00	9,30
Breaker Schneider Riel Din	3 polos 40Amp	1	10,00	1,20	11,20
Cable Flexible THHN	#10	3m.	0,76	0,27	0,61
Cable Flexible THHN	#12	10m.	0,58	0,70	6,50
Gabinete metálico	400x300x200	1	24,24	3,30	27,54
Riel Din		1	1,74	0,21	1,95
Spaghetti fibra de vidrio	#10	10	0,98	1,18	10,98
Cable de Alta temperatura	#10	10	3,75	4,50	42,00
Cable de bacteria negro	#8	2	2,30	0,55	5,15
Spaghetti fibra de vidrio	#8	2	0,98	0,24	2,20
Enchufe de ángulo universal	50 Amp	1	6,50	0,78	7,28
Tornillo colepato	1174x8	4	0,02	0	0,08
Taco fisher	F6	4	0,01	0,03	0,07
Tornillo auto-roscante	8x1/2"	10	0,02	0,02	0,22
Bornera	6AWG 10mm.	2	2,71	0,65	6,07
Terminal Ojo Camsco	#12-10	10	0,64	0,77	7,17
Caja de paso	100x100x50mm	1	6,05	0,73	6,78
Canaleta ranurada	25x25 Gris	1	4,06	0,49	4,55
Flexómetro 5MT Azul		1	2,67	0,32	2,99
Funda de correas		1	2,80	0,34	3,14
<b>TOTAL</b>					<b>834,04</b>

## 6.2. Costos indirectos

Los costos indirectos realizados en el proceso de fabricación del horno para el secado de motores eléctricos se detallan en la tabla 13.

**Tabla 13.** Costos indirectos.

<b>Detalle</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Total</b>
Material Bibliográfico	Consultas, Impresiones etc.	60,00
Mano de obra no técnica	Soldador	150,00
Mano de obra técnica (85%)	Jefe de obra	700,00
Transporte y viáticos		100,00
Alquiler del taller		80,00
Señalética		6,00
<b>TOTAL</b>		<b>1096,00</b>

### 6.3. Costo total de inversión

En el costo total se suma los costos directos e indirectos, para la implementación del proyecto mismos que se detallan en la tabla 14, con el propósito de dar a conocer cuáles son los gastos que intervinieron en todo el proceso.

**Tabla 14.** Costo total.

<b>Detalle</b>	<b>Valor</b>
Costo Directo	834,04
Costos Indirectos	1096,00
<b>TOTAL</b>	<b>1930,04</b>

### 6.4. Ingresos de producción

Los ingresos de la producción se los realiza mediante el registro de datos, obtenidos por parte de la empresa y se los muestra en la tabla 15.

**Tabla 15.** Ingresos de producción

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADA</b>						
<b>Detalle de Ingresos</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
Secado de motor de 5 hp	-	7.830	7.987	8.065	8.143	8.222
Secado de motor de 10 hp	-	11.620	11.852	11.969	12.085	12.201
Secado de motor de 30 hp	-	14.200	14.484	14.626	14.768	14.910
Secado de motor de 45 hp	-	10.720	10.934	11.042	11.149	11.256
Secado de motor de 75 hp	-	17.660	18.013	18.190	18.366	18.543
Total de Ingresos	-	<b>62.030</b>	<b>63.271</b>	<b>63.891</b>	<b>64.511</b>	<b>65.132</b>

### 6.5. Egresos de producción

El egreso de la producción se toma en cuenta los gastos operativos de la empresa en el proceso de secado de motores, detallando los datos obtenidos por parte de la empresa y se los muestra en la tabla 16.

**Tabla 16.** Egresos de producción

<b>FLUJO DE CAJA PROYECTADA</b>						
Detalle de egresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Detalle de egresos en consumo	-					
Luz	-	1800	1836	1854	1872	1890
Agua	-	180	183,6	185,4	187,2	189
Internet	-	240	244,8	247,2	249,6	252
<b>Egresos Operativos</b>						
Compra de materia prima	-	3.030	3.091	3.121	3.151	3.182
Accesorios de rebobinaje	-	1.930	1.969	1.988	2.007	2.027
Accesorios varios	-	200	204	206	208	210
Empleados	-	52.000	53.040	53.560	54.080	54.600
<b>Total de Egresos</b>	<b>-</b>	<b>59.380</b>	<b>60.568</b>	<b>61.161</b>	<b>61.755</b>	<b>62.349</b>

### 6.6. Análisis del VAN y TIR

El análisis del valor actual neto y la tasa interna de retorno se lo realiza mediante el flujo de caja proyectada durante 5 años, donde se debe recuperar la inversión, para poder calcularlo se utiliza una hoja de cálculo en Excel con la función de VAN y TIR, colocando una tasa interna de interés del 10 %. En la tabla 17 se aprecia el resultado del VAN y TIR.

**Tabla 17.** Cálculo del VAN y TIR

<b>Cálculo del VAN y TIR</b>						
	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
	1.930	-	-	-	-	-
<b>Ingresos</b>	-	62.030	63.271	63.891	64.511	65.132
<b>Egresos</b>	-	59.380	60.568	61.161	61.755	62.349
<b>Total</b>	<b>-1.930</b>	<b>2650</b>	<b>2703</b>	<b>2730,00</b>	<b>2756,00</b>	<b>2783,00</b>

Valor Actual Neto (VAN)	\$8.374,47
-------------------------	------------

Tasa	10,00%
------	--------

Tasa Interna de Retorno (TIR) Anual	137%
Tasa Interna de Retorno (TIR) Mensual	11%

### 6.7. Ahorro producido por la máquina

En la tabla 18, se muestra una comparación del valor consumido por el horno eléctrico, con respecto al valor estimado utilizando gas GLP, adquiriendo la bombona de 45 Kg, para evitar incumplir al reglamento técnico de consumo y distribución del gas licuado GLP.

**Tabla 18.** Ahorro generado

Ahorro con la implementación del horno eléctrico			
Bombona de 45 Kg.	Valor inicial	Valor de la recarga del gas al mes	Total
	\$ 200,00	\$ 18,00	\$ 218,00
Potencia total del horno	Consumo al mes. (2 horas diarias durante 5 días)	Precio del KW/h (uso residencial)	Total
6000 W	240 (KW/h)	\$ 0,07	\$ 16,80
Ahorro monetario de consumo eléctrico a comparación del gas GLP		<b>\$1,20</b>	

## **7. ANÁLISIS DE IMPACTOS**

### **7.1. Impacto práctico**

Mediante la implementación del equipo electromecánico el cual está diseñado para cumplir con los requerimientos, para un correcto secado de motores eléctricos, mediante el control y monitoreo de la temperatura interior del horno, manteniéndola estable, así como un control del tiempo de secado.

### **7.2. Impacto tecnológico**

La implementación del equipo electromecánico, consta de un sistema de control de temperatura, así como el control del tiempo de curado mediante el uso de un temporizador OFF – DELAY, haciendo el equipo muy fácil de operar y siendo mucho más seguro que trabajar con métodos tradicionales mediante uso de gas GLP.

### **7.3. Impacto ambiental**

Positivamente el proyecto mejora la calidad de trabajo que brinda la empresa, se mejora los procesos de secado optimizando el tiempo de trabajo, también utiliza la energía eléctrica como base para su funcionamiento, la cual no produce gases contaminantes al ambiente.

### **7.4. Impacto económico**

El proyecto tiene un impacto económico ya que genera un ahorro de \$ 1,20 mensuales al consumo energético, como también ayuda a reducir los tiempos de proceso de secado y optimizar mejor el tiempo de los trabajadores.

## **8. CONCLUSIONES:**

- Se logró implementar el horno, utilizando tecnología existente en el mercado cuya estructura se la realizó en función a la carga máxima de trabajo y utilizando resistencias eléctricas como fuente de calor, de 2000 (W) para el proceso de secado.
- El diseño más eficiente del horno consta de materiales como: acero galvanizado, lana de fibra de vidrio, tubo reforzado y elementos de control, adecuados para que el horno soporte una carga máxima del motor de 75 hp.
- Se utiliza elementos de control para la temperatura y el tiempo óptimos en el proceso de curado. Siendo el diseño que mejor se ajusta a las necesidades de la empresa teniendo

eficiencia energética ya que reduce un costo de \$1,20 en el consumo de energía eléctrica en comparación al consumo de GLP.

- En la implementación y verificación se visualiza que el horno alcanza una temperatura de 160°C en un tiempo de 20 min. para la carga máxima, teniendo un buen control de la temperatura dentro de la cámara, logrando cumplir con los parámetros de secado de sugerencia del barniz.

## **9. RECOMENDACIONES:**

- Para el diseño de un horno para secado de motores, se debe tomar en cuenta los elementos a utilizar, que los mismos soporten altas temperaturas de trabajo evitando deformación.
- Antes de empezar el proceso de secado, se debe revisar el manual de operación y programar el set-point a la temperatura correcta de trabajo según sea el requerimiento.
- Revisar periódicamente la correcta temperatura de trabajo, ya que, si esta se sobrepasa, lograría quemar el aislamiento de las bobinas.
- Luego de terminado el proceso de secado hay que esperar unos minutos hasta que la temperatura interior este por debajo de los 60°C.
- Al utilizar el horno, el operario debe utilizar todos los elementos de protección personal, siendo indispensables los guantes al momento de retirar la carga del horno.
- Se debe revisar el valor óhmico de la resistencia en un periodo de cada año, y verificar que su valor sea de (8,02  $\Omega$ ).
- En un futuro se puede repotenciar el horno eléctrico, modificarlo para añadir un sistema de recirculación de aire forzado, ya que de este modo se tendrá una temperatura homogénea en toda la cama interior del horno.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. J. Rivadeneira - Andrade, «CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR DE AIRE FORZADO PORTATIL CON CONTROL DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO,» Escuela Politecnica Nacional, Septiembre 2008. Obtenido de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2108/1/CD-1701%282008-10-07-11-04-56%29.pdf>.
- [2] L. -. C. MONTEROS - VILLAREAL, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO MUFLA PARA LA REALIZACIÓN DE TRATAMIENTOS TERMICOS DE ACERO,» 2016. Obtenido de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4592/2/04%20MEC%20077%20ARTICULO%20PERIODISTICO.pdf>.
- [3] E. G. BENITES BASTIDAS, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR ELÉCTRICO AUTOMÁTICO DE AIRE FORZADO PARA EL SECADO DE LOS BOBINADOS DE MOTORES,» 13 07 2016. Obtenido de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3661/1/T-UTC-000015.pdf>.
- [4] MOTORTICO, «Limpieza y re-barnizado de bobinados,» 06 2014. Obtenido de: <http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2014%20JUN%20-%20Limpieza%20y%20rebarnizado%20de%20bobinados.pdf>.
- [5] V. L. NOGALES NIETO, «AUTOMATIZACION DE UN HORNO ELECTRICO INDUSTRIAL PARA EL SECADO Y DESPRENDIMIENTO DEL BARNIZ EN BOBINADOS PARA LA EMPRESA MALEMEC S.A.,» 07 2018. Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15779/1/UPS-ST003620.pdf>.
- [6] J. P. MENDÉZ ALTAMIRANO, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL SECADO DE LOS BOBINADOS DE MOTORES HASTA 10 HP,» 01 2012. Obtenido de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4639/1/CD-4270.pdf>.
- [7] Y. Díaz , « Diseño de un horno de mufla para la fusión de aleaciones Ni-Co con fines estomatológicos,» 2016. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/311509598\\_Disenio\\_de\\_un\\_horno\\_de\\_mufla\\_para\\_la\\_fusion\\_de\\_aleaciones\\_Ni-Co\\_con\\_fines\\_estomatologicos](https://www.researchgate.net/publication/311509598_Disenio_de_un_horno_de_mufla_para_la_fusion_de_aleaciones_Ni-Co_con_fines_estomatologicos).
- [8] Laboratorio Químico, «MUFLA,» 2018. Obtenido de: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/horno-mufla.html>.
- [9] S. B. Aguirre Patricico, «DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO ELCTRICO PARA EL CALENTAMIENTO DE PREPOLIMER Y

- POLYOL,» 05 2014. Obtenido de:  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8300/1/T-ESPEL-EMI-0255.pdf>.
- [10] MISPAG S.R.L., «BOBINADO DE MOTORES ELÉCTRICOS,» 2016. Obtenido de:  
<http://www.mispagsrl.com.ar/servicios/servicios.htm>.
- [11] MYG Inc. Motores Eléctricos, «Horno Pirolítico,» 2012. Obtenido de:  
<https://motoresygeneradores.com/horno-pirolitico/>.
- [12] ViSion, «HI-THERM BC-346-A Barniz,» 2008. Obtenido de: <http://en.vision-hk.com/Item/15.aspx>.
- [13] MATELECS.A., «HI THERM BC-346A,» 2016. Obtenido de:  
<https://www.matelec.com.pe/hi%20therm%20bc%20346.html>.
- [14] J. MARTINES, «RESISTENCIA KANTHAL PARA HORNOS INDUSTRIALES,» 2012. Obtenido de: <https://www.juliomartineznaya.com/resistencias-kanthal-para-hornos-industriales/>.
- [15] KANTHAL HANDBOOK, «RESISTENCIA AL CALENTAMIENTO DE ALEACIONES Y SISTEMAS PARA HORNOS INDUSTRIALES.,» 2014. Obtenido de: <http://hitempproducts.thomasnet-navigator.com/Asset/The-Kanthal-Furnace-Mini-Handbook---Metric-version-.pdf>.
- [16] ARIAN CONGROL - INSTRUMENTACION, «QUE SON Y COMO FUNCIONAN LAS TERMOCUPLAS,» 07 05 2014. Obtenido de: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>.
- [17] PROYECTOS Y MAQUINAS SAS., «QUE SON Y COMO FUNCIONAN LAS TERMOCUPLAS,» 2015. Obtenido de: <http://dingelme.com/que-son-y-como-funcionan-las-termocuplas/>.
- [18] A. Miranda, «TRANSDUCTORES,» 2016. Obtenido de:  
[http://ander.zonalibre.org/UNIDAD\\_3%20TEMPERATURA.pdf](http://ander.zonalibre.org/UNIDAD_3%20TEMPERATURA.pdf).
- [19] CALSER, «LANA AW 600"X48"2",» 28 08 2018. Obtenido de:  
<https://www.calsers.com.ec/index.php/hikashop-menu-for-module-155/product/315-rollo-aw-600-x48-x2>.
- [20] curiosoando, «ACERO GALVANIZADO,» 2016. Obtenido de:  
<https://curiosoando.com/que-es-el-acero-galvanizado>.
- [21] IMPORT ACEROS, «PLANCHA GALVANIZADA,» 2018. Obtenido de:  
<https://www.importaceros.com/planchas-y-bobinas#PlanchaInoxidable>.
- [22] ACEROMUNDO, «LAMINADO EN FRIO Y CALIENTE,» 2015. Obtenido de:  
<https://aceromundo.com.mx/laminado-frio-y-caliente/>.

- [23] color abc, «TECNOLIGÍA DE LOS PULSADORES E INTERRUPTORES,» 16 05 2006. Obtenido de: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/tecnologia-de-los-pulsadores-e-interruptores-904222.html>.
- [24] EUCHNER, «DISPOSITIVO DE PARADA DE EMERGENCIA,» 18 03 2016. Obtenido de: <https://www.euchner.de/es-es/Productos/Dispositivos-de-parada-de-emergencia/Dispositivo-de-parada-de-emergencia-ES>.
- [25] F. Machado, «ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN TABLERO ELÉCTRICO,» 2017. Obtenido de: <https://tallerlaguardia8199.files.wordpress.com/2017/03/apunte-electricidad-ind-3.pdf>.
- [26] JMIndustrial, «CONTROLES DE TEMPERATURA,» 2016. Obtenido de: <https://www.jmi.com.mx/instrumentacion/controles-temperatura.html>.
- [27] TESLA INDUSTRIAL MATERIAL ELECTRICO MANTENIMIENTO, «TESLA INDUSTRIAL MATERIAL ELECTRICO MANTENIMIENTO,» 2017. Obtenido de: <https://www.tuugo.ec/Companies/tesla-industrial-material-electrico-mantenimiento/12600056592>.
- [28] M. S. Flores Medina, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE TEMPERATURA DE UN HORNO INDUSTRIAL UTILIZADO EN EL PROCESO DE BOBINADOS DE MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS,» Universidad Politecnica Salesiana, Marzo 2016. Obtenido de: <https://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13082/1/UPS%20-%20ST002262.pdf>.

# **ANEXOS**

## ANEXO I

Figura. 1. Dimensiones de varios motores 4 polos.

## Velocidad 1800 rpm (4 polos)

Código Actual	Código Antiguo	Tipo	Frame IEC	HP	kW	F.S.	In a		rpm	Eficiencia $\eta$ %	Torque nominal Nm	Momento de inercia Kg m <sup>2</sup>	Torque de arranque de Tn	Intensidad de In	Peso aprox. kg
							220V Amp.	440V Amp.							
01108	836440	1LA7 070-4YC60	71	0.40	0.29	1.05	1.6	0.80	1640	66.0	1.74	0.0006	1.8	2.8	4.7
01109	836472	1LA7 070-4YA60	71	0.50	0.37	1.15	1.9	0.95	1590	66.0	2.20	0.0006	1.3	2.7	5.5
01110	836460	1LA7 071-4YA60	71	0.60	0.45	1.05	2.2	1.10	1645	69.0	2.60	0.0008	1.8	3.4	6.0
01111	836473	1LA7 073-4YA60	71	0.75	0.56	1.15	2.9	1.45	1650	65.0	3.30	0.0008	1.9	3.7	6.0
01112	836490	1LA7 080-4YC60	80	0.90	0.67	1.05	3.1	1.55	1675	68.0	3.83	0.0015	2.3	4.4	8.1
01113	836474	1LA7 080-4YA60	80	1.00	0.75	1.15	3.5	1.75	1660	69.2	4.29	0.0015	1.9	3.7	8.1
01114	836401	1LA7 081-4YA60	80	1.20	0.90	1.05	4.0	2.00	1675	70.0	5.10	0.0018	2.2	3.7	9.3
01115	836476	1LA7 083-4YA60	80	1.50	1.12	1.15	5.0	2.5	1650	72.0	6.48	0.0018	1.8	3.0	9.3
01116	836402	1LA7 090-4YC60	90	1.80	1.34	1.05	6.4	3.2	1700	77.0	7.54	0.0028	2.4	5.2	11.9
01117	836478	1LA7 090-4YA60	90	2.00	1.50	1.15	7.0	3.5	1700	77.0	8.38	0.0028	2.2	4.4	12.1
01118	836403	1LA7 094-4YA60	90	2.40	1.79	1.05	7.4	3.7	1690	77.0	10.12	0.0035	2.0	4.5	14.9
01119	836479	1LA7 096-4YA60	90	3.00	2.20	1.15	9.6	4.8	1708	79.0	12.51	0.0035	1.8	3.6	14.9
01120	836404	1LA7 111-4YA60	112	4.00	3.00	1.15	13.0	6.5	1750	76.3	16.28	0.0048	2.2	5.6	27.1
01121	836406	1LA7 112-4YA60	112	5.00	3.73	1.15	15.8	7.9	1750	80.5	20.36	0.0058	2.3	6.5	28.7
01122	836407	1LA7 113-4YA60	112	6.60	4.92	1.05	19.6	9.8	1745	78.0	26.95	0.011	2.0	6.0	31.0
01123	836483	1LA7 114-4YA60	112	7.50	5.60	1.15	23.2	11.6	1740	80.0	30.71	0.011	2.2	5.6	32.7
01124	836484	1LA7 131-4YA70	132S/M	10.00	7.50	1.15	28.8	14.4	1750	81.0	41.50	0.018	2.3	6.0	46.5
01125	836412	1LA7 133-4YA70	132S/M	12.00	9.00	1.05	34.0	17.0	1750	81.2	49.50	0.024	2.5	6.6	49.0
01126	836485	1LA7 134-4YA70	132S/M	15.00	11.2	1.15	43.0	21.5	1750	82.5	62.00	0.024	1.8	5.0	62.0
01127	836486	1LA5 164-4YB70	160 M/L	20.00	14.9	1.15	53.0	26.5	1760	85.0	80.96	0.040	1.8	6.3	77.5
01128	836487	1LA5 167-4YC70	160 M/L	25.00	18.7	1.15	64.0	32.0	1755	89.0	101.5	0.052	1.8	5.4	85.5
<b>Motores de alta eficiencia (Eficiencias superiores a E- P Act.)</b>															
01129	856431	1LA4 183-4YA80	180M	30	22.4	1.05	78	39.0	1755	90.7	121.8	0.13	2.0	4.9	170
01130	856436	1LA4 186-4YA80	180L	36	26.8	1.05	93	46.5	1760	91.3	146.7	0.15	2.8	6.8	190
01131	856440	1LA4 187-4YA80	180L	40	29.8	1.05	104	52.0	1750	91.3	162.8	0.15	2.0	5.6	190
01132	856448	1LA4 207-4YC80	200L	50	37.3	1.15	126	63.0	1760	91.3	202.4	0.24	2.7	6.8	250
01133	856450	1LA6 220-4YA80	225S	60	44.5	1.15	148	74.0	1765	96.2	242.2	0.44	2.7	6.6	314
01134	856475	1LA6 224-4YC80	225M	75	56.0	1.15	188	94.0	1780	92.7	300.2	0.52	2.0	5.1	321



