



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**PROTOTIPO A ESCALA DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA
AUTOMATIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE DULCE DE
MEMBRILLO UTILIZANDO UN SISTEMA PLC**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Menoscal Peña Kevin Andrés
Merele Morales Xavier Fernando
TUTOR: Zambrano García José Alexander, Msc.

Guayaquil - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Menoscal Peña Kevin Andrés** con documento de identificación N° **0924165004** y **Merelo Morales Xavier Fernando** con documento de identificación N° **0943157263** manifestamos que:

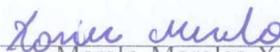
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda difundir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo

Guayaquil, 08 de abril del año 2024

Atentamente,



Menoscal Peña Kevin Andrés
C.C. 0924165004



Merelo Morales Xavier Fernando
C.C. 0943157263

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Menoscal Peña Kevin Andrés** con documento de identificación N° **0924165004** y **Merelo Morales Xavier Fernando** con documento de identificación N° **0943157263** expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Dispositivo Tecnológico: **PROTOTIPO A ESCALA DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA AUTOMATIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE DULCE DE MEMBRILLO UTILIZANDO UN SISTEMA PLC**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que se realice la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 08 de abril del año 2024

Atentamente,



Menoscal Peña Kevin Andrés
C.C. 0924165004



Merelo Morales Xavier Fernando
C.C. 0943157263

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **José Alexander Zambrano García**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **PROTOTIPO A ESCALA DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA AUTOMATIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE DULCE DE MEMBRILLO UTILIZANDO UN SISTEMA PLC**, realizado por **Menoscal Peña Kevin Andrés** con documento de identificación N° **0924165004** y **Merelo Morales Xavier Fernando** con documento de identificación N° **0943157263** obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 08 de abril del año 2024

Atentamente,



Ing. José Alexander Zambrano García, Msc.
C.C. 0703175521

DEDICATORIA

Deseo dedicar de todo corazón este trabajo de grado a mi querida madre, Rosa Peña Aguirre. Después de brindarme la vida, se enfrentó valientemente al mundo entero para asegurar que mi hermana y yo nos convirtiéramos en personas de bien. Ella fue mi roca, compartiendo tanto mis desafíos como mis triunfos. Depositó su confianza en mí y siempre ha estado convencida de que podría alcanzar cualquier meta que me propusiera. Su esfuerzo diario y presión han sido vitales en mi desarrollo académico y profesional. También dedico este logro a mi hermana, Danna Menoscal, por su constante apoyo y compañía, así como a todos mis amigos y familiares, quienes han estado a mi lado durante este trayecto, brindándome su tiempo para compartir experiencias y momentos de esparcimiento.

Menoscal Peña Kevin Andrés

Este trabajo se lo dedico a toda mi familia por concederme fortaleza, sabiduría y ser mi guía en momentos difíciles de mi carrera. A mi mamá, mi padre y mis tíos, quienes supieron ser mis compañeros y apoyos incondicionales en cada momento y han sido el pilar fundamental de ayuda y motivación para lograr con éxito una meta más en mi vida. Pero, sobre todo, a mi tía Cecilia, quien siempre ha querido verme graduado, a pesar de que ya no esté conmigo.

Merelo Morales Xavier Fernando

AGRADECIMIENTO

Durante mi trayectoria académica en la carrera de ingeniería en mecatrónica, he tenido el honor de recibir el apoyo y la orientación de docentes amables y preparados. Estoy profundamente agradecido con cada uno de ellos por su dedicación y compromiso en mi formación profesional. Gracias a su mentoría, he adquirido las habilidades técnicas y el pensamiento crítico necesarios para enfrentar desafíos complejos y encontrar soluciones innovadoras en el campo de la ingeniería. Su respaldo incondicional me ha infundido la confianza para perseguir mis metas con determinación y perseverancia. Quiero destacar especialmente al Ing. José Zambrano y al Ing. Juan Pablo Vera por su orientación y apoyo durante la realización de este proyecto, brindándome sugerencias y confiando en mí para llevarlo a cabo. También agradezco a todas aquellas personas que, de forma directa o indirecta, contribuyeron al desarrollo de mi proyecto.

Quiero expresar mi gratitud principal a Dios y a mi madre por su amor incondicional y por haberme inculcado el valor de la perseverancia para enfrentar los desafíos y dificultades de la vida. Además, no puedo pasar por alto expresar mi sincero agradecimiento a mis compañeros de clase y amigos que he conocido a lo largo de mi trayectoria universitaria. Su amistad y apoyo han sido fundamentales en mi viaje educativo. Juntos, hemos compartido momentos de alegría, enfrentado desafíos y celebrado logros, creando recuerdos que guardaré para siempre. Les agradezco a cada uno de ellos por su apoyo constante, su aliento y su inspiración. En los momentos difíciles, siempre estuvieron ahí para levantarme y alentarme a seguir adelante. Su presencia ha hecho que este camino sea más llevadero y enriquecedor. A través de su amistad, he comprendido la importancia del trabajo en equipo, la colaboración y el compañerismo, valores que llevaré conmigo a lo largo de mi carrera profesional.

Menoscal Peña Kevin Andrés

Agradezco de todo corazón a mi familia, hermanos de Iglesia, amistades formadas dentro y fuera de la carrera; todos ellos me han ayudado a formarme como ser humano y profesional. Pero, sobre todo, a mi papá, quien ha sido pilar fundamental en mi crecimiento y formación durante mi vida.

Agradezco a todas esas amistades que me dio directamente como indirectamente la universidad, porque me han demostrado ser grandes seres humanos que siempre me han brindado de su apoyo aun cuando fue difícil avanzar, por acompañarme y hacer de este camino más agradable y enriquecedor.

Merelo Morales Xavier Fernando

RESUMEN

Para optimizar el proceso de producción del dulce de membrillo, se plantea la iniciativa tecnológica titulada "Desarrollo de un Prototipo a Escala de una Máquina Mezcladora Automatizada para la Elaboración de Dulce de Membrillo utilizando un Sistema PLC", esto, debido a una serie de desafíos que este sector enfrenta actualmente. Se plantea fabricar el prototipo de una máquina funcional rentable con la finalidad de mitigar riesgos laborales, el aumento de capacidad de producción y reducir tiempos muertos durante la cocción.

Esta investigación se divide en 3 etapas: la primera expone un marco teórico que aborda el proceso tradicional de producción del dulce de membrillo, características de la materia prima, normas y elementos asociados para su automatización. Como segunda etapa se tiene un marco metodológico que comprende el diseño 3D en SolidWorks incluyendo simulaciones bajo diversas condiciones, cálculos para la fabricación de la máquina, selección de componentes para el diseño eléctrico y su automatización, el proceso de manufacturado usando acero inoxidable 304 y el uso de una termocupla tipo J con su transmisor. Finalmente, la última etapa se basa en el desarrollo de un análisis técnico-económico, considerando los costos directos e indirectos asociados a la producción de la máquina, así como su relación costo/beneficio para determinar su viabilidad financiera.

Palabras clave: PLC Logo, Máquina Mezcladora Automatizada, Dulce de Membrillo, Solidworks, CADe SIMU, ARCSA, ISO 304.

ABSTRACT

To optimize the quince jam production process, the technological initiative titled "Development of a Scale Prototype of an Automated Mixing Machine for Quince Jam Making Using a PLC System" is proposed. This is due to a series of challenges currently faced by this sector. The goal is to manufacture a functional and profitable prototype machine to mitigate occupational risks, increase production capacity, and reduce downtime during cooking.

This research is divided into 3 stages: the first presents a theoretical framework addressing the traditional quince jam production process, characteristics of the raw material, standards, and elements associated with its automation. The second stage encompasses a methodological framework that includes 3D design in SolidWorks featuring simulations under various conditions, calculations for machine manufacturing, selection of components for electrical design and automation, the manufacturing process using 304 stainless steel, and the use of a type J thermocouple with its transmitter. Finally, the last stage is based on the development of a technical-economic analysis, considering the direct and indirect costs associated with the machine's production, as well as its cost/benefit ratio to determine its financial viability.

Keywords: Logo PLC, Automated Mixing Machine, Quince Jelly, Solidworks, CADe SIMU, ARCSA, ISO 304.

ÍNDICE

I.	Problema de Estudio	1
II.	Justificación	2
III.	Objetivos	3
III-A.	Objetivo general	3
III-B.	Objetivos específicos	3
III-C.	Tabla de Objetivos	3
IV.	Fundamentos Teóricos	4
IV-A.	Industria del Dulce de Membrillo	4
IV-A1.	La Guayaba y el Membrillo	4
IV-A2.	Taxonomía de la guayaba y el membrillo	5
IV-A3.	Morfología de la guayaba y el membrillo	5
IV-A4.	Características del dulce de membrillo	6
IV-A5.	Producción tradicional del dulce de membrillo	7
IV-A6.	Normas	11
IV-A7.	Desafíos Actuales de la Industria	11
V.	Alternativas de Diseño	12
V-A.	Marmitas Industriales	12
V-A1.	Característica de Marmitas Industriales	12
V-B.	Agitadores	15
VI.	Metodología	16
VI-A.	Diseño Mecánico de la Máquina Mezcladora	16
VI-B.	Dimensionamiento de Tanques	17
VI-B1.	Cálculo de espesores de los dos tanques	19
VI-B2.	Cálculo del fondo toro esférico	19
VI-B3.	Cálculo de Capacidad del Recipiente	21
VI-B4.	Simulación del Cilindro Externo	21
VI-B5.	Simulación del Cilindro Interno y Soportes	22
VI-C.	Diseño del eje del agitador	23
VI-C1.	Velocidad requerida del agitador	25
VI-C2.	Potencia necesaria para el motor	25
VI-C3.	Torque necesario para la mezcla	26
VI-C4.	Simulación de Agitador	26
VI-D.	Fuerzas involucradas en la mezcla	28
VI-E.	Cálculos Termodinámicos	29
VI-E1.	Cálculo Resistencia Requerida	30
VI-F.	Diseño Eléctrico de la Marmita	31
VI-F1.	PLC LOGO	31
VI-F2.	Sensor de temperatura tipo J	32
VI-F3.	Transmisor de Temperatura	32
VI-F4.	Gabinete Metálico	33
VI-F5.	Resistencias Eléctricas Tubulares de Inmersión	34
VI-F6.	Motorreductor trifásico	34
VI-F7.	Instrumentación y sistema de control	35
VI-F8.	Automatización de la marmita	37

VI-G.	Análisis Técnico Económico	38
VI-G1.	Costos de Inversión	38
VI-G2.	Proyección de Producción	42
VI-G3.	Datos Técnicos del Prototipo	44
VII.	Resultados	45
VII-A.	Construcción de la Máquina Mezcladora	45
VIII.	Cronograma	52
IX.	Presupuesto	53
X.	Conclusiones	55
XI.	Recomendaciones	55
	Referencias	56
XII.	Anexos	58
	Anexo A: Planos de la Máquina Mezcladora	58
	Anexo B: ACERO AISI 304	63
	Anexo C: Valores Admisibles	64
	Anexo D: Agitador Ancla	65
	Anexo E: Agitador Ancla	66
	Anexo F: Propiedades	67
	Anexo G: Entrevista en Fábrica de Dulce de Membrillo	69
	Anexo H: ARCSA	70
	Anexo I: Fichas Técnicas	78
	Anexo J: Cotización de Materiales	87

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Guayaba - Psidium Guajava [5]	4
2.	Proceso Tradicional del Dulce de Membrillo, Fuente: Autores.	8
3.	Materia Prima Cosechada, Fuente: Autores.	8
4.	Mezcla y Cocción de la Pulpa, Fuente: Autores.	9
5.	Dulce de Membrillo [13]	10
6.	Clasificación de Marmitas según sus Características, Fuente: Autores.	12
7.	Marmita Semiesférica Fija a Vapor/Eléctrica [17]	13
8.	Marmita Semiesférica Basculante a Vapor/Eléctrica [17]	13
9.	Marmita Redonda Basculante con Nivel Constante Modelo PBL.IG-300 [18]	14
10.	Tipos de Agitadores [19]	15
11.	Etapas de la Metodología de Design Thinking, Fuente: Autores.	16
12.	Vista Isométrica del modelo Ensamblado Fuente: Autores.	17
13.	Partes de la base [23]	20
14.	Análisis Estático del Cilindro Exterior, Fuente: Autores.	21
15.	Desplazamiento Estático del Tanque Exterior, Fuente: Autores.	22
16.	Análisis Estático del Cilindro Interno y sus patas, Fuente: Autores.	22
17.	Análisis de Desplazamientos del Cilindro Interno y sus patas, Fuente: Autores.	23
18.	Agitador Tipo Ancla [24]	23
19.	Características del Agitador Tipo Ancla [24]	24
20.	Diseño del Agitador Tipo Ancla, Fuente: Autores.	24
21.	Análisis Estático con Tensión Nodal del Agitador, Fuente: Autores.	26
22.	Desplazamiento Estático del Agitador, Fuente: Autores.	27
23.	Deformación Unitaria del Agitador, Fuente: Autores.	27
24.	Esquema Vectorial de Torsión [27]	28
25.	PLC Logo Basic V8.0, Fuente: Autores.	31
26.	Termocupla tipo J de 2 hilos[30]	32
27.	Transmisor de Temperatura TxBlock-USB [31]	32
28.	Gabinete Modular Metálico [32]	33
29.	Gabinete Metálico con Componentes, Fuente: Autores.	33
30.	Resistencias Tubulares de Inmersión [33]	34
31.	Resistencias Tubulares de Inmersión [34]	34
32.	Motorreductor trifásico, Fuente: Autores.	35
33.	Programación en LWE, Fuente: Autores.	36
34.	Esquema de Conexiones en CA De Simu, Fuente: Autores.	37
35.	Materiales de la Estructura Metálica, Fuente: Autores.	46
36.	Máquina antes de ser Soldada, Fuente: Autores.	46
37.	Acoplamiento de Brida, Base del Motor con Eje, Fuente: Autores.	47
38.	Máquina Mezcladora, Fuente: Autores.	47
39.	Máquina Mezcladora con Aislamiento Térmico, Fuente: Autores.	48
40.	Modelo de Máquina Mezcladora, Fuente: Autores.	48
41.	Gabinete Metálico - Conexiones de Componentes Electrónicos, Fuente: Autores.	49
42.	Gabinete Metálico - Pulsadores y Luces Piloto, Fuente: Autores.	49
43.	Obtención de Pulpa de Guayaba, Fuente: Autores.	50
44.	Pulpa de Guayaba, Fuente: Autores.	50
45.	Pulpa de Guayaba, Fuente: Autores.	51
46.	Dulce de Membrillo, Fuente: Autores.	51
47.	Cronograma de Actividades, Fuente: Autores.	52
48.	Plano de la Máquina desacoplada, Fuente: Autores	58
49.	Plano Cilindro Interno, Fuente: Autores	59

50.	Plano Eje tipo Ancla, Fuente: Autores	60
51.	Plano Cilindro Externo, Fuente: Autores	61
52.	Plano Camisa del Cilindro Externo, Fuente: Autores	62
53.	Propiedades del Acero inoxidable AISI 304[36]	63
54.	Eficiencia de junta para uniones soldadas [37]	64
55.	Velocidad de agitador ancla [38]	65
56.	Correlación de potencia de agitadores [39]	66
57.	Propiedades de conductividad térmica de metales sólidos [40]	67
58.	Propiedades del Aire a Presión [41]	68
59.	Hoja 1 del listado del Arcsa [14]	70
60.	Hoja 2 del listado del Arcsa [14]	71
61.	Hoja 3 del listado del Arcsa [14]	72
62.	Hoja 4 del listado del Arcsa [14]	73
63.	Hoja 5 del listado del Arcsa [14]	74
64.	Hoja 6 del listado del Arcsa [14]	75
65.	Hoja 7 del listado del Arcsa [14]	76
66.	Hoja 8 del listado del Arcsa [14]	77
67.	Hoja de Datos de PLC Logo 1/2 [42]	78
68.	Hoja de Datos de PLC Logo 2/2 [42]	79
69.	Hoja de Datos del Módulo de Expansión AM 1/2 [29]	80
70.	Hoja de Datos del Módulo de Expansión AM 2/2 [29]	81
71.	Ficha Técnica de Termocupla Tipo J [30]	82
72.	Ficha Técnica del Transmisor de Temperatura [31]	83
73.	Ficha Técnica del Motor 1/2 [35]	84
74.	Ficha Técnica del Motor 2/2 [35]	85
75.	Ficha Técnica del Reductor [43]	86
76.	Cotización de Componentes Eléctricos	87

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Matriz de objetivos	3
II.	Taxonomía del Membrillo [7] y la Guayaba [4]	5
III.	Morfología del Membrillo y la Guayaba [7]	5
IV.	Composición nutricional de membrillo, guayaba y dulce de guayaba por cada 100 gramos [10]	6
V.	Características físico-térmicas de la Pulpa de Guayaba [11]	7
VI.	Características Químicas y Composicionales de la Pulpa de Membrillo [12]	7
VII.	Tipos de Corte del Dulce de Membrillo	10
VIII.	Componentes de la Máquina Mezcladora	17
IX.	Masa y Densidad de Materiales de la Mezcla [7]	18
X.	Costos de la Estructura Mecánica	38
XI.	Costos Eléctricos	39
XII.	Costos Eléctricos Variables	39
XIII.	Costos de Mano de Obra y Otros Materiales Requeridos	40
XIV.	Costos Total de la Inversión	40
XV.	Variación de Valores Mecánicos para el tamaño Real	41
XVI.	Variación de Valores por Mano de Obra para el tamaño Real de la Máquina	41
XVII.	Costos Total de la Inversión	41
XVIII.	Producciones de Dulce de Membrillo con Diferentes Máquinas	42
XIX.	Beneficio Diario - Comparación entre Máquinas	43
XX.	Especificaciones del Prototipo	44
XXI.	Tabla de Presupuesto	53

I. PROBLEMA DE ESTUDIO

El dulce de membrillo en Ecuador se obtiene del fruto *Cydonia Oblonga*, el cual se cultiva y cosecha en la región Sierra por temporada. Sin embargo, las fábricas productoras de membrillo enfrentan desafíos significativos en la actualidad como lo es el riesgo de seguridad laboral que implica utilizar ollas artesanales para la producción, esto ya que estas pueden ocasionar quemaduras por escaldadura y derrames al manejar líquido a altas temperaturas y grandes volúmenes [1].

