



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg  
para mejorar el proceso de producción del café  
Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San  
Ignacio - Cajamarca**

Presentado Por:

**Bach. Percy Smith Meléndez Larreatigue**

Asesor:

**Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## TESIS

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg  
para mejorar el proceso de producción del café  
Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San  
Ignacio - Cajamarca**

Presentado Por:

**Bach. Percy Smith Meléndez Larreatigue**

Aprobado por el Jurado Examinador

**PRESIDENTE: Dr. Daniel Carranza Montenegro**  
**SECRETARIO: Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra**  
**VOCAL: Ing. Héctor Antonio Oviden Núñez**  
**ASESOR: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**

**Lambayeque – Perú**

**2024**



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA



TESIS ORDINARIA

# TESIS

## TÍTULO

“Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio – Cajamarca”

## CONTENIDOS

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

AUTOR: Bach. Percy Smith Meléndez Larreatigue

Dr. Daniel Carranza Montenegro  
Presidente

Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra  
Secretario

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez  
Vocal

Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera  
Asesor

Lambayeque – Perú

2024

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi padres y hermanos,  
por su amor, apoyo y aliento en todo momento.  
Gracias por ser fuente de motivación y  
enseñarme a seguir mis sueños. Este logro no  
hubiera sido posible sin su constante apoyo.*

## AGRADECIMIENTO

*En un principio, darle el primer lugar al Dios Todopoderoso, que me ha brindado su guía en una de las etapas más especiales de mi caminar, además de otorgarme inteligencia y sabiduría para lograr mi propósito. También, necesito darle una muestra de agradecimiento para aquellos personajes que fueron y siguen siendo importantes para poder seguir creciendo profesionalmente, a mis familiares y a todos los maestros, por compartirme sus experiencias y conocimiento.*

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio - Cajamarca. La investigación fue aplicada, diseño no experimental y de enfoque cuantitativo. El proceso de fermentado de café lleva un total de 42 horas para ser llevado a cabo, con una capacidad de 500 kg por jornada de trabajo. Los componentes y elementos electromecánicos que conforman la máquina fermentadora fueron necesarios dos resistencias eléctricas de 3,5 kW cada una, una cámara fermentadora hexagonal con 0,65 m de lado regular y 1,50 m de largo, un interruptor termomagnético de 2x50A, cable NHX-90 de 10 mm<sup>2</sup>, 10 depósitos de 50 kg de café cada uno, estructura de soporte, tapa para la máquina fermentadora, empleando acero 316 para su fabricación y Arduino Uno con los sensores necesarios. La simulación realizada con software CAD/CAE brindó un factor de seguridad mínimo de 6,619 para la cámara fermentadora, 5,944 para el depósito de café y 2,508 para el soporte de la máquina fermentadora. La producción se duplicó, pasando de 42 horas a 21 horas, obteniéndose una inversión de S/. 19157,42, VAN de S/. 95143,51, TIR de 107,81% y Payback de un poco menos de 12 meses, demostrando que el proyecto es altamente rentable y atractivo.

**Palabras clave:** Máquina fermentadora, diseño mecánico, producción de café.

## ABSTRACT

The objective of this research was to design a 500 kg fermentation machine to improve the production process of Billazarche coffee in the Gran Mirador Café company, San Ignacio - Cajamarca. The research was applied, non-experimental design and quantitative approach. The coffee fermentation process takes a total of 42 hours to be carried out, with a capacity of 500 kg per work day. The components and electromechanical elements that make up the fermentation machine were necessary: two electrical resistances of 3,5 kW each, a hexagonal fermentation chamber with 0,65 m regular side and 1,50 m long, a 2x50A thermomagnetic switch, 10 mm<sup>2</sup> NHX-90 cable, 10 tanks of 50 kg of coffee each, support structure, lid for the fermentation machine, using 316 steels for its manufacture and Arduino Uno with the necessary sensors. The simulation carried out with CAD/CAE software provided a minimum safety factor of 6,619 for the fermenter chamber, 5,944 for the coffee tank and 2,508 for the fermenter machine support. Production doubled, going from 42 hours to 21 hours, obtaining an investment of S/. 19157,42, NPV of S/. 95143,51, IRR of 107,81% and Payback of a little less than 12 months, demonstrating that the project is highly profitable and attractive.

**Keywords:** Fermentation machine, mechanical design, coffee production.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Realidad problemática.....	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.3. Delimitación de la investigación .....	4
1.4. Justificación e importancia .....	4
1.4.1. Justificación económica.....	4
1.4.2. Justificación Científica .....	4
1.4.3. Justificación Ambiental .....	4
1.4.4. Justificación Social .....	5
1.5. Limitaciones .....	5
1.6. Objetivos .....	5
1.6.1. Objetivo General.....	5
1.6.2. Objetivos Específicos .....	5
Capítulo II : MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Base Teórica .....	10
2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.....	19
Capítulo III : MARCO METODOLÓGICO .....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	22
3.2. Población y muestra.....	23
3.3. Hipótesis .....	23
3.4. Variables – Operacionalización.....	23

3.5. Métodos y técnicas de investigación.....	26
3.5.1. Métodos de investigación .....	26
3.5.2. Técnicas de investigación.....	26
3.6. Descripción de los instrumentos utilizados.....	27
3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos .....	27
Capítulo IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	29
Capítulo V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	31
5.1. Resultados .....	31
5.1.1. Situación actual del proceso de producción del café Billazarche .....	31
5.1.2. Dimensionamiento de la máquina fermentadora de café.....	54
5.1.3. Modelado de los elementos de máquina con SolidWorks .....	67
5.1.4. Estimación de mejora en la producción e indicadores de rentabilidad	
88	
5.2. Discusión de resultados .....	93
Capítulo VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
6.1. Conclusiones.....	95
6.2. Recomendaciones.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
ANEXOS .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de Operacionalización de variables .....	25
Tabla 2. Temperatura máxima, promedio y mínima durante un año para San Ignacio.....	55
Tabla 3. Presupuesto de la propuesta de diseño de una máquina fermentadora de 500 kg de capacidad. ....	89
Tabla 4. Ingresos y egresos para analizar la rentabilidad de la máquina fermentadora.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de café. ....	11
Figura 2. Variedades de café. ....	11
Figura 3. Visualización de la cámara de calentamiento óhmico. ....	14
Figura 4. Diseño esquemático eléctrico del calentamiento óhmico. ....	15
Figura 5. Procesos bioquímicos ocurridos durante el proceso de fermentado de café. ....	16
Figura 6. Elementos que se relacionan en el fermentado de café. ....	17
Figura 7. Ejemplo de un germinador para café. ....	32
Figura 8. Almácigo empleado para el café. ....	33
Figura 9. Acondicionamiento del suelo y plantación. ....	36
Figura 10. Manejo de arvenses para el café. ....	37
Figura 11. Sombrío empleado para el proceso de producción de café Billazarche. ....	43
Figura 12. Proceso de fertilización del café. ....	44
Figura 13. Control de plagas en el proceso del café. ....	47
Figura 14. Manejo de enfermedades en el proceso del café. ....	48
Figura 15. Conservación de suelos y aguas para el proceso del café. ....	50
Figura 16. Beneficios ecológicos del café. ....	53
Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas promedio en San Ignacio-Cajamarca. ....	54
Figura 18. Medidas para la cámara fermentadora de café. ....	57
Figura 19. Carga distribuida actuante en la estructura de soporte. ....	63
Figura 20. Diagrama de cortante y momento flexionante además de las fuerzas en los apoyos de la estructura soporte. ....	65
Figura 21. Tensiones de Von Mises generadas en el depósito fermentador de 500 kg. ....	69

Figura 22. Deformaciones generadas en el depósito fermentador de 500 kg. ....	70
Figura 23. Factores de seguridad generados en el depósito fermentador de 500 kg. .....	71
Figura 24. Tensiones de Von Mises generadas en el depósito de 50 kg de café.	73
Figura 25. Deformaciones generadas en el depósito de 50 kg de café.....	74
Figura 26. Factores de seguridad generados en el depósito de 50 kg de café. ...	75
Figura 27. Tensiones de Von Mises generadas en el soporte de la máquina fermentadora.....	77
Figura 28. Deformaciones generadas en el soporte de la máquina fermentadora. .....	78
Figura 29. Factores de seguridad generados en el soporte de la máquina fermentadora.....	79
Figura 30. Modelado de fermentador o caja fermentadora. ....	81
Figura 31. Modelado de tapa para fermentador. ....	82
Figura 32. Modelado de depósito de 50 kg para fermentador.....	83
Figura 33. Modelado de resistencia de 3,5 kW para fermentador.....	84
Figura 34. Modelado de estructura de soporte para fermentador. ....	85
Figura 35. Vistas del ensamblaje de la máquina fermentadora de café. ....	86
Figura 36. Vista isométrica del ensamblaje de la máquina fermentadora de café.	87

## INTRODUCCIÓN

En la pintoresca localidad de San Ignacio, se encuentra la empresa Gran Mirador Café, conocida debido a que está comprometida con la superioridad y costumbres en la producción de café. En este escenario de ricas tradiciones cafetaleras, surge la necesidad de innovar y mejorar el proceso de producción del café Billazarche, una variedad emblemática de la región que ha cautivado los paladares más exigentes por su sabor distintivo y su aroma inconfundible.

El café Billazarche, cultivado en las fértiles tierras de San Ignacio, se distingue por su proceso de fermentación cuidadosamente controlado, que contribuye significativamente a su perfil de sabor único. Con el fin de preservar y mejorar esta calidad distintiva, la empresa Gran Mirador Café ha emprendido el desafío de diseñar una máquina fermentadora de 500 kg, adaptada a las necesidades específicas de su producción y a las condiciones climáticas. Esta iniciativa busca no solo optimizar la eficiencia y la consistencia del proceso de fermentación, sino también garantizar que se pueda producir de forma sostenible social y ambientalmente el café en San Ignacio. La implementación de una máquina fermentadora adecuada permitirá a Gran Mirador Café mantener y fortalecer su posición como referente de calidad en el mercado del café especial.

En este contexto, el presente proyecto de diseño de una máquina fermentadora de 500 kg representa un paso crucial hacia la mejora continua y la excelencia en la producción de café Billazarche. A través de una cuidadosa investigación y colaboración con expertos en ingeniería, agronomía y procesamiento de alimentos, se desarrolló una solución innovadora y efectiva que responda a las necesidades

específicas de Gran Mirador Café y contribuya al crecimiento y desarrollo sostenible de la industria cafetalera en San Ignacio, Cajamarca.

## CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El café se consume como bebida cotidiana en todo el mundo (Peshev et al., 2018). Las tendencias generales del consumo muestran que la demanda de café alrededor del mundo tiene una tendencia creciente continua a un ritmo de 2,20% por año (Lin et al., 2022).

Se dice que el café viene a ser una de las bebidas con más popularidad en el mundo, además de un producto agrícola valioso que se produce en más de 170 países, empleando para su procesado alrededor de 25 millones de habitantes alrededor del planeta (Rodrigues y Florencio, 2020). Además, de poseer múltiples beneficios para la salud, como propiedades antibióticas, antiinflamatorias, hepatoprotectoras, antioxidantes y estimulantes (Janissen & Huynh, 2018). Adicionalmente, su agradable sensación de sabor, compuesta por una combinación equilibrada de amargor, acidez, sabor a nuez y astringencia, hace del café una bebida única (Cheng et al., 2016).

En el norte del Perú, el tiempo del proceso de fermentación para el café puede variar de entre 9 a 48 horas, debido a que los productores de café no emplean procesos estandarizados, lo que genera una variedad en la calidad del café (Pérez et al., 2023).

En consideración a lo expuesto respecto al café, es que nació el presente estudio, para realizar el diseño de una máquina fermentadora de 500 kg que permita mejorar el proceso de producción del café Billazarche, reduciendo el tiempo de fermentado para mejorar la producción en la empresa Gran Mirador Café, ubicada en San Ignacio, departamento de Cajamarca.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera se mejora el proceso de producción del café Billazarche mediante el diseño de una máquina fermentadora de 500 kg en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio - Cajamarca?

## **1.3. Delimitación de la investigación**

Se delimitó al diseño de una máquina fermentadora de 500 kg de capacidad, de forma exclusiva para la empresa Gran Mirador Café, ubicada en la localidad San Ignacio, departamento de Cajamarca.

## **1.4. Justificación e importancia**

### **1.4.1. Justificación económica**

Con el diseño de una máquina fermentadora de café se obtiene una mejora en la eficiencia del proceso de producción, reduciendo costos operativos, incrementando la productividad y mejorando la competitividad en el mercado.

### **1.4.2. Justificación Científica**

Se basó en la comprensión de los principios científicos que respaldan el proceso de fermentado de café y cómo un diseño mejorado permitió el aprovechamiento de tales principios para la obtención de resultados óptimos.

### **1.4.3. Justificación Ambiental**

Trae beneficios ambientales significativos, ya que se reduce la cantidad de desperdicio generado, minimizando el consumo de recursos, disminuyendo la huella de carbono y promoviendo prácticas sostenibles en

la industria del café. Aunque, no solamente trae beneficios ambientales, adicionalmente permite generar mejora en el ámbito social de la organización y su posición en el mercado como un actor comprometido con la sostenibilidad.

#### **1.4.4. Justificación Social**

Genera un impacto social positivo, ya que se mejoran las condiciones laborales, fomentando la inclusión y equidad, impulsando el desarrollo de comunidades locales y fortaleciendo la cadena de suministro del café. Estos beneficios sociales pueden contribuir a una industria del café más sostenible y responsable socialmente, logrando mejorar la superioridad de vida de los trabajadores involucradas en su producción y comercialización.

#### **1.5. Limitaciones**

Con relación a las limitaciones, una de ellas fue encontrar información detallada de cómo realizar el diseño de la máquina fermentadora, más que todo para el cálculo, pero gracias a una búsqueda minuciosa en distintas bibliografías, se logró el objetivo planteado.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. Objetivo General**

Diseñar una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio - Cajamarca.

##### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Describir la situación actual del proceso de producción del café Billazarche

en la empresa Gran Mirador Café.

- b) Dimensionar los elementos de máquina y componentes electromecánicos para la máquina fermentadora.
- c) Modelar los elementos de máquina y estimar los esfuerzos además del factor de seguridad de la máquina fermentadora, y elaborar los planos y láminas de detalle.
- d) Estimar la mejora en la producción y los indicadores de rentabilidad económica del diseño de la máquina fermentadora.

## CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

#### Contexto Internacional

En el ámbito internacional, se tuvo la investigación realizada en Indonesia, desarrollada por Sagita et al. (2022) planteando como objetivo investigar el patrón de calentamiento y la generación de calor de la fermentación del café en un sistema de calentamiento óhmico. Investigaron el efecto del gradiente de voltaje (VG) y la capacidad del proceso respecto al patrón del calentamiento y los requerimientos energéticos en el proceso de acondicionamiento de la temperatura mediante el calentamiento óhmico para el proceso de fermentado del café. Tomaron como variables independientes tres niveles de VG (8, 12 y 16 V/cm) y capacidad del lote (50, 75 y 100 g) utilizando un diseño factorial completo. Los resultados demostraron que se recomendaba una fermentación de café de alta capacidad para un SEC bajo y una alta eficiencia (mínima pérdida de calor). La conductividad eléctrica (CE) de los granos de café también se estudió durante la prueba donde la VG afectó la CE de los granos de café, además la CE final a 37 °C siempre se mostró significativamente más alta (valor  $p < 0,05$ ) que la CE inicial a 25-27 °C para todas las variaciones de VG. Además, se encontró que los modelos matemáticos establecidos eran aptos para estimar la cantidad de corriente eléctrica y el requerimiento de potencia con  $R^2 > 0,97$ .

Se desarrolló una investigación en Santiago de Cali – Colombia, realizada por Plazas (2022) planteando como objetivo desarrollar un sistema de monitoreo inteligente para el proceso de fermentado del café que facilite al caficultor la

producción de distintos perfiles de café. Dicho estudio permitió mejorar la competitividad de las familias generadoras mediante la estandarización de los procesos de producción del café y con ello brindar un valor agregado a sus productos.

En Colombia, Pérez & Osso (2021) en su estudio plantearon como objetivo analizar la calidad en taza y el factor de rendimiento de las diferentes variedades de café Castillo y Bourbon, considerando las mismas condiciones de fermentado. El proyecto se desarrolló en la finca La Primavera y para estimar el efecto del fermentado en la calidad de taza se cosechó los frutos maduros en cada lote, siendo antes despulpados y sometidos a un proceso de fermentado de 35 horas. Luego, dicha muestra fue secada en condiciones ambientales, y posteriormente ser evaluados, determinando el factor de producción (calidad física de los granos) y calidad de taza (análisis sensorial). En ambos análisis, alcanzaron 90 puntos en factor de producción. En tanto a la calidad, la variedad Castillo obtuvo 85 puntos y la calidad Bourbon obtuvo 85,5 puntos. Evidenciando que el proceso de fermentado potencializa las características organolépticas de dichas variedades.

### **Contexto Nacional**

En Chanchamayo, Contreras et al. (2023) en su estudio diseñaron y prototiparon un mecanismo para fermentado de café que permitan mejoras en las propiedades organolépticas variedad Catimor. Dicho diseño permitió aumentar el precio y valor en el extranjero, siendo uno con la mejor calidad a nivel mundial, de esta manera, se mejoraron los beneficios económicos para las organizaciones que se dedican a la caficultura. Se redujo el tiempo de

fermentado de 24 a 12 horas y mejoró sus características sensoriales que se notan al momento de degustarlo. Emplearon una metodología adaptada a la normativa alemana VDI2221 con 5 fases, permitiendo comprender mejor los pasos a seguir para concluir con el diseño propuesto. El prototipo logró incrementar y añadir aromas frutales al grano de café. Además, logró aumentar en 5,25 puntos llegando a completar los objetivos establecidos, lo que evidentemente, mejoró el precio en el mercado nacional e internacional.

En la investigación realizada por Carbajal et al. (2022), diseñaron un dispositivo para el fermentado smart con tecnología de fermentación controlada para estandarizar el proceso de fermentación de café. Emplearon un diseño descriptivo comparativo con enfoque basado para desarrollo tecnológico que fue dividido en 4 etapas para su construcción y para su validación, hicieron uso de 150 kg batch de grado de café fresco ya despulpado. Lograron construir un prototipo que, por medio de un protocolo fermentador de manera controlada y eficiente, se obtuvo 84 puntos en el café, en la escala SCAA de valoración y controlar la temperatura permitió el equilibrio de los procesos bioquímicos que se vio reflejado en la puntuación de tazas en las características de los sabores, aromas uniformes y perfiles suaves.

Se encontró la investigación realizada en Chachapoyas, elaborada por Sánchez (2018) planteando como objetivo evaluar el efecto de adicionar levadura (*Saccharomyces* sp) y el tiempo de fermentado de café (*Coffea Arabica*). Emplearon un diseño factorial 3A x 3B, siendo A el tiempo de fermentado (4, 8 y 12 h) y B la dosis de levadura (20, 40 y 60 mL). De acuerdo

con la prueba Friedman, la diferencia es nula entre los distintos tratamientos, aunque del análisis sensorial se identificó un perfil destacado con notas de "mucho caña, frutos secos, ciruelas, manzana roja y frambuesa", logrado mediante la fermentación con la adición de 60 mL de *Saccharomyces* sp durante 12 horas (Tratamiento 9). Este perfil presentó en café almendra un 13,8% de humedad y eficiencia del 74%. En el café tostado, las características fisicoquímicas incluyeron un 3,68% de humedad, 3,55% de ceniza, 7,85% de extracto etéreo, 21,29% de fibra cruda, 16,41% de proteína, 47,21% de extracto libre de nitrógeno, un pH de 5,01 y una energía bruta de 5,794 MJ/kg; logrando concluir que si existe una diferencia significativa y positiva respecto a la calidad del café.

### **Contexto Local**

No se encontraron investigaciones en este contexto.

## **2.2. Base Teórica**

### **Café**

El origen del café se dio en África, en distintos lugares y climas. Al ser un grupo botánico, existen más de un centenar de especies de una gran familia que pertenecen al género *Coffea*. Dependiendo de la región y clima de origen, hubo un desarrollo distinto de tipos de cafetos, que poseen diferentes propiedades genéticas como porte, forma de la planta, color de la fruta, tamaño, resistencia, tolerancia frente a plagas, sabor, productividad, adaptabilidad, entre otras características (Velásquez, 2019).

De la cosecha de café, se obtienen granos que representan la materia prima que permiten elaborar bebidas deliciosas. La especie y variedad a la cual pertenece puede determinar la manera como debe ser tostado, dependiendo

del tamaño del grano y otras características, teniendo influencia en el sabor al final que se puede obtener en la taza (Rumayor, 2021).

Figura 1. *Planta de café.*



Fuente: (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2020).

Existen variedades de café como Typica, Bourbon, Caturra, Maragogipe, Geisha, Catuai, Timor, Catimor, Sarchimores, Billazarche, entre otros.

Figura 2. *Variedades de café.*



Fuente: (Rumayor, 2021).

### **Propiedades nutricionales del café**

De acuerdo con Garrido (2015), el café posee las siguientes propiedades nutricionales:

- Energética: Una taza puede contener hasta 2 kCal de energía.
- Minerales: Una taza puede contener entre 40 a 80 mg de potasio, representando entre el 1 a 2% de su consumo diario. También posee magnesio en una cantidad de 24 mg, sodio con 1 mg, calcio con 2 mg, hierro con 0,1 mg y fósforo con 4 mg.
- Vitaminas: Posee vitamina B1, B2, B5, vitamina C y E, al tostarlo las pierde. Aunque, se obtiene niacina al momento de ser calentado, un tipo de vitamina B.
- Fibra: En su contenido se puede encontrar polisacáridos que no son digeribles, pero son considerados fibra dietética. La cantidad tiene una variación de 0,14 hasta 0,65 g por cada 0,100 L, logrando ser superior en algunas especies que otras.
- Antioxidantes: Se debe tostar de forma mediana al café para obtener la máxima actividad de antioxidante. El extracto de café Robusta posee un porcentaje mayor de antioxidante que el café Arábica.
- Cafeína: Una taza de café puede contener entre 50 a 100 mg, que representa una sustancia estimulante para el sistema nervioso central y un excelente diurético.
- Trae beneficios para el sistema cardiovascular, las personas mayores que alcanzan una vida superior a los 100 años que habitan en Ikaria (Grecia), poseen un mejor funcionamiento cardiovascular por beber café.

### **Beneficios del consumo de café**

En consideración con lo expuesto por National Geographic (2023), al consumir

café se obtienen los siguientes beneficios en la salud del ser humano:

- Incrementa la esperanza de vida, reduciendo las probabilidades de muerte por un accidente cerebrovascular, enfermedad coronaria, diabetes y enfermedad renal.
- Reduce la probabilidad del desarrollo de diabetes tipo 2, ya que previene que se deteriore la función hepática y de las células beta durante el estrés metabólico crónico.
- Menos probabilidades de padecer Parkinson, además de brindar una ayuda para aquellas personas que poseen la afección a controlar sus movimientos de una manera mejor.
- Protege al hígado, ya que permite aumentar los niveles de enzimas hepáticas, logrando que se encuentren en el intervalo de lo saludable.
- Brinda el fortalecimiento del ADN, el café tostado oscuro reduce que ocurra un rompimiento de las hebras de ADN que son generadas de manera natural pero que tienen el potencial de producir cáncer o tumores si es que no se llegan a reparar las células.
- Brinda menores probabilidades de padecer de algunos tipos de cáncer, con un 26% menos de desarrollar cáncer colorrectal.
- Disminuye el porcentaje probable de sufrir de Alzheimer, ya que la cafeína brinda una significativa protección contra el desarrollo de dicha enfermedad.

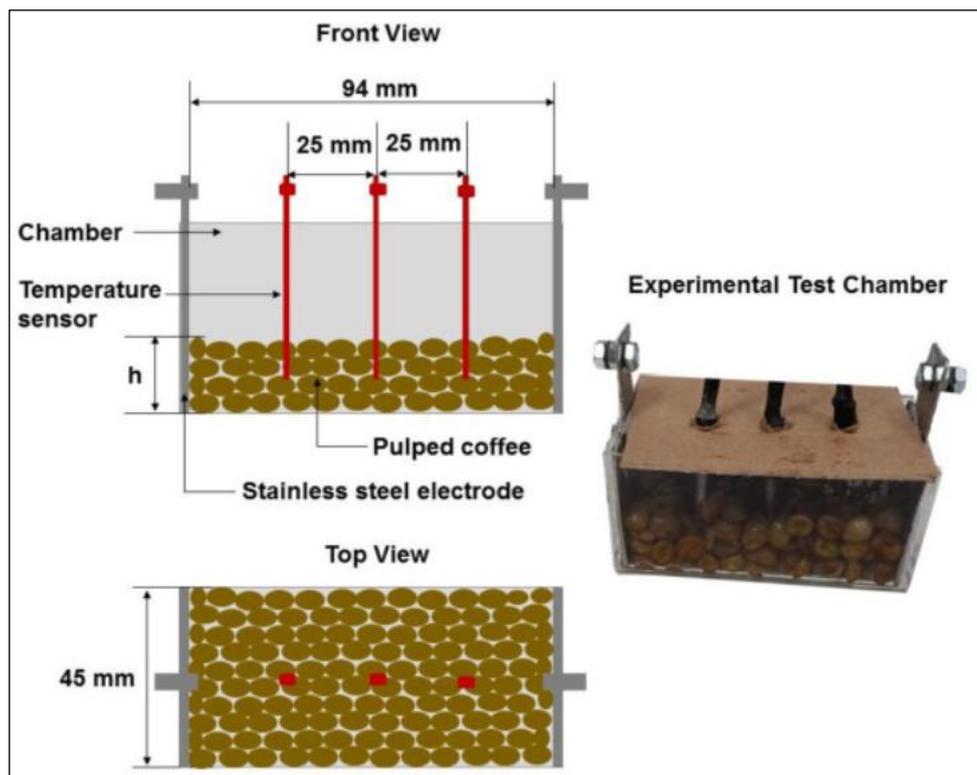
### **Fermentación**

La fermentación es conocida como una de las técnicas de manejo postcosecha que permiten un mejoramiento en la superioridad y logran un

agregado valor de un producto. En el café, el proceso de fermentado viene a ser infaltable para producir café de buena calidad y sabor, especialmente para producir un café de especialidad. El objetivo principal de la fermentación del café es descomponer el mucílago adherido a los granos de café para que sea más fácil de limpiar (Wei Lee et al., 2015; Widyotomo & Yusi, 2013).

La fermentación controlada se puede realizar utilizando un fermentador para controlar la temperatura durante el proceso de fermentación. Se han desarrollado tecnologías de fermentación controlada que combinan con la adición de microorganismos (Yusianto & Widyotomo, 2013).

Figura 3. Visualización de la cámara de calentamiento óhmico.

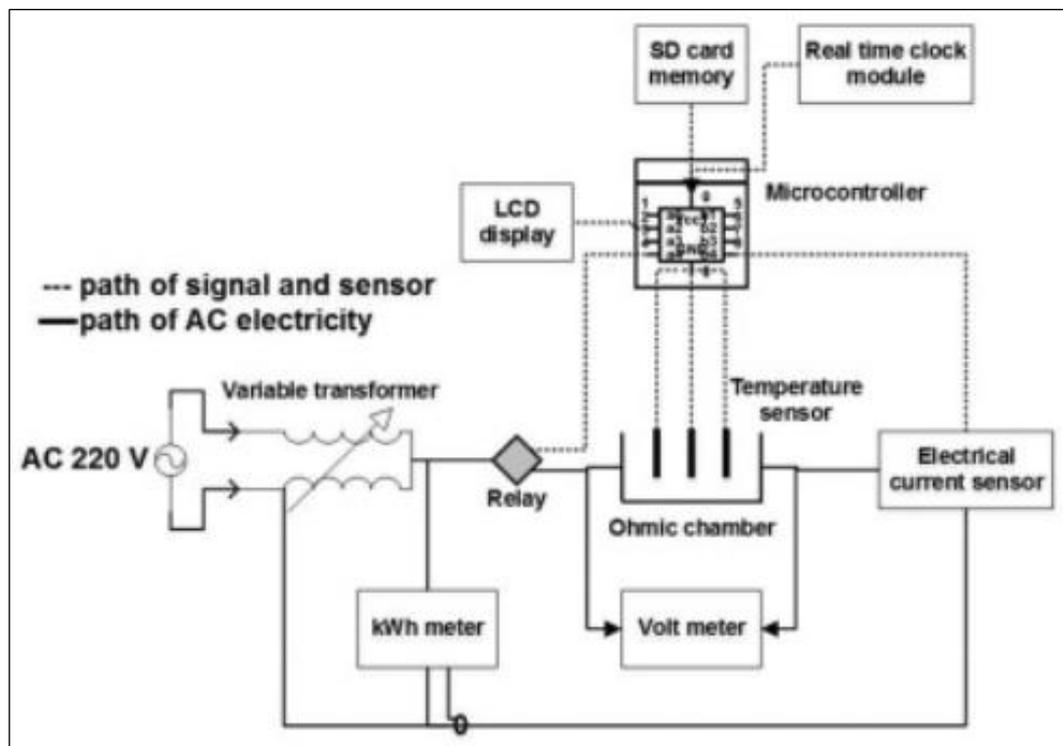


Fuente: (Sagita et al., 2022).

La tecnología de calentamiento que tiene un gran potencial para producir un calentamiento rápido y uniforme es la tecnología de calentamiento óhmico (Sakr & Liu, 2014).

Se demostró que el calentamiento óhmico ahorra entre un 82% y un 97% de energía y reduce el tiempo de calentamiento entre un 90% y un 95% en comparación con el calentamiento convencional. Se informó que la eficiencia de convertir energía eléctrica en calor es muy alta, más del 80% (Darmajanal et al., 2020).

Figura 4. *Diseño esquemático eléctrico del calentamiento óhmico.*

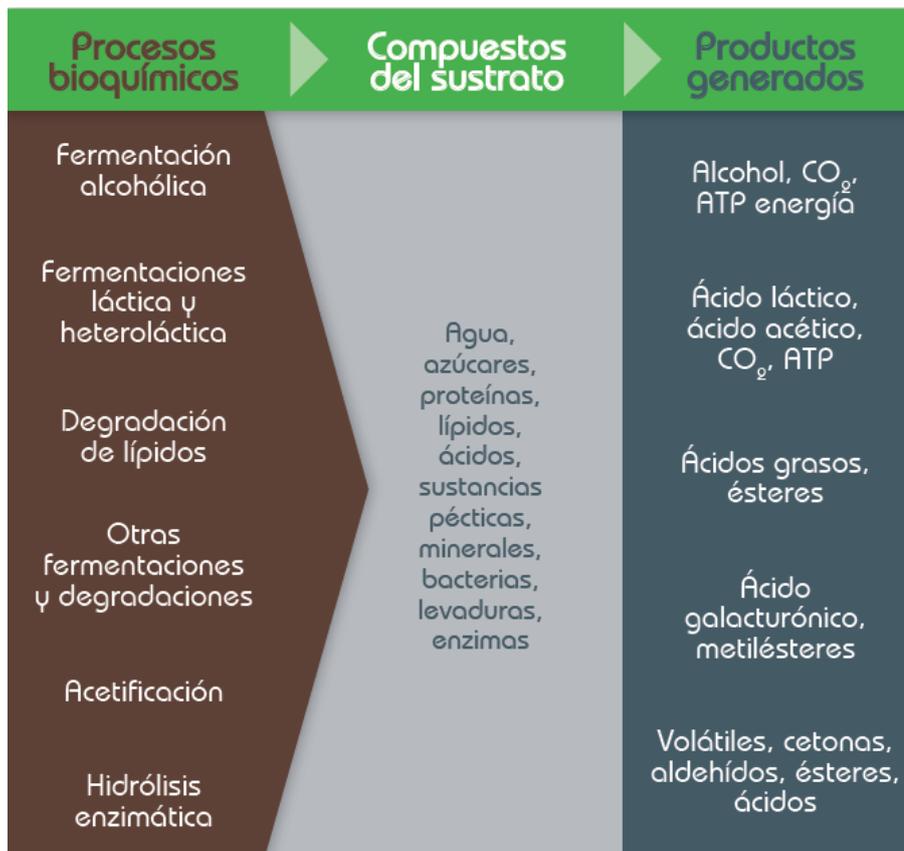


Fuente: (Sagita et al., 2022).

### **Factores que influyen en la fermentación del café**

En el momento que ocurre debido a la naturaleza el proceso de fermentado de café, se presentan múltiples procesos bioquímicos, donde las enzimas que se producen debido a las levaduras y bacterias presentes en el mucílago, logran fermentar y degradar los azúcares, lípidos, proteínas y ácidos, transformándolos en alcoholes, cetonas, ácidos y ésteres (Puerta, 2012).

Figura 5. *Procesos bioquímicos ocurridos durante el proceso de fermentado de café.*



Fuente: (Puerta, 2012).

La rapidez y tipo de productos producidos en el proceso de fermentado del café, tienen dependencia de ciertos factores que logran afectar el metabolismo mismo de los microorganismos como la temperatura exterior, tipo de sistema de fermentado, tiempo de duración del fermentado, calidad del café en baba, acidez del sustrato, disponibilidad del oxígeno y además de la limpieza (Puerta, 2015).

En el proceso de fermentado, los cambios físicos y químicos del mucílago, además de los que suceden en el sabor y aroma, tienen dependencia en función de la temperatura.

Figura 6. Elementos que se relacionan en el fermentado de café.



Fuente: (Puerta, 2015).

## Sistemas de fermentación para el café

### Fermentación sólida

La pulpa del café es depositada en la máquina para fermentado, sin agregar agua. Se mantiene cerrado el desagüe de la máquina de fermentado (Puerta, 2015).

### Fermentación sumergida

Cuando se obtiene el café en baba, es depositado en el fermentador para luego añadir agua en la cantidad necesaria, que tiene dependencia del peso para fermentado, de dicha manera se obtiene un cambio en la composición interna a nivel químico y microbiológico en el sustrato. Un sistema de fermentado sumergido es más homogéneo que uno de sustrato sólido. En relación al café, es recomendable que se fermente de forma sumergida en un 30%. Para lo cual, se tapa el desagüe del fermentador y por 100 kg de café en baba se añade agua limpia en una cantidad de 30 L. (Puerta, 2012).

## **Tipos de alimentación para el sustrato**

La fermentación del café es discontinua, originado por el tiempo que demanda su recolección, de ese modo, por cada lote de café sin pulpa que se lleva a fermentar y posteriormente se lava para luego ser secado. En la fermentación continua industrial, se suministra un sustrato nuevo luego de un tiempo determinado, además de microorganismos que ayudan a la fermentación, y de forma alterna, se van sacando el producto obtenido (Puerta, 2015).

### **Abierta**

Ocurren de forma natural y simultáneamente, la fermentación láctica originada por *Lactobacillus* spp. y *Streptococcus* spp., y el fermentado alcohólico se da por la levadura, generalmente por *Saccharomyces cerevisiae*.

### **Cerrada**

La máquina de fermentado se mantiene cerrada, favoreciendo al desarrollo de una fermentado mixta, debido a las bacterias *Enterobacteriaceae*.

### **Aireación**

En la fermentación no continua generalmente no se quita ni añade oxígeno y en el sistema abierto se libera dióxido de carbono de forma natural del sistema. Y en un proceso continuo, es necesario agregar oxígeno para que se mantenga el crecimiento de bacterias y levaduras que hacen posible la fermentación.

### **Agitación**

Para el proceso de fermentado de los granos de café, es recomendable que se tenga una homogeneización al principio y al final antes de ser lavado, para

poder medir sus propiedades del sustrato fermentado y del grano, por lo que no es recomendable que se agite de forma continua durante el proceso de fermentado (Puerta, 2015).

### **2.3. Definición conceptual de la terminología empleada**

#### **Adaptabilidad**

Capacidad de la máquina fermentadora para ajustarse y adaptarse a diferentes variedades de café, condiciones ambientales y requisitos de producción, maximizando su versatilidad y utilidad en diversos contextos.

#### **Automatización**

Implementación de sistemas y tecnologías que permiten controlar y regular automáticamente los parámetros críticos del proceso de fermentación del café, reduciendo la intervención humana y mejorando la consistencia y eficiencia.

#### **Control de calidad**

Implementación de protocolos y sistemas de control que aseguren la calidad del café producido, mediante la detección y corrección de posibles desviaciones o defectos durante el proceso de fermentación.

#### **Control de variables**

Regulación precisa de factores como temperatura, humedad, tiempo de fermentación y oxígeno dentro de la máquina fermentadora para crear un ambiente óptimo que promueva una fermentación uniforme y de alta calidad.

#### **Consistencia**

Garantía de que el proceso de fermentación del café se lleva a cabo de

manera uniforme y predecible en cada lote, independientemente de las condiciones externas, para obtener resultados consistentes en términos de sabor y calidad.

### **Eficiencia de recursos**

Utilización óptima de materias primas, como granos de café y agua, así como de energía y otros insumos, para minimizar el desperdicio y maximizar la producción de café de alta calidad de manera sostenible.

### **Eficiencia energética**

Diseño y uso de tecnologías que minimizan el gasto energético al momento del proceso de fermentación del café, buscando que se reduzcan los agentes contaminantes en el ambiente además de los gastos operativos que se encuentran involucrados.

### **Fermentación**

Proceso biológico en el cual microorganismos descomponen sustancias orgánicas para producir compuestos químicos, como el ácido láctico o el etanol, que afectan positivamente el sabor y la calidad del café.

### **Higiene**

Mantenimiento de condiciones de limpieza y sanitización dentro de la máquina fermentadora para prevenir la contaminación microbiana y asegurar la calidad e inocuidad del café producido.

### **Integración**

Diseño de la máquina fermentadora para que se integre de manera eficiente con otros equipos y sistemas en la cadena de producción de café,

garantizando una operación fluida y una transición sin problemas entre etapas.

### **Optimización**

Mejora sistemática de los procesos y condiciones para lograr resultados más eficientes y deseables en la fermentación del café, con el objetivo de aumentar la producción y la calidad del producto final.

### **Reducción de tiempos de ciclo**

Implementación de mejoras en el diseño y funcionamiento de la máquina fermentadora para acelerar el tiempo necesario para completar cada ciclo de fermentación, aumentando así la capacidad de producción.

### **Sensorización**

Incorporación de sensores y sistemas de monitoreo que proporcionan datos en tiempo real sobre el estado del proceso de fermentación del café, permitiendo ajustes instantáneos para optimizar los resultados.

### **Sostenibilidad**

Consideración de los impactos ambientales, sociales y económicos en el diseño y operación de la máquina fermentadora, con el objetivo de garantizar prácticas responsables que contribuyan al bienestar a largo plazo de las comunidades y del medio ambiente.

## CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que se buscó la producción de conocimiento con la finalidad de resolver un problema práctico o aplicar los resultados generados en la solución de situaciones concretas. Para esta clase de investigación, se busca aplicar de forma directa los hallazgos en la realidad (Taha, 2017). La investigación aplicada en el contexto del diseño de una máquina fermentadora se enfocó en desarrollar conocimientos y técnicas específicas para aplicarse directamente en la mejora de los procesos de fermentación, ya sea en la industria alimentaria, farmacéutica u otros campos donde se utilice este proceso. Lo cual incluye la optimización de las condiciones de fermentación, el desarrollo de nuevos medios de cultivo, la mejora de los microorganismos utilizados o la implementación de tecnologías para monitorear y controlar el proceso de manera más eficiente.

El diseño de investigación no experimental es un enfoque metodológico donde el investigador no manipula deliberadamente las variables independientes ni controla las condiciones del estudio. En lugar de eso, se basa en la observación de fenómenos tal como se presentan en su entorno natural. Este diseño permite recopilar datos y analizarlos para identificar patrones, relaciones o tendencias sin intervención directa por parte del investigador (Sekaran & Bougie, 2016).

Se utilizó un enfoque cuantitativo, porque se midieron las variables respectivas, con relación a sus indicadores, de manera que se dio respuesta a los objetivos planteados (Padilla y Marroquín, 2021). El enfoque cuantitativo

en la fermentación implica la aplicación de métodos numéricos para recopilar y analizar datos relacionados con el proceso. Esto incluye la medición y cálculo de variables como la concentración de sustratos y productos, pH, temperatura y velocidad de crecimiento microbiano, utilizando instrumentación específica y técnicas matemáticas para obtener resultados precisos.

Se dice que posee un nivel de investigación explicativo cuando se busca explicar porque ocurren ciertos eventos y en el contexto en que se han obtenido, de manera que se haga entendible por medio de su interpretación (Arias & Covinos, 2021).

### **3.2. Población y muestra**

La población vino a ser el café disponible en el territorio nacional.

La muestra vino a ser la variedad de café denominada Billazarche.

### **3.3. Hipótesis**

El diseño de una máquina fermentadora de 500 kg en la empresa Gran Mirador Café, permitirá mejorar el proceso de producción de café Billazarche en San Ignacio – Cajamarca.

### **3.4. Variables – Operacionalización**

#### **Variable independiente: Diseño de máquina fermentadora de 500 kg**

La fermentación es conocida como una de las técnicas de manejo postcosecha para mejorar la calidad y el valor agregado de un producto. En el café, la fermentación es una de las etapas importantes para producir café de buena calidad y sabor, especialmente para producir un café de

especialidad. La máquina fermentadora permite optimizar el proceso de fermentación del café y, por ende, su producción (Wei Lee et al., 2015; Widyotomo & Yusi, 2013).

**Variable dependiente: Proceso de producción del café Billazarche**

El proceso de producción o productivo viene a ser un conjunto de tareas y procedimientos requeridos que debe realizar una empresa para poder elaborar sus bienes y servicios (Quiroa, 2019).

Tabla 1. Cuadro de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Independiente</b> Diseño de máquina fermentadora de 500 kg	La fermentación es conocida como una de las técnicas de manejo postcosecha para mejorar la calidad y el valor agregado de un producto. En el café, la fermentación es una de las etapas importantes para producir café de buena calidad y sabor, especialmente para producir un café de especialidad. La máquina fermentadora permite optimizar el proceso de fermentación del café y, por ende, su producción (Wei Lee et al., 2015; Widyotomo & Yusi, 2013).	Se diseñó a partir de los requerimientos de la capacidad de café a procesar y de las propiedades del mismo, para determinar sus medidas, componentes y demás aspectos.	Parámetros de diseño	- Densidad - Capacidad - Temperatura - Carga térmica - Voltaje - Tiempo para fermentado	De razón
			Presupuesto	- Materiales - Insumos - Accesorios - Mano de obra	
			Indicadores de rentabilidad	- Valor Actual Neto - Tasa Interna de Retorno - ROI	
<b>Dependiente</b> Proceso de producción del café Billazarche	El proceso de producción o productivo viene a ser un conjunto de tareas y procedimientos requeridos que debe realizar una empresa para poder elaborar sus bienes y servicios (Quiroa, 2019).	Se calculó dependiendo de la capacidad de producción de la empresa, es decir, dependiendo de los recursos empleados y los tiempos en lograr la producción.	Parámetros de producción	- Flujo de producción - Tiempo de producción - Costos de producción - Recursos empleados	De razón

Fuente: Elaboración propia.

### **3.5. Métodos y técnicas de investigación**

#### **3.5.1. Métodos de investigación**

##### **Revisión bibliográfica**

Se exploró estudios previos de literatura científica y documentos relevantes sobre fermentación de café y diseño de maquinaria fermentadora. Esta revisión proporcionó una base sólida de conocimiento sobre los principios fundamentales y las prácticas actuales en este campo.

##### **Entrevista**

Se condujeron entrevistas a expertos en café, productores y otros actores clave en la industria para recopilar información sobre los desafíos específicos que enfrentan y sus necesidades respecto al diseño de la máquina fermentadora.

##### **Visita de campo**

Se observó de cerca el proceso de fermentación y las operaciones de producción en las plantaciones de café y las instalaciones de procesamiento. Esta experiencia directa ayudó a identificar áreas de mejora y comprender mejor las condiciones reales de trabajo.

#### **3.5.2. Técnicas de investigación**

##### **Encuesta**

Se realizaron encuestas a expertos en la producción de café y en ingeniería de procesos para recopilar información detallada sobre los requisitos específicos de la máquina fermentadora y los desafíos actuales en el proceso de producción.

## **Observación**

Se observó de forma directa el proceso de producción del café en las plantaciones y las instalaciones de procesamiento, participando activamente en las actividades para comprender mejor las prácticas existentes y las oportunidades de mejora.

### **3.6. Descripción de los instrumentos utilizados**

En primer lugar, se empleó el método de revisión bibliográfica, ya que permitió recopilar información importante y necesaria para poder diseñar la máquina fermentadora de café, dicha búsqueda se efectuó en revistas indexadas de prestigio académico y repositorios de universidades nacionales e internacionales con prestigio académico. Seguidamente, se utilizó el método de la entrevista para poder obtener más información sobre el proceso de fermentado del café efectuada a expertos de la zona o profesionales que se encuentran laborando en dicho sector, donde se aplicó la técnica de la encuesta y el instrumento de recolección de datos llamado cuestionario. Adicionalmente, se efectuaron visitas de campo, para obtener información sobre el proceso de fermentación y de las operaciones que involucra dicho proceso. Y finalmente, se hizo uso de la técnica de la observación, ya que permite obtener información valiosa sobre la forma, color, características y demás propiedades del café Billazarche.

### **3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos**

Para poder realizar el diseño de la máquina fermentadora de café con una capacidad de 500 kg para la mejora del proceso de producción en la empresa Gran Mirador Café, se usó el software CAD/CAE como SolidWorks para el

modelado de las piezas y elaboración de los planos pertinentes, y finalmente, se utilizó Microsoft Excel para la elaboración de las gráficas o tablas respectivas, además del análisis de rentabilidad, calculando el presupuesto respectivo y los indicadores como VAN, TIR, relación beneficio costo y tiempo para recuperar la inversión.

## **CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

La empresa Gran Mirador Café, ubicada en San Ignacio, Cajamarca, conocida debido a que está comprometida con la superioridad y costumbres en la producción de café, especialmente en el conocida como café Billazarche. El proceso de fermentación desempeña un papel fundamental en la creación del sabor y aroma característicos de este café, por lo que su mejora y optimización se convierten en objetivos primordiales para mantener la excelencia en la calidad del producto final.

La finalidad del estudio es diseñar una máquina fermentadora de 500 kg adaptada a las necesidades específicas de Gran Mirador Café, con el fin de mejorar el proceso de producción del café Billazarche. Se busca desarrollar una solución innovadora y efectiva que optimice la eficiencia del proceso de fermentación, manteniendo al mismo tiempo los estándares de calidad y sostenibilidad de la empresa.

Efectuando un análisis exhaustivo respecto a la literatura existente y técnica relacionada con el fermentado de café y el diseño de máquinas fermentadoras, esto proporcionó una base sólida de conocimiento sobre los principios y tecnologías existentes en el campo.

Consultas con expertos: Se llevó a cabo entrevistas y consultas con expertos en ingeniería de alimentos, agronomía y procesamiento de café para recopilar información sobre los desafíos específicos enfrentados por Gran Mirador Café en su proceso de producción y las posibles soluciones para mejorar la fermentación.

Análisis de requisitos: Basándose en la información recopilada, se identificaron los requisitos específicos para el diseño de la máquina fermentadora, teniendo en

cuenta factores como capacidad de producción, condiciones ambientales locales y estándares de calidad del producto final.

Evaluación de tecnologías existentes: Se examinaron y evaluaron las tecnologías y equipos fermentadores disponibles en el mercado, considerando su adecuación para las necesidades y restricciones de Gran Mirador Café.

Desarrollo de diseño conceptual: Con base en los requisitos identificados y la evaluación de tecnologías existentes, se propusieron varios conceptos de diseño para la máquina fermentadora.

Se espera que esta investigación proporcione una sólida base de conocimientos y recomendaciones para el diseño de una máquina fermentadora de 500 kg que mejore significativamente el proceso de producción del café Billazarche en Gran Mirador Café. El resultado final fue un diseño conceptual detallado, respaldado por análisis técnicos y económicos, que sirvió como punto de partida para el desarrollo y la implementación de la máquina fermentadora en la empresa.

El diseño de una máquina fermentadora adaptada a las necesidades específicas de Gran Mirador Café representa un paso importante hacia la mejora continua y la excelencia en la producción de café Billazarche. Esta investigación proporcionó una guía sólida para el desarrollo de una solución innovadora y efectiva que contribuya al crecimiento y sostenibilidad de la empresa y la industria cafetalera en San Ignacio, Cajamarca.

## **CAPÍTULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **5.1. Resultados**

#### **5.1.1. Situación actual del proceso de producción del café Billazarche**

Las prácticas correctas para el cultivo del café, se han considerado recomendables las descritas a continuación:

##### **Germinador**

Se debe preparar las semillas con varios meses de forma anticipada, para poder ser trasplantada de manera permanente en el suelo. Durante dicho tiempo, 8 semanas se dedican para germinación y 24 semanas para el desarrollo en almácigos. A lo largo de estas fases del ciclo productivo, se requieren varios insumos que pueden adquirirse localmente, como cañas o palos madereros redondos, arena obtenida del río que previamente se ha lavado, tierra, compost o material orgánico, sacos de plástico, elementos que permitan proveer sombreado en los viveros, y herbicidas con un nivel tóxico bajo, si es que son necesarios. Para su elaboración, es posible usar materiales disponibles en la misma finca o empresa, que hayan sido empleados en prácticas anteriores, como madera o ladrillos. Esta práctica requiere la utilización de un área mínima respecto al espacio disponible y sustrato.

Se cuenta con 2 tipos para germinación: los de suelo y los elevados. El germinador, que puede ser construido con madera o ladrillo, es una estructura en forma de cuadro donde se planta la simiente en arena de río lavada, manteniendo un riego constante. El tamaño del germinador depende del área de siembra y se aconseja establecerlo principalmente en

los meses de enero y septiembre. Para prevenir enfermedades, es posible desinfectar la arena y el sustrato para las plántulas mediante métodos físicos y químicos que no afecten los recursos naturales. El uso de arena lavada de río y agua caliente es eficaz para controlar el "mal del tallito", una enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani*. Que se construya a un nivel del piso elevado dicho germinador ayuda a prevenir esta enfermedad, que es la más severa en esta fase, y además protege contra las salpicaduras de la lluvia.

Figura 7. *Ejemplo de un germinador para café.*



Fuente: Elaboración propia.

## **Almácigo**

El objetivo es garantizar el crecimiento correcto y la elección apropiada de las plántulas para su establecimiento definitivo en el cultivo. Durante este proceso, es crucial asegurarse de seleccionar cuidadosamente el material adecuado.

Para construirlos, es necesario emplear bolsas negras de polietileno con un grosor de 1,5 o 2, las cuales están perforadas en los lados y en la parte inferior, y tienen unas dimensiones de 7 x 23 cm. El sustrato más adecuado consiste en una combinación con tierra más pulpa de café que se

descompuso bajo una relación de 3:1. Dichos sacos se colocan al nivel del suelo en camas 1 m x 10 m (ancho x largo), con una separación por pasillos de 50 cm, están equipados con zanjas de 10 cm de profundidad que permiten un fácil drenaje del agua.

Se debe construir una estructura de sombra utilizando materiales disponibles en la finca, pudiendo emplear guagua, pedazos de manera en forma redondeada, alambres además de hojas de banano, considerando 2 m de alto y que se orienten en la dirección Norte hacia el Sur.

Para evitar utilizar nematicidas, es importante emplear micorrizas, lo que ayuda a prevenir su aparición en los cultivos de café. Es importante evitar adquirir almácigos que contengan sustratos de fuera de la finca, así como evitar el uso de gallinaza de otros lugares. Seleccionar almácigos para el trasplante que no presenten nudosidades ni malformaciones en las raíces.

La empresa ha obtenido resultados prometedores al inocular el hongo *Paecylomyces lilacinus* en almácigos. La tierra para los almácigos puede desinfectarse mediante solarización, cubriéndola con material sintético y dejando expuesta al sol durante 7 días. Para controlar las malezas en los almácigos se pueden realizar tareas de forma manual, sin herbicidas.

Figura 8. *Almácigo empleado para el café.*



Fuente: Elaboración propia.

## **Acondicionamiento del suelo y plantación**

Durante el acondicionamiento del suelo, se establece el método de plantación y se delimita el trazado con herramientas simples utilizando postes madereros. En sistemas de producción con sombra, se destacan la importancia de las semillas y estacas de guamo y plátano. Para las etapas de establecimiento, crecimiento y producción, se requieren herramientas básicas como palines y machetes, y en caso de ser necesario, plaguicidas de baja toxicidad. Además, se necesita un método de deshierbo para el control de malezas, así como la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.

Un agujero de dimensiones apropiadas favorece el desarrollo óptimo del árbol, especialmente en su sistema de raíces, lo que garantiza una buena sujeción y una mejor absorción de nutrientes. Se sugiere que tengan unas dimensiones de 0,30 m x 0,40 m (ancho x profundidad), adecuadas esencialmente en tierras con características físicas normales y fértil. Es importante que las paredes del hoyo queden de forma irregular y que el fondo esté bien compactado para evitar el estancamiento del agua y facilitar la penetración. Para lograr un éxito en la siembra de los cafetos en su ubicación definitiva, es importante tomar en cuenta aspectos como:

- El tamaño de los árboles debe ser adecuado para que sean trasladados al campo antes de que las raíces alcancen el fondo de la bolsa, con el objetivo de prevenir deformaciones que podrían afectar su desarrollo nutricional posterior.
- En cuanto a la calidad de los árboles, se debe priorizar la selección de

aquellos que presenten buen estado de salud, vigor y una formación adecuada.

- La época de plantación preferiblemente debe tener coincidencia con las épocas lluviosas. Si se da un período de sequía, es recomendable regar los almácigos antes de llevarlos a su ubicación final.
- Es fundamental llevar a cabo un transporte cuidadoso de los árboles al campo para evitar pérdidas y daños durante el proceso, lo cual podría ocurrir si no se realiza de manera adecuada.

Hay dos métodos: el sistema de sol y el sistema de sombreado protector.

Una quinta parte de la producción de café en el país se cultiva bajo exposición total al sol, en terrenos volcánicos, con plantas alineadas en surcos a lo largo de pendientes, donde las lluvias son bien distribuidas y las coberturas protegen el suelo en un paisaje ondulado. Por otro lado, la mayor parte del café se produce en sistemas que emplean sombra, combinando especies productivas y protectoras como el plátano, el guamo y árboles maderables. Estos árboles generan hojarasca que ayuda a preservar el suelo y aumentar su contenido de materia orgánica, además de que la sombra que proporcionan reduce el efecto lluvioso, evitando así la erosión del terreno.

Figura 9. *Acondicionamiento del suelo y plantación.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Manejo de Arvenses**

Esta práctica se enfoca en seleccionar coberturas vegetales adecuadas que contribuyan a preservar el suelo. La incorporación de estas estructuras permite que se proteja el área de las lluvias, siendo una causa importante del erosionado en regiones cafeteras. En contraste, los métodos tradicionales de deshierbe aplicados por los caficultores de las regiones montañosas tuvieron un propósito principal exponer completamente el suelo. Empleando herramientas adecuadas como la gala, azadón, machete, gambia, guadaña, entre otros, y más recientemente, herbicidas en las últimas dos décadas.

Un manejo inapropiado ocasiona una reducción prolongada en la fertilidad del suelo, junto con pérdidas por escorrentía debido a la falta de control en el flujo de agua, y una disminución de la diversidad genética, lo que desemboca en un incorrecto equilibrio en la ecología y una agricultura insostenible.

El azadón ha sido sustituido por prácticas de conservación del suelo, como mantener coberturas vegetales, reducir la labranza, usar barreras naturales productivas y asociar cultivaciones respecto a frijoles y maíz, que también se utiliza como un tipo de abono ecológico.

La denominación de "maleza" y su interpretación ha llevado a los agricultores a la erradicación indiscriminada de la flora herbácea y arbustiva, sin considerar los beneficios y consecuencias. El enfoque en el manejo de las arvenses orienta a los agricultores hacia una gestión racional de estas plantas, lo que resulta además en la protección del suelo contra la erosión, la regulación del flujo de agua superficial, la conservación de la diversidad genética y una reducción de hasta el 85% en los costos asociados con la erradicación de malezas.

Esta práctica se fundamenta en la selección de cubiertas vegetales adecuadas, que garantizan la preservación del suelo como un recurso vital. Estas cubiertas no solo promueven la sostenibilidad de la biodiversidad en flora y fauna beneficiosas para el cultivo, sino que también protegen el suelo de la erosión causada principalmente por la acción de las gotas de lluvia. Una herramienta alternativa para el control de malezas es el selector de arvenses, desarrollado y validado por la empresa.

Figura 10. *Manejo de arvenses para el café.*



Fuente: Elaboración propia.

## **Establecimiento del sombrío**

La colocación de sombra para los cultivos de café debe adaptarse de acuerdo a las condiciones climáticas, características del suelo y la inclinación del terreno.

Las finalidades del sombrío:

- **Modificación del microclima:** Las áreas sombreadas reducen la temperatura del suelo, lo que a su vez disminuye la evaporación superficial y aumenta la humedad relativa del ambiente. Durante la noche, la temperatura es más elevada bajo la sombra, mientras que durante el día es más baja en comparación con los cafetales expuestos al sol. La luminosidad es baja y las temperaturas de las hojas son más frescas, lo que crea condiciones óptimas para una fotosíntesis eficiente y un crecimiento más robusto de los cafetos.
- **Aporte al suelo:** Las coberturas vegetales incrementan los niveles de material orgánico gracias a que se producen ramas y hojarasca, así como materia vegetal residual después del podado, lo que contribuye a incrementar la el humus en el área.
- **Aporte y reciclado de nutrientes:** Durante las épocas lluviosas, se filtra agua que permite el depósito de algún tipo de nutriente a profundidades donde solamente la raíz de un árbol de sombreado logra absorber y alcanzar, posteriormente se devuelven de forma superficial al suelo mediante el depósito de materia vegetal.
- **Controlar el agua:** Bajo la sombra de los árboles, la temperatura se reduce, lo que prolonga la permanencia del agua en todos los estratos

del sistema. Este fenómeno contribuye a reducir la evaporación y la transpiración, favoreciendo así la humedad en la zona donde se encuentran la mayoría de las raíces.

- Menor desarrollo de malezas agresivas: La baja luminosidad bajo la sombra limita el crecimiento de malezas invasoras, lo que ayuda a conservar el agua de riego al reducir la competencia por los recursos hídricos.
- El sistema de raíces de los árboles de sombra es extenso, lo que les permite acceder al agua almacenada en las capas profundas del suelo, lo cual es especialmente beneficioso durante períodos de sequía.
- Control de malezas: Mantener el suelo cubierto con material vegetal proveniente de la hojarasca de los distintos estratos del sistema (árboles de sombra, árboles y arbustos, y cubiertas vegetales), ayuda a minimizar la presencia de malezas agresivas en los cafetales.

Condiciones de suelo exigido por el sombrío

Un cafetal requiere sombra cuando el área de establecimiento cumple con una o más de las siguientes condiciones:

- Escasez de lluvias o una distribución irregular de las mismas.
- Clima extremadamente cálido y/o ubicación a baja altitud, es decir, por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Ubicación en áreas de gran altitud, superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar.
- Condiciones del suelo propensas a la erosión, como suelos arenosos y

pedregosos con tendencia a la formación de zanjas, cárcavas, deslizamientos y hundimientos. Además, estos suelos pueden presentar pendientes fuertemente inclinadas (25% - 50%) o muy escarpadas (más de 75%) y de considerable longitud (300 metros - 500 metros) o extremadamente largas (más de 500 metros).

#### Características de los árboles para sombrío

Los árboles seleccionados para la sombra en los cafetales deben cumplir con ciertos criterios:

- Ser compatibles con el cultivo de café: Esto aplica especialmente a los árboles de la familia de las leguminosas, que tienen la capacidad de extraer y fijar nitrógeno del aire, así como recircular nutrientes. Sin embargo, no todos los árboles leguminosos son adecuados para proporcionar sombra, ya que algunos compiten con el cafeto por agua y nutrientes.
- Adaptarse al clima local.
- Presentar un crecimiento rápido y una larga vida útil en el caso de la sombra permanente.
- Seleccionar especies que puedan ser podadas para limitar su altura y reducir el impacto de las gotas de lluvia en el suelo. Esto requiere una ramificación amplia y una buena altura.
- Asegurarse de que el follaje no bloquee por completo la luz solar.
- Los árboles de mayor altura deben tener un sistema de raíces fuerte, profundo y que no compita directamente con las raíces del cafeto en el

mismo espacio.

- Las especies en todos los niveles de la sombra deben generar una cantidad considerable de biomasa para aumentar la materia orgánica mediante la descomposición de hojas, tallos y ramas. Esta característica es especialmente importante cuando se emplean árboles y arbustos.
- Es fundamental que las especies sean defoliadas, es decir, que pierdan sus hojas en ciertas épocas para formar una capa de mantillo que conserve la humedad, lo que ayuda a prevenir la erosión y enriquecer el suelo.
- Se prefieren especies cuya madera sea resistente a los vientos y adecuada para la construcción.
- Es crucial que las especies no sean susceptibles a plagas y enfermedades que puedan afectar también al cafeto. Por esta razón, se restringe el uso de árboles frutales como sombra para el café.

#### Clases de sombrío para el café

Existen 2 clases:

*Temporal:* Proporciona sombra durante los primeros años de crecimiento del cafeto. Este tipo de sombra puede mantenerse como parte del estrato medio del sistema de café, brindando beneficios como alimento para la familia, aportando materia orgánica y nutrientes al cultivo, y cumpliendo su función de sombreado. Las plantas más utilizadas en este tipo de sombra pertenecen a la familia musácea, como el plátano y, en algunas regiones, el banano, debido a su rápido crecimiento y su importancia económica. Las

distancias de siembra para los sistemas de sombra temporal varían entre 6 y 8 metros, dependiendo de la disposición de los cafetos.

*Permanente:* Este tipo de sombra proporciona cobertura durante toda la vida del cafeto. En Colombia, los árboles más comunes utilizados para este propósito incluyen el Guamo (*Inga spp.*), el Nogal (*Cordia alliodora*), el Chachafruto (*Erythrina edulis*) y el Matarratón (*Gliricidia sepium*). Las distancias de siembra para la sombra permanente varían entre 12 y 15 metros. Se recomiendan prácticas culturales que faciliten el manejo del cultivo, como el descope del guamo a una altura de 5 metros para evitar un crecimiento excesivo, recortar las ramas bajas mientras el árbol alcanza los 5 metros de altura, hacer cortes limpios y uniformes en el tallo sin dejar tocones, eliminar plantas no deseadas del área de sombra como el "matapalo", el "pajarito" o la "golondrina", controlar plagas como los "pasadores de tallo" y frotar el tronco para eliminar la fumagina, además de podar ramas para mantener un nivel de sombreado del 30%.

Los sistemas de trazado para la sombra buscan conservar el suelo como recurso. Se emplean métodos de trazado en cuadro y en triángulo, que además de proporcionar sombra o ser productivos, también protegen el suelo. La tradición cafetera en Colombia ha demostrado que el café es uno de los cultivos más contribuyentes a la reforestación del país.

Figura 11. *Sombrío empleado para el proceso de producción de café Billazarche.*



Fuente: Elaboración propia.

## **Fertilización**

El concepto de nutrición en el cultivo del café se inscribe en el marco de la agricultura sostenible, que busca maximizar la eficacia de los insumos sin causar daño al medio ambiente, y prioriza la conservación del suelo y especialmente de su capa orgánica. Este enfoque abarca las etapas de instalación, establecimiento, crecimiento y producción del cultivo. Los 14 laboratorios de suelos presentes en la región cafetera de Colombia aseguran la adecuada selección y aplicación de fertilizantes y enmiendas durante estas etapas. Además, se promueve el uso continuo de materia orgánica, principalmente a través del manejo de subproductos del cultivo. Cabe destacar que la fertilización foliar no se emplea en el cultivo del café.

El servicio de extensión brinda orientación al caficultor sobre la correcta toma de muestras de suelo, las cuales son enviadas a los laboratorios de suelos a través de los comités de cafeteros. Una vez obtenidos los resultados del análisis de suelo, estos son entregados nuevamente al comité de cafeteros y luego al caficultor, quien, con la guía del extensionista, procede a aplicar los fertilizantes, enmiendas o abonos

orgánicos recomendados, manteniendo un enfoque de racionalidad económica y respeto por el medio ambiente.

Cenicafé sugiere complementar la nutrición del cultivo con fuentes de materia orgánica cuando sea necesario, basándose en los resultados de los análisis de suelo de cada finca. La pulpa de café descompuesta y el lombricompost son alternativas de alta calidad que son ampliamente utilizadas por los caficultores colombianos.

Figura 12. *Proceso de fertilización del café.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Control de plagas**

Entre los métodos empleados para controlar las plagas en los cultivos de café se incluyen el control biológico, cultural, legal, mecánico, natural y químico.

La plaga más significativa para la economía del café es la broca, la cual hizo su aparición en el país en 1988. Su gestión se basa en un enfoque integrado, con el objetivo de continuar produciendo café de calidad tipo Federación a pesar de la presencia del insecto. Entre el 65% y el 75% del control de la broca se lleva a cabo mediante el Control Cultural, conocido

como RE-RE, que consiste en la recolección minuciosa de todos los frutos maduros de la plantación y su posterior revisión para asegurar la eliminación de aquellos afectados por la plaga. La recolección oportuna se dirige a los granos maduros, sobre maduros y secos en los árboles y en el suelo, con el fin de interrumpir su ciclo de vida. Además, es crucial evitar que la broca escape de las instalaciones de procesamiento al campo. Este método de control se ha convertido en una herramienta ambientalmente responsable, adoptada ampliamente por los caficultores colombianos y es el principal responsable de mantener los niveles de broca en el país por debajo del 2%, sin comprometer la calidad reconocida en el mercado internacional. Otros métodos de control complementarios incluyen el biológico y el químico. El control biológico implica el uso del hongo *Beauveria bassiana* y avispas como *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*, conocidas como la avispa de Uganda, la de Costa de Marfil y la de Togo, respectivamente. El control químico se aplica en áreas específicas del cafetal, basado en el análisis de variables como el porcentaje de infestación y la ubicación de la broca. Los insecticidas recomendados por la Federación de Cafeteros para el control de la broca y otras plagas deben ser de categorías toxicológicas III o IV, con bajo riesgo para la salud humana y el ambiente.

Además, la empresa ha identificado otros hongos entomopatógenos para el control de la broca, como *Fusarium oxisporum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Metarhizium anisopliae*, *Hirsutella eleutheratorum*, así como dos especies de hemípteros parasitoides nativos, como *Cryptoxilos* sp.

Otras plagas relevantes para el café incluyen la palomilla de la raíz, *Dysmicoccus brevipes*, cuyo control implica la remoción cuidadosa de los árboles afectados y su posterior quema en el hoyo. La aplicación de fertilizantes en el momento adecuado y la prevención de encharcamientos son métodos efectivos para combatir esta plaga.

La palomilla de las ramas, *Planococcus citri*, puede controlarse principalmente mediante la llegada de las lluvias y la eliminación de plantas hospedantes como la "suelta", además del control natural proporcionado por *Chrysopa* sp. y algunos coccinélidos y parásitos del orden Himenóptera.

El minador o *Leucoptera coffeella*, es una polilla de pequeño tamaño cuyas larvas penetran las hojas y las dañan internamente. El control biológico nativo y la presencia de lluvias son los métodos más efectivos para su manejo.

Entre los controles biológicos nativos se incluyen *Closterocerus coffeellae*, *Pnigalio sarasolai*, *Tetrastichus* sp., *Beauveria bassiana*, *Cirruspilus multilineatum* y *Horismenus cupreus*.

La arañita roja, *Olygonichus yothersi*, es una plaga importante durante los períodos de sequía y en los cafetales ubicados cerca de caminos y carreteras. Las lluvias son cruciales para controlar esta plaga, ya que lavan o ahogan sus estados biológicos. Además, las larvas y adultos de coccinélidos de varios géneros, como *Scymnus*, *Sthetorus*, *Coleomegilla* y *Oligota centralis*, así como seis especies de ácaros, también contribuyen a su depredación.

Figura 13. *Control de plagas en el proceso del café.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Manejo de enfermedades**

El manejo de enfermedades en el café está estrechamente vinculado con aspectos ambientales. La roya del café se destaca como la enfermedad más significativa en la caficultura de Colombia. Para su control, además de la utilización de variedades resistentes como Colombia y Castillo, se recurre al control químico, basado en la evaluación del nivel de infección por lote. Esta práctica permite una aplicación precisa y oportuna de fungicidas de baja toxicidad. Se sugiere una progresiva renovación de las variedades susceptibles por aquellas resistentes, como Colombia o Castillo. Mantener niveles adecuados de nutrición durante el establecimiento del cultivo y en la fase de almácigo asegura una plantación resistente a enfermedades como la mancha de hierro, que afecta las hojas y los frutos. En plantaciones ya establecidas, es crucial no postergar la fertilización y aplicar un manejo integrado de malezas.

El Mal Rosado, causado por *Corticium salmonicolor*, afecta hojas, frutos y ramas, y su control se basa en podas de las partes enfermas durante el

verano. Para prevenir la Phoma, se recomienda evitar corrientes de aire frío mediante el uso de barreras naturales como el plátano. Los sombríos transitorios, como el plátano y la higuera, ayudan a reducir el impacto de esta enfermedad.

Para tratar las llagas, es importante evitar heridas y eliminar árboles de sombrío afectados, incluyendo el sistema radical de los cafetos enfermos. En el caso de la llaga macana (llaga del tallo), se emplea desinfección de herramientas con fungicidas y aspersiones en los cortes de tallos después del corte. No se aconseja realizar el zoqueo durante la temporada de lluvias.

Las llagas radicales, como la llaga negra y la llaga estrellada, se controlan mediante prácticas como la eliminación de residuos de árboles enfermos, la reducción de humedad en el suelo y la utilización de biocontroladores como *Trichoderma koningii* y bacterias del género *Pseudomonas*.

La antracnosis, causada por *Colletotrichum* spp., se mitiga evitando excesiva sombra y humedad. El manejo integrado de enfermedades requiere la implementación oportuna de diversas prácticas agronómicas, que incluyen una nutrición adecuada, el control oportuno de malezas y una atención cuidadosa para producir café de calidad, libre de enfermedades, manteniendo una armonía con el medio ambiente.

Figura 14. Manejo de enfermedades en el proceso del café.



Fuente: Elaboración propia.

## **La conservación de suelos y aguas**

Existen dos métodos principales para renovar los cafetales: mediante el corte de la planta y la renovación mediante la siembra de nuevas plantas. El propósito fundamental es mantener una producción cafetera competitiva a nivel global, lo cual tiene implicaciones ambientales significativas:

- Los cafetales jóvenes facilitan una gestión más eficaz de plagas y enfermedades, ya que los cafetales más antiguos tienden a sufrir más problemas de este tipo.
- La renovación mediante el corte de plantas permite utilizar los recursos forestales sobrantes, como los tallos, en otras actividades en la finca, reduciendo así la presión sobre los bosques existentes.
- Este sistema de renovación ayuda a interrumpir los ciclos de plagas y enfermedades que afectan al cultivo en general.
- La renovación mediante la siembra posibilita la corrección de deficiencias en la gestión del suelo mediante la adopción de prácticas conservacionistas, como trazados a lo largo de la pendiente y una planificación cuidadosa de la sombra.
- La introducción de cultivos de pancoger en áreas renovadas, como frijoles y tomates, aporta materia orgánica de distintas fuentes al cultivo del café.
- Los residuos de la renovación mediante el corte de plantas, como ramas, hojas y tallos, se pueden dejar en el cafetal, protegiendo el suelo y enriqueciendo su contenido de materia orgánica.

En resumen, la implementación de diversas prácticas agronómicas en los

cafetales jóvenes es más eficiente que en los cafetales de edad avanzada. Esto conduce a una utilización más óptima de los insumos en las diferentes etapas del cultivo del café.

Figura 15. *Conservación de suelos y aguas para el proceso del café.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Beneficio ecológico**

El procesamiento ecológico del café mediante el método húmedo implica una serie de acciones destinadas a convertir los granos de café cereza en pergamino seco, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental, preservar la calidad requerida por las regulaciones de comercialización, evitar pérdidas del producto y eliminar procesos superfluos, como el uso excesivo de agua. Todo ello busca promover el desarrollo sostenible en las regiones cafeteras de Colombia. Este procedimiento reduce la contaminación en más del 90%.

#### *Componentes*

*Recolección:* Únicamente se deben recolectar los frutos maduros en su totalidad, lo que conlleva varias ventajas significativas. Por un lado, aumenta los ingresos al vender una mayor cantidad de café, lo que se

traduce en una mejor conversión de café cereza a café pergamino seco. Además, esta práctica ayuda a reducir las reinfecciones de broca y elimina las pérdidas de hasta un 10% debido a frutos no recolectados o caídos al suelo.

*Recepción:* El proceso de recepción se realiza en seco aprovechando la gravedad, utilizando tolvas construidas en cemento, madera o recubiertas con aluminio. Es esencial que el ángulo formado entre las paredes de las tolvas y el piso sea de 45 a 50 grados, lo que equivale a una pendiente igual o superior al 100%.

*Despulpado:* El despulpado se realiza en seco, también aprovechando la gravedad. Estudios realizados por Cenicafé han demostrado que es posible llevar a cabo este proceso sin utilizar agua, sin comprometer la eficacia del proceso ni la calidad de los granos. Esta práctica contribuye a reducir la contaminación en un 72%.

*Clasificación:* Para la clasificación, se deben emplear zarandas clasificadoras eficientes que funcionen sin necesidad de agua.

La eliminación del mucílago tiene como propósito descomponerlo para que, una vez fermentado, se disuelva en agua y pueda ser eliminado mediante el lavado. Este proceso puede durar entre 18 y 30 horas, dependiendo de las condiciones climáticas.

Alternativamente, la remoción del mucílago se puede llevar a cabo mecánicamente utilizando el Becolsub, lo que elimina la necesidad del proceso de fermentación. Esto es ventajoso por varias razones:

- Conserva la calidad del café.

- Reduce el espacio necesario en la infraestructura del beneficiadero.
- Aumenta el peso en materia seca del grano en un 1,5%.
- Permite más tiempo para realizar otras tareas que beneficien la calidad del grano.

Para mejorar la eliminación del mucílago y aportar beneficios adicionales al proceso de poscosecha de café, se comenzó a investigar el desmucilaginado mecánico en 1984, lo que resultó en la creación de la tecnología conocida como Becolsub.

Esta tecnología proporciona varias ventajas en comparación con el proceso convencional de fermentación natural:

- Reduce significativamente el gasto específico de agua, utilizando una cantidad menor a un litro por kilogramo de café.
- Mejora notablemente la eficiencia del café Billazarche.
- Ayuda a prevenir aproximadamente el 90% de contaminación originada por el despulpado y el desmucílago.
- Reduce de manera significativa el volumen y gasto en la estructura necesaria empleada para el lavado de café.
- Simplifica el procesamiento de lavado.

Se utilizan 3 equipos: una despulpadora, un desmucilaginado mecánico (DESLIM) y un tornillo sinfín. Al despulpar sin agua, se disminuye la contaminación en un 72% y la restante se reduce al mezclar la concentración de mucílago del DESLIM y pulpa, mientras se transporta en el tornillo sinfín. El gasto de peróxido de hidrógeno en el proceso es de 1 L por cada 1000 g de café.

### *Purificación de aguas y lixiviados en el procesamiento del café*

Han sido desarrolladas distintas tecnologías para reducir el daño ecológico originados por los derivados en el proceso que beneficia al café. Para poder limpiar el agua residual generada durante el procesamiento al lavar el café, se diseñó un sistema modular de tratamiento anaerobio, especialmente para beneficiar a la humedad que elimina el mucílago mediante fermentación natural. Además, se recomienda emplear la gravedad o métodos mecánicos para despulpar y transportar el café hacia los depósitos de fermentado. Esta tecnología es eficaz para eliminar del agua residual debido al lavado del mucílago ya fermentado, todo agente contaminante, tanto para canales donde se clasifican y recircula el peróxido de hidrógeno como el proceso de lavado de utensilios para fermentado.

Figura 16. *Beneficios ecológicos del café.*



Fuente: Elaboración propia.

