



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA**

### **CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

#### **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS SOBRE MATERIALES METÁLICOS CON TRATAMIENTOS INTEGRALES PARA LA CORROSIÓN”**

#### **Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

#### **AUTORES:**

DANNY STALIN GUAMÁN TOGLLA

DENNYS FERNANDO MACAS VILLA

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA PARA  
CONTROAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS SOBRE MATERIALES  
METÁLICOS CON TRATAMIENTOS INTEGRALES PARA LA  
CORROSIÓN”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:** DANNY STALIN GUAMÁN TOGLLA

DENNYS FERNANDO MACAS VILLA

**DIRECTOR:** ING. LUIS CARLOS HIDALGO VITERI

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2023, Danny Stalin Guamán Toglla y Dennys Fernando Macas Villa**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Danny Stalin Guamán Toglla y Dennys Fernando Macas Villa, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de diciembre de 2023



---

**Danny Stalin Guamán Toglla**  
**060515645-4**

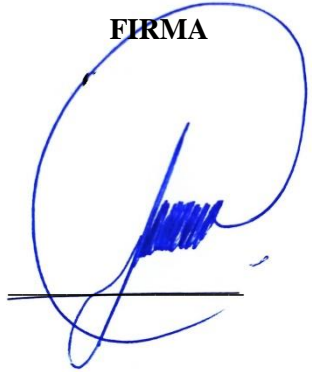




---

**Dennys Fernando Macas Villa**  
**060405498-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto técnico, **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS SOBRE MATERIALES METÁLICOS CON TRATAMIENTOS INTEGRALES PARA LA CORROSIÓN”**, realizado por los señores: **DANNY STALIN GUAMÁN TOGLLA Y DENNYS FERNANDO MACAS VILLA** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñán <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-05
Ing. Luis Carlos Hidalgo Viteri <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-05
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-05

## **DEDICATORIA**

Primeramente, agradecerle a dios por brindarme las fuerzas en este largo camino, por brindarme su guía, por cada aventura que me ha permitido llegar a este momento. El presente proyecto va dedicado a mis padres.

Dennys

A Dios por permitir estar día a día recibiendo conocimientos, a mis padres que son el pilar fundamental en mi vida, a mis maestros que formaron parte de mi vida estudiantil, a mis hermanos que siempre estuvieron presentes y alentándome cuando me quería rendir.

Danny

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradeciendo a la Carrera de Mantenimiento Industrial por impartirme los conocimientos en cada etapa profesional con total excelencia académica y sobre todo humana.

Dennys

El más sincero agradecimiento a las ESPOCH, por darme la oportunidad de obtener una profesión y ser ayuda para la sociedad. A mi familia por su apoyo y comprensión.

Danny

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. <b>DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.1. <b>Planteamiento del problema</b> .....	2
1.2. <b>Justificación</b> .....	2
1.3. <b>Objetivos</b> .....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	4
2.1. <b>Fundamentos de la corrosión metálica</b> .....	4
2.1.1. <i>Tipos de corrosión</i> .....	4
2.1.1.1. <i>Corrosión generalizada o uniforme</i> .....	5
2.1.1.2. <i>Corrosión galvánica</i> .....	5
2.1.1.3. <i>Corrosión por picaduras</i> .....	6
2.1.1.4. <i>Corrosión por cavitación</i> .....	6
2.1.1.5. <i>Corrosión química</i> .....	6
2.1.1.6. <i>Corrosión electroquímica</i> .....	6
2.1.2. <b>Factores que incluyen en la corrosión</b> .....	7
2.1.2.1. <i>Naturaleza de los metales</i> .....	7
2.1.2.2. <i>Acidez de la solución</i> .....	7
2.1.2.3. <i>Capas protectoras</i> .....	7



2.1.2.4.	<i>Temperatura</i> .....	7
2.1.3.	<b><i>Velocidad de la corrosión</i></b> .....	8
2.1.4.	<b><i>Técnicas de protección frente a la corrosión</i></b> .....	8
2.1.4.1.	<i>Protección anódica</i> .....	8
2.1.4.2.	<i>Protección catódica</i> .....	9
2.1.4.3.	<i>Protección con inhibidores</i> .....	9
2.1.4.4.	<i>Protección con revestimiento</i> .....	10
2.1.4.5.	<i>Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (pH)</i> .....	11
2.2.	<b>Introducción al diseño</b> .....	11
2.2.1.	<b><i>Diseño mecánico</i></b> .....	11
2.2.2.	<b><i>Diseño de control y fuerza</i></b> .....	11
2.2.2.1.	<i>Circuito de Control</i> .....	12
2.2.2.2.	<i>Circuito de Potencia</i> .....	12
2.3.	<b>Características comunes de la cámara</b> .....	12
2.4.	<b>Requerimientos de diseño y construcción</b> .....	13
2.4.1.	<b><i>Tarjeta de adquisición de datos</i></b> .....	13
2.4.2.	<b><i>Interfaz Hombre-Maquina (HMI)</i></b> .....	13
2.4.3.	<b><i>Control (on-off)</i></b> .....	13
2.4.4.	<b><i>Sensores</i></b> .....	13
2.4.5.	<b><i>Actuadores</i></b> .....	14
2.4.6.	<b><i>Ingeniería de corrosión al momento del diseño</i></b> .....	14
2.5.	<b>Normas</b> .....	15
2.5.1.	<b><i>ASTM B117-19</i></b> .....	15
2.5.2.	<b><i>UNE-EN ISO 1462:1996</i></b> .....	15
2.5.3.	<b><i>UNE 112 017-92</i></b> .....	15
2.5.4.	<b><i>UNE-EN ISO 9227:2017</i></b> .....	15
2.5.5.	<b><i>UNE-EN ISO 6988:1996</i></b> .....	15
2.5.6.	<b><i>NTE INEN 1032-84</i></b> .....	16
2.5.7.	<b><i>ASTM G 151-00</i></b> .....	16
2.5.8.	<b><i>ASTM G1-03</i></b> .....	16
2.5.9.	<b><i>NACE / SSPC - SP2</i></b> .....	16
2.5.10.	<b><i>NACE / SSPC – SP3</i></b> .....	16
2.5.11.	<b><i>NACE / SSPC – PA 1</i></b> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS.....</b>	17
3.1.	<b>Localización.....</b>	17
3.2.	<b>Metodología de diseño.....</b>	18
3.3.	<b>Ingeniería del proyecto.....</b>	19
3.3.1.	<b>Requerimientos de sistema.....</b>	19
3.3.1.1.	<i>Precio.....</i>	20
3.4.	<b>Diseño conceptual.....</b>	20
3.4.1.	<b>Análisis de la estructura funcional.....</b>	20
3.4.1.1.	<i>Estructura funcional.....</i>	20
3.5.	<b>Consideraciones del diseño.....</b>	20
3.6.	<b>Diseño de materialización.....</b>	21
3.6.1.	<b>Diseño de la estructura modular.....</b>	21
3.6.2.	<b>Cuerpo de la cámara de corrosión.....</b>	22
3.6.2.1.	<i>Construcción de la cámara externa.....</i>	23
3.6.3.	<b>Cubierta externa.....</b>	25
3.6.3.1.	<i>Aislamiento térmico.....</i>	25
3.6.4.	<b>Instalación del desagüe y ducto de aireación.....</b>	26
3.6.4.1.	<i>Desagüe.....</i>	26
3.6.5.	<b>Sistema de calefacción.....</b>	26
3.6.6.	<b>Sistema eléctrico y de control.....</b>	27
3.6.7.	<b>Construcción del panel de control.....</b>	28
3.6.7.1.	<i>Componentes del panel de control.....</i>	28
3.6.8.	<b>Apoyo para placas de muestras.....</b>	29
3.7.	<b>Conexión e instalación de accesorios.....</b>	30
3.7.1.	<b>Instalación de los accesorios del panel de control.....</b>	30
3.7.2.	<b>Sensor de temperatura y Humedad.....</b>	31
3.7.2.1.	<i>Características.....</i>	31
3.7.3.	<b>Sensor de Suela pH.....</b>	32
3.7.3.1.	<i>Ventajas.....</i>	32
3.8.	<b>Dimensiones generales del equipo.....</b>	32
3.8.1.	<b>Proceso de producción.....</b>	33

3.8.2.	<i>Preparación de las muestras</i> .....	34
3.8.3.	<i>Indicadores para la utilización de la cámara</i> .....	35
3.9.	<b>Realización del plan de mantenimiento de la cámara</b> .....	35
3.9.1.	<i>Codificación técnica de equipos</i> .....	35
3.9.1.1.	<i>Codificación a nivel de planta</i> .....	35
3.9.1.2.	<i>Codificación a nivel de área</i> .....	36
3.9.1.3.	<i>Codificación a nivel de sistema</i> .....	36
3.9.1.4.	<i>Codificación da nivel de equipos</i> .....	36
3.9.2.	<i>Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos</i> .....	37

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	38
4.1.	<b>Diseño mecánico de la cámara para controlar atmósferas agresivas</b> .....	38
4.2.	<b>Planificación de la construcción de la cámara</b> .....	39
4.3.	<b>Resultados de la cámara para controlar atmósferas agresivas</b> .....	39
4.3.1.	<i>Análisis de resultados</i> .....	41
4.4.	<b>Componentes</b> .....	43

#### **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	44
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	44
5.2	<b>Recomendaciones</b> .....	45

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Inhibidores .....	9
<b>Tabla 3-1:</b> Características del acero inoxidable. ....	22
<b>Tabla 3-2:</b> Características de la silicona Sikaflex-256. ....	23
<b>Tabla 3-3:</b> Características generales del vidrio templado.....	24
<b>Tabla 3-4:</b> Codificación a nivel planta .....	36
<b>Tabla 3-5:</b> Codificación a nivel de área.....	36
<b>Tabla 3-6:</b> Codificación a nivel de sistema. ....	36
<b>Tabla 3-7:</b> Codificación a nivel de equipos. ....	36
<b>Tabla 4-1:</b> Valores con temperatura de histéresis de 3° C .....	39
<b>Tabla 4-2:</b> Valores con temperatura de histéresis de 5° C .....	40
<b>Tabla 4-3:</b> Valores con temperatura de histéresis de 5°C con probetas. ....	40
<b>Tabla 4-4:</b> Valores con temperatura de histéresis de 1°C con probetas. ....	40
<b>Tabla 4-5:</b> Valores de prácticas. ....	42
<b>Tabla 4-6:</b> Requisitos para la construcción del equipo. ....	43
<b>Tabla 4-7:</b> Requerimientos para el funcionamiento. ....	43

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Corrosión general .....	5
<b>Ilustración 3-1:</b> Localización. ....	17
<b>Ilustración 3-2:</b> Esquema de las 4 etapas de la metodología.....	18
<b>Ilustración 3-3:</b> Cámara Externa. ....	21
<b>Ilustración 3-4:</b> Estructura del Bastidor.....	21
<b>Ilustración 3-5:</b> Cuerpo de la cámara de corrosión.....	23
<b>Ilustración 3-6:</b> Puerta de la cámara de corrosión. ....	24
<b>Ilustración 3-7:</b> Cubierta externa de la cámara. ....	25
<b>Ilustración 3-8:</b> Parte posterior con la perforación del drenaje. ....	26
<b>Ilustración 3-9:</b> Resistencia eléctrica.....	27
<b>Ilustración 3-10:</b> Cámara para controlar atmósferas agresivas .....	27
<b>Ilustración 3-11:</b> Caja de control.....	28
<b>Ilustración 3-12:</b> Panel de monitoreo. ....	29
<b>Ilustración 3-13:</b> Soporte de las placas de pruebas.....	30
<b>Ilustración 3-14:</b> Componentes del panel de control. ....	31
<b>Ilustración 3-15:</b> Sensor de temperatura y humedad. ....	31
<b>Ilustración 3-16:</b> Sensor de suelo pH. ....	32
<b>Ilustración 3-17:</b> Dimensionamiento general de la cámara.....	33
<b>Ilustración 3-18:</b> Cámara para controlar atmósferas agresivas.....	33
<b>Ilustración 3-19:</b> Muestras para el ensayo. ....	34
<b>Ilustración 4-1:</b> Planificación de diseño y construcción de la cámara.....	39
<b>Ilustración 4-2:</b> Grafica de Temperatura .....	41
<b>Ilustración 4-3:</b> Variables controladas en el equipo. ....	42

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CATÁLOGO DE PERFILES DE ACERO CUADRADO DIPAC.

**ANEXO B:** PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS.

**ANEXO C:** PLANOS DE LA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS.

## RESUMEN

El presente Trabajo de Integración Curricular tuvo como objetivo diseñar y construir una cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos con tratamientos integrales para la corrosión. El desarrollo de este trabajo técnico comprendió el diseño del módulo, su estructura modular, cuerpo de la cámara de corrosión, cubierta externa, sistema de calefacción, sistema eléctrico, sistema de control y la construcción del panel de control. Para la construcción del módulo se utilizó la metodología QFD, este método se encarga de recoger los requerimientos del usuario previo a su diseño y los parámetros requeridos para que funcione de manera correcta garantizando escoger la mejor alternativa antes de su construcción. Para el moduló de atmósferas agresivas, se diseñó cada elemento por separado, la estructura del bastidor se construyó en acero inoxidable AISI 304, el cuerpo de la cámara de corrosión se realizó con vidrio templado, la cubierta externa se construyó con madera y para su aislamiento térmico se utilizó lana de vidrio, para construcción del panel de control fue importante escoger los elementos adecuados para el sistema eléctrico el cual ayudo en el monitorio de las condiciones a la cual se sometieron las muestras, estas muestras se prepararon en base a las normas ASTM G1-03 y NACE/SSPC-SP2. En ese contexto se concluyó que la metodología QFD permitió identificar la mejor alternativa de diseño antes de su construcción, la cual fue de forma ordenada y sistematizada, se realizó la practica con las muestras en la cual se consideró los niveles de pH, humedad y temperatura para simular las atmósferas agresivas sobre las muestras, los ensayos realizados arrojaron que la temperatura normal para empezar a trabajar es de 34°C y con una medida de 3 Voltios, por lo tanto, la temperatura influye en el análisis de determinación del grado de corrosión de un metal.

**Palabras clave:** <DISEÑO>, <CONSTRUCCIÓN>, <CÁMARA>, <ATMÓSFERA>, <MATERIALES >, <TRATAMIENTOS >, <INTEGRALES>, <CORROSIÓN>



24-01-2024

0168-DBRA-UPT-2024

## SUMMARY

The objective of this Curricular Integration Work was to design and build a chamber to control aggressive atmospheres on metallic materials with comprehensive treatments for corrosion. The development of this technical work included the design of the module, its modular structure, corrosion chamber body, external cover, heating system, electrical system, control system, and the construction of the control panel. For the construction of the module, the QFD methodology was used. This method collects the user's requirements before its design and the parameters required to function correctly, guaranteeing that the best alternative is chosen before its construction. For the module of aggressive atmospheres, each element was designed separately, the frame structure was built in AISI 304 stainless steel, the body of the corrosion chamber was made with tempered glass, the external cover was constructed with wood, and for its insulation thermal glass wool was used, for the construction of the control panel it was necessary to choose the appropriate elements for the electrical system which helped in monitoring the conditions to which the samples were subjected, these samples were prepared based on ASTM standards G1-03 and NACE/SSPC-SP2. In this context, it was concluded that the QFD methodology allowed us to identify the best design alternative before construction, which was orderly and systematized. The practice was carried out with the samples in which the pH, humidity, and temperature levels were considered. To simulate the aggressive atmospheres on the samples, the tests showed that the average temperature to start working is 34°C with a measurement of 3 Volts; therefore, the temperature influences the analysis to determine the degree of corrosion of a metal.

**Keywords:** <DESIGN>, <CONSTRUCTION>, <CHAMBER>, <ATMOSPHERE>, <MATERIALS>, <TREATMENTS>, <INTEGRAL>, <CORROSION>



Lic. Sandra Leticia Guijarro Paguay

C.I.: 0603366113



## **INTRODUCCIÓN**

La degradación o el deterioro es un factor común en cualquier tipo de material, especialmente en los materiales metálicos; después de cierto tiempo de su fabricación, ésta empieza con procesos de corrosión en sí misma y a la vez contagiando a su ambiente, este proceso, es el factor principal que afecta la vida útil de la misma y a la vez pone en riesgo la infraestructura en la cual está siendo utilizada, es importante realizar métodos de anticorrosión y ensayos no destructivos para poder determinar la durabilidad de los activos físicos (Vázquez, 2015).