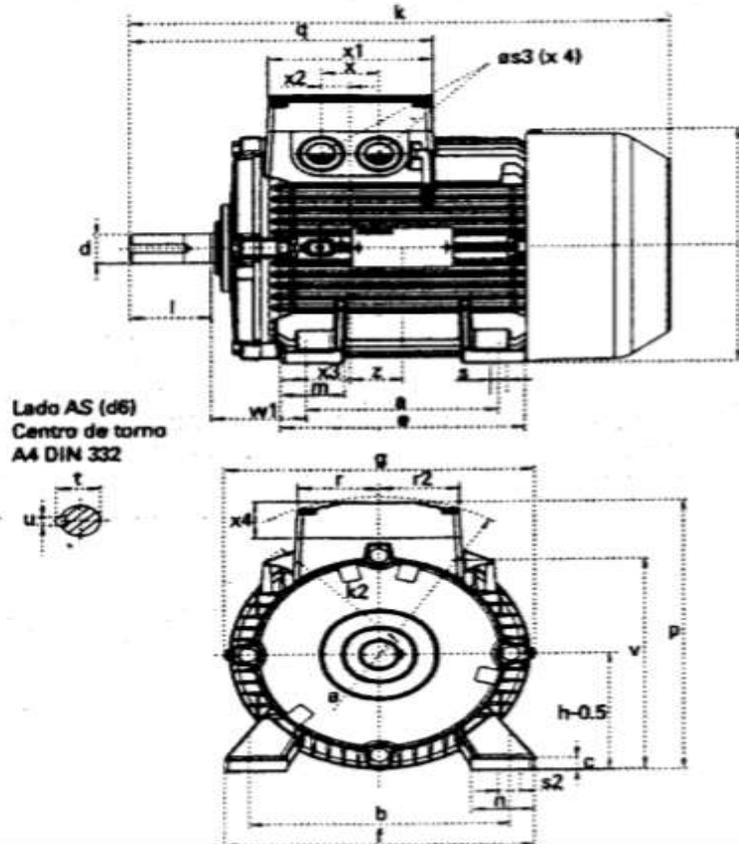
## Medidas para montaje (dimensiones en mm)

Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)						medidas de la forma constructiva IM B3								Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35						
	l	d	t	u	g	g <sub>1</sub>	p/p <sub>2</sub>	k	a	b	h	w <sub>1</sub>	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13
112 M	60	28	31.0	8	227	-	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5
132 S	80	38	41.3	10	264.5	-	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15
132 M	80	38	41	10	266	-	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5
160 M	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	210	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18
160 L	110	42	45.0	12	320	-	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18
225 S	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5
225 M	*140	*60	*64	18	447	-	569	*830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5

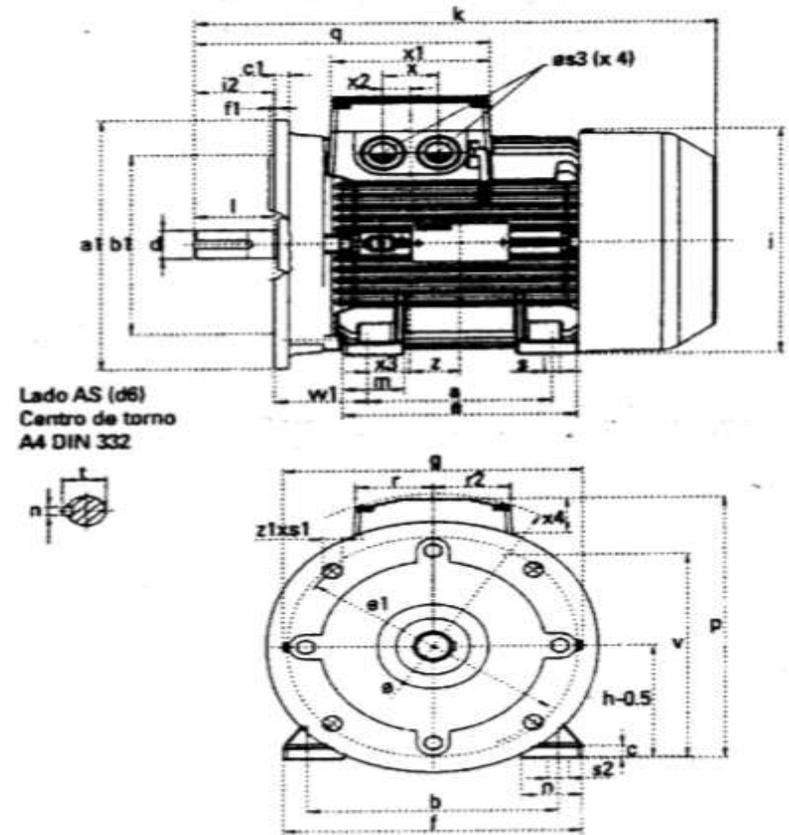


Tamaños 71 a 160

Ejecución IM B3



Ejecución IM B35



## PROPIEDADES FÍSICAS Y ESPECIFICACIONES

PRODUCTO	LONGITUD (mm)	ANCHO mm	ESPESOR (1) mm	PESO NETO ± 10% kg/m <sup>2</sup> (g/ft <sup>2</sup> )
600" x 48" x 1"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	25.4 ± 5 mm	0.44 (40.76)
600" x 48" x 1. ½"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	38.1 ± 5 mm	0.64 (59.47)
600" x 15. 3/4" x 1. 1/4 "	15240 ± 30mm	400 ± 13 mm	31.75 ± 5 mm	0.55 (51.11)
600" x 48" x 2"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	50.8 ± 5 mm	0.90 (83.64)

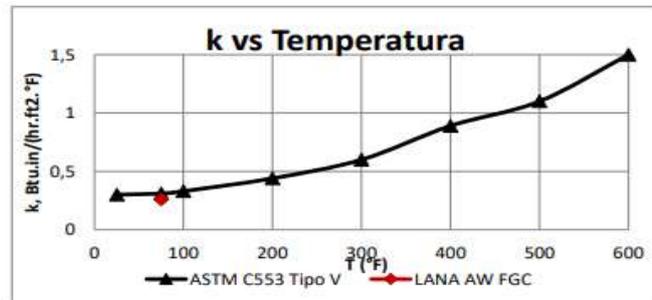
(1) Espesor mínimo 100% a seis semanas de ser producido.

PROPIEDAD	NORMA	DESCRIPCIÓN
Límites de operación	ASTM C447	Máx. Temperatura 538°C (1000°F)
Desempeño térmico (Conductividad térmica)	ASTM C518	0.0375 W/m.°C Valor típico a 24°C Temp. media (0.26 BTU.in/hr.ft <sup>2</sup> .°F a 75°F Temp. media)
Absorción de vapor de agua	ASTM C1104/ C1104M	<5% en peso a 120°F (49°C), 95% R.H.
Características de Combustión Superficial	E84 / UL723	Índice de propagación de llama < 25 Índice de generación de humo < 50
Corrosividad	ASTM C665 / ASTM 795	Cumple con los requerimientos
Flexibilidad	ASTM C1101/c1101M	Clasificado como flexible resiliente
Resistencia a hongos	ASTM C1338	Cumple con los requerimientos
Emisión de Olores	ASTM 1304	
Contenido de Decabromuro	Oregon State	Cumple los requerimientos

Los datos presentados a continuación son una guía para el desempeño térmico según lo requerido por la norma ASTM C553 Tipo V comparado con un punto del desempeño térmico del producto en referencia (LANA AW):

ASTM C553 Tipo V			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.ft <sup>2</sup> .°F	W/m.°C
25	-3.9	0.30	0.043
<b>75</b>	<b>23.9</b>	<b>0.31</b>	<b>0.045</b>
100	37.8	0.33	0.048
200	93.3	0.44	0.063
300	148.9	0.60	0.087
400	204.4	0.89	0.128
500	260.0	1.10	0.159
600	315.6	1.50	0.216

LANA AW FGC			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.ft <sup>2</sup> .°F	W/m.°C
<b>75</b>	<b>23.9</b>	<b>0.26</b>	<b>0.0375</b>



Espesor del aislamiento (in)		Temperatura de Servicio (°F)				
		200	400	600	800	1000
1	ST (°F)	97.7	147.0	218.3	309.8	414.8
	HL (Btu/hr/ft <sup>2</sup> )	39.06	146.10	344.80	675.80	1178.00
	EFF (%)	78.01	76.32	72.49	68.76	65.87
1.5	ST (°F)	91.4	128.1	183.1	256.4	344.0
	HL (Btu/hr/ft <sup>2</sup> )	27.43	102.10	240.50	471.80	824.10
	EFF (%)	84.56	83.45	80.81	78.19	76.12
2	ST (°F)	87.8	117.3	162.3	223.8	299.3
	HL (Btu/hr/ft <sup>2</sup> )	21.15	78.51	184.70	362.30	633.30
	EFF (%)	88.09	87.28	85.27	83.25	81.65



**EMPAQUE**

PRODUCTO	UNIDADES/ EMPAQUE	ÁREA/ PAQUETE (m <sup>2</sup> )	PESO NETO /PAQUETE kg (+/-10%)
600" x 48" x 1"	1	18.58	8.17
600" x 48" x 1, 1/2"	1	18.58	12.03
600" x 15. 3/4" x 1. 1/4 "	3	18.28	10.05
600" x 48" x 2"	1	18.58	16.04

PESO BRUTO= PESO NETO ( $\pm 10\%$ ) + 0.8 kg aprox. Polietileno termoencogible, etiqueta autoadhesiva. (Extremos abiertos).

**RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN****Antes de la instalación**

Antes de instalar el aislamiento todas las superficies deberán estar limpias, completamente secas y cubiertas de pintura anticorrosiva inorgánica o cualquier otro revestimiento protector de acuerdo a la temperatura de operación. Para esto se deberán utilizar los métodos de limpieza química o mecánica apropiados.

**Durante la instalación**

- Instalar aros metálicos sobre la pared del tanque que soportará el aislamiento. Hay casos donde existen soportes ya instalados en el equipo que pueden ejercer la misma labor
- Los aros o soportes están conformados por unas platinas que tienen un ancho igual al espesor del aislamiento. Estas platinas están en contacto con la pared del tanque mediante tramos cortos de esta misma platina, soldadas a la pared del equipo.
- Los aros o soportes se deben colocar distanciados entre sí, de acuerdo al ancho del aislamiento.

**CONTENIDO RECICLADO**

(1) PI Contenido Reciclado Post Industrial: Recogido de los fabricantes o la industria.

(2) PC Contenido Reciclado Post-Consumidor: Recogido de usos finales.

CONTENIDO DE RECICLADO TOTAL	CONTENIDO DE RECICLADO POST- INDUSTRIAL PI (1)	CONTENIDO DE RECICLADO POST- CONSUMIDOR PC (2)
78.8%	78.8%	0%

- Una vez el aislamiento está soportado sobre los aros, se asegura contra la pared del tanque mediante bandas metálicas de 1" de ancho.
- Una vez instalado el aislamiento se procede a colocar la malla de alambre galvanizado mediante "cosido" uniendo los bordes de la malla metálica con grapas o clavos sobre la superficie externa del aislamiento.
- Se debe dejar un traslapeo mínimo de 2", tanto en las uniones longitudinales como en las transversales.

**Después de la instalación**

- Los aislamientos deben permanecer siempre protegidos de la lluvia y del sol.
- En caso de que existan manholes, soportes, salidas de tubería o aparatos de medición, las juntas con estas partes deben sellarse con un mástique.



# KANTHAL A-1 and APM

Wire and strip. Standard stock items.

Resistivity  $1.45 \Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$ . Density  $7.1 \text{ g cm}^{-3}$ . To obtain resistivity at working temperature, multiply by factor  $C_t$  in following table.

$^{\circ}\text{C}$	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
$C_t$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05

Wire dia mm	Resistance $\Omega/\text{m } 20^{\circ}\text{C}$	Weight g/m	$\text{cm}^3/\Omega$ $20^{\circ}\text{C}$	Strip*) WxT mm	Resistance $\Omega/\text{m } 20^{\circ}\text{C}$	Weight g/m	$\text{cm}^3/\Omega$ $20^{\circ}\text{C}$
1.0	1.85	5.58	17.0	5.0x1.0	0.290	35.5	414
1.1*)	1.53	6.75	22.7	10.0x1.0	0.145	49.7	1520
1.2	1.28	8.03	29.4	15.0x1.0	0.0967	107	3310
1.3*)	1.09	9.43	37.4	20.0x1.0	0.725	142	5790
1.4*)	0.942	10.9	46.7	12.0x1.2	0.101	102	2620
1.5	0.821	12.5	57.4	15.0x1.2	0.101	128	4020
1.6*)	0.721	14.3	69.7	10.0x1.5	0.097	107	2380
1.7	0.639	16.1	83.6	12.0x1.5	0.0806	128	3350
1.8	0.570	18.1	99.2	15.0x1.5	0.0644	160	5120
2.0	0.462	22.3	136	20.0x1.5	0.0483	213	8900
2.2	0.381	27.0	181	25.0x1.5	0.0387	266	13700
2.3	0.349	29.5	207	30.0x1.5	0.0320	320	19600
2.4*)	0.321	32.1	235	15.0x2.0	0.0483	213	7040
2.5	0.295	34.9	266	20.0x2.0	0.0363	284	12100
2.6	0.273	37.7	299	25.0x2.0	0.0290	355	18600
2.8	0.235	43.7	374	30.0x2.0	0.0242	426	26500
2.9	0.219	47.0	416	20.0x2.5	0.0290	355	15500
3.0	0.205	50.2	460	25.0x2.5	0.0232	444	23700
3.25	0.175	58.9	584	30.0x2.5	0.0193	533	33600
3.5	0.151	68.3	730	20.0x3.0	0.0242	426	19008
3.75	0.131	78.4	897	25.0x3.0	0.0193	533	26200
4.0	0.115	89.2	1090	30.0x3.0	0.0161	639	41000
4.25	0.102	101	1306				
4.5	0.0912	113	1550				
4.75	0.0818	126	1824				
5.0	0.0738	139	2127				
5.5	0.0610	169	2831				
6.0	0.0513	201	3676				
6.5	0.0437	236	4673				
7.0	0.0377	273	5840				
7.35	0.0340	300	5840				
8.0	0.0288	357	8690				
8.25	0.0271	380	9560				
9.5	0.0205	503	14600				
10.0	0.0185	558	17000				





# Plancha Galvanizada

## Especificaciones Generales

- Norma:** ASTM A 593 Gr. A,B ó C
- Largo nominal:** Según tabla adjunta.
- Otros largos:** Otras dimensiones y largos, previa consulta
- Dimensiones:** Según tabla adjunta.
- Espesor:** Consulta con su proveedor

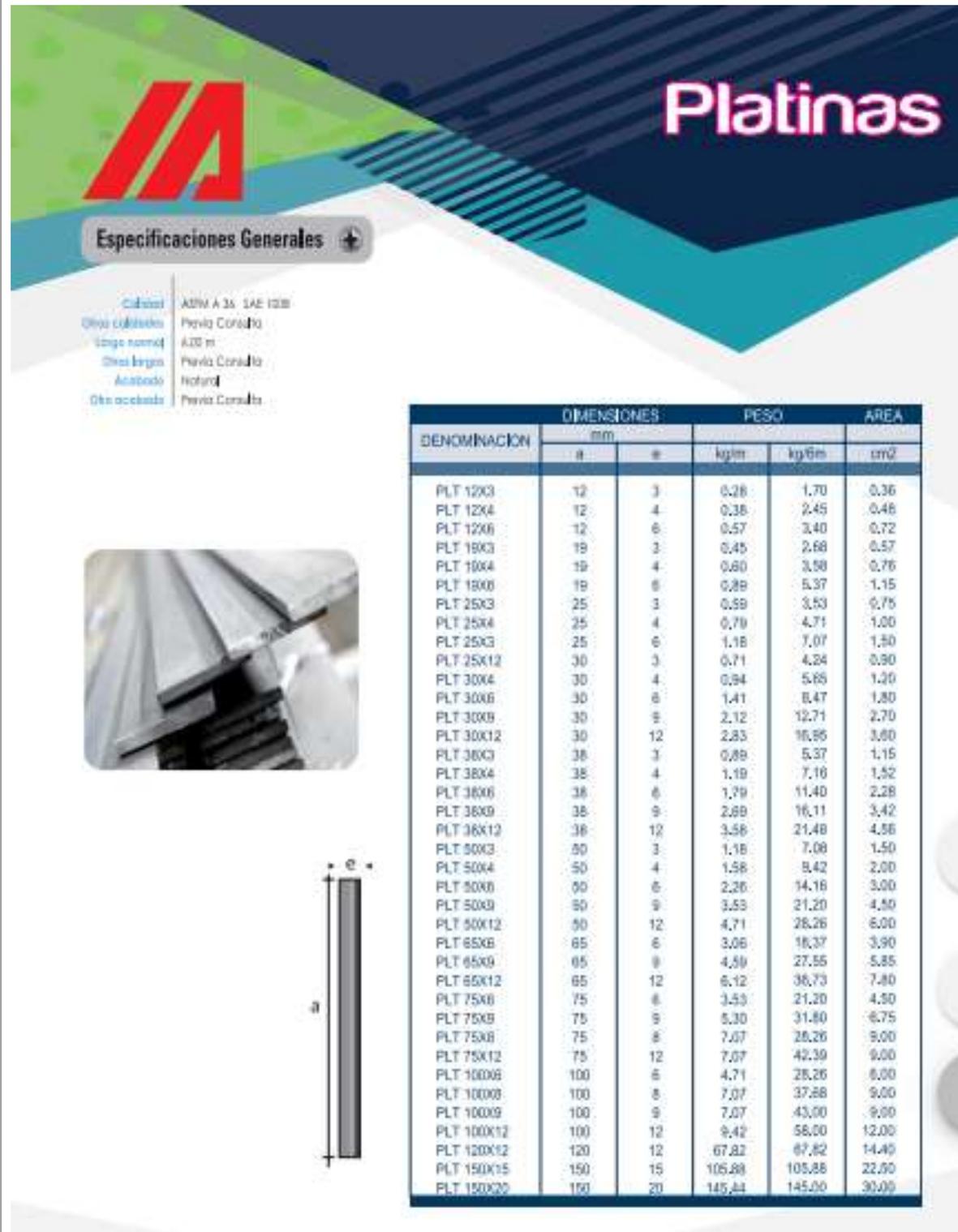


Ancho	Largo	Espesor	Peso	Uso
mm	mm	mm	Kg	
1000	2000	0,70	10,99	Embutición
1000	2000	0,90	14,13	
1000	2000	1,10	17,27	
1000	2000	1,40	21,98	
1220	2440	0,4	9,35	Comercial
1220	2440	0,45	10,52	
1220	2440	0,50	11,68	
1220	2440	0,60	14,02	
1220	2440	0,70	16,36	
1220	2440	0,90	21,03	
1220	2440	1,10	25,7	
1220	2440	1,40	32,72	
1220	2440	2,00	46,74	

### APLICACIONES

- Partes y piezas para línea blanca.
- Cámaras frigoríficas.
- Perfiles de tumbado.
- Puertas metálicas.
- Ductos para aire acondicionado.