Los operadores no cuentan con las herramientas y conocimientos necesarios para producir un producto de alta calidad, lo que conlleva a problemas como el uso incorrecto de equipos, control de calidad deficiente y desperdicio de materias primas [2].

Otro desafío es la baja productividad, causada por el uso de equipos no adecuados, lo que resulta en tiempos de producción prolongados, mayores costos eléctricos, de materia prima y un mayor riesgo de accidentes laborales. Además, el alto costo de producción, tanto de las materias primas como de la mano de obra y el transporte, dificulta la competitividad de los productores de dulce de membrillo en comparación con los productos importados y limita su capacidad para expandirse a nuevos mercados. Solo en 2020 se exportaron 41,924 toneladas, y Turquía abarcó más del 42 % del mercado mundial con 17,824 toneladas y Ecuador exportó menos del 0.1 % [3].

Abordar estos problemas, es esencial, y para esto se debe implementar máquinas que protejan al operador de los riesgos laborales y agilicen el proceso mediante la automatización. El uso de una máquina mezcladora capaz de automatizar los procesos y que reduzca significativamente el tiempo de producción permitiría aumentar el volumen de producción para poder hacer frente a los desafíos de la industria del membrillo, incluyendo la reducción de costos de producción, capacidad de producción y prevención de riesgos laborales mediante la automatización.

II. JUSTIFICACIÓN

Para hacer frente a los desafíos que enfrentan las fábricas productoras de membrillo, es necesario realizar inversiones tanto en la capacitación del personal como en la adquisición de equipos nuevos. Una de las medidas propuestas es el desarrollo de un prototipo de máquina mezcladora que utilice un sistema de control programable. El sistema de control programable (PLC) proporciona una ventaja al permitir la programación de tiempo, temperatura de la cocción, secuencias de mezclado de manera precisa y botones que faciliten el uso de la máquina como; inicio del proceso de mezclado, paro de emergencia, llenado y vaciado de la mezcla.

Esto agiliza los procesos al automatizar tareas, reducir la intervención manual y permitir una configuración previa para la repetición de operaciones, lo que conduce a una mayor eficiencia y productividad en el proceso de producción. Es esencial considerar la importancia de contar con máquinas industriales adecuadas para la producción de dulce de membrillo de mayor capacidad para aumentar la producción y reducción de gastos en las fábricas.

En resumen, la inversión en la adquisición de una máquina adecuada constituye un factor determinante para enfrentar los riesgos presentes en las fábricas productoras de dulce de membrillo. Máquinas a las cuales se les debe integrar ollas de mayor capacidad que permitan mejorar la eficiencia y aumentar la producción, un panel con botones que permita un mejor uso de la máquina, válvulas para la salida de la mezcla e indicadores de presión y temperatura. En conjunto con la implementación del sistema de control PLC, estas inversiones en equipos adecuados fortalecen la competitividad de las fábricas productoras de dulce de membrillo, dando una oportunidad para satisfacer la demanda del mercado y expandirse hacia nuevos mercados, tanto nacionales como internacionales.

III. OBJETIVOS

III-A. *Objetivo general*

Desarrollar un prototipo a escala de una máquina mezcladora para la producción de dulce de membrillo utilizando un sistema lógico de control programable.

III-B. *Objetivos específicos*

- Diseñar el sistema mecatrónico de la máquina mezcladora automatizada.
- Fabricar el prototipo a escala de la máquina mezcladora que considera el sistema mecatrónico propuesto.
- Validar la viabilidad de la máquina mezcladora mediante un análisis técnico económico.

III-C. *Tabla de Objetivos*

Tabla I
MATRIZ DE OBJETIVOS

Objetivos	Descripción	Metas	Alcance
O.E.1	Diseñar el sistema mecatrónico de la máquina mezcladora automatizada.	Diseño mecatrónico del 100 % de la maquina incluido cálculos y dibujos de las piezas diseñadas en 3D, así como la formulación de un algoritmo de control respaldado por un modelo matemático sólido.	Diseño de las piezas diseñadas en el software SOLIDWORKS, Desarrollo de la programación en PLC y aplicación de ecuaciones matemáticas precisas.
O.E.2	Fabricar el prototipo a escala de la máquina mezcladora automatizada basada en el sistema mecatrónico propuesto.	Máquina mezcladora automatizada fabricada al 100 % que funcione según los parámetros establecidos	Producción esperada de la maquina con un porcentaje de fallas según lo mínimo establecido
O.E.3	Validar la viabilidad de la máquina mezcladora mediante un análisis técnico económico.	Alcanzar un ahorro mínimo del 5 % de costo benéfico. Producción de membrillo con un 5 % de ahorro en tiempo.	Informe de Factibilidad técnico-económico de la máquina mezcladora.

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Se presenta los fundamentos teóricos referentes a la industria del dulce de membrillo en Ecuador, abarcando su procedimiento de producción convencional desde la etapa de recolección hasta su fase culminante, así como las normativas y certificaciones asociadas a su conservación y los desafíos que enfrenta esta industria actualmente. Así mismo, se presenta los diversos elementos necesarios para la fabricación de una marmita destinada a esta industria, incluyendo tipos de agitadores, motores y la relevancia de utilizar materiales como el Acero Inoxidable, cuyas propiedades lo hacen idóneo para condiciones de alta temperatura y contacto con alimentos, asegurando la calidad e higiene en la producción de este dulce tradicional.

IV-A. Industria del Dulce de Membrillo

La industria del membrillo en Ecuador se caracteriza por la presencia de numerosas fábricas, muchas de las cuales se ubican en la provincia de Tungurahua. La materia prima utilizada para la producción de dulce de membrillo se cultiva y se recolecta en las regiones de la sierra y en el oriente. Dentro de su cartera de productos comerciales, el dulce de membrillo ocupa un lugar destacado. La materia prima utilizada en la producción de este producto se clasifica en tres categorías distintas:

- **Primera:** destinada a la exportación a nivel nacional y distribuida en supermercados y plazas de mercado.
- **Segunda:** destinada específicamente a las fábricas de dulce de membrillo, donde se lleva a cabo un proceso de selección minucioso, priorizando frutas maduras con un color amarillo y textura adecuados.
- **Tercera:** aquellos los frutos caídos del árbol, los cuales, al ser triturados, se emplean como abono o alimento para el ganado.

Esta clasificación de la materia prima se realiza cuidadosamente según su estado y calidad, con el fin de promover un uso más eficiente de los recursos disponibles, minimizar el desperdicio y a aprovechar cada parte de la cosecha, buscando mantener un equilibrio entre la explotación de los recursos naturales y la conservación del medio ambiente, asegurando la sostenibilidad a largo plazo de la industria del membrillo en Ecuador.

IV-A1. La Guayaba y el Membrillo: La guayaba, como se muestra en la *Figura 1* es también conocida como membrillo en Ecuador, aunque son dos frutas diferentes pero ampliamente utilizadas en la elaboración de diversos dulces similares, incluido el dulce de membrillo o guayaba, ya que ambas son provienen de dos familias botánicas distintas. Por un lado, el membrillo, científicamente conocida como *Cydonia oblonga*, forma parte de la familia Rosaceae y tiene su origen en regiones del sur de Europa como España y Grecia, así como en los bosques del Cáucaso en países como Armenia, Argentina y Uruguay. Por otro lado, la guayaba, cuyo nombre científico es *Psidium guajava*, pertenece a la familia Myrtaceae y es originaria de regiones de América tropical, entre las que se incluyen Ecuador, Colombia, Perú, Brasil, Puerto Rico, México y Costa Rica [4].



Figura 1. Guayaba - *Psidium Guajava* [5]

IV-A2. *Taxonomía de la guayaba y el membrillo:* La familia Myrtales, a la que pertenece la guayaba, engloba alrededor de 75 géneros y unas 2,750 especies de arbustos, mientras que la familia Rosales, a la que pertenece el membrillo, incluye aproximadamente 13 géneros y más de 4,500 especies de arbustos en todo el mundo [6]. Esta diversidad taxonómica destaca la amplitud de variedades dentro de ambas familias, aunque es importante tener en cuenta que no todas las variedades de membrillo están claramente definidas. La forma de los frutos puede variar considerablemente debido a factores como las condiciones ambientales, la edad del árbol, el tipo de suelo y los métodos de cultivo utilizados. Incluso en una misma planta, es posible encontrar frutos con formas diferentes. Esta observación subraya la complejidad y la plasticidad de estas frutas, las cuales han sido apreciadas y utilizadas a lo largo de la historia por diversas culturas en la elaboración de alimentos y dulces tradicionales. La siguiente *Tabla II* muestra la taxonomía de ambas variedades de membrillo.

Tabla II
TAXONOMÍA DEL MEMBRILLO [7] Y LA GUAYABA [4]

Taxonomía	Membrillo	Guayaba
Dominio	Eukaryota	Eukaryota
Reino	Plantae	Plantae
Clase	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Orden	Rosales	Myrtales
Familia	Rosaceae	Myrtaceae
Genero	Cydonia	Psidium
Especie	Cydonia Oblonga	Psidium Guajava

IV-A3. *Morfología de la guayaba y el membrillo:* El membrillo es caducifolio, lo que significa que pierde sus hojas en ciertas épocas del año, mientras que la guayaba es perennifolia, manteniendo sus hojas todo el año. En la *Tabla III* se muestra con mayor detalle la morfología de ambas frutas.

Tabla III
MORFOLOGÍA DEL MEMBRILLO Y LA GUAYABA [7]

Morfología	Membrillo	Guayaba
Árbol	Caducifolio	Perennifolio
Altura	4-6 metros	5-6 metros
Hojas	Aovadas/Redondas	Oblongas/Elípticas
Altura	5-10cm de longitud	4-12cm de longitud
Flores	Solitarias	Solitarias/Axilares
Color	Blancas/Rosadas	Blancas/Cremosas
Tamaño	4-5cm	3,5-5cm
Fruto	Periforme	Redonda/Ovalada
Color	Amarillo/Dorado (Madura)	Amarillo (Madura)
Tamaño	>7,5cm	>7,5cm
Pulpa	Dura y áspera	Jugosa y carnosa
Color	Amarillo claro	Blanca/Rojiza
Sabor	Agrio y Astringente	Dulce y ligeramente ácido

A diferencia de otras frutas, no se consumen en su estado fresco debido a que la mayoría de sus variedades no resultan agradables al paladar en esta condición; su textura dura y sabor ácido lo hacen poco atractivo. Sin embargo, este fruto adquiere un cambio al ser cocido o conservado, pasando de ser duro y ácido a suave y dulce, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para la elaboración de una amplia gama de productos. Entre estos se incluyen el zumo, néctar, gelatina, jalea, mermelada, crema, salsa, dulce de membrillo, membrillo en almíbar y hoja seca de membrillero para infusión, entre otros [8].

Ambas frutas ofrecen beneficios para la salud gracias a su rico contenido en fibra, incluyendo pectina y mucílagos, así como taninos que reducen la absorción de colesterol e impulsan la acción depurativa del hígado, manteniendo un pH entre 3,3 y 3,6 para el membrillo y entre 4,5 y 9,4. El membrillo, adicionalmente, contiene ácido málico con propiedades desinfectantes y la capacidad de eliminar ácido úrico, proporcionando beneficios astringentes que favorecen la digestión y previenen trastornos gastrointestinales. Por su parte, la guayaba, con su alto contenido de agua y bajos niveles calóricos y es rica en vitamina C, ambas ofrecen un estilo saludable y nutritivo [9]. En la *Tabla IV* se puede visualizar información detallada sobre la composición nutricional de la guayaba, el membrillo y el Dulce de membrillo, así como la porción comestible por cada 100 gramos de producto fresco, estos datos fueron proporcionados por una Universidad de Ecuador para ciudadanos ecuatorianos:

Tabla IV
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE MEMBRILLO, GUAYABA Y DULCE DE GUAYABA POR CADA 100 GRAMOS [10]

Composición	Por 100g de Membrillo	Por 100g de Guayaba	Por 100g de Dulce de Guayaba
Energía Calculada (Kcal)	63,70	52,20	369,40
Proteína (g)	0,40	0,80	0,40
Grasa total (g)	0,10	0,60	1,00
Carbohidratos (g)	15,30	11,90	89,70
Fibra (g)	1,90	-	-
AGS (g)	0,01	0,17	-
AGM (g)	0,04	0,05	-
AGPI (g)	0,05	0,18	-
Colesterol (mg)	0,00	0,00	-
Calcio (mg)	11,00	20,00	18,00
Fósforo (mg)	17,00	-	23,00
Hierro (mg)	0,70	0,30	2,30
Potasio (mg)	197,00	284,00	-
Sodio (ug)	4,00	3,00	-
Zinc (mg)	0,04	0,23	-
Vitamina C (mg)	15,00	183,00	7,00
Vitamina A (mg ERE)	2,00	32,00	-
Folatos (ug)	3,00	-	-
Vitamina B12 (ug)	0,00	0,00	-

IV-A4. Características del dulce de membrillo: El dulce de membrillo se caracteriza por tener un contenido mínimo de sólidos solubles de 20 °Brix. Esta medida se refiere a la concentración de sólidos disueltos en líquido y puede variar según su porcentaje de azúcares y otros componentes solubles en la mezcla y puede ser medida con un refractómetro. La concentración de sólidos solubles es lo que le proporciona al dulce de membrillo su consistencia sólida, firme y su textura es lo suficientemente firme como para poder cortarse en láminas.

El dulce de membrillo es apreciado por su sabor dulce y suave, con un ligero toque ácido y una textura gelatinosa. Además, su larga vida útil permite disfrutarlo durante períodos prolongados. Sin embargo, debido a su naturaleza, es necesario agregar un conservante, como el benzoato de sodio en una proporción del 0,05 % sobre el peso de la masa, lo que contribuye a su conservación, previniendo el crecimiento de hongos y prolongando su vida útil y calidad. En caso de no añadir conservante, es recomendable envasarlo al vacío en bolsas pasteurizables y someterlo a un tratamiento térmico para garantizar su durabilidad [8].

A continuación se presenta las características físico-térmicas de la pulpa de membrillo en comparación con el Agua (H₂O) en la tabla *Tabla V*:

Tabla V
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-TÉRMICAS DE LA PULPA DE GUAYABA [11]

Características	Pulpa de Guayaba	Agua	Unidad
Densidad	1240 (a 23°C)	990,9 (a 23°C)	Kg/m ³
Temperatura de Ebullición	92,00	94,00	°C
Viscosidad	0,386 (a 50°C)	0,001	N.s/m ²
Calor específico	4019,3 (a 50°C)	4186 (a 23°C)	J/Kg °C
Conductividad térmica	0,4758 (a 50°C)	0,6592 (a 23°C)	W/m °C

Mientras que la *Tabla VI* se muestran las características químicas y composicionales de la pulpa de Membrillo y la Guayaba:

Tabla VI
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y COMPOSICIONALES DE LA PULPA DE MEMBRILLO [12]

Componentes	Resultados (%)
Acidez titulable (ác. Málico)	0.43
Almidón	0.83
Azúcares reductores (como glucosa)	12.56
Azúcares totales (como glucosa)	15.95
Humedad	82.7
Índice de consistencia (m) en Pa. S	74.84
Índice de flujo (n)	0.17
Índice de madurez ("Bx/ac titulable)	30.20
Pectina (como Pectato de Calcio)	0.51
pH	3.6
Sólidos solubles ("brix")	20
Sólidos totales	17.3
Vitamina C (ác Ascórbico reducido)	13.06 mg

IV-A5. Producción tradicional del dulce de membrillo: El procedimiento para elaborar dulce de membrillo de manera tradicional implica el uso de múltiples pailas y una despulpadora diseñada para minimizar el desperdicio de pulpa al dejar las semillas prácticamente secas. Durante un día de baja demanda, se pueden emplear hasta 3 pailas para cocinar, mientras que en días de alta demanda, este número puede aumentar hasta 6. Las pailas tienen un papel fundamental en el proceso, ya que se utilizan tanto para precocinar la fruta antes de su despulpado como para la cocción posterior del dulce de membrillo.