Ya que la corrosión se produce a lo largo del tiempo de vida útil del material metálico, se ha formulado la necesidad de indagar, estudiar y encontrar una solución para este fenómeno natural, debido a que el daño provocado es considerable. La elección de los diferentes materiales de fabricación de cualquier activo físico son una de las principales soluciones, no obstante, para saber cuál de los materiales podría resistir de mejor manera las condiciones de trabajo, es necesario realizar ensayos con el material en diferentes condiciones físicas (Cabezas y Mejía, 2018).

Las empresas locales en la actualidad no brindan nueva información acerca de cómo se puede combatir la corrosión, y a su vez, tampoco realizan un estudio profundo o análisis costo-beneficio que ocasiona la corrosión en diferentes materiales metálicos, es por esto que se produce un costo elevado al momento de reparar dicho elemento afectado, comparado con la aplicación de un método anticorrosivo para conservar la estructura, aumentando su vida útil y disminuyendo la compra de nuevos elementos (Lucas Granados et al., 2018).

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

Este proyecto contribuirá a la Carrera de Mantenimiento Industrial beneficiando tanto a estudiantes como docentes ya que en la actualidad no existe una cámara donde se realicen los ensayos de corrosión con la simulación de diferentes condiciones climáticas, es ahí donde está consciente de la necesidad de desarrollar un diseño y construcción para la elaboración de una cámara que pueda controlar atmósferas agresivas, en la cual se descifre y analice la probabilidad de incurrir en gastos innecesarios y elevados, estudiar fallas en las dimensiones para que el sistema sea ideal.

Para obtener la mejor opción de fabricación de la cámara y garantizar que futuras generaciones puedan replicarlas, es fundamental evaluar cuidadosamente los métodos de control y lectura de las variables. Así mismo es importante considerar los costos totales de fabricación y mantenimiento con el objetivo de optimizar la relación costo-beneficio del producto.

#### 1.2. Justificación

La corrosión es un proceso en el cual actúa el deterioro de materiales metálicos, esto empieza mediante una reacción química y electroquímica, en la que la mayoría se involucran reacciones de reducción-oxidación, esto es debido a que los materiales siempre están tratando de entrar en un estado de menor energía potencial, además, el producto que se forma por el proceso de corrosión afecta de manera negativa o positiva, esto dependerá del tipo de material, de su naturaleza y las condiciones de trabajo.

Los materiales metálicos traen consigo el efecto de la corrosión, ésta afecta directamente a los diferentes activos físicos en los cuales han sido incorporados. La corrosión en diferentes materiales es uno de los principales problemas que sufren en las industrias, ya que conlleva graves consecuencias como: la baja eficiencia de procesos, los altos costos por mantenimiento, en el peor de los casos los altos costos por reemplazo, la emanación de contaminación, el aumento de probabilidad de poner en riesgo la integridad de las personas, entre otras.

En sí, la corrosión representa uno de los principales dilemas que se presenta en las industrias. Tomando en consideración esta problemática se considera tener un lugar donde hacer ensayos en los cuales se busca mejorar la confiabilidad, el aumento de la eficiencia del material, etc.

Realizar este proyecto técnico, es de gran interés para que la carrera en Mantenimiento Industrial de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, incorpore un espacio para ensayos de integridad superficial, ensayos no destructivos y análisis de corrosión, y a la vez, con los datos obtenidos, alterar los diferentes parámetros según las necesidades de ensayo, su alcance económico y el mantenimiento a la misma, para la aplicación en las diferentes industrias.

Es así, que, en el actual estudio, se presentará el diseño y construcción de una cámara, en donde se realicen todo tipo de ensayos a materiales metálicos, preparando diferentes atmósferas o condiciones de trabajo a las cuales los materiales están sometidas, de manera que, en la Carrera de Mantenimiento Industrial perteneciente a la ESPOCH, se cuente con este equipo.

### **1.3. Objetivos.**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Diseñar y construir una cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos con tratamientos integrales para la corrosión.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos.***

Establecer los requerimientos para el diseño de la cámara de control de atmósferas agresivas.

Diseñar la cámara para controlar atmósferas agresivas con ayuda del programa de elementos finitos.

Construir la cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos.

Instalar el circuito de mando y control para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO.

#### 2.1. Fundamentos de la corrosión metálica

La corrosión es un fenómeno natural que prácticamente sufren los materiales metálicos fabricados por el hombre, se da por consecuencia de una exposición química, esto hace que el material sufra un deterioro estructuralmente, ya que tiende a regresar a su estado natural del material, es más, la corrosión presente en estos materiales hace que disminuya la masa metálica hasta que presenta fracturas, picaduras, perforaciones, etc. Para (Vázquez, 2015, p.9), la corrosión es simplemente un proceso a través el cual, un material metálico se deteriora, como resultado de interactuar con el medio que lo rodea.

Así pues, la corrosión es una reacción electroquímica que es producida por la unión del metal con el oxígeno, se observa un estado de deterioro que impacta al hierro que existe en el acero, haciéndole perder las características como la ductilidad, tenacidad, dureza, fusibilidad, etc. El desarrollo de la corrosión es completamente espontaneo y natural. A todo esto, la corrosión es entonces un proceso químico, en la cual un metal o una aleación pasa de estar en su estado puro, como elemento, a otro estado en el que muy comúnmente forma parte un óxido (Vázquez, 2015, p.11).

De esta manera, la corrosión influye en gran medida en las industrias, generando grandes pérdidas directas e indirectas. Hablando de las pérdidas directas se refiere a los costos por el cambio de activos que han sido atacados por el fenómeno de la corrosión y que ya no pueden ser reparados, así como los costos por mantenimiento de los activos. Para las pérdidas indirectas, se toma en cuenta los costos por la parada de producción, la baja eficiencia de los procesos, la emanación de contaminación hacia los productos y medio ambiente, el aumento de probabilidad de poner en riesgo la salud del personal, etc.

##### 2.1.1. Tipos de corrosión

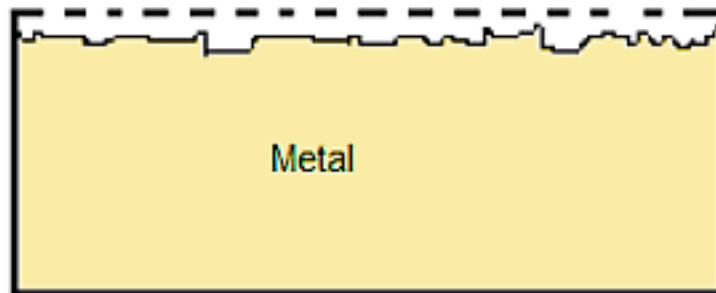
Para estudiar los tipos de corrosión, se debe tomar en cuenta la naturaleza de la sustancia corrosiva, los mecanismos y la forma que aparecen en los metales corroídos, se analizan a través

del trabajo en el cual está comprometido el material, así como el ambiente en el cual está interviniendo éste.

#### 2.1.1.1. *Corrosión generalizada o uniforme.*

También se llama corrosión homogénea, aquella que ataca de forma homogénea a toda la superficie del metal, siendo la más perjudicial y la más fácil de contrarrestar.

La corrosión Uniforme es un fenómeno que se presenta de manera igualitaria sobre toda la superficie corroída, siendo aproximadamente igual la penetración en todos los puntos de la pieza, siendo fácilmente la estimación de vida útil de este metal ya que se presenta una relación directa entre la pérdida del material, reducción de espesor y la gravedad del fenómeno. (OTERO HUERTA, 2012 pág. 26)



**Ilustración 2-1:** Corrosión general

**Fuente:** (Balseca, 2012)

#### 2.1.1.2. *Corrosión galvánica*

Esta corrosión se registra cuando entran en contacto física o eléctricamente dos o más metales diferentes, esto produce que en la capa pasiva de los materiales con menor potencial son los que sufren este fenómeno y comienzan a descomponerse, mientras mayor sea el área de contacto, más rápido se corroe el metal.

Se presenta cuando dos metales en contacto o conectado por medio de un conductor eléctrico, son expuestos a una solución conductora, haciendo que exista un diferencial de potencial entre estos metales, sirviendo como fuerza directriz para el paso de la corriente eléctrica a través del agente corrosivo, de tal forma que el flujo de corriente corroe uno de los metales del par (Balseca, 2012, p.40).

#### *2.1.1.3. Corrosión por picaduras*

Es también denominado también como pitting, esta corrosión se produce por la acumulación de agentes oxidantes acompañado del aumento del pH del medio, a la vez es localizado puntualmente en el metal, ya que el tamaño ni excede los 0,0787 in de Ø, no obstante penetra hasta el fondo del metal formando túneles (Schmiedl y Audelo 2017, p.8).

#### *2.1.1.4. Corrosión por cavitación*

Aparece por la implosión de burbujas de aire sobre la superficie del metal, esto se produce ya que existe cambios de presión, así deteriorando la capa pasiva. Es la erosión causada por la formación y rompimiento súbitos de burbujas de gas (Balseca, 2012, p.43).

#### *2.1.1.5. Corrosión química*

Es la destrucción del metal por la acción de gases o líquidos no electrolíticos. Comprende entre una reacción heterogénea entre una fase sólida, una fase gaseosa o líquida y el metal, con la principal característica que no hay circulación de corriente (Balseca, 2012, p.30).

Se produce cuando un medio no iónico entra en contacto con un metal, puede tratarse de oxidación en el aire a alta temperatura o con el contacto de tetracloruro de carbono (Cabezas y Mejía 2018, p.6).

#### *2.1.1.6. Corrosión electroquímica*

Es aquella que implica en su proceso de corrosión la participación de iones metálicos, involucrando un transporte simultáneo de electricidad a través de un electrolito (Cabezas y Mejía 2018, p.6).

Se debe a la actuación de celdas de corrosión, en las que la pérdida de electrones conocida como oxidación o la ganancia de ellos llamada como reducción, se realiza en lugares distintos de la superficie metálica (Balseca, 2012, p.27).

### ***2.1.2. Factores que incluyen en la corrosión.***

Los factores que intervienen para dar origen al proceso del fenómeno de la corrosión son varios, esto dependerá de las características y propiedades del metal que está sometido al activo, a la vez influyendo el medio en el cual está trabajando.

#### *2.1.2.1. Naturaleza de los metales*

Al momento de unir dos o más elementos metálicos, siempre se trata de que los elementos sean del mismo material, puesto que, cuando los metales están en contacto, se debe procurar que el diferencial de potencial sea la más mínima posible, ya que, si ésta es alta, mayor será la velocidad de corrosión. Así mismo teniendo en cuenta que los metales con mayores potenciales de electrodo no se corroen tan fácilmente, en cambio la corrosión ataca mayormente a los metales que tienen potenciales de electrodos más bajos.

#### *2.1.2.2. Acidez de la solución*

En el fenómeno de la corrosión, suele tener una mayor velocidad de corrosión en los materiales que poseen un pH bajo es decir en los pH ácidos ( $\text{pH} < 7$ ), debido a que en estas soluciones tienen una mayor tendencia a la capacidad de aceptar electrones, en cambio en las soluciones neutras ( $\text{pH} = 7$ ) y las soluciones alcalinas ( $\text{pH} > 7$ ), éstas permiten que la zona anódica reaccione en mayor proporción, ya que liberan electrones de tales reacciones.

#### *2.1.2.3. Capas protectoras.*

La tendencia a la corrosión de un material se puede reducir con la existencia de capas que protejan su superficie. Estas pueden ser aplicadas artificialmente, en forma de recubrimientos o pueden aparecer a través del fenómeno de pasividad, como también por la formación de productos de corrosión que impiden el avance del proceso corrosivo.

#### *2.1.2.4. Temperatura*

La velocidad de la corrosión en un medio metálico tiende a aumentar al incrementar la temperatura debido a que se acelera la difusión del oxígeno del medio hacia el material afectado, inclusive a través de capas de pasivación, se ha demostrado que un aumento en la temperatura de

2°C incrementa la velocidad de corrosión haciendo que el material metálico se corroa rápidamente, siendo la temperatura, el factor que más influye en la corrosión (Alter & Mestres, 2004, p.62).

### **2.1.3. Velocidad de la corrosión**

Antes de descubrir el mecanismo por el que ocurre la corrosión, el hombre solo pudo medir las consecuencias de este proceso y surgieron métodos gravimétricos y analíticos que evaluaron el grado de deterioro de los materiales metálicos, determinando la cantidad de material que se transformaba y pérdida por corrosión, midiendo las variaciones de peso o determinando la cantidad de material que pasaba a forma iónica en una solución corrosiva (Von ge tal., 1991, p.21)

La velocidad de corrosión no se puede terminar por cálculos termodinámicos, esto es porque el sistema no se encuentra en equilibrio. Las Leyes de Faraday son muy importantes para la corrosión, ya que vinculan carga y corriente con los cambios de masa y la velocidad de pérdida de material, así es como estas leyes forman bases para los cálculos que conciernen a las medidas de corrosión electroquímica, para predecir la velocidad de corrosión. Éstas velocidad se puede expresar en números con diferentes unidades para cuantificar la pérdida de material (Lucas Granados et al. 2018, p.25).

### **2.1.4. Técnicas de protección frente a la corrosión**

Naturalmente, el fenómeno de la corrosión no puede ser eliminado totalmente de los materiales metálicos, pero con diferentes métodos se puede llegar a controlar este proceso, haciendo que los activos cumplan su función establecida desde un principio.

Para que se cree un ambiente corrosivo se debe tener un metal que se corroa, una sustancia que acepte los electrones y un medio conductor que permita la circulación de las cargas, es así como para detener el proceso de corrosión se debe intervenir en alguno de éstos tres.

#### **2.1.4.1. Protección anódica**

Consiste en recubrir al material metálico con una capa fina de óxido para que no se corroa, ésta tiene que ser cohesivo y muy firme, caso contrario no servirá. En la protección anódica actúa formando un compuesto insoluble, que se deposita en la superficie metálica, ayudando a mantener



la integridad de la película pasiva cuando esta se deteriora localmente, impidiendo el avance de la corrosión (Vázquez, 2015, p.80).

En la serie galvánica de metales en agua de mar, se puede observar que algunos metales o aleaciones aparecen dos veces, dependiendo de la condición en que se encuentra su superficie, es decir activa o pasiva. (Pérez, 2016 pág. 23)

- Pasivo: son velocidades insignificantes de corrosión, en condiciones con fuerte tendencia termodinámica o la corrosión del electrodo.
- Activo: Término que puede referirse a un estado de los materiales metálicos en el que estos tienden a corroerse, en un extremo de potenciales más negativos de las series electroquímicas y son muy corrosivas.

#### *2.1.4.2. Protección catódica*

La protección catódica reduce la incidencia de la corrosión mediante la formación de una capa de alta resistencia eléctrica sobre el metal, así funcionando como una barrera para el intercambio de electrones. La protección catódica se basa en convertir áreas activas en áreas pasivas en un metal como consecuencia de este cambio el metal con más facilidad para la corrosión protege al metal noble (Vázquez, 2015, p.80).

#### *2.1.4.3. Protección con inhibidores*

Son sustancias químicas con formulaciones complejas que se emplean para proteger a los materiales metálicos que son usados para modificar el comportamiento del medio y tener un mejor control de la corrosión. Los inhibidores domifican la superficie de contacto entre el metal y el medio corrosivo haciendo que en pequeñas concentraciones de sustancias añadidas al medio corrosivo, disminuya la velocidad de corrosión (Vázquez, 2015, p.79).

### **Tabla 2-1: Inhibidores**

<b>Tipo</b>	<b>Definición</b>	<b>Ejemplo</b>
Base aceite	Son adecuados para proteger superficies metálicas previniendo la corrosión en metales	Inhibidor de corrosión base aceite M-531
Solvente	Actúan desplazando en agua y formando una película delgada que se extiende en una superficie del metal adhiriéndose al mismo	Se puede utilizar en la protección de varillas y herramientas.
Base agua	Funcionan modificando las características de las superficies del metal para su susceptibilidad a la formación de la oxidación y la corrosión.	Pruebas hidrostáticas.