# Tubo Estructural Cuadrado

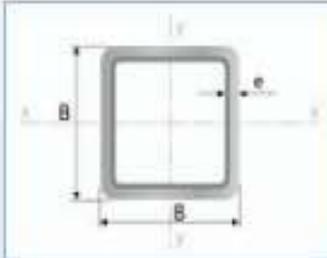
**Especificaciones Generales**

Norma: ASTM A500  
 Tipo de Acero: Negro o Galvanizado  
 Grupo: Grupos A y B  
 Clase: Clase 1, 2 y 3  
 Espesor: Desde 0.6 a 12 mm



**APLICACIONES**

Estructuras de acero y acero inoxidable, edificios, soporte de techos.  
 Construcción de puentes, Alacenas de granito y mármol.  
 Construcción e instalación de tuberías agrícolas, mineras y químicas.  
 Aplicaciones de resistencia a temperaturas industriales.  
 Automóviles y otros equipos comerciales y recreativos.



DENOMINACIONES	AREA	PESO	Momentos de Inercia			
			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>p</sub>	
B	e	A	P	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>p</sub>
mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>6</sup>
20	1,40	0,89	0,78	0,56	0,56	0,73
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,60	1,22	0,88	0,60	0,60	0,77
	2,00	1,54	1,03	0,70	0,70	0,92
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,99
	1,50	1,38	1,06	1,22	0,97	0,99
	1,60	1,48	1,12	1,28	1,11	0,98
	2,00	1,74	1,26	1,48	1,18	0,98
30	1,40	1,38	1,23	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,55	1,30	2,20	1,47	1,13
	1,60	1,66	1,33	2,33	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,78	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	3,38	2,38	1,37
	1,50	2,28	1,77	3,44	2,78	1,56
	1,60	2,47	1,89	3,59	3,19	1,54
	2,00	2,94	2,31	4,09	3,67	1,54
	2,50	3,39	2,82	4,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,33	4,38	4,68	1,49
	4,00	5,30	4,20	4,78	5,39	1,43
50	1,40	2,87	2,10	10,42	4,12	1,97
	1,50	2,98	2,24	11,00	4,43	1,97
	1,60	3,19	2,36	12,05	5,10	1,96
	2,00	3,74	2,85	14,15	5,84	1,88
	2,50	4,88	3,60	16,98	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,30	7,80	1,90
	4,00	6,98	5,48	23,48	8,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,51	6,51	2,48
	1,60	4,11	3,22	22,95	7,69	2,38
	2,00	4,94	3,86	25,18	8,38	2,35
	2,50	5,50	4,39	28,38	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,10	6,71	43,68	14,55	2,28
70	1,50	4,05	3,10	31,46	8,99	2,78
	1,60	4,83	3,79	37,09	10,69	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,71	11,84	2,76
	2,50	6,39	5,17	49,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,18	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	46,92	10,38	3,00
	1,60	5,19	4,07	48,83	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,26	61,40	16,47	2,96
	3,00	8,41	6,50	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,94	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,60	6,27	4,92	60,71	17,04	4,39
	2,00	6,84	5,45	68,87	19,70	3,50
	2,50	8,55	6,74	88,87	24,19	3,38
	3,00	10,21	8,01	127,82	38,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	46,01	3,48
100	1,60	6,89	5,48	111,62	22,33	4,60
	2,00	7,74	6,07	123,61	24,80	3,99
	2,50	9,59	7,51	160,85	30,13	3,90
	3,00	11,41	8,96	177,08	33,42	3,94
	4,00	14,05	11,73	236,40	40,29	3,89
	5,00	18,34	14,41	271,38	46,27	3,84
	6,00	21,63	16,88	312,00	62,40	3,80
125	3,00	14,41	11,31	354,53	36,73	4,98
	4,00	18,93	14,87	457,81	73,12	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,67	88,46	4,87
	6,00	27,63	21,69	649,81	102,63	4,82
150	3,00	15,61	12,25	445,89	56,65	5,17
	4,00	20,25	16,13	581,89	86,19	5,12
	5,00	23,88	18,98	703,14	104,47	5,07
	6,00	30,18	23,39	805,25	121,52	5,03
175	3,00	17,41	13,67	622,76	88,03	5,31
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,27
	5,00	28,26	22,26	982,37	135,89	5,23
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,66	5,19



**TABLE A.4** Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure<sup>a</sup>

$T$ (K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (kJ/kg·K)	$\mu \cdot 10^7$ (N·s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^3$ (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$Pr$
<b>Air, <math>\mathcal{M} = 28.97</math> kg/kmol</b>							
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683

Medio	Coefficiente de transferencia de calor $h$ (W/m <sup>2</sup> ·K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor supercalentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000



**CONSTRUCCIÓN DEL HORNO**

Una vez concluida la etapa de diseño se procederá a la construcción del horno con planchas de acero galvanizado, acero de bajo carbono utilizando técnicas de doblado y soldadura. El horno para secado de motores eléctricos, tendrá tres láminas que conformarán su estructura así como ayudarán a conservar la cantidad de calor adecuado para el proceso de secado, como son: acero galvanizado, lámina aislante de fibra de vidrio, lámina de acero al caliente A-36, a la vez tendrá las resistencias como elementos de calentamiento conectadas a un panel de control que constará de los elementos necesarios para su funcionamiento como los pulsadores, contactor, luz de visualización, todo esto se apoyará en el controlador de temperatura CH702FK02, el cual mantendrá la temperatura estable para el proceso.

Los pasos para la construcción del horno son los siguientes:

- Construcción de la estructura
- Construcción de la cámara interior y cubierta exterior
- Ensamblaje de los elementos que constituyen el horno
- Construcción del tablero de control
- Implementación del horno

**1. Construcción de la estructura**

Para la construcción de la estructura se empleó tubo cuadrado de acero A-36, reforzado se realizó el corte de los tubos a las diferentes medidas como se detalla en el plano de taller, de la misma manera para la unión de los tubos de la estructura se utilizó soldadura SMAUW, con electrodo E6011. Para los canales que sirven de guía en el ingreso del coche se utilizó faldón de acero A-36, de las medidas que se especifican en los planos de taller.



**Figura 1.** Estructura del horno.



**2. Construcción de la cámara interior**

Para la construcción de la cubierta interior del horno se utilizó acero galvanizado, de las dimensiones y características que se especifica en los planos de taller y se utilizó soldadura SMAUW, con electrodos E6011, para fijar las planchas interiores a la estructura del horno.



**Figura 2.** Láminas interiores del horno.

**3. Construcción de las cubiertas exteriores**

Se utilizó maquinado y doblado para la elaboración de las láminas de cubierta exterior hechas en acero galvanizado a las medidas que se detalla en los planos de taller del horno.



**Figura 3.** Láminas para la cubierta exterior del horno.

**4. Colocación del aislante térmico, la lana mineral de fibra de vidrio**

Para el ensamblaje de los elementos del horno se utilizó como capa de aislamiento la lana mineral de fibra de vidrio, cortada en medias detalladas en los planos de taller, que se acoplen adecuadamente a las paredes del horno.



**Figura 4.** Colocación del aislante térmico.

**5. Colocación del sistema eléctrico del horno**

Se realizan perforaciones en las cubiertas interiores para colocar el cableado de las resistencias, se utiliza un cable de alta temperatura calibre N° 10, así como se lo recubre del espagueti térmico de alta temperatura para evitar el deterioro del cable.



**Figura 5.** Instalación del cableado eléctrico del horno.



**6. Colocación de las resistencias eléctricas en el interior del horno**

Se instalaron las resistencias eléctricas en el interior del horno, a una altura adecuada que evite el contacto directo con el coche, las resistencias se las adquirió del fabricante “VEGA OMEGA”, son resistencias tubulares en forma de “M”, para uso industrial con una potencia de 2000 W cada una, las cuales se encuentran conectadas en paralelo.



**Figura 6.** Instalación de las resistencias eléctricas.

**7. Ensamblaje de la cubierta exterior del horno**

Para el ensamblado de las cubiertas exteriores del horno, se utilizaron tornillos auto perforantes para fijar las cubiertas a la estructura, de este modo, al momento de realizar mantenimiento, resulta muy adecuado el desmonte de las cubiertas exteriores.



**Figura 7.** Instalación y reforzado de las cubiertas exteriores del horno.



### 8. Delimitación y puesta de los elementos de control en el tablero

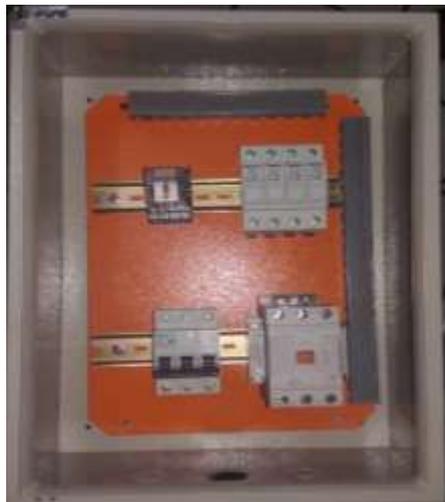
Se utilizó una regla para ubicar de la manera más adecuada los elementos de control en el tablero, también se utilizó un taladro con sacabocado para hacer las perforaciones circulares y un disco de corte para las perforaciones cuadradas en el tablero.



**Figura 8.** Perforación y ubicación de los elementos en el tablero de control.

### 9. Ubicación de los elementos en dentro del tablero de control

Se utilizaron materiales como una riel din y canaletas para ubicar los elementos eléctricos, tanto del circuito de fuerza como del circuito de control en la parte interna del tablero de control, para lo cual se utilizaron herramientas básicas como desarmadores y una cierra para cortar la canaleta.



**Figura 9.** Ubicación de los elementos eléctricos dentro del tablero de control.



**10. Conexiones eléctricas**

Se realizaron las conexiones eléctricas para el circuito de control y para el circuito de fuerza, para lo cual se utilizó cable flexible N° 12 para el circuito de control y cable N° 10 para el circuito de fuerza, además de las herramientas básicas.



**Figura 10.** Elaboración de los circuitos de control y fuerza del horno.

**11. Implementación del horno**

Se realizó la implementación del horno eléctrico para secado de motores, en las instalaciones de la empresa y se procedió a verificar su funcionamiento, también se realizaron pruebas de temperatura y tiempos de secado.



**Figura 11.** Implementación del horno eléctrico para secado de motores.



**Figura 1.** Ingreso del motor de 75 hp al horno.



**Figura 2.** Revisión de la temperatura en los bobinados del motor.



**Figura 3.** Variación de la temperatura en los bobinados del motor.



**Figura 4.** Verificación de la temperatura en la parte exterior del horno.



**Figura 5.** Verificación de la temperatura en la parte exterior del horno.



**Figura 6.** Verificación de la temperatura en la parte exterior del horno.



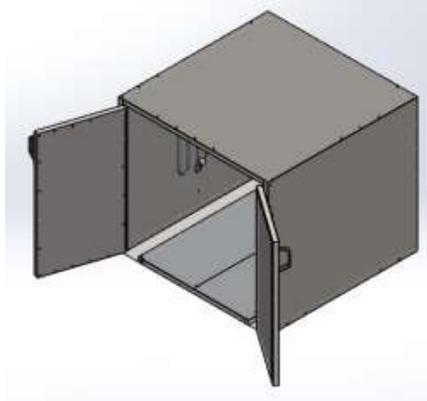
**Figura 7.** Disminución de la temperatura en el enfriamiento.



**Figura 8.** Comprobación de la resistencia del aislamiento mediante el Megger.



**Figura 9.** Comprobación de la resistencia del aislamiento mediante el Megger.



Cuando se utiliza el controlador de temperatura, CH702FK02 se asigna la temperatura deseada para el proceso de secado del motor, se puede asignar el tiempo necesario del proceso mediante el temporizador OFF-DELAY,

En la pantalla del controlador de temperatura podemos observar la temperatura arrojada por la termocupla, así como también la temperatura del set-point.

Para programar esta temperatura y tiempo de proceso se realizan los siguientes pasos:

- 1.- Presione el pulsador de encendido de color verde para prender el horno.
- 2.- Presione el botón SET del controlador de temperatura una sola vez.
- 3.- Comenzará a parpadear la fila SV y la fila PV mostrará el parámetro a ser modificado.
- 4.- Entonces presione < para colocar el valor deseamos modificar, y con las teclas ^ o v se asigna el valor deseado del set-point.
- 5.- Para guardar la configuración presione la tela SET, por 3 segundos para memorizar la configuración.
- 6.- Para activar el control ON-OFF, presione la tecla SET, por tres segundos hasta entrar al menú de configuración, vuelva a presionar el botón SET dos veces, hasta llegar a la configuración A rU.
- 7.- Al estar en la configuración A rU, luego con las teclas v, ^ y < se asigna el valor de 1 para activar el control ON\_OFF.
- 8.- Volver a presionar la tecla SET por tres segundos para guardar la configuración.
- 9.- Verificar el funcionamiento del horno.



## MANUAL DE MANTENIMIENTO

Previo a realizar cualquier actividad se debe seguir las siguientes instrucciones de seguridad

- Desactive la alimentación eléctrica y deje que el horno se enfríe, antes de efectuar una operación o mantenimiento.
- Se requiere utilizar todos los elementos de protección personal antes de realizar cualquier mantenimiento.
- Se requieren los elementos de protección nominal del equipo, para todos los polos del circuito del horno.

### Mantenimiento preventivo

Entre los beneficios de este mantenimiento está alargar la vida útil del equipo.

- Revisión constante del voltaje de entrada antes de cualquier operación.
- Revisar el buen estado del equipo y sus instalaciones.
- Utilización y capacitación adecuada a los operarios con el funcionamiento del equipo.

### Procedimiento general de la rutina

Estos pasos generales constituyen la base de la rutina para el horno, su aplicabilidad es determinada por las características específicas del equipo.

Los pasos son:

- Limpieza integral externa del equipo.
- Inspección externa del equipo.
- Limpieza integral interna del equipo.
- Inspección interna del equipo.
- Reemplazo de partes intercambiables si es el caso.
- Ajuste de las conexiones en el tablero de control.
- Revisión de las protecciones de seguridad eléctrica.
- Revisión del valor óhmico de las resistencias (8,02Ω)
- Pruebas funcionales completas.

El formato de mantenimiento se debe llenar con mucho cuidado, dando una explicación simple y detallada, para no descuidar pormenores los cuales hacen el mantenimiento preventivo programado más efectivo. De esta manera cualquier operario puede hacerlo y llevar la continuidad del mantenimiento preventivo del horno.

Mes	Responsable	Cantidad	Descripción del equipo	Fecha / Hora



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

## ANEXO I: PLANOS MECÁNICOS DEL HORNO PARA SECADO DE MOTORES

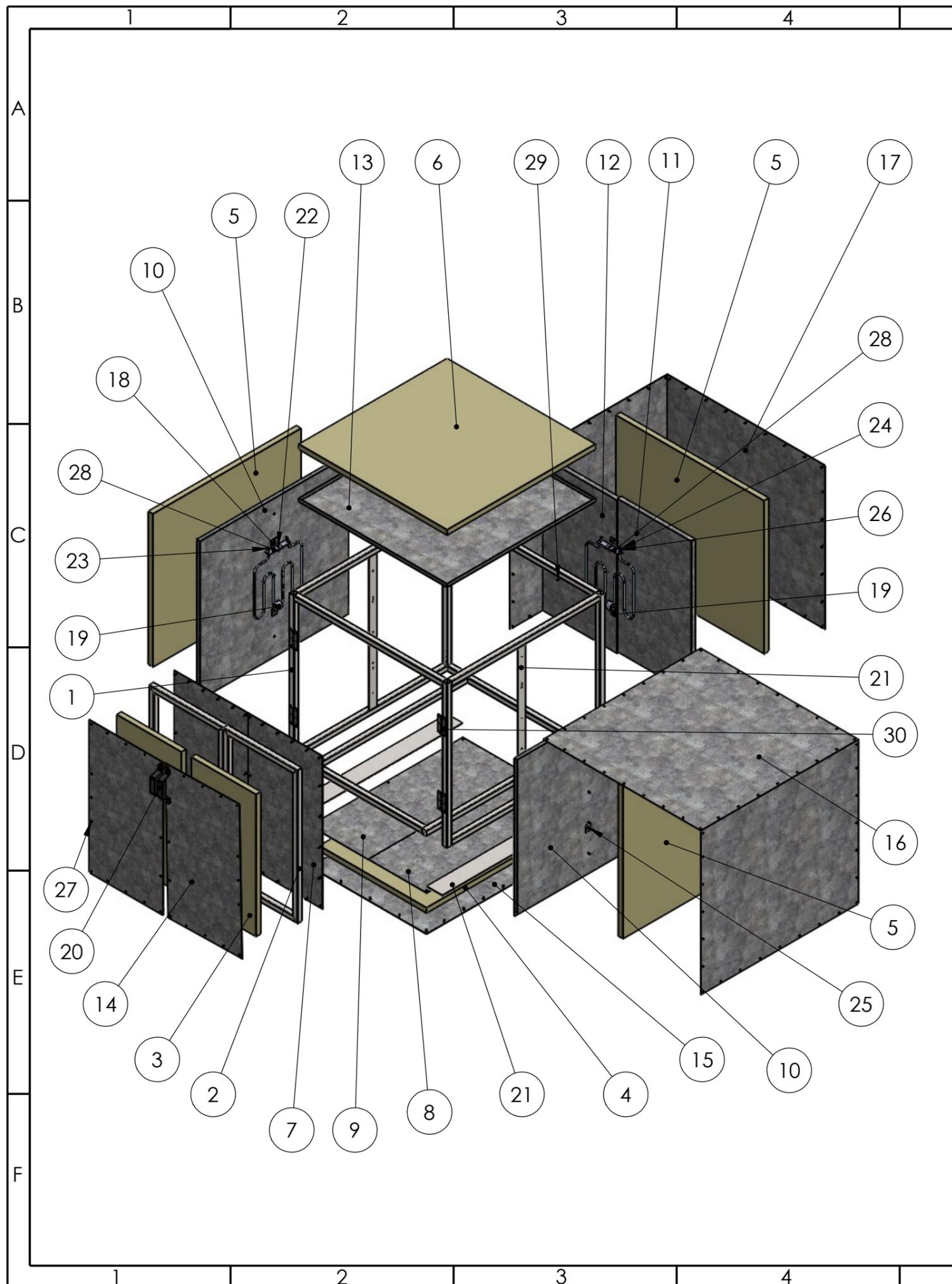
**TÍTULO:**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL  
SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRICK S.A.”**