### **Producción de café**

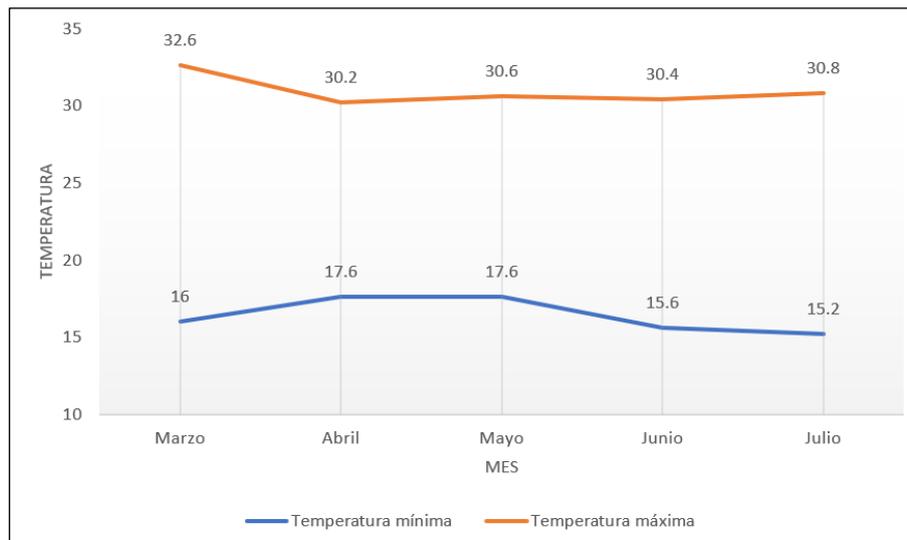
De acuerdo con información obtenida de las personas que trabajan en la empresa, se producen 500 kg de café cada 42 horas, debido a que emplean métodos artesanales para ello, como la energía solar o secado más

fermentado al sol, llevando mucho tiempo para poder lograr el objetivo de producción, por ello, es que se buscó mejorar dicho tiempo, para reducirlo a la mitad, a un tiempo de fermentado de 21 horas.

### 5.1.2. Dimensionamiento de la máquina fermentadora de café

Uno de los parámetros importantes para el proceso de fermentado, es la temperatura ambiente que se necesita para diseñar la máquina de fermentado, en la Figura 17 y Tabla 2 se detallan las temperaturas máximas, promedios y mínimas durante un año completo para la ciudad de San Ignacio.

Figura 17. *Temperaturas máximas y mínimas promedio en San Ignacio-Cajamarca.*



Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 2 se puede mencionar que la temperatura máxima se registró en el mes de marzo con 32,6 °C, la temperatura promedio máxima se registró en marzo con 24,3 °C y la temperatura promedio mínima ocurrió en junio y julio, siendo de 23,0 °C. La temperatura mínima se dio en julio, con un valor de 15,2 °C.

Tabla 2. *Temperatura máxima, promedio y mínima durante un año para San Ignacio.*

Temperatura	Mes				
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Máxima	32,6	30,2	30,6	30,4	30,8
Promedio	24,3	23,9	24,1	23,0	23,0
Mínima	16,0	17,6	17,6	15,6	15,2

Fuente: Elaboración propia.

La temperatura a emplear para el diseño de la máquina fermentadora, es la mínima, porque es cuando se requerirá la máxima potencia, pero cabe precisar que se consideró un control de temperatura, con sensores para regular la carga térmica de la resistencia, de modo que el proceso de fermentación sea constante y uniforme, es decir, que la temperatura interior se mantenga en 40 °C, aunque la temperatura exterior del ambiente pueda variar. De modo que sea automatizado el control de la temperatura. Por lo tanto, se tuvo que:

$$T_{fermentado} = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ambiente} = 15,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{promedio} = \frac{T_{fermentado} + T_{ambiente}}{2}$$

$$T_{promedio} = \frac{40 \text{ } ^\circ\text{C} + 15,2 \text{ } ^\circ\text{C}}{2} = 27,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Los parámetros a considerar para el correcto dimensionamiento de la máquina fermentadora de café son los siguientes:

$$C_{fermentador} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

La densidad del café Billazarche es de 600 kg/m<sup>3</sup> (Montilla-Pérez et al., 2008), dato que sirvió para el cálculo de la máquina fermentadora de café.

$$\rho_{billazarche} = 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## Cálculo de la cámara de fermentado

De acuerdo con Briones (2022), emplear un diseño hexagonal para la forma de la cámara de fermentado es adecuado, debido a que posee un adecuado diseño y construcción, tamaño, inversión, costos de operación, bajo mantenimiento, ergonómico y elevada seguridad.

Por lo tanto, el volumen donde se colocan los granos de café para su proceso de fermentado es uno de los componentes más importantes, y considerando un largo de la misma de 1,5 m; con un volumen de los granos que ocupan alrededor del 53% del volumen total de la cámara, con el propósito de poder obtener una mezclado y remoción constante además de uniforme, entonces se tuvo lo siguiente:

$$V_{café} = \frac{m_{café}}{\rho_{billazarche}}$$

Reemplazando los datos correctos en la ecuación:

$$V_{café} = \frac{500 \text{ kg}}{600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,833 \text{ m}^3$$

Luego, calculando el volumen de la cámara, se obtuvo:

$$V_{cámara} = \frac{V_{café}}{0,53}$$

Sustituyendo los datos:

$$V_{cámara} = \frac{0,833 \text{ m}^3}{0,53} = 1,572 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta que la forma es hexagonal, la ecuación para calcular el volumen es la siguiente:

$$V_{cámara} = \frac{3\sqrt{3} L^2 H}{2}$$

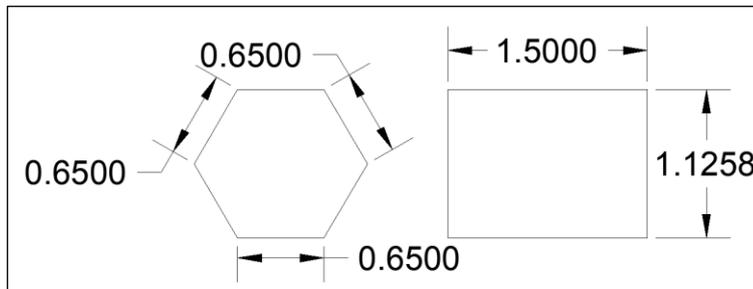
Que al despejar y reemplazar el valor de H por 1.5 m, se obtuvo lo siguiente:

$$L^2 = \frac{2 V_{cámara}}{3\sqrt{3} H}$$

$$L^2 = \frac{2 (1,572 \text{ m}^3)}{3\sqrt{3} (1,5 \text{ m})} = 0,4034 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{0,4034 \text{ m}^2} = 0,635 \text{ m} \approx 0,65 \text{ m}$$

Figura 18. Medidas para la cámara fermentadora de café.



Fuente: Elaboración propia.

### Cálculo de transferencia de calor

Para poder evaluar el calor adecuado para el proceso de fermentado, es necesario contar con los parámetros correctos para ello, los cuales fueron:

$$\rho_{grano\ café} = 600 \frac{kg}{m^3}$$

$$v_{grano\ café} = \frac{1}{\rho_{grano\ café}} = \frac{1}{600 \frac{kg}{m^3}} = 0,001667 \frac{m^3}{kg}$$

$$m_{café} = 500 \text{ kg}$$

$$\omega_{inicial} = 45\%$$

$$\omega_{final} = 35\%$$

$$\eta_{\text{fermentado}} = 90\%$$

$$t_{\text{fermentado}} = 21 \text{ horas}$$

Tomando en cuenta entradas y salidas para las temperaturas del agua:

$$T_{\text{aire entrada}} = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{aire salida}} = 15,2 \text{ }^\circ\text{C} = 288,35 \text{ K}$$

$$T_{\text{agua entrada}} = 15,2 \text{ }^\circ\text{C} = 288,35 \text{ K}$$

$$T_{\text{agua salida}} = 40 \text{ }^\circ\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{aire}} = T_{\text{aire entrada}} - T_{\text{aire salida}} = 313,15 \text{ K} - 288,35 \text{ K} = 24,8 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{agua}} = T_{\text{agua salida}} - T_{\text{agua entrada}} = 313,15 \text{ K} - 288,35 \text{ K} = 24,8 \text{ K}$$

Se calcula el calor específico del peróxido de hidrógeno teniendo en consideración el promedio de temperatura:

$$T_{\text{agua,prom}} = \frac{T_{\text{agua entrada}} + T_{\text{agua salida}}}{2} = \frac{15,2 \text{ }^\circ\text{C} + 40 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 27,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ahora, empleando la información que se visualiza en el Anexo 2, logrando obtener el valor del calor requerido que es de:

$$C_{p,\text{prom agua}} = 1,8726 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Además, es necesario obtener la entalpía de vaporización del peróxido de hidrógeno, es decir, la cantidad de calor necesario para que el agua se convierta de líquido a vapor, la cual se obtiene del Anexo 2.

$$h_{fg} = 2\,436,28 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Seguendo con el aire, se obtuvo un calor promedio específico para la temperatura especificada al emplear los datos del Anexo 3, logrando obtener:

$$T_{aire,prom} = \frac{T_{aire\ entrada} + T_{aire\ salida}}{2} = \frac{40\text{ }^{\circ}\text{C} + 15,2\text{ }^{\circ}\text{C}}{2} = 27,6\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$C_{p,prom\ aire} = 1\,007 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} = 1,007 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

Se calcula el flujo de masa para el aire:

$$\dot{m}_{aire} = \frac{m_{café}(\omega_{inicial} - \omega_{final})(C_{p,prom\ agua} \times \Delta T_{agua} + h_{fg})}{t_{fermentado} \times \eta_{fermentado} \times C_{p,prom\ aire} \times \Delta T_{aire}}$$

Al sustituir la información adecuada en la fórmula:

$$\dot{m}_{aire} = \frac{500\text{ kg} (0,45 - 0,35) \left( 1,8726 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \times 24,8\text{ K} + 2\,436,28 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)}{21\text{ h} \times 0,90 \times 1,007 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \times 24,8\text{ K}}$$

$$\dot{m}_{aire} = 263 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{1\text{ h}}{3600\text{ s}} = 0,073055 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

El calor transferido adecuado para el proceso de fermentado de café, se relaciona con el calor específico del café, que se pudo calcular al aplicar la ecuación:

$$C_p = 1,3556 + 5,7859 M$$

M viene a ser la humedad del grano fresco (45%), sustituyéndola en la ecuación anteriormente descrita:

$$C_p = 1,3556 + 5,785 \times \left( \frac{0,45 + 0,35}{2} \right) = 3,6696 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

Luego, se logró calcular la cantidad de transferencia de calor adecuado

para el proceso de fermentado de café.

$$\dot{Q}_{café} = \dot{m}_{aire} \times C_p \times (T_{aire\ entrada} - T_{aire\ salida})$$

Reemplazando los datos:

$$\dot{Q}_{café} = 0,073055 \frac{kg}{s} \times 3,6696 \frac{kJ}{kg \cdot K} \times (40 - 15,2) K = \frac{kJ}{s} = 6,65 kW$$

Siendo adecuado que se aporte una transferencia de calor para el proceso de fermentado igual a 6,65 kW, que permita la reducción de la humedad de 45% hasta 35%.

Seleccionando la resistencia de acuerdo a los requerimientos de voltaje de 220VAC, se seleccionó una resistencia eléctrica con aletas para aire M3KW5-550 de 3,50 kW, por lo que son más de una resistencia.

$$N_R = \frac{6,65 kW}{3,50 kW} = 1,90 \approx 2$$

Por ende, son necesarias 2 resistencias de 3,50 kW para poder satisfacer los requerimientos de energía. En el Anexo 4 se aprecia su ficha técnica con sus propiedades y características.

Calculando la intensidad de corriente:

$$I_{nominal} = \frac{2 \times 3500 W}{220 V \times 0,90} = 35,35 A$$

La corriente de diseño de acuerdo con la normativa vigente, se calcula con la fórmula siguiente:

$$I_{diseño} = 1,25 \times I_{nominal}$$

$$I_{diseño} = 1,25 \times 35,35 A = 44,19 A$$

Entonces, el interruptor termomagnético seleccionado fue de 2x50A, su ficha técnica se aprecia en el Anexo 5.

El cable indispensable para poder soportar la capacidad de corriente para el fermentador fue INDECO NHX-90 de 10 mm<sup>2</sup>, que soporta una ampacidad de 62 A, donde su ficha técnica se puede visualizar en el Anexo 6.

Calculando la caída de tensión, considerando una distancia desde el tablero de alimentación a la máquina fermentadora de 8 metros, se obtuvo lo siguiente:

$$\Delta V_{fermentador} = \frac{I_{nominal} \times L_{fermentador} \times \cos\varphi \times K \times \rho_{cu}}{S_{fermentador}}$$

$$\Delta V_{fermentador} = \frac{35,35 \text{ A} \times 8 \text{ m} \times 0,90 \times 2 \times 0,0175 \text{ (ohm. mm}^2/\text{m)}}{10 \text{ mm}^2} = 0,891 \text{ V}$$

La caída de voltaje (en por ciento):

$$\Delta V_{fermentador} (\%) = \frac{\Delta V_{fermentador}}{V_{entrada}} \times 100\% = \frac{0,891 \text{ V}}{220 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\Delta V_{fermentador} (\%) = 0,405\%$$

Dicho valor es bastante menor al 4% solicitado por la norma del CNE – Utilización 2006, logrando concluir que dicha sección del cable conductor es correcta.

### **Cantidad de café procesado para venta**

La máquina fermentadora procesa 500 kg de café cada vez, considerando que posee una humedad inicial de 45%, se obtiene:

$$m_{agua} = 500 \text{ kg} \times 0,45 = 225 \text{ kg}$$

$$m_{café} = 500 \text{ kg} - m_{agua}$$

$$m_{café} = 500 \text{ kg} - 225 \text{ kg} = 275 \text{ kg}$$

Considerando que al final debe poseer una humedad de 12%, se obtiene:

$$m_{café \text{ final}} = \frac{m_{café}}{1 - \omega_{final}}$$

$$m_{café \text{ final}} = \frac{275 \text{ kg}}{1 - 0,12} = 312,50 \text{ kg}$$

Por lo tanto, por cada 500 kg de café antes del fermentado, se obtienen 312,50 kg al final del proceso para su venta posterior.

### Cálculo mecánico

Para el cálculo mecánico, es necesario conocer las fuerzas que actúan en la estructura de soporte. Tomando en cuenta un espesor de la cámara de fermentado de 1,5 mm, con 6 secciones rectangulares de 0,65 m x 1,50 m, en acero inoxidable, se obtuvo lo siguiente:

$$V_{cámara} = 6 \times L_{cámara} \times A_{cámara} \times e_{cámara} + 2 \times \frac{3\sqrt{3} L_{cámara}^2}{2} \times e_{cámara}$$

$$V_{cámara} = 6 \times 0,65 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 0,0015 \text{ m} + 2 \times \frac{3\sqrt{3} (0,65 \text{ m})^2}{2} \times 0,0015 \text{ m}$$

$$V_{cámara} = 0,012068 \text{ m}^3$$

La masa de la cámara de fermentado es:

$$m_{cámara} = \rho_{acero} \times V_{cámara}$$

$$m_{cámara} = 7980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,012068 \text{ m}^3 = 96,303 \text{ kg}$$

Considerando un factor de corrección por cuestión de diseño, se obtiene:

$$m_{\text{cámara corregida}} = 1,20 \times m_{\text{cámara}}$$

$$m_{\text{cámara corregida}} = 1,20 \times 96,303 \text{ kg} = 115,56 \text{ kg}$$

Ahora, tomando en cuenta que la capacidad de la cámara de fermentado es de 500 kg, se obtiene una masa de diseño que debe soportar la estructura de:

$$m_{\text{diseño}} = m_{\text{cámara corregida}} + m_{\text{capacidad}}$$

$$m_{\text{diseño}} = 115,56 \text{ kg} + 500 \text{ kg} = 615,56 \text{ kg}$$

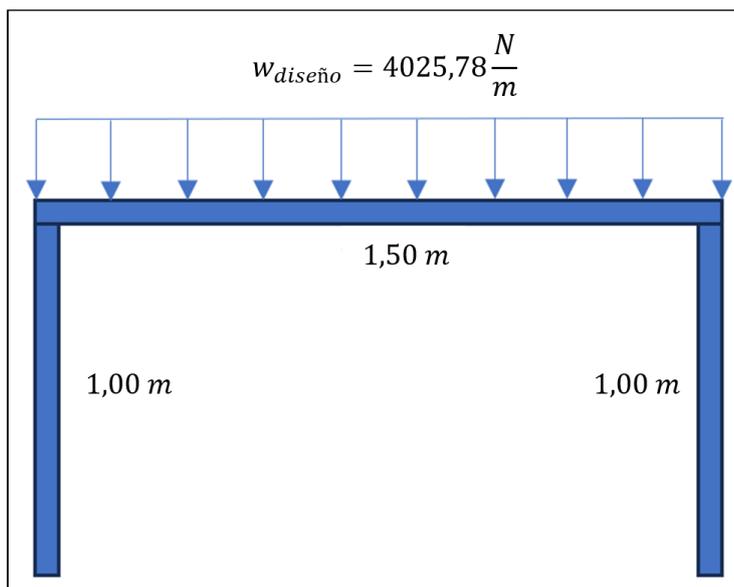
Entonces, la carga o fuerza distribuida que debe soportar la estructura es de:

$$w_{\text{diseño}} = \frac{m_{\text{diseño}} \times g}{A_{\text{cámara}}}$$

$$w_{\text{diseño}} = \frac{615,56 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1,5 \text{ m}} = 4025,78 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Graficando dicha información:

Figura 19. Carga distribuida actuante en la estructura de soporte.

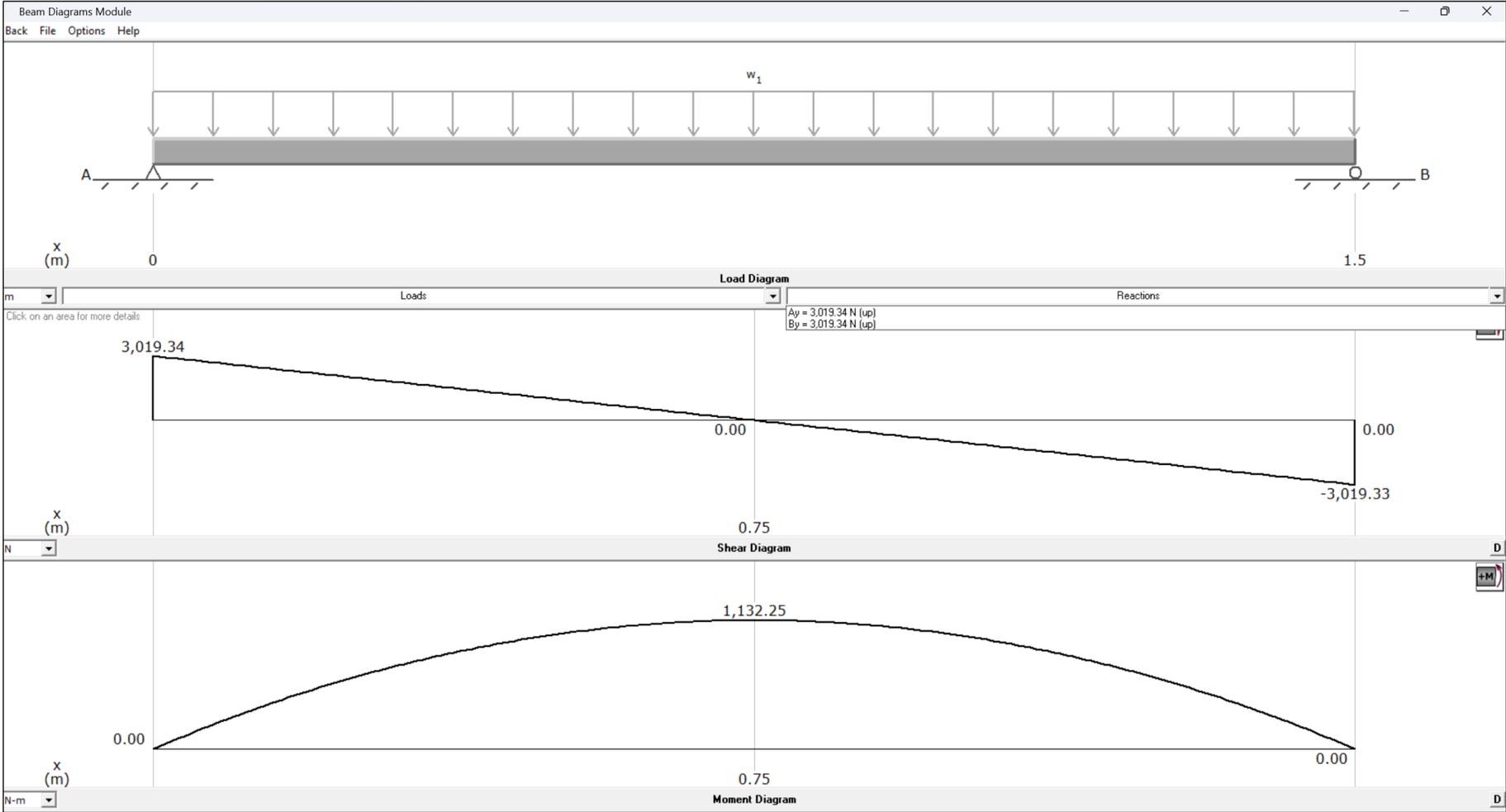


Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el programa MDSolids, permitiendo determinar las fuerzas generadas en los apoyos además de los diagramas de cortante y momento flexionante.

En la Figura 20 se aprecia las reacciones y diagramas obtenidos de emplear el software MDSolids 4.0, logrando obtenerse un valor de 3019,34 N en cada apoyo, con una fuerza cortante máxima de 3019,34 N y un momento flector máximo de 1132,25 Nm.

Figura 20. Diagrama de cortante y momento flexionante además de las fuerzas en los apoyos de la estructura soporte.



Fuente: MDSolids 4.0.

Entonces, calculando la mejor sección para el perfil de la estructura de soporte:

$$M_{m\acute{a}x} = 1132,25 \text{ Nm}$$

$$V_{m\acute{a}x} = 3019,34 \text{ N}$$

Considerando un elemento estructural cuadrado, en acero ASTM A500 de 2" x 2" x 3 mm, equivalente a 50,8 mm x 50,8 mm x 3 mm, con un factor de seguridad de 2, se obtuvo que:

$$b_1 = 50,8 \text{ mm}$$

$$h_1 = 50,8 \text{ mm}$$

$$b_2 = 44,8 \text{ mm}$$

$$h_2 = 44,8 \text{ mm}$$

$$S_y = 269 \text{ MPa}$$

El momento de inercia es:

$$I = \frac{b_1 \times h_1^3}{12} - \frac{b_2 \times h_2^3}{12}$$

$$I = \frac{0,0508 \text{ m} \times (0,0508 \text{ m})^3}{12} - \frac{0,0448 \text{ m} \times (0,0448 \text{ m})^3}{12} = 21,929 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$c = \frac{b_1}{2}$$

$$c = \frac{0,0508 \text{ m}}{2} = 0,0254 \text{ m}$$

$$\sigma_{estructura} = \frac{M_{m\acute{a}x} \times c}{I}$$

$$\sigma_{estructura} = \frac{1132,25 \text{ Nm} \times 0,0254 \text{ m}}{21,929 \times 10^{-8} \text{ m}^4} = 131,147 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad es:

$$F.S._{flexión} = \frac{S_y}{\sigma_{estructura}}$$

$$F.S._{flexión} = \frac{269 \text{ MPa}}{131,147 \text{ MPa}} = 2,05$$

Para el esfuerzo cortante:

$$A_{perfil} = b_1 \times h_1 - b_2 \times h_2$$

$$A_{perfil} = 0,0508 \text{ m} \times 0,0508 \text{ m} - 0,0448 \text{ m} \times 0,0448 \text{ m} = 0,0005736 \text{ m}^2$$

$$\tau_{estructura} = \frac{V_{máx}}{A_{perfil}}$$

$$\tau_{estructura} = \frac{3019,34 \text{ N}}{0,0005736 \text{ m}^2} = 5,264 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad es:

$$F.S._{cortante} = \frac{S_y}{\tau_{estructura}}$$

$$F.S._{flexión} = \frac{269 \text{ MPa}}{5,264 \text{ MPa}} = 51,10$$

Finalmente, se seleccionó dicho perfil estructural para la estructura de soporte.

### 5.1.3. Modelado de los elementos de máquina con SolidWorks

Para corroborar que los materiales y dimensionamiento de los elementos de máquina del fermentador son adecuados, se hizo uso del software

SolidWorks 2021, realizando sus respectivos análisis estáticos en los elementos más críticos.

### **Análisis estático del depósito fermentador**

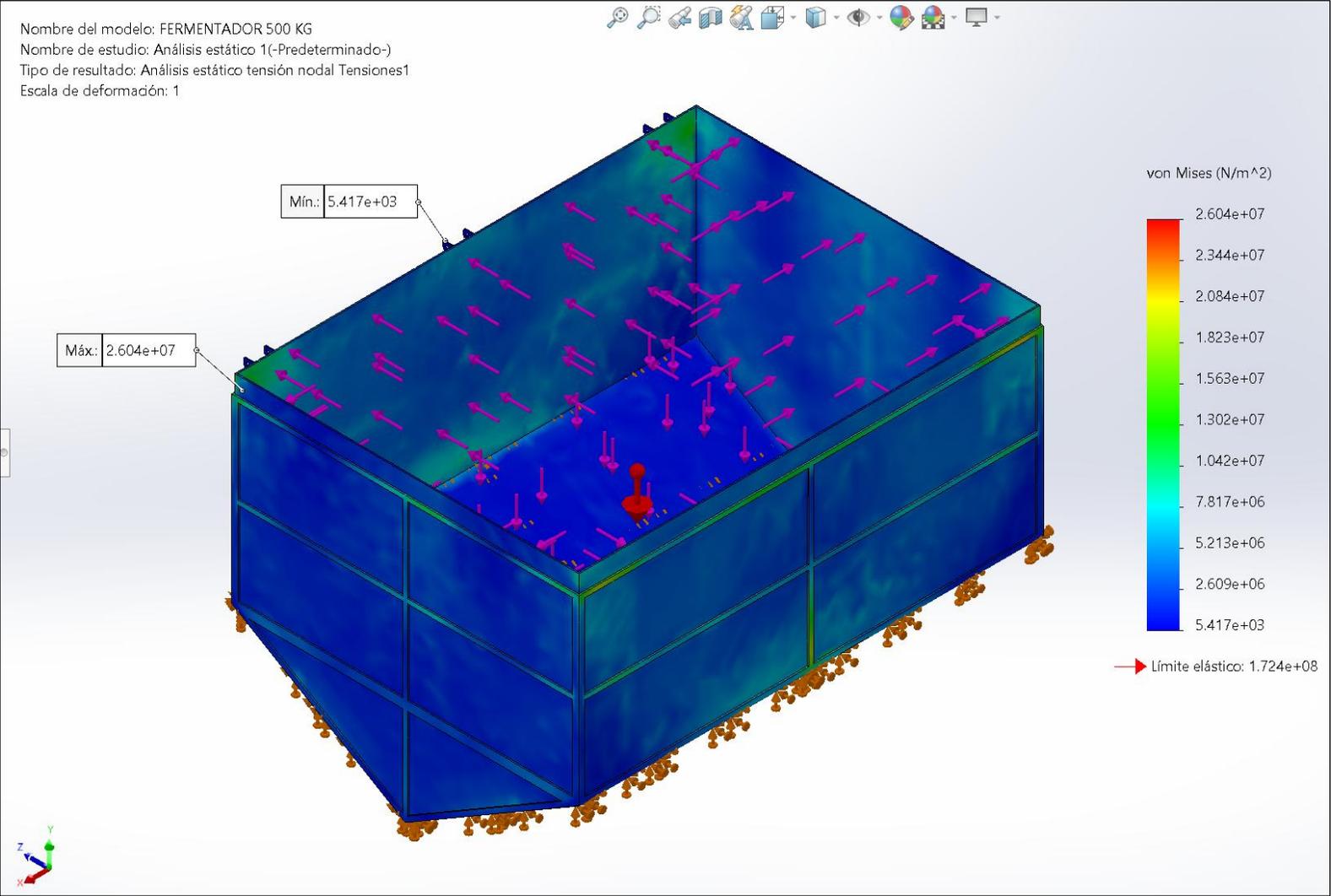
Se modeló el depósito del fermentador con las medidas y material seleccionado, obteniendo lo siguiente:

La Figura 21 muestra las tensiones de Von Mises que se generaron en el depósito fermentador, donde se obtuvo un valor máximo de 26,04 MPa y un mínimo de 5,417 kPa.

La Figura 22 detalla las deformaciones que se generaron en el depósito fermentador, logrando obtenerse una máxima deformación de 1,602 mm.

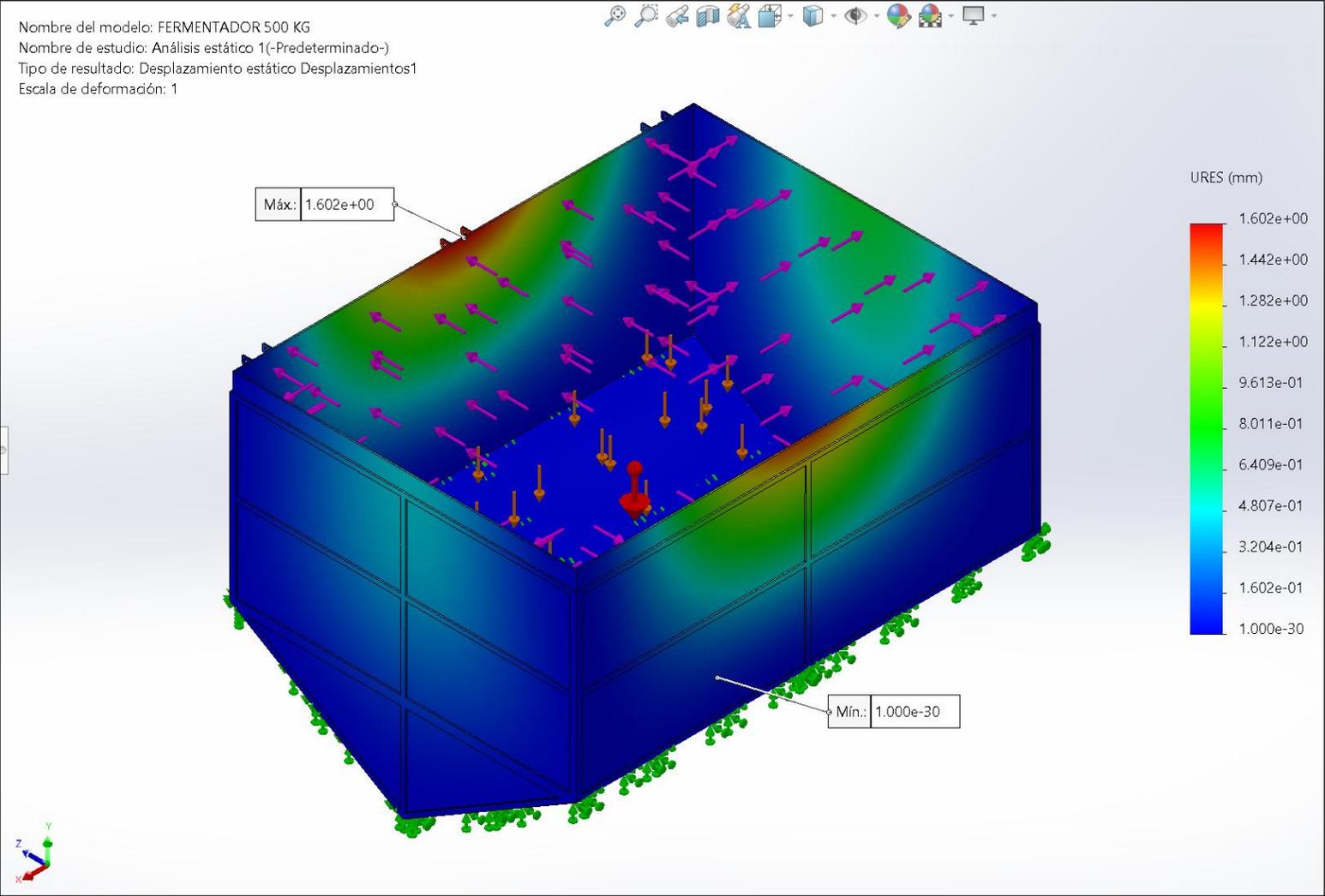
La Figura 23 brinda los factores de seguridad generados en el depósito fermentador, obteniéndose un valor mínimo de 6,619 y un máximo valor de 31820.

Figura 21. Tensiones de Von Mises generadas en el depósito fermentador de 500 kg.



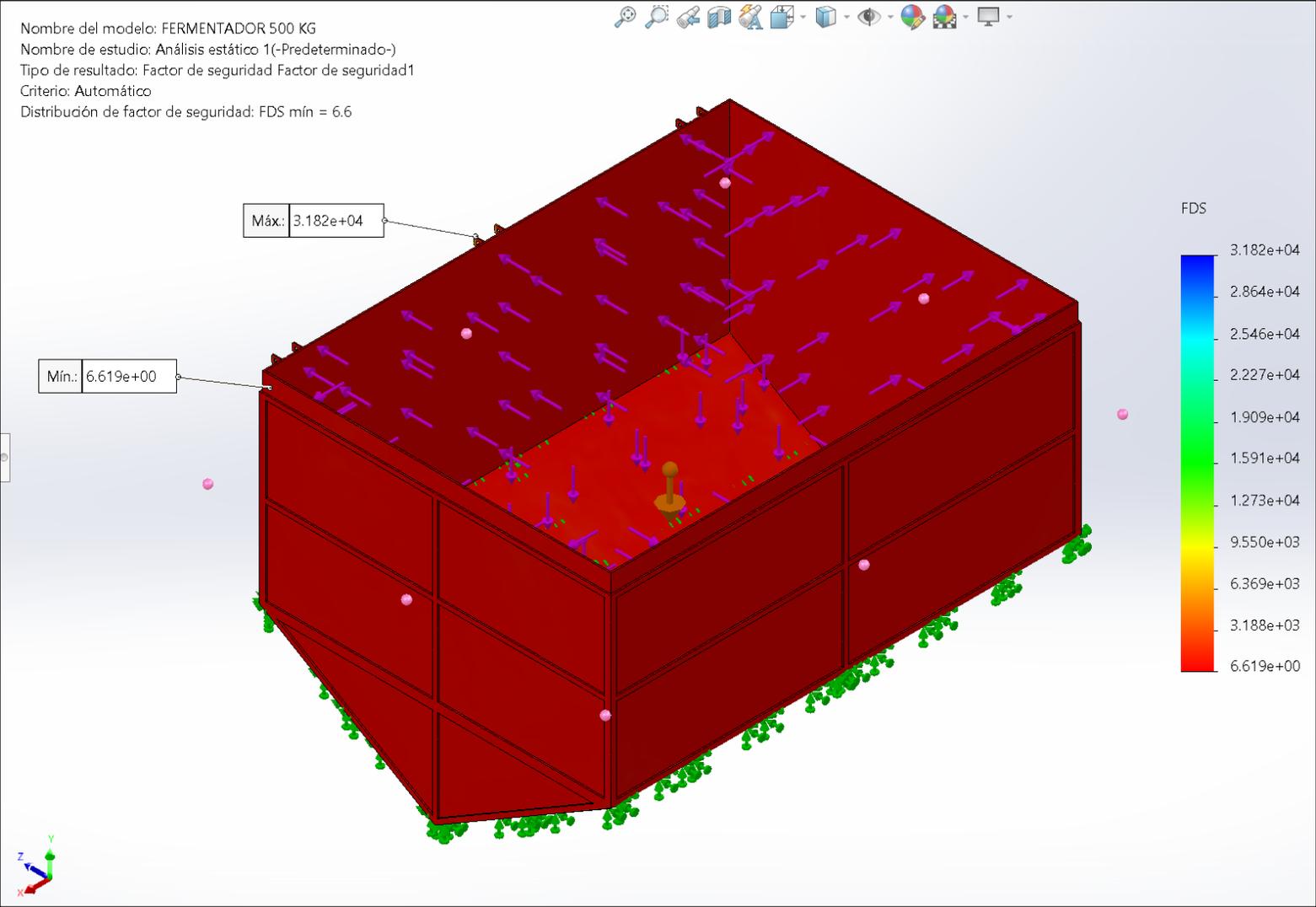
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 22. Deformaciones generadas en el depósito fermentador de 500 kg.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 23. Factores de seguridad generados en el depósito fermentador de 500 kg.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

### **Análisis estático del depósito de 50 kg de café**

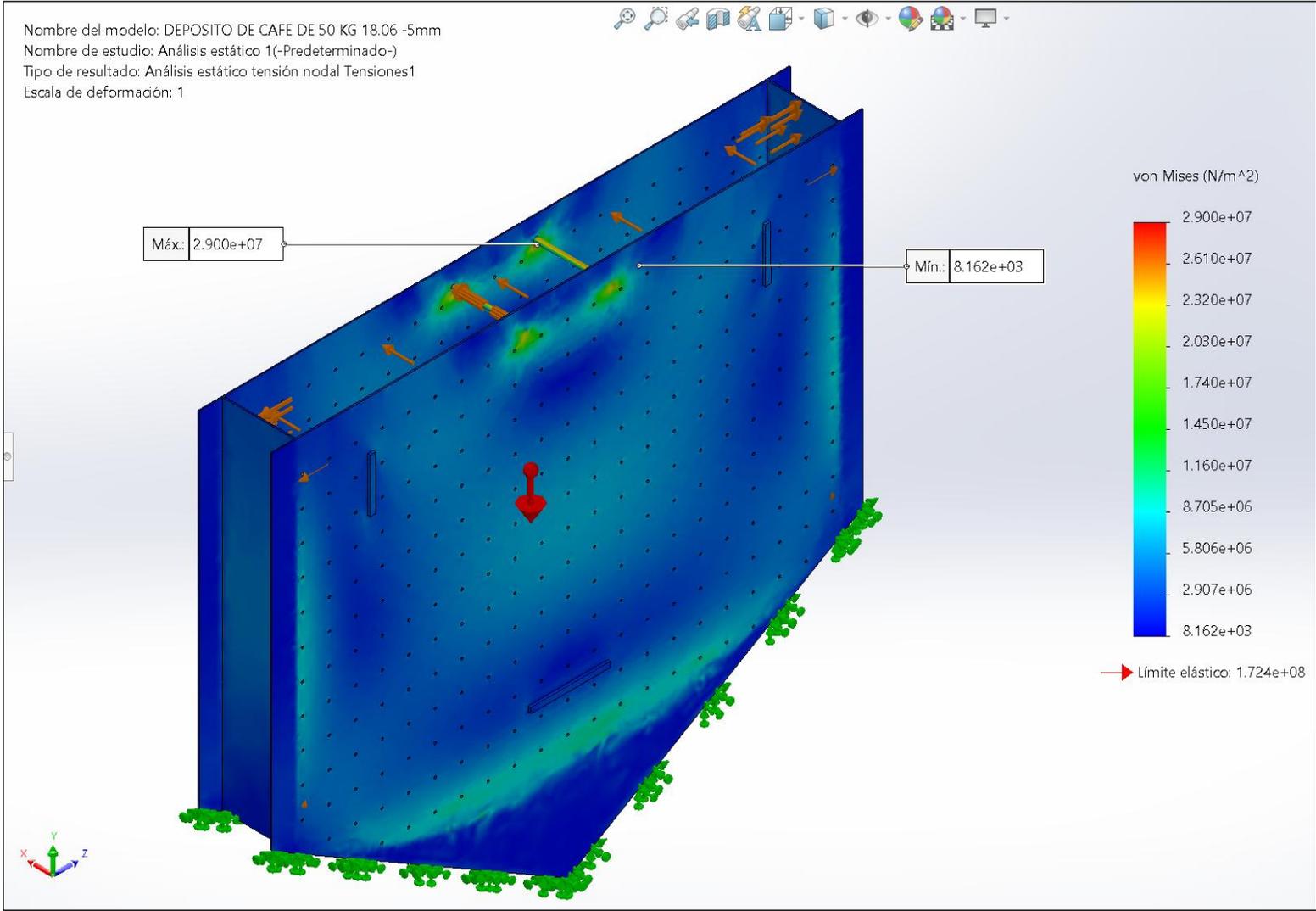
Se modeló el depósito de 50 kg de café, siendo un total de 10 unidades, con las medidas y material seleccionado, obteniendo lo siguiente:

La Figura 24 muestra las tensiones de Von Mises que se generaron en el depósito de 50 kg de café, donde se obtuvo un valor máximo de 29 MPa y un mínimo de 8,162 kPa.