Fuente:(Alsimet 2020)

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 2.1.4.4. *Protección con revestimiento*

Actualmente, es el método más utilizado para proteger los materiales metálicos contra la corrosión, existen diferentes tipos de revestimientos que crean una capa protectora. Existen tres clases generales de recubrimientos: orgánicos, inorgánicos y metálicos.

Recubrimientos orgánicos: son las pinturas, resinas, lacas barnices, las cuales proporcionan un recubrimiento entre el metal y el medio proporcionando protección al sustrato metálico, estas pueden tener inhibidores.

Recubrimientos inorgánicos: son esmaltes, mayormente de porcelana que son inertes al agua, creando una resistencia a las condiciones meteorológicas; además se emplean los revestimientos con vidrios, los cuales son utilizados mayormente en la industrias alimentaria y farmacéutica, además existen los recubrimientos de conversión que se producen corroyendo intencionalmente y de forma controlada el metal.

Recubrimientos metálicos: se obtienen a través de técnicas como inmersión en caliente, deposición química de vapor, etc., o modificando la superficie utilizando láser. Mayormente es utilizado el galvanizado, que involucra la aplicación de zinc metálico al acero al carbono, en ocasiones, surge como protecciones catódicas.

#### 2.1.4.5. *Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (pH)*

Este tipo de aceros se obtiene cuando se desea combinar alta resistencia mecánica y maquinabilidad, se obtiene a través de los aceros austeníticos ya que se los modifica estructuralmente, estos contienen un porcentaje menos de níquel y porcentajes variables de cobre, aluminio y molibdeno. El endurecimiento estructural se obtiene por hipertemple y envejecimiento.

## 2.2. **Introducción al diseño.**

### 2.2.1. *Diseño mecánico.*

El diseño mecánico es la formulación e implementación de un plan que sirve para satisfacer necesidades específicas o resolver problemas. Aparte debe desarrollar unas tomas de decisiones, que a la vez no son fáciles, ya que en momentos habrá la falta de información. Si el diseño llega hasta el estado de fabricación, éste debe ser funcional, competitivo, comercializable fiable, útil, etc.

El diseño mecánico, es un estudio complejo en la cual debe tener la habilidad y la creación de plasmar sus ideas, esta aplicación va más allá de la ciencia y las matemáticas que intervienen al rato de diseñar. Por la complejidad de esta, se debe seguir una serie de pasos desde el requerimiento de un activo, hasta el diseño y fabricación de éste. Para esto los diseñadores mecánicos, se ayudan por fuentes de información y herramientas como programas de diseño asistidos por ordenador, la utilización de solucionadores matemáticos, impresión 3D, entre otros.

### 2.2.2. *Diseño de control y fuerza.*

Son circuitos utilizados en la cual suministra energía a receptores de un diseño o instalación. Se componen de fusibles, motores contactos de línea, etc., Estos circuitos son encargados de suministrar energía a sensores, interruptores, captadores, en la cual estos son los encargados de enviar información en forma de señales digitales o analógicas a sistemas de lógica programa o cableada.

### 2.2.2.1. *Circuito de Control.*

Generalmente se considera como los métodos y maneras de controlar el comportamiento de un aparato, una máquina o sistema electrónico como, por ejemplo:

- Humedad
- Temperatura
- Nivel pH

### 2.2.2.2. *Circuito de Potencia.*

El circuito de fuerza es un conjunto de elementos electrónicos que tienen la finalidad de llevar la energía de una fuente de alimentación a los motores y dispositivos de un sistema.

## 2.3. **Características comunes de la cámara.**

La construcción de la cámara está compuesta por componentes mecánicos y electrónicos, con el propósito de detallar valores veraces en el sentido de comparar los valores. A continuación, se describirán los componentes comúnmente encontrados en esta cámara.

- Estructura: es una caja de acero recubierta en lana de vidrio y exteriormente por madera (melamínico).
- Estructura fija: Soporta el tablero de control, compuesta por perfiles de acero inoxidable.
- Resistencia calefactora: Ubicada en el interior de la cámara y permite mantener una temperatura en  $30^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C} \pm 2$ .
- Sensor de temperatura:
- Conducto de aireación: Éste permite la evacuación de las placas corrosiva al exterior del laboratorio o del sitio se tenga el equipo para evitar que se afecten los equipos aledaños.
- Conductor de desagüe: su función es evacuar el condensado y el agua del lavado de la cámara.

## **2.4. Requerimientos de diseño y construcción.**

### **2.4.1. Tarjeta de adquisición de datos.**

Estas tarjetas actúan como la interfaz entre una computadora y señales físicas, es decir, la información recaudada por el sensor se pasa al DAQ, (adquisición de datos) el cual se encarga de transformar los códigos del mundo real a los códigos digitales, como si se tratara de un intérprete que traduce de un lenguaje a otro, con el fin de que el sistema digital (es decir, cualquier computadora o dispositivo electrónico) sea capaz de comprender los signos del analógico.

Las tarjetas de adquisición de datos consisten en tres partes principales: por un lado, está el circuito de acondicionamiento de señales, después está el convertidor analógico-digital (ADC por sus siglas en inglés) y, finalmente, el bus del ordenador.

### **2.4.2. Interfaz Hombre-Maquina (HMI)**

La interfaz hombre-máquina o HMI (Human Machine interfaz) se define como una ventana de un proceso donde el usuario y el proceso interactúan. La HMI representan el medio de interacción entre un usuario y determinado hardware, debe ser capaz de mostrar al usuario datos básicos de todo sistema de control de procesos, tales como variables de procesos, variable de control y setpoint, todo representado a tiempo real, en el momento mismo de la ejecución de las diferentes variables.

### **2.4.3. Control (on-off).**

Un controlador ON/OFF es la forma más simple de control de temperatura. La salida del regulador está encendida o apagada, sin un estado medio. Un controlador de temperatura ON/OFF cambia la salida sólo cuando la temperatura atraviesa el punto de ajuste.

### **2.4.4. Sensores**

Los sensores son dispositivos electrónicos que tienen una capacidad de detectar la variación de una magnitud física tales como: temperatura, iluminación, movimiento y presión; y de convertir el valor de ésta en una señal eléctrica, ya sea analógica o digital.

Es un elemento idóneo para tomar, percibir o censar una señal física proveniente del exterior y convertiría en una señal de entorno transducible. (Ulloa & Rodríguez,2012)

**Sensor de temperatura.** El sensor de temperatura es un dispositivo que permite conocer el valor de la temperatura presente en un ambiente, a través de la conversión de los cambios de temperatura a señales eléctricas, esta información es procesada por el controlador lógico programable.

#### **2.4.5. Actuadores**

Los actuadores son elementos de potencia que deben tener la energía suficiente para vencer a las variables físicas que se están controlando, y de esta manera poder manipularlas.

Son dispositivos que, siguiendo las órdenes del sistema de control, realizan acciones que implican en el mundo real. (Ulloa & Rodríguez,2012)

#### **2.4.6. Ingeniería de corrosión al momento del diseño**

La ingeniería de corrosión es la aplicación de la ciencia y el arte en la prevención y control de la destrucción originados por la corrosión, teniendo en cuenta los parámetros de costos y seguridad al personal. Así mismo, el ingeniero de corrosión debe entender y manejar perfectamente los principios físicos y químicos que existen detrás de la corrosión, además debe conocer las propiedades físicas, metalúrgicas, mecánicas y químicas de los materiales. El ingeniero de corrosión debe saber identificar los medios dañinos que existen en el ambiente y así poder minimizar con técnicas los fallos que pueden ser desastrosos tanto en lo económico como atentar con la vida del operador.

En resumen, tanto en la ingeniería de corrosión y el ingeniero de corrosión debe tener 4 cualidades:

- Conocimientos de corrosión.
- Conocimientos de las características de la corrosión de los materiales.
- Conocimientos de las características corrosivas de los productos químicos.
- Información sobre las propiedades físicas y mecánicas de los materiales.

Al momento de diseñar algún componente o conjunto mecánico, el creador debe tener en claro las diferentes propiedades de los materiales, para así seleccionar el elemento adecuado, definir forma y dimensionamiento para que el conjunto mecánico sea funcional.

## **2.5. Normas**

Los trabajos tanto para el diseño de la cámara, como para la preparación de probetas están guiados por las diferentes normas, las cuales ayudan a mejorar el entendimiento y a la vez mejorar el manejo de los elementos metálicos que se van a ensayar. A continuación, se detalla un listado de normas que ayudan en el proceso de tomas de decisiones para crear la cámara y ensayos para las probetas.

### **2.5.1. *ASTM B117-19***

Practica estándar para operar el aparato de niebla salina (niebla)

### **2.5.2. *UNE-EN ISO 1462:1996***

Recubrimientos metálicos. Depósitos electrolíticos no anódicos con respecto al metal base. Ensayos de corrosión acelerada. Método de evaluación de los resultados.

### **2.5.3. *UNE 112 017-92***

Recubrimientos metálicos: ensayos de corrosión en atmósferas artificiales: ensayos de niebla salina.

### **2.5.4. *UNE-EN ISO 9227:2017***

Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina.

### **2.5.5. *UNE-EN ISO 6988:1996***

Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Ensayo al dióxido de azufre con condensación general de la humedad.

**2.5.6. NTE INEN 1032-84**

Pinturas anticorrosivas. Ensayo de la resistencia al intemperismo acelerado.

**2.5.7. ASTM G 151-00**

Practica estándar para exponer materiales no metálicos en dispositivos de pruebas acelerados que usan fuentes de luz de laboratorio.

**2.5.8. ASTM G1-03**

Practica estándar para preparar, limpiar y evaluar especímenes de prueba de corrosión.

**2.5.9. NACE / SSPC - SP2**

Limpieza con herramientas manuales.

**2.5.10. NACE / SSPC – SP3**

Limpieza con herramientas manuales académicas.

**2.5.11. NACE / SSPC – PA 1**

Pintado de acero para taller, campo y mantenimiento.



## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS

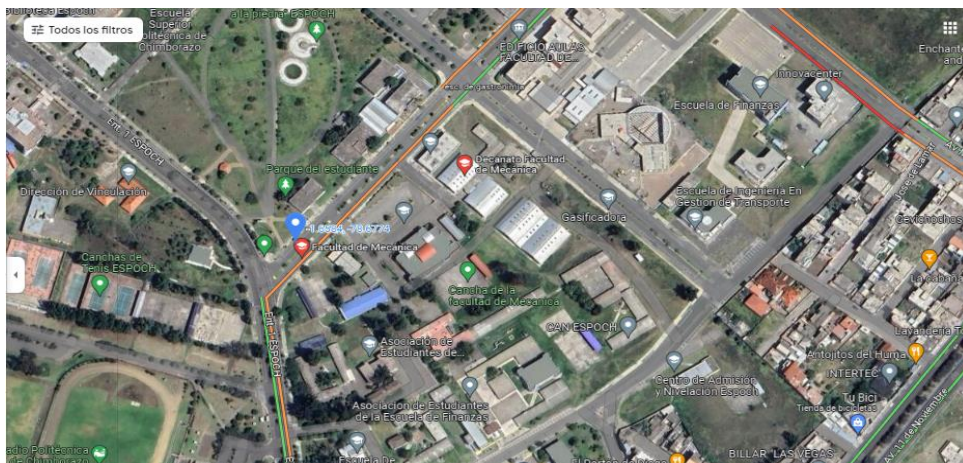
En este capítulo se hablará sobre los requerimientos para el diseño y los parámetros de construcción de la cámara, para obtener una mejor alternativa en función, precio, calidad y necesidad en el diseño. Para posteriormente el diseño y construcción de una cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos con tratamientos integrales para la corrosión.

#### 3.1. Localización.

La cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos beneficiará al Laboratorio de Materiales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que surge con la necesidad para los estudiantes realicen este tipo de prácticas de laboratorio controlando atmósferas agresivas sobre materiales metálicos con tratamientos integrales para la corrosión. logrando fortalecer al laboratorio de Materiales

Con las coordenadas:

- -1.659333
- -78.6777094

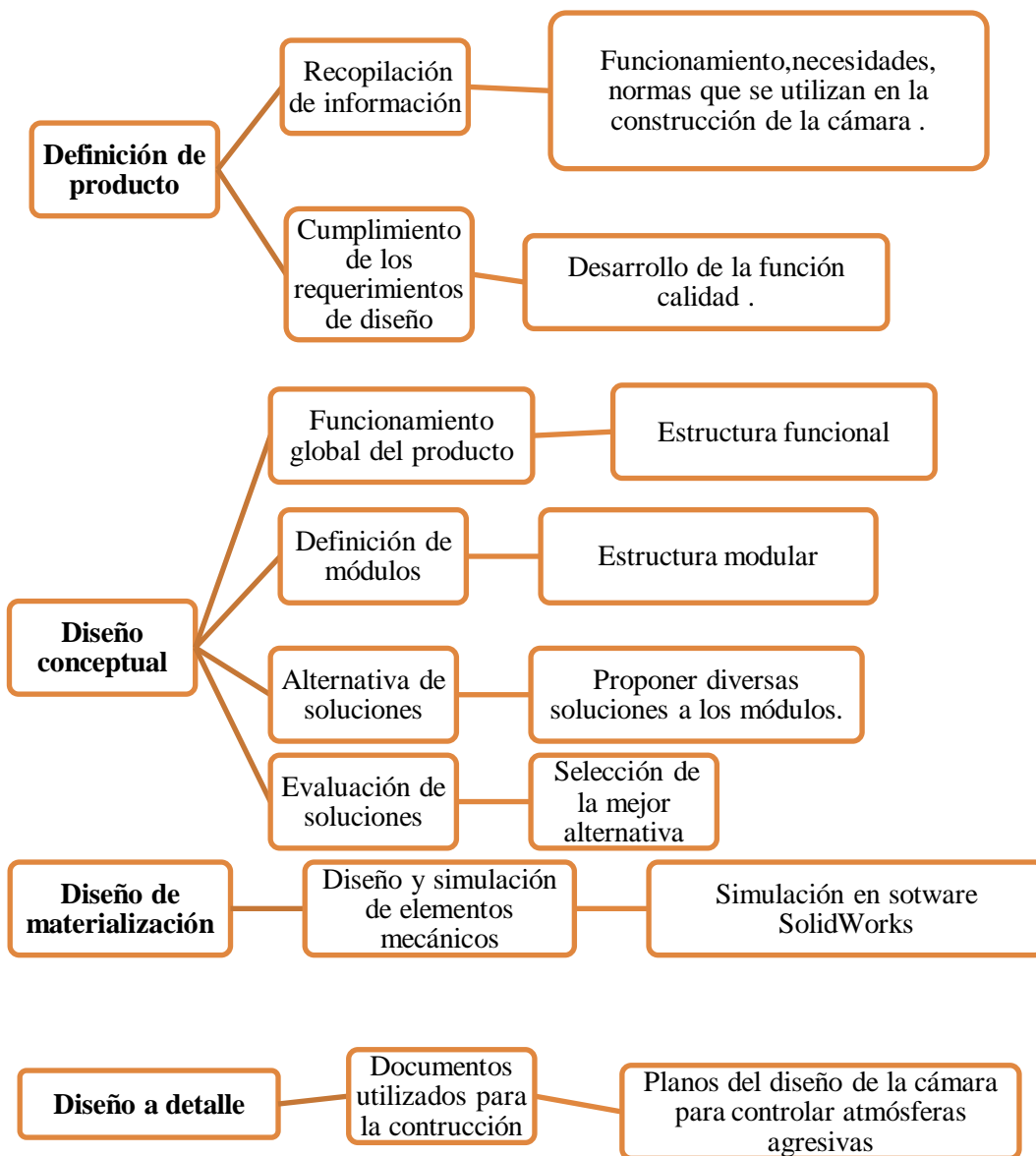


**Ilustración 3-1:** Localización.

**Fuente:** (Google Map, 2023)

### 3.2. Metodología de diseño

Para realizar esta metodología se realizará desde el punto de partida de la ingeniería concurrente la cual permite obtener un producto óptimo y eficaz, mediante la utilización de 4 etapas que son las definiciones del producto, diseño conceptual, diseño de materialización y el diseño de detalle, la que se indica en el siguiente esquema.



**Ilustración 3-2:** Esquema de las 4 etapas de la metodología.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.3. Ingeniería del proyecto.**

Como se indicó, en el marco teórico, es necesario tener una cámara para controlar atmósferas agresivas para poner en práctica los diferentes tipos de técnicas de corrosión de los metales a diferentes condiciones de trabajo, la construcción de esta cámara permitirá aplicar las técnicas mencionadas en el capítulo 2.