El proceso cuenta con una mezcla compuesta por 45 kilos de pulpa de membrillo, 7 libras de azúcar, así como conservantes y preservantes necesarios para su durabilidad. A medida que esta mezcla se va cocinando, va cambiando de color a medida que avanza el proceso de cocción. Se puede visualizar en la *Figura 2* las etapas de la producción de dulce de membrillo:

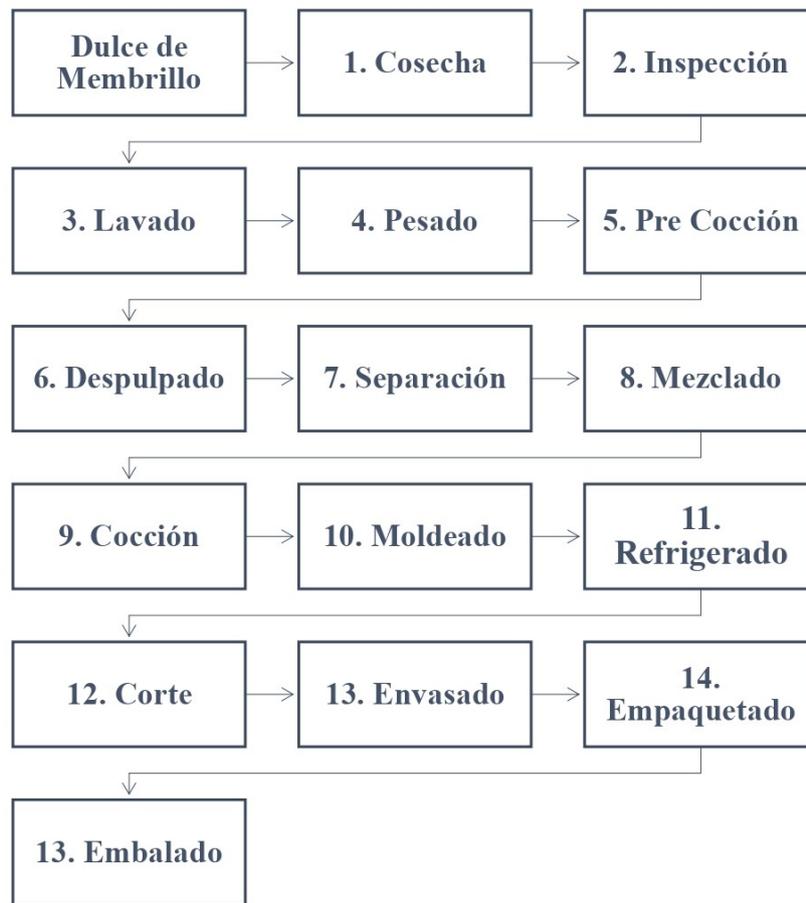


Figura 2. Proceso Tradicional del Dulce de Membrillo, **Fuente:** Autores.

A continuación se explica con mayor detalle cada etapa;

1. **Cosecha:** Es la etapa inicial en la cual los productores se encargados de realizar la selección y categorización de la materia prima antes de enviarlas a sus destinos, se puede ver en la *Figura 3* el producto cosechado.



Figura 3. Materia Prima Cosechada, **Fuente:** Autores.

2. **Inspección:** La materia prima que llega a la fábrica es inspeccionada, se selecciona aquellos frutos que cumpla con ciertas características, como su color amarillo y textura suave, en caso de no haber madurado lo suficiente se conserva ya sea en plástico o madera (las normas del ARCOSA se explican en la siguiente sección).
3. **Lavado:** Antes de proceder con la precocción se procede a lavarlos minuciosamente para asegurar su limpieza y eliminar impurezas.
4. **Pesado:** Se pesan 5 cajas de guayaba, lo que equivale 10kg por caja, un total de 50kg que se cocinarán durante el día en 6 pailas diferentes.
5. **Precocción:** En esta etapa se utiliza una paila para cocinar 50 kilos de guayaba, la cual se sumerge en agua y se cocinan por una duración de 45 minutos, con el objetivo de ablandar la fruta y facilitar su proceso de despulpado.
6. **Despulpado:** Una vez la fruta esté blanda se pasa a una máquina despulpadora, la cual se encargará de separar la semilla, dejándola casi seca, evitando que no haya desperdicio de pulpa y así obteniendo una pulpa suave y homogénea como una jalea.
7. **Separación:** Las semillas son almacenadas en bolsas herméticas y son entregadas a los productores, mientras que la pulpa va a ser utilizada para la cocción del producto final.
8. **Mezclado:** En otra paila se coloca la pulpa que se ha reducido a 45 kg aproximadamente debido al despulpado, se le añade 7 libras de azúcar blanca, conservantes y preservantes, en la *Figura 4* se puede visualizar un ejemplo del mezclado en las pailas de la fábrica.



Figura 4. Mezcla y Cocción de la Pulpa, **Fuente:** Autores.

9. **Cocción:** La cocción de la mezcla tiene una duración aproximada de 5 horas, a 110 °C, a esto se llama "Parada", por día se puede estar cocinando 180 Kg aproximadamente en 3 paradas y en temporada de alta demanda se puede duplicar el número de paradas.

10. **Moldeado:** En planchas largas de acero inoxidable se vierte la mezcla cocinada y se deja enfriar por 24 horas para poder darle diferentes formas mientras se enfría.
11. **Refrigerado:** Esta etapa se mantiene bajo refrigeración ya que de no hacerlo se podría fermentar o dañar, pero solo si destina a zonas costeras, ya que en la sierra las temperaturas son bajas y no es necesario refrigerarla solo se cubriría la mezcla con plástico.
12. **Corte:** Por lo general, se ofrece en 4 cortes diferentes para cada parada, en la *Tabla VII* se muestran los cortes y la aproximación estimada que salen si se realiza ese corte individualmente, es decir cada parada equivaldría a un corte.

Tabla VII
TIPOS DE CORTE DEL DULCE DE MEMBRILLO

Corte	Unidades	Gramos (gr)	Precio Unitario (\$)	Ingreso (\$)
Gloria	5.000	36	0,25	1250
Pequeño	2.500	72	0,50	1250
Mediano	800	225	1,60	1280
Gigante	300	600	4,25	1275

13. **Envasado:** se coloca en recipientes de madera con plástico o solamente plástico para protegerlo y conservarlo así como se muestra en la *Figura 5*.



Figura 5. Dulce de Membrillo [13]

14. **Empaquetado:** Se colocan una etiqueta con datos nutricionales, el logo de la empresa, precio y fecha de elaboración y caducidad.
15. **Embalado:** En este caso se coloca en cajas para ser enviados a plazas, locales comerciales y otros destinos.

IV-A6. Normas: Las empresas de dulce de membrillo están sujetas a la regulación de entidades públicas como el ARCSA (Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria), la cual se encarga de realizar visitas para la inspección, ejecución de control y vigilancia las condiciones higiénicas y del estado de los productos que ofrecen para el consumo humano [14]. Las fábricas suelen enviar muestras que posteriormente son analizadas por la ARCSA, la cual proporciona a las empresas un tiempo estimado de conservación para sus productos.

En el *Anexo I*, desde la *Figura 59* hasta la *Figura 66*, se muestra un listado referencial para la revisión de las condiciones de higiene que deben cumplir las fábricas de diferentes categorías, como pequeña, mediana industrial, industria, microempresa, artesanal e incluso economía popular y solidaria (EPS). Se presentan las líneas certificadas en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) de los productos alimenticios que la empresa tiene en funcionamiento para producir, así como si cumplen con los requisitos BPM en los siguientes aspectos:

- Condiciones mínimas básicas.
- Ubicación.
- Diseño y construcción.
- Servicio de planta.
- Equipos y utensilios.
- Requerimientos higiénicos de fabricación.
- Materias primas e insumos.
- Operaciones de producción.
- Envasado, etiquetado y empaquetado.
- Almacenamiento, distribución, transporte y comercialización.
- Aseguramiento de la calidad.
- Control de tabaco.
- Retiro de producto.
- Plan de muestreo.
- Observaciones o Hallazgos importantes encontrados.

IV-A7. Desafíos Actuales de la Industria: En la actualidad, la industria de dulce de membrillo enfrenta una serie de desafíos que requieren atención. Uno de los problemas más preocupantes es el desequilibrio en la producción a lo largo del año, con períodos de sobreproducción al inicio y escasez en la temporada intermedia planteando dificultades tanto en la planificación de la producción como en la satisfacción de la demanda del mercado. Además, la competencia en el sector ha aumentado significativamente en la región, lo que ha ejercido presión y ha contribuido a una disminución en la producción y la exportación de membrillo ha tenido una demanda muy reducida y se ha impulsado principalmente durante festividades nacionales. Ignacio Carrasco, administrador del mercado Urbina comentó al diario El Universo: “Lamentablemente hay muchas cosas que han estado desapareciendo, por esa razón a través de este festival queremos que se vuelva a preparar el dulce a través de las mermeladas, porque incluso el membrillo se ha perdido en gran parte porque no hay el conocimiento ni siquiera para qué sirve” [2].

Aunque una investigación de mercado reveló una alta aceptación del producto a nivel internacional, con un 90 % [15] de los encuestados en New York dispuestos a comprarlo, su estudio técnico demuestra que la exportación requiere una inversión relativamente baja en cuanto a equipos y obras físicas, lo que lo hace atractivo desde el punto de vista económico y su análisis financiero indica que tanto el Valor Actual Neto (VAN) como la Tasa Interna de Retorno (TIR) son favorables en ambos tipos de flujos de caja evaluados.

Otro desafío al que se enfrentan es el riesgo laboral asociado al uso de gas licuado de petróleo (GLP) debido a los peligros que implica el manejo de altas temperaturas, el calor generado y el riesgo de quemaduras por derrames de mezcla caliente en los operadores.

Ante estas situaciones, las fábricas se plantean la búsqueda de alternativas o soluciones para mitigar estos riesgos, buscando implementar medidas de seguridad para reducir el calor de las máquinas actuales, como el uso de ventiladores, ductos de aire, sensores que detecten fugas de gas y alarmas cuando la temperatura es muy elevada o un sistemas automatizados para la producción de dulces y derivados.

V. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

V-A. Marmitas Industriales

En las industrias de procesamiento de alimentos, las marmitas son usadas para ejecutar diferentes procesos en los que involucren transferencias de calor de forma directa o indirecta, así como se pueden hacer procesos de pasteurización lenta, hervido y cocción de alimentos. Su funcionamiento consiste en un tanque donde se colocará el material a mezclar mediante un agitador, consta de tapas para evitar que se pierda calor y suelen llevar un panel de control, sensores, alarmas, válvulas o pantallas para ver el estado del proceso [16].

Hay dos formas de cocción y cada una influye en el resultado final. La primera opción es la cocción con la tapa abierta, donde el producto se calienta a presión atmosférica (ATM), permitiendo una cocción rápida, ya que el calor se disipa fácilmente al ambiente. Sin embargo, esta cocción puede generar pérdida de líquido y nutrientes debido a la evaporación. Por otro lado, la cocción con la tapa cerrada o auto enclave, sellada herméticamente permitiendo hervir el producto a temperaturas menores al retener mayor calor y humedad, siendo ideal para alimentos que requieren una cocción lenta.

V-A1. *Característica de Marmitas Industriales:* Existen distintas formas y tipos de marmitas, pero las más comercializadas son las marmitas semiesféricas ya sean fijas o basculantes, aunque también existen otros modelos, en la *Figura 6* se muestran las diferentes marmitas según sus características:



Figura 6. Clasificación de Marmitas según sus Características, **Fuente:** Autores.

La marmita de forma semiesférica es utilizada por su capacidad para asegurar que todo el producto se descargue eficientemente, lo que a su vez facilita la limpieza del equipo después del proceso. Su diseño proporciona una superficie curvada y redondeada, lo que favorece la circulación uniforme del producto y evita rincones o áreas difíciles de limpiar. Además, la geometría semiesférica promueve una distribución homogénea del calor durante la cocción, garantizando una cocción uniforme y controlada del producto.

Se puede clasificar según su tipo de calentamiento, el cual puede ser a gas, a vapor, eléctrica o incluso una que permita 2 tipos de calentamientos. También pueden ser fijas o basculantes, por un lado, las marmitas fijas se mantienen en una posición estable durante la cocción, en la *Figura 7* se muestra una marmita semiesférica fija de 150 litros nominales (100 litros útiles) con un motor de 36 rpm de 1,5 HP con conexión trifásica 220V con tipo de calentamiento a vapor y un modelo eléctrico:



Figura 7. Marmita Semiesférica Fija a Vapor/Eléctrica [17]

Por otro lado, las marmitas basculantes tienen un mecanismo que les permite inclinarse hacia delante para poder extraer el contenido de manera más fácil, en la *Figura 8* se muestra una marmita semiesférica fija de 150 litros nominales (100 litros útiles) con un motor de 36 rpm de 1,5 HP con conexión trifásica 220V con tipo de calentamiento a vapor y otro modelo eléctrico:



Figura 8. Marmita Semiesférica Basculante a Vapor/Eléctrica [17]

En el mercado, uno de los modelos más recientes lo ofrece Electrolux, se trata de una marmita redonda basculante con mezclador, modelo PTBL.IG-300 [18] con una capacidad de 300 litros y una potencia de 0,75 kW combina la cocción con el mezclado automático y regulable del producto, utiliza acero inoxidable AISI 316 para la cuba de cocción y AISI 304 para las paredes y paneles laterales, lo que garantiza su durabilidad y resistencia. Además, cuenta con una tapa y aislamiento térmico a través de paneles de fibra cerámica, lo que permite mantener la temperatura adecuada durante la cocción. Por seguridad tiene un grifo de llenado orientable, tapa con sistema antigoteo y manómetro para el control de presión. La gestión del equipo se realiza a través de un PLC y un monitor PLC, lo que permite una programación de hasta 100 programas de cocción, en la *Figura 9* se muestra el modelo:



Figura 9. Marmita Redonda Basculante con Nivel Constante Modelo PBL.IG-300 [18]

V-B. Agitadores

En la industria, los agitadores permiten homogeneizar diversas mezclas la cual dependerá del tipo de aplicación y tipo de agitador que se utilizará, ya que diferentes viscosidades requieren distintos enfoques para lograr una mezcla uniforme y consistente. Estos agitadores pueden ser de tipo hélice, turbina o paleta con flujo axial, radial, laminar o tangencial, en la *Figura 10* se muestran diferentes tipos de agitadores según su función:

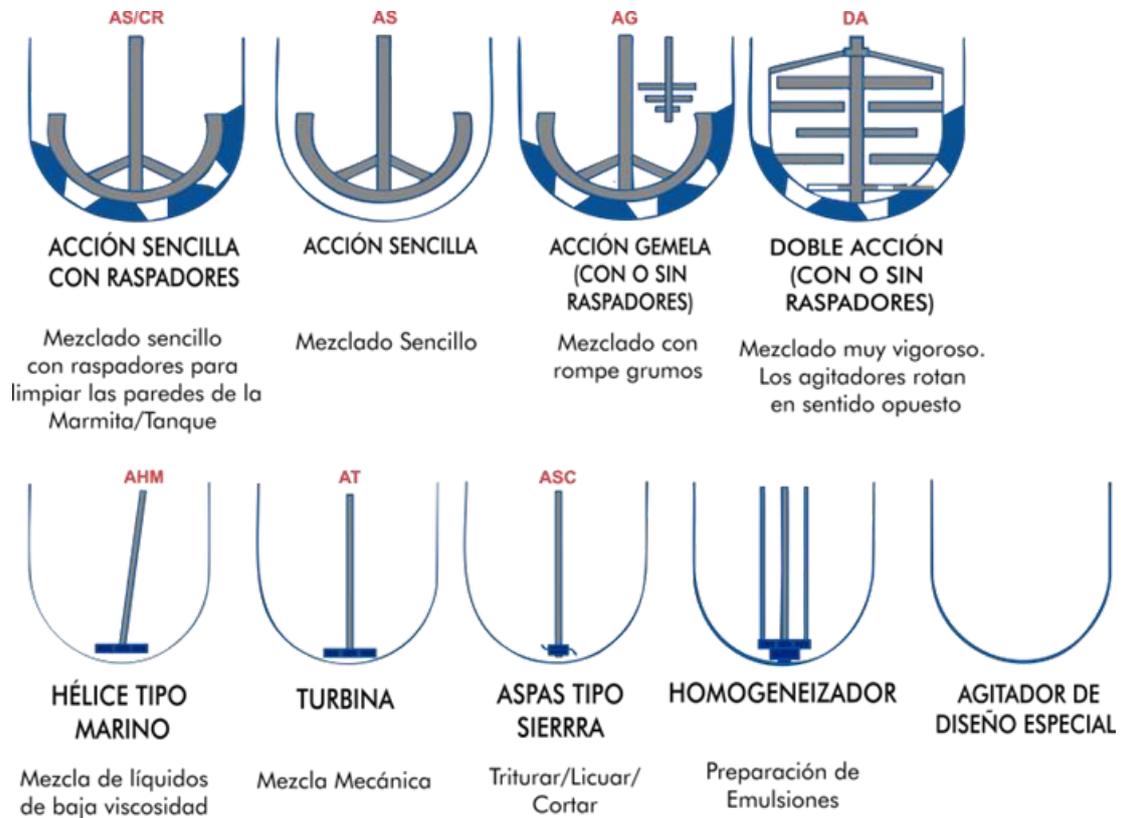


Figura 10. Tipos de Agitadores [19]

Además, el diseño y funcionamiento adecuado de estos agitadores son esenciales para garantizar una mezcla homogénea, minimizar la formación de grumos o sedimentos, y reducir el tiempo y los costos del proceso de producción. Uno que es muy utilizado es el mezclador multietapa rotor-estator utilizado para fluidos de alta viscosidad que generan mayor aprovechamiento de energía y rendimiento en las máquinas, las estructuras de mezclado en función del flujo laminar, la viscosidad del fluido y su velocidad junto con el tamaño del caudal en la mezcladora influirán en la calidad del producto [20].