**AUTOR:**

**Cumba Jaguaco Byron Eduardo**





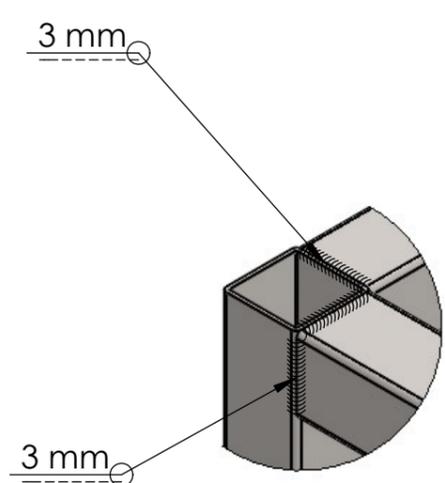
30	Bisagras	101	A-36	4	Adquirida
29	Termocupla	112	CuNi	1	Adquirida
28	Resistencias El.		FeCrAl	3	Adquirida
27	Tornillo Autoperforante	120	Acero Galvanizado	160	ISO 15481
26	Tuerca 2		Acero Galvanizado	6	ISO 4032 - Paso Fino
25	Tuerca 1	118	Acero Galvanizado	12	ISO 4032 - Paso Fino
24	Arandela	118	Acero Galvanizado	9	ASTM F436
23	Tornillo 2		Acero Galvanizado	6	DIN 85
22	Tornillo 1	118	Acero Galvanizado	12	DIN 85
21	Faldon	121	A-36	2	
20	Platina 3	120	A-36	2	
19	Platina 2	119	A-36	3	
18	Platina 1	118	A-36	3	
17	Cubierta Exterior 4	117	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
16	Cubierta Exterior 3	116	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
15	Cubierta Exterior 2	115	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
14	Cubierta Exterior 1	114	Acero Galvanizado	2	UNE EN ISO 1461
13	Lámina Interior 5	113	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
12	Lámina Interior 4B	112	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
11	Lámina Interior 4A	111	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
10	Lámina Interior 3	110	Acero Galvanizado	2	UNE EN ISO 1461
9	Lámina Interior 2B	109	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
8	Lámina Interior 2A	108	Acero Galvanizado	1	UNE EN ISO 1461
7	Lámina Interior 1	107	Acero Galvanizado	2	UNE EN ISO 1461
6	Aislante 4	106	Lana de Vidrio	1	ASTM C553
5	Aislante 3	105	Lana de Vidrio	3	ASTM C553
4	Aislante 2	104	Lana de Vidrio	1	ASTM C553
3	Aislante 1	103	Lana de Vidrio	2	ASTM C553
2	Estructura Puerta	102	A-36	2	
1	Estructura Horno	101	A-36	1	
N° DE PIEZA	DENOMINACIÓN	N° DE DIBUJO	MATERIAL	CANTIDAD	OBSERVACIONES



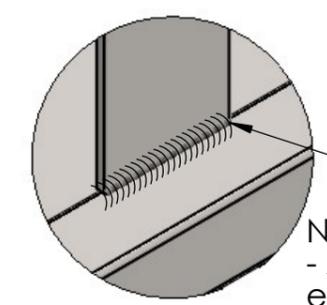
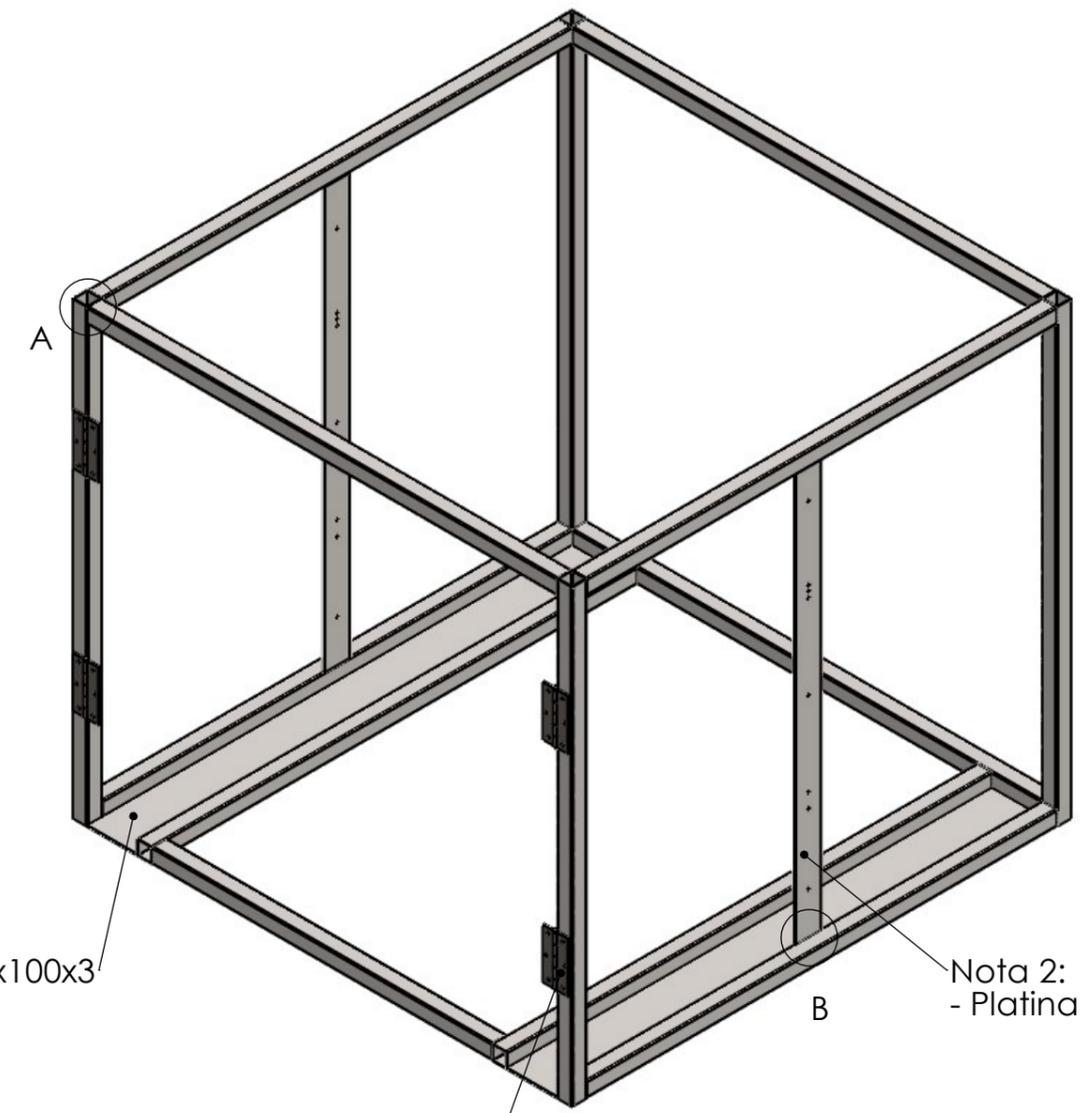
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



FECHA:	NOMBRE:	ESCALA:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
DIBUJ. 20/06/19	BYRON CUMBA	1:20		
VERIF. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
APROB. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
MATERIALES:	TOLERANCIA:	NÚMERO DE LAMINA:	NOMBRE:	DENOMINACIÓN:
Varios	+/- 2 mm.	001	UTC-CB-001	Horno de Secado de Motores



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



DETALLE B  
ESCALA 1 : 2

Nota 1:  
- Se fabrica con tubo cuadrado de 30x30x3 mm  
- Soldadura SMAW, con electrodo E6011

Nota 3:  
- Faldon de 1000x100x3

Nota 5:  
- Se utiliza 4 bisagras para sujetar las puertas

Nota 2:  
- Platina delgada de 1000x50x3 mm

Nota 4:  
- Ancho de soldadura de 3mm  
esto se aplica para todas las  
suealdas



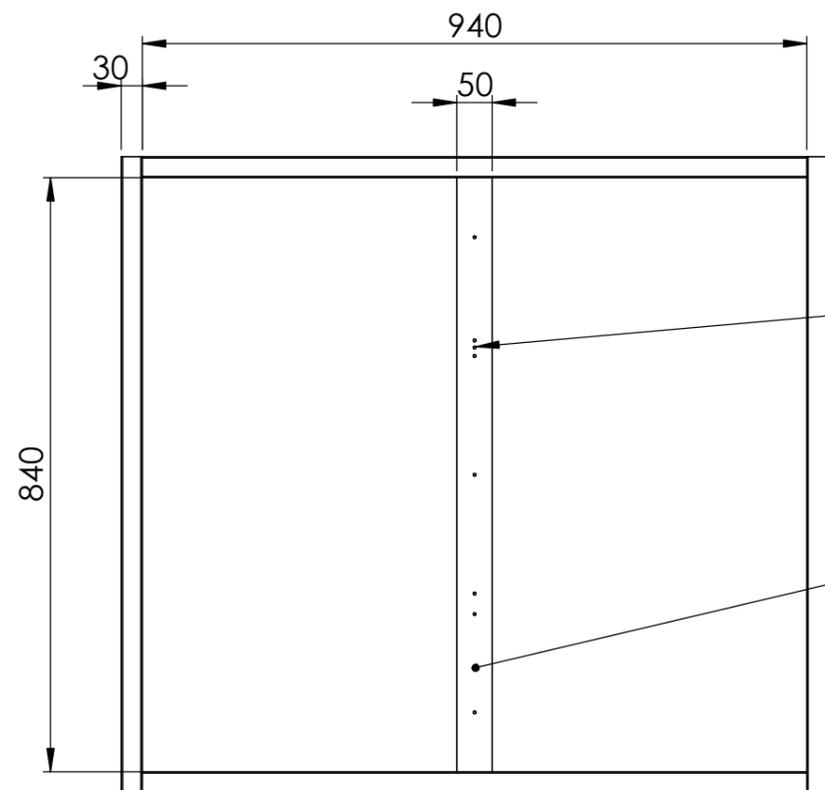
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



FECHA:	NOMBRE:	ESCALA:
DIBUJ. 20/06/19	BYRON CUMBA	1:10
VERIF. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO	
APROB. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO	

**INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

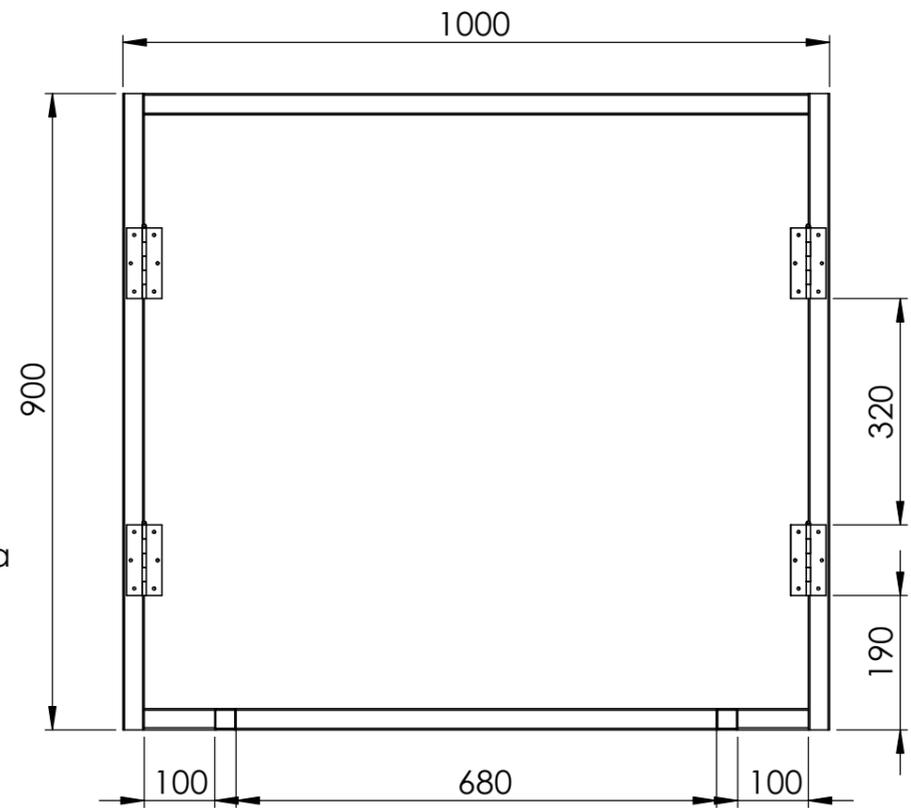
MATERIALES: A-36	TOLERANCIA: +/- 2 mm.	NÚMERO DE LAMINA: 101	NOMBRE: UTC-CB-EMH-101	DENOMINACIÓN: Estructura Metálica del Horno
---------------------	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--



Nota 2:  
- Perforaciones a una distancia de 6 mm. separados entre si.

Nota 3:  
- Perforaciones separadas a una misma distancia de 168 mm.

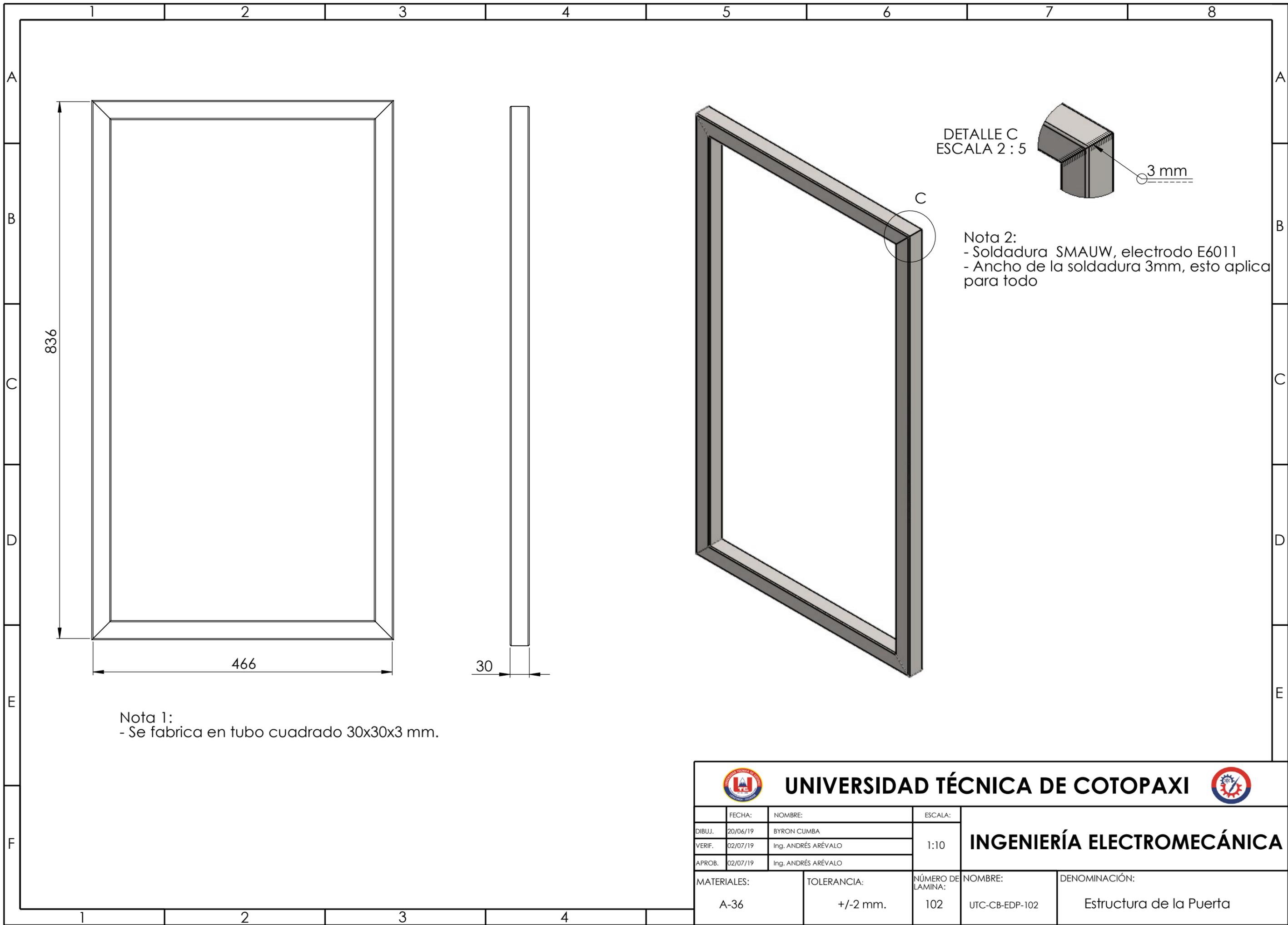
Nota 1:  
- Se fabrica en tubo cuadrado de 30x30x3mm.  
- Las perforaciones en la platina son de 4 mm. de diámetro



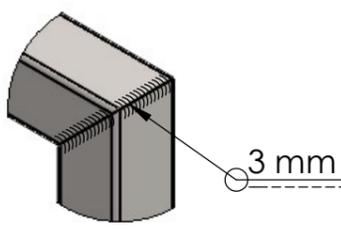
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



FECHA:	NOMBRE:	ESCALA:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
DIBUJ. 20/06/19	BYRON CUMBA	1:10		
VERIF. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
APROB. 02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
MATERIALES:	TOLERANCIA:	NÚMERO DE LAMINA:	NOMBRE:	DENOMINACIÓN:
A-36	+/-2 mm.	101	UTC-CB-EMH-101	Estructura Metálica del Horno



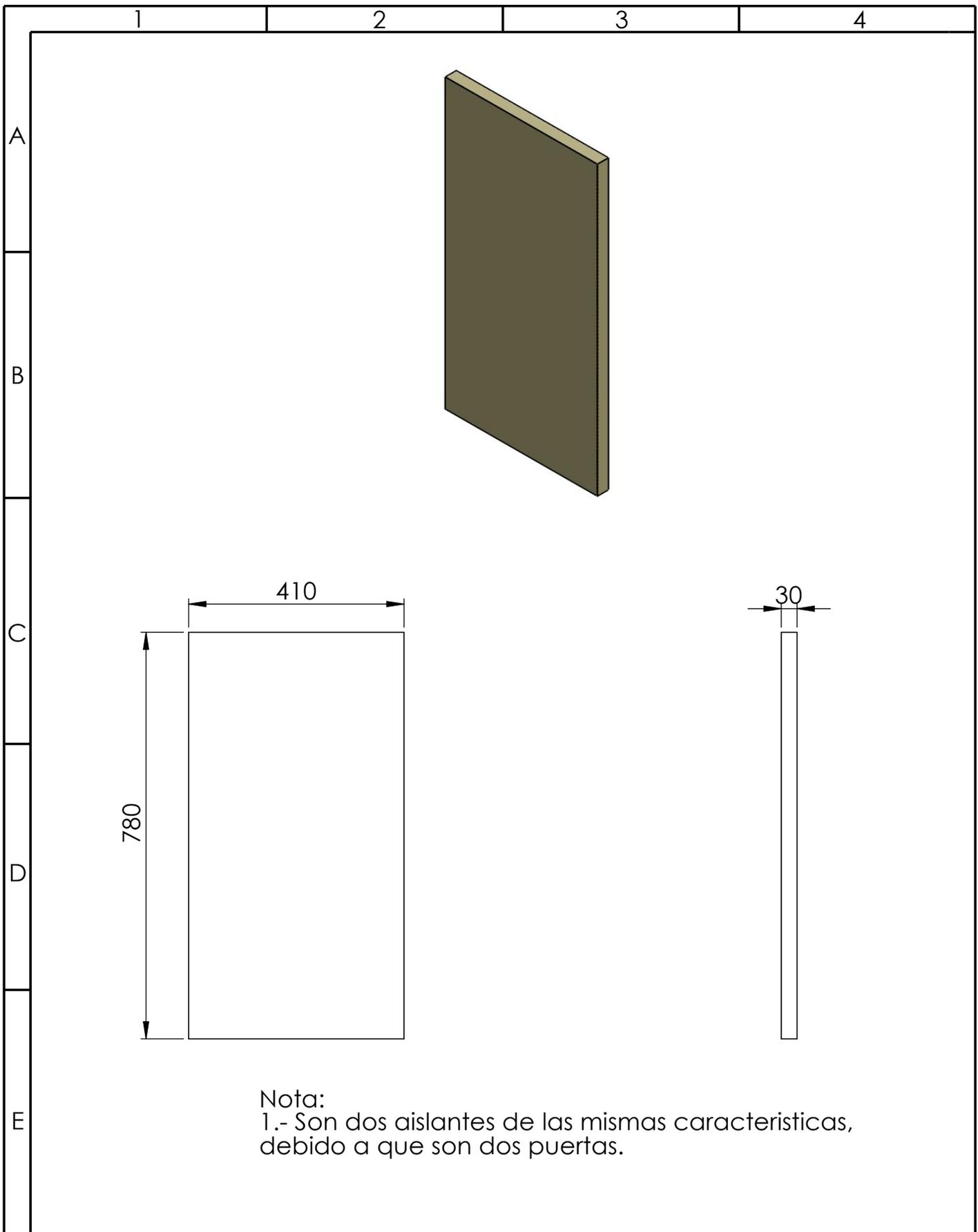
DETALLE C  
ESCALA 2 : 5



Nota 2:  
- Soldadura SMAUW, electrodo E6011  
- Ancho de la soldadura 3mm, esto aplica para todo

Nota 1:  
- Se fabrica en tubo cuadrado 30x30x3 mm.