#### **3.3.1. Requerimientos de sistema.**

Con este método se realiza un análisis de los problemas, necesidades y posibles soluciones, con un criterio ingenieril permitiendo la obtención de un producto innovador y que se ajuste a las necesidades del consumidor.

A continuación, se identifica las necesidades de los clientes(estudiantes):

- Didáctico.
- Móvil.
- Liviano.
- Espacio requerido.

Demandas básicas:

- Económico.
- Seguro.
- Ergonómico.
- Fácil de mantenimiento.

Según las necesidades se puede concluir con las diferentes técnicas:

- Precio accesible.
- Ergonomía.
- Dimensiones de la cámara.

Esto permite hacer un análisis de las necesidades de los consumidores que en este caso son los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial según los criterios del ingeniero asegurando cumplir los requerimientos establecidos sobre la cámara.

#### *3.3.1.1. Precio.*

El precio de construcción de la cámara debe ser acorde a los requerimientos de diseño y funcionalidad, los costos directos e indirectos son aquellos que influyen en el precio total luego de terminar de construir en su totalidad la cámara para controlar atmósferas agresivas.

### **3.4. Diseño conceptual.**

En esta etapa nos permite centrar en los requerimientos y las especificaciones, generando soluciones mediante alternativas propuestas realizando un análisis de la solución más viable

#### *3.4.1. Análisis de la estructura funcional.*

El análisis de la estructura funcional da a conocer de forma general, el funcionamiento de la cámara; esta estructura es importante en la realización del análisis de la estructura modular.

#### *3.4.1.1. Estructura funcional.*

En esta parte se indica de forma general la función que cumple la cámara para controlar atmósferas agresivas, como la parte inicial.

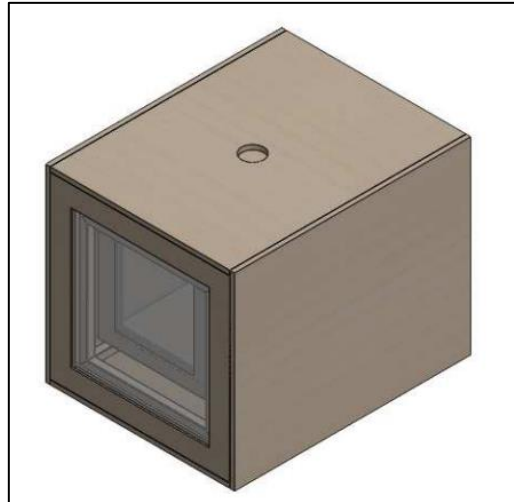
### **3.5. Consideraciones del diseño.**

El diseño del equipo cuenta con un listado de características para cumplir con nuestras necesidades:

- Disposición de energía eléctrica.
- Disposición de líneas de drenaje.
- El equipo opera con mano de obra para un mejor desempeño.
- Tiene que ser de fácil utilización y muy práctico a la vez.
- Debe presentarse estéticamente muy bien.
- Tiene que ser económico sin alterar su funcionamiento.
- Tiene que ser didáctica para una mejor experimentación.

### 3.6. Diseño de materialización.

En este punto se realiza un esquema general, de cómo va a constar la cámara al construirse, para posteriormente realizar el moldeado de cada elemento y con sus respectivos cálculos si en caso lo amerita, así como si la selección del mecanismo viable para la construcción de este módulo.

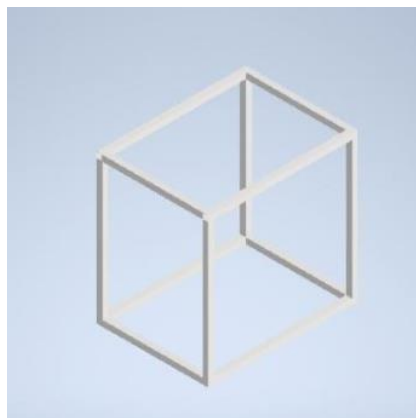


**Ilustración 3-3:** Cámara Externa.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 3.6.1. *Diseño de la estructura modular*

La estructura de la cámara es aquella que soporta todo el peso del mecanismo integrado, por lo cual está no presenta esfuerzos de tracción, torsión y flexión si no solo de compresión, por lo que se ha optado por seleccionar un tipo de perfil cuadrado de acero inoxidable AISI 304 de 1"x1,5 mm y cubierta.



**Ilustración 3-4:** Estructura del Bastidor.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

**Tabla 3-1:** Características del acero inoxidable.

<b>Características Generales del Acero inoxidable.</b>	
Estética	La estética se genera gracias al acabado del acero que se utilice, ya sea mate o brillante, o si se elige con algún diseño o color.
Propiedades mecánicas	El acero inoxidable presenta propiedades mecánicas muy favorables a temperatura ambiente en comparación con otros materiales, como por ejemplo su dureza, su resistencia al desgaste, ductilidad y Elasticidad.
Resistencia al fuego	En comparación con otros metales, el acero inoxidable presenta una buena resistencia al fuego (800 °C) y no desprende gases tóxicos.
Resistencia a la corrosión	Gracias a la presencia de aproximadamente 10,5 %de cromo en su composición, el acero inoxidable genera un óxido de cromo que protege la superficie haciéndolo resistente en ambientes corrosivos.
Limpieza	La Limpieza es sumamente fácil, pudiendo utilizarse sustancias comunes como detergentes, jabón.

Fuente: (<http://www.uginox.com/es/node/931>)

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.6.2. *Cuerpo de la cámara de corrosión***

La cámara de corrosión fue diseñada de acuerdo con las necesidades y la aplicación que se dará en los campos investigativos referentes a la corrosión, por tal motivo se realizó con vidrio templado de espesor de 10 mm, con el propósito de mantener la temperatura aislada y evitar cualquier accidente.

Las dimensiones externas con las que cuenta la cámara son de 70 x 60 x 60 cm (largo x ancho x alto). Para la adherencia del cuerpo con la tapa de la cámara, utilizamos vidrios que cuenta con características que serán mencionadas y detalladas en la Tabla 5-3.

### 3.6.2.1. Construcción de la cámara externa.

Al tener en cuenta los parámetros y necesidades de los objetivos, se construyó de un armazón metálico y cubierta por madera (melamínico) con las dimensiones ya descritas.



**Ilustración 3-5:** Cuerpo de la cámara de corrosión.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

**Tabla 3-2:** Características de la silicona Sikaflex-256.

<b>Datos de la Silicona Sikaflex</b>	
Base química	Poliuretano
Color (CQP-001-1)	Blanco
Estabilidad	Muy buena
Sistema de curado	Curado por humedad
Temperatura de aplicación	+5°C a 100°C
Dureza Shore	50
Resistencia a la tensión	7 N/ mm <sup>2</sup>
Resistencia al desgarro	11 N/ mm

**Fuente:** (Hoja de producto Sikaflex-256)

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

El vidrio templado posee propiedades específicas, necesarias para la realización de este proyecto, siendo una de ellas la elevada resistencia a la rotura, ya sea por el calor o por la presión, (Tabla 3-2) y también la conservación del calor suministrado a la cámara. Por tal razón se procedió a hacer los cálculos necesarios para saber cuánto calor debe suministrarse para alcanzar a temperatura a la que se trabajara en las pruebas.

**Tabla 3-3:** Características generales del vidrio templado

<b>TEMPLADO</b>	
Resistencia al choque mecánico	El vidrio templado puede resistir un choque de una bola de acero de 250 g desde una altura de 3 m.
Resistencia al choque térmico	Un cristal templado de 6 mm de espesor puede resistir un choque térmico de hasta 270°C, o puede permanecer totalmente íntegro si está expuesto a una temperatura de 500°C por un largo periodo.
Resistencia a la presión	Un cristal templado de 10 mm puede resistir la misma resistencia de una losa de 25 cm de espesor.
Resistencia a la flexión	La fuerza de ruptura por flexión de un cristal templado es de aproximadamente 18.5 Kg/cm <sup>2</sup> , 6 veces más que un vidrio normal (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> ).
Resistencia a la torsión	El vidrio templado de 1 m de largo por 33 cm de ancho y un espesor de 6 mm, puede resistir un momento tensionaste de 180 Kg sin sufrir una ruptura o deformación permanente.
Resistencia al alabeo	Un vidrio templado de 1 m de largo por 33 cm de ancho y 6 mm de espesor puede soportar sin dificultad sobre la diagonal un esfuerzo de 1000 kg F.

**Fuente:** <http://es.slideshare.net/salmonete/vidrio-templado-presentacin>

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

La parte que conforma la puerta nos permitirá una manipulación más sutil para la prueba, esta mismo se realizó con componentes como melamina y con parte de accesorios como el vidrio de las características que definimos en los capítulos anteriores, sostenido con un par de bisagras.



**Ilustración 3-6:** Puerta de la cámara de corrosión.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)



### 3.6.3. *Cubierta externa.*

La parte del aglomerado desempeña una de las principales funciones en la construcción del equipo, por lo tanto, funciona como protección para la cámara y es muy esencial al momento de contener el calor que se produce por el encendido de las niquelinas.

También puede ayudar con el soporte del panel de control y las instalaciones de algunos circuitos electrónicos. El aglomerado fue escogido por su alta resistencia al calor y la facilidad de juntar los accesorios necesarios para la construcción de la cámara de corrosión.

#### 3.6.3.1. *Aislamiento térmico*

Lana de vidrio: fabricado a elevadas temperaturas fundiendo arenas con alto contenido de sílice más otros insumos, el resultado final es un producto fibroso de óptimas propiedades de aislamiento térmico.

La durabilidad y confiabilidad con el paso del tiempo es imputrescible, no se va a afectar por la humedad y no se ataca por plagas, fácil de cortar manipular y se amolda sin complicaciones. A continuación, podemos observar su utilización.



**Ilustración 3-7:** Cubierta externa de la cámara.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

Con la intención de evitar accidentes por el calentamiento de las niquelinas en el interior, se instaló un compartimiento que será como alojamiento de un aislante terminó comercial llamado lana de vidrio, que está instalado en todos los lados de la cámara para así evitar accidentes como quemaduras.

### **3.6.4. Instalación del desagüe y ducto de aireación**

#### **3.6.4.1. Desagüe.**

Para complementar la construcción de la máquina necesitamos un sistema de drenado con la finalidad de realizar limpiezas después de las pruebas a las que se encontrará la cámara de corrosión.

La finalidad de ubicar un agujero en la parte inferior de la cámara es evacuar los residuos desprendidos de las placas ensayadas conforme pase el tiempo, ésta se conectará consecutivamente con una llave de paso y un tubo para el desagüe a las tuberías residuales del laboratorio.



**Ilustración 3-8:** Parte posterior con la perforación del drenaje.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### **3.6.5. Sistema de calefacción.**

El sistema debe cumplir el objetivo de mantener una cierta cantidad de calor con el fin de acelerar de manera óptima la corrosión de las placas a ensayar. Nuestra cámara consta con la norma que menciona que se debe mantener una temperatura de 34°C. Este equipo está construido para realizar pruebas a diferentes temperaturas con un máximo de 50°C.

Entonces para comenzar con el calentamiento de la cámara Para calentar la cámara de exposición y llevarla a la temperatura adecuada se instaló una resistencia eléctrica tubular de acero inoxidable(niquelina).

Esta niquelina cuenta con una potencia máxima 1100 Watts y un voltaje de 220 voltios. La cual será controlada de manera automática por un sensor de temperatura para mantener en un rango estable.



**Ilustración 3-9:** Resistencia eléctrica.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### 3.6.6. *Sistema eléctrico y de control.*

Es importante tener en cuenta que el diseño de este equipo sea de fácil utilización y de fácil movimiento para evitar la ubicación del ser humano al momento de moverlo a otros lugares. Es así que implementamos un circuito de accionamiento independiente para el encendido de la cámara

Al momento de automatizar el equipo es importante controlar las temperaturas para poder mantener el rango deseado del análisis de la prueba a realizar. Para esto se ha utilizado un sensor básico de temperatura que está ubicado en el interior de la cámara y que envía señales eléctricas para que al momento de sobrepasar la temperatura se apague la resistencia y, así mismo, si llega a descender por debajo de ese rango se vuelva a prender, para mantener el interior de la cámara en un ambiente óptimo



**Ilustración 3-10:** Cámara para controlar atmósferas agresivas

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

El sistema cuenta también con un sensor de humedad básico de plástico en el interior de la cámara para visualizar, por medio de una pantalla digital, el porcentaje de humedad presente durante la realización de las pruebas. Para el albergue del sistema eléctrico y de control automatizado se ha dispuesto una caja de control que se sitúa en la parte superior del equipo y en la que se dispone el Switch de encendido y apagado del sistema.



**Ilustración 3-11:** Caja de control.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.6.7. Construcción del panel de control.**

El panel de control industrial se define como una combinación de dispositivos electrónicos que utilizan la energía eléctrica para controlar las distintas funciones mecánicas de los equipos o maquinaria industrial.

Además, albergan varios dispositivos electrónicos que proporcionan señales para dirigir el funcionamiento del equipo, con el propósito de tener una caja de conexiones especialmente diseñada para el cableado y los sistemas eléctricos.

#### **3.6.7.1. Componentes del panel de control.**

En esta parte debemos describir las categorías principales del panel de control, para dar a conocer su aspecto fundamental como son:

- Estructura del panel: Compuesta por un armario metálico que sirve para proteger los componentes electrónicos de los factores externos.

- Componentes electrónicos: En el interior de un cuadro eléctrico existen varios tipos de componentes eléctricos que definen y organizan las distintas funciones.



**Ilustración 3-12:** Panel de monitoreo.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### 3.6.8. *Apoyo para placas de muestras.*

Al momento de realizar pruebas con un medio de sustancias líquidas, las placas necesitan estar apoyadas o izadas con un soporte el cual nos permitirá que estas placas no se acumulen unas a otras. Se tomó en cuenta varias características para la elaboración de los apoyos, las cuales son las siguientes:

- Tamaño interior de la cámara.
- Número de placas a ensayar.
- Fácil manejo.
- Campo magnético para la protección catódica.

Para la elaboración del soporte, se utilizó el mismo material con el que se elaboró la parte interna de la cámara, ya que no se pueden mezclar dos metales distintos al momento de realizar pruebas de corrosión, a la vez estos soportes son unidos mediante sogas de nylon, estas no interfieren al estar en contacto con las placas a ensayar. El diseño del soporte solo es compatible para placas, por lo que no se podrá ocupar para otros elementos (varillas)



**Ilustración 3-13:** Soporte de las placas de pruebas.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.7. Conexión e instalación de accesorios.**

Para un óptimo trabajo, es que el diseño del equipo sea de fácil maniobrabilidad y con muy poca actuación humana, por lo que el sistema cuenta con dos tipos de alimentación eléctrica, las cuales son para 110 V y 220 V.

La cámara al estar automatizada ayuda a controlar varias de las variables necesitadas para los ensayos, así como, la temperatura que al interior de la cámara nos ayuda a mantener en el rango deseado, utilizando un sensor básico que se encuentra instalada en el interior de la cámara, la cual envía señales, para que, en el momento de sobrepasar los picos máximos y mínimos de temperatura ésta haga apagar o prender la níquelina. Así mismo se encuentra un sensor de salinidad que nos ayuda con la lectura del ambiente con el cual estamos trabajando.

#### **3.7.1. *Instalación de los accesorios del panel de control.***

En esta parte se instalaron a interior del panel de control, el controlador de temperatura, el temporizador, el interruptor ON-OFF del equipo empleado con sus respectivos soportes, la ilustración 3-15 muestra como quedan ubicados.



**Ilustración 3-14:** Componentes del panel de control.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### 3.7.2. *Sensor de temperatura y Humedad.*

Este sensor se caracteriza por tener la señal digital calibrada por lo que asegura una alta calidad y una fiabilidad a lo largo del tiempo, ya que contiene un microcontrolador de 8 bits integrado. Está constituido por dos sensores resistivos (NTC y humedad). Tiene una excelente calidad y una respuesta rápida en las medidas. Puede medir la humedad entre el rango 20% – aprox. 95% y la temperatura entre el rango 0°C – 100°C. (Ilustración 3-16)



**Ilustración 3-15:** Sensor de temperatura y humedad.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 3.7.2.1. *Características.*

- Tensión de funcionamiento: 3v – 5.5v.
- Rango de valores del 20% al 90% de Humedad Relativa.
- Rango de valores de 0°C a 100°C de Temperatura.