Existen otros factores como la velocidad de rotación, nivel de llenado y el tamaño de las partículas granulares que ejercen una significativa influencia en el producto final. En un estudio se obtuvo que el nivel de llenado es una variable crucial en las mezcladoras con palas de 3 radios, mientras que un aumento en la velocidad de rotación mejoró el rendimiento del proceso de mezcla [21].

VI. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo utilizando la metodología Design Thinking [22], la cual se centra en resolver problemas mediante soluciones prácticas, considerando las necesidades del usuario y comprendiendo el contexto del mercado actual. Esta metodología consta de 4 etapas como se muestra en la *figura 11*:

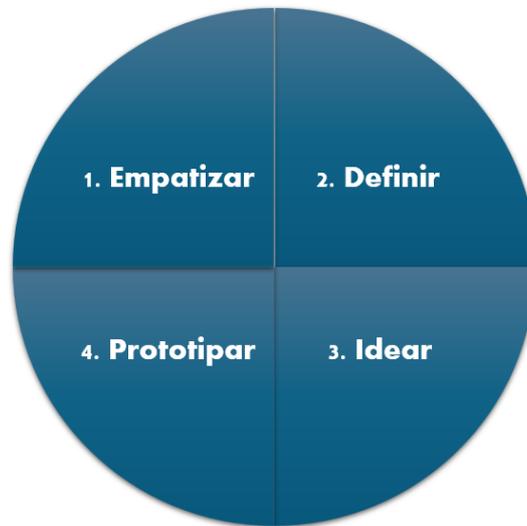


Figura 11. Etapas de la Metodología de Design Thinking, **Fuente:** Autores.

Para comenzar, se efectuó una visita a la fábrica donde se pudo observar de primera mano el proceso de producción de membrillo y se identificaron las principales problemáticas. Posteriormente, se llevó a cabo una entrevista con la administradora de la fábrica, cuyos detalles se encuentran disponibles en la sección *Anexo H*. Basándose en los problemas identificados, se determinó que la estructura de la máquina debe tener una forma cilíndrica y utilizar calentamiento eléctrico, además de ser una estructura fija. Se identificaron los componentes eléctricos necesarios, como una caja panel con un PLC Logo Basic, pulsadores, luces piloto, una alarma para indicar el final del proceso de cocción, un sensor de temperatura para monitorear el calor durante la mezcla, y un indicador de temperatura ambiente, entre otros.

En la etapa de idear, se diseñó en SolidWorks la estructura de la máquina con sus componentes utilizando cálculos y simulaciones de análisis y desplazamiento estático. Para la parte eléctrica, se realizó la programación y simulación en CADeSimu y LWE. En la etapa de prototipado, se construyó la máquina tanto en su parte mecánica como eléctrica. Para ello, se cotizaron los materiales y se fabricaron las piezas según los planos realizados en SolidWorks.

La máquina resultante tiene una forma cilíndrica con un fondo toro esférico, fabricada en acero inoxidable 304, con una tapa superior para la entrada de los ingredientes y una válvula de bola para la salida de la mezcla. La mezcla se lleva a cabo mediante un motor de 3/4 HP acoplado a un eje de acero inoxidable 304, diseñado en forma de agitador tipo ancla, su automatización mediante pulsadores y luces piloto, su calentamiento se realiza mediante dos resistencias tubulares de inmersión. Finalmente, se procedió a validar el proyecto mediante pruebas de funcionamiento de la máquina y un análisis técnico-económico para evaluar su rentabilidad.

VI-A. Diseño Mecánico de la Máquina Mezcladora

Para poder realizar la máquina se tomó como referencia las máquinas que actualmente utiliza una de las fábricas productoras para el proceso de cocción de dulce de membrillo. Se realizó el diseño mecánico 3D en SolidWorks al igual que sus planos desde la *Figura 48* hasta la *Figura 51*. En la *Figura 12* se muestra la vista isométrica del ensamble de la máquina mezcladora, es decir, el modelo o producto final de la máquina.

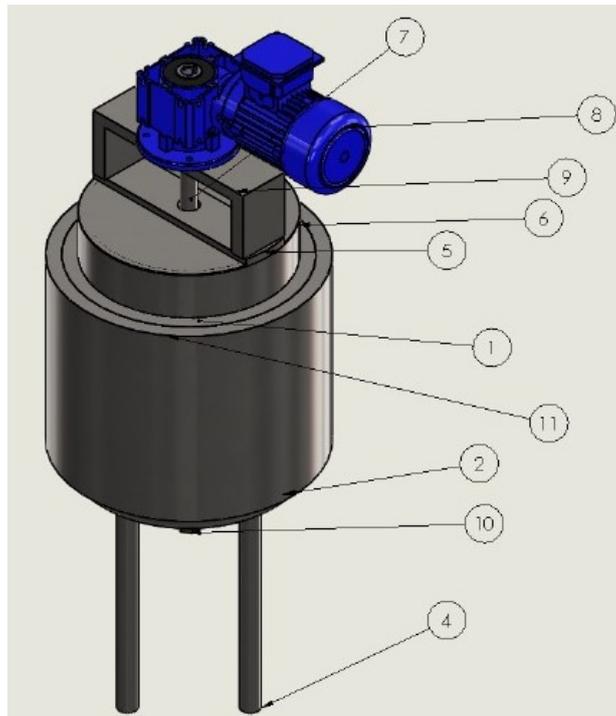


Figura 12. Vista Isométrica del modelo Ensamblado **Fuente:** Autores.

En la *Tabla VIII* se muestran los componentes que han sido utilizados para la fabricación del diseño 3D en SolidWorks de la máquina:

Tabla VIII
COMPONENTES DE LA MÁQUINA MEZCLADORA

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Tanque Externo	1
2	Base Torisférica	1
3	Tanque Interno	1
4	Patas	4
5	Brida	1
6	Tapas	2
7	Agitador Tipo Ancla	1
8	Motorreductor	1
9	Base del Motorreductor	1
10	Válvula de Alivio	1
11	Camisa de Tanque Externo	1

VI-B. Dimensionamiento de Tanques

La máquina mezcladora consta de 3 cilindros o tanques:

- Cilindro Interno: Este cilindro contiene la mezcla y es donde se lleva a cabo la cocción de la misma.
- Cilindro Externo 1: Se trata de la camisa del cilindro interno y contiene las resistencias encargadas de calentar el cilindro interno.
- Cilindro Externo 2: Como medida de seguridad, se revestirá el cilindro externo 1 con un aislamiento para evitar la transferencia de calor hacia el exterior. Para lograr esto, se colocará una segunda camisa que cubra este aislamiento.

Para el diseño de del primer cilindro se utilizarán 2 volúmenes, la *Tabla IX* muestra estos valores que constan de 20 Kg de pulpa de membrillo con una densidad de 1130 kg/m³ y 1,058 kg de azúcar cuya densidad es de 1590 kg/m³.

Tabla IX
MASA Y DENSIDAD DE MATERIALES DE LA MEZCLA [7]

Material	Densidad (kg/m ³)	Masa (kg)
Azúcar	1590	1,058
Pulpa de membrillo	1130	20
Total	2720	21,058

Para obtener el volumen (V) del cilindro interno se utiliza la ecuación 1, donde m es la masa y ρ la densidad:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

En este caso se calculan los 2 volúmenes utilizando los datos de la *Tabla IX*, para el volumen del azúcar (V_1):

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{1,058 \text{ kg}}{1590 \text{ kg/m}^3} \approx 0,000665 \text{ m}^3$$

Para el volumen de la pulpa de membrillo (V_2):

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{20 \text{ kg}}{1130 \text{ kg/m}^3} \approx 0,01769 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, para obtener el volumen de la mezcla (V_3) se calculará mediante la adición de los 2 volúmenes anteriores:

$$V_3 = V_1 + V_2 = 0,000665 \text{ m}^3 + 0,01769 \text{ m}^3 \approx 0,01835 \text{ m}^3$$

Por seguridad se utilizará el 60 % de la capacidad de la máquina mezcladora y así obtener el volumen utilizado:

$$V_s = \frac{V_3}{60\%} = \frac{0,01835 \text{ m}^3}{0,60} \approx 0,0305 \text{ m}^3$$

Para calcular el diámetro del cilindro interno (D_i) se utiliza la fórmula del volumen del cilindro en la ecuación 2, donde D es el diámetro y h es la altura:

$$V = \pi \frac{D^2}{4} h \quad (2)$$

En este caso se asume que h es igual al diámetro (D), y la fórmula del volumen se simplifica y se obtiene la ecuación 3:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad (3)$$

Al reemplazar valores se puede obtener su diámetro:

$$D_i = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,0305 \text{ m}^3}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{0,122}{\pi}} = \sqrt[3]{0,0388} \approx 0,338 \text{ m}$$

Por lo tanto, el diámetro y la altura miden aproximadamente 0,338 m \approx 34 cm \approx 340 mm. Además, se comprobará que cuente con un 20 % de altura adicional (h_s) para evitar rebosamiento de la mezcla debido a la altura (h):

$$h_s = 0,34 + 0,34 \cdot \frac{20\%}{100\%} \approx 0,40 \text{ m} \approx 40 \text{ cm}$$

Entonces, para obtener el volumen del cilindro se usa la ecuación 2 sin despejar:

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \frac{D_i^2}{4} h = \pi \frac{0,34^2}{4} \cdot 0,40 = 0,03631 \text{ m}^3 = 36,316 \text{ L}$$

Obteniendo que el cilindro interno tiene una capacidad de 36,3 litros aproximadamente, en la *Figura 49* del *Anexo A* se muestra el plano de su diseño 3D con cotas medidas en milímetros. Por otro lado, para el cilindro externo (primera camisa) se usará una distancia de 25,4mm (1 pulg) de distancia entre el cilindro interno y externo, por lo tanto el diámetro del tanque exterior (D_e) se calcula:

$$D_e = 0,34m + 2 \cdot (0,0254m) \approx 0,4m \approx 40cm$$

Para calcular la altura del tanque exterior (h_e) se utiliza la ecuación 4:

$$h_e = \frac{V_s}{\pi \cdot (V_2)^2} + V_s \quad (4)$$

Al remplazar valores se obtiene:

$$h_e = \frac{0,0305 \text{ m}^3}{\pi \cdot (0,17)^2} + 0,030 = 0,365 \text{ m}$$

El cilindro externo tendrá un diámetro de 40cm y una altura de 36cm. Para la camisa del cilindro externo (segunda camisa) se usará una distancia de 20mm de distancia debido a su aislamiento.

VI-B1. Cálculo de espesores de los dos tanques: El cilindro o tanque interno se encuentra sometido bajo fuerzas hidrostáticas, por tanto, para determinar su espesor por prueba de diseño (t_d) empleando la normativa API 650 para tanques de almacenamiento, se utiliza la ecuación 5:

$$t_d = \frac{0,0005 \cdot D(H - 30,48)G}{St} + C \quad (5)$$

- D : Diámetro del tanque(cm).
- H : Altura de diseño del fluido(cm).
- G : Densidad relativa del agua.
- St : Esfuerzo permisible(Pa).
- C : Sobreepesor(mm).
- 30,48: Constante para valores con diámetro menor a 200 pies.

El valor del esfuerzo permisible es $St = 205 \text{ MPa}$ y se obtiene de la *Figura 54* del *Anexo C* y la altura del fluido utilizada es la altura del tanque exterior (h_e). Obtenidos los valores de St y h se calcula el espesor del cilindro interno:

$$t_{d_i} = \frac{0,0005 \cdot (39 \text{ cm} - 30,48 \text{ cm}) \cdot 1}{(205 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2})} = 0,0000789 \text{ cm}$$

Para el cilindro externo al reemplazar valores:

$$t_{d_e} = \frac{0,0005 \cdot (39 \text{ cm} - 30,48 \text{ cm}) \cdot 1}{205 \cdot 10^2 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}} = 0,00004299 \text{ cm}$$

La razón por la que los espesores resultan muy pequeños es debido a que la fórmula obtenida de la norma API se utiliza para tanques de almacenamiento grandes. Esta norma establece que el espesor mínimo de un tanque no debe ser menor de 3 mm, el cual es el espesor que se utilizará para el diseño de ambos cilindros.

VI-B2. Cálculo del fondo toro esférico: Los fondos toro esféricos son considerados los de mayor aceptación en la industria por su bajo costo y su buena resistencia a presiones manométricas, la característica principal es que su radio de abombado es igual a su diámetro, teniendo una fabricación con diámetros desde 0.3 hasta 6 metros. Sus partes se muestran en la *Figura 13*:

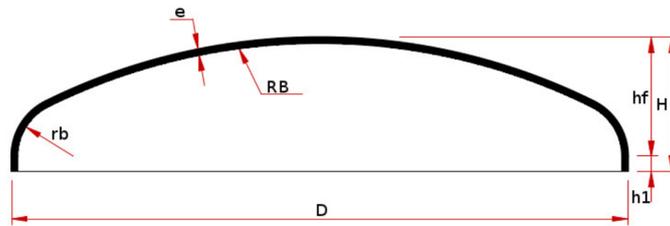


Figura 13. Partes de la base [23]

Para poder calcular la altura del cabezal toro esférico h_T se tienen las ecuaciones 6, 7, 8, 9 y 10:

$$R_B = D \quad (6)$$

$$r_b = \frac{R_B}{10} \quad (7)$$

$$h_1 = 3,5 \times e \quad (8)$$

$$h_2 = 0,1935 \cdot D - 0,455 \times e \quad (9)$$

$$h_T = h_2 + h_1 \quad (10)$$

Donde:

- D : Diámetro del disco (mm).
- R_B : radio de bombeo (mm).
- r_b : radio de borde (mm).
- e : espesor de la base (mm).
- h_T : Altura de la base toro esférica (mm).
- h_1 : Altura principal de la base (mm).
- h_2 : Altura desde h_1 hasta el fondo de la base (mm).

Se asume que $R_B=D$ y D en este caso es el diámetro del tanque exterior D_e , al remplazar valores en la ecuación 7 se obtiene:

$$r_b = \frac{340 \text{ mm}}{10} = 34 \text{ mm}$$

Para hallar la altura de la base h_1 se utiliza la ecuación 8, al remplazar valores:

$$h_1 = 3,5 \cdot 2 \text{ mm} = 7 \text{ mm}$$

Para determinar h_2 se utiliza la ecuación 9, al remplazar valores se obtiene:

$$h_2 = 0,1935 \times 340 \text{ mm} - 0,455 \cdot 2 \text{ mm} = 64,88 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la altura de la base toro esférica h_T se obtiene a partir de la 10 y al remplazar valores se obtiene:

$$h_T = 64,88 \text{ mm} + 7 \text{ mm} = 71,88 \text{ mm}$$

Al tener su altura de la base toro esférica se puede utilizar la ecuación 11 para hallar su volumen:

$$V = \pi \frac{D^2}{6} h \quad (11)$$

Al remplazar valores:

$$V = \pi \frac{D^2}{6} h_T = \frac{\pi \cdot (0,34 \text{ m})^2 \cdot 0,07188 \text{ m}}{6} = 0,0043507 \text{ m}^3 \approx 4,3507 \text{ L}$$

Se obtiene que la capacidad del fondo toro esférico es de 4.35 litros.