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
	FECHA:	NOMBRE:	ESCALA:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
DIBUJ.	20/06/19	BYRON CUMBA	1:10		
VERIF.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
APROB.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
MATERIALES:	TOLERANCIA:	NÚMERO DE LAMINA:	NOMBRE:	DENOMINACIÓN:	
A-36	+/-2 mm.	102	UTC-CB-EDP-102	Estructura de la Puerta	



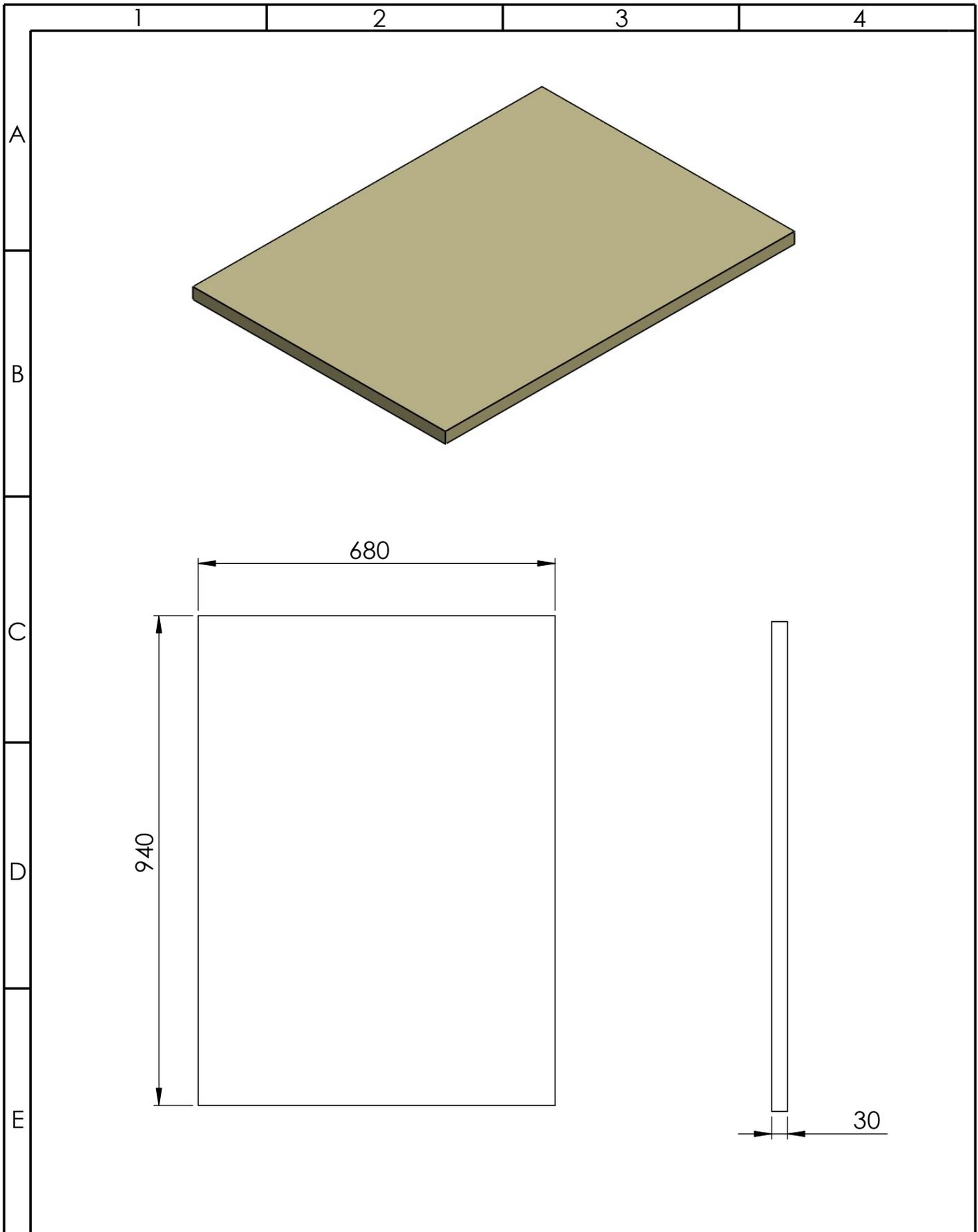
Nota:  
 1.- Son dos aislantes de las mismas características, debido a que son dos puertas.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



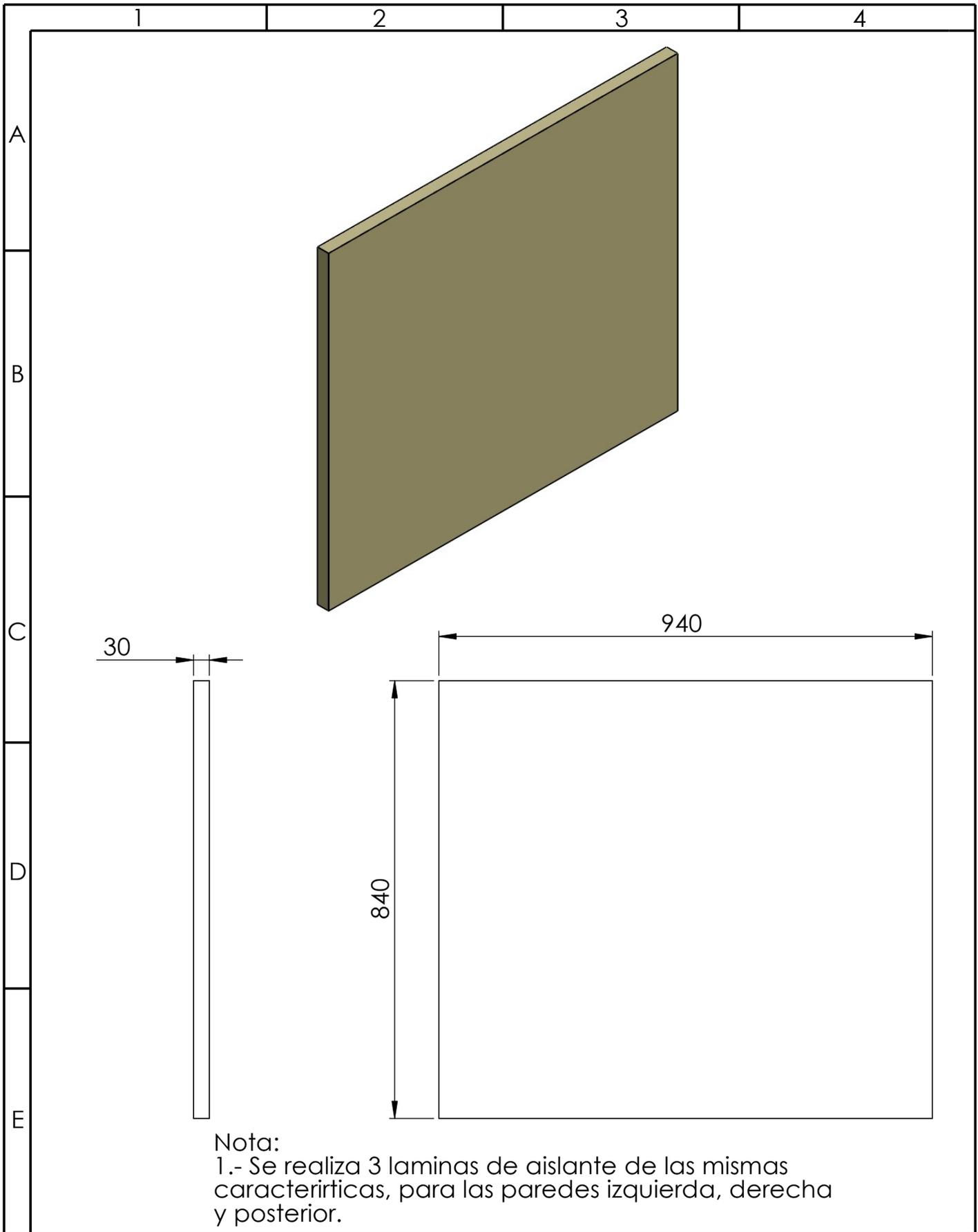
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina:	Nombre:	Denominación:
LANA MINERAL DE FIBRA DE FIBRA DE VIDRIO		+/-2 mm.	103	UTC-CB-A1-103	AISLANTE 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



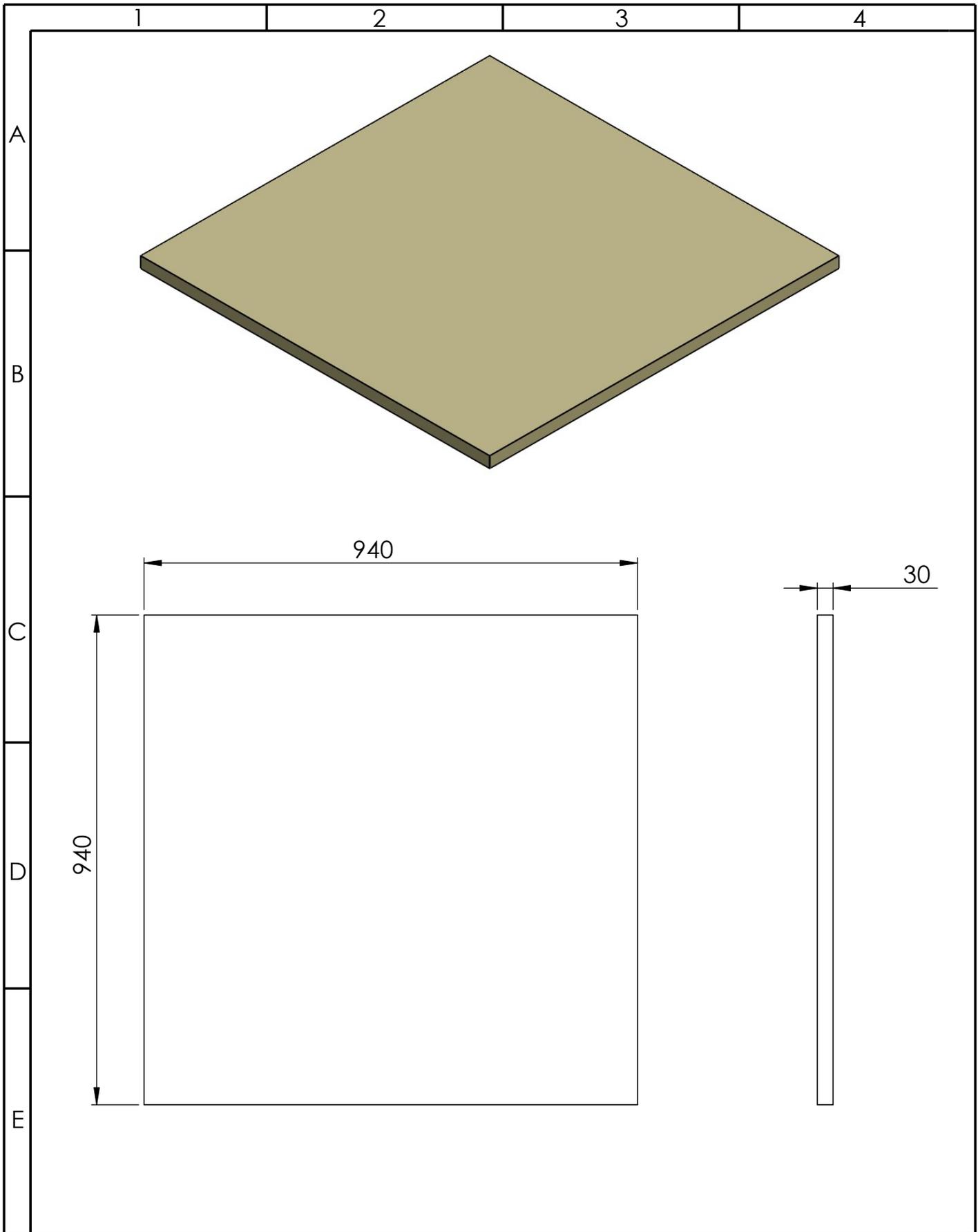
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina:	Nombre:	Denominación:
LANA MINERAL DE FIBRA DE FIBRA DE VIDRIO		+/-2 mm.	104	UTC-CB-A2-104	AISLANTE 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



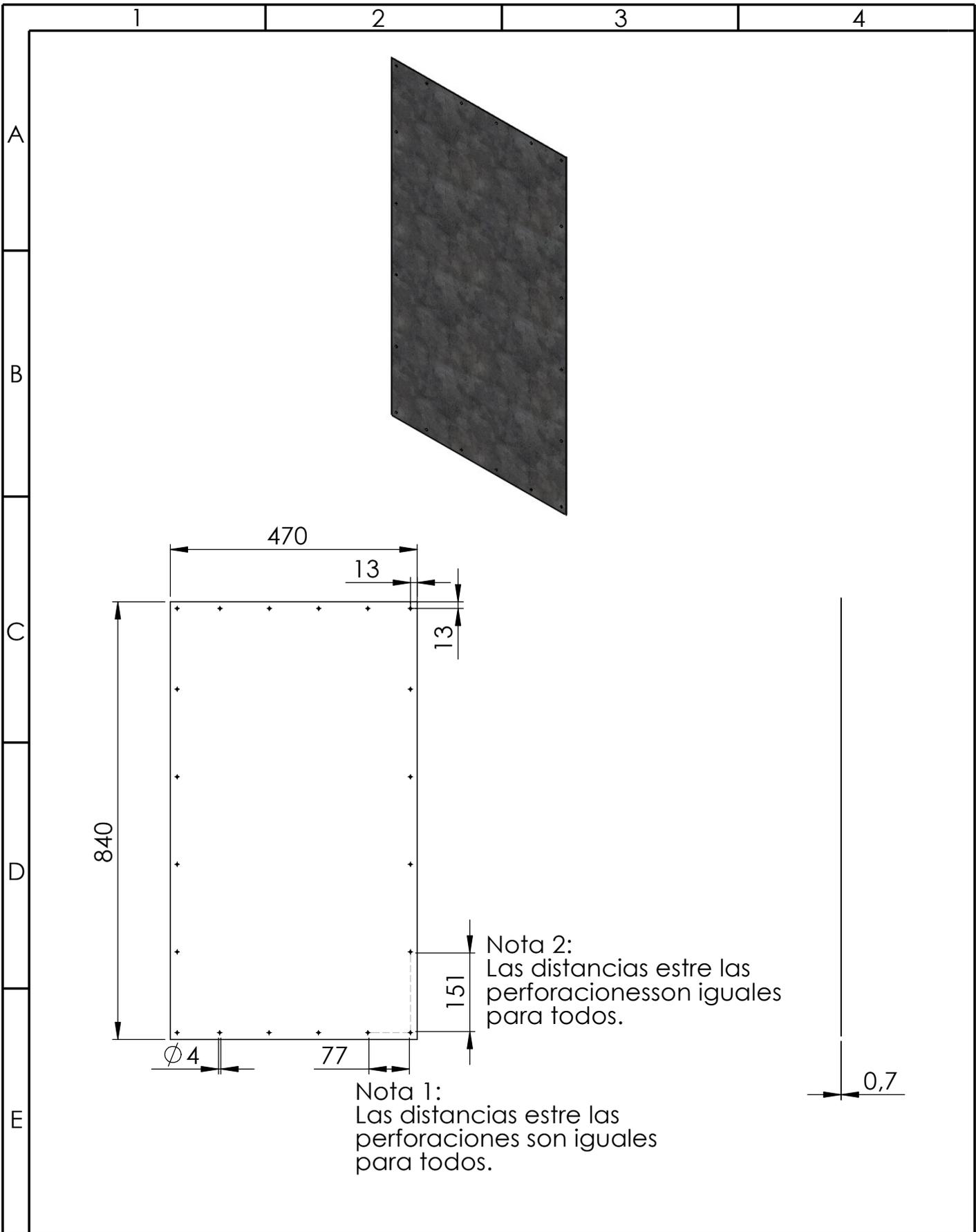
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina	Nombre:	Denominación:
LANA MINERAL DE FIBRA DE FIBRA DE VIDRIO		+/-2 mm.	105	UTC-CB-A3-105	AISLANTE 3



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



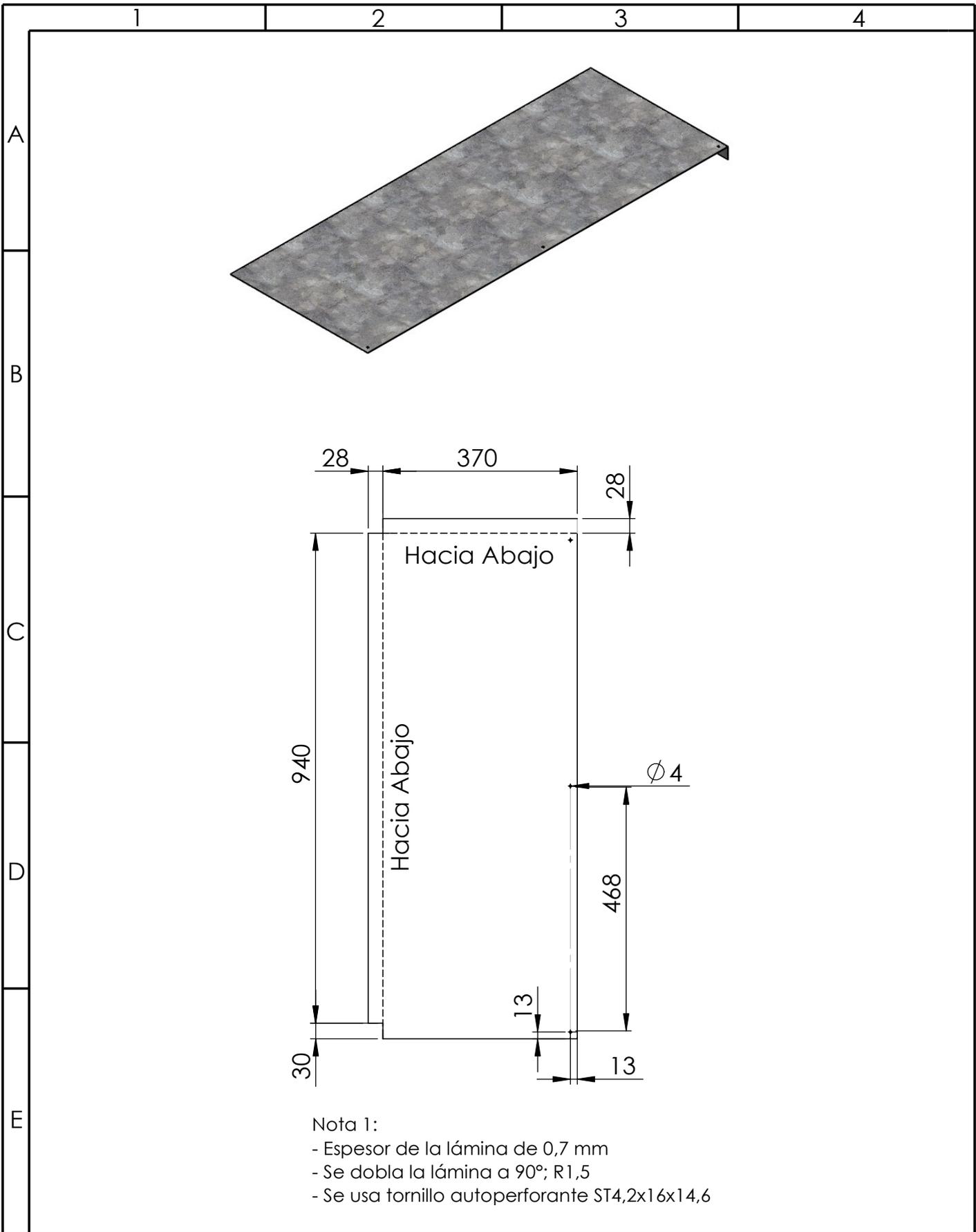
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina:	Nombre:	Denominación:
LANA MINERAL DE FIBRA DE FIBRA DE VIDRIO		+/-2 mm.	106	UTC-CB-A4-106	AISLANTE 4