- Resolución de lectura: 1, es decir, nos proporciona tan sólo valores enteros tanto de humedad relativa como de temperatura.
- Precisión de la humedad relativa:  $\pm 5\%$ .
- Precisión de la temperatura:  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

### 3.7.3. *Sensor de Suelo pH.*

El sensor integral del suelo mide de forma creativa los siete parámetros de conductividad, humedad, temperatura, pH y nitrógeno, fósforo y potasio, lo que facilita enormemente tu evaluación sistemática de las condiciones del suelo.



**Ilustración 3-16:** Sensor de suelo pH.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 3.7.3.1. *Ventajas.*

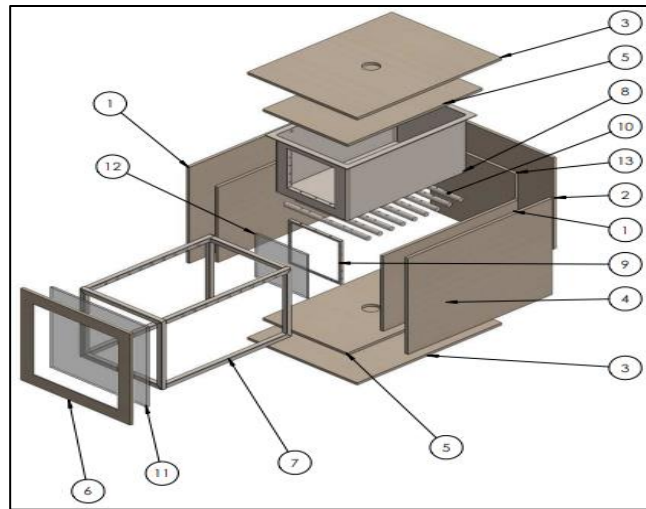
- El sensor tiene alta precisión, respuesta rápida, salida estable, y se ve menos afectado por el contenido de sal del suelo. Es adecuado para todo tipo de tierra.
- Se puede enterrar en el suelo durante mucho tiempo, es a prueba de electrólisis y corrosión a largo plazo, y utiliza resina epoxi de alta densidad para macetas al vacío, lo que puede evitar que la humedad entre en el interior del fuselaje.
- La sonda está hecha de material metálico especial, que es a prueba de oxidación, electrólisis y corrosión salada alcalina, asegurando el funcionamiento a largo plazo de la parte de la sonda.

### 3.8. **Dimensiones generales del equipo.**

La cámara ya ensamblada con todas sus componentes antes mencionadas y explicadas tiene dimensiones adecuadas para la utilización de estudiantes y docentes permitiendo observar



completamente el proceso interno y externo del equipo, ya que sus componentes se encuentran visibles para toda la explicación y entendimiento posible de cada ensayo a realizar.



**Ilustración 3-17:** Dimensionamiento general de la cámara.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### 3.8.1. *Proceso de producción.*

Para la puesta en marcha de la cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos se necesita proceder con varios lineamientos que se explican en las guías de laboratorio (ANEXO B), las cuales son guías para que el personal que vayan a intervenir en el equipo no tenga ninguna duda en el accionamiento para cada tipo de ensayo.



**Ilustración 3-18:** Cámara para controlar atmósferas agresivas.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### 3.8.2. *Preparación de las muestras.*

Para los diferentes tipos de muestras, necesitamos que cada uno de éstos estén debidamente preparado, siguiendo una serie de pasos para la limpieza y evaluación de resultados con las distintas referencias vistas en las normas mencionadas anteriormente como son:

- ASTM G1-03
- NACE / SSPC – SP2
- NACE / SSPC – SP2

Esta preparación se hace con el fin de obtener una superficie, masa, dimensionamiento igual en cada probeta a ensayar y así adquirir resultados más explícitos y experimentales. Al igual se debe tomar en cuenta la accesibilidad de máquinas y herramientas más útiles y aplicar la técnica más adecuada para cada tipo de probeta.

El procedimiento de preparación de probetas se repite cíclicamente cada vez que se le vaya a realizar la toma de datos (masa, dimensionamiento) para determinar los resultados finales, en la ilustración 3-19 se logra observar las diferentes probetas para los respectivos ensayos a los cuales van a ser sometidos.



**Ilustración 3-19:** Muestras para el ensayo.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.8.3. Indicadores para la utilización de la cámara.**

Para empezar a utilizar el equipo nos debemos asegurar que este correctamente instalado, teniendo en cuenta algunos detalles como:

- La cámara debe estar apoyada sobre una superficie fija al piso.
- Las fuentes de alimentación deben estar ubicadas lo más cerca posible para si evitar cualquier inconveniente al momento de su utilización.

Después de revisar que todos os componentes estén en su lugar, se puede poner en marcha as pruebas para controlar la corrosión.

### **3.9. Realización del plan de mantenimiento de la cámara.**

Se realiza el plan de mantenimiento de la cámara para controlar atmósferas agresivas en base a los principales elementos, donde se detalla la codificación de los equipos, la metodología de mantenimiento a utilizar, una norma referencial donde nos facilita todos los parámetros a considerar para un plan de mantenimiento efectivo. El cumplimiento del plan ayuda a activo físico a alargar su vida útil.

#### **3.9.1. Codificación técnica de equipos.**

La codificación técnica se realiza según la ISO 14224:2016, la cual facilita una organización, planificación y control de las actividades en donde estos activos intervengan, para realizar la codificación de la cámara para controlar atmósferas agresivas, se utiliza sus 6 niveles jerárquicos partiendo desde el nivel taxonómico de la empresa hasta la unidad de equipo, para la codificación del módulo se utilizará sus 4 niveles, como se detallan a continuación:

##### **3.9.1.1. Codificación a nivel de planta.**

Este nivel hace referencia a la institución académica en donde se está llevando a cabo el Proyecto de Integración Curricular, se utiliza 6 caracteres alfabéticos, el motivo del porque se utiliza 6 letras ya que hace referencia a las siglas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por lo tanto, en la tabla 3-4 se encuentra la codificación respectiva para el primer nivel de codificación según la norma utilizada

**Tabla 3-4:** Codificación a nivel planta

<b>Planta</b>	<b>Código</b>
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	ESPOCH

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

*3.9.1.2. Codificación a nivel de área.*

El siguiente nivel taxonómico descrito es el área donde está ubicado el módulo, para ello se ha considerado a la Facultad de Mecánica, se utilizará 2 caracteres alfabéticos.

**Tabla 3-5:** Codificación a nivel de área.

<b>Área</b>	<b>Código</b>
Facultad de Mecánica	ESPOCH_FM

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

*3.9.1.3. Codificación a nivel de sistema.*

Este nivel hace referencia al laboratorio en donde los estudiantes podrán encontrar la cámara para controlar atmósferas agresivas. Para la taxonomía se utiliza 3 caracteres alfabéticos.

**Tabla 3-6:** Codificación a nivel de sistema.

<b>Sistema</b>	<b>Código</b>
Laboratorio de Mantenimiento de Materiales	ESPOCH_FM_LMM

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

*3.9.1.4. Codificación da nivel de equipos.*

En este último nivel hace referencia al sistema o equipo al cual se refiere y al número de equipos iguales pertenecientes a la cámara para controlar atmósferas agresivas. Para este nivel se utiliza 3 caracteres alfabéticos para el equipo y 2 caracteres numéricos para los equipos semejantes, en este caso va a ser el primero.

**Tabla 3-7:** Codificación a nivel de equipos.

<b>Sistema</b>	<b>Equipo</b>	<b>Código</b>
Laboratorio de Mantenimiento de Materiales	Cámara para controlar atmósferas agresivas	ESPOCH_FM_LMC_CA A01

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

### **3.9.2. Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos.**

La norma UNE-EN 60812 define al análisis modal de fallo y efecto (AMFE) como una metodología del mantenimiento que, por medio de un procedimiento sistemático de análisis, permite reconocer los modos de fallo potenciales, las causas y sus efectos en el funcionamiento del sistema

La metodología AMFE es considerada la más adecuada para utilizar en la fase de diseño y construcción de las maquinas o equipos, con la finalidad de determinar acciones que impidan los fallos, por esta razón se tomó en cuenta.

Para realizar la gestión del plan de mantenimiento preventivo de la cámara para controlar atmósferas agresivas. se tomará en cuenta las actividades que están estandarizas para realizar el mantenimiento de los equipos y máquinas, las actividades principales a considerar serán: la limpieza, lubricación, soldadura, aplicación de agentes anticorrosivos, entre otros.

En el plan de mantenimiento preventivo se detalla el modo de falla del elemento, luego la actividad recomendada para recuperar la función principal del activo, también en plan encontraremos los responsables de las actividades a realizar, cada actividad viene acompañada con su frecuencia y las herramientas, materiales que se van a utilizar para ejecutar esas tareas de mantenimiento.

El cumplimiento de la planificación del mantenimiento ayuda al activo físico en este caso de la cámara para controlar atmósferas agresivas. Y así conservar su ciclo de vida, las actividades de mantenimiento realizadas serán archivadas para lograr tener un historial de los elementos mantenibles de la cámara.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados detallados a continuación, se obtuvieron mediante el estudio de los requerimientos de construcción logrando implementar la metodología la cual nos permite obtener la mejor opción de diseño antes de su diseño y construcción, la cámara para controlar atmósferas agresivas se instaló en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Mecánica donde se realiza la práctica número 1 obteniendo la guía de laboratorio y su manual de operación.

La cámara brinda ergonomía, seguridad y mantenibilidad a las personas que van a desarrollar las prácticas de controlar atmósferas agresivas.

#### 4.1. Diseño mecánico de la cámara para controlar atmósferas agresivas.

En la ilustración 4-1 se sistematiza de manera detallada y específica todos los procesos que se siguieron para la construcción de la cámara para controlar atmósferas agresivas, la obtención de la cámara final se inició realizando un estudio de los requerimientos mediante la metodología, que tiene como finalidad obtener la mejor alternativa de diseño de acuerdo a lo requerimientos del estudiante antes de su construcción, cuando se obtuvo la mejor opción se procedió a diseñar los planos del módulo y seleccionar los materiales que se deben utilizar para construir el mismo

El diseño del módulo se divide en 3 mecanismo, el primero es la estructura de la cámara y las puertas, el segundo en la caja porta probetas, y por último el mecanismo de control y automatización, en cuanto a la construcción primero se realizó el corte de los perfiles para la estructura de la mesa y los perfiles de para las puertas del mismo, luego se procedió a cortar las caras para realizar en cada cara una perforación de 2mm de diámetro, esta perforación se utilizó para sujetar cada varilla, las placas fueron mecanizados con sus respectivas mediadas, la medida de cada placa se obtuvo tomando en cuenta los diámetros internos de cada perforación y el diámetro externo del manguito de fijación que correspondía a cada placa la ilustración 4-1 muestra el flujograma del procedimiento de la construcción de la cámara para controlar atmósferas agresivas.

#### 4.2. Planificación de la construcción de la cámara.

En la ilustración 4-1 se detalla cada actividad según la fecha estipulada para ser completada cada una de las tareas y en anexo C se encuentra la planificación completa de su construcción.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES POR OBJETIVO	FECHA DE INICIO	FECHA FIN	ABR				MAY				JUN				JUL			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Establecer los requerimientos óptimos para la selección de materiales y componentes eléctricos.	Investigar sobre los materiales metálicos utilizados en el mercado para la construcción de cámaras.	03/04/2023	07/04/2023	X															
	Investigar sobre los materiales para el circuito de control y fuerza más utilizados en el mercado para la construcción de cámaras.	03/04/2023	07/04/2023	X															
	Recopilación de la información obtenida con relación a los materiales que existen el mercado.	10/04/2023	14/04/2023		X														
	Recopilación de la información obtenida de los materiales para el circuito de control y de fuerza.	17/04/2023	21/04/2023			X													
Analizar el costo de fabricación de la cámara para controlar atmósferas agresivas.	Recopilación de la información de datos decada encuesta realizada.	24/04/2023	28/04/2023				X												
	Estudio de costos para la fabricación de la cámara, con los diferentes materiales escogidos.	01/05/2023	05/05/2023				X												
Esquematizar la cámara para controlar atmósferas agresivas con ayuda del programa de elementos finitos.	Diseño de la parte mecánica de la cámara con los materiales antes escogidos.	08/05/2023	19/05/2023					X	X										
	Diseño del circuito de control y de fuerza que intervendrán en la cámara con los materiales antes escogidos.	22/05/2023	26/05/2023					X	X										
Simular la parte eléctrica de la cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos.	Simulación de trabajo mecánico de la cámara con ayuda de programas de elementos finitos.	05/06/2023	09/06/2023							X	X								
	Simulación del circuito de control y de fuerza de la cámara con ayuda de programas de elementos finitos.	12/06/2023	16/06/2023									X							

**Ilustración 4-1:** Planificación de diseño y construcción de la cámara.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 4.3. Resultados de la cámara para controlar atmósferas agresivas.

En este paso se describe los resultados obtenidos en las pruebas de estudios realizados en el laboratorio de Corrosión, los mismo que ayudarán para el análisis de la corrosión en los materiales industriales, a continuación, en las tablas 4-1, 4-2, 4-3 y 4-4 se logra visualizar los resultados numéricos obtenidos luego de realizar los ensayos correspondientes a cada una de las temperaturas que fueron expuestas las probetas.

**Tabla 4-1:** Valores con temperatura de histéresis de 3° C

	TEMP. SET (°C)	TEMP. HISTERESIS (°C)	TIEMPO ON/OFF (s)	TIEMPO DE MUESTRA (min)	TEMP. MAX (°C)	TEMP. MIN (°C)
0	50	3	5	1	59	22
65	50				59	22

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

**Tabla 4-2:** Valores con temperatura de histéresis de 5° C

	TEMP. SET (°C)	TEMP. HISTERESIS (°C)	TIEMPO ON/OFF (s)	TIEMPO DE MUESTRA (min)	TEMP. MAX (°C)	TEMP. MIN (°C)
0	50	5	5	1	60	24
63	50				60	24

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

**Tabla 4-3:** Valores con temperatura de histéresis de 5°C con probetas.

	TEMP. SET (°C)	TEMP. HISTERESIS (°C)	TIEMPO ON/OFF (s)	TIEMPO DE MUESTRA (min)	TEMP. MAX (°C)	TEMP. MIN (°C)
0	50	5	5	1	55	24
59	50				55	24

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

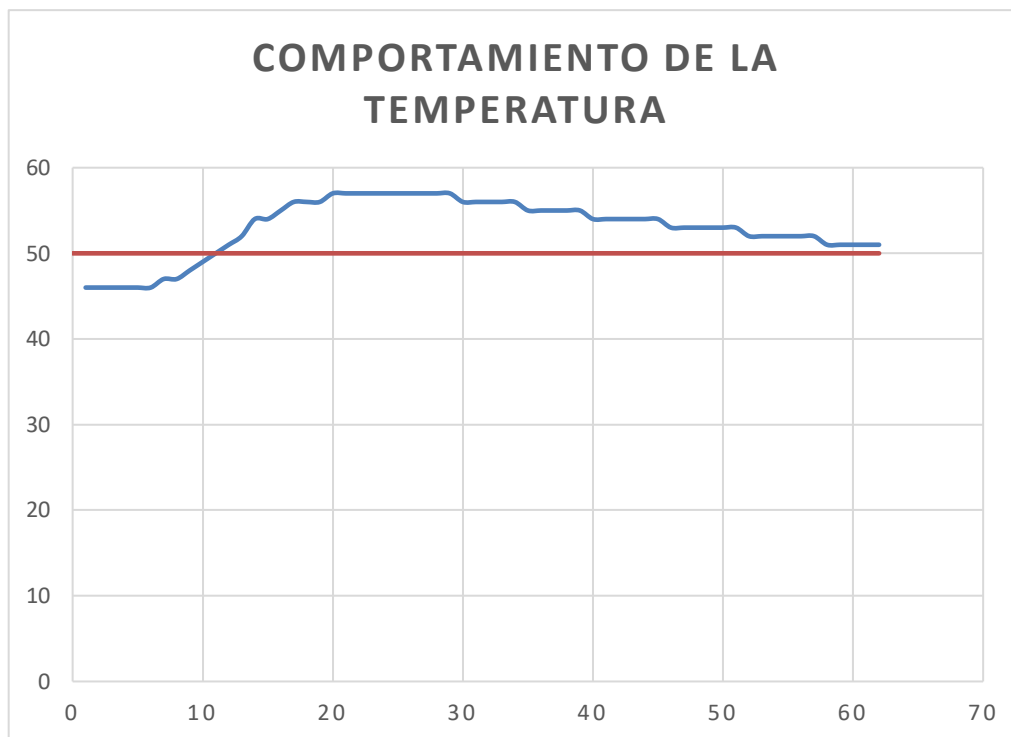
**Tabla 4-4:** Valores con temperatura de histéresis de 1°C con probetas.