VI-B3. *Cálculo de Capacidad del Recipiente:* Dado que se conocen los ambos volúmenes; tanto del cilindro interno como del fondo toro esférico, se realiza la adición entre volúmenes en la ecuación 12 obteniendo tu volumen total V_T :

$$V_T = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{toroesférico}} \quad (12)$$

Al reemplazar valores:

$$V_T = 36,316 \text{ L} + 4,3507 \text{ L} = 40,66 \text{ L}$$

Se obtiene que el la máquina mezcladora tiene un capacidad de aproximadamente 41 Litros para poder mezclar sin riesgo de rebosamiento.

VI-B4. *Simulación del Cilindro Externo:* Es necesario realizar simulaciones sobre el comportamiento de los componentes de la máquina mezcladora bajo diferentes condiciones para garantizar un óptimo funcionamiento. En este caso, se realizó la simulación en SolidWorks del cilindro exterior bajo esfuerzo que se muestra en la *Figura 14*, y presión con desplazamiento, que se muestra en la *Figura 15*.

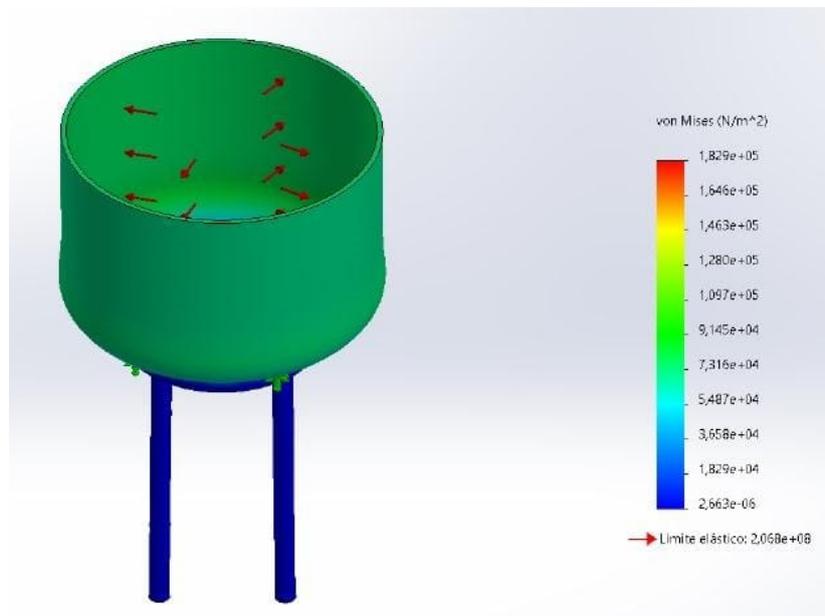


Figura 14. Análisis Estático del Cilindro Exterior, **Fuente:** Autores.

El análisis estático realizado en SolidWorks muestra que el tanque exterior de acero inoxidable 304 soporta una presión interna de $1,43442 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, sin riesgo de falla. El esfuerzo generado en el tanque es de $1,838 \times 10^5 \text{ N/m}^2$, lo que está por debajo del límite elástico del material de $2,06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Esto significa que el tanque está operando dentro del rango elástico del material y no sufrirá deformaciones permanentes. Además, se muestra que las zonas de mayor tensión se encuentran en las esquinas superiores del tanque debido a la concentración de esfuerzos en estas zonas.

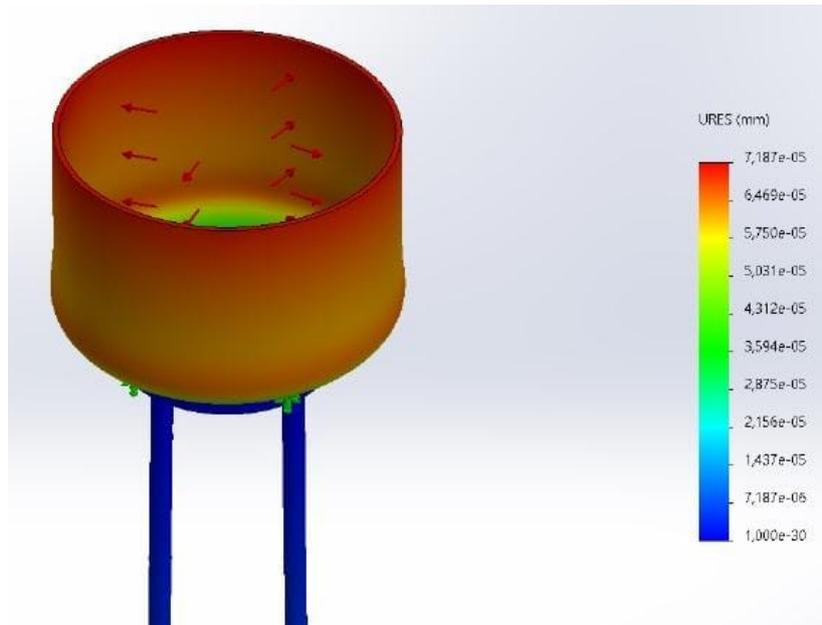


Figura 15. Desplazamiento Estático del Tanque Exterior, **Fuente:** Autores.

El análisis de desplazamiento de la simulación del tanque exterior en SolidWorks muestra que el tanque puede soportar la presión aplicada sin sufrir deformaciones excesivas. El desplazamiento máximo del tanque es de $7,187 \times 10^{-5}$ mm, lo cual se encuentra dentro de un rango aceptable para la seguridad estructural. La escala de colores en la imagen muestra que la mayor parte del tanque tiene un bajo desplazamiento, lo que indica que el diseño es resistente a la presión aplicada de $1,43442 \text{ N/m}^2$, sugiriendo que el tanque es seguro para el uso previsto.

VI-B5. Simulación del Cilindro Interno y Soportes: En este caso, se realizó la simulación en SolidWorks del cilindro interno y las patas, que son los soportes de la máquina mezcladora bajo esfuerzo, que se muestran en la *Figura 16* y en la *Figura 17* presión con desplazamiento.

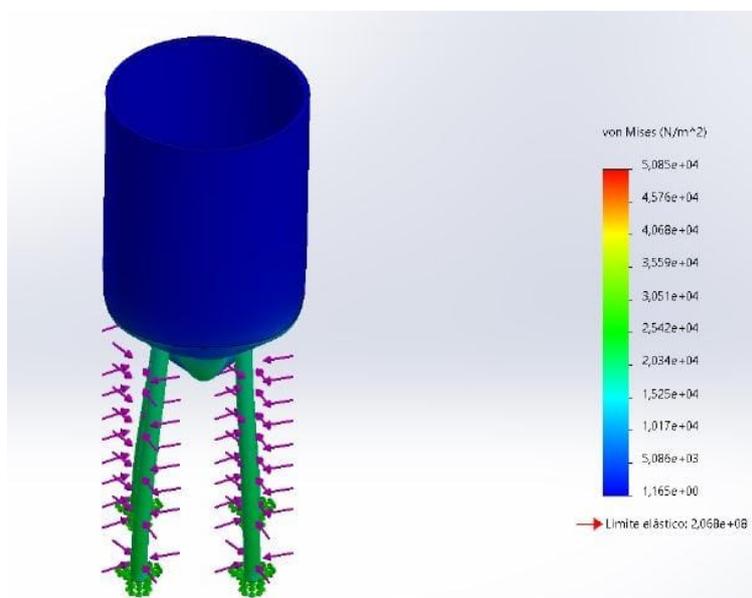


Figura 16. Análisis Estático del Cilindro Interno y sus patas, **Fuente:** Autores.

El análisis estático de la simulación del cilindro interno con patas soldadas en SolidWorks indica que el tanque puede soportar las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones permanentes. El esfuerzo máximo en el cilindro interno y las patas es de $5,085 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$, que está por debajo del límite elástico del material de $2,06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. La carga externa aplicada es de $833,95 \text{ N}$ por elemento soldado, lo que indica que la estructura es segura para las condiciones de carga dadas.

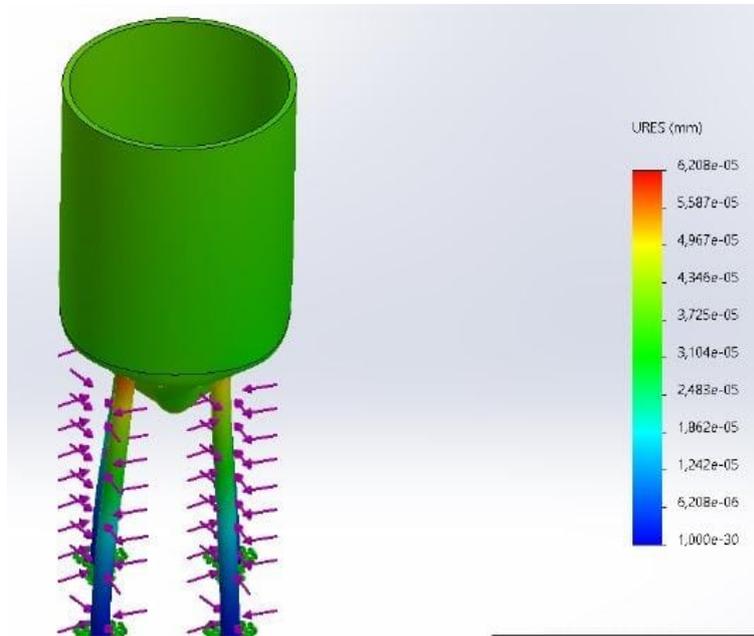


Figura 17. Análisis de Desplazamientos del Cilindro Interno y sus patas, **Fuente:** Autores.

El análisis de desplazamiento de la simulación del tanque cilindro interno con patas soldadas en SolidWorks indica que el tanque puede soportar las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones permanentes. La fuerza externa aplicada es de $833,95 \text{ N}$ por elemento soldado, y el desplazamiento máximo del tanque es de $6,208 \times 10^{-5} \text{ mm}$. El esfuerzo es significativamente menor que el límite elástico del material de $2,06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, indicando que la estructura es segura para las cargas aplicadas.

VI-C. Diseño del eje del agitador

El proceso de agitación se lo considera un movimiento inducido de otro material de una manera específica, con un modelo de agitación circulatorio dentro un recipiente donde irá el producto. La pulpa de dulce de membrillo es un fluido no newtoniano y pseudoplástico que posee una viscosidad variable dependiendo de la temperatura durante el proceso de cocción del producto [24]. Para esto se selecciona un agitador tipo ancla como se muestra en la *Figura 18*:

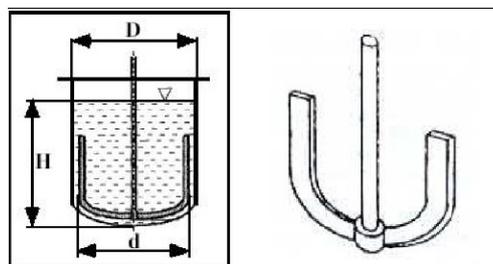


Figura 18. Agitador Tipo Ancla [24]

Un agitador tipo ancla es un agitador que trabaja a velocidades moderadas haciendo una mezcla tangencial y abarcando entre el 50 % y el 80 % de la superficie [24]. Su principal función es evitar la adhesión de materiales sólidos pegajosos y facilitar la transferencia de calor con las paredes del tanque. La *Figura 19* muestra las características que posee este agitador:

Descripción	- Dos brazos que llegan cerca de la pared - Forma adaptada al fondo y a las paredes del estanque
Campo de flujo generado	Tangencial
Régimen alcanzado	Laminar
Velocidad tangencial	hasta 2 m/s
Viscosidad del medio	hasta 1000 Pa·s
Posición del rodete (d_2 / d_1)	0,9 – 0,98 (cerca de la pared)
Aplicaciones	-Favorecer el intercambio de calor - disminuye la capa límite en la pared

Figura 19. Características del Agitador Tipo Ancla [24]

Por tanto, para poder hallar el diámetro del agitador (d_2) se utiliza la ecuación 13 de la posición del rodete, donde (d_1) es el diámetro del recipiente interior y d_2 es el valor que se debe hallar:

$$\frac{d_2}{d_1} = 0,9 \quad (13)$$

Al despejar la ecuación se obtiene el diámetro del agitador:

$$d_2 = 0,9 \cdot d_1 = 0,9 \cdot 0,34 \text{ m} = 0,306 \text{ m}$$

Obteniendo que el agitador debe un diámetro de aproximadamente 31 cm. Además, el eje del agitador tendrá un diámetro de 1 pulgada, ya que es una medida estándar debido al tamaño del orificio de paso del reductor. Para una mejor mezcla se usarán 6 pedazos de platina de acero inoxidable para mantener la homogenización durante el proceso de mezclado del dulce de membrillo tal como se muestra en la *Figura 20*.



Figura 20. Diseño del Agitador Tipo Ancla, **Fuente:** Autores.

VI-C1. *Velocidad requerida del agitador:* :

Para determinar el número de revoluciones por minuto N necesarias para el agitador tipo ancla, se utiliza la ecuación 14, donde D es el diámetro del eje d_2 y V es la velocidad lineal que debe tener el agitador de 1 m/s:

$$N = \frac{V \cdot 60}{D \cdot \pi} \quad (14)$$

Al reemplazar valores en la ecuación:

$$N = \frac{1\text{m/s} \cdot 60}{0,31\text{m} \cdot \pi} = 61,60\text{rpm}$$

Obteniendo que el agitador debe tener una velocidad de giro de 61.60 rpm, una velocidad adecuada para el agitador ancla como se muestra en la *Figura 55 del Anexo D*.

VI-C2. *Potencia necesaria para el motor:* Dado que la pulpa de membrillo es un fluido no newtoniano, es decir, se lo considera como un pseudoplástico al no poseer una viscosidad fija se puede utilizar el método de Metzler Otto para el cálculo de potencia.

La velocidad efectiva de deslizamiento o deformación del fluido, se la determinará con la ecuación 15. Donde K es un constante utilizada en agitadores tipo ancla con un valor de 15.8 [25] y N es el número de revoluciones obtenido de la ecuación 14:

$$\gamma_{ef} = k \cdot N \quad (15)$$

Por lo tanto, al reemplazar valores se procede a calcular la deformación del fluido:

$$\gamma_{ef} = 15,8 \cdot \frac{61,60\text{rpm}}{60} = 16,22\text{s}^{-1}$$

Obteniendo que la deformación del fluido es de $16,22\text{s}^{-1}$. Luego, para obtener la viscosidad efectiva o la resistencia del fluido a fluir dentro del tanque interno, se utiliza la ecuación 16, donde K es el índice de consistencia y n es el índice de flujo, ambos valores se obtienen de la *Tabla VI*:

$$\mu_{ef} = k \cdot \gamma_{ef}^{n-1} \quad (16)$$

Al reemplazar estos valores, se procede a calcular la viscosidad efectiva:

$$\mu_{ef} = 74,84 \cdot 16,22^{0,17-1} = 7,409\text{Pa} \cdot \text{s}$$

Obteniendo que la viscosidad efectiva es de $7,409\text{Pa} \cdot \text{s}$, a partir de este valor se obtiene el Número de Reynolds Re en la ecuación 17, una medida adimensional que indica la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas. En el contexto de la agitación, se observan tres regímenes distintos de flujo; laminar, transición (10-10.000) y turbulento (10.0000) [26].

$$Re = \frac{N d^2 \rho}{\mu_{ef}} \quad (17)$$

Donde:

- N : velocidad de giro (rpm).
- D : diámetro del agitador (m).
- ω : es la velocidad angular del agitador (en rad/segundo).
- ρ : es la densidad del fluido (kg/m^3).
- μ_{ef} : es la viscosidad efectiva del fluido.

Al reemplazar valores, se procede a calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{61,60 \cdot \left(\frac{1}{60}\right) \cdot (0,31\text{m})^2 \cdot (2720,058 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3})}{7,409\text{Pa} \cdot \text{s}} = 36,207 = 3,6207 \cdot 10^1$$

Obteniendo que el número de Reynolds es $3,6207 \cdot 10^1$, por lo que se utiliza la gráfica de correlación de potencia de la *Figura 56 del Anexo E*, obteniendo que el número de potencia $P_o = 10$ y para determinar la potencia requerida se utiliza la ecuación 18:

$$P = P_o \cdot D^5 \cdot N^3 \cdot \rho \quad (18)$$

Al reemplazar valores, se procede a calcular la potencia requerida

$$P = 10 \cdot (0,31 \text{ m})^5 \cdot \left(61,60 \frac{\text{rpm}}{60}\right)^3 \cdot (2720 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) = 196,438 \text{ W} = 0,2634 \text{ HP}.$$

Obteniendo que la potencia requerida es de 0,2634, equivalente a 1/4 HP, pero por seguridad se utilizará un motorreductor trifásico de 3/4 HP para el proceso de mezclado del dulce de membrillo.