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina:	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	107	UTC-CB-LI1-107	LÁMINA INTERIOR 1



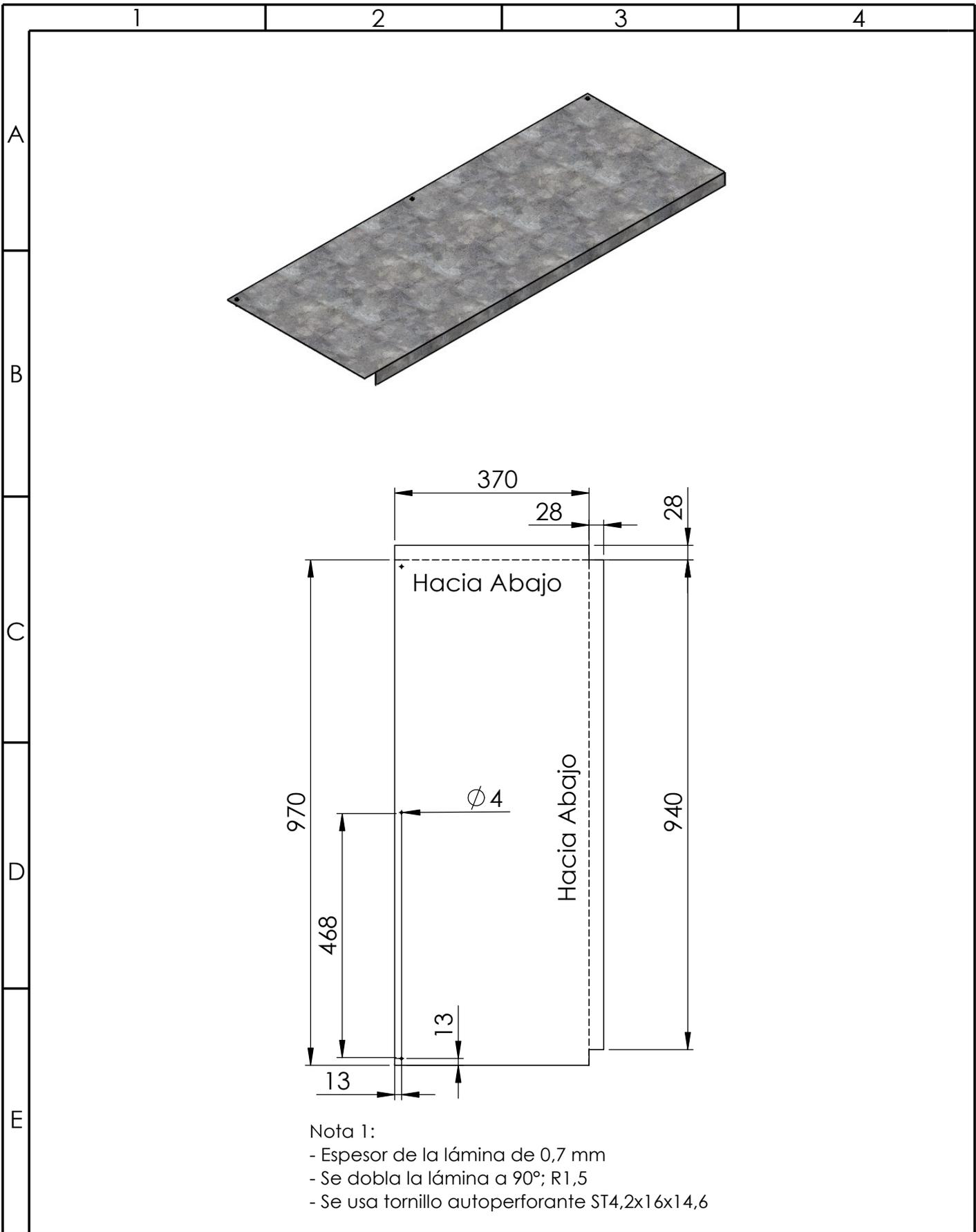
Nota 1:  
 - Espesor de la lámina de 0,7 mm  
 - Se dobla la lámina a 90°; R1,5  
 - Se usa tornillo autoperforante ST4,2x16x14,6



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



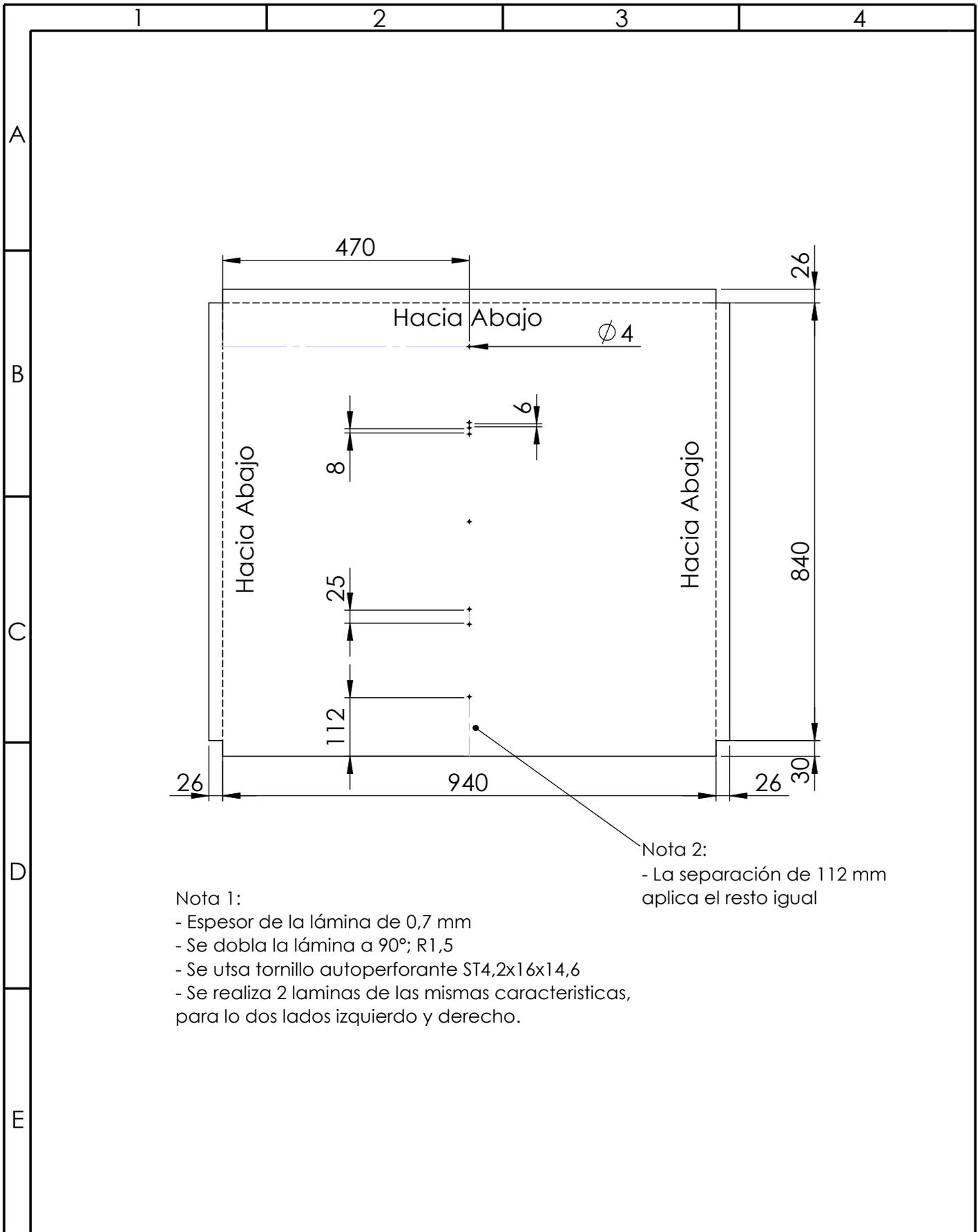
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lámina:	Asignatura:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	108	UTC-CB-LI2A-108	LAMINA INTERIOR 2A



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



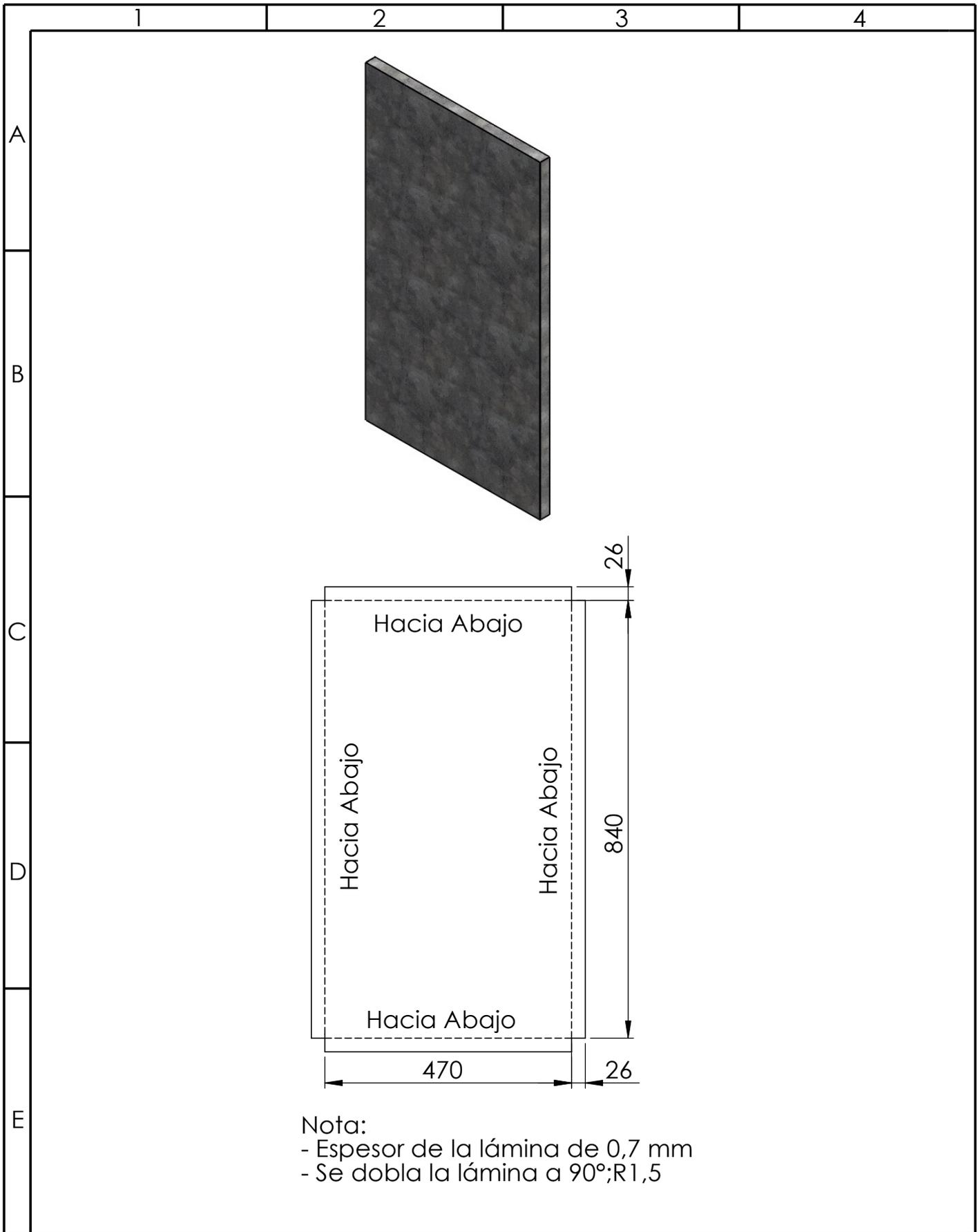
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lámina:	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	109	UTC-CB-LI2B-109	LAMINA INTERIOR 2B



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



Fecha:		Nombre:		Escala:		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		1:10			
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Materiales:		Tolerancia:		Número de Lamina		Nombre:	
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.		110		UTC-CB-LI3-110	
Denominación:							
LAMINA INTERIOR 3							



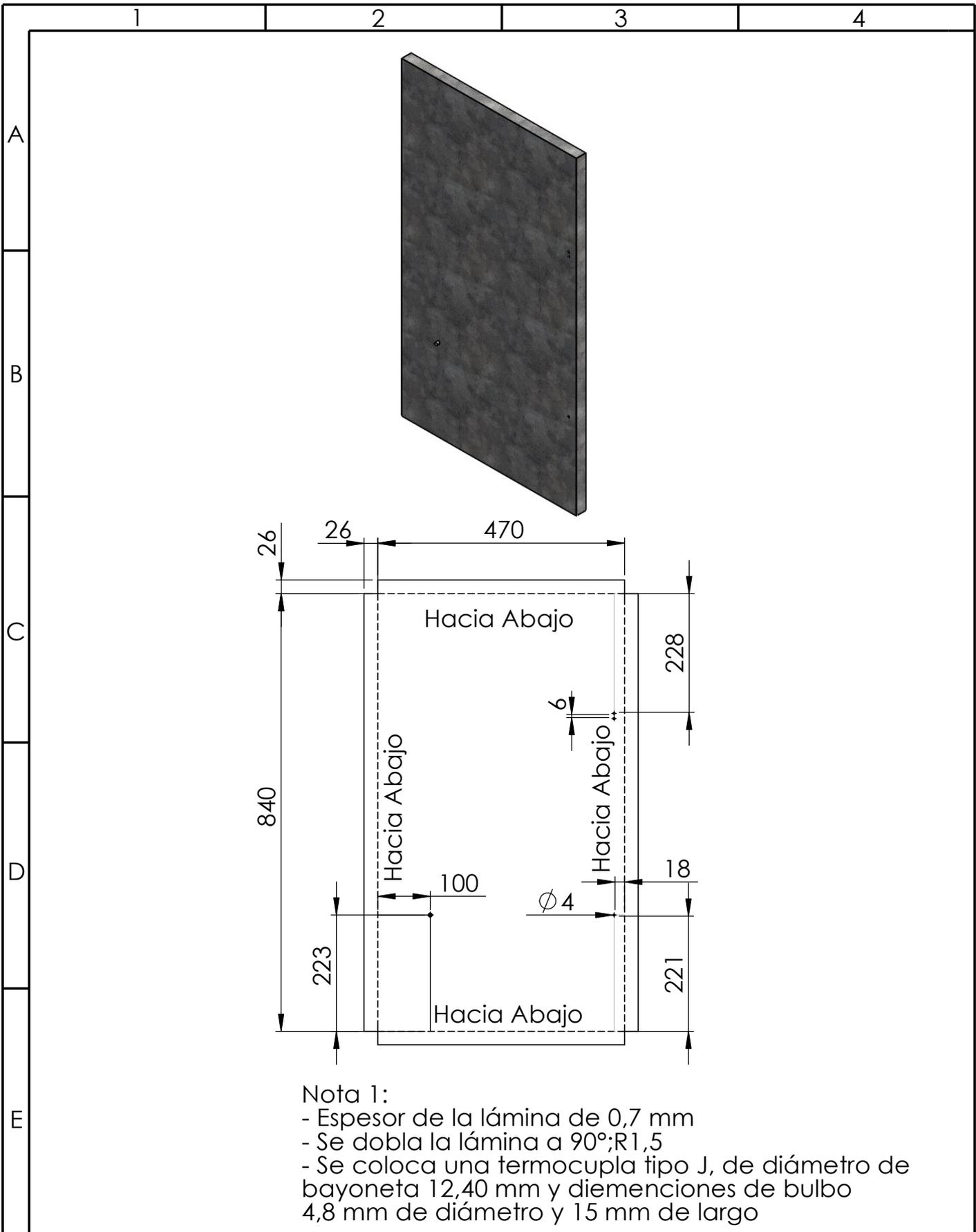
Nota:  
 - Espesor de la lámina de 0,7 mm  
 - Se dobla la lámina a 90°;R1,5



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lámina:	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	111	UTC-CB-LI4A-111	LÁMINA INTERIOR 4A



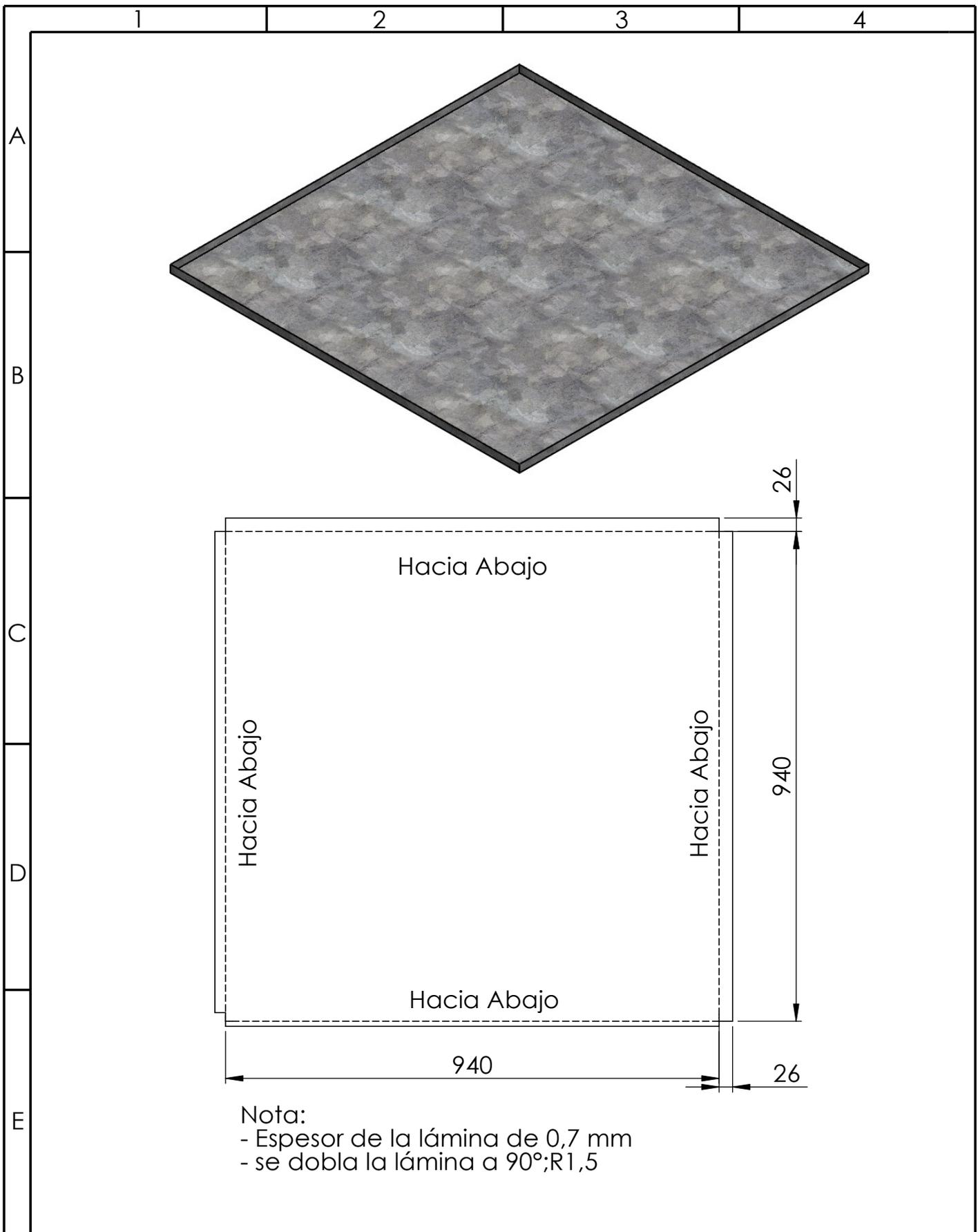
Nota 1:  
 - Espesor de la lámina de 0,7 mm  
 - Se dobla la lámina a 90°;R1,5  
 - Se coloca una termocupla tipo J, de diámetro de bayoneta 12,40 mm y diemenciones de bulbo 4,8 mm de diámetro y 15 mm de largo