La Figura 25 detalla las deformaciones que se generaron en el depósito de 50 kg de café, logrando obtenerse una máxima deformación de 1,169 mm.

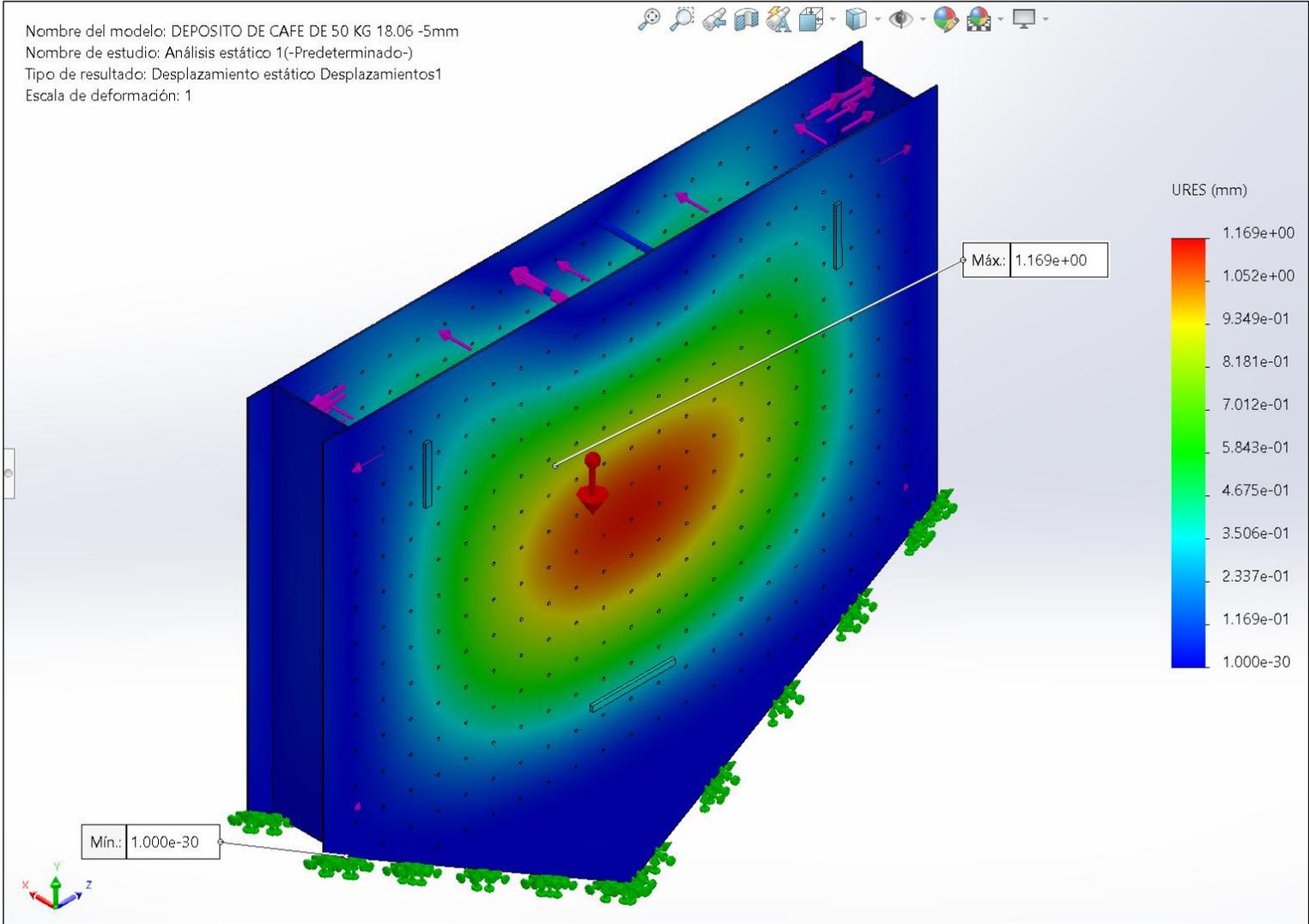
La Figura 26 brinda los factores de seguridad generados en el depósito de 50 kg de café, obteniéndose un valor mínimo de 5,944 y un máximo valor de 21120.

Figura 24. Tensiones de Von Mises generadas en el depósito de 50 kg de café.



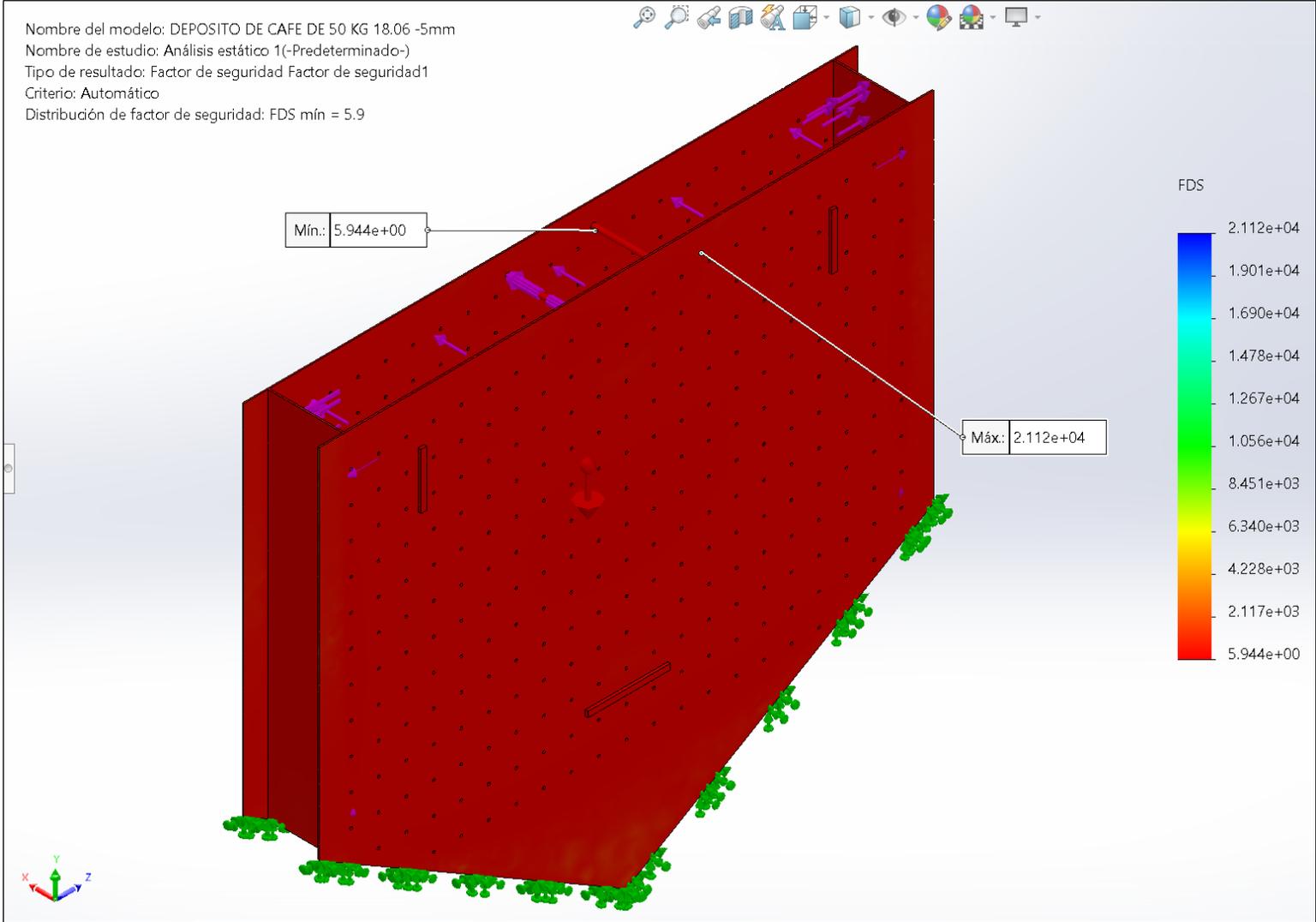
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 25. Deformaciones generadas en el depósito de 50 kg de café.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 26. Factores de seguridad generados en el depósito de 50 kg de café.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

## **Análisis estático del soporte de la máquina fermentadora**

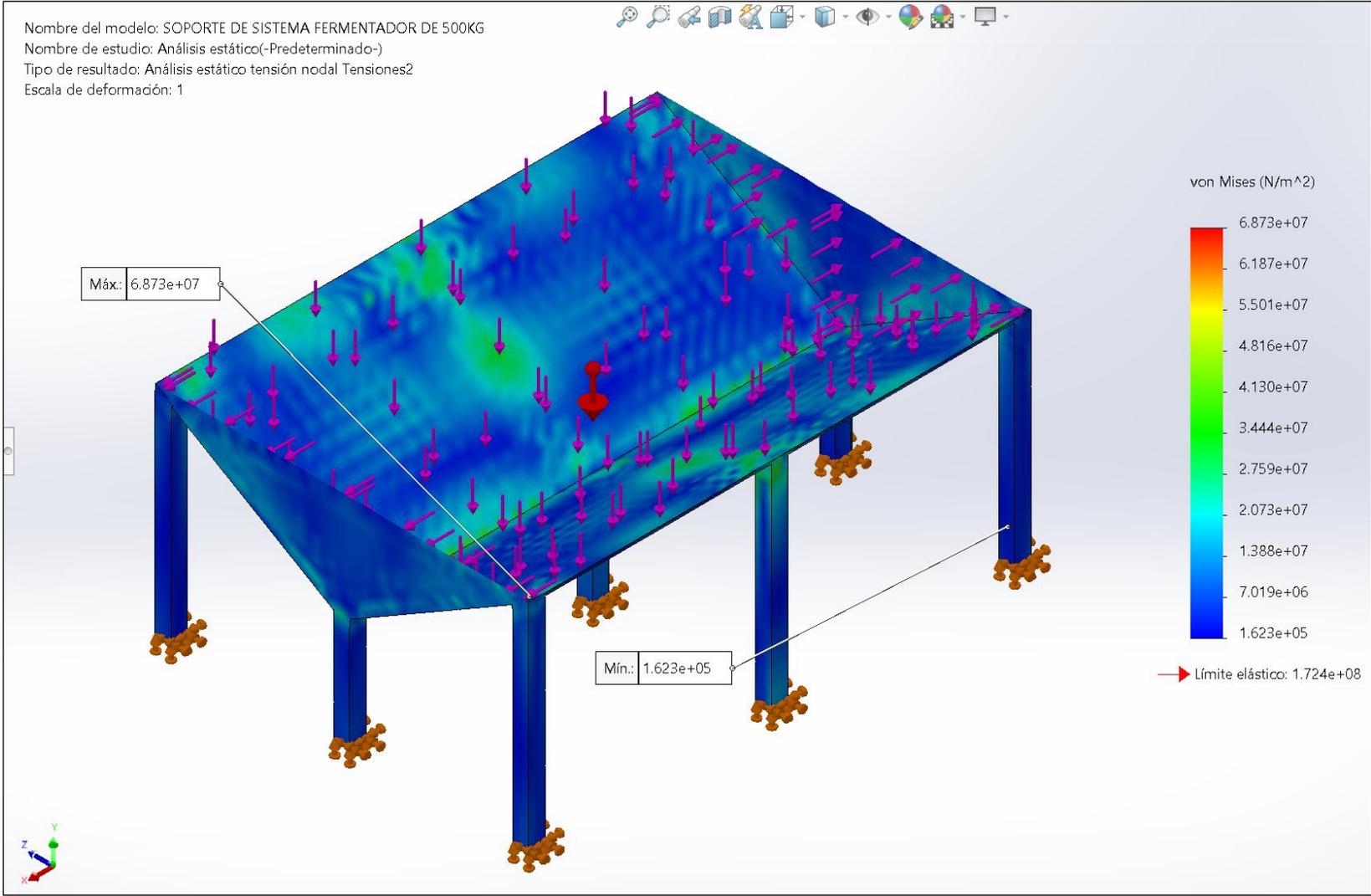
Se modeló el soporte de la máquina fermentadora, con las medidas y material seleccionado, obteniendo lo siguiente:

La Figura 27 muestra las tensiones de Von Mises que se generaron en el soporte de la máquina fermentadora, donde se obtuvo un valor máximo de 68,73 MPa y un mínimo de 162,30 kPa.

La Figura 28 detalla las deformaciones que se generaron en el soporte de la máquina fermentadora, logrando obtenerse una máxima deformación de 1,662 mm.

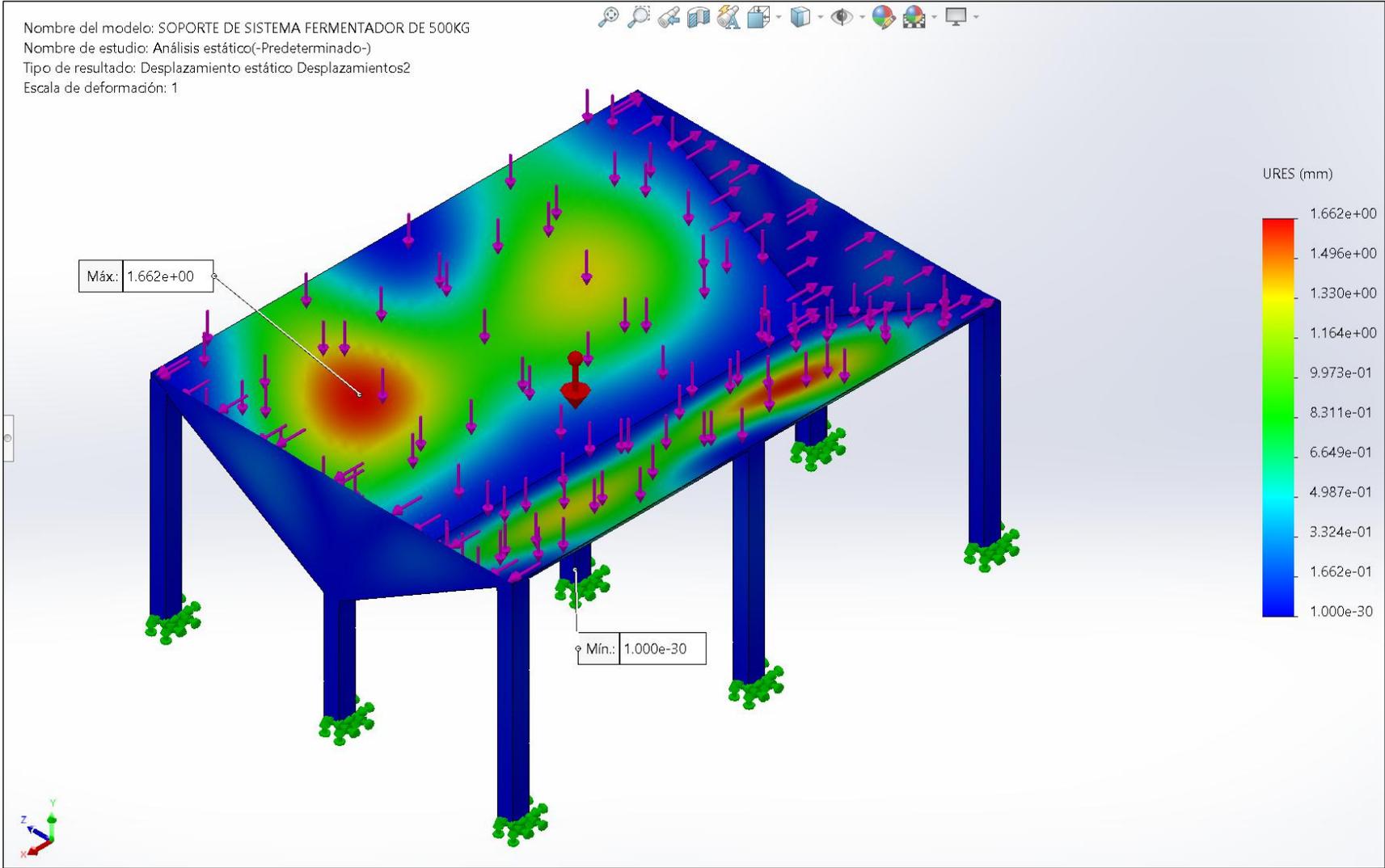
La Figura 29 brinda los factores de seguridad generados en el soporte de la máquina fermentadora, obteniéndose un valor mínimo de 2,508 y un máximo valor de 1062.

Figura 27. Tensiones de Von Mises generadas en el soporte de la máquina fermentadora.



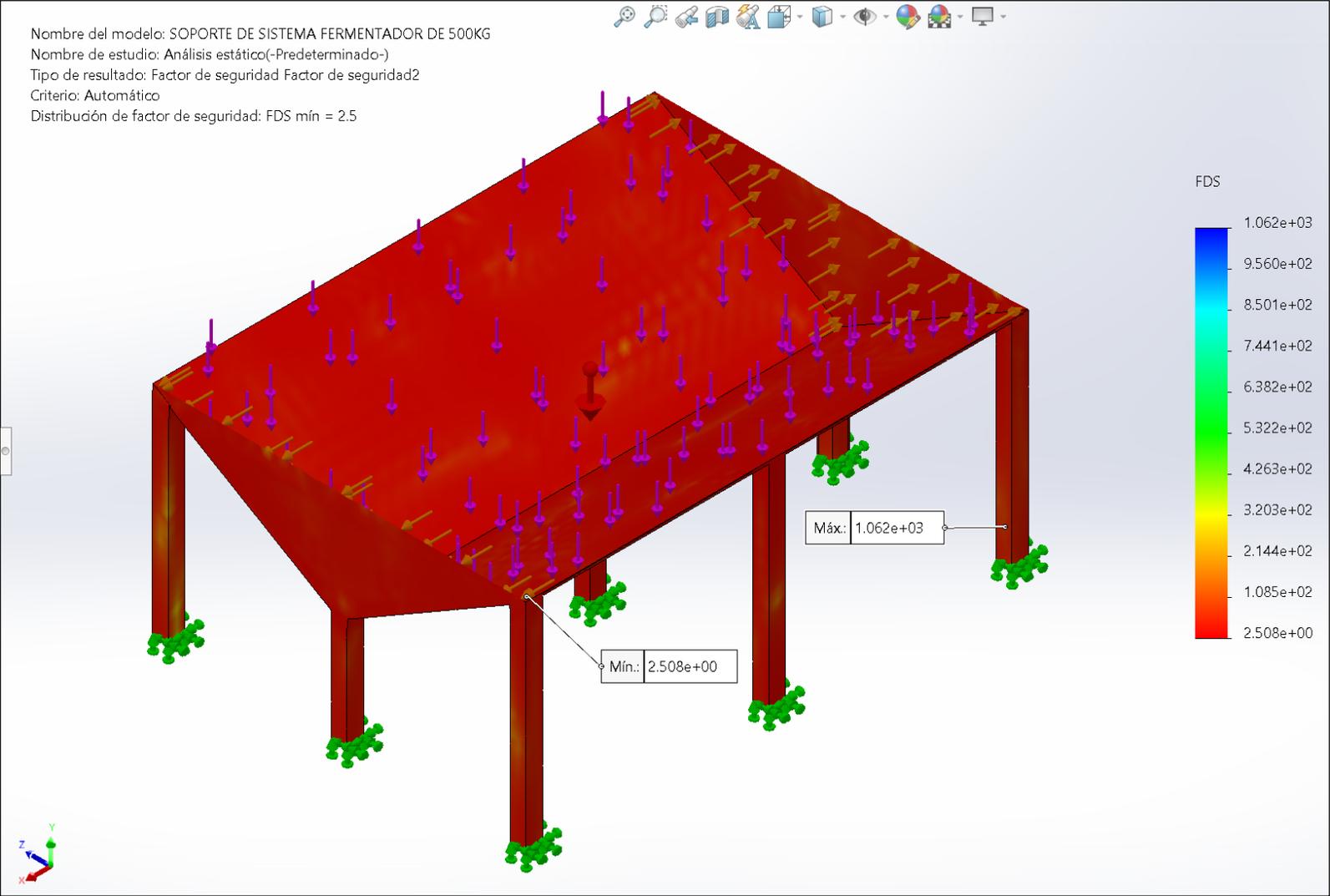
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 28. Deformaciones generadas en el soporte de la máquina fermentadora.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 29. Factores de seguridad generados en el soporte de la máquina fermentadora.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

En la Figura 30 se puede observar el modelado del fermentador o caja fermentadora, donde se alojarán los depósitos de café con capacidad de 50 kg cada uno, sumando un total de 10 unidades.

En la Figura 31 se puede apreciar el modelado de la tapa para la máquina fermentadora, que además alojarán en su interior a las dos resistencias de 3,5 kW, que son necesarias para llevar a cabo el proceso de fermentación de café.

En la Figura 32 se observa el modelado de los depósitos de 50 kg de café para la máquina fermentadora, siendo un total de 10 unidades para poder completar la capacidad total de 500 kg de café.

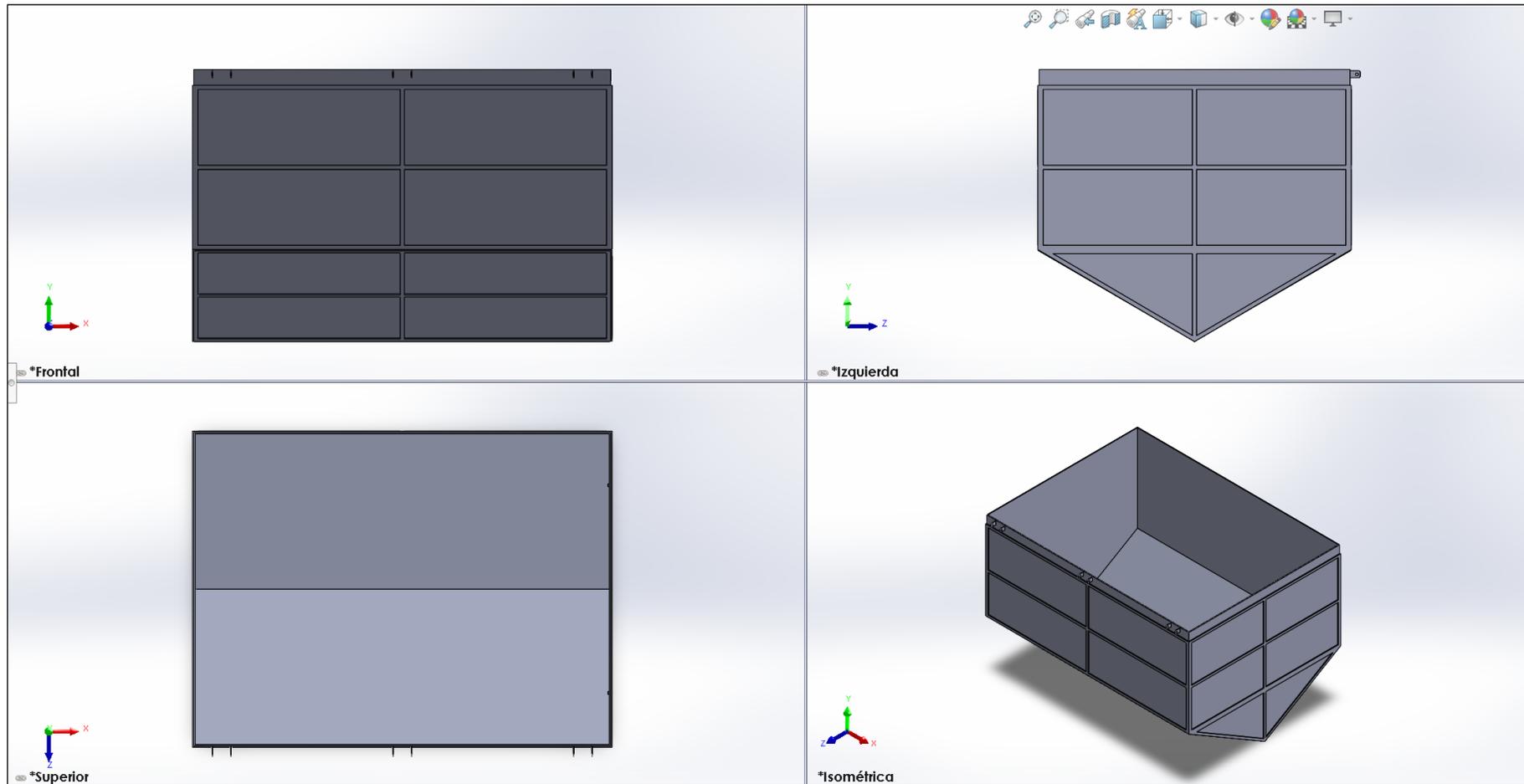
En la Figura 33 se aprecia el modelado de la resistencia de 3,5 kW y su disposición de cómo debe ir instalada en la tapa de la máquina fermentadora.

En la Figura 34 se observa el modelado de la estructura de soporte para la máquina fermentadora, diseñado adecuadamente para soportar el peso de los 500 kg además del peso de los demás elementos que conforman la máquina fermentadora.

En la Figura 35 se puede observar el modelado de las vistas del ensamblaje de la máquina fermentadora, con la finalidad de verificar como está conformada y la ubicación de cada elemento o pieza.

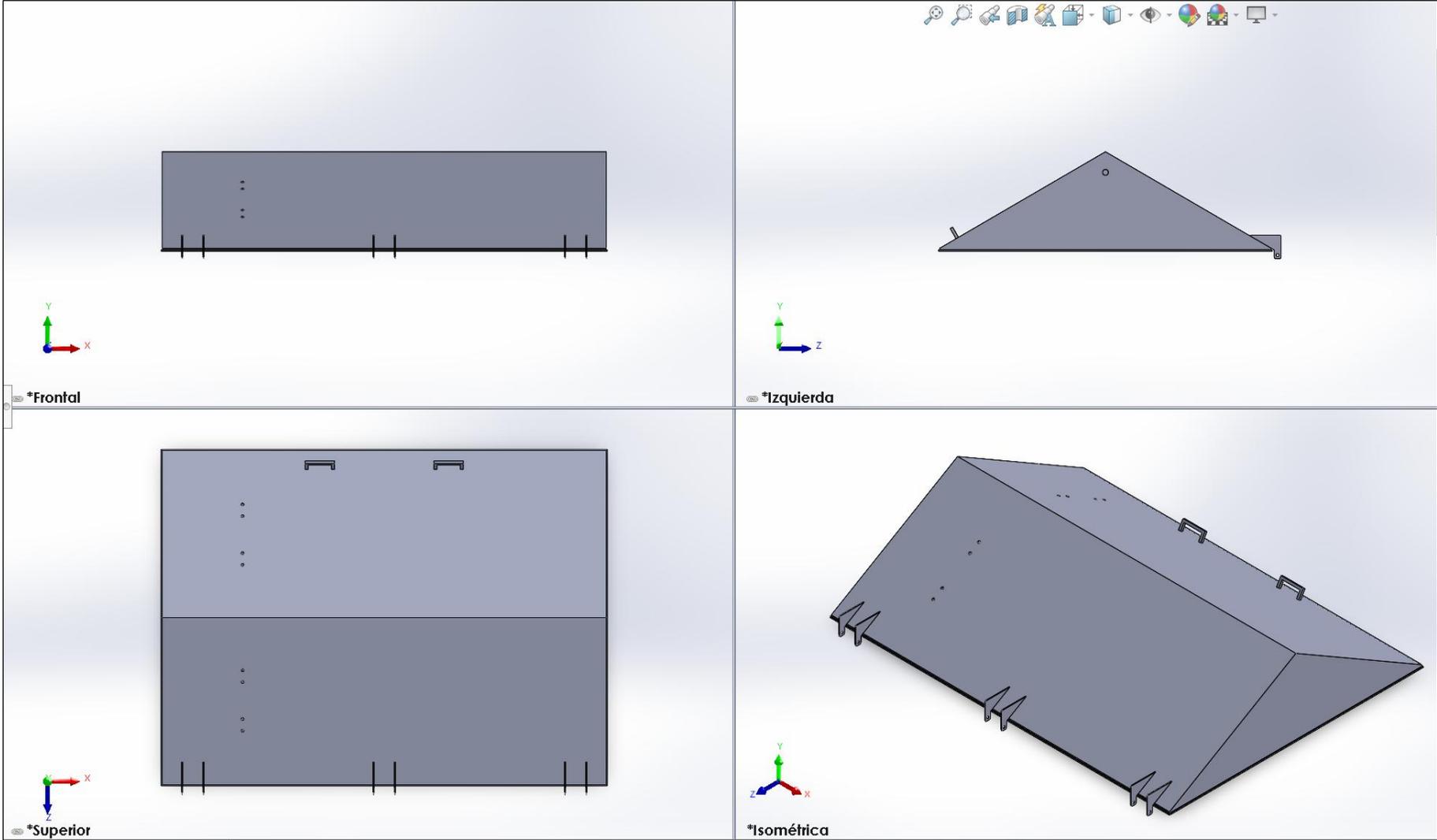
En la Figura 36 se puede verificar la vista isométrica del ensamblaje, pero apreciándose un poco más grande para una mejor comprensión de cómo fue diseñada para su posterior fabricación.

Figura 30. Modelado de fermentador o caja fermentadora.



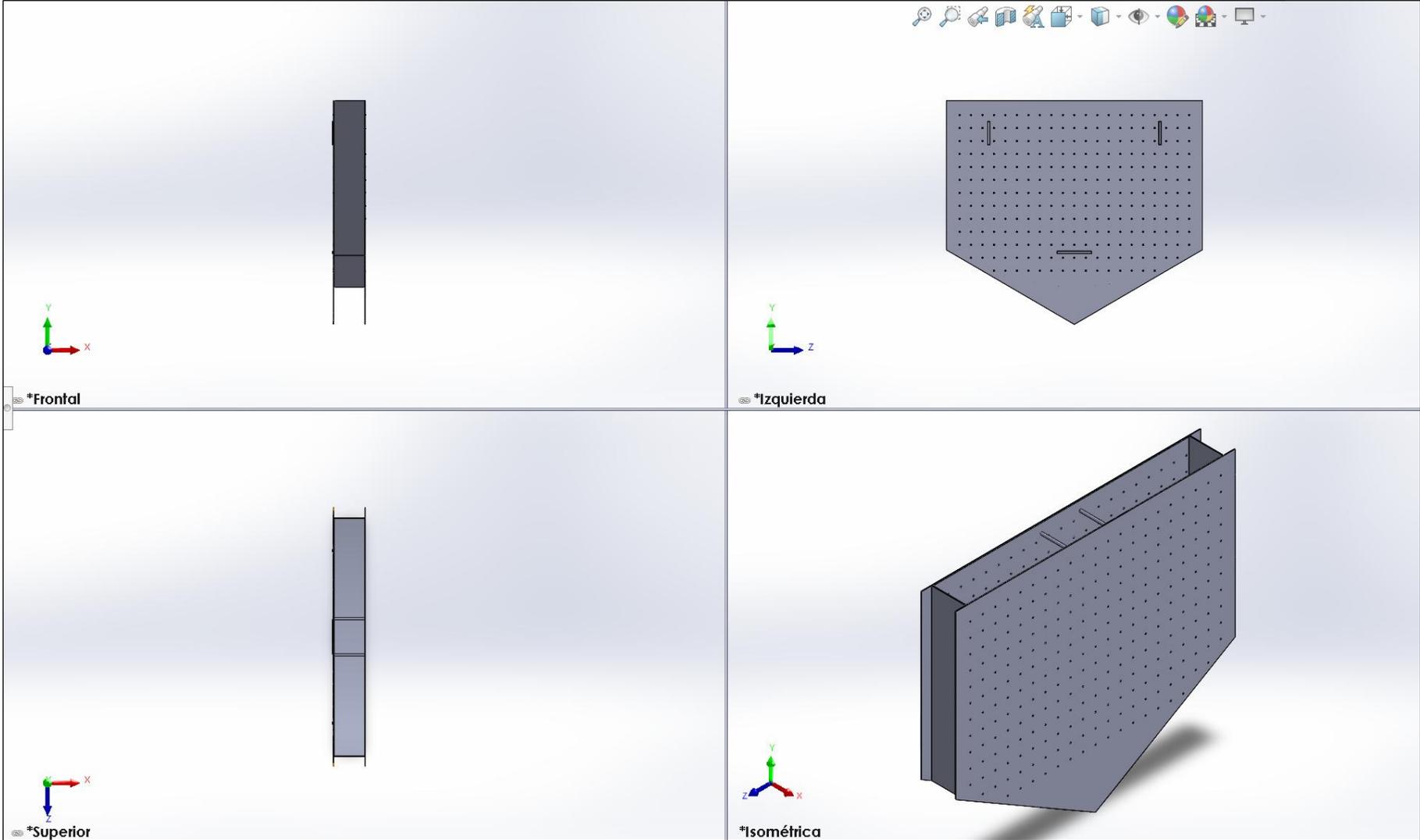
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 31. Modelado de tapa para fermentador.



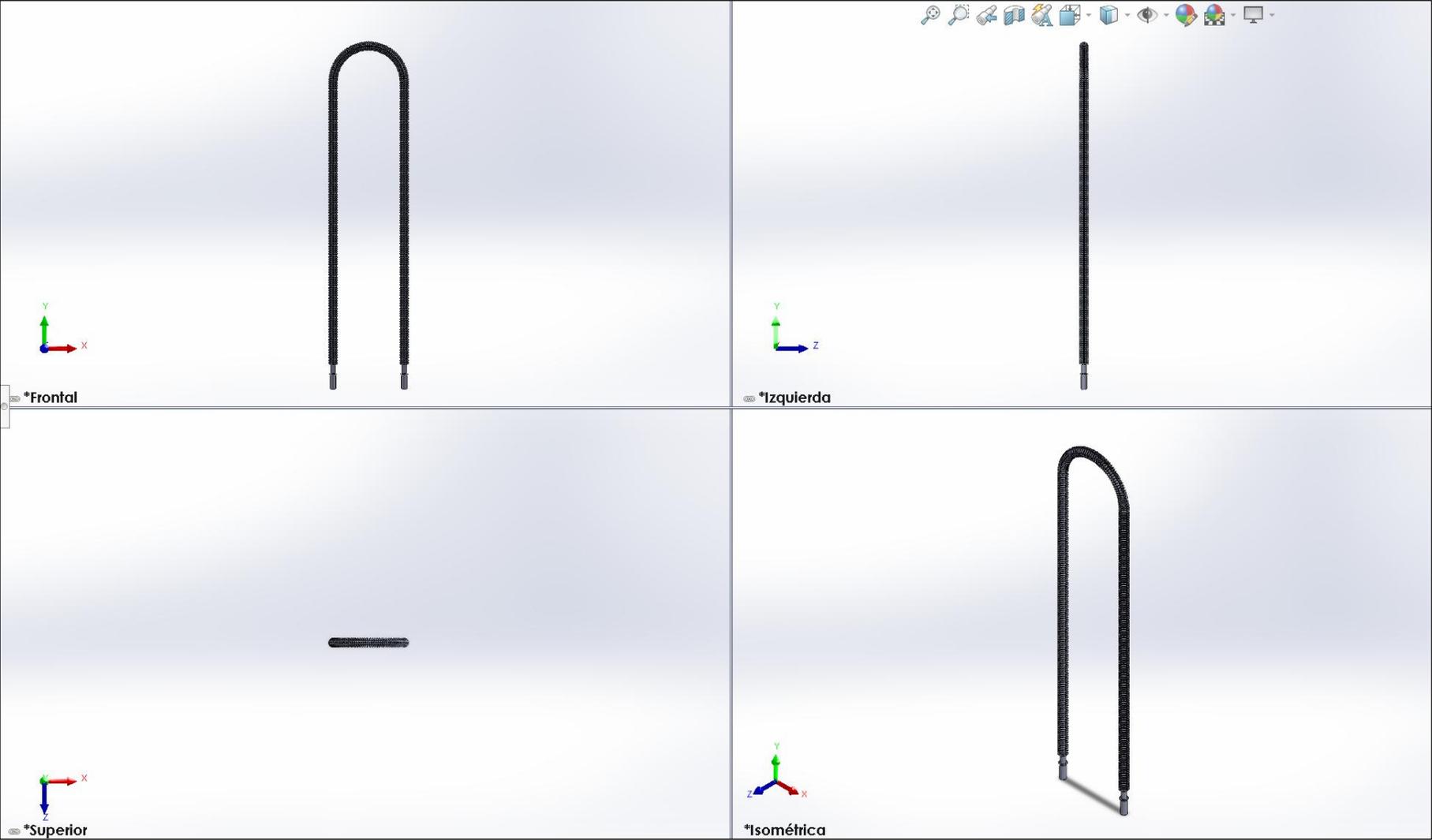
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 32. Modelado de depósito de 50 kg para fermentador.