	TEMP. SET (°C)	TEMP. HISTERESIS (°C)	TIEMPO ON/OFF (s)	TIEMPO DE MUESTRA (min)	TEMP. MAX (°C)	TEMP. MIN (°C)
0	50	1	5	1	57	46
62	50				57	46

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

En este punto se especifica el proceso de construcción de la cámara para controlar atmósferas agresivas, también se detalla los valores de temperatura a diferentes valores de histéresis, versus el tiempo, en la ilustración 4-2 se observa como es el comportamiento de la temperatura según transcurre el tiempo, en la ilustración antes mencionada se ve una curva la cual hace referencia a los valores de histéresis plasmados durante el ensayo con las diferentes temperaturas de ensayo, la curva de histéresis al transcurrir el tiempo debe estabilizarse y así la curva será una línea recta con respecto a la horizontal.





**Ilustración 4-2:** Grafica de Temperatura

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 4.3.1. *Análisis de resultados.*

En las prácticas realizadas para la validación del equipo, obtuvimos resultados muy parecidos como se esperaba al poner a prueba los mismos materiales que en la simulación a escala de laboratorio. Teniendo en cuenta que los materiales con menos afectación en cada prueba fueron el cobre y el aluminio con pérdidas.

En cambio, en los resultados obtenidos en el desarrollo de la técnica de la determinación del grado de corrosión por medio del método de pérdida de peso, la misma que se realizó juntamente con los estudiantes de octavo semestre de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial de la ESPOCH,

Los metales que presentaron mayor resistencia a la corrosión con condiciones de 35°C de temperatura y exposición por 15 días fue el cobre. Aun así, presentaron el óxido característico de cada metal: verde y negro respectivamente.

Al desarrollar la práctica con el equipo se pudo comprobar que la cámara funciona como una herramienta didáctica para despejar dudas y generar curiosidad en cuanto al tema de corrosión.

**Tabla 4-5:** Valores de prácticas.

ENSAYO	MUESTRA	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	PESO PERDIDO (gr)
SIMULACIÓN DEL EQUIPO	ACERO (AISI 1015)	30.30	29.04	1.26
	COBRE	27.44	27.16	0.28
	Aluminio	10.06	9.98	0.08
	Zinc	8.56	8.54	0.02

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

Si observamos los valores arrojados por las pruebas podemos analizar que a comparación de las muestras que se tomó en campo nos describen que son más exactas teniendo en cuenta que se lo hizo con 15 de días de exposición, a comparación que los otros datos fueron de 40 días. Por esta razón se obtuvieron resultados más exactos y en menor tiempo.



**Ilustración 4-3:** Variables controladas en el equipo.

Realizado por: (Guamán, D; Macas D, 2023)

#### 4.4. Componentes.

En la construcción de la cámara se empleó varios componentes para poder armar el equipo los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 4-6:** Requisitos para la construcción del equipo.

<b>SISTEMA/COMPONENTE</b>	<b>Tecnología/Equipo/Maquinaria.</b>
Soporte del equipo.	Suelda
Cuerpo de la cámara de exposición.	Vidrio templado claro Silicona gris para alta temperaturas
Tapa de la cámara de exposición.	Vidrio templado claro Silicona gris para alta temperaturas
Sistema de Calefacción de la cámara.	Resistencia tubular eléctrica 1500 W Conexiones eléctricas
Sistema de aireación.	Conexiones de agua.
Cubierta externa de la cámara.	Tol galvanizado Suelda Remachada Aislante térmico Taladro.
Sistema eléctrico y de control.	Automatización Panel de control
Soporte de especímenes de pruebas.	Varilla.
Unidad de mantenimiento del equipo.	Filtros de malla de plástico

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

**Tabla 4-7:** Requerimientos para el funcionamiento.

<b>NECESIDAD</b>	<b>MATERIAL</b>
Solución.	Agua Purificada
Placas de pruebas	Hierro, Aluminio, Acero, etc.
Protección contra la corrosión	Pinturas, recubrimientos, etc.

**Realizado por:** (Guamán, D; Macas D, 2023)

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones.

La investigación con relación a la corrosión en medios específicos ayudó a identificar cuáles serían nuestros parámetros para analizar y obtener datos similares a condiciones del medio laboral. Es así como el nivel de pH, humedad y temperatura son los principales requisitos para el diseño de la cámara de control de atmósferas agresivas. Principalmente, debemos empezar a establecer una temperatura estable normalmente se trabajará con 34°C para promover el estudio de la corrosión en nuestras placas de ensayos. Además, con un voltaje de 3 Voltios para garantizar la corrosión de estos.

Con la ayuda de softwares como Arduino, Solid Works se diseñó los planos que estará compuesto la cámara para controlar atmósferas agresivas, con la finalidad de garantizar condiciones.

Los materiales escogidos son aceros inoxidable de alta resistencia y durabilidad, acompañados con materiales de melamina, garantizando el estudio de graficas del comportamiento de temperaturas durante el proceso, que han arrojado datos alentadores sobre la eficiencia y calidad de nuestra cámara de corrosión. Este enfoque nos permite comprender mejor las situaciones que existen en el ámbito industrial. Utilizando este método podemos simular las condiciones climáticas que existen en el medio, y a la vez poder analizar cómo se da la corrosión a diferentes temperaturas de materiales seleccionados.

Se instaló una tarjeta de datos, para poder encender nuestra cámara para controlar atmósferas agresivas correspondientes a la determinación del grado de corrosión de un metal por el método de pérdida de peso, demostrando que la temperatura influye en el análisis de comparación de un material con recubrimiento y otro sin recubrir para el proceso corrosivo.

## **5.2 Recomendaciones.**

Contar con una correcta implementación de EPP para evitar lesiones o quemaduras al momento de examinar las muestras después de encender el equipo, teniendo en cuenta que el análisis de estas tiene como tiempo de estimación de 15 a 30 días por prueba, tiempo estimado para la obtención de resultados visibles para la comparación

Mejorar el diseño anterior con la finalidad de obtener otros datos como, el tiempo de corrosión. Además, pintar la estructura de metal con tintas especiales para evitar la presencia de agentes atmosféricos.

Manipular la cámara contando con placas de dimensiones mínimas como de 5 cm y un máximo de 9 cm, debido a que el diseño de la cámara no soporta otras medidas para muestras de estudio y análisis.

Se recomienda la implementación del plan de mantenimiento preventivo elaborado en el presente Proyecto Técnico que ayuda a disminuir las fallas y se debe ir actualizando las hojas de tareas de mantenimiento correctivas

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ALTER, Lluís Bilurbina y MESTRES, Francisco Liesa.** *Corrosión y protección.* Univ. Politèc. de Catalunya, 2004. ISBN 978-84-9880-060-9. Google-Books-ID: jMzAenR2UHkC.
2. **BALSECA, Darwin.** Diseño de un Sistema de Tratamiento Químico para el Control y Monitoreo de la Corrosión Interna en las Líneas de Gas de REPSOL YPF – SPF [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. 2012. [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1987>Accepted: 2012-07-16T19:59:40Z
3. **CABEZAS, Daniela del Rocío y MEJÍA, Enrique David.** Diseño y construcción de una cámara de envejecimiento acelerado para ensayos de corrosión en pinturas, recubrimientos y otros materiales [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. 2018. [Consulta: 18 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10506>Accepted: 2019-04-29T21:03:05Z
4. **CANO RODAS, José Ricardo.** *Efecto de la velocidad y ángulo de impacto en la resistencia a corrosión-erosión de aceros inoxidables recubiertos con TiN* [en línea]. Red Dyna, 2006. [Consulta: 6 noviembre 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/311>
5. **GONZALEZ, José A.** *Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión* [en línea]. España: Editorial CSIC - CSIC Press, 1984. [Consulta: 10 noviembre 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=mShw6d\\_su3oC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=mShw6d_su3oC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)Google-Books-ID: mShw6d\_su3oC
6. **GUANGAXI CASTILLO, P. del C.** Obtención de una base de datos de vibración, temperatura, energía y ultrasonido de la evolución de los modos de fallos en rodamientos [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Riobamba. 2022. [Consulta: 23 octubre 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16958>.

7. **ISO 14224:2016.** *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.*
8. **LAZARO ALEMÁN, W.E. y MANRIQUE GALDOS, F.Y.** Propuesta de una metodología para incrementar la productividad del proceso de abastecimiento para una empresa de construcción utilizando Building Information Modeling (BIM) y la herramienta Quality Function Deployment. En: Accepted: 2022-07-25T23:17:56Z, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)* [en línea], 2022. [Consulta: 7 noviembre 2022]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/660416>.
9. **LUCAS GRANADOS, Bianca, SÁNCHEZ TOVAR, Rita, GARCÍA ANTÓN, José y FERNANDÉZ DOMENE, Ramón Manuel.** *Corrosión* [en línea]. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2018. [Consulta: 12 octubre 2022]. ISBN 978-84-9048-728-0. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/57467>
10. **MERINO CASALS, Concepción.** *Aceros inoxidables* [en línea]. Dextra: Editorial, 2017. [Consulta: 6 noviembre 2022]. ISBN 978-84-16898-23-7. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/139749>
11. **MORCILLO LINARES, Manuel y LINARES, Manuel Morcillo.** *La corrosión atmosférica del acero al carbono en ambientes costeros* [en línea]. España: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2018. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISBN 978-84-00-10346-0. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esPOCH/41921>
12. **OLMEDO SÁNCHEZ-ÉLEZ, J.** *Generador automático de rodamientos en Solid Edge a partir de sus parámetros normalizados.* 2018.
13. **UNE-EN 60812:2018.** *Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas. Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE).*

14. **VÁZQUEZ, Marcela.** *La corrosión: el peor de los villanos cuando dominan los metales* [en línea]. Mar de Plata: Eudem, 2015. [Consulta: 18 octubre 2022]. ISBN 978-1-5129-1080-3. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/77021>
  
15. **VONG, Yunny Meas, GONZÁLEZ, Walter López, LÓPEZ, Patricia Rodríguez, MENDOZA, Javier Avila y LLONGUERAS, Loan Genescá.** "Tres métodos para evaluar una velocidad de corrosión". *Tecnología y ciencias del agua*, (1991), pp. 21-35.





# **ANEXOS**

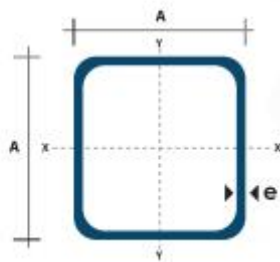
## ANEXO A: CATÁLOGO DE PERFILES DE ACERO CUADRADO DIPAC.



### TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

#### Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	I cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	8.48	1.91
60	2.0	3.68	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



[www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com)

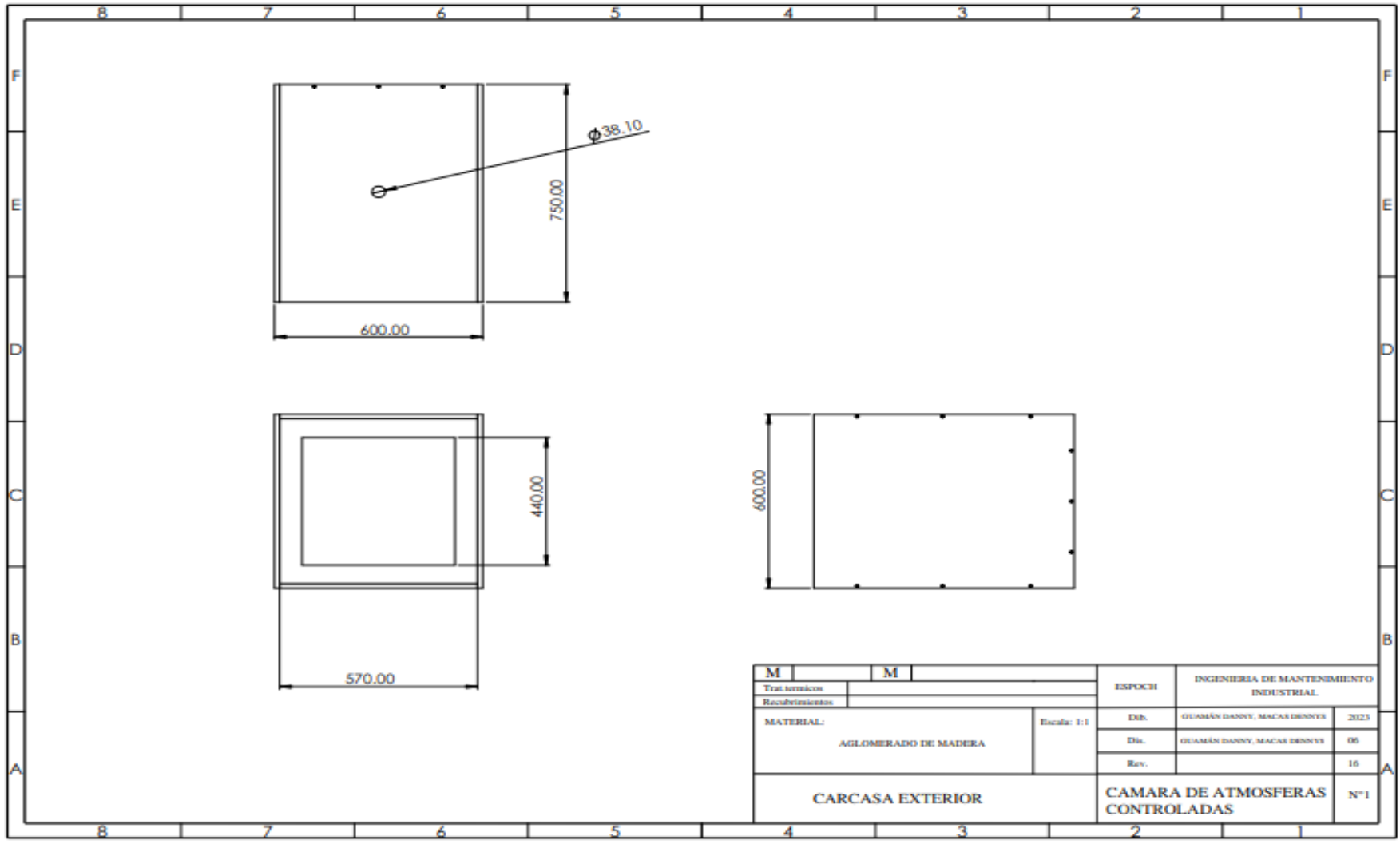
**ANEXO B: PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS.**

OBJETIVOS	ACTIVIDADES POR OBJETIVO	FECHA DE INICIO	FECHA FIN	ABR				MAY				JUN				JUL			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Establecer los requerimientos óptimos para la selección de materiales y componentes eléctricos.	Investigar sobre los materiales metálicos utilizados en el mercado para la construcción de cámaras.	03/04/2023	07/04/2023	X															
	Investigar sobre los materiales para el circuito de control y fuerza más utilizados en el mercado para la construcción de cámaras.	03/04/2023	07/04/2023		X														
	Recopilación de la información obtenida con relación a los materiales que existen en el mercado.	10/04/2023	14/04/2023			X													
	Recopilación de la información obtenida de los materiales para el circuito de control y de fuerza.	17/04/2023	21/04/2023				X												
Analizar el costo de fabricación de la cámara para controlar atmósferas agresivas.	Recopilación de la información de datos de cada encuesta realizada.	24/04/2023	28/04/2023					X											
	Estudio de costos para la fabricación de la cámara, con los diferentes materiales escogidos.	01/05/2023	05/05/2023					X											
Esquematar la cámara para controlar atmósferas agresivas con ayuda del programa de elementos finitos.	Diseño de la parte mecánica de la cámara con los materiales antes escogidos.	08/05/2023	19/05/2023						X	X									
	Diseño del circuito de control y de fuerza que intervendrán en la cámara con los materiales antes escogidos.	22/05/2023	26/05/2023							X	X								
Simular la parte eléctrica de la cámara para controlar atmósferas agresivas sobre materiales metálicos.	Simulación de trabajo mecánico de la cámara con ayuda de programas de elementos finitos.	05/06/2023	09/06/2023								X	X							
	Simulación del circuito de control y de fuerza de la cámara con ayuda de programas de elementos finitos.	12/06/2023	16/06/2023										X						