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



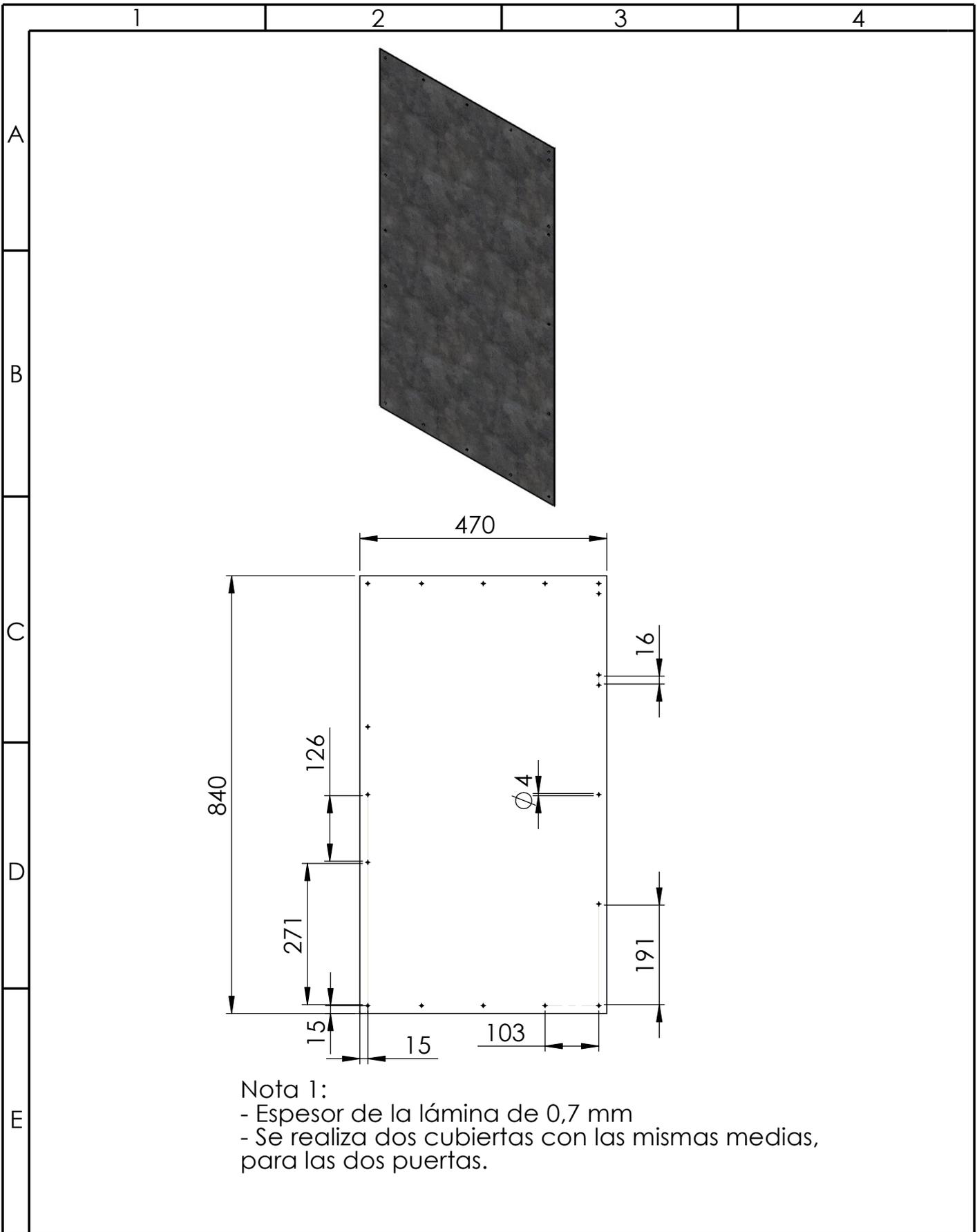
Fecha:		Nombre:		Escala:		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		1:10			
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Materiales:		Tolerancia:		Número de Lámina		Nombre:	
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.		112		UTC-CB-LI4B-112	
						Denominación:	
						LÁMINA INTERIOR 4B	



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lámina:	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	113	UTC-CB-LI5-113	LAMINA INTERIOR 5



Nota 1:  
 - Espesor de la lámina de 0,7 mm  
 - Se realiza dos cubiertas con las mismas medias, para las dos puertas.

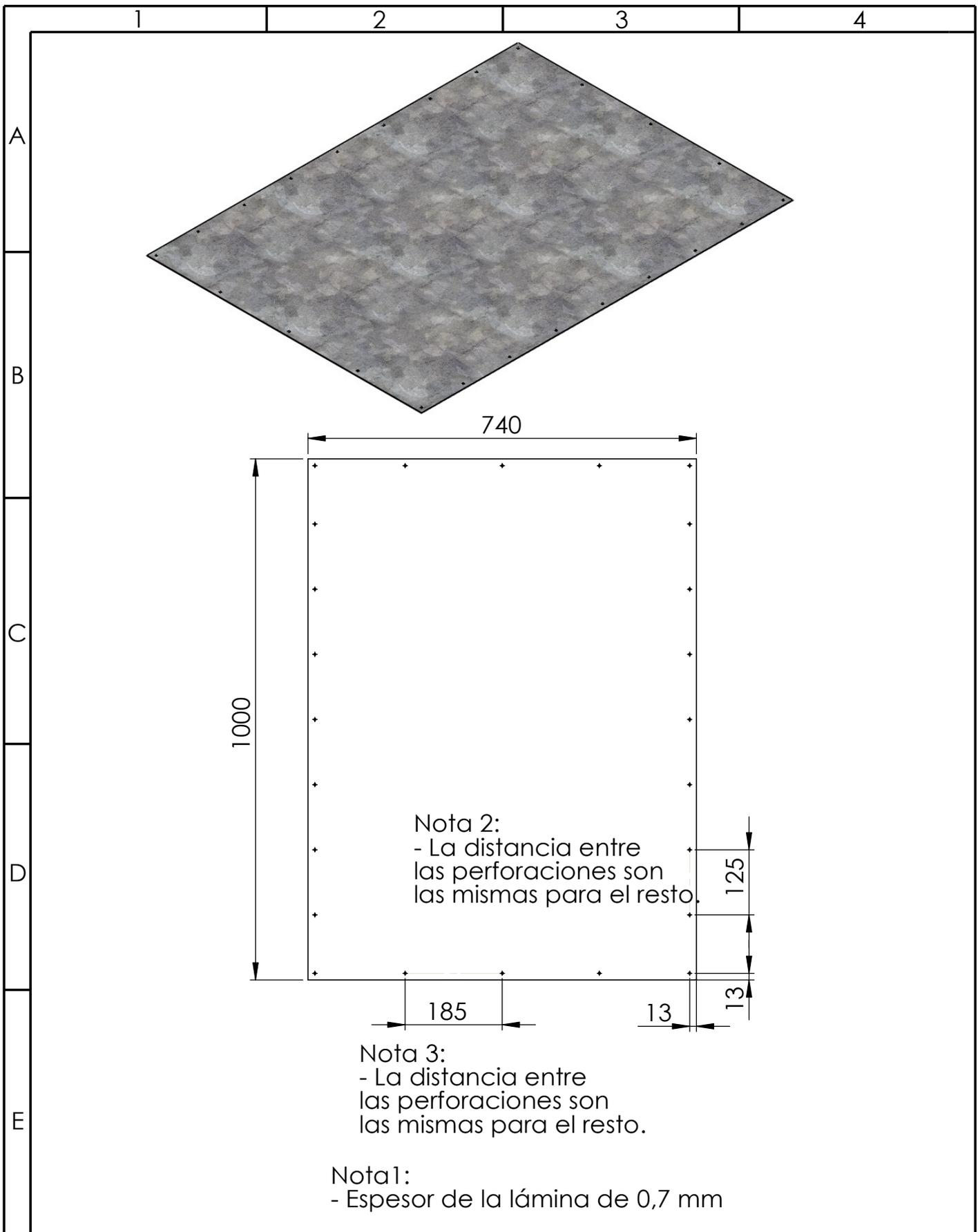


# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		1:10	
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:		Número de Lamina	
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.		114	
Nombre:			Denominación:		
UTC-CB-CE1-114			CUBIERTA EXTERIOR 1		

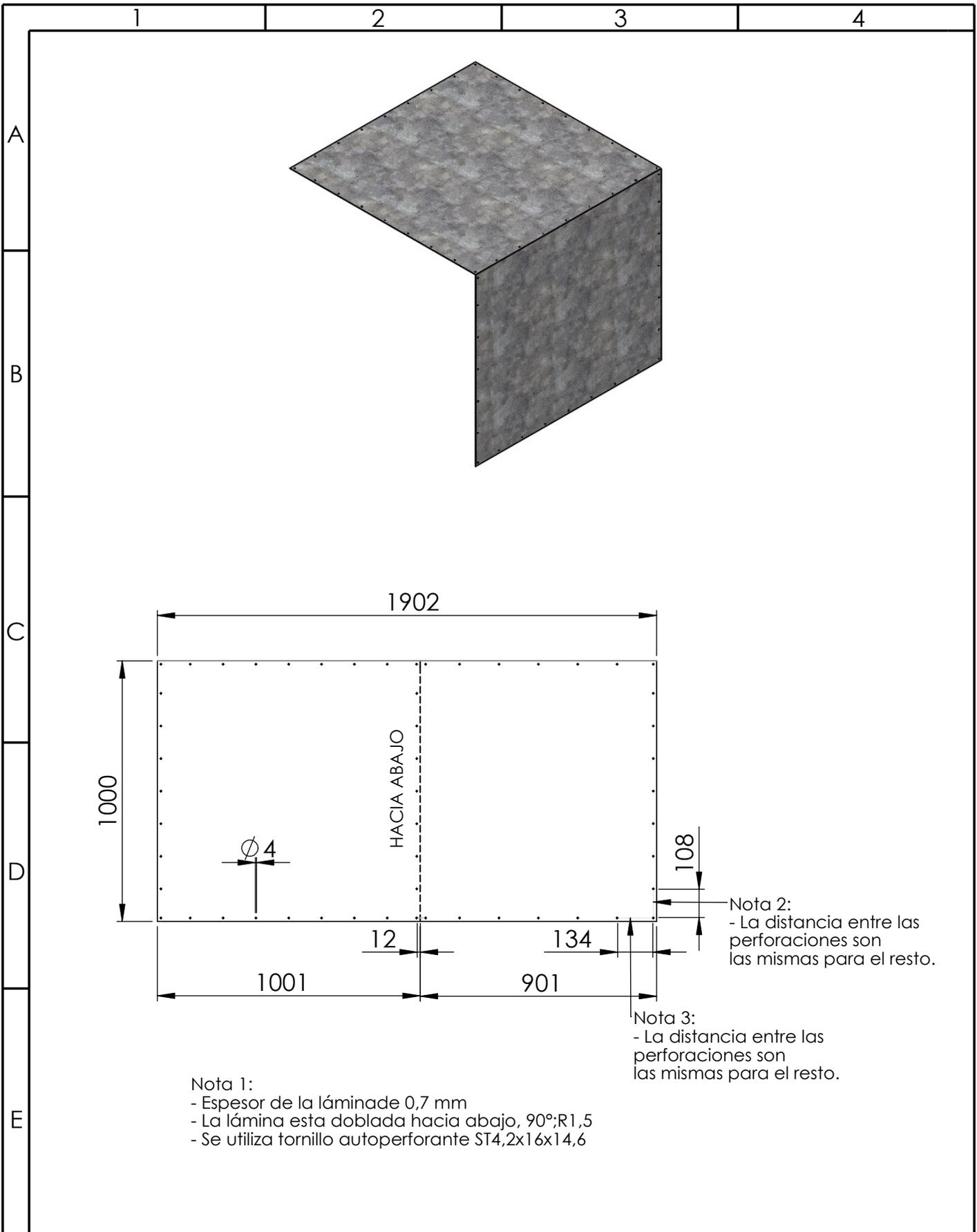
## INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



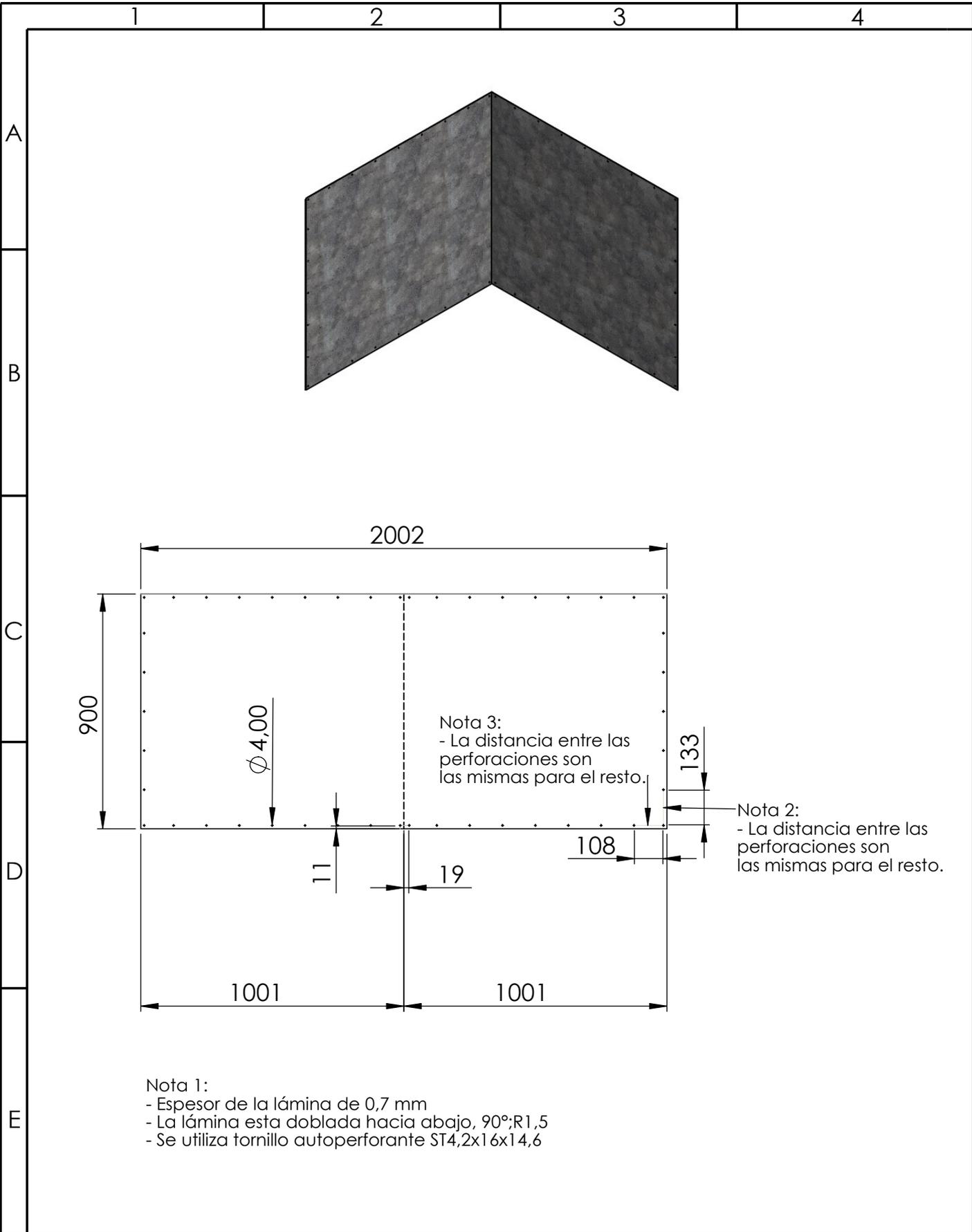
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lámina:	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	115	UTC-CB-CE2-115	CUBIERTA EXTERIOR 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



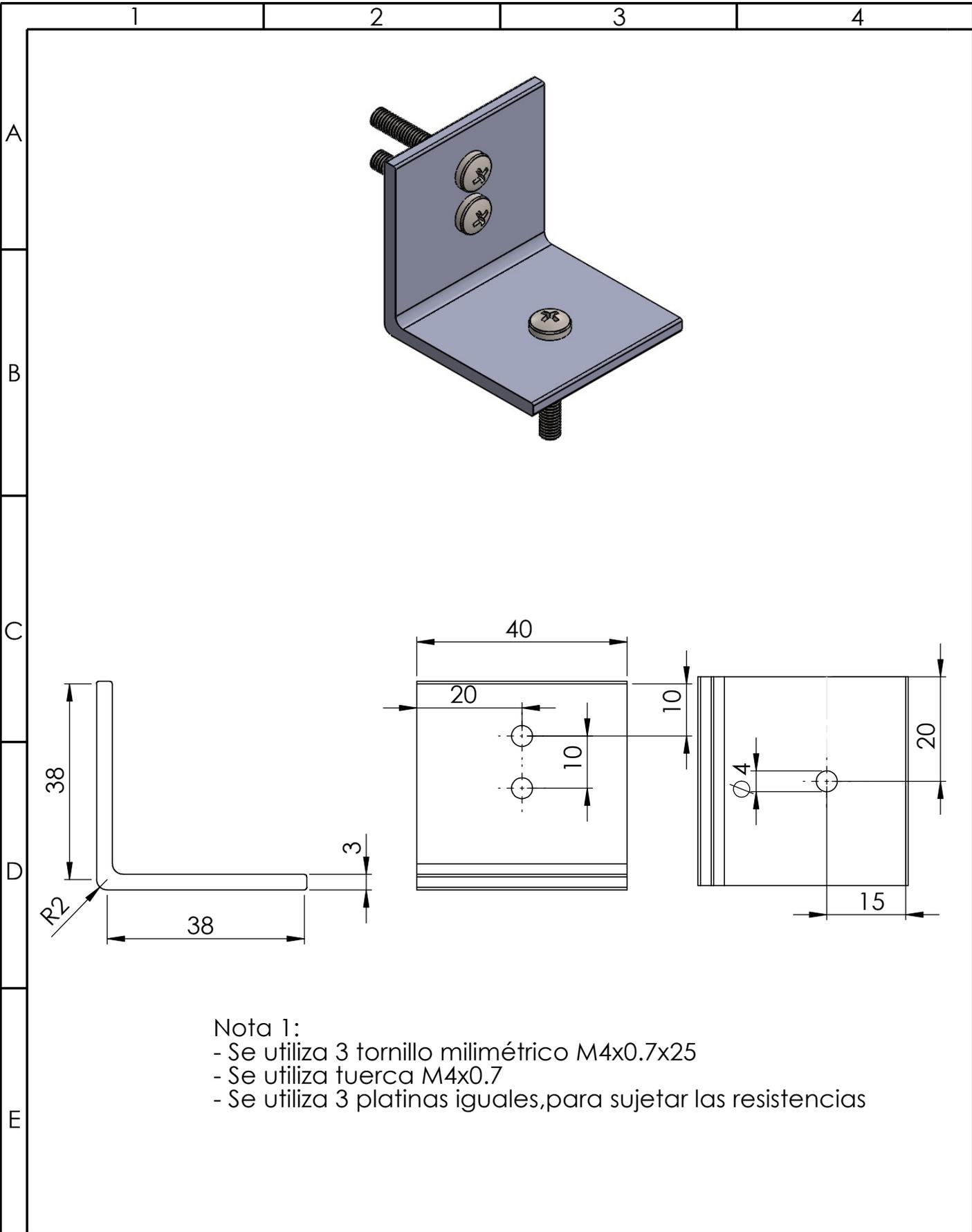
	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:20		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina	Nombre:	Denominación:
ACERO GALVANIZADO		+/-2 mm.	116	UTC-CB-CE3-116	CUBIERTA EXTERIOR 3



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha: 20/06/19		Nombre: BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		Escala: 1:20		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj. 02/07/19		Ing. ANDRÉS ARÉVALO		1:20			
Verif. 02/07/19		Ing. ANDRÉS ARÉVALO		1:20			
Aprob. 02/07/19		Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Materiales: ACERO GALVANIZADO		Tolerancia: +/-2 mm.		Número de Lámina: 117		Nombre: UTC-CB-CE4-117	
						Denominación: CUBIERTA EXTERIOR 4	