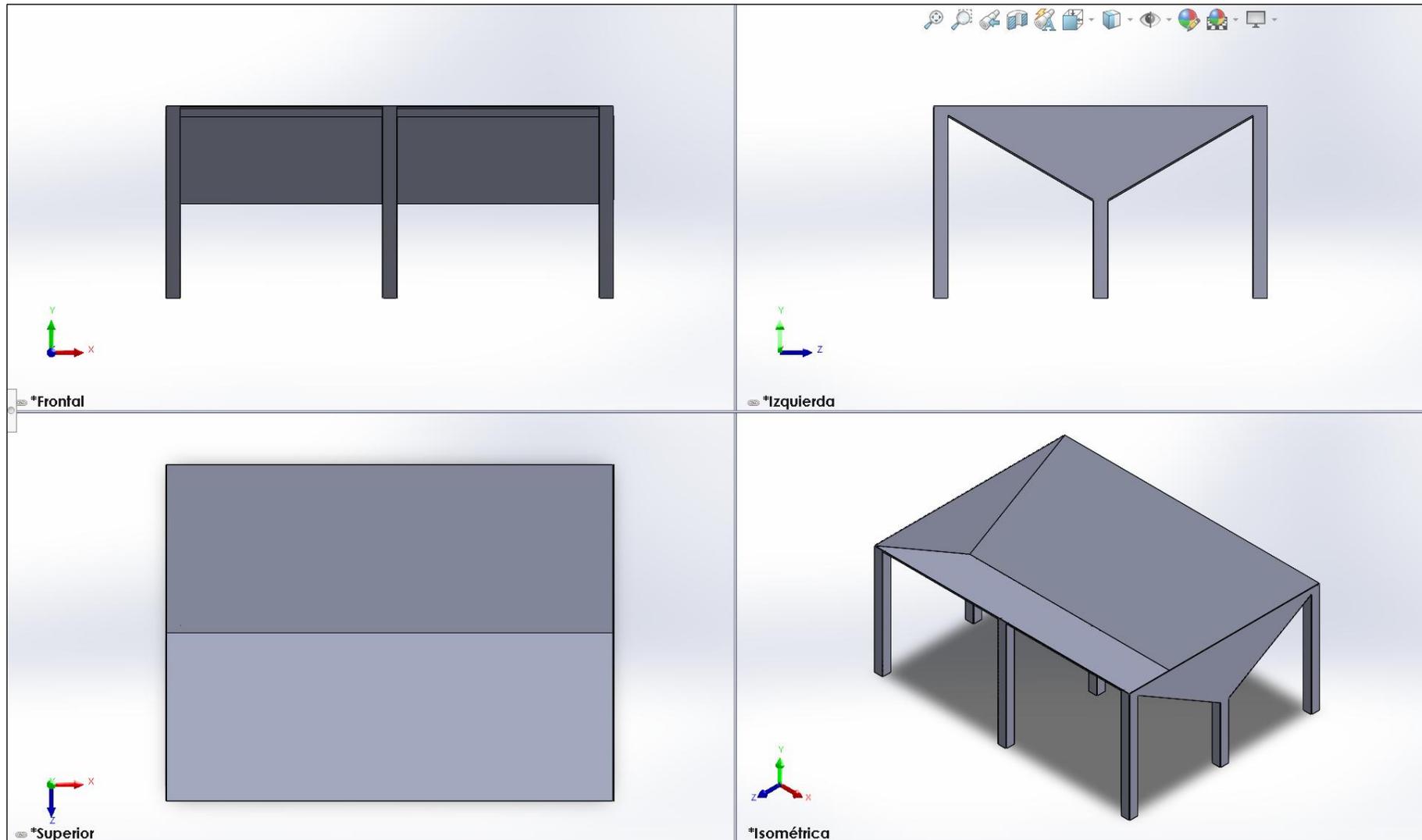
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 33. Modelado de resistencia de 3,5 kW para fermentador.



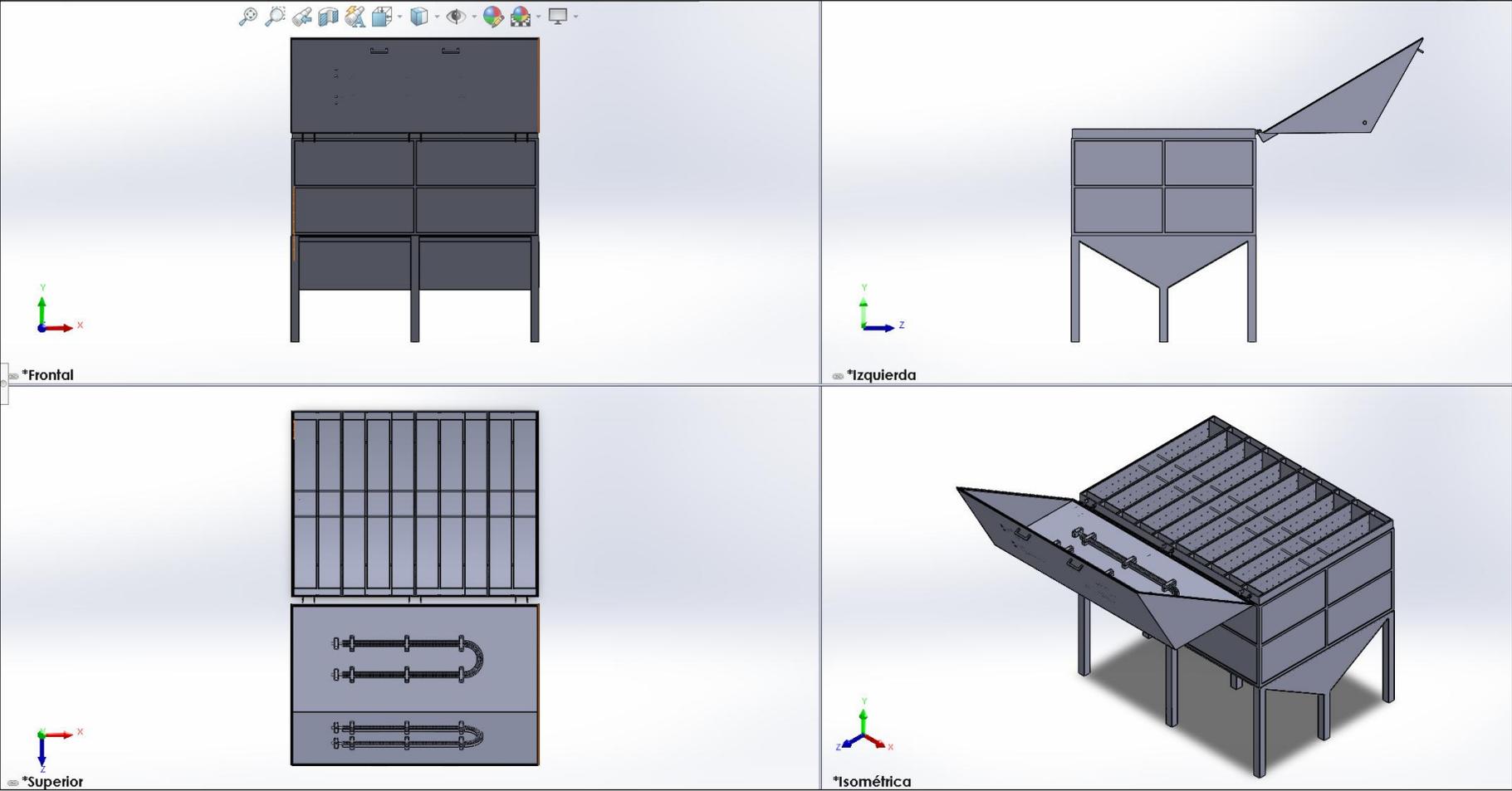
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 34. Modelado de estructura de soporte para fermentador.



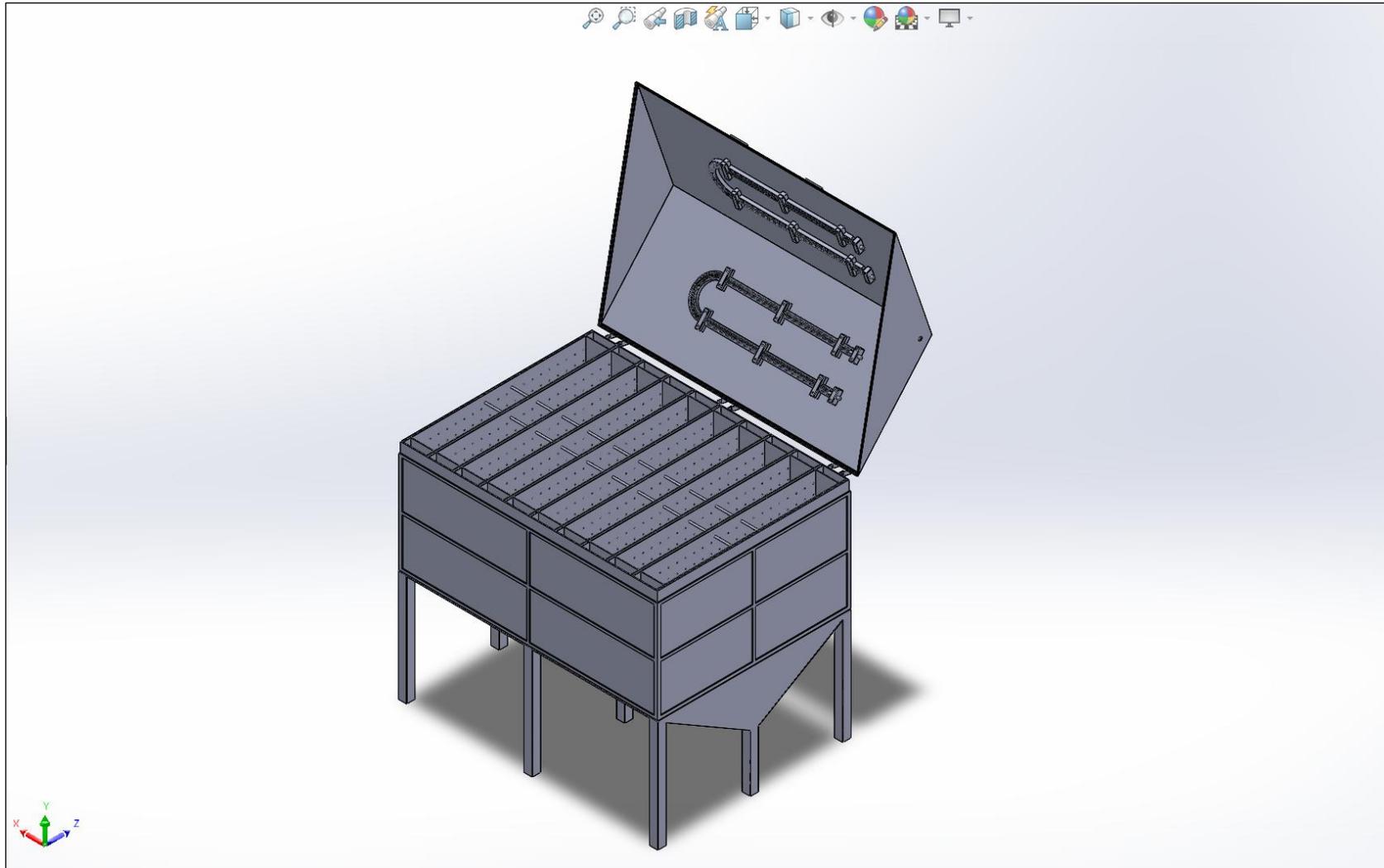
Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 35. Vistas del ensamblaje de la máquina fermentadora de café.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

Figura 36. Vista isométrica del ensamblaje de la máquina fermentadora de café.



Fuente: Generado con SolidWorks 2021.

#### **5.1.4. Estimación de mejora en la producción e indicadores de rentabilidad**

Al terminar con los cálculos, selección, modelado y simulación de los componentes de la máquina fermentadora de 500 kg de capacidad, seguidamente se elaboró el presupuesto para estimar el costo necesario para su implementación para la posteridad, donde se tomó en consideración equipamiento, insumos y materiales necesarios, además de sus precios respectivos con cantidades, como se aprecia en la Tabla 3.

Cabe precisar que para el análisis de rentabilidad se consideró una tasa de interés del 10% anual y una inflación de 4%, para que, de esa manera, el análisis realizado sea lo más preciso y cercano a la realidad.

Tabla 3. Presupuesto de la propuesta de diseño de una máquina fermentadora de 500 kg de capacidad.

Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Resistencia de 3,5 kW	2 Und	S/. 300,00	S/. 600,00
Depósito para café de 50 kg en acero 316	10 Und	S/. 500,00	S/. 5000,00
Tapa para fermentador en acero 316	1 Und	S/. 1000,00	S/. 1000,00
Caja fermentadora en acero 316	1 Und	S/. 1800,00	S/. 1800,00
Estructura de soporte en acero A36	1 Und	S/. 2100,00	S/. 2100,00
Estructura de cerámica para soporte de resistencia	2 Und	S/. 80,00	S/. 160,00
Soportes de cerámica para resistencia y estructura de porcelana	12 Und	S/. 7,00	S/. 84,00
Soporte de cerámica para extremos de resistencia	4 Und	S/. 5,00	S/. 20,00
Accesorios adicionales (pernos, tuercas, entre otros)	1 Glb	S/. 150,00	S/. 150,00
ITM Schneider Electric Easy9 2P 50A 6kA 230/400V	1 Und	S/. 47,94	S/. 47,94
Cable Indeco NHX-90 de 10 mm <sup>2</sup> Rojo	4 m	S/. 6,58	S/. 26,32
Cable Indeco NHX-90 de 10 mm <sup>2</sup> Azul	4 m	S/. 6,58	S/. 26,32
Cable Indeco NHX-90 de 10 mm <sup>2</sup> Verde/amarillo	5 m	S/. 6,58	S/. 32,90
Tablero eléctrico + accesorios	1 Glb	S/. 120,00	S/. 120,00
Sistema de control de temperatura (sensores, cableado, pantalla digital, etcétera)	1 Glb	S/. 450,00	S/. 450,00
Armado, instalación y pruebas de funcionamiento	1 Glb	S/. 2000,00	S/. 2000,00
Soldadura electrodo A312 para acero inoxidable 316	1 Glb	S/. 300,00	S/. 300,00
Soldadura electrodo E6010 para acero A36	1 Glb	S/. 200,00	S/. 200,00
<b>Subtotal de la inversión</b>			<b>S/. 14117,48</b>
<b>Imprevistos (15% Subtotal de la inversión)</b>			<b>S/. 2117,62</b>
<b>Subtotal + imprevistos</b>			<b>S/. 16235,10</b>
<b>IGV (18% del subtotal de la inversión)</b>			<b>S/. 2922,32</b>
<b>Inversión total</b>			<b>S/. 19157,42</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad se producen 500 kg de café, pero cada 42 horas, debido a que en el proceso de fermentación se emplean técnicas artesanales, lo cual conlleva mucho más tiempo en su producción, pero con la máquina fermentadora se logra producir 312,50 kg de café cada 21 horas, aumentándose la producción durante la temporada de café, que es de marzo hasta julio o agosto dependiendo de las condiciones climáticas y demanda.

Al trabajar durante 26 días por mes en la empresa, la máquina puede obtener luego de procesar el café un total de 5,63 quintales por día, con un total de 146,40 quintales por mes, y considerando que el quintal de café cuesta alrededor de S/. 856,03 hoy en día, se obtiene un ingreso por ventas mensual de S/. 125322,79, y tomando en cuenta que la temporada dura alrededor de 5 meses, se obtiene un ingreso por temporada de S/. 626613,96.

La materia prima que es café sin fermentar, que es traído desde la plantación hasta la cosecha, a un precio de S/. 8,40 por kg, se obtiene un costo por materia prima de café por mes de S/. 109200,00, y por temporada de S/. 546000,00.

El costo de operación de la máquina fermentadora, conlleva los pagos debido a mano de obra por operarios que realizan el trabajo de cargar el café en los depósitos, encendido, monitoreo y demás actividades hasta finalizar el proceso de fermentación, siendo en total 2 personas, una que se encarga de verificar la máquina además del llenado, y otra persona que se encarga de llevar y realizar el siguiente proceso que es del

almacenamiento para su posterior venta por quintal, donde se le paga mensualmente a cada uno un salario de S/. 2500,00, incluyendo sus beneficios de acuerdo a Ley, corresponde un total de 6 salarios por temporada, siendo un total de S/. 30000,00.

El costo de mantenimiento anual es de aproximadamente el 20% de la inversión inicial, obteniendo un costo por mantenimiento de S/. 3831,48 por temporada.

El costo por consumo de energía eléctrica se calculó considerando un consumo de 7 kW por 21 horas, cada 26 días, por 5 meses, se obtiene un consumo de energía de 19110 kWh por temporada, a un costo de S/. 0,7843 por kWh de acuerdo con Electro Oriente, se genera un costo por energía de S/. 14987,97 por temporada.

En la Tabla 4 se puede verificar el flujo de caja que se utilizó para efectuar y analizar los indicadores de rentabilidad, donde el presupuesto estimado fue de S/. 19157,42, obteniendo un VAN de S/. 95143,51, TIR de 107,81% y un Payback de 0,98 años o aproximadamente 12 meses.

Tabla 4. Ingresos y egresos para analizar la rentabilidad de la máquina fermentadora.

Año	Inversión	Ventas de café	Materia prima	Costo de operación	Costo de mantenimiento	Costo por consumo de energía	Ingreso Bruto	Impuesto a la Renta	Ingreso Neto	Ingreso Neto Actualizado
0	-S/ 19157,42									-S/ 19157,42
1		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 21400,15	S/ 19454,68
2		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 20577,07	S/ 17005,84
3		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 19785,64	S/ 14865,24
4		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 19024,65	S/ 12994,09
5		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 18292,94	S/ 11358,47
6		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 17589,36	S/ 9928,74
7		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 16912,85	S/ 8678,97
8		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 16262,35	S/ 7586,51
9		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 15636,88	S/ 6631,56
10		S/ 626613,96	S/ 546000,00	S/ 30000,00	S/ 3831,48	S/ 14987,97	S/ 31794,51	S/ 9538,35	S/ 15035,46	S/ 5796,82

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Discusión de resultados

De acuerdo con la información obtenida del desarrollo del primer objetivo, el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café enfatizando el proceso de fermentado lleva un total de 42 horas para ser llevado a cabo, con una capacidad de 500 kg por jornada de trabajo. Dicha información tiene coherencia con los datos objetivos en la investigación de Pérez & Osso (2021), ya que calcularon que tiempo de fermentación con métodos tradicionales es de 35 horas, cercano a las 42 horas que se emplean en la empresa actualmente. Aunque, tiene cierta diferencia con el estudio de Contreras et al. (2023), ya que calcularon que el tiempo de fermentación para el tipo de café empleado era de 24 horas, casi la mitad del obtenido en el presente estudio, lo cual puede deberse a diferentes factores, como un menor contenido de humedad, mejor temperatura ambiente o condiciones climáticas que permiten mejorar el tiempo de fermentado.

Con respecto a los componentes y elementos electromecánicos para la máquina fermentadora se seleccionó dos resistencias eléctricas de 3.5 kW cada una, una cámara fermentadora en forma hexagonal con 0,65 m de lado regular, un interruptor termomagnético de 2x50A, cable NHX-90 de 10 mm<sup>2</sup>, además de 10 depósitos para café de 50 kg cada uno, una estructura de soporte, sistema de control y monitoreo de temperatura, tapa para la máquina fermentadora donde se alojan las resistencias y demás accesorios de cerámica para su aislamiento, empleando acero 316 para su fabricación además de un Arduino Uno con sensor de temperatura y humedad DHT22 AM2303 para el sistema de control de temperatura y humedad. Dichos

resultados tienen coherencia con los obtenidos por Carbajal et al. (2022), ya que también utilizaron un sistema de control para poder monitorear la temperatura y demás indicadores importantes durante el proceso de fermentado de café, logrando obtener 84 puntos en el café que produjeron de forma controlada y eficiente.

En relación al objetivo sobre la simulación realizada con software CAD/CAE se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 6,619 para el depósito o cámara fermentadora, de 5,944 para el depósito de 50 kg de café y de 2,508 para el soporte de la máquina fermentadora, brindando la seguridad que los elementos han sido dimensionados adecuadamente. Logrando tener coherencia con la información obtenida por Sagita et al. (2022), que determinaron que la temperatura adecuada para el proceso de fermentación debe estar cerca de los 37°C para el tipo de café que utilizaron, bastante cercano a los 40°C empleados en la presente investigación, demostrando cierta similitud entre cada tipo o variedad de café.

Finalmente, respecto a la producción se logró duplicar, pasando de 42 horas a 21 horas, obteniéndose un costo de inversión de S/. 19157,42, con un VAN de S/. 95143,51, una TIR de 107,81% y un tiempo para la recuperación de la inversión inicial de aproximadamente 12 meses, mostrando que el proyecto es altamente rentable y atractivo para invertir. Teniendo coherencia con la investigación de Sánchez (2018), ya que también logró demostrar la factibilidad del sistema fermentador propuesto, obteniendo un VAN superior a cero y una TIR superior a la tasa de descuento empleada, además de un tiempo de recuperación de la inversión de aproximadamente 1 año.

## CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- El proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café enfatizando el proceso de fermentado lleva un total de 42 horas para ser llevado a cabo, con una capacidad de 500 kg por jornada de trabajo.
- Entre los componentes y elementos electromecánicos para la máquina fermentadora se seleccionó dos resistencias eléctricas de 3,5 kW cada una, una cámara fermentadora en forma hexagonal con 0,65 m de lado regular, un interruptor termomagnético de 2x50A, cable NHX-90 de 10 mm<sup>2</sup>, además de 10 depósitos para café de 50 kg cada uno, una estructura de soporte, tapa para la máquina fermentadora donde se alojan las resistencias y demás accesorios de cerámica para su aislamiento, empleando acero 316 para su fabricación, y para el sistema de control de temperatura y humedad se emplea Arduino Uno con un sensor de temperatura y humedad DHT22 AM2303.
- De acuerdo con la simulación realizada con software CAD/CAE se obtuvo un factor de seguridad mínimo de 6,619 para el depósito o cámara fermentadora, de 5,944 para el depósito de 50 kg de café y de 2,508 para el soporte de la máquina fermentadora, brindando la seguridad que los elementos han sido dimensionados adecuadamente.
- La producción se logra duplicar, pasando de 42 horas a 21 horas, duplicándose la producción de café, obteniéndose un costo de inversión de S/. 19157,42, con un VAN de S/. 95143,51, una TIR de 107,81% y un tiempo para la recuperación de la inversión inicial de aproximadamente 12 meses, mostrando que el proyecto es altamente rentable y atractivo para invertir.

## 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar una revisión o diagnóstico total del proceso de producción de café para determinar en qué proceso se requiere realizar mejoras de manera que se optimice la producción en todos los aspectos.
- Se recomienda efectuar un análisis de demanda de café en la zona o a nivel internacional para exportación, de modo que se pueda diseñar una máquina fermentadora de mayor capacidad y con la posibilidad de reducir el tiempo en el proceso de fermentación sin perder cualidades en el café.
- Se puede emplear otro software CAD/CAE para determinar los esfuerzos máximo y mínimos, deformaciones y factores de seguridad, de manera que se pueda realizar una comparación con los resultados obtenidos de SolidWorks.
- Se recomienda tener en cuenta la tasa de descuento actual para los distintos tipos de proyectos de inversión, además de utilizar la inflación respectiva de modo que el análisis de rentabilidad se asemeje lo más cercano a la realidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la Investigación*. Enfoques Consulting EIRL.
- Briones Díaz, E. F. (2022). *Diseño de una máquina fermentadora de cacao con 450 kg de capacidad para generar una remoción uniforme del grano, ubicada en Jaén*. Repositorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Carbajal Guerreros, I., Pilco Valles, H., García Herrera, F. A., Coronel Rufasto, I., Gonzales Díaz, J. R., & Cabanillas Pardo, L. (2022). Fermentador inteligente con tecnología de fermentación controlada para estandarizar procesos de fermentación de cafés de especialidad. *INNOVATEPERU*, 2(1), 1-21. <https://doi.org/10.51252/raa.v2il.303>
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>
- Contreras Pérez, W. D., Huaman Laura, J. D., & Meza Huayta, L. M. (2023). *Diseño y prototipado de una máquina fermentadora de café para mejorar las características organolépticas de la variedad Catimor en la provincia de Chanchamayo*. Repositorio Institucional de la Universidad Continental.
- Darmajanal, D. A., Sagita, D., Hidayat, D. D., Novrinaldi, & Sitorus, A. (2020). Design and performance of ohmic-based fermentor model for controlling fermentation process. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 542, 1-10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/542/1/012033>
- Garrido, C. (25 de enero de 2015). Los beneficios del café con moderación. *ABC*, pág. 63. [https://secardiologia.es/images/comunicacion/CLIPPINGS/ABC\\_25-01-15.pdf](https://secardiologia.es/images/comunicacion/CLIPPINGS/ABC_25-01-15.pdf)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2020). *Guía Práctica de Caficultura*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Janissen, B., & Huynh, T. (2018). Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
- Lin, H., Tello, E., Simons, C. T., & Peterson, D. G. (2022). Identification of Non-Volatile Compounds Generated during Storage That Impact Flavor Stability of Ready-to-Drink Coffee. *Molecules*, 27(2120), 1-16. <https://doi.org/10.3390/molecules27072120>
- Montilla-Pérez, J., Arcila-Pulgarín, J., Aristizábal-Loaiza, M., Montoya-Restrepo, E. C., Puerta-Quintero, G. I., Oliveros-Tascón, C. E., & Cadena-Gómez, G. (2008). Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. *Avances Técnicos Cenicafé*, 1-8.
- Padilla Avalos, C. A., & Marroquín Soto, C. (2021). Enfoques de Investigación en Odontología: Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. *Revista Estomatología Herediana*, 31(4), 338-340. <https://doi.org/10.20453/reh.v31i4.4104>
- Pérez Santofimio, E. A., & Osso Bolaños, J. B. (2021). *Análisis de la calidad de taza y el factor de rendimiento de las variedades de café (coffea arabica L.) Castillo y Bourbon Rosado, bajo las mismas condiciones de fermentación en la finca la primavera de la vereda Betania del municipio Pitalito-Huila*. Repositorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Pérez, J., Calderón, M. S., Bustamante, D. E., Caetano, A. C., Mendoza, J. E., & Fernández Güimac, S. L. (2023). Variability of volatile compound profiles during two coffee fermentation times in northern Peru using SPME-GC/MS. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, 1-14. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.07722>
- Peshev, D., Mitev, D., Peeva, L., & Peev, G. (2018). Valorization of spent coffee grounds – A new approach. *Separation and Purification Technology*, 192, 271-277. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.10.021>
- Plazas Pemberthy, L. A. (2022). *Desarrollo de un sistema para el monitoreo inteligente del proceso de fermentación del café*. Repositorio de la Universidad Autónoma de Occidente.

- Puerta Quintero, G. I. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Avances Técnicos - CENIFACÉ*, 1-12.
- Puerta Quintero, G. I. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances Técnicos CENICAFÉ*, 1-12.
- Quiroa, M. (10 de diciembre de 2019). *Proceso productivo*. Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones/proceso-productivo.html>
- Redacción National Geographic. (23 de febrero de 2023). *7 beneficios que le causa al cuerpo beber café*. National Geographic: <https://www.nationalgeographic.com/ciencia/2023/02/7-beneficios-que-le-causa-al-cuerpo-beber-cafe>
- Rodrigues Vegro, C. L., & Florencio de Almeida, L. (2020). Chapter 1 - Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. *Coffee consumption and Industry Strategies in Brazil*, 3-19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814721-4.00001-9>
- Sagita, D., Setiaboma, W., Kristanti, D., Kurniawan, Y. R., Dayat Hidayat, D., Darmajana, D. A., . . . Nugroho, P. (2022). Experimental investigation of heating pattern, energy requirement and electrical conductivity in a batch ohmic heating system for coffee fermentation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 76, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102946>
- Sakr, M., & Liu, S. (2014). A comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.061>
- Sánchez de la Cruz, I. G. (2018). *Efecto de la adición de levadura (Saccharomyces sp) en el proceso de fermentación de café (Coffea arabica)*. Repositorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research Methods For Business: A Skill Building Approach, 7th Edition*. John Wiley & Sons.
- Taha, H. A. (2017). *Investigación de Operaciones*. Pearson.

- Velásquez O., R. A. (2019). *Guía de variedades de café*. Asociación Nacional del Café, Anacafé.
- Wei Lee, L., Wai Cheong, M., Curran, P., Yu, B., & Quan Liu, S. (2015). Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182-191. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- Widyotomo, S., & Yusi, Y. (2013). Optimizing of Arabica Coffee Bean Fermentation Process Using a Controlled Fermentor. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 29(3), 53-68. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v29i1.191>
- Yusianto, & Widyotomo, S. (2013). Quality and flavor profiles of arabica coffee processed by some fermentation treatments: Temperature, containers, and fermentation agents addition. *Pelita Perkebunan*, 29(3), 220-239.

# ANEXOS

## Anexo 1 – Instrumento de recolección de datos

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

\* SID = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : SAN IGNACIO

Departamento : CAJAMARCA      Provincia : SAN IGNACIO      Distrito : SAN IGNACIO

Latitud : 5°8'42.49"      Longitud : 78°59'42.44"      Altitud : 1243 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica      Código :      105058

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/03/2024	24.2	20	90.7	38.2
2/03/2024	25.4	19	84.6	0.2
3/03/2024	28.2	19.6	79.3	15.6
4/03/2024	25.2	20.4	91.8	7.7
5/03/2024	25.6	20	91.5	1.2
6/03/2024	25.2	20.4	92.3	1.2
7/03/2024	25.2	19.2	92.1	1.4
8/03/2024	25.2	19.8	91.2	1.9
9/03/2024	26.2	18.4	87.9	0.7
10/03/2024	26.8	19.4	86.8	2.6
11/03/2024	27.6	19.6	82.7	0
12/03/2024	26.6	20.4	86.7	0.8
13/03/2024	26.6	20.2	85.5	3.7
14/03/2024	26.4	20.4	88.7	18.8
15/03/2024	27.6	19	84.8	0.3
16/03/2024	28.4	18.6	82.4	0
17/03/2024	27.4	18.2	79.6	0
18/03/2024	26.6	20	82.5	0.1
19/03/2024	23.6	20	90.4	5.3
20/03/2024	30	17.6	75.2	0
21/03/2024	32	19	74.4	3.6
22/03/2024	27.2	19.8	80.5	0
23/03/2024	28	20.4	78.5	0
24/03/2024	31	19.8	72.3	0
25/03/2024	32.4	21.4	72.5	0
26/03/2024	32.2	21	61.9	0
27/03/2024	32.6	19.6	56.7	0
28/03/2024	32.2	16	61.1	0
29/03/2024	31.4	20.9	65.6	2.3
30/03/2024	24.8	19.4	85.4	0.6
31/03/2024	29.2	20	77.9	0

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

\* S/D = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : SAN IGNACIO

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : SAN IGNACIO

Latitud : 5°8'42.49"

Longitud : 78°59'42.44"

Altitud : 1243 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

105058

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/04/2024	30	20	81.4	13.3
2/04/2024	25.6	20	85.6	15.5
3/04/2024	26	19.6	89.4	0.8
4/04/2024	27.6	20	85.6	0.6
5/04/2024	27.2	19.8	83.6	1
6/04/2024	27.8	19.8	81.7	0.6
7/04/2024	27.6	19.4	79.5	0.2
8/04/2024	25.8	19.6	84.1	0
9/04/2024	26.4	19.8	80.6	1.3
10/04/2024	29.8	18.4	74.9	0
11/04/2024	28.6	20.4	74.9	0
12/04/2024	28.8	20.2	71.1	0
13/04/2024	26.2	20.6	83.7	0.2
14/04/2024	28	20.4	75.5	0
15/04/2024	28.6	17.6	73.7	0
16/04/2024	24.3	20	88.8	7.3
17/04/2024	28	20	81.4	0
18/04/2024	29.4	19.6	77	2.1
19/04/2024	29.5	20.4	78.6	4.7
20/04/2024	27.4	19.8	85.2	2.9
21/04/2024	26	19.8	88.5	9.3
22/04/2024	24.4	18.6	89.5	1.8
23/04/2024	28.6	19.2	81	0
24/04/2024	26.6	20.2	86.3	0.5
25/04/2024	28.4	20	82.4	0
26/04/2024	30.2	19.8	76.8	9.5
27/04/2024	26.8	20.2	86.6	1.5
28/04/2024	27.2	19.8	85.4	0.9
29/04/2024	29.2	19.6	77.2	0.9
30/04/2024	28.2	19.8	83.9	2.3

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

\* S/D = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : SAN IGNACIO			
Departamento :	CAJAMARCA	Provincia :	SAN IGNACIO
		Distrito :	SAN IGNACIO
Latitud :	5°8'42.49"	Longitud :	78°59'42.44"
		Altitud :	1243 msnm.
Tipo :	CO - Meteorológica	Código :	105058

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/05/2024	29.2	20	77.9	0
2/05/2024	30.6	18.6	73.6	0
3/05/2024	28.6	20	79.5	0
4/05/2024	26.8	20.4	81.9	0.5
5/05/2024	29.4	19.2	76.3	13.6
6/05/2024	26.3	20	88.5	0.3
7/05/2024	25.8	20.2	90	0.4
8/05/2024	26.5	20.2	84.8	0.2
9/05/2024	29.2	19.6	77.3	0
10/05/2024	27.6	20.6	79.1	0
11/05/2024	29.8	20.8	74.8	0
12/05/2024	29.8	21.2	71.3	0.1
13/05/2024	25.7	19.4	85.1	3.4
14/05/2024	26.8	17.6	82.9	4
15/05/2024	28	19.8	82.6	0.5
16/05/2024	27	19.6	81.9	2.2
17/05/2024	28.8	18.4	78.1	0
18/05/2024	26.2	18.6	85.6	0.1
19/05/2024	22.2	20	93.3	17.8
20/05/2024	27.6	18.8	82.3	6.5
21/05/2024	27.1	18	83.9	3.5
22/05/2024	26.2	19.8	90.3	5.3
23/05/2024	30	18	75.2	0
24/05/2024	30	18.8	72.3	0.2
25/05/2024	24.2	18.4	88.1	3
26/05/2024	26.3	18.4	84.7	0.1
27/05/2024	27.2	18.6	80.5	0
28/05/2024	29	18.6	74.6	0
29/05/2024	28.8	19.4	71.8	0
30/05/2024	28.2	18	74	0
31/05/2024	29.2	18.8	68	0

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

\* S/D = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : SAN IGNACIO

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : SAN IGNACIO

Latitud : 5°8'42.49"

Longitud : 78°59'42.44"

Altitud : 1243 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

105058

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/06/2024	30.4	16	68.1	0
2/06/2024	30.4	16	66.6	0
3/06/2024	29.6	15.6	62.9	0
4/06/2024	28.6	15.6	61.1	0
5/06/2024	25.4	19	72.1	5.1
6/06/2024	24.4	18	86.4	0.5
7/06/2024	27.8	18.6	75.6	0
8/06/2024	26.4	19	77.7	0.8
9/06/2024	26	19.2	82.9	0.9
10/06/2024	26.4	19	80.3	0.6
11/06/2024	23.2	19.2	90.1	3.7
12/06/2024	26.4	18.8	84.5	4.6
13/06/2024	26	19.2	87	0.6
14/06/2024	30.4	19	74.8	0
15/06/2024	24	19	92.2	1
16/06/2024	21.8	18.8	96.8	15.1
17/06/2024	27.4	18	82.7	0
18/06/2024	29	16.6	74.6	0
19/06/2024	29.2	18.8	74.1	0.2
20/06/2024	27.2	19.4	77.5	9.3
21/06/2024	23.8	18.8	91.5	7.3
22/06/2024	28.4	18.6	79.3	0
23/06/2024	29.5	17.2	74.7	0
24/06/2024	29.4	17.4	72.8	0
25/06/2024	27	17.8	79.5	0.7
26/06/2024	26.6	17.2	84	0
27/06/2024	27.4	18.8	74.5	0
28/06/2024	29.2	18.8	68.6	0
29/06/2024	29	16.6	72.4	0
30/06/2024	25.4	17.2	78.2	0

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Legenda:

\* SID = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : SAN IGNACIO

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : SAN IGNACIO

Distrito : SAN IGNACIO

Latitud : 5°8'42.49"

Longitud : 78°59'42.44"

Altitud : 1243 msnm.