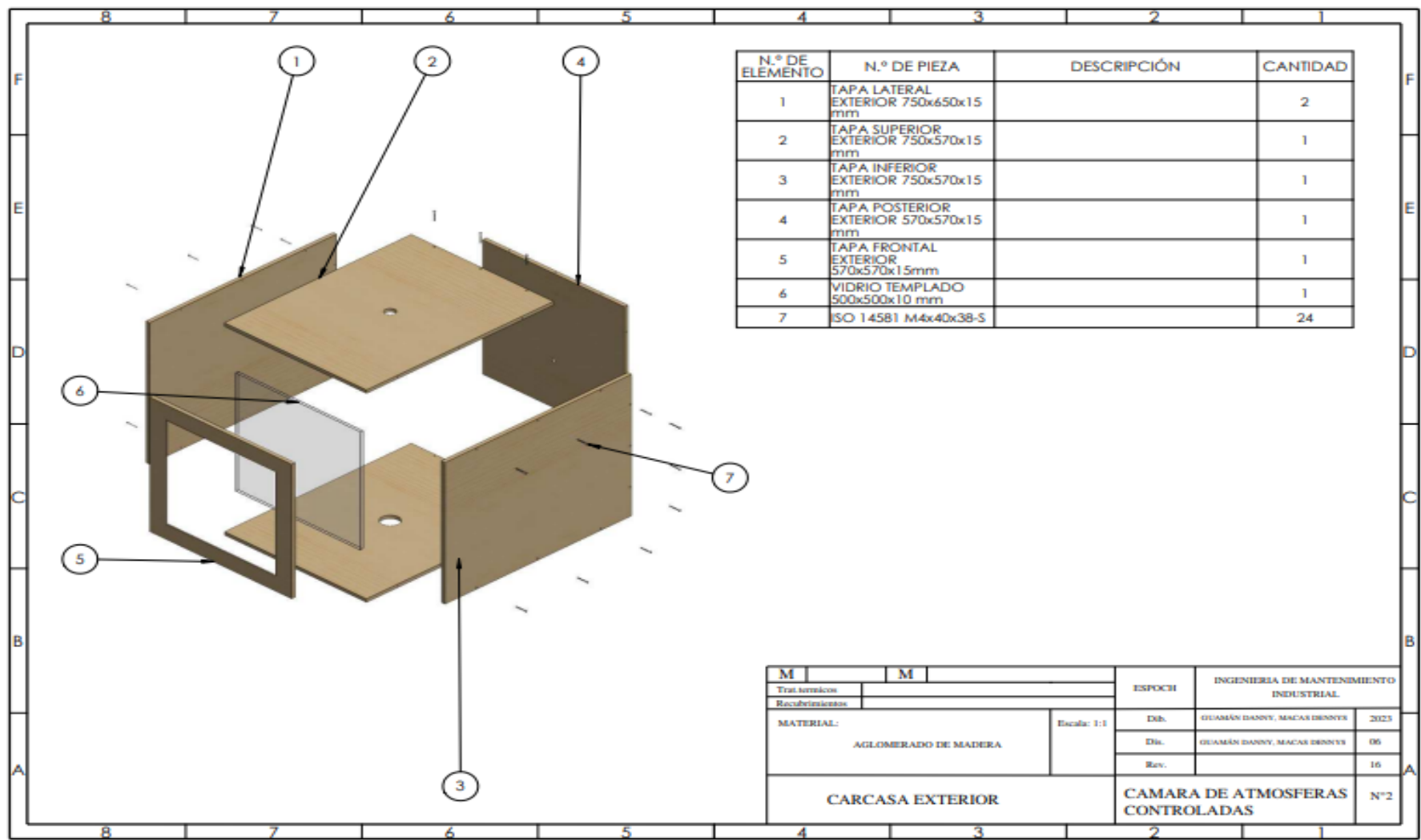
ANEXO C: PLANOS DE LA CÁMARA PARA CONTROLAR ATMÓSFERAS AGRESIVAS.

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TAPA LATERAL		2
2	TAPA POSTERIOR		1
3	TAPA SUPERIOR		2
4	TAPA LATERAL INTERNA		2
5	TAPA SUPERIOR INTERNA		2
6	TAPA FRONTAL		1
7	ESTRUCTURA DE SOPORTE		1
8	BANDEJA PORTA PROBETAS		1
9	TAPA VIDRIO INTERIOR		1
10	VARILLA DE SUJETACIÓN DE PROBETAS		9
11	VIDRIO TEMPLADO EXTERIOR		1
12	VIDRIO TEMPLADO INTERIOR		1
13	TAPA POSTERIOR INTERNA		1

M	M	ESPOCH	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamientos		Dib.	GUAMAN DANNY MACAS DENNIS	2023
Recubrimientos		Dra.	GUAMAN DANNY MACAS DENNIS	06
MATERIAL:	Escala: 1:1	Rev.	Ing. EDISSON CALDERÓN	16
			<b>CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS</b>	Nº 10

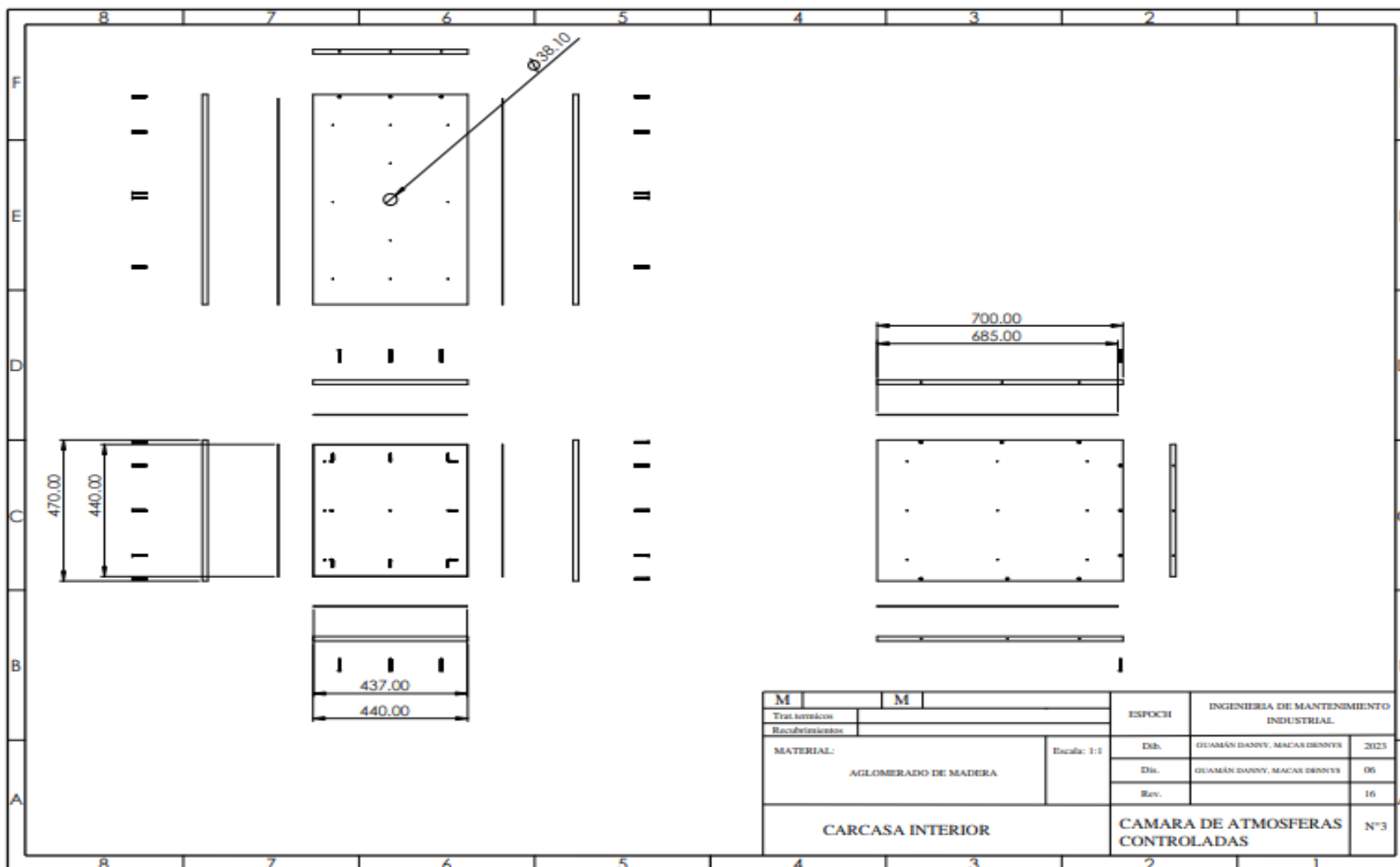


M	M	ESPOCHI	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Trasmitidos				
Recubrimientos				
MATERIAL:	Escala: 1:1	Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNY	2023
AGLOMERADO DE MADERA		Dic.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNY	06
		Rev.		16
CARCASA EXTERIOR		CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS		N°1

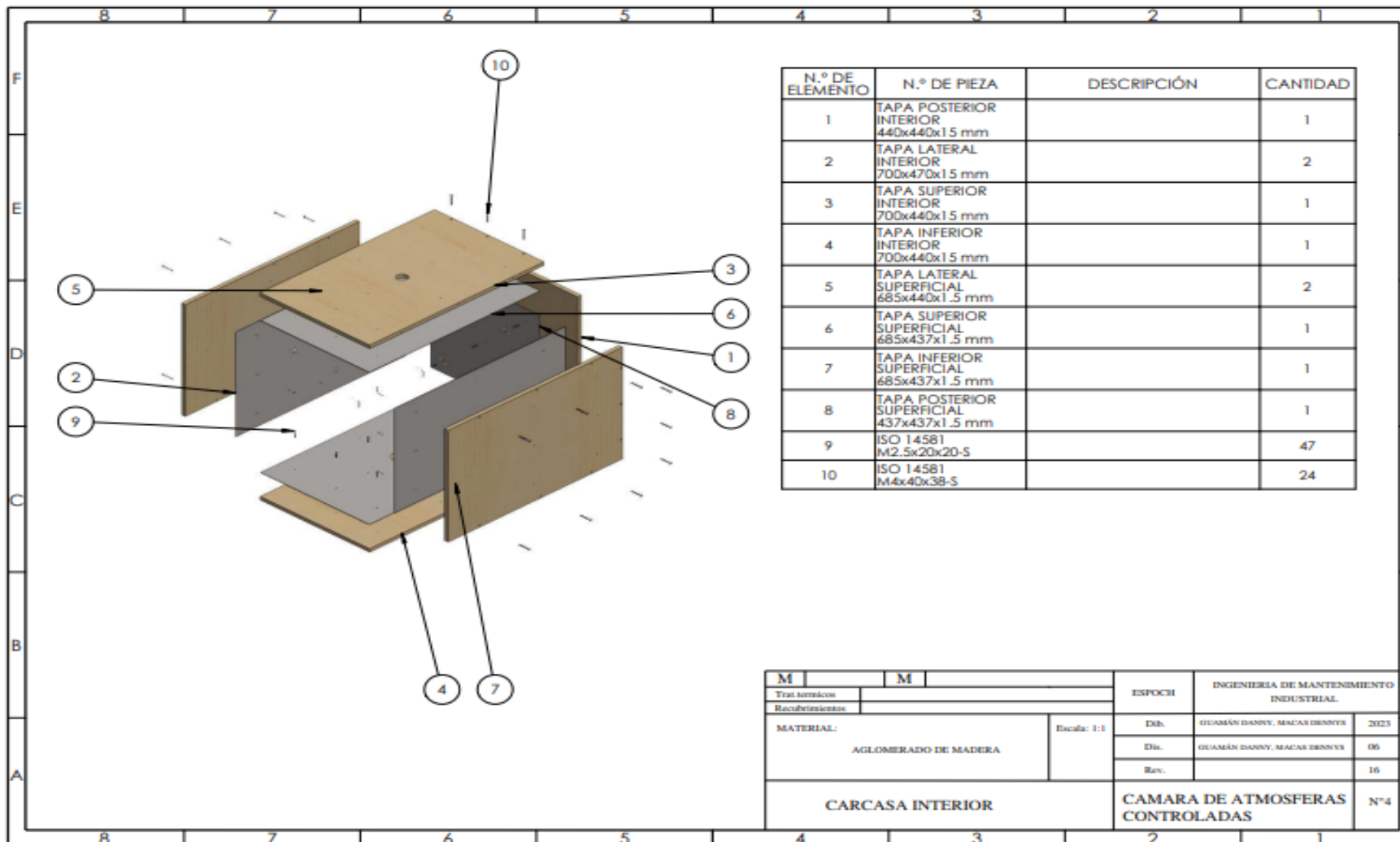


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TAPA LATERAL EXTERIOR 750x650x15 mm		2
2	TAPA SUPERIOR EXTERIOR 750x570x15 mm		1
3	TAPA INFERIOR EXTERIOR 750x570x15 mm		1
4	TAPA POSTERIOR EXTERIOR 570x570x15 mm		1
5	TAPA FRONTAL EXTERIOR 570x570x15mm		1
6	VIDRIO TEMPLADO 500x500x10 mm		1
7	ISO 14581 M4x40x38-S		24

M	M	ESPOCHI	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamiento				
Recubrimientos				
MATERIAL:	AGLOMERADO DE MADERA	Escala: 1:1	Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNIS 2023
			Dis.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNIS 06
			Rev.	16
CARCASA EXTERIOR			CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS N°2	



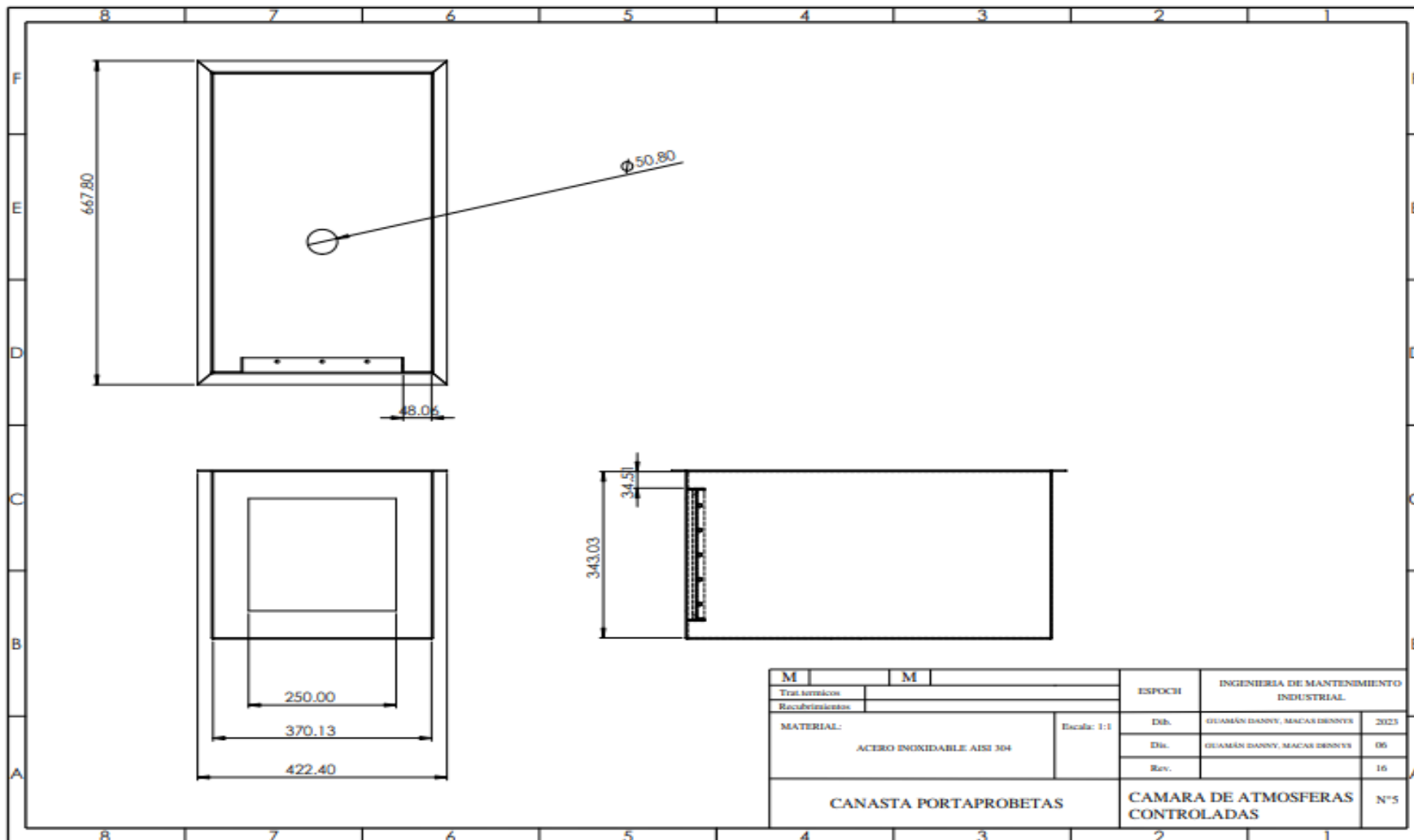
M	M	ESPOCH	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamientos		Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNY	2023
Recubrimientos		Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNY	06
MATERIAL:	Escala: 1:1	Rev.		16
AGLOMERADO DE MADERA		CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS		N°3