VI-C3. *Torque necesario para la mezcla:* Para calcular el torque (T) necesario para la mezcla se utiliza la ecuación 19, donde P es la potencia requerida expresada en vatios y ω es la velocidad angular expresada en rad/s:

$$T = \frac{P}{\omega} \tag{19}$$

Al reemplazar valores, se procede a calcular la del torque (T):

$$T = \frac{196,438 \text{ W}}{6,394 \text{ rad/s}} = 30,722 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Obteniendo que el torque necesario para la mezcla es de 30,722N · m.

VI-C4. *Simulación de Agitador:* : Es necesario realizar simulaciones sobre el comportamiento de los componentes de la máquina mezcladora bajo diferentes condiciones para garantizar un óptimo funcionamiento. En este caso, se realizó la simulación en SolidWorks del análisis estático del agitador bajo diferentes condiciones:

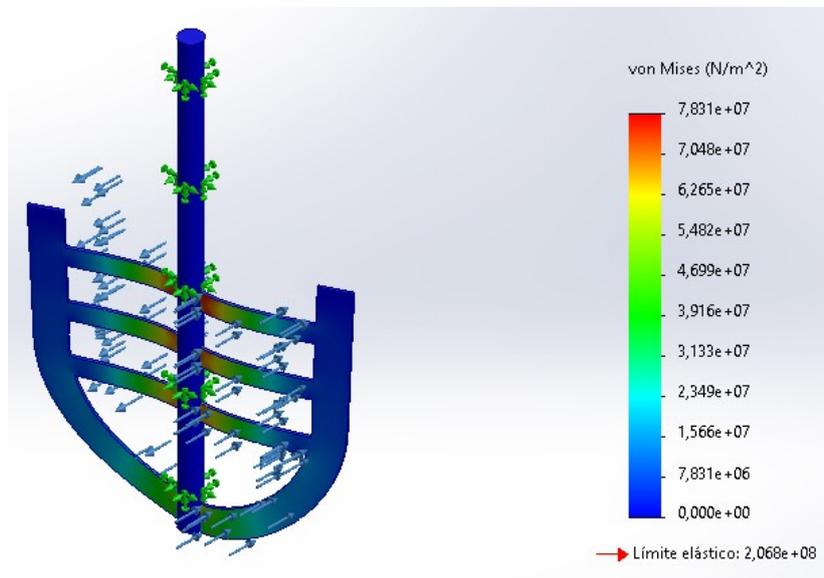


Figura 21. Análisis Estático con Tensión Nodal del Agitador, **Fuente:** Autores.

El análisis estático con tensión nodal de la *Figura 21* de la simulación del agitador en SolidWorks muestra que el diseño puede soportar la masa de la mezcla sin fallar por deformación plástica. La escala de deformación indica que la deformación máxima del agitador es de 33,2374. Las tensiones simuladas varían entre $7,89 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ y $7,98 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, que son inferiores al límite elástico del material de $2,06 \times 10^8 \text{ N/m}^2$.

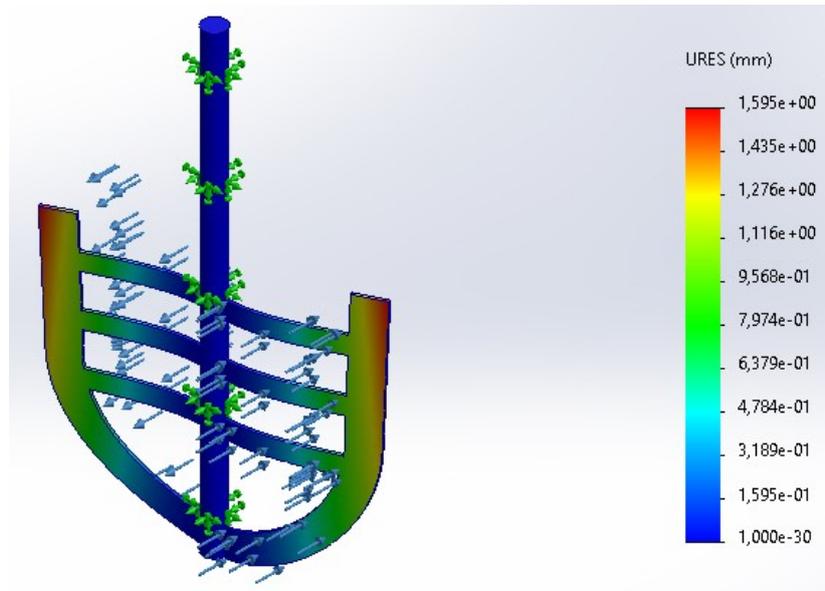


Figura 22. Desplazamiento Estático del Agitador, **Fuente:** Autores.

La *Figura 22* muestra la distribución de los desplazamientos estáticos en el agitador, su máximo desplazamiento es de $1,595 \times 10^{-2}$ mm y la zona con menor desplazamiento se encuentra en la zona del eje del agitador según la escala de colores. Sugiriendo que el agitador resiste las cargas aplicadas y se mantiene dentro de límites seguros para las condiciones de cargas dadas, con una escala de deformación de 33, 2374.

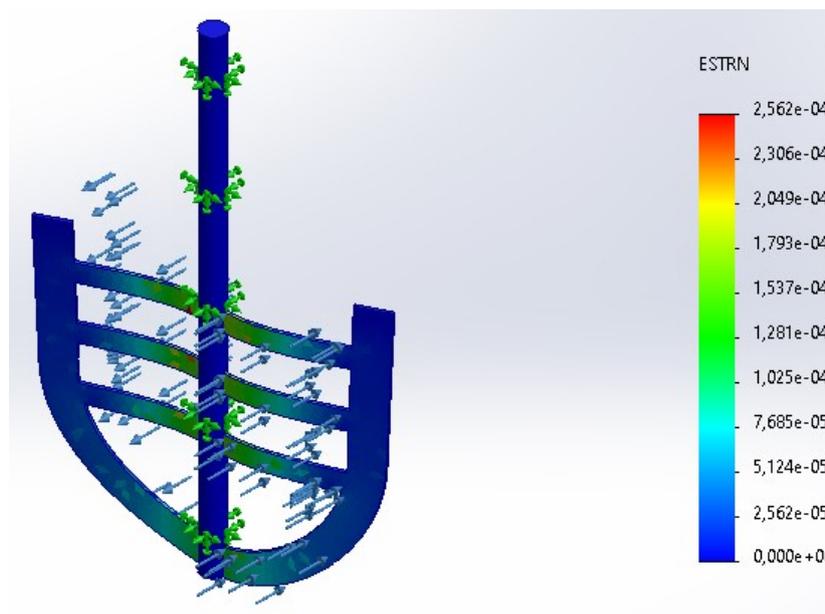


Figura 23. Deformación Unitaria del Agitador, **Fuente:** Autores.

La *Figura 23* muestra la distribución de las deformaciones unitarias en el agitador, indicando que la mayor parte del agitador tiene una deformación baja, la zona con mayor deformación se encuentra en la zona central del eje del agitador y tiene un desplazamiento máximo es de $2,562 \times 10^{-4}$. Sugiriendo que se mantiene dentro de los límites seguros, asegurando la integridad estructural ante las cargas aplicadas durante su operación con una escala de deformación de 33, 2374.

VI-D. Fuerzas involucradas en la mezcla

En la máquina mezcladora se ejerce una fuerza de torsión en el eje. El par de torsión o par de torque en un elemento mecánico es producido cuando una fuerza actúa perpendicularmente a la distancia desde el eje de rotación. Este momento causa que el elemento se tuerza alrededor del eje y dependerá de su resistencia a la torsión, la cual está relacionada con su forma, material y dimensiones. Para representarlo se dibujan flechas en la superficie de la barra para indicar su dirección de par de torsión aplicado. Estas flechas siguen la regla de la mano derecha para vectores [27]. En la *Figura 24* se muestra su esquema con sus variables:

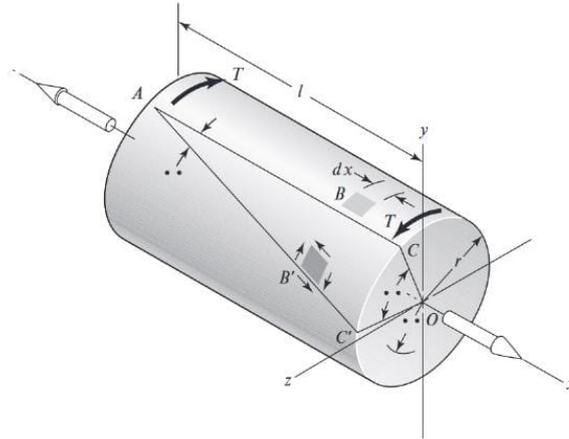


Figura 24. Esquema Vectorial de Torsión [27]

Para poder calcular el esfuerzo cortante τ se utiliza la ecuación 20, donde T es el par de torque expresado en Nm y J es el segundo momento polar expresado en m^4 . El par de torsión puede desarrollar esfuerzos cortantes los cuales son proporcionales al radio r de la superficie exterior:

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad (20)$$

Dado que no se tiene el valor del segundo momento polar se debe utilizar la ecuación 21, este se lo halla según la sección transversal circular del eje, en este caso es una sección circular sólida:

$$J = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (21)$$

Al reemplazar valores se procede a calcular el segundo momento polar J :

$$J = \frac{\pi \cdot (0,025m)^4}{32} = 3,8349 \cdot 10^{-8}m^4$$

Obteniendo que el segundo momento polar es de $3,8349 \cdot 10^{-8}m^4$, este valor se lo reemplaza en la ecuación 20 para poder obtener el esfuerzo cortante τ :

$$\tau = \frac{30,722Nm \cdot 0,0125m}{3,8349 \cdot 10^{-8}m^4} = 10,013MPa$$

Obteniendo que el esfuerzo cortante es $10,013MPa$. Además en las paletas del eje se aplica una fuerza de impacto horizontal F en la ecuación 22, donde P es la presión requerida y A es el área de las paletas:

$$F = PA \quad (22)$$

Dado que no se tiene el valor de la presión requerida se utilizan las ecuaciones 23 y 24:

$$\gamma = \rho g \quad (23)$$

$$P = \gamma H \quad (24)$$

Donde:

- γ : Peso específico (N/m^3).
- ρ : Densidad del fluido (Kg/m^3).
- g : Gravedad $Kg \cdot m/s^2$.
- H : Altura del líquido (m).

Para obtener el valor del peso específico se conoce que la densidad del fluido es de $2720N/m^3$ y el valor de gravedad $9,81Kg \cdot m/s^2$, esto se reemplaza en la ecuación 23:

$$\gamma = \rho g = 2720 \frac{N}{m^3} \cdot 9,81 \frac{Kg \cdot m}{s^2} = 26683,2 \frac{N}{m^3}$$

Obteniendo que el peso específico es $26683,2 \frac{N}{m^3}$. La altura del líquido H se obtiene a partir de la ecuación 25, donde V_3 es la adición de la mezcla :

$$H = \frac{V_3}{\pi \cdot r^2} \quad (25)$$

Al reemplazar valores se procede a calcular la altura del líquido:

$$H = \frac{0,01835m^3}{\pi \cdot (0,17)^2} = 0,202m \approx 20,2cm$$

Obteniendo que la altura del líquido es de 20,2 cm. Con este valor se procede a calcular la presión requerida:

$$P = \gamma \cdot H = 26683,2 \frac{N}{m^3} \cdot 0,202m = 5,39kPA$$

El área de las paletas del agitador tienen un valor de $9,8 \cdot 10^{-3}m^2$, usando este valor y la presión requerida calculada, se procede a calcular la fuerza de las paletas del agitador:

$$F = PA = 5,39kPA \cdot (9,8 \cdot 10^{-3}m^2) = 52,822N$$

Obteniendo que la fuerza necesaria de las paletas del agitador para mover la mezcla durante su cocción es de 52,822N.

VI-E. Cálculos Termodinámicos

Se asume que es la mezcla del dulce de membrillo es un flujo laminar y por lo tanto se considera que el número de Nusselt= 3,66. La conductividad de la guayaba 0.4758 a 50 °C, este valor se lo obtiene de la Tabla V y se realizan los siguientes cálculos:

$$h = \frac{k \cdot Nu}{D} = \frac{0,4758 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \cdot 3,66}{0,31} = 5,62 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \quad (26)$$

$$A_1 = 2\pi r h = 2\pi(0,155)(0,355) = 0,355 m^2 \quad (27)$$

$$R_{conv} = \frac{1}{hA_1} = \frac{1}{5,62 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 0,355 m^2} = 0,501 \frac{^\circ C}{W} \quad (28)$$

$$K_{acero\ Inox} = 15 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}, \quad e = 4\text{ mm.}$$

$$R_{cond1} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} = \frac{\ln\left(\frac{0,159}{0,155}\right)}{2\pi(0,365)(15)} = 0,00074 \frac{^\circ C}{W} \quad (29)$$

$$e_{\text{camisa de agua}} = 3 \text{ mm}, \quad k_{\text{agua}} = 0,58 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$R_{\text{cond2}} = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L k_{\text{aisl}}} = \frac{\ln\left(\frac{0,184}{0,159}\right)}{2\pi(0,365)(0,58)} = 0,109 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad (30)$$

$$e_{\text{cilindro2}} = 3 \text{ mm}, \quad k_{\text{cilindro2}} = 0,15 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$R_{\text{cond3}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} = \frac{\ln\left(\frac{0,187}{0,184}\right)}{2\pi(0,365)(15)} = 0,00047 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad (31)$$

$$e_{\text{aislamiento}} = 25 \text{ mm}, \quad k_{\text{aislamiento}} = 0,046 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$R_{\text{cond4}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} = \frac{\ln\left(\frac{0,212}{0,187}\right)}{2\pi(0,365)(0,046)} = 1,36 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad (32)$$

$$R_{\text{total}} = R_{\text{conv}} + R_{\text{cond1}} + R_{\text{cond2}} + R_{\text{cond3}} \quad (33)$$

$$\text{Pérdida de calor} = \frac{T_1 - T_{\text{amb}}}{R_{\text{total}}} = \frac{100 - 30}{R_{\text{total}}} = 47,63 \text{ W} \quad (34)$$

Espesor mínimo requerido:

$$R_{\text{conv ext}} = \frac{k_{\text{ext}}}{h_{\text{conv ext}}} = \frac{0,046}{5} = 9 \text{ mm} \quad (35)$$

Por lo tanto el espesor de 25mm utilizado en el aislamiento de lana de vidrio está justificado.

VI-EI. Cálculo Resistencia Requerida: Para determinar la potencia necesaria para la resistencia eléctrica se calcula el calor requerido en KJ para pasar de 25°C a 85°C. Para llegar a este valor se emplea el calor específico del membrillo el cuál se determina a través de varios modelos predictivos para alimentos dando como resultado 4,06kJ/(kg·°C). Las ecuaciones 36, 37 y 38 se utilizan para hallar la cantidad de calor y la potencia de las resistencias:

$$Q = mc\Delta T \quad (36)$$

$$Q = \dot{Q}t \quad (37)$$

$$\dot{Q} = \dot{W} \quad (38)$$

Donde:

- Q : Cantidad de calor(KJ).
- m : Cantidad de masa a utilizar (Kg).
- c : Calor específico(KJ/Kg°C).
- ΔT : Diferencia de temperatura(°C).
- \dot{Q} : Tasa de calor por unidad de tiempo (KJ/Kg°C).
- t : Tiempo de cocinado(s).

Como se puede observar en las fórmulas establecidas, al obtener el valor de la tasa de calor por unidad de tiempo llegaremos al valor de la potencia para las resistencias eléctricas. Reemplazando la ecuación 37 en la ecuación 36 y al despejar la variable de la tasa de calor se obtiene la ecuación 39:

$$\dot{Q} = \frac{mc\Delta T}{t} \quad (39)$$

Cabe destacar que una vez obtenido el valor de \dot{Q} se conocerá el valor de la potencia necesaria para la resistencia eléctrica. El período de tiempo de cocción del membrillo es de 4 horas convertidas a segundos da como resultado 14400 segundos. El T_1 será de 25°C y T_2 es 85°C . La masa m del producto es de 21,058 Kg, con estos valores se reemplazan en la ecuación 39:

$$\dot{Q} = \frac{21,058 \text{ kg} \cdot 4,06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}/^\circ\text{C}} \cdot (85 - 25)^\circ\text{C}}{14\,400 \text{ s}} = 0,356 \text{ kJ} = 0,356 \text{ KW}$$

Para poder determinar la corriente eléctrica para la resistencia se utiliza la ecuación 40:

$$I = \frac{\dot{Q}}{V} \quad (40)$$

Al reemplazar los valores se procede a calcular la corriente eléctrica:

$$I = \frac{0,356 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 1,618 \text{ A}$$

Obteniendo que la potencia necesaria es de 0,356 KW y con una corriente de 1,618 A. Estos cálculos son importantes porque ayudarán a calentar de forma eficiente en base al tiempo requerido de cocción del producto a cocinarse según su proceso de producción.