Tipo : CO - Meteorológica

Código :

105058

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/07/2024	23.8	18.6	91.8	2.6
2/07/2024	24.4	19	90.2	5.3
3/07/2024	27.8	18.4	79.4	0
4/07/2024	29.2	15.4	69	0
5/07/2024	28	18.4	75.6	3.8
6/07/2024	24.8	18.6	88.6	2.5
7/07/2024	26	18.6	84.3	3.2
8/07/2024	26	18	79	0
9/07/2024	27	15.2	72.2	0
10/07/2024	24.8	18.4	78.9	0
11/07/2024	27.4	17.8	74.9	0
12/07/2024	26.1	17.8	81.1	3.7
13/07/2024	23.8	18.3	86.8	0.9
14/07/2024	26.4	18.4	76	0
15/07/2024	26.4	16	72.8	0
16/07/2024	27	16.4	67.4	0
17/07/2024	26.4	15.4	67.4	0
18/07/2024	26.4	15.2	71.5	0
19/07/2024	28.8	18.2	64.1	0
20/07/2024	27.4	18.4	66	0
21/07/2024	27.4	19	63.3	0
22/07/2024	24.2	18.4	72.9	0
23/07/2024	24	19	78.4	0
24/07/2024	28.2	16.8	73.2	0
25/07/2024	27.8	18.6	71.2	0
26/07/2024	28.6	18.2	64.7	0
27/07/2024	30.8	15.8	60.7	0
28/07/2024	27.6	19	67.5	0
29/07/2024	24.4	18.6	85.1	6.6
30/07/2024	25.1	18.4	86.4	8.6
31/07/2024	28.4	18.4	73.2	0

## Anexo 2 – Propiedades del agua saturada

**TABLA A-9**

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P <sub>sat</sub> kPa	Densidad, ρ kg/m <sup>3</sup>		Entalpía de vaporización, h <sub>fg</sub> kJ/kg	Calor específico, C <sub>p</sub> J/kg · °C		Conductividad térmica, k W/m · °C		Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 <sup>-3</sup>	0.922 × 10 <sup>-5</sup>	13.5	1.00	-0.068 × 10 <sup>-3</sup>
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 <sup>-3</sup>	0.934 × 10 <sup>-5</sup>	11.2	1.00	0.015 × 10 <sup>-3</sup>
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 <sup>-3</sup>	0.946 × 10 <sup>-5</sup>	9.45	1.00	0.733 × 10 <sup>-3</sup>
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 186	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 <sup>-3</sup>	0.959 × 10 <sup>-5</sup>	8.09	1.00	0.138 × 10 <sup>-3</sup>
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 <sup>-3</sup>	0.973 × 10 <sup>-5</sup>	7.01	1.00	0.195 × 10 <sup>-3</sup>
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 <sup>-3</sup>	0.987 × 10 <sup>-5</sup>	6.14	1.00	0.247 × 10 <sup>-3</sup>
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 <sup>-3</sup>	1.001 × 10 <sup>-5</sup>	5.42	1.00	0.294 × 10 <sup>-3</sup>
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 <sup>-3</sup>	1.016 × 10 <sup>-5</sup>	4.83	1.00	0.337 × 10 <sup>-3</sup>
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 <sup>-3</sup>	1.031 × 10 <sup>-5</sup>	4.32	1.00	0.377 × 10 <sup>-3</sup>
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 <sup>-3</sup>	1.046 × 10 <sup>-5</sup>	3.91	1.00	0.415 × 10 <sup>-3</sup>
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 <sup>-3</sup>	1.062 × 10 <sup>-5</sup>	3.55	1.00	0.451 × 10 <sup>-3</sup>
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 <sup>-3</sup>	1.077 × 10 <sup>-5</sup>	3.25	1.00	0.484 × 10 <sup>-3</sup>
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 <sup>-3</sup>	1.093 × 10 <sup>-5</sup>	2.99	1.00	0.517 × 10 <sup>-3</sup>
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 <sup>-3</sup>	1.110 × 10 <sup>-5</sup>	2.75	1.00	0.548 × 10 <sup>-3</sup>
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 <sup>-3</sup>	1.126 × 10 <sup>-5</sup>	2.55	1.00	0.578 × 10 <sup>-3</sup>
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 <sup>-3</sup>	1.142 × 10 <sup>-5</sup>	2.38	1.00	0.607 × 10 <sup>-3</sup>
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 <sup>-3</sup>	1.159 × 10 <sup>-5</sup>	2.22	1.00	0.653 × 10 <sup>-3</sup>
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 <sup>-3</sup>	1.176 × 10 <sup>-5</sup>	2.08	1.00	0.670 × 10 <sup>-3</sup>
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 <sup>-3</sup>	1.193 × 10 <sup>-5</sup>	1.96	1.00	0.702 × 10 <sup>-3</sup>
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 <sup>-3</sup>	1.210 × 10 <sup>-5</sup>	1.85	1.00	0.716 × 10 <sup>-3</sup>
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 <sup>-3</sup>	1.227 × 10 <sup>-5</sup>	1.75	1.00	0.750 × 10 <sup>-3</sup>
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 <sup>-3</sup>	1.261 × 10 <sup>-5</sup>	1.58	1.00	0.798 × 10 <sup>-3</sup>
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 <sup>-3</sup>	1.296 × 10 <sup>-5</sup>	1.44	1.00	0.858 × 10 <sup>-3</sup>
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 <sup>-3</sup>	1.330 × 10 <sup>-5</sup>	1.33	1.01	0.913 × 10 <sup>-3</sup>
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 <sup>-3</sup>	1.365 × 10 <sup>-5</sup>	1.24	1.02	0.970 × 10 <sup>-3</sup>
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 <sup>-3</sup>	1.399 × 10 <sup>-5</sup>	1.16	1.02	1.025 × 10 <sup>-3</sup>
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 <sup>-3</sup>	1.434 × 10 <sup>-5</sup>	1.09	1.05	1.145 × 10 <sup>-3</sup>
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 <sup>-3</sup>	1.468 × 10 <sup>-5</sup>	1.03	1.05	1.178 × 10 <sup>-3</sup>
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 <sup>-3</sup>	1.502 × 10 <sup>-5</sup>	0.983	1.07	1.210 × 10 <sup>-3</sup>
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 <sup>-3</sup>	1.537 × 10 <sup>-5</sup>	0.947	1.09	1.280 × 10 <sup>-3</sup>
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 <sup>-3</sup>	1.571 × 10 <sup>-5</sup>	0.910	1.11	1.350 × 10 <sup>-3</sup>
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 <sup>-3</sup>	1.641 × 10 <sup>-5</sup>	0.865	1.15	1.520 × 10 <sup>-3</sup>
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 <sup>-3</sup>	1.712 × 10 <sup>-5</sup>	0.836	1.24	1.720 × 10 <sup>-3</sup>
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 <sup>-3</sup>	1.788 × 10 <sup>-5</sup>	0.832	1.35	2.000 × 10 <sup>-3</sup>
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 <sup>-3</sup>	1.870 × 10 <sup>-5</sup>	0.854	1.49	2.380 × 10 <sup>-3</sup>
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 <sup>-3</sup>	1.965 × 10 <sup>-5</sup>	0.902	1.69	2.950 × 10 <sup>-3</sup>
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 <sup>-3</sup>	2.084 × 10 <sup>-5</sup>	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 <sup>-3</sup>	2.255 × 10 <sup>-5</sup>	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 <sup>-3</sup>	2.571 × 10 <sup>-5</sup>	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	∞	∞	∞	∞	0.043 × 10 <sup>-3</sup>	4.313 × 10 <sup>-5</sup>	—	—	—

*Nota 1:* La viscosidad cinemática  $\nu$  y la difusividad térmica  $\alpha$  se pueden calcular a partir de sus definiciones,  $\nu = \mu/\rho$  y  $\alpha = k/\rho C_p = \nu/Pr$ . Las temperaturas de 0.01°C, 100°C y 374.14°C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

*Nota 2:* La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

*Fuente:* Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), págs. 291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

### Anexo 3 – Propiedades del aire a la presión de 1 atm

**TABLA A-15**

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T$ , °C	Densidad, $\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	Calor específico, $C_p$ , J/kg · °C	Conductividad térmica, $k$ , W/m · °C	Difusividad térmica, $\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Viscosidad dinámica, $\mu$ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, $\nu$ , m <sup>2</sup> /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	$4.158 \times 10^{-6}$	$8.636 \times 10^{-6}$	$3.013 \times 10^{-6}$	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	$8.036 \times 10^{-6}$	$1.189 \times 10^{-6}$	$5.837 \times 10^{-6}$	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	$1.252 \times 10^{-5}$	$1.474 \times 10^{-5}$	$9.319 \times 10^{-6}$	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	$1.356 \times 10^{-5}$	$1.527 \times 10^{-5}$	$1.008 \times 10^{-5}$	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	$1.465 \times 10^{-5}$	$1.579 \times 10^{-5}$	$1.087 \times 10^{-5}$	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	$1.578 \times 10^{-5}$	$1.630 \times 10^{-5}$	$1.169 \times 10^{-5}$	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	$1.696 \times 10^{-5}$	$1.680 \times 10^{-5}$	$1.252 \times 10^{-5}$	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	$1.818 \times 10^{-5}$	$1.729 \times 10^{-5}$	$1.338 \times 10^{-5}$	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	$1.880 \times 10^{-5}$	$1.754 \times 10^{-5}$	$1.382 \times 10^{-5}$	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	$1.944 \times 10^{-5}$	$1.778 \times 10^{-5}$	$1.426 \times 10^{-5}$	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	$2.009 \times 10^{-5}$	$1.802 \times 10^{-5}$	$1.470 \times 10^{-5}$	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	$2.074 \times 10^{-5}$	$1.825 \times 10^{-5}$	$1.516 \times 10^{-5}$	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	$2.141 \times 10^{-5}$	$1.849 \times 10^{-5}$	$1.562 \times 10^{-5}$	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	$2.208 \times 10^{-5}$	$1.872 \times 10^{-5}$	$1.608 \times 10^{-5}$	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	$2.277 \times 10^{-5}$	$1.895 \times 10^{-5}$	$1.655 \times 10^{-5}$	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	$2.346 \times 10^{-5}$	$1.918 \times 10^{-5}$	$1.702 \times 10^{-5}$	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	$2.416 \times 10^{-5}$	$1.941 \times 10^{-5}$	$1.750 \times 10^{-5}$	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	$2.487 \times 10^{-5}$	$1.963 \times 10^{-5}$	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	$2.632 \times 10^{-5}$	$2.008 \times 10^{-5}$	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	$2.780 \times 10^{-5}$	$2.052 \times 10^{-5}$	$1.995 \times 10^{-5}$	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	$2.931 \times 10^{-5}$	$2.096 \times 10^{-5}$	$2.097 \times 10^{-5}$	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	$3.086 \times 10^{-5}$	$2.139 \times 10^{-5}$	$2.201 \times 10^{-5}$	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	$3.243 \times 10^{-5}$	$2.181 \times 10^{-5}$	$2.306 \times 10^{-5}$	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	$3.565 \times 10^{-5}$	$2.264 \times 10^{-5}$	$2.522 \times 10^{-5}$	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	$3.898 \times 10^{-5}$	$2.345 \times 10^{-5}$	$2.745 \times 10^{-5}$	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	$4.241 \times 10^{-5}$	$2.420 \times 10^{-5}$	$2.975 \times 10^{-5}$	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	$4.593 \times 10^{-5}$	$2.504 \times 10^{-5}$	$3.212 \times 10^{-5}$	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	$4.954 \times 10^{-5}$	$2.577 \times 10^{-5}$	$3.455 \times 10^{-5}$	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	$5.890 \times 10^{-5}$	$2.760 \times 10^{-5}$	$4.091 \times 10^{-5}$	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	$6.871 \times 10^{-5}$	$2.934 \times 10^{-5}$	$4.765 \times 10^{-5}$	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	$7.892 \times 10^{-5}$	$3.101 \times 10^{-5}$	$5.475 \times 10^{-5}$	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	$8.951 \times 10^{-5}$	$3.261 \times 10^{-5}$	$6.219 \times 10^{-5}$	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	$1.004 \times 10^{-4}$	$3.415 \times 10^{-5}$	$6.997 \times 10^{-5}$	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	$1.117 \times 10^{-4}$	$3.563 \times 10^{-5}$	$7.806 \times 10^{-5}$	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	$1.352 \times 10^{-4}$	$3.846 \times 10^{-5}$	$9.515 \times 10^{-5}$	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	$1.598 \times 10^{-4}$	$4.111 \times 10^{-5}$	$1.133 \times 10^{-4}$	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	$1.855 \times 10^{-4}$	$4.362 \times 10^{-5}$	$1.326 \times 10^{-4}$	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	$2.122 \times 10^{-4}$	$4.600 \times 10^{-5}$	$1.529 \times 10^{-4}$	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	$2.398 \times 10^{-4}$	$4.826 \times 10^{-5}$	$1.741 \times 10^{-4}$	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	$3.908 \times 10^{-4}$	$5.817 \times 10^{-5}$	$2.922 \times 10^{-4}$	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	$5.664 \times 10^{-4}$	$6.630 \times 10^{-5}$	$4.270 \times 10^{-4}$	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades  $C_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  y Pr son independientes de la presión. Las propiedades  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a una presión  $P$  (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a la temperatura dada, por  $P$  y al dividir  $\nu$  y  $\alpha$  entre  $P$ .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

## Anexo 4 – Ficha técnica de resistencia eléctrica con aletas para aire y consumo de 3.5 kW a 220VAC M3KW5-550

MI CuentaINICIO | PROMOCIONES | NOSOTROS | CONTACTO | FORMAS DE PAGO

### Categorías

- VER TODO LOS PRODUCTOS
- VALVULAS SOLENOIDES
- CONTROL DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y TIEMPO – TERMOCUPLAS
- SISTEMA DE COMBUSTION DE GAS GLP Y GN
- CONTACTORES, AUXILIARES, DISYUNTORES, RELES-SSR, FUSIBLES Y OTROS
- VARIADORES DE FRECUENCIA, HMI, PLC Y ACCESORIOS
- ACCESORIOS ELECTRICOS
- ELEMENTOS DE CONTROL-SEÑALIZACION
- FUENTES, SENSORES, DETECTORES, TEMPORIZADORES, CONTADORES Y OTROS
- MOTORES Y VENTILADORES AC/DC
- RESISTENCIAS ELECTRICAS
- NEUMÁTICA
- TABLEROS ELÉCTRICOS, CABLES Y OTROS.
- ROBOTICA
- CNC, 3D Y OTROS
- COMPONENTES ELECTRÓNICOS
- VARIOS

# M3KW5-550



[Facebook](#) [Twitter](#) [LinkedIn](#) [Email](#) [WhatsApp](#) [Telegram](#)

Inicio > Para Aire

### Resistencia Electrica con Aletas para Aire y Consumo de 3.5KW a 220VAC, M3KW5-550

Las resistencias blindadas aleteadas para aire M3KW5-550 son indicadas para infinitos procesamientos industriales. Su función consiste en generar corrientes de aire o gas a temperatura controlada o en mantener los ambientes a una determinada temperatura, una de las ventajas de los calentadores con aletas es su capacidad para brindar una alta relación área superficial/volumen, lo que permite una transferencia de calor eficiente y tiempos de respuesta rápidos.

Esta resistencia electrica es ideal para instalaciones de acondicionamiento de aire, hornos industriales, hornos para panaderías, hornos para uso doméstico, hornos de secado, equipos de secado del aire humidificadores y deshumidificadores, etc.

1 [AÑADIR AL CARRITO](#)

[COMPRAR POR WHATSAPP](#)

Adicionar a Favorito

### Descripción

**Especificaciones Técnicas:**

- Modelo: M3KW5-550
- Voltaje de alimentación: 220 VAC
- Consumo de Potencia: 3,5KW
- Material del Producto: Acero inoxidable 304
- Diámetro: 12mm
- Diámetro exterior de la aleta: 23mm
- Tamaño de la rosca: M17
- Ancho y largo: 200\*550 mm

**Modelo:** M3KW5-550

**Categoría:** Para Aire

**Tags:** Calefacción, Calentador, calentador de aire, M3KW5-550, Resistencia, resistencia electrica, Temperatura

## Anexo 5 – Ficha técnica ITM Schneider Electric Easy9 2P 32A 6kA 230/400V

### Hoja de datos del producto Características

A9F74250

INT. TERMOMAGNETICO IC60N 2X50A  
CURVA C



#### Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iC60
Tipo de producto o componente	Disyuntor en miniatura
Modelo de dispositivo	IC60N
Número de polos	2P
Número de polos protegidos	2
Corriente nominal	50 A
Tipo de red	CA CC
Tipo de unidad de control	Térmico-magnético
Código de curva de disparo ins	C
Poder de corte	6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 36 KA Icu a 12...60 V CA 50/60 Hz conforme a EN/ IEC 60947-2 10 KA Icu a <= 125 V CC conforme a EN/IEC 60947-2 10 KA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 KA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 KA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu a 100 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría de utilización	A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2
Idoneidad para el seccionamiento	Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2
Normas	EN 60898-1 IEC 60898-1 IEC 60947-2 EN 60947-2

La información suministrada en esta documentación contiene descripciones generales y/o características técnicas de los productos incluidos y sus prestaciones. Esta documentación no pretende ser un sustituto de, y no se va a usar para determinar la idoneidad y la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuario. Es responsabilidad de los usuarios o integradores realizar el análisis de riesgos adecuada y completamente, evaluar y testar los productos en relación con la aplicación específica pertinente o uso del mismo. Ni Schneider Electric Industriales SAS ni ninguna de sus filiales o subsidiarias serán responsables por el mal uso de la información contenida en el presente documento.

## Complementario

Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	8 x In +/- 20%
[Ics] poder de corte en servicio	15 KA 75 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 KA 75 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 KA 75 % conforme a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 15 KA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 KA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 KA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 27 KA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 27 KA 75 % conforme a EN 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 10 KA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 72 ... 125 V CC 10 KA 100 % conforme a EN 60947-2 - 72 ... 125 V CC
Tensión asignada de aislamiento	500 V CA 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 KV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
Indicación de contacto positivo	Sí
Tipo de control	Palanca de conmutación
Señalizaciones frontales	Indicador deseng.
Modo de montaje	Fijo
Soporte de montaje	Carril DIN
Compatibilidad de juego de bar	Arriba o abajo: Sí
Pasos de 9 mm	4
Alto	85 mm
Ancho	36 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	0,25 kg
Color	Blanco
Endurancia mecánica	20000 ciclos
Endurancia eléctrica	10000 ciclos
Conexiones - terminales	Terminal único (arriba o abajo) 1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único (arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible
Longitud de pelado de cable	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo
Protección de fugas a tierra	Bloque independiente

## Entorno

Grado de protección IP	IP20 conforme a IEC 60529 IP20 conforme a EN 60529
Grado de contaminación	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
Categoría de sobretensión	IV
Tropicalización	2 conforme a IEC 60068-1
Humedad relativa	95 % a 55 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m
Temperatura ambiente de funcionamiento	-35...70 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto verde premium
Reglamento REACH	 <a href="#">Declaración De REACH</a>
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme  <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí

Información sobre exenciones de RoHS	<a href="#">Si</a>
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a>
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil Ambiental Del Producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
<b>Garantía contractual</b>	
Periodo de garantía	18 months

## Anexo 6 – Ficha técnica cable INDECO FREETOX NHX-90 de 10 mm<sup>2</sup>

### FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados y lugares de alta afluencia de público.

#### DESCRIPCIÓN

##### Aplicación:

Aplicación especial en aquellos ambientes poco ventilados en los cuales ante un incendio, las emisiones de gases tóxicos, corrosivos y la emisión de humos oscuros, pone en peligro la vida y destruye equipos eléctricos y electrónicos, como, por ejemplo, edificios residenciales, oficinas, plantas industriales, cines, teatros, discotecas, hospitales, aeropuertos, estaciones subterráneas, etc. En general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al cable NH-80.

##### Construcción:

Conductor: Cobre blando, clase 2.

Aislamiento: Compuesto termoestable libre de halógenos.

##### Principales características:

No propaga el incendio, baja emisión de humos densos y libre de halógenos.

##### Sección:

Desde 2.5 mm<sup>2</sup> hasta 10 mm<sup>2</sup>.

##### Marcación:

FREETOX NHX-90(LSOHX-90) 450/750 V Sección.

##### Embalaje:

En rollos estándar de 100 metros.

##### Color:

Negro, azul, rojo, blanco, verde, amarillo y verde/amarillo.

##### Normas nacionales

**NTP-IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**NTP 370.252:** Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V.



#### NORMA

**Internacional IEC 60227-2;**  
IEC 60228; IEC 60332-1;  
IEC 60332-3-24 Cat.C;  
IEC 60684-2; IEC 60754-1;  
IEC 60754-2; IEC 60811-1-1;  
IEC 60811-1-2; IEC 60811-1-4;  
IEC 60811-3-1; IEC 61034

**Nacional NTP 370.252;** NTP-  
IEC 60228; UL 2556



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
SI



Tensión nominal de  
servicio Uo/U  
450 / 750 V



Toxicidad de los  
gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



No propagación de  
la llama  
IEC 60332-1



No propagador del  
incendio  
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los  
humos  
IEC 61034-2



Corrosividad de los  
gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.3 Generado 06/11/17 www.nexans.pe Página 1 / 3

**INDECO**  
empresa Nexans

# FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

UL 2556: Métodos de ensayo para alambre y cable.

## Normas internacionales aplicables

IEC 60228: Conductores para cables aislados.

IEC 60227-2: Cables aislados con cloruro de polivinilo de tensiones hasta e inclusive 450/750 V - Métodos de ensayo.

IEC 60332-1: Ensayo de propagación de llama vertical para un alambre o cable simple.

IEC 60332-3-24: Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría C.

IEC 60684-2: Tubos flexibles aislantes - Parte 2: Métodos de ensayo.

IEC 60754-1: Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - Parte 1: Determinación del contenido de gases halógenos ácidos.

IEC 60754-2: Ensayo de los gases desprendidos durante la combustión de materiales procedentes de los cables - Parte 2: Determinación de la acidez (por medida del pH) y la conductividad.

IEC 60811-1-1: Medición de espesores y dimensiones exteriores - Ensayos para la determinación de las propiedades mecánicas.

IEC 60811-1-2: Métodos de envejecimiento térmico.

IEC 60811-1-4: Ensayo a baja temperatura.

IEC 60811-3-1: Ensayo de depresión a alta temperatura - Ensayo de resistencia al agrietamiento.

IEC 61034-2: Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

## CARACTERÍSTICAS

### Características de construcción

Material del conductor	Cobre
Aislamiento	Material Termoestable Libre de Halógenos
Color	Blanco / Negro / Rojo / Azul / Amarillo / Verde / Verde-Amarillo
Libre de halógenos	IEC 60754-1
Libre de plomo	Si



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
SI



Tensión nominal de servicio Uo/U  
450 / 750 V



Toxicidad de los gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



No propagación de la llama  
IEC 60332-1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los humos  
IEC 61034-2



Corrosividad de los gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.3 Generado 06/11/17 www.nexans.pe Página 2 / 3

**INDECO**  
empresa Nexans

# FREETOX NHX-90 (LSOHX-90) menor o igual a 10 mm<sup>2</sup>

Contacto  
Ventas Local  
ventas.peru@nexans.com  
exportaciones.peru@nexans.com

Características dimensionales	
Número total de alambres	7
Características eléctricas	
Tensión nominal de servicio Uo/U	450 / 750 V
Características de uso	
Toxicidad de los gases	Baja Toxicidad IEC 60684-2
No propagación de la llama	IEC 60332-1
No propagador del incendio	IEC 60332-3 Cat.C
Densidad de los humos	IEC 61034-2
Corrosividad de los gases	Baja pH Corrosividad IEC 60754-2
Temperatura máxima operación	90 °C

## DATOS DIMENSIONALES FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Diam. Conductor [mm]	Mín. espes. Aislam. [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
2,5	1,92	0,8	3,6	32
4	2,44	0,8	4,1	48
6	2,98	0,8	4,7	67
10	3,99	1,1	6,3	116

## DATOS ELÉCTRICOS FREETOX NHX-90 (LSOHX-90)

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto 30°C [A]
2,5	7,41	37	27
4	4,61	45	34
6	3,08	61	44
10	1,83	88	62



Libre de halógenos  
IEC 60754-1



Libre de plomo  
Si



Tensión nominal de servicio Uo/U  
450 / 750 V



Toxicidad de los gases  
Baja Toxicidad IEC  
60684-2



No propagación de la llama  
IEC 60332-1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3 Cat.C



Densidad de los humos  
IEC 61034-2



Corrosividad de los gases  
Baja pH  
Corrosividad IEC  
60754-2

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.3 Generado 06/11/17 www.nexans.pe Página 3 / 3

**INDECO**  
empresa Nexans

## Anexo 7 – Ficha técnica de acero inoxidable 316/316L

# FICHA TÉCNICA ACERO INOXIDABLE 316/316L



Aceros Inoxidables	Normas		
	ANSI	W. Nr.	DIN
Austeníticos	<b>316</b>	<b>1.4401</b>	<b>X5CrNiMo17-12-2</b>
	<b>316L</b>	<b>1.4404</b>	<b>X2CrNiMo17-12-2</b>

### Aplicaciones

Acero resistente a la corrosión intercrystalina hasta 300° C bajo condiciones de operación continua. Con la adición de molibdeno se le confiere una alta resistencia a ácidos no oxidantes y corrosión por picado. El acero ANSI 316 es utilizado en piezas y elementos de la industria de celulosa, textiles, seda artificial, equipos para el desarrollo de fotografía ejes de hélices, acoples. Usualmente utilizado en la industria química y farmacéutica. Ideal para ser usado en piezas y elementos expuestos a la corrosión localizada originada por el ácido sulfuroso, baños de pinturas con ácido sulfúrico, baños clorados, etc.

La calidad 316L, con su bajo contenido de carbono hace aumentar la temperatura de resistencia a la corrosión intercrystalina hasta los 400°C. además de mejorar su soldabilidad.



### Composición Química (Valores promedio, %)

Calidad	C	Cr	Mo	Ni
316	≤ 0,07	16,5 - 18,5	2 - 2,5	10 - 13
316L	≤ 0,03	16,5 - 18,5	2 - 2,5	10 - 13

### Características del Acero

El acero ANSI 316/316L corresponde a un acero inoxidable aleado con molibdeno. Esta adición le confiere mejores propiedades anticorrosivas que los de la familia 304, debido principalmente a que se disminuye en forma importante la susceptibilidad a la corrosión por picado, en virtud que la capa pasiva formada es mucho más resistente.



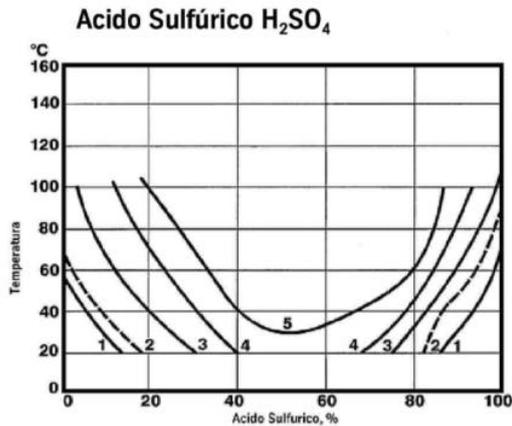
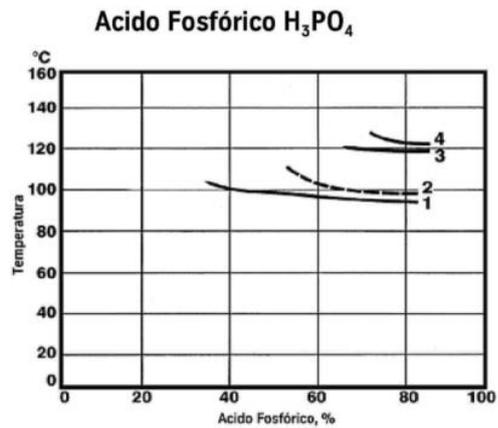
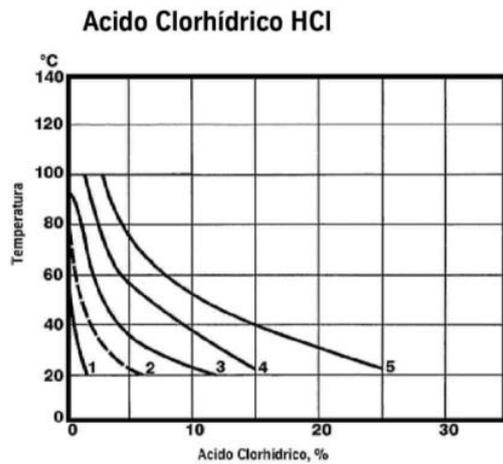
Presenta una muy buena resistencia a la oxidación en condiciones intermitentes a temperaturas no superiores a 870 °C y en continuo a 930 °C. No se recomienda el uso de estos aceros en temperaturas que oscilen en el rango 420/860 °C, pero en

## Catálogo Comercial

valores por debajo y por encima de estos, su comportamiento es bueno, esto principalmente debido a la posibilidad de precipitaciones de carburos de cromo en los bordes de grano, lo que lo vuelve sensible y por ende su resistencia a la corrosión se ve drásticamente comprometida. Estos aceros no pueden ser endurecidos mediante TT. Presenta buenas condiciones de soldabilidad y se recomienda que en las secciones soldadas se realice un recocido posterior con el objetivo de obtener la más alta resistencia a la corrosión.

### Resistencia a la corrosión.

En los diagramas se observan las pérdidas de peso, determinadas experimentalmente para diferentes probetas atacadas con concentraciones variables para distintos ácidos en función de la temperatura. Las curvas representan la pérdida de peso de 0,1 0,3 1,0 3,0 y 10,0 gr/m<sup>2</sup>·Hr. Generalmente una pérdida de peso de 0,3 gr/m<sup>2</sup>·hr (línea segmentada) se considera en el límite para ser considerado económicamente viable un acero inoxidable.



Curva	Pérdida de peso
1	0,1 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
2	0,3 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
3	1,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
4	3,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.
5	10,0 gr/m <sup>2</sup> ·hr.

## Catálogo Comercial

### Propiedades del Acero

#### Propiedades mecánicas

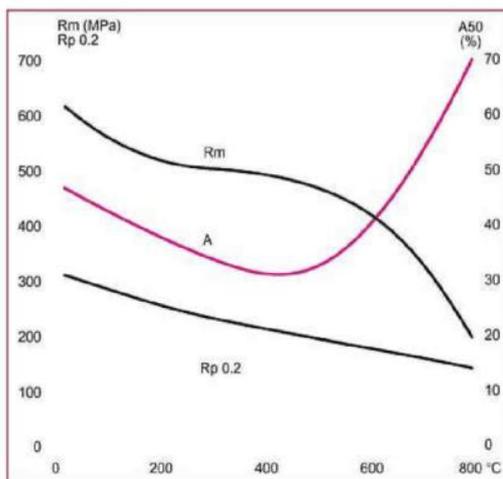
##### Temperatura ambiente

Tipo Acero	Rango de dimensiones	Límite Elástico 0,2% ( $R_{p0,2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción ( $R_m$ ) N/mm <sup>2</sup>	Elongación ( $A_5$ ) min. %
<b>316</b>	Laminado en frío e $\leq$ 6 mm.	$\geq 240$	530 - 680	$\geq 40$
	Laminado en caliente e $\leq$ 12 mm.	$\geq 220$		
<b>316L</b>	Laminado en frío e $\leq$ 6 mm.	$\geq 240$	530 - 680	$\geq 40$
	Laminado en caliente e $\leq$ 12 mm.	$\geq 220$		

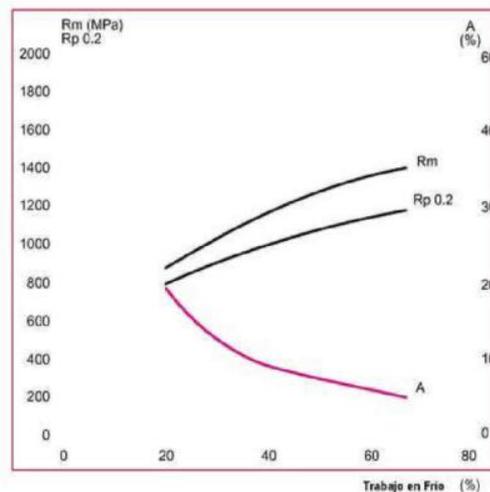
##### Temperatura variable

Tipo Acero	Temperatura °C	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
<b>316</b>	Límite elástico	196	177	162	147	137	127	120	115	112	110	108
<b>316L</b>	0,2% ( $R_{p0,2}$ ) min. N/mm <sup>2</sup>	182	166	152	137	127	118	113	108	103	100	98

#### Efecto de la temperatura en las propiedades mecánicas



#### Efecto del trabajo en frío en las propiedades mecánicas



## Catálogo Comercial

### Propiedades físicas

Densidad a 20°C kg/dm <sup>3</sup>	Conductividad Térmica 20 °C W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Calor Especifico 20°C J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	Resistencia Eléctrica 20°C Ω·mm <sup>2</sup> /m
7,98	15	500	0,75

### Modulo de elasticidad kN/mm<sup>2</sup>

20°C	100° C	200°C	300° C	400°C	500° C
200	194	186	179	172	165

### Coefficiente de expansión térmica in 10<sup>-6</sup> · K<sup>-1</sup> entre 20 °C y

	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C
	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5

## Tratamiento Térmico

Trabajo en caliente °C	enfriamiento	Tratamiento térmico °C	Enfriamiento	Estructura
1150 - 850	aire	1000 – 1100	Agua, aire forzado.	Austenita con un contenido menor de ferrita

## Catálogo Comercial

### Recomendaciones sobre mecanizado

Los parámetros de corte que se encuentran a continuación deben ser considerados como valores guía. Estos valores deberán adaptarse a las condiciones locales existentes.

#### TORNEADO

Parámetros de corte	Torneado con metal duro		Torneado con acero rápido
	Torneado de desbaste	Torneado fino	Torneado fino
Velocidad de corte (vc) m/min.	170 - 145	160 - 200	25 - 45
Avance (f) mm/r	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	0,1 - 0,5
Profundidad de corte (ap) mm.	1 - 4	0,5 - 1	0,5 - 3
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10	-

#### Fresado con metal duro

Parámetros de corte	Fresado con metal duro	
	Fresado de desbaste	Fresado en fino
Velocidad de corte (vc) m/min.	60 - 120	100 - 155
Avance (fz) mm/diente	0,2 - 0,3	0,2
Profundidad de corte (ap) mm.	≤ 4	≤ 0,6
Mecanizado grupo ISO	M20 - M30	M10

#### Taladrado con broca HSS

Diámetro	20	30	40
Velocidad de corte (vc) m/min.	200	200	200
Avance (f) mm/r	0,01	0,12	0,15

## Anexo 8 – Ficha técnica de acero ASTM A500

# Tubos LAC Mecánicos

Son tubos fabricados con acero al carbono laminado en caliente (LAC), que se obtienen por soldadura de resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW). Tubos fabricados en las secciones; redondas, cuadradas, rectangulares, entre otros.

### Presentación

**Extremos:** Refrentado (plano)

**Longitud:** 6.00 y 6.40 metros, otros largos a pedido.

**Aspecto superficial:** Negro con película de aceite.

### Usos

Carpintería Metálica en general, estructuras, puertas, rejas, cercos, barandas, carrocerías, etc.

### Tolerancias Dimensionales:

**Espesor:** Según Norma ASTM A500

**Rectitud:** Según Norma ASTM A500

**Longitud:** -0mm/ +30mm

**Dimensiones exteriores:**

Redondos, según norma ISO 65.  
Cuadrados y Rectangulares, según norma ASTM 500.

### Normas Técnicas

ASTM A500  
ASTM A1011 SS 36 / ASTM A36  
ISO 65



Central: (01) 637-0000  
Televentas: (01) 637-0082  
Correo: [ventas@tupemesa.com.pe](mailto:ventas@tupemesa.com.pe)  
[www.tupemesa.com.pe](http://www.tupemesa.com.pe)  
Av. Industrial N° s/n Z.I. Predio al Amonte, Lurín, Lima



### Dimensiones y Pesos Nominales (Kg/m)

REDONDO									
Designación Nominal	Dimensión Exterior	Espesores (mm)							
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
1/2	21.3		0.87	0.95	1.16				
3/4	26.9		1.11	1.23	1.50	1.77			
1	33.7		1.42	1.56	1.92	2.27			
1 1/4	42.2		1.79	1.98	2.45	2.90			
1 1/2	48.3		2.06	2.28	2.82				
2	60.3		2.60	2.88	3.56	4.24			
2 1/2*	73.0			3.50	4.35				
2 1/2 ISO	76.10			3.50	4.35				
3	88.9			4.29	5.33	6.36			
4	114.3			5.54	6.89	8.23			

CUADRADO									
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
1	25.4	0.18	1.27	1.39	1.67	1.93			
1 1/4	31.8	1.38	1.63	1.79	2.17	2.53			
1 1/2	38.1	1.68	1.99	2.19	2.67	3.12			
2	50.8	2.28	2.70	2.98	3.67	4.32			
	40			2.31	2.82	3.30			
	50			2.93	3.60	4.25	5.45	6.56	7.56
	75			4.50	5.56	6.60	8.59	10.48	
	100			6.07	7.53	8.96	11.73	14.41	16.98
	135						16.13	19.90	29.58

RECTANGULAR									
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
2x1				2.19					
	50x30				2.82	3.30			
	60x40			2.93	3.60	4.25			
	70x50			3.56	4.39	5.19			
	80x40	2.71	3.22	3.56	4.39	5.19			
	100x50			4.50	5.56	6.60	8.59	10.48	12.27
	150x50			6.07	7.53	8.96	11.73	14.41	16.98

(\*) Según ASTM A53

- Consultar otras medidas y longitudes.

**TUPEMESA**  
Una solución a cada reto

# Tubos LAC Mecánicos



TRAMPILLA									
(Pulg)	(mm)	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
	30 x 14			1.15					

## Normas Técnicas

ASTM A500  
ASTM A1011 SS 36 / ASTM A36  
ISO 65



Central: (01) 637-0000  
Televentas: (01) 637-0082  
Correo: [ventas@tupemesa.com.pe](mailto:ventas@tupemesa.com.pe)  
[www.tupemesa.com.pe](http://www.tupemesa.com.pe)  
Av. Industrial N° s/n Z.I. Predio al Amonte, Lurín, Lima

**TUPEMESA**  
Una solución a cada reto

## Anexo 8 – Ficha técnica Arduino Uno

Versión 11-10-18

### Características técnicas del ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V.

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM.

Arduino UNO tiene dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan.

- La primera es un microcontrolador Atmega en formato DIP.
- Y la segunda dispone de un microcontrolador en formato SMD.

Nosotros nos decantaremos por la primera porque nos permite programar el chip sobre la propia placa y después integrarlo en otros montajes.



*Arduino UNO con microcontrolador en formato DIP*



*Arduino UNO con microcontrolador en formato SMD*

#### **Entradas y salidas:**

---

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA.

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K $\Omega$  y 50 K $\Omega$  que está desconectada, salvo que nosotros indiquemos lo contrario.

Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un conversor analógico/digital de 10 bits.

#### Pines especiales de entrada y salida:

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- Interrupciones externas: Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- SPI: Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Eslavo.
- I<sup>2</sup>C: Permite establecer comunicaciones a través de un bus I<sup>2</sup>C. El bus I<sup>2</sup>C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores...

#### **Alimentación de un Arduino**

---

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, como puede ser un pequeño transformador o, por ejemplo una pila de 9V. Los límites están entre los 6 y los 12 V. Como única restricción hay que saber que si la placa se alimenta con menos de 7V, la salida del regulador de tensión a 5V puede dar menos que este voltaje y si sobrepasamos los 12V, probablemente dañaremos la placa.

La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1mm con el positivo en el centro o directamente a los pines Vin y GND marcados sobre la placa.

Hay que tener en cuenta que podemos medir el voltaje presente en el jack directamente desde Vin. En el caso de que el Arduino esté siendo alimentado mediante el cable USB, ese voltaje no podrá monitorizarse desde aquí.