Nota 1:  
 - Se utiliza 3 tornillo milimétrico M4x0.7x25  
 - Se utiliza tuerca M4x0.7  
 - Se utiliza 3 platinas iguales, para sujetar las resistencias

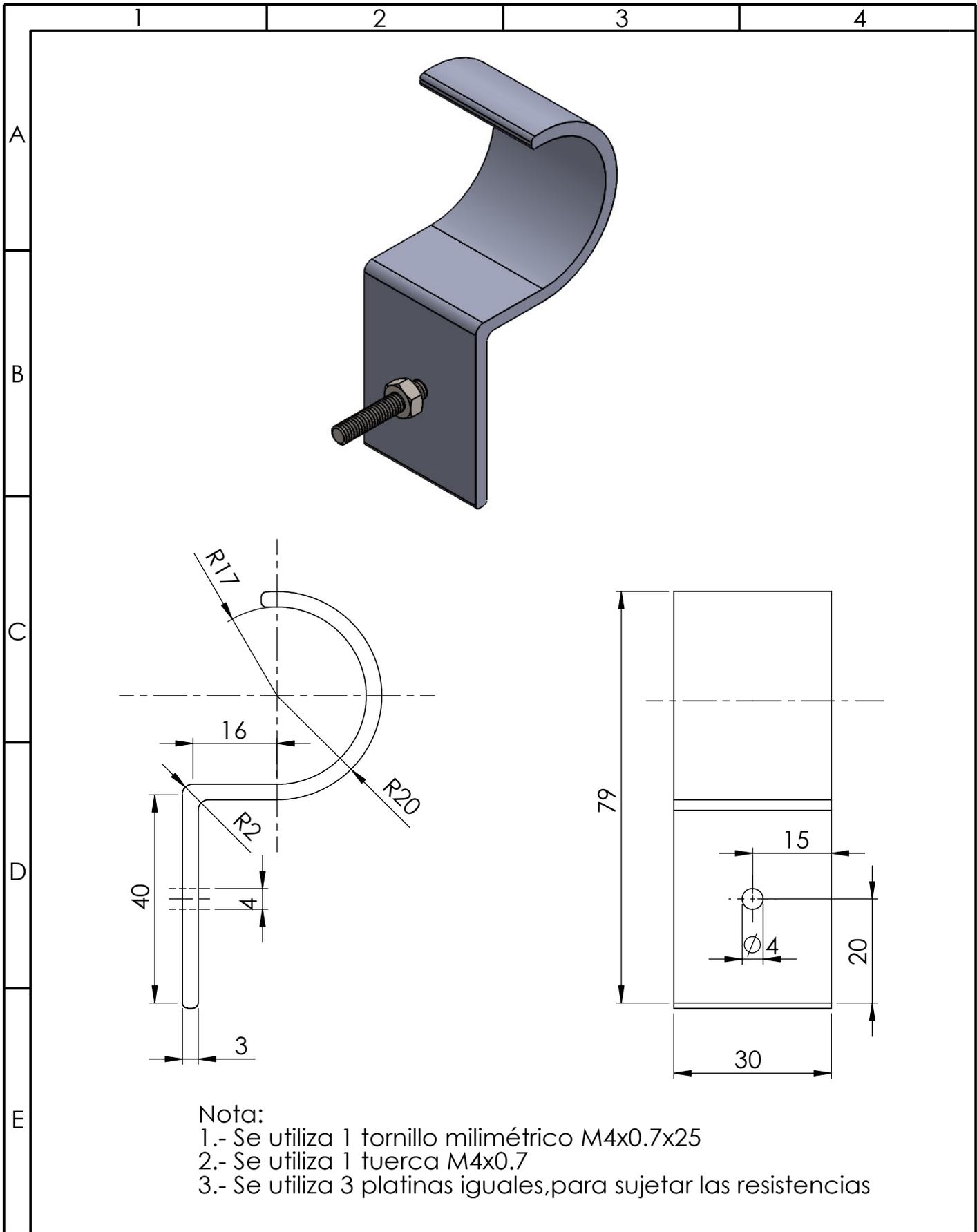


# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:		Nombre:		Escala:	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		1:1	
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:		Número de Lamina	
A-36		+/-2 mm.		118	
Nombre:			Denominación:		
UTC-CB-P1-119			PLATINA 1		

## INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



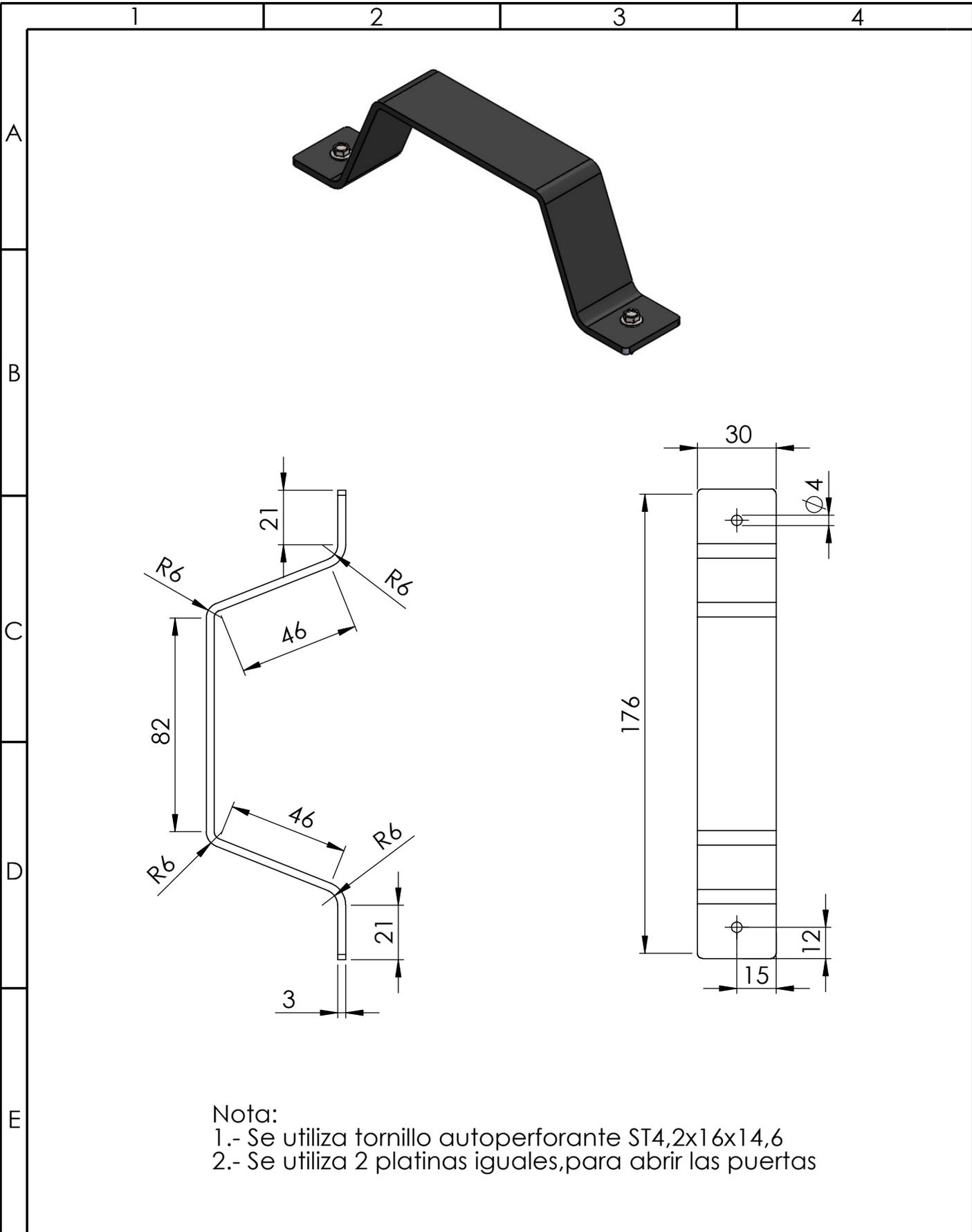
Nota:  
 1.- Se utiliza 1 tornillo milimétrico M4x0.7x25  
 2.- Se utiliza 1 tuerca M4x0.7  
 3.- Se utiliza 3 platinas iguales, para sujetar las resistencias



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



Fecha: 20/06/19		Nombre: BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		Escala: 1:1		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj. Verif.		Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Aprob.		Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Materiales: A-36		Tolerancia: +/-2 mm.		Número de Lamina: 119		Nombre: UTC-CB-P2-120	
						Denominación: PLATINA 2	



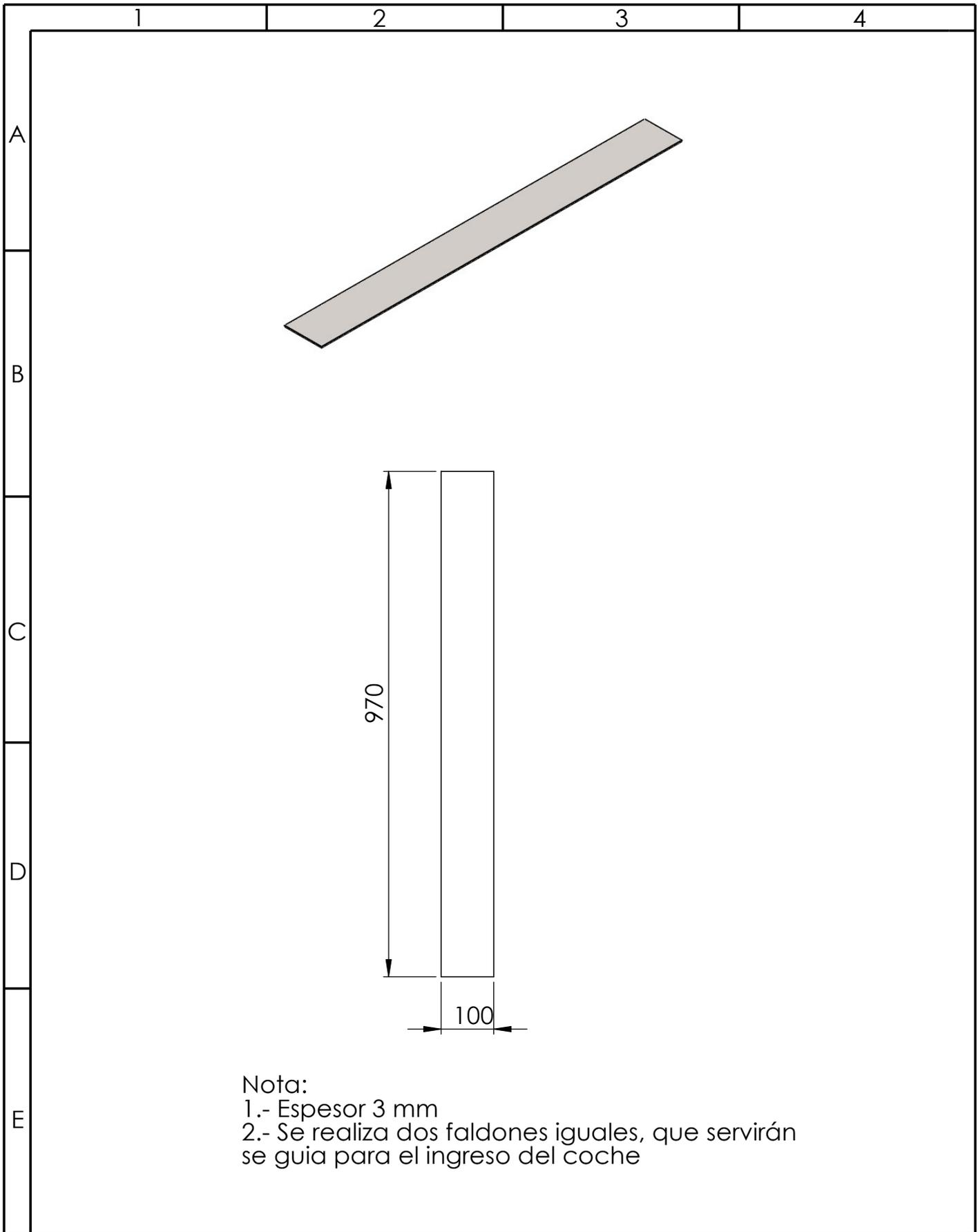
Nota:  
 1.- Se utiliza tornillo autoperforante ST4,2x16x14,6  
 2.- Se utiliza 2 platinas iguales, para abrir las puertas



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha: 20/06/19		Nombre: BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO		Escala: 1:2		<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj. Verif.		Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Aprob.		Ing. ANDRÉS ARÉVALO					
Materiales: A-36		Tolerancia: +/-2 mm.		Número de Lamina: 120		Nombre: UTC-CB-P3-121	
Denominación: PLATINA 3							



Nota:  
 1.- Espesor 3 mm  
 2.- Se realiza dos faldones iguales, que servirán se guía para el ingreso del coche



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



	Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Dibuj.	20/06/19	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO	1:10		
Verif.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Aprob.	02/07/19	Ing. ANDRÉS ARÉVALO			
Materiales:		Tolerancia:	Número de Lamina:	Nombre:	Denominación:
A-36		+/-2 mm.	121	UTC-CB-F-121	FALDON

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

## ANEXO I: PLANOS ELÉCTRICOS DEL HORNO PARA SECADO DE MOTORES

**TÍTULO:**

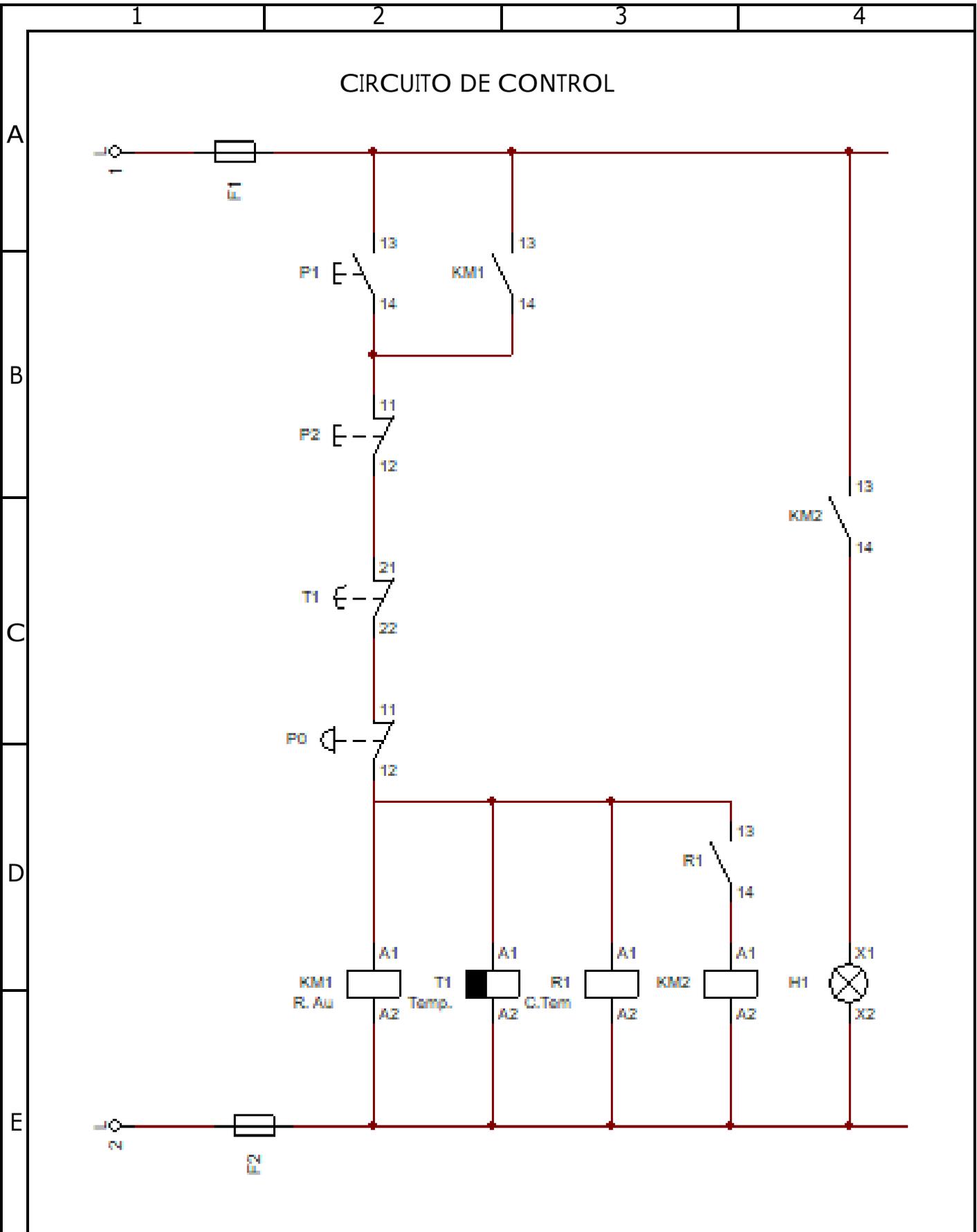
**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN HORNO ELÉCTRICO PARA EL  
SECADO DE MOTORES EN LA EMPRESA SIPROELECTRICK S.A.”**

**AUTOR:**

**Cumba Jaguaco Byron Eduardo**



## CIRCUITO DE CONTROL



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dibuj.	BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO
Verif.	Ing. ANDRÉS ARÉVALO
Aprob.	Ing. ANDRÉS ARÉVALO
Fecha:	09/06/19

## INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### CIRCUITO DE CONTROL DEL HORNO ELÉCTRICO

Escala:	1:1
Hoja	De 2
Denominación:	UTC-CB-CC-1
Unidades:	V,A,W

1

2

3

4

A

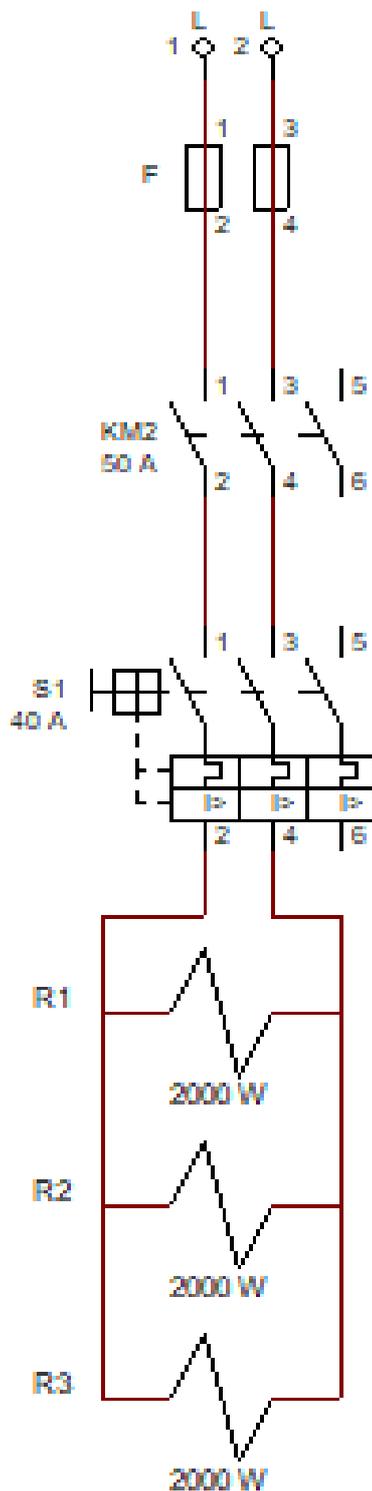
## CIRCUITO DE FUERZA

B

C

D

E



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



Dibuj. BYRON EDUARDO CUMBA JAGUACO

Verif. Ing. ANDRÉS ARÉVALO

Aprob. Ing. ANDRÉS ARÉVALO

Fecha: 09/07/19

**INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA**  
CIRCUITO DE FUERZA  
DEL HORNO ELÉCTRICO

Escala: 1:1

Hoja 2 De 2

Denominación: UTC-CB-CF-2

Unidades: V,A,W