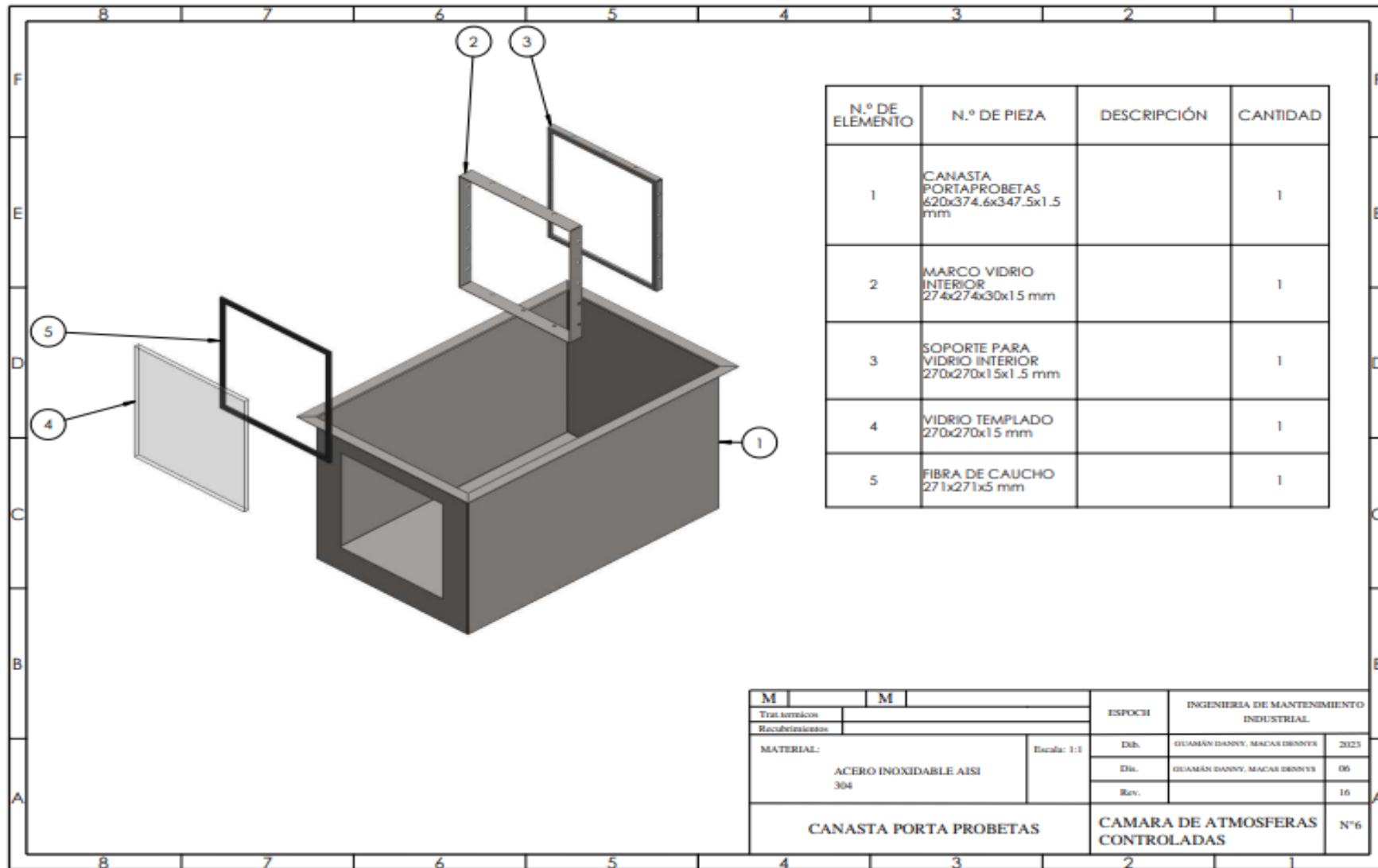
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	TAPA POSTERIOR INTERIOR 440x440x1.5 mm		1
2	TAPA LATERAL INTERIOR 700x470x1.5 mm		2
3	TAPA SUPERIOR INTERIOR 700x440x1.5 mm		1
4	TAPA INFERIOR INTERIOR 700x440x1.5 mm		1
5	TAPA LATERAL SUPERFICIAL 685x440x1.5 mm		2
6	TAPA SUPERIOR SUPERFICIAL 685x437x1.5 mm		1
7	TAPA INFERIOR SUPERFICIAL 685x437x1.5 mm		1
8	TAPA POSTERIOR SUPERFICIAL 437x437x1.5 mm		1
9	ISO 14581 M2.5x20x20-S		47
10	ISO 14581 M4x40x38-S		24

M	M	ESPOCHI	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamientos				
Recubrimientos				
MATERIAL:	AGLOMERADO DE MADERA	Escala: 1:1	Dis.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNIS 2023
			Dis.	GUAMÁN DANNY, MACAS DENNIS 06
			Rev.	16
<b>CARCASA INTERIOR</b>		<b>CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS</b>		Nº4



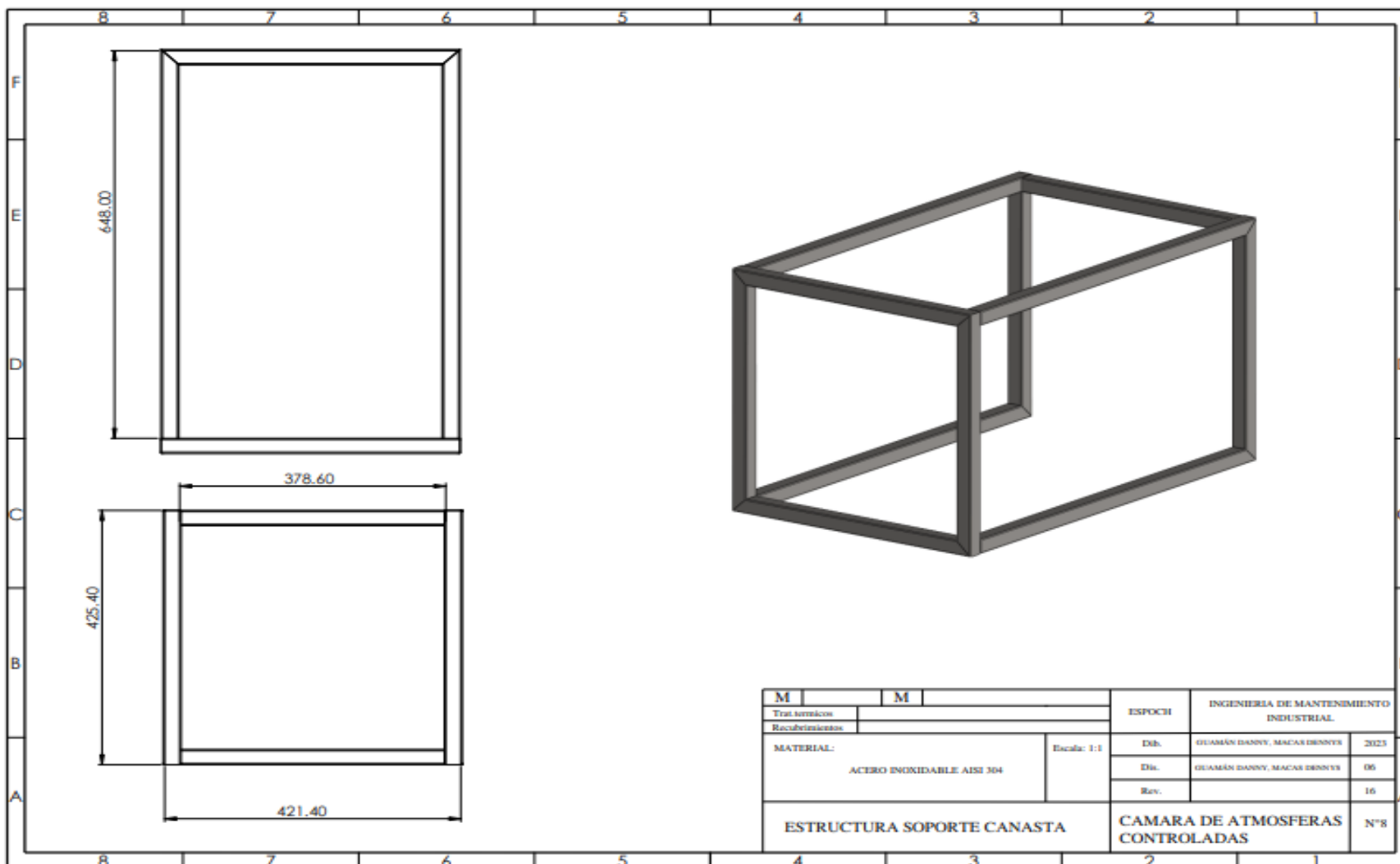


M		M		ESPOCH		INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamientos				Dib.		GUAMÁN DANNY, MACAR DENNY 2023	
Recubrimientos				Dib.		GUAMÁN DANNY, MACAR DENNY 06	
MATERIAL:			Escala: 1:1		Rev.		16
ACERO INOXIDABLE AISI 304							
CANASTA PORTAPROBETAS				CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS			N°5

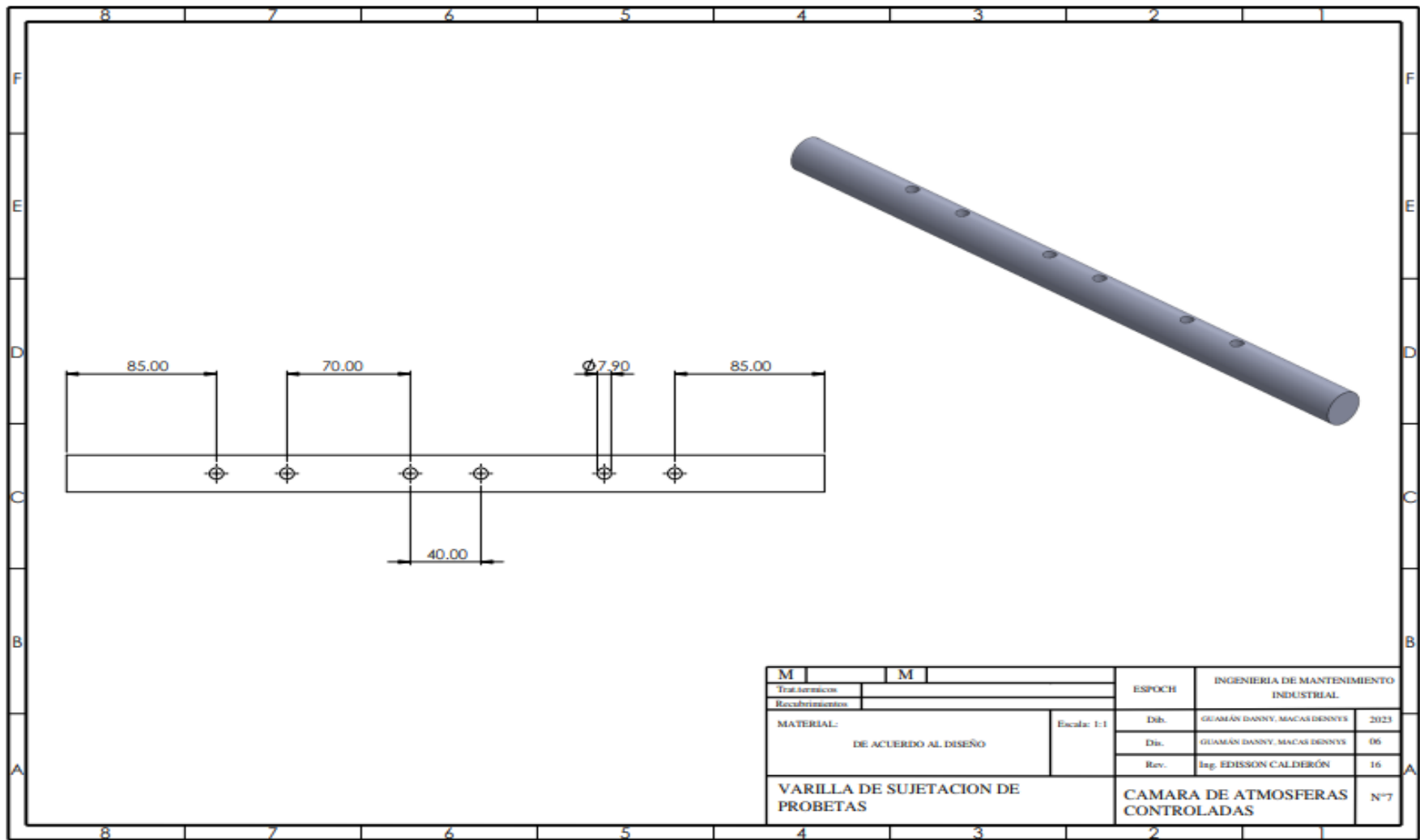


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CANASTA PORTAPROBETAS 620x374.6x347.5x1.5 mm		1
2	MARCO VIDRIO INTERIOR 274x274x30x1.5 mm		1
3	SOPORTE PARA VIDRIO INTERIOR 270x270x15x1.5 mm		1
4	VIDRIO TEMPLADO 270x270x1.5 mm		1
5	FIBRA DE CAUCHO 271x271x5 mm		1

M	M	ESPOCH	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamientos				
Recubrimientos				
MATERIAL:		Escala: 1:1	Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DRENTS 2023
ACERO INOXIDABLE AISI 304			Dib.	GUAMÁN DANNY, MACAS DRENTS 06
			Rev.	16
CANASTA PORTA PROBETAS		CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS		Nº6



<b>M</b>		<b>M</b>		ESPOCH		INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Trazos		Recubrimientos		Dib.		GUAMAN DANNY, MACAS DENNY	
MATERIAL:		Escala: 1:1		Dib.		GUAMAN DANNY, MACAS DENNY	
ACERO INOXIDABLE AISI 304				Rev.		16	
ESTRUCTURA SOPORTE CANASTA				CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS		N°8	





M	M	ESPOCH	INGENIERIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	
Tratamiento		Dib.	GUAMAN DANNY, MACAS DENNY	2023
Recubrimientos		Dis.	GUAMAN DANNY, MACAS DENNY	06
MATERIAL:	DE ACUERDO AL DISEÑO	Rev.	Ing. EDISSON CALDERÓN	16
VARILLA DE SUJETACION DE PROBETAS		CAMARA DE ATMOSFERAS CONTROLADAS		Nº7



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 26/ 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> DANNY STALYN GUAMÁN TOGLLA DENNYS FERNANDO MACAS VILLA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> MECÁNICA
<b>Carrera:</b> MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
 Ing. Luis Carlos Hidalgo Viteri <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>  Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>