VI-F. Diseño Eléctrico de la Marmita

Para el diseño eléctrico de la máquina mezcladora se deben seleccionar componentes que se adapten a las necesidades o requerimientos establecidos para después ser instalados en una caja panel.

VI-F1. PLC LOGO: En este caso se seleccionó un PLC Logo Basic 12/24RCE, modelo 6ED1052-1MD08-0BA8 con salida de relé de 10A. El PLC LOGO es un autómata programable, y la versión seleccionada cuenta con un display. Se puede utilizar un marco de color para visualizar el texto, programar con sus teclas y utilizar una interfaz Ethernet. Se presenta como una solución altamente adaptable, ya que permite reemplazar la lógica cableada por lógica programable. Este controlador lógico programable cuenta con 8 entradas y 4 salidas digitales, así como también entradas analógicas [28], en la *Figura 67* y *Figura 68* del Anexo J se muestran las hojas de datos del PLC.



Figura 25. PLC Logo Basic V8.0, **Fuente:** Autores.

Al PLC se le integró un módulo de ampliación AM2 modelo 6ED1055-1MA00-8BA2, como se muestra en la *Figura 25*, el cual cuenta con 2 entradas analógicas adicionales necesarias para el cableado y funcionan con tensión 12/24 VDC [29]. Su versatilidad radica en su habilidad para integrarse con estos módulos de ampliación en caso de necesitar más entradas o salidas digitales o analógicas, demostrando que su tamaño compacto no compromete su capacidad para asumir diversas tareas de automatización, siendo ideal para este proyecto, en la *Figura 69* y *Figura 70* del Anexo J se muestran las hojas de datos del módulo de expansión para entradas analógicas.

VI-F2. *Sensor de temperatura tipo J:* Se seleccionó una termocupla tipo J sin cabezal, el cual es un sensor de medición de temperatura compuesto por dos metales diferentes: hierro y constantán (Cu+Ni), que generan un voltaje correlacionado con la temperatura.



Figura 26. Termocupla tipo J de 2 hilos[30]

Este tipo de termocupla es efectivo en un rango de temperatura desde 0 °C hasta 450 °C, lo cual la hace versátil para uso industrial y en aplicaciones de cocción. Se destaca por su respuesta rápida y su coste relativamente bajo, junto con una precisión adecuada para muchas aplicaciones prácticas. Tiene un tamaño del bulbo de 3/16” con una longitud de 10 cm, con un tipo de montaje Racor 5/16” y su tipo de conexión es mediante fibra de vidrio enmallada de 2 m con 2 hilos [30] , su ficha técnica se puede visualizar en la *Figura 71* del Anexo J.

VI-F3. *Transmisor de Temperatura:* Debido a que la termocupla no incluye cabezal se debe agregar un transmisor de temperatura TxBlock-USB para poder realizar la conexión entre el sensor de temperatura y el PLC, este permitirá el intercambio de datos de temperatura, permitiendo monitorear y regular la temperatura, en la *Figura 27* se muestra el transmisor de temperatura:



Figura 27. Transmisor de Temperatura TxBlock-USB [31]

Además, cuenta con una alimentación de 10 a 35 VDC y se puede configurar su entrada para que se conecta a diferente tipos de termocupla entre 2 y 4 hilos, su rango de medición es desde -40°C hasta 85°C y cuenta con una conexión USB micro B de 4 a 20 mA [31], la cual permite modificar su rangos de medición, en la *Figura 72* del Anexo J se muestra la ficha técnica del transmisor de temperatura.

VI-F4. Gabinete Metálico: : Se seleccionó un gabinete metálico modular de 30x30x20cm, como se muestra en la *Figura 28*, es un tablero eléctrico con un grado de seguridad IP64, este es un nivel de efectividad de sellado según las normas británicas EN 60529, esto quiere decir que es hermético al polvo con opción a ser montado en una pared.



Figura 28. Gabinete Modular Metálico [32]

Este gabinete tiene el propósito de almacenar y proteger el cableado de los componentes electrónicos como; los pulsadores, luces piloto, contactores, breakers, PLC Logo y su módulo de expansión, estos se colocan en rieles metálicos, sus conexiones se cubren con canaletas y se etiquetan los cables con números para poder reconocerlos con mayor facilidad, tal como se muestra en la *Figura 29*:



Figura 29. Gabinete Metálico con Componentes, **Fuente:** Autores.

VI-F5. *Resistencias Eléctricas Tubulares de Inmersión:* Las resistencias de inmersión tubular han sido diseñadas para adaptarse a diversas aplicaciones tanto en el ámbito industrial como civil. Estos productos resultan ideales para calentar líquidos, sólidos y fluidos en diferentes sectores industriales. La demanda central radica en desarrollar calentadores de alta calidad, confiables, duraderos y eficientes, cumpliendo con estándares de seguridad [33], en la *Figura 30* se muestra esta resistencia, la cual puede variar según se requiera.



Figura 30. Resistencias Tubulares de Inmersión [33]

Para el calentamiento del cilindro interno se escogió 2 resistencia modelo HM635 99511217, en la con un capacidad de 1400 W de potencia eléctrica y operan a 230V de tensión eléctrica, tal como se muestra en la *Figura 31*.



Figura 31. Resistencias Tubulares de Inmersión [34]

VI-F6. *Motorreductor trifásico:* Emplear el motorreductor hace referencia a una máquina compacta que integra de manera conjunta un reductor de velocidad y un motor, conformando así una unidad única. Esta combinación tiene como objetivo principal la reducción automática de la velocidad en un equipo determinado. El uso del motorreductor trifásico se debe a que posee un regulador de velocidad, sin necesidad de utilizar un variador de frecuencia, tal como se muestra en la *Figura 32*



Figura 32. Motorreductor trifásico, **Fuente:** Autores.

El motor seleccionado es un motor asíncrono trifásico de 4 polos con un grado de protección IP55, con un voltaje de 230/400 y una frecuencia de 50-60 Hz, el cual opera a 1400 rpm [35], en la *Figura 73* y *Figura 74* del *Anexo J* se muestran los datos técnicos del motor y se utiliza un capacitor de 35mF para simular una línea. Por otro lado, su reductor tiene una relación $I = 28$, es decir que tiene una relación 28:1, para obtener su velocidad de salida se utiliza la ecuación 41, donde V_{out} es la velocidad de salida, V_{in} es la velocidad de entrada y R_T es la relación de transmisión:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R_T} \quad (41)$$

Dado que la velocidad de entrada es de 1400 rpm y la relación de transmisión es de 28:1, se remplazan valores para calcular la velocidad de salida:

$$V_{out} = \frac{1400rpm}{28} = 50rpm$$

Obteniendo que la velocidad de salida es de 50 rpm debido a su relación de transmisión, en *Figura 75* del *Anexo J* se muestran los datos técnicos del reductor utilizado.

VI-F7. Instrumentación y sistema de control: Mediante dos entradas digitales las cuáles son: marcha y paro, donde la botonera de marcha dará inicio al arranque del motorreductor y el botón de paro apagará el arranque del mismo. Asignaremos como I1(NA) el botón de marcha e I2(NC) el botón de paro del motor e I3(NA) para el encendido de las resistencias eléctricas. I1 dará inicio al proceso de giro del agitador donde el eje irá dentro del motorreductor generando así el proceso de mezclado dentro del tanque interno, una vez comenzado el encendido del motor que será llamado como Q1, este al pasar del estado 0 a estado 1 se le hará un enclavamiento para que permanezca prendido después de pulsar la marcha.

Simultáneo al proceso de giro, se presionará I3 para encender las resistencias eléctricas(Q3) que empezarán a calentar el producto dentro del recipiente interior controlado por un sensor de temperatura termocupla tipo j con entrada analógica representado como A1, este valor entrará al bloque de programación B005[Conmutador analógico de valor umbral] pero antes se le hará un amplificador de temperatura con un rango de 0°C a 100°C.

Se le realizó un ciclo de histéresis para que el producto llega a calentarse a una temperatura superior a 85°C, las resistencias se apagarán hasta bajar a una temperatura inferior a 80°C, donde se podrá volver a encenderlas mediante el pulsador amarillo hasta llegar a las 4 horas de cocinado, en la que Q2 encenderá la luz piloto indicando que el producto ya está listo. La programación también cuenta con una salida Q4 que será una sirena, que se enciende cuando se llega a las 4 horas del cocinado de la mezcla. Alcanzada la temperatura de trabajo del producto y el tiempo de cocinado, la sirena sonará dando aviso de que se terminó el proceso de trabajo del producto, en la *Figura 33* se muestra la programación realizada.

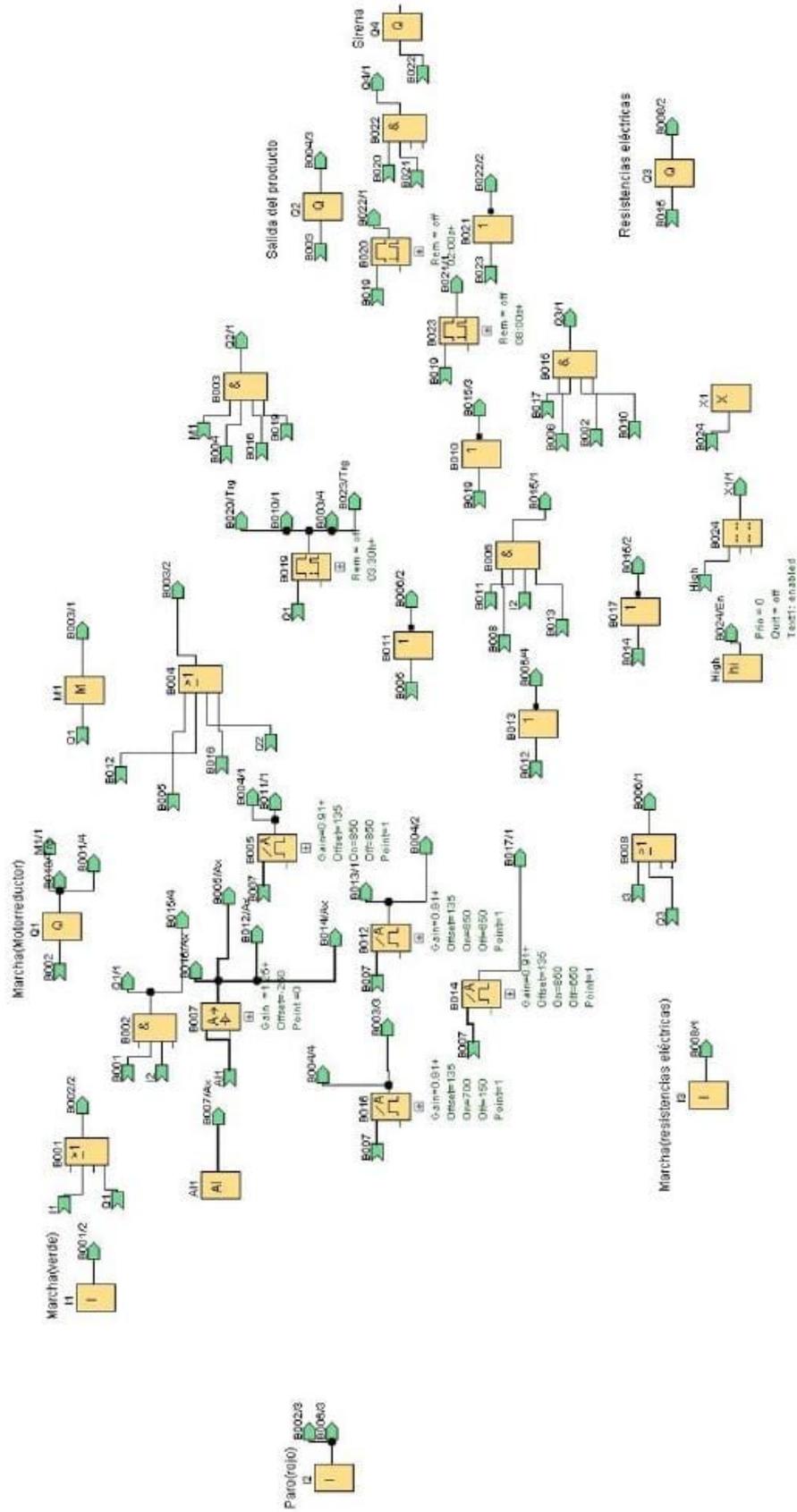


Figura 33. Programación en LWE, Fuente: Autores.

VI-F8. Automatización de la marmita: Para automatizar la marmita se usará un sistema de control manejado por un PLC Logo Basic de la marca Siemens con entradas y salidas digitales y entradas analógicas. El controlador posee un entorno de desarrollo programable (IDE) llamado Logo! SoftComfort, un software que permite programar el PLC mediante un cable Ethernet permitiendo subir el programa al controlador o también programarlo manualmente en el PLC.

En base a las características que requerida en el proceso de la máquina mezcladora se utiliza un sensor de temperatura tipo J con entrada analógica al PLC para controlar la temperatura deseada de la resistencia eléctrica de inmersión. El controlador se encarga también de controlar el encendido y apagado del motorreductor mediante su conexión del PLC al motor.

El PLC se ubica dentro de un gabinete metálico, dentro de este tablero se encuentran un guardamotor, contactor y una fuente Logo. El guardamotor y el contactor se conectan al motorreductor trifásico a una tensión de 220V/AC que a su vez se conectada a una línea monofásica mediante un capacitor de 35 μ F, mientras que la fuente transformador se conecta a las entradas de línea y neutro del PLC. El pulsador verde PM dará marcha al motorreductor que tendrá una luz verde indicadora, el botón PP será el botón de paro con una luz roja indicadora que se encenderá cuando pulsemos el botón de paro, el botón I3 es el pulsador de encendido de las resistencias eléctricas que al aplastarse se encenderá una luz indicadora amarilla, en la *Figura 34* se muestra el esquemático realizado en CADe Simu.

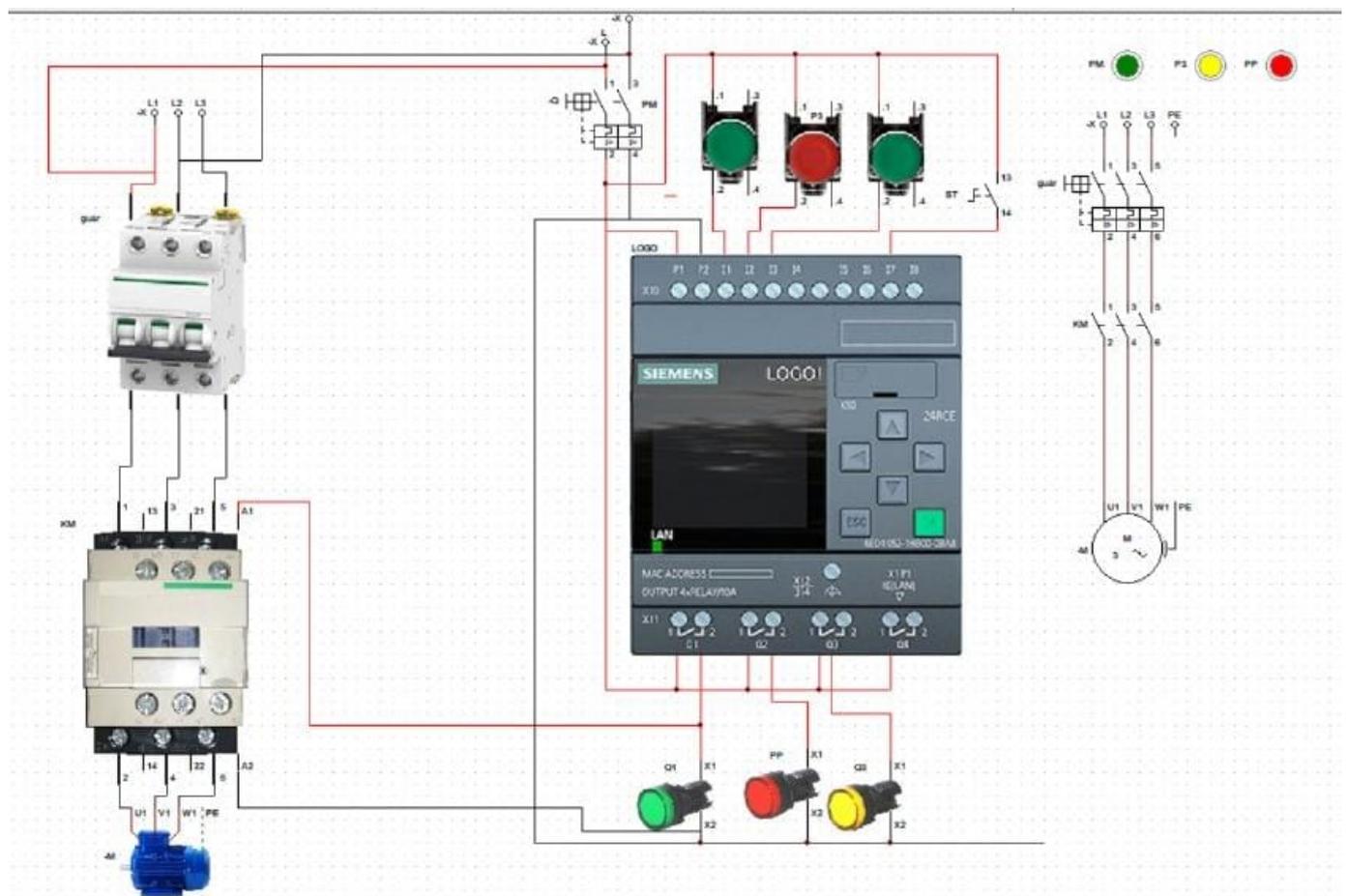


Figura 34. Esquema de Conexiones en CADe Simu, **Fuente:** Autores.