#### **Resumen de características Técnicas**

---

Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

**Anexo 9 – Ficha técnica de sensor de temperatura y humedad DHT22  
AM2303**

**Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd**

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

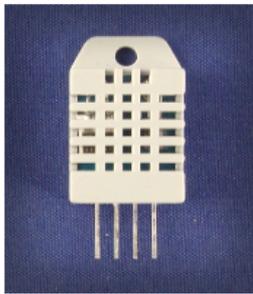
<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

**Digital-output relative humidity & temperature sensor/module**

**AM2303**



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

**1. Feature & Application:**

- \* Full range temperature compensated
- \* Relative humidity and temperature measurement
- \* Calibrated digital signal
- \* Outstanding long-term stability
- \* Extra components not needed
- \* Long transmission distance
- \* Low power consumption
- \* 4 pins packaged and fully interchangeable

**2. Description:**

AM2303 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable AM2303 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

**3. Technical Specification:**

Model	AM2303
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor & DS18B20 for detecting temperature
Measuring range	humidity 0-100%RH; temperature -40~125Celsius

# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

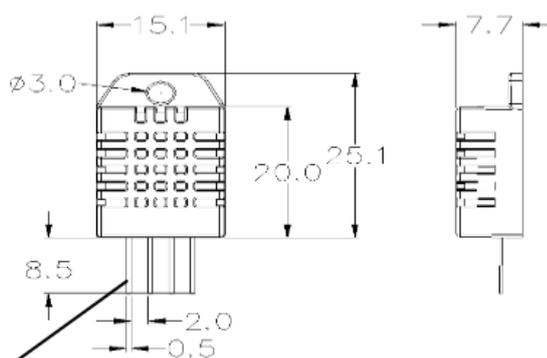
<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Accuracy	humidity +2%RH(Max +5%RH);	temperature +0.2Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +1%RH;	temperature +0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH	
Long-term Stability	+0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	

## 4. Dimensions: (unit---mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	NULL
4	GND

## 5. Operating specifications:

### (1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

### (2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and AM2303, it costs 5mS for single time communication.

# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

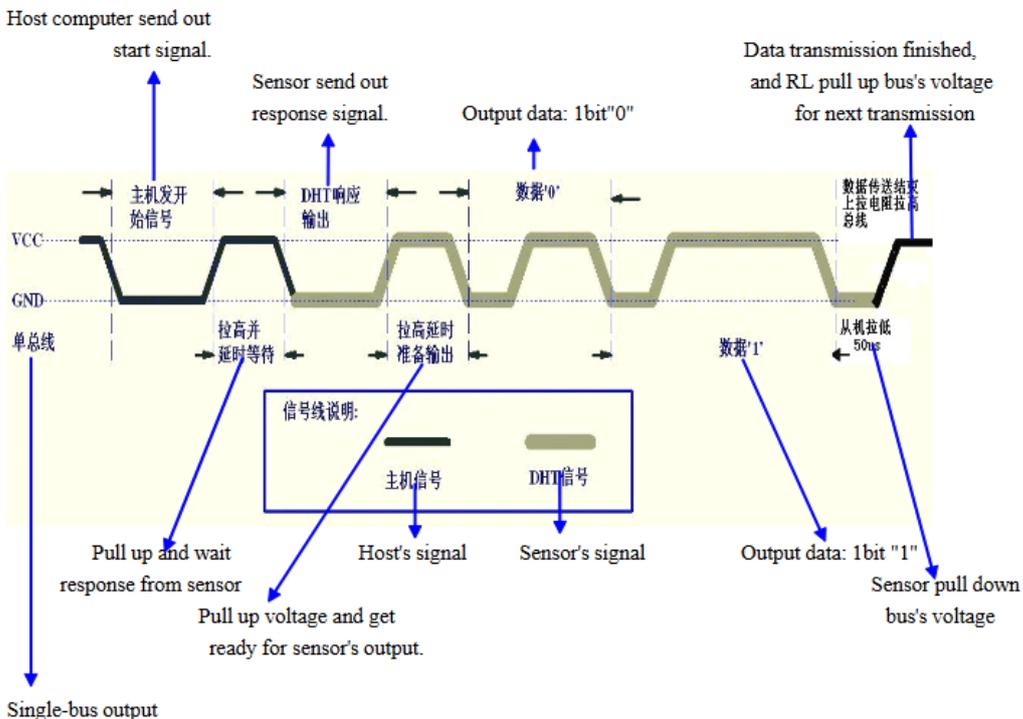
AM2303 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum

If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, AM2303 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, AM2303 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, AM2303 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from AM2303. AM2303 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

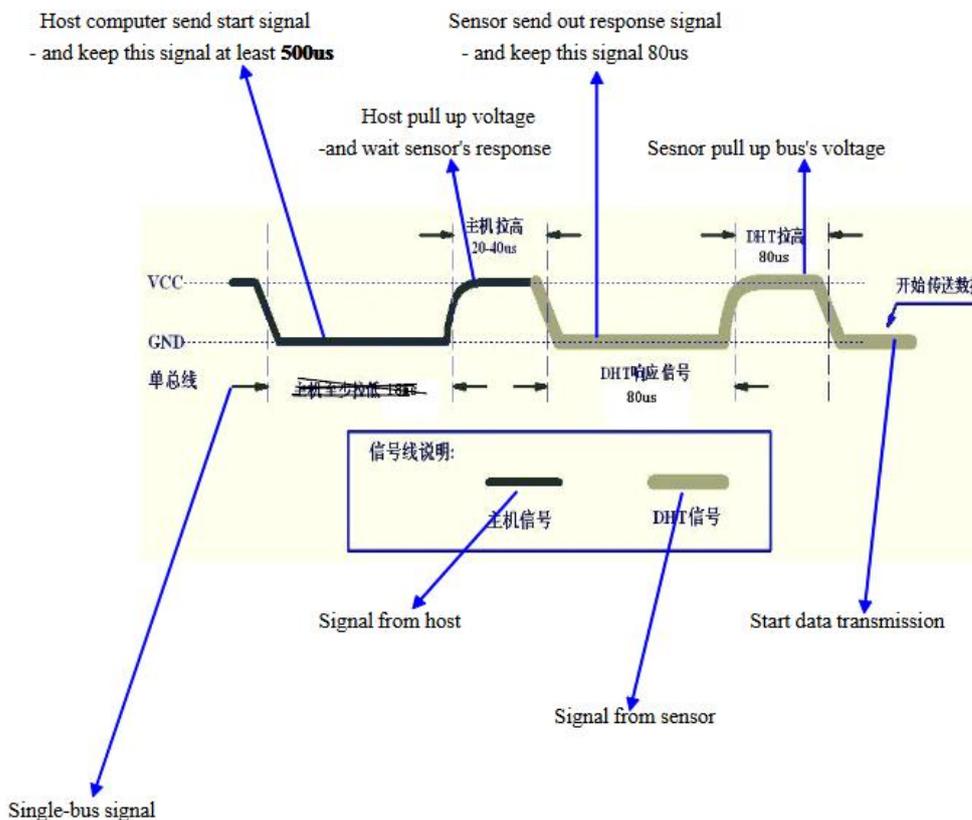
Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

2) Step 1: MCU send out start signal to AM2303

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and AM2303 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 18ms to ensure AM2303 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for AM2303's response.

Check bellow picture for step 1:



Step 2: AM2303 send response signal to MCU

When AM2303 detect the start signal, AM2303 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of AM2303 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for AM2303's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

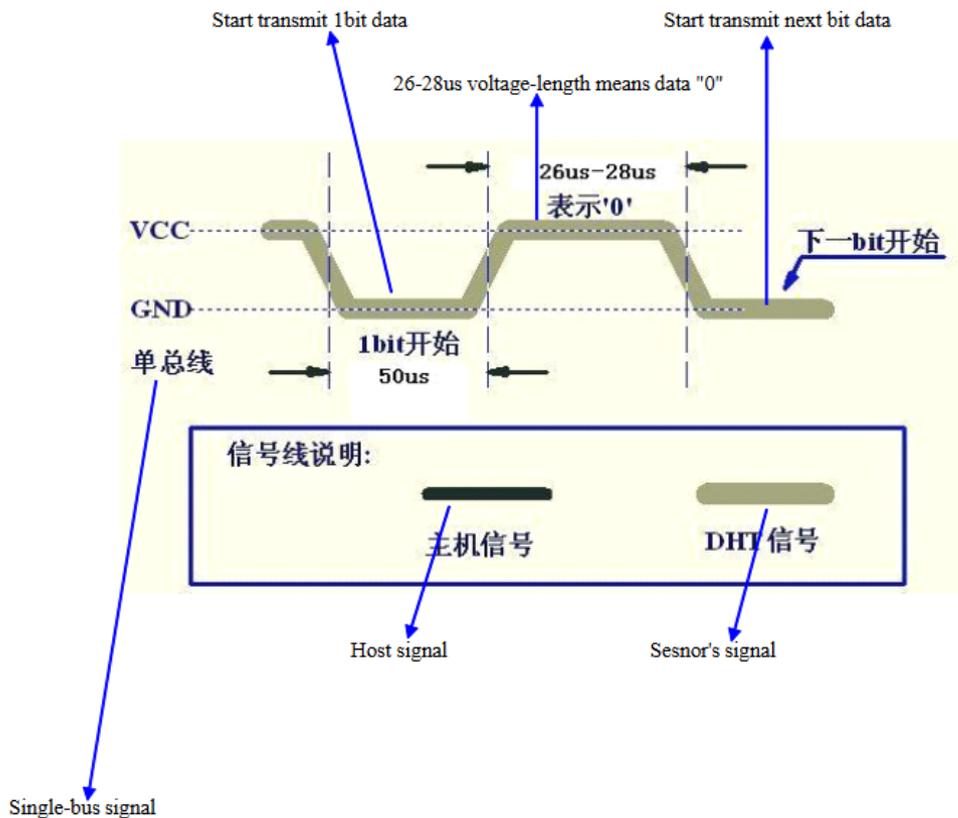
# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China



Step 3: AM2303 send data to MCU

When AM2303 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

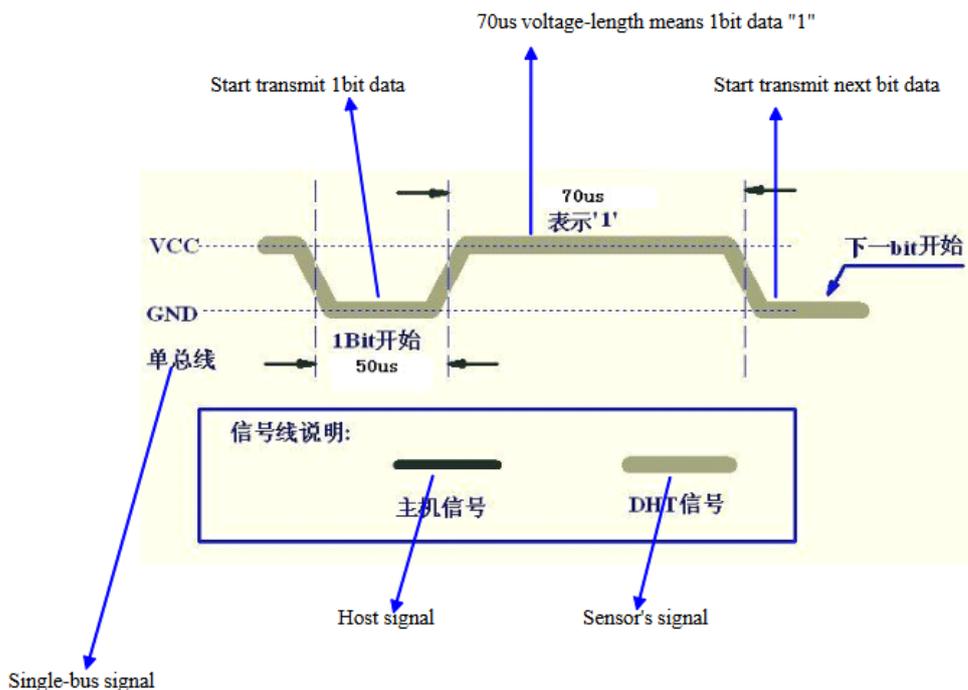
# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China



If signal from AM2303 is always high-voltage-level, it means AM2303 is not working properly, please check the electrical connection status.

## 6. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	5.5	V
Current supply	Measuring	1.3	1.5	2.1	mA
	Average	0.5	0.8	1.1	mA
Collecting period	Second	1.7		2	Second

\*Collecting period should be : >1.7 second.

## 7. Attentions of application:

### (1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT11 sensor

# Aosong(Guangzhou) Electronics Co.,Ltd

Tell: +86-020-36380552, +86-020-36042809 Fax: +86-020-36380562

<http://www.aosong.com>

Email: [thomasliu198518@yahoo.com.cn](mailto:thomasliu198518@yahoo.com.cn) [sales@aosong.com](mailto:sales@aosong.com)

Address: No.56, Renhe Road, Renhe Town, Baiyun District, Guangzhou, China

can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

## (2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere AM2303's sensitive-elements and debase AM2303's sensitivity.

## (3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the AM2303 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

## (4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

AM2303 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

## (5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase AM2303's performance.

## (6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

## (7) Other attentions

\* Welding temperature should be bellow 260Celsius.

\* Avoid using the sensor under dew condition.

\* Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of AM2303 may cause personal injury.

## Anexo 10 – Ficha técnica de soldadura para acero inoxidable 316/316L



# FICHA TÉCNICA

SOLUCIONES INDUSTRIALES

## OK 63.30

### Electrodos de Acero Inoxidable y Refractarios



#### ■ Características

- Electrodo de revestimiento rutílico con transferencia suave, muy pocas salpicaduras y frías y excelente desprendimiento de escoria; se obtienen cordones de aguas finas y parejas, recto en filete. Apto para soldar en corriente continua polaridad positiva y en corriente alterna con equipos de 50 V de tensión de vacío. Soldadura de aceros tipo 18 Cr-12 Ni- 2.50 Mo ELC aptos para resistir corrosión severa y el "pitting". Indicado para combatir la corrosión intergranular debido a la precipitación de carburos en la soldadura de los Acero Inoxidable tipo AISI 316L, ASTM A 182 F 316L, A213 y A312 TP 316L, A296 y A361 CF3M, A314, 316L y similares.



Clasificación	ASME SFA 5.4: E316L-17
Aprobaciones	FBTS / ABS / BV / DNV

Las aprobaciones se basan en la ubicación de la fábrica. Contacte con ESAB para obtener más información.

Tipo de aleación	Acero inoxidable
Tipo de corriente	CC (+) / CA

Propiedades mecánicas típicas		
Condición	Límite de resistencia	Alargamiento
Como soldado	570 MPa	40%

Composición química (%)						
C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Ferrita FN
0.03	0.70	0.70	11.70	18.70	2.70	3-10

Parámetros de Soldadura		
Diámetro	Intensidad de Corriente	Voltaje
2.00 mm	45 - 65 A	28 - 34 V
2.50 mm	60 - 90 A	28 - 34 V
3.25 mm	80 - 125 A	28 - 34 V
4.00 mm	120 - 175 A	28 - 34 V

## OTERO INDUSTRIAL

Somos un grupo de empresas de larga trayectoria y vasta experiencia en los mercados. Nuestro negocio está basado en la confianza de los clientes, con un servicio integral y una logística de excelencia. Atendemos empresas del rubro minero, industrial, pesquero y construcción, entre otros.

Tenemos la capacidad de ajustarnos y responder a las necesidades de las empresas, ya que contamos con un amplio stock de productos e insumos de prestigiosas marcas internacionales. Somos líderes en abastecimiento de aceros especiales, pernos, fijaciones, herramientas, maquinarias e instrumentos necesarios para el éxito de su negocio.

[www.oteroindustrial.cl](http://www.oteroindustrial.cl) • Teléfono : (56 2) 2889 6007 • [servicioalcliente@empresasotero.cl](mailto:servicioalcliente@empresasotero.cl)

## Anexo 11 – Ficha técnica de soldadura electrodo E6010 para acero A36



ELECTRODO REVESTIDO  
ACERO AL CARBONO, Celulósico

# E6010

# CELULÓSICO



### CLASIFICACIÓN

AWS A5.1      **E6010**  
ISO 2560-A    **E 42 3 C 2 5**

### DIÁMETRO x LONGITUD (mm/Pulg.)

J112EL      **3,2 mm** x 350 mm → **1/8" x 14"**  
J113EL      **4,0 mm** x 350 mm → **5/32" x 14"**

### CARACTERÍSTICAS

- Electrodo de revestimiento celulósico-sódico, para alta penetración y rápida solidificación.
- Trabaja en todas las posiciones.
- Escoria de fácil remoción.
- Utiliza corriente continua con polaridad positiva.

### APLICACIONES TÍPICAS

- Utilícese para soldar aceros de bajo carbono, lámina ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.
- Recomendado en pases de penetración en juntas sencillas o dobles.

### COMPOSICIÓN QUÍMICA (% EN PESO)

C	Si	Mn	P	S
0,175	0,190	0,460	0,021	0,020

### PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS, SOBRE EL METAL DEPOSITADO

	R. Tensión (mpa)	Lím. Elástico (mpa)	Elongación (%)	Resistencia al impacto
Standard	≥ 430	≥ 330	≥ 20	≥ 27
Valores típicos	490	380	24	68

### AMPERAJE RECOMENDADO SEGÚN DIÁMETRO

Diámetro x longitud mm / (pulg.)	Rango de corriente (A)
3,2 x 350 (1/8" x 14")	70 - 115
4,0 x 350 (5/32" x 14")	90 - 160

### POSICIONES DE SOLDADURA



### TIPO DE CORRIENTE

CA / CC

### CERTIFICACIONES / BAJO NORMA DE

AWS    BAC    CNAS    IAF    ISO 9001: 2008

Referencia	Diámetro por longitud mm / (pulg.)	Tipo de Presentación	Gramos por electrodos aprox.	Electrodos por empaque aprox.	Peso del empaque (Kg)	Empaques por caja (uds.)	Peso de la caja (Kg)	Cajas por palet (uds.)	Peso total del palet (Kg.)	Color de la presentación del empaque
<b>J112EL</b>	<b>3,2 x 350 (1/8" x 14")</b>	Empaque 5 Kg	30,40	165	5	3	15	70	1050	
<b>J113EL</b>	<b>4,0 x 350 (5/32" x 14")</b>	Empaque 5 Kg	47,30	105	5	3	15	70	1050	

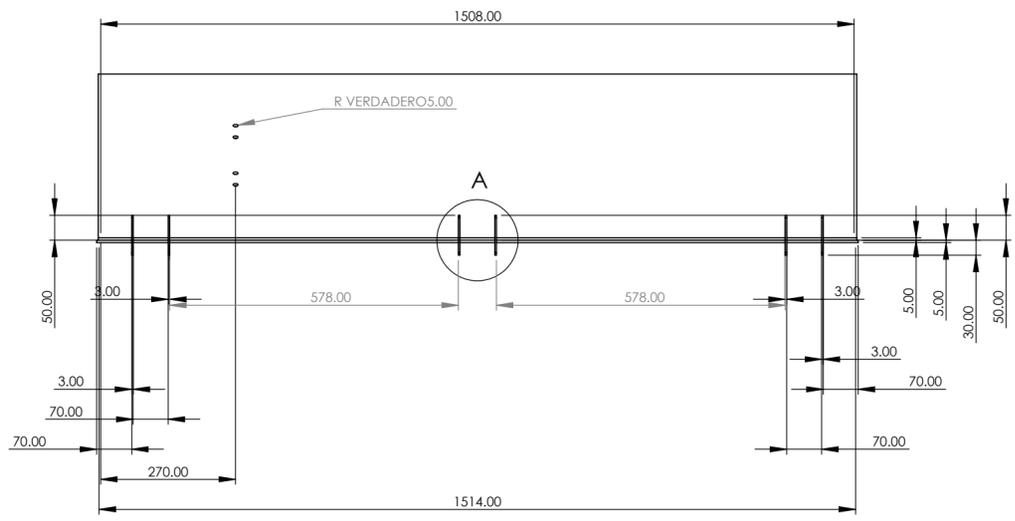
\* Disponibilidad de presentación en blisters. (consulte a su proveedor).



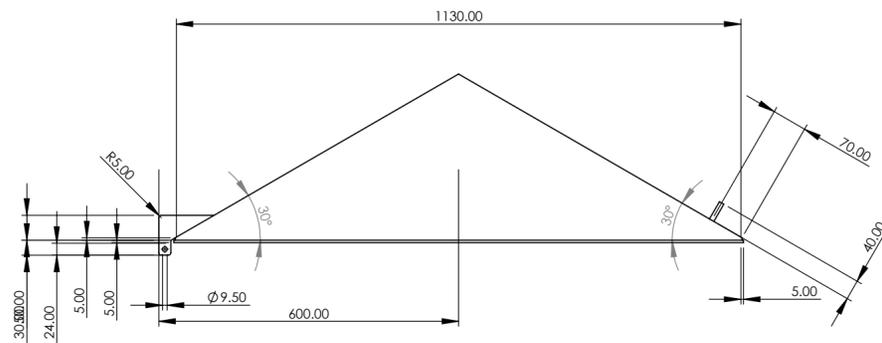
Jet-Arco España se reserva el derecho de modificar sin previo aviso las características de los productos presentados en este documento, además de considerarse únicamente como guía de consulta.

[www.jet-arco.com](http://www.jet-arco.com)

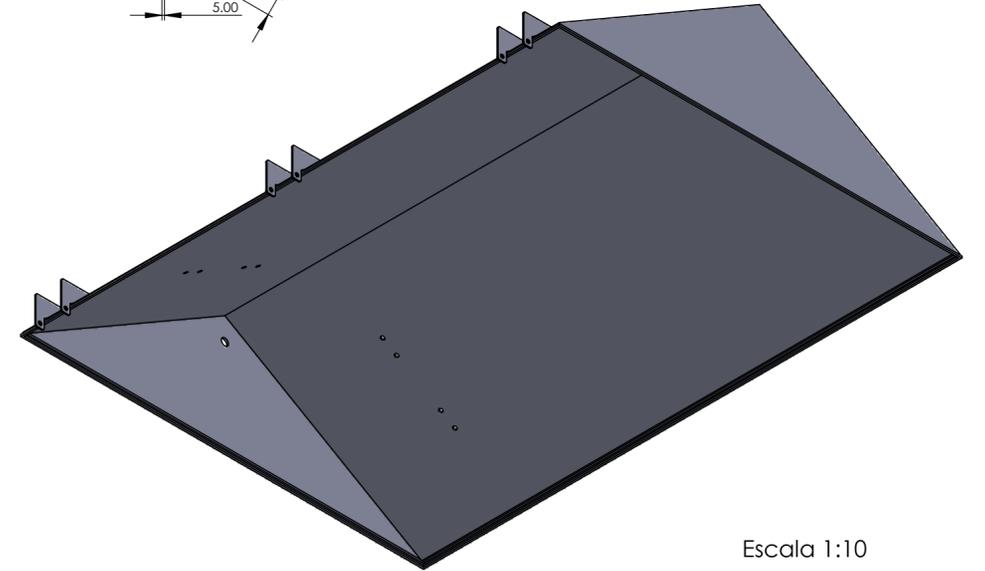
## **Anexo 12 – Planos de máquina fermentadora**



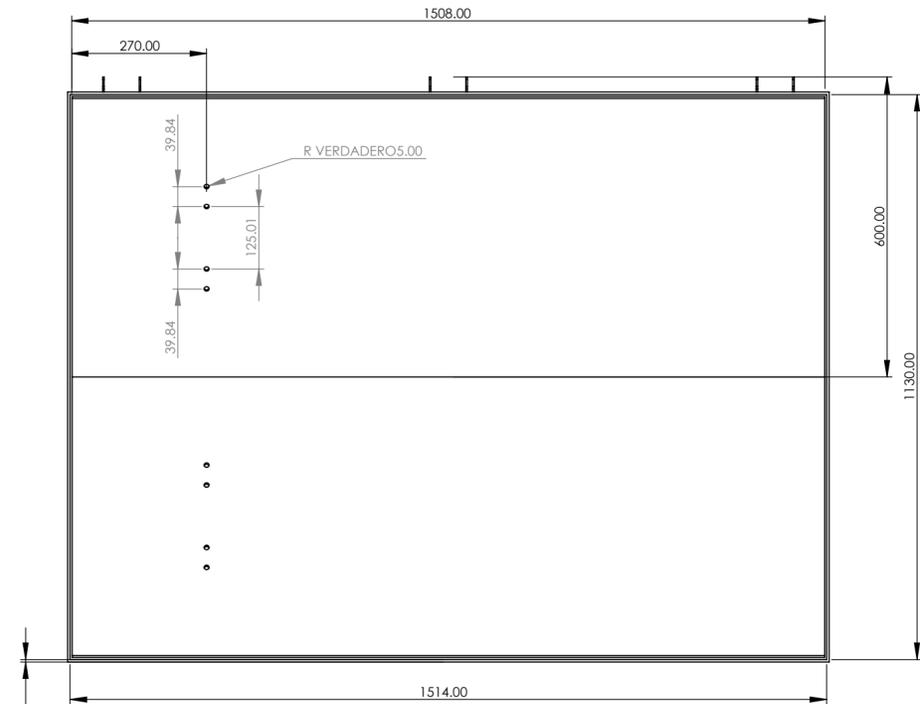
Escala 1:10



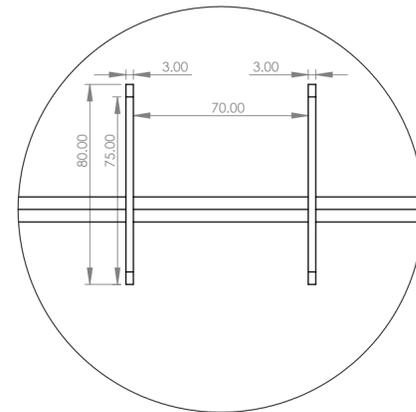
Escala 1:10



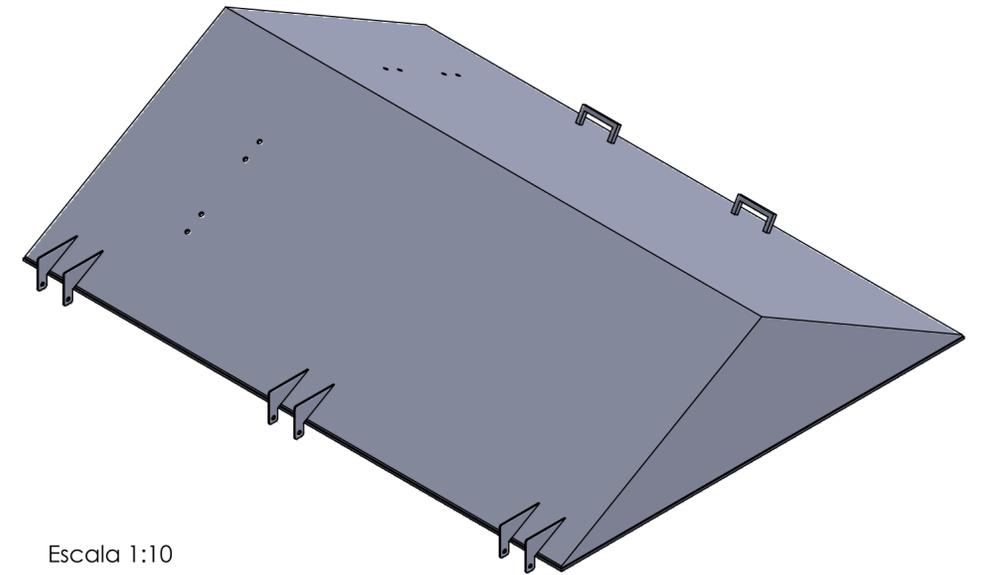
Escala 1:10



Escala 1:10

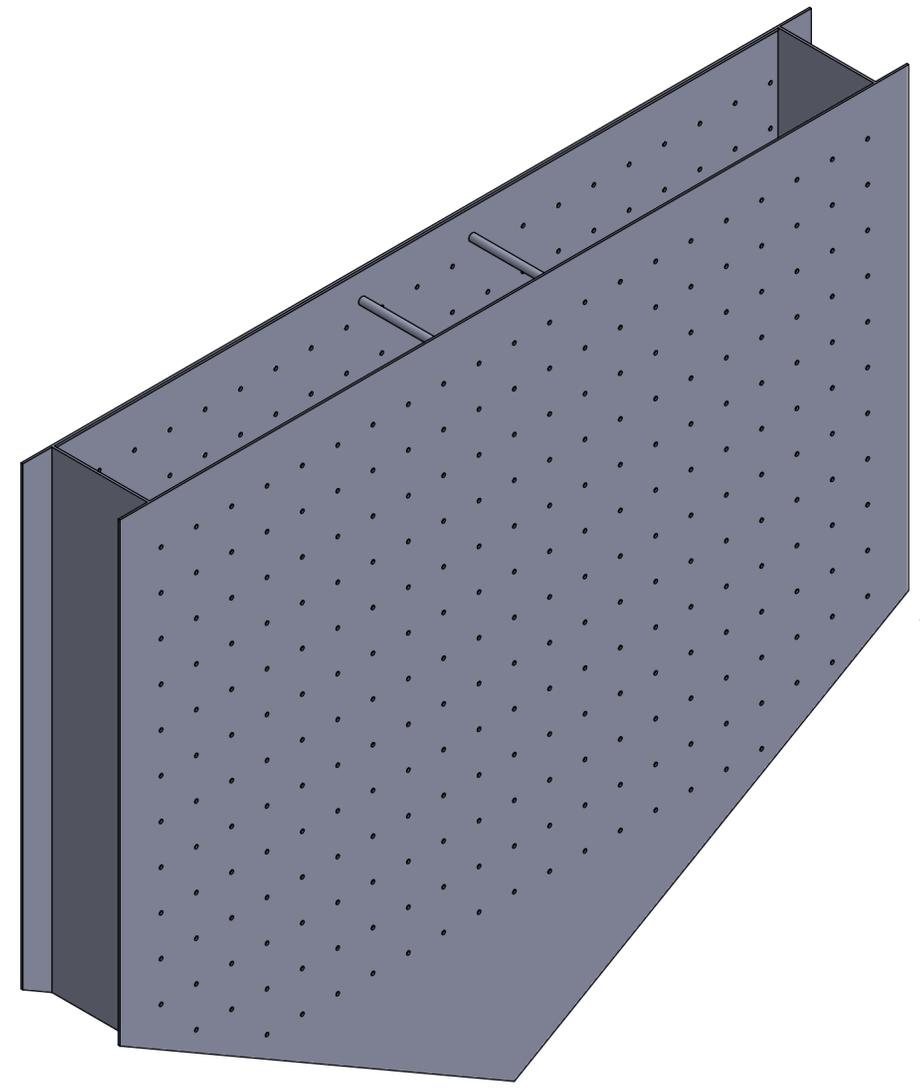
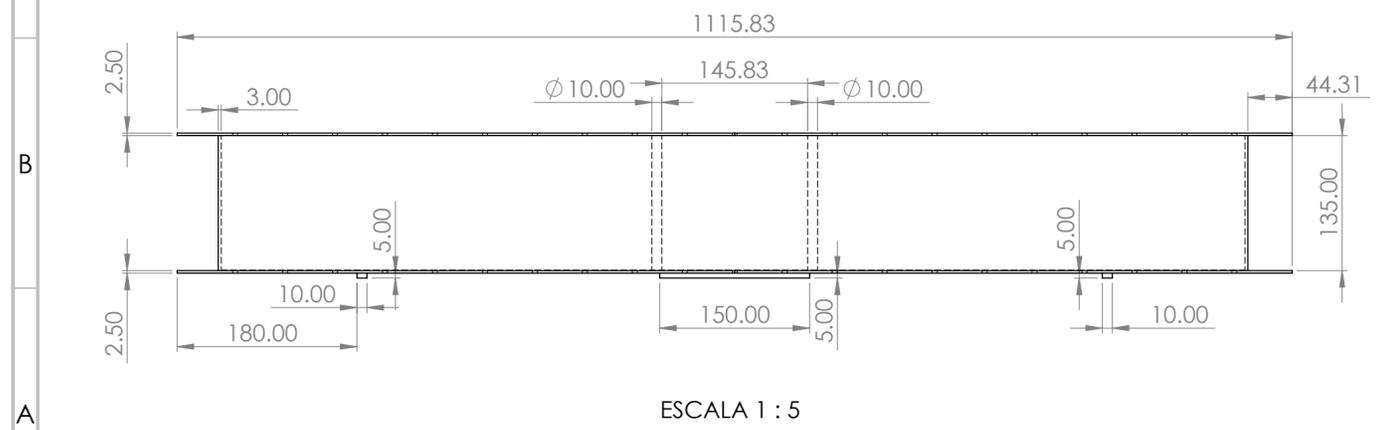
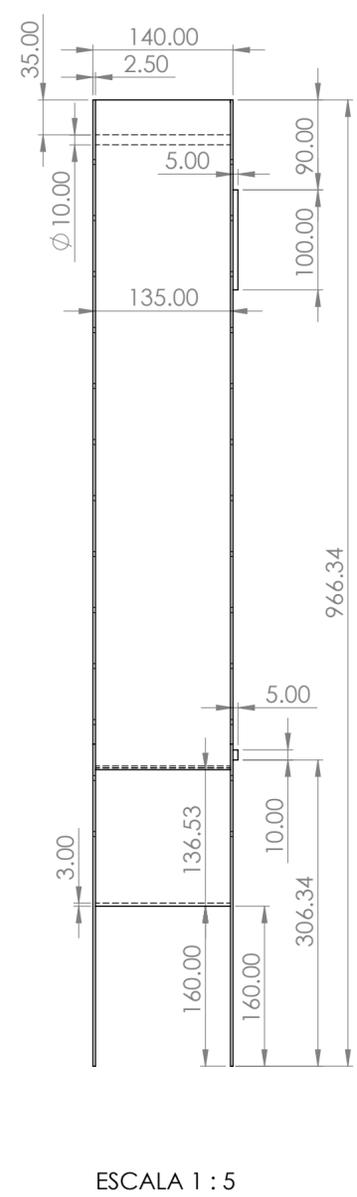
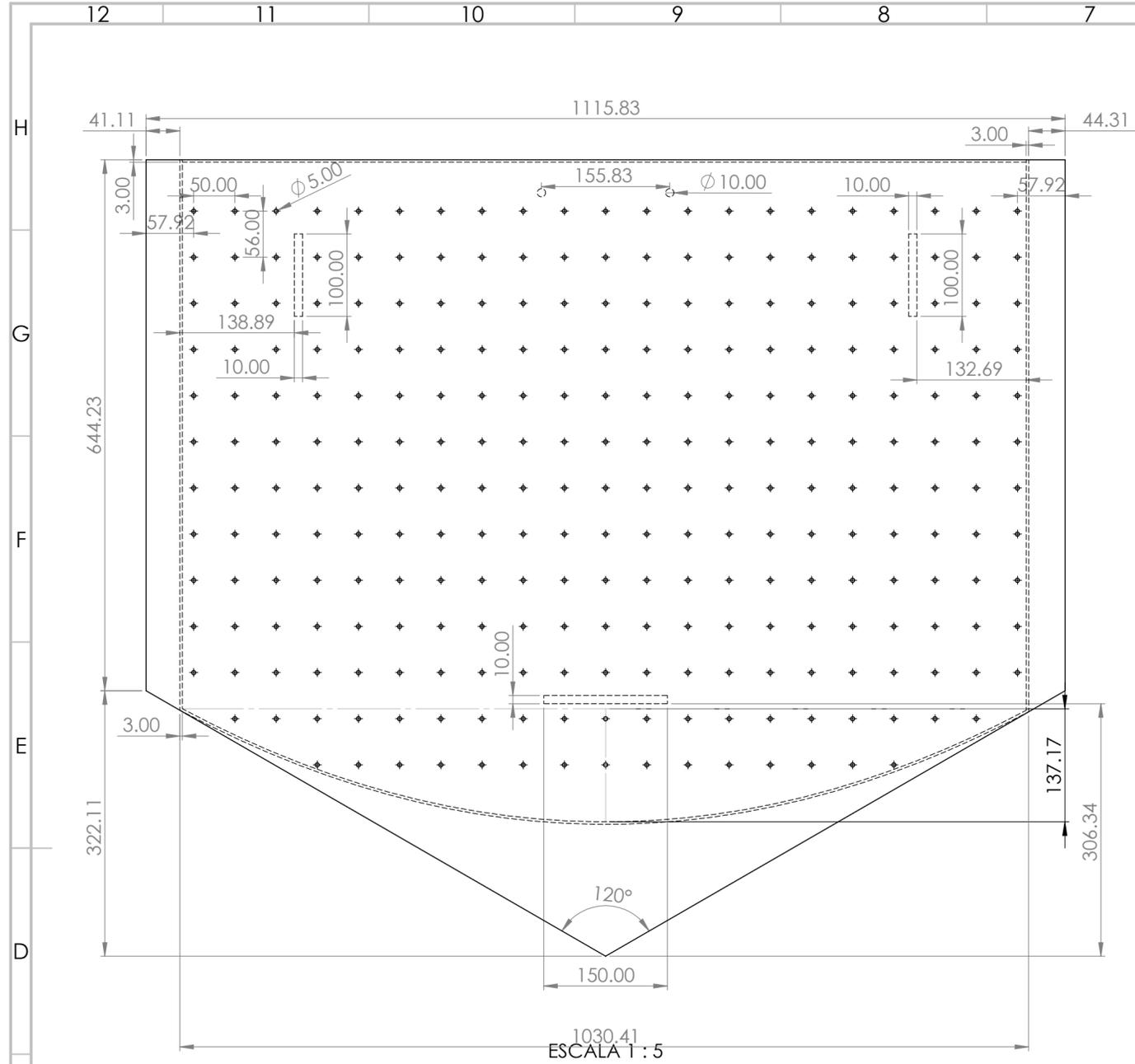


DETALLE A  
ESCALA 1:2



Escala 1:10

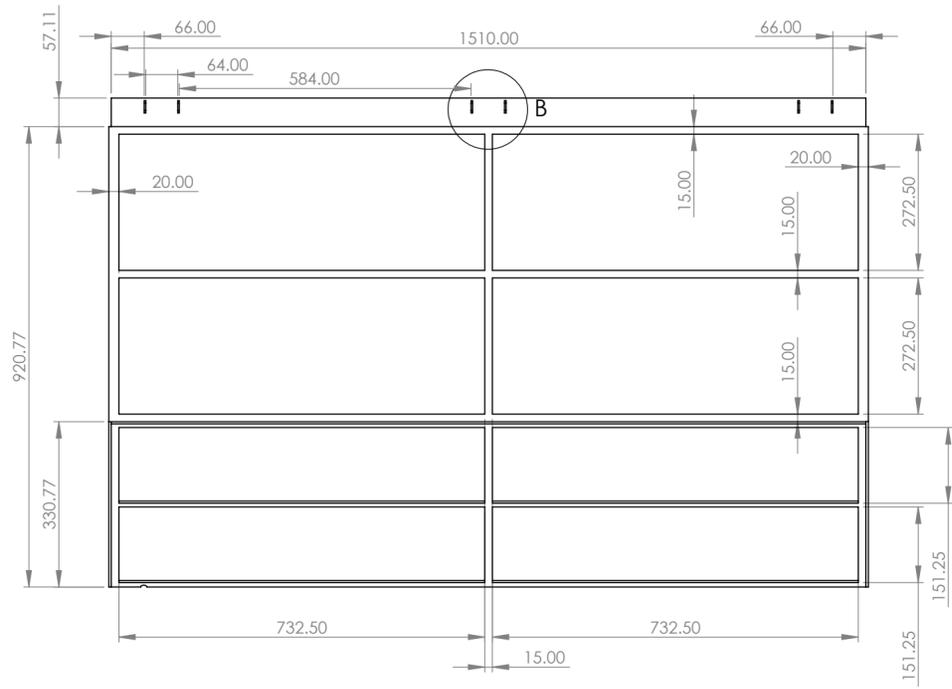
	DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA	
	22/10/2024	TAPA DE MÁQUINA FERMENTADORA
Escala: Indicada	Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue	Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera



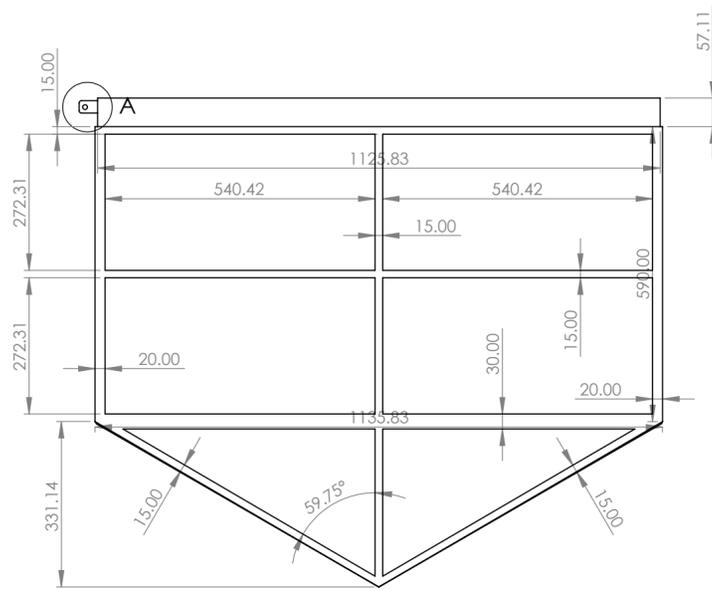
	DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA	
	22/10/2024	BANDEJA PARA 50 DE CAFÉ (5 mm tope)
Escala: Indicada	Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue	Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

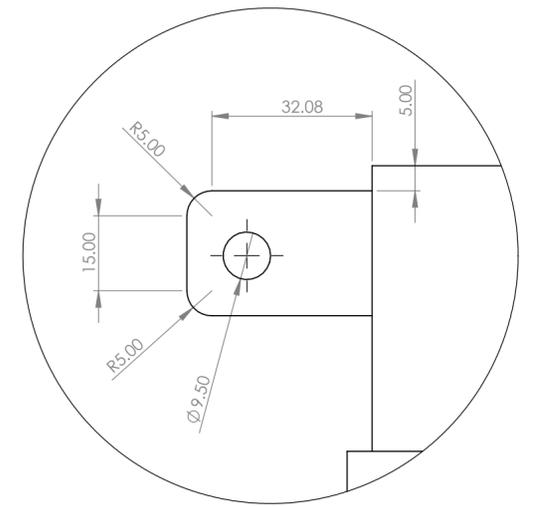
H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A



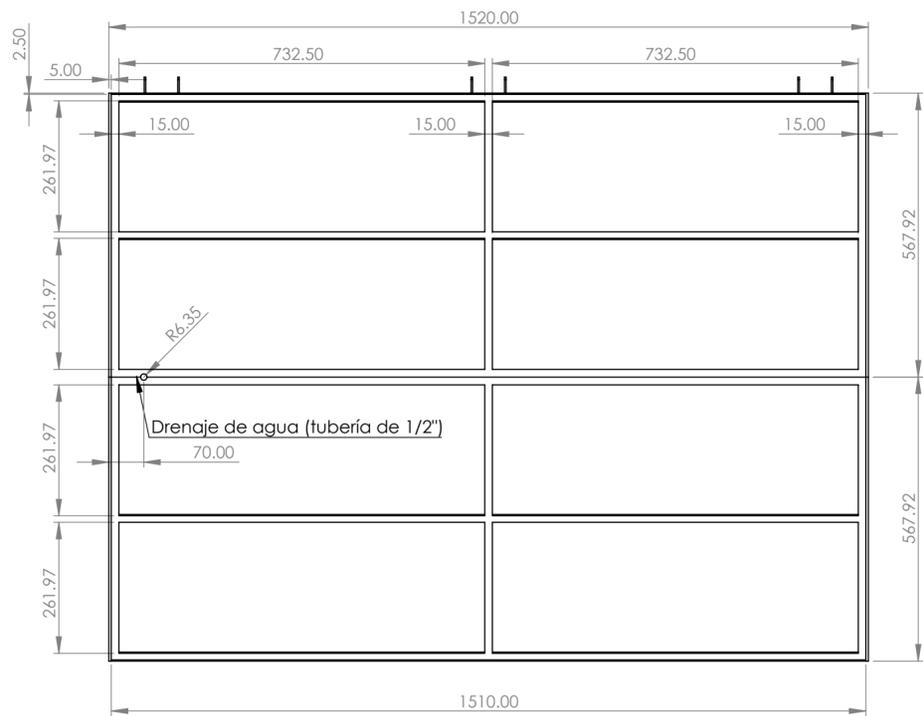
Escala 1:10



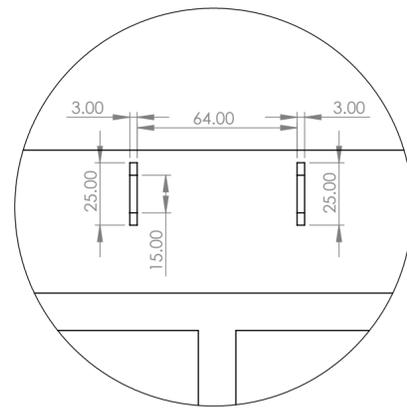
Escala 1:10



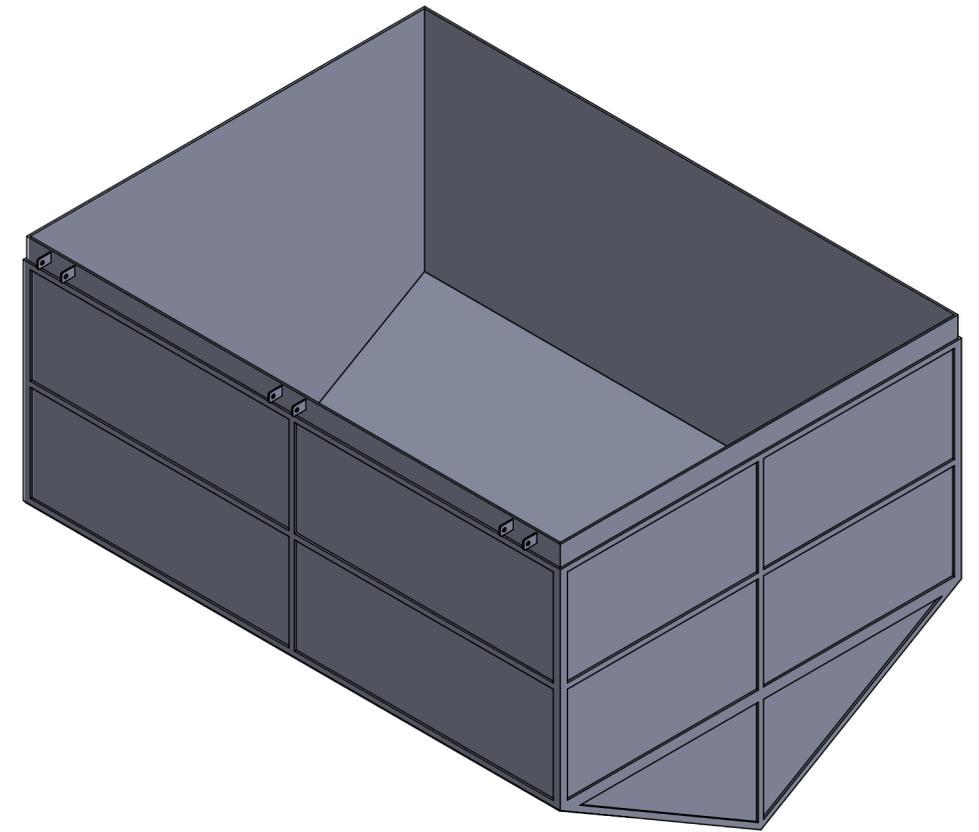
DETALLE A  
ESCALA 1:1



Escala 1:10



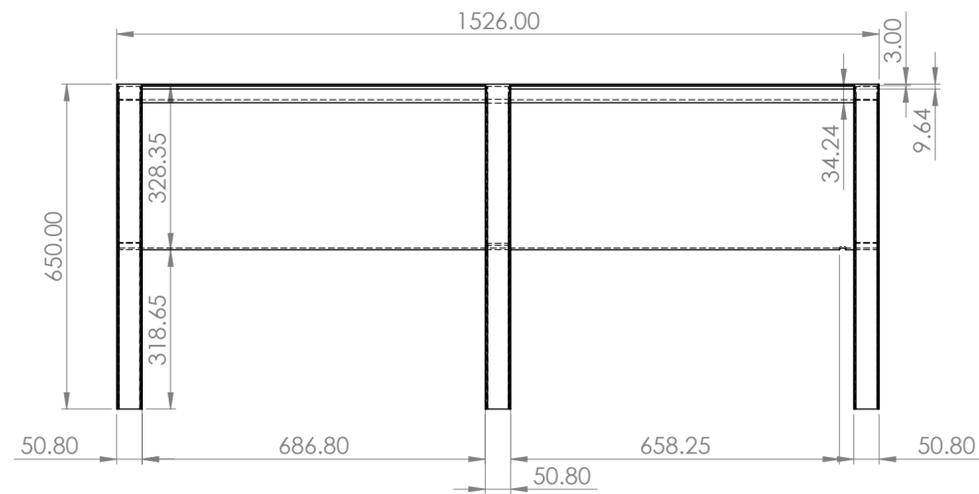
DETALLE B  
ESCALA 1:2



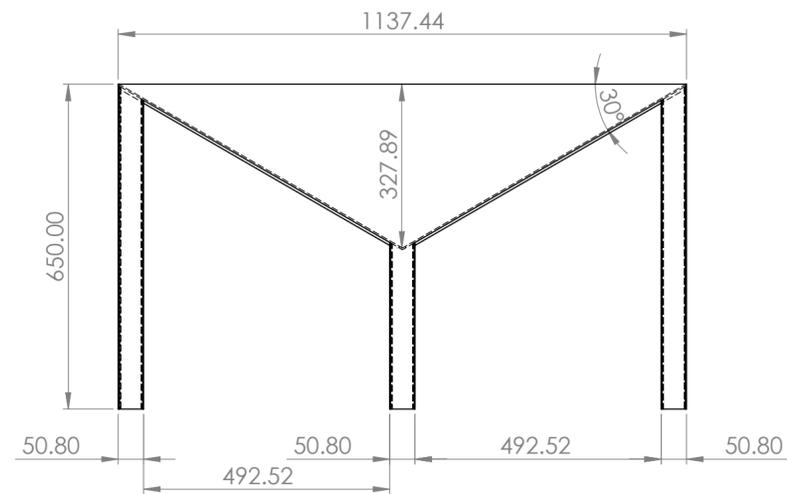
Escala 1:10

12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

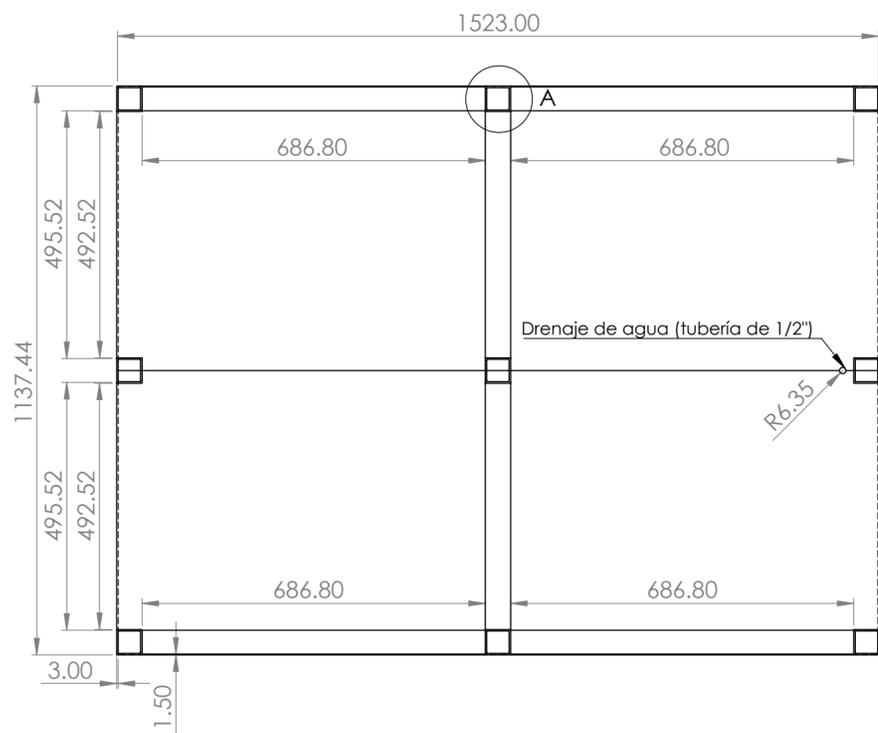
	DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA	
	CAJA PORTABANDEJAS PARA FERMENTADOR	
22/10/2024	Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue	Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
Escala: Indicada		



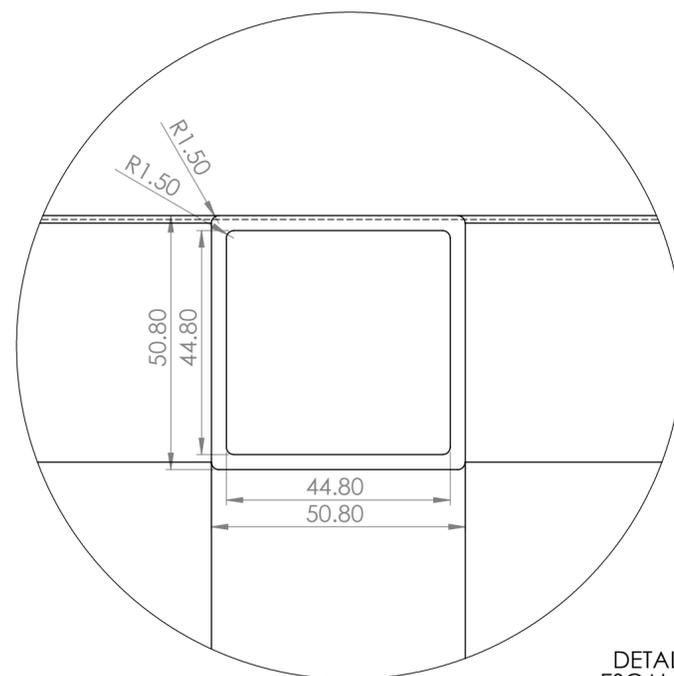
Escala 1:10



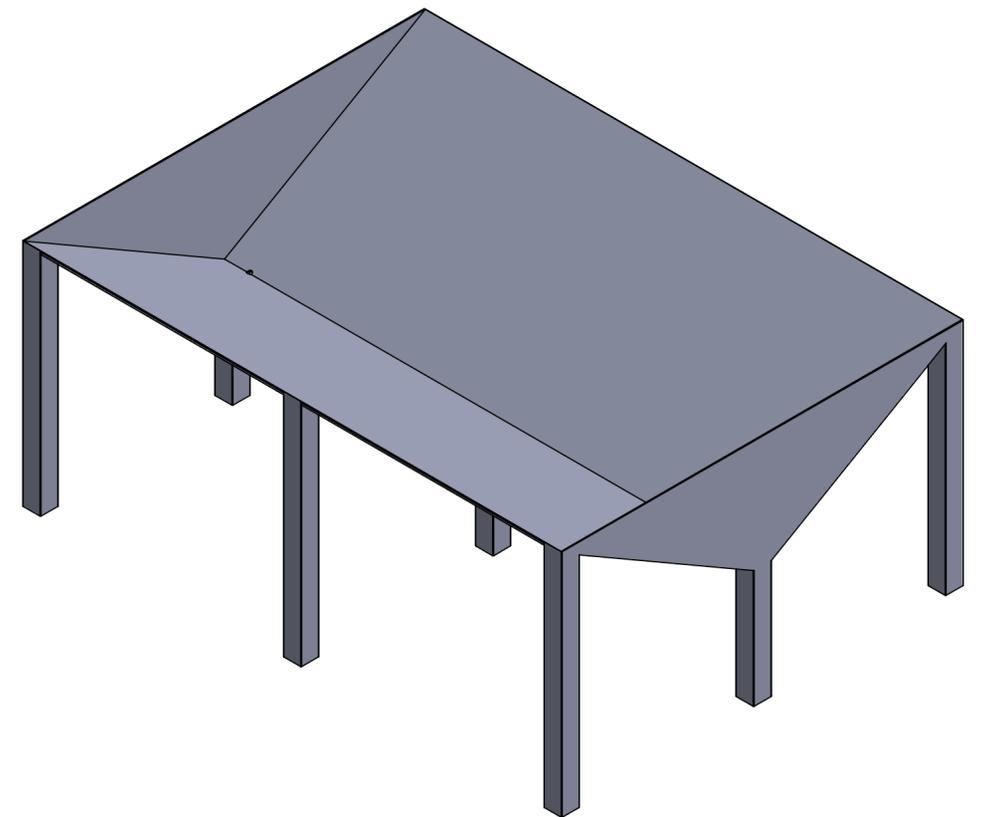
Escala 1:10



Escala 1:10

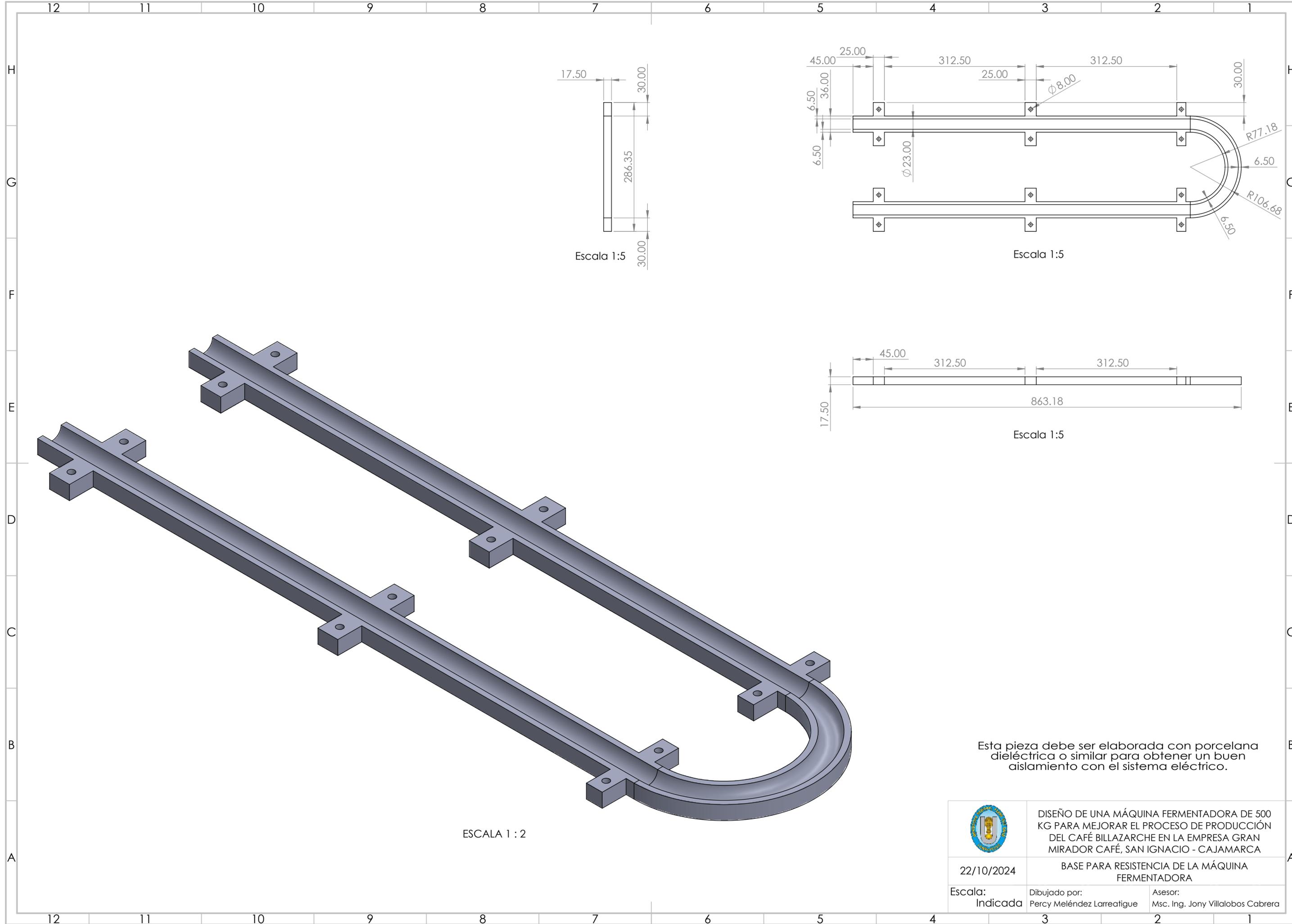


DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



Escala 1:10

	DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA	
	ESTRUCTURA DE SOPORTE PARA MÁQUINA FERMENTADORA	
22/10/2024	Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue	Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
Escala: Indicada		



Escala 1:5

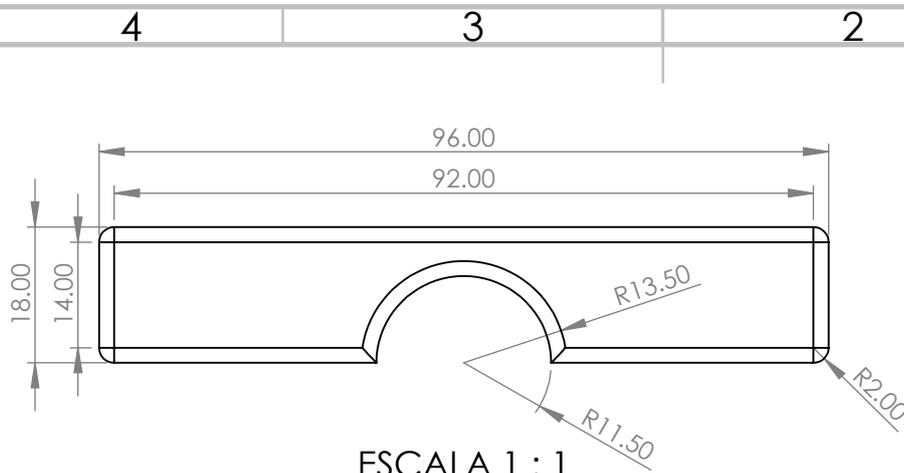
Escala 1:5

Escala 1:5

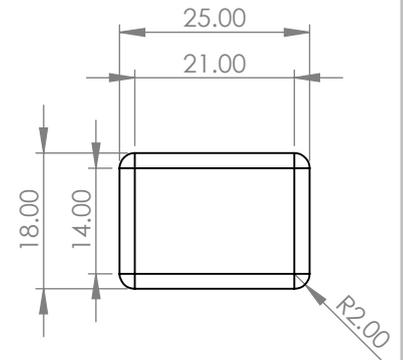
ESCALA 1:2

Esta pieza debe ser elaborada con porcelana dieléctrica o similar para obtener un buen aislamiento con el sistema eléctrico.

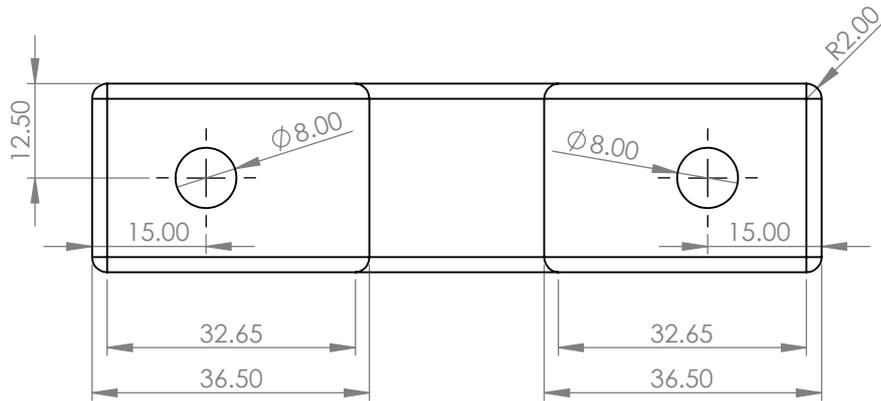
	<p>DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA</p>	
<p>22/10/2024</p>	<p>BASE PARA RESISTENCIA DE LA MÁQUINA FERMENTADORA</p>	
<p>Escala: Indicada</p>	<p>Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue</p>	<p>Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera</p>



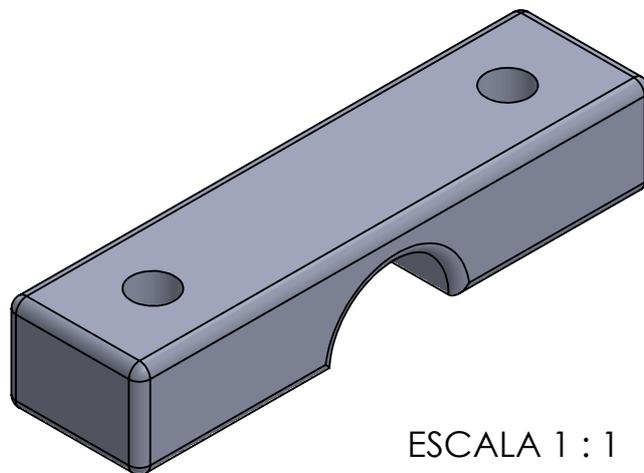
ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1



ESCALA 1 : 1

Esta pieza debe ser elaborada con porcelana dieléctrica o similar para obtener un buen aislamiento con el sistema eléctrico.



DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA

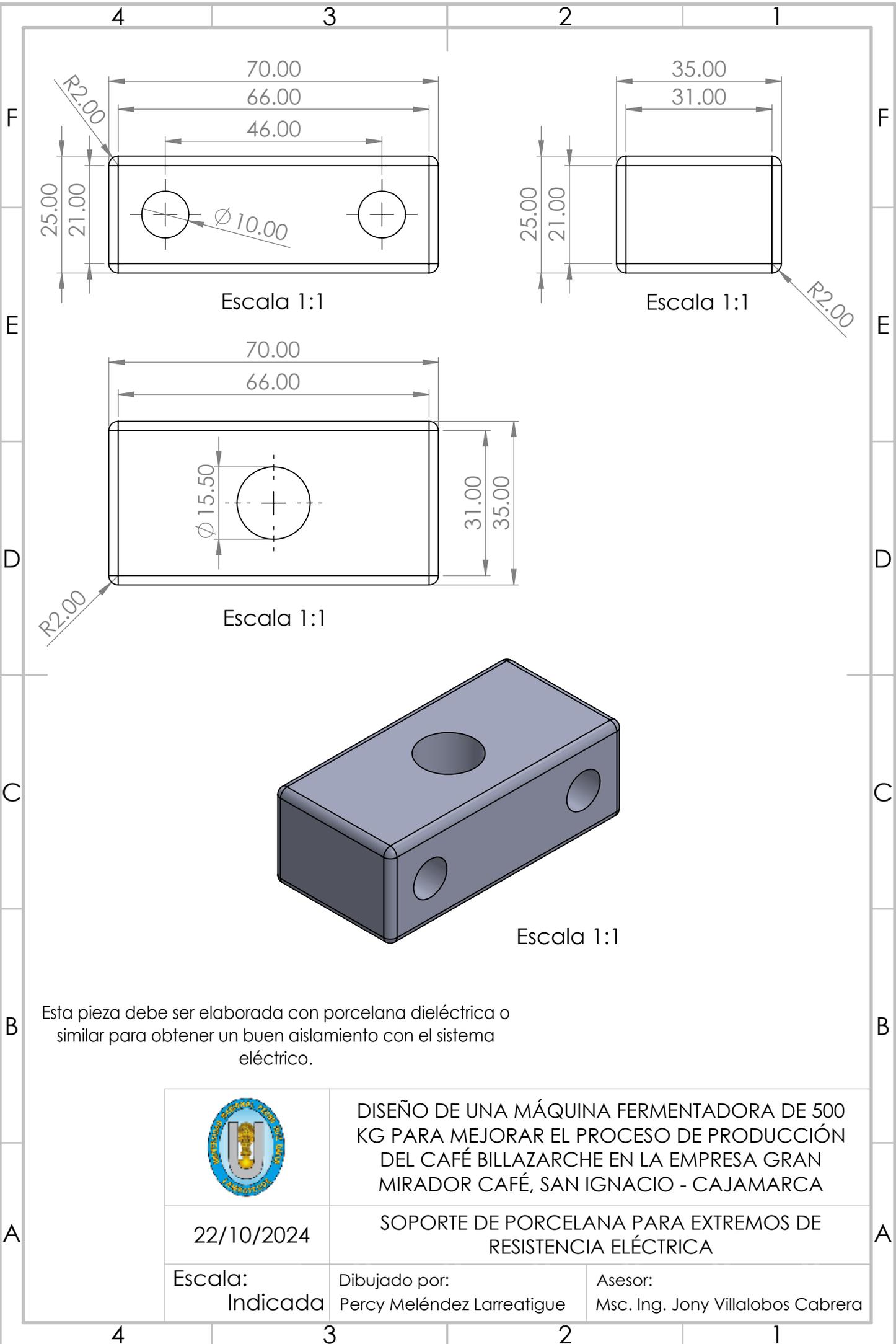
22/10/2024

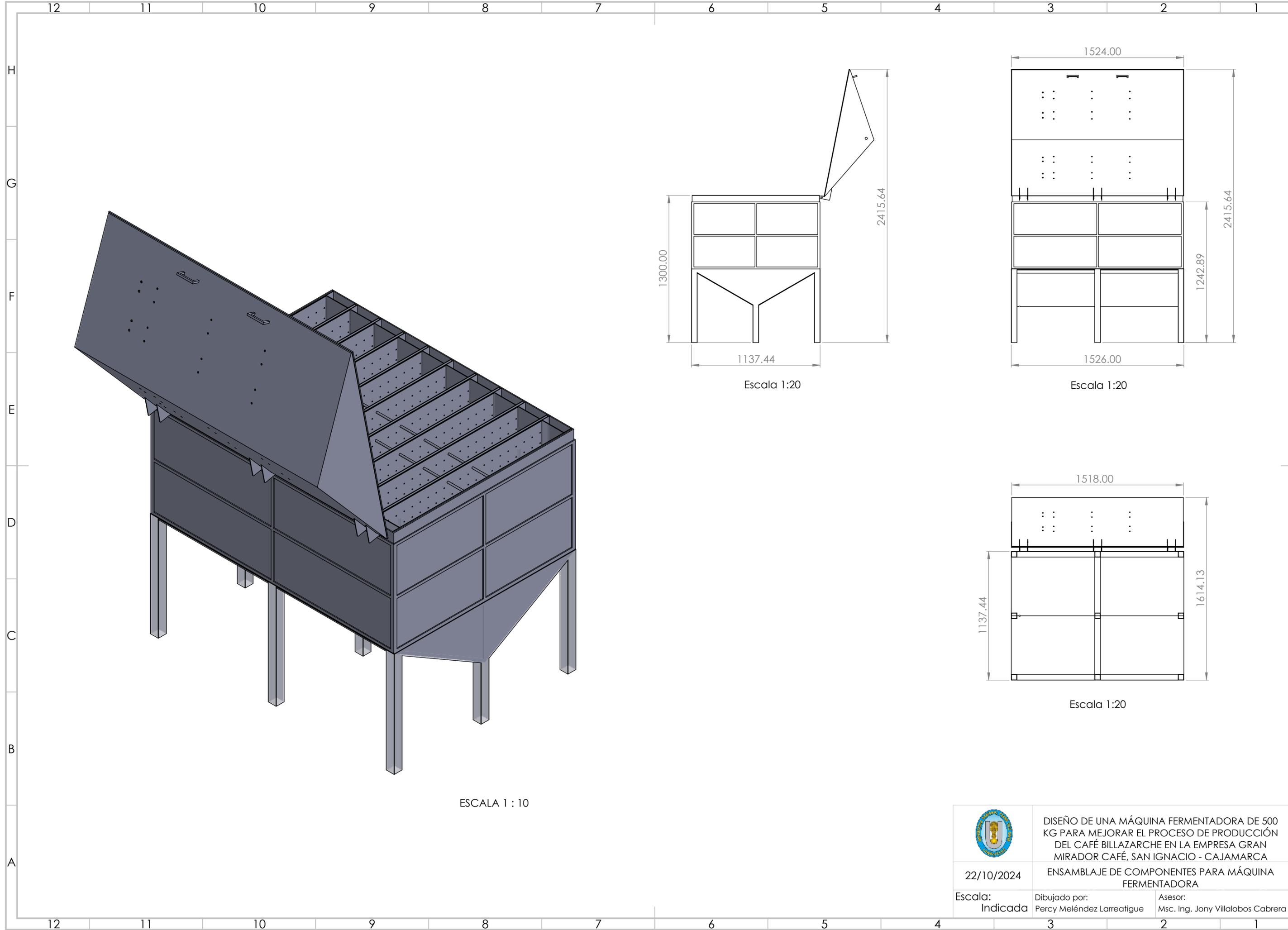
ANCLAJES DE PORCELANA DIELECTRICA PARA BASE DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

Escala:  
Indicada

Dibujado por:  
Percy Meléndez Larreatigue

Asesor:  
Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera



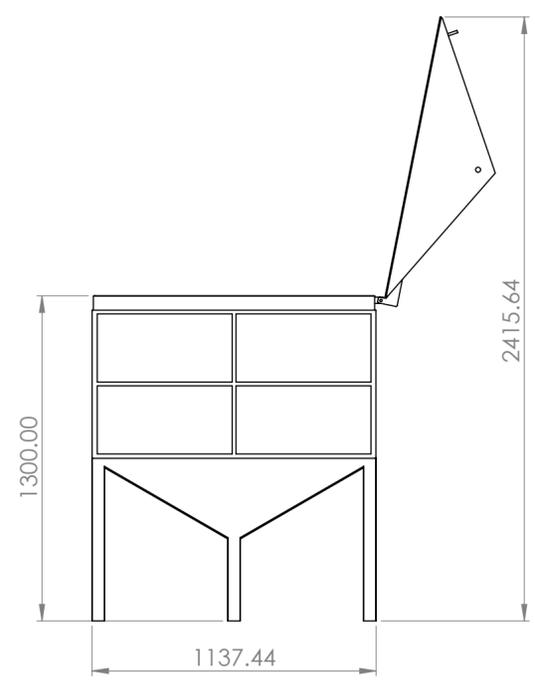


12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

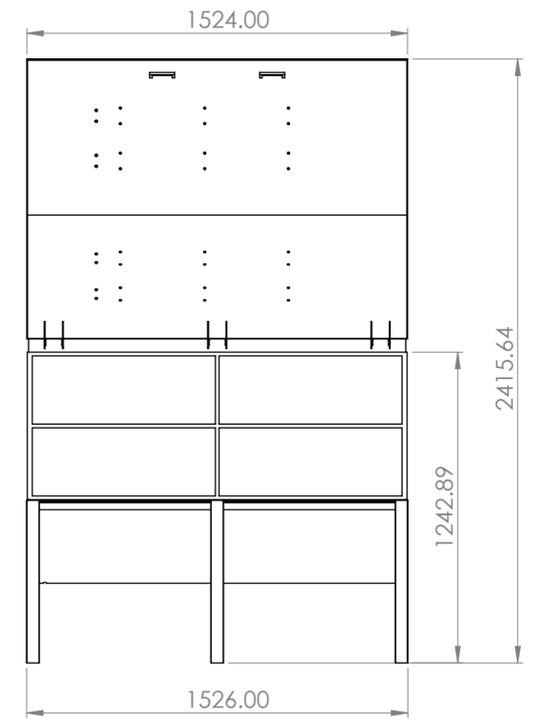
H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A

H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A

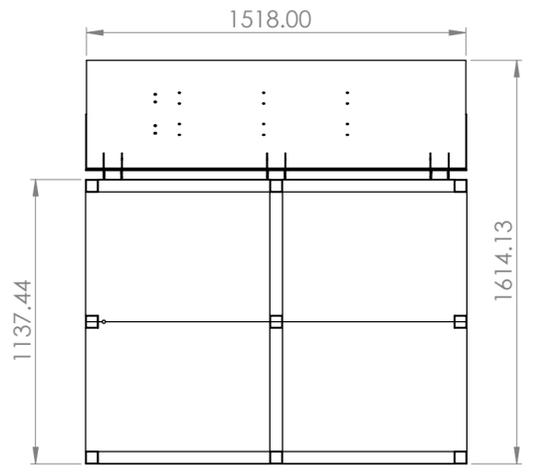
12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



Escala 1:20



Escala 1:20



Escala 1:20

ESCALA 1 : 10

	DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500 KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA	
	ENSAMBLAJE DE COMPONENTES PARA MÁQUINA FERMENTADORA	
22/10/2024	Dibujado por: Percy Meléndez Larreatigue	Asesor: Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera
Escala: Indicada		



**ACTA DE SUSTENTACION N°055-2024-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 01:00 p.m. del día jueves 07 de noviembre 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°261-2024-D-FIME, de fecha 28 de octubre 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. CARRANZA MONTENEGRO DANIEL  
M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
MIEMBRO  
ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

**“DISEÑO DE UNA MÁQUINA FERMENTADORA DE 500KG PARA MEJORAR EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ BILLAZARCHE EN LA EMPRESA GRAN MIRADOR CAFÉ, SAN IGNACIO - CAJAMARCA”**

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MELENDEZ LARREATIGUE PERCY SMITH.**

Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( 17 ) en la escala vigesimal, mención Bueno.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.


Siendo las 1:47 pm del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA  
SECRETARIO

  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
MIEMBRO

  
M.Sc. Ing. JONY VILLALOBOS CABRERA  
ASESOR



ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Yo, **M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**, usuario revisor del documento titulado: **“Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Cafe, San Ignacio-Cajamarca”**

Cuyo autor es, **Meléndez Larreatigue Percy Smith**, identificado con documento de identidad N°**73597064**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de **15%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 21 de noviembre del 2024



.....  
**M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**

**DNI: 16699530**

**ASESOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

# Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio - Cajamarca

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://senacafehuila.blogspot.com">senacafehuila.blogspot.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://revistas.unsm.edu.pe">revistas.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%

Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera  
Asesor



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Percy Meléndez Larreatigue  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg para mejor...  
Nombre del archivo: Tesis\_-\_Melendez\_Larreatigue\_Percy\_1.pdf  
Tamaño del archivo: 9.23M  
Total páginas: 153  
Total de palabras: 19,739  
Total de caracteres: 104,688  
Fecha de entrega: 20-nov.-2024 02:40p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2526528578

 **UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"**   
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

TESIS ORDINARIA

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Diseño de una máquina fermentadora de 500 kg para mejorar el proceso de producción del café Billazarche en la empresa Gran Mirador Café, San Ignacio - Cajamarca"

Presentado Por:  
**Bach. Percy Meléndez Larreatigue**

Asesor:  
**Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera**

LAMBAYEQUE – PERÚ  
2024

  
Msc. Ing. Jony Villalobos Cabrera  
Asesor