VI-G. Análisis Técnico Económico

Para llevar a cabo un análisis técnico-económico en relación con la producción de dulce de membrillo, es necesario tener en cuenta ciertas variables y factores, como los costos directos e indirectos asociados al proyecto y a la fábrica, que van desde la adquisición de materias primas hasta los gastos de mano de obra. Además, se debe evaluar el costo de producción unitario, de cada bloque de dulce de membrillo para poder obtener su retorno de inversión, lo que posibilitaría evaluar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

VI-G1. Costos de Inversión: Inicialmente se realiza una división de 3 tipos de gastos para la inversión, este tipo de gasto representaría el costo inicial para producir el producto final, se toma en consideración costos mecánicos, eléctricos y mano obra. En la *tabla X* se muestran los costos de materiales a utilizar en la fabricación de la máquina, estos costos pueden variar dependiendo del material utilizado, del tamaño que se desee realizar la máquina y podría influir en el tiempo de cocción, ya que abarcaría una mayor cantidad de mezcla a cocinarse, los materiales utilizados para la *Tabla X* son de acero inoxidable 304 e incluyen IVA del 15

Tabla X
COSTOS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

Descripción	Total (\$)
Anillo Plano 3/16 (4 Unidades)	0,22
Anillo Presión 3/16 (4 Unidades)	0,35
Casquete Ac. Inox 3mm x16" Fondo Esférico	103,00
Cilindro Inox 3mm Diam. 340mm(EXT), x 400 Long.	92,00
Cilindro Inox 3mm Diam. 390mm(INT), x 350 Long.	94,00
Cinta Metálica	3,00
Eje Acero Inox. 1"(600mm)	15,12
Fibra de Vidrio 200cm x80cm	4,00
Garrucha 2" Giratoria 30-50Kg T/PG S/17	6,28
Garrucha 2" Giratoria con Freno 30-50Kg T/PG S/17	6,32
Plancha Acero Inox, Pedaz.T-304, 3mm 1 Placa(85x330)mm	8,00
Plancha Acero Inox. Cal 304 x1.5mm (280x350mm)	5,16
Plancha Acero Inox. Cal 304 x3 mm (60x330mm)	2,14
Platina Acero Inox 1x 3/16 3m	11,14
Plancha Acero Brillante. Cal 430 x0.4mm (450x1400mm)	5,16
Neplo Acero Inox 1"304	2,49
Set de Bisagras Omega Inox 3 UND 4X3	5,86
Tornillo Milimétrico 5x10 (4 Unidades)	0,35
Tornillo Tripa de Pato Normal 1/2x8 (13 Unidades)	0,26
Tubos Inox redondos 1 1/2x1.5	13,80
Válvula/Media vuelta 1. Acero Inox	8,34
TOTAL	\$386,99

Por otro lado, los costos eléctricos son estandarizados, la única forma en que cambien de valor es mediante la subida del IVA o al implementar algún pulsador o conexión adicional a la que se realizó, en la *Figura 76* del Anexo K se muestra la cotización realizada de los materiales eléctricos y en la *Tabla XI* se muestran estos valores incluyendo su IVA :

Tabla XI
COSTOS ELÉCTRICOS

Descripción	Total (\$)
Bornera P/Riel 12 AWG 2.5mm Leipold-Wokendo	0,45
Breaker P/Riel 2x3A CSC	7,47
Breaker P/Riel 3x20A 6kA NXB-63 CHINT	8,70
Cable Concentrico 4x12 AWG (x2 metros)	4,90
Cable Cu THHN Flexible 12AWG (x5 metros)	2,33
Canaleta Ranurada Gris 25x25mm CSC	4,99
Capacitor 35mFD 370V	7,00
Cinta Espiral 1/2"(12mm) (1/2) Negra Dexson	8,50
Contactador 9A 1NO NXC-09 CHINT	12,75
Contactador 32A 1NO NXC-32 CHINT	26,00
Enchufe Chino Polarizado 220V Vynil Cooper	2,60
Fuente Alimentación P/Riel IN: 85-264 VAC / Out: 24V 5A	65,00
Guardamotor 6-10A GV2-ME14 Schneider	106,60
Luz Piloto Led 22mm Amarillo 12-440 VAC	2,00
Luz Piloto Led 22mm Rojo 12-440 VAC (x2)	2,00
Luz Piloto Led 22mm Verde 12-440 VAC	2,00
Luz Piloto Led 22mm Temperatura Blanca 12-450 VAC	9,99
Módulo de Expansión LOGO! AM2 6ED1055-1CB00-0BA2 Siemens	179,00
LOGO! 8.3 12/24RC 4DI/4DO + 4AI 6ED1052-1MD08-0BA1 Siemens	251,00
Pulsador 22mm Simple Amarillo NO+NC	3,00
Pulsador 22mm Simple Verde FPB-BA1 CSC	2,27
Pulsador 22mm Simple Rojo FPB-BA2 CSC	2,27
Pulsador Hongo 40mm LMB BS5 CSC	3,10
Riel Din 35mm Acero Perforado (x1 metro)	2,30
Sirena Metálica Roja 220VAC 105DB TCZ-230 CSC	17,76
Tablero Metalico Liviano 30x30x20cm Beacoup	36,85
Terminal Puntera Azul 14 (x100)	3,00
Termocupla "J" Bulbo L-10cm WR126 CNC	16,50
Transmisor de Temperatura 4-20mA TBLOCK-USB	91,00
Subtotal:	\$881,33
IVA 15 %:	\$132,19
TOTAL:	\$1013,52

En la *Tabla XII* se muestran los costos eléctricos que podrían cambiar según la marca, los valores mostrados son aproximaciones y no se considera el IVA.

Tabla XII
COSTOS ELÉCTRICOS VARIABLES

Descripción	Total (\$)
Motor Reductor Trifásico 3/4 HP	200,00
Resistencia 220V 1400W ((x3)	45,00
TOTAL:	\$245,00

En cuanto a los costos por mano de obra constan del soldado que incluyo el uso de varillas de electrodo 3/32, disco de corte, para la caja panel la perforación de orificios para los pulsadores, luces piloto y una sirena y otros gastos para la mejora estética de la máquina, en la *Tabla XIII* se muestran los gastos por mano de obra y otros materiales requeridos:

Tabla XIII
COSTOS DE MANO DE OBRA Y OTROS MATERIALES REQUERIDOS

Descripción	Total (\$)
Aerosol Multiusos WD-40	5,99
Cepillo Acero 5pzs (x2)	3,61
Diluyente 250ml	\$1,00
Disco de corte de 4.5"(2)	3,00
Limpiador de Contactos Eléctrico - GoodYear	3,36
Mano de Obra	270,00
Soldadura Inox 3/32 x80	\$25,80
TOTAL	\$312,76

La inversión total para el proyecto a escala, que incluye los costos de la estructura mecánica, la construcción del diseño eléctrico y la mano de obra, sin incluir la compra de materia prima para realizar pruebas, asciende a \$1958,76 dólares americanos, como se muestra en la *Tabla XIV*, basa en un ajuste a una escala de radio 1:3.

Tabla XIV
COSTOS TOTAL DE LA INVERSIÓN

Costos	Total (\$)
Estructura Metálica	386,99
Circuito Eléctrico	1258,52
Mano de Obra	312,76
TOTAL	\$1958,27

El total de inversión incluye un impuesto al valor agregado (IVA) del 15%. Si se considera que la máquina a escala produce 41 litros de dulce de membrillo por parada, estos costos se distribuyen para cubrir la producción estimada. Para el tamaño real los costos de la estructura mecánica y la mano de obra cambiarían, ya que los costos eléctricos son estandarizados, pero no se incluye la materia prima de la guayaba, para este caso la producción se muestra en la *Tabla XV*:

Tabla XV
VARIACIÓN DE VALORES MECÁNICOS PARA EL TAMAÑO REAL

Descripción	Total (\$)
Casquete Ac. Inox 3mm x48" Fondo Esférico	308,98
Cilindro Inox 3mm Diam. 1020 mm(EXT), x 1200 Long.	275,99
Cilindro Inox 3mm Diam. 1170mm(INT), x 1050 Long.	282,00
Eje Acero Inox. 2"(1m)	100,18
Fibra de Vidrio 200cm x80cm (2 Unidades)	8,00
Garrucha 2" Giratoria x2	12,56
Garrucha 2" Giratoria con Freno x2	12,63
Neplo Acero Inox 2"304	4,97
Plancha Acero Inox, Pedaz.T-304, 3mm 1 Placa(255x1000)mm	15,99
Plancha Acero Inox. Cal 304 x1.5mm (840x1050mm)	15,48
Plancha Acero Inox. Cal 304 x 3 mm (180x990mm)	6,41
Plancha Acero Brillante. Cal 430 x0.4mm (1020x1600mm)	15,48
Plancha Aluminio 0,5mm (1350x1350mm)	4,70
Platina Acero Inox 2x 3/16 2m	50,40
Soldadura Inox 3/32 x180	77,41
Tubos Inox redondos 3"x2mm	101,20
Válvula/Media Vuelta 2." Acero Inox	16,68
Anillo Plano 3/16 (8 Unidades)	0,44
Anillo Presión 3/16 (8 Unidades)	0,70
Tornillo Milimétrico 5x10 (8 Unidades)	0,70
Tornillo Tripa de Pato Normal 1/2x8 (26 Unidades)	0,52
TOTAL	\$1311,42

En la *Tabla XVI* se muestra la variación de valores por mano de obra para la fabricación de la máquina en tamaño real:

Tabla XVI
VARIACIÓN DE VALORES POR MANO DE OBRA PARA EL TAMAÑO REAL DE LA MÁQUINA

Descripción	Total (\$)
Aerosol Multiusos WD-40	5,99
Cepillo Acero 5pzs (x2)	3,61
Diluyente 250ml	\$1,00
Disco de corte de 4.5"(2)	3,00
Taladrado de Caja Panel	\$10,00
Limpiador de Contactos Eléctrico - GoodYear	3,36
Mano de Obra	270,00
Soldadura Inox 3/32 x80	\$25,80
Mano de Obra	450,00
Soldadura Inox 3/32 x240	\$77,41
TOTAL	\$544,37

Por lo tanto la inversión real para que una máquina que produzca 125 litros útiles es \$3114,31 dólares americanos, la suma de estos valores se muestran en *Tabla XVII*:

Tabla XVII
COSTOS TOTAL DE LA INVERSIÓN

Costos	Total (\$)
Estructura Metálica	1311,42
Circuito Eléctrico	1258,52
Mano de Obra	544,37
TOTAL	\$3114,31

VI-G2. *Proyección de Producción:* Tomando los valores de la *Tabla VII*, se tomará solo los datos del corte Gloria, que diariamente se producen 5000 unidades de 36 gramos cada una y producidas con una mezcla de 60 kilos, pero con 3 paradas de producción. Al utilizar la ecuación 42:

$$\text{Ingresos} = \text{Unidades Producidas al día} \cdot \text{Precio unitario} \quad (42)$$

$$\text{Ingresos} = 5000 \cdot \$0,25 = \$1250.$$

Obteniendo que cada día hay un ingreso de \$1250 asumiendo que se venden las 5000 unidades. Si se considera únicamente una parada de producción, la cantidad de unidades disminuiría a 1667 de 36 gramos cada una. Comparando con el prototipo, que tiene una capacidad de 41 litros de mezcla, se proyecta una producción diaria de 1139 unidades de dulce de membrillo. Extrapolando estos datos a la máquina real, se espera una producción de 3473 unidades por día. Si se emplean 3 máquinas, la producción total sería de 10417 unidades de dulce de membrillo tomando en cuenta que cada máquina mezcladora cocina una sola vez al día, en la *Tabla XVIII* se muestran estos valores:

Tabla XVIII
PRODUCCIONES DE DULCE DE MEMBRILLO CON DIFERENTES MÁQUINAS

Máquina Utilizada	Número de Máquinas	Materia Prima (Kg)	Producción (Unidades)	Tiempo (gr)	Peso (\$)	Ingresos (\$)
Paila	1	60	1667	36	0,25	416,75
Paila	3	180	5000	36	0,25	1250
Marmita (Prototipo)	1	41	1139	36	0,25	284,75
Marmita (Real)	1	125	3473	36	0,25	868,25
Marmita (Real)	2	250	6946	36	0,25	1736,50
Marmita (Real)	3	375	10417	36	0,25	2604,25

De acuerdo a los datos proporcionados por una fábrica de dulce de membrillo, el costo de inversión por cada unidad de dulce de membrillo es de \$0,06, multiplicándolo por las 5.000 unidades generadas al día; $\$0,06 \cdot 5000 = \300 , se obtiene una inversión de \$300 diarios, con este valor se puede obtener su retorno de inversión (ROI) y así poder determinar su rentabilidad con la siguiente ecuación 43:

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Ingresos} - \text{Costos}}{\text{Costos}} \right) \times 100 \quad (43)$$

Dado que los ingresos diarios son \$1250,00 asumiendo que se venden las 5000 unidades y los egresos son \$300,00 asumiendo todos los costos de materia prima y otros costos adicionales, al reemplazar los valores:

$$\text{ROI} = \left(\frac{1250 - 300}{300} \right) \times 100 = 316,67\% \times = \$3,1667$$

Por lo tanto, el ROI sería del 316,67%. Esto indica que por cada dólar invertido, se obtiene un retorno de aproximadamente \$3,17 al día, este valor se mantendrá independientemente de la cantidad que se venda o se produzca, ya que por cada unidad se obtienen \$0,19 de ganancia. Por lo tanto, la relación costo beneficio se muestra en la *Tabla XIX*:

Tabla XIX
BENEFICIO DIARIO - COMPARACIÓN ENTRE MÁQUINAS

Máquina Utilizada	Número de Máquinas	Producción Diaria	Costo Diario	Ingresos Diarios	Beneficio (\$)
Paila	1	1667	100,02	416,75	316,75
Paila	3	5000	300	1250	950
Marmita (Prototipo)	1	1139	68,34	284,75	216,41
Marmita (Real)	1	3473	208,38	868,25	659,87
Marmita (Real)	2	6946	416,76	1736,50	1319,74
Marmita (Real)	3	10417	625,02	2604,25	1979,23

La fábrica tiene un beneficio actual de \$950,00, pero si se usara el prototipo de la marmita, esta no es rentable ya que su beneficio es menor a \$950 generando una pérdida diaria de \$733,59 diarios. Pero el tamaño proyectado de una máquina que mezcla 125 Kg es más rentable a partir de la compra de 2 máquinas o si una sola máquina operara 2 veces al día con una utilidad diaria de \$1319,74 con un %5,5 de rentabilidad en comparación con las 3 pailas utilizadas en un solo día de trabajo.

Además, la producción de un día con 3 pailas es de 180kg operando una vez al día durante 8 horas y la producción con 1 marmita es de 250 kg operando dos veces al día durante 8 horas, esto se demuestra en la siguiente ecuación donde se realiza una comparación de cocción de 1kg/hora, se utiliza la ecuación 44, donde T_{Kg} es el tiempo por 1 kilogramo, t es el tiempo en horas y m es la masa por cocinar:

$$T_{Kg} = \frac{t}{m} \quad (44)$$

Si los valores se reemplazan para los valores de la cocción en 3 pailas:

$$T_{Kg} \text{Paila} = \frac{8\text{horas}}{180\text{kg}} \approx 0,044\text{horas/Kg}$$

Obteniendo que al utilizar 3 paradas de 180 Kg se cocinan 0,044 kilos por hora. Si los valores se reemplazan para los valores de la cocción en 1 máquina mezcladora de tamaño real:

$$T_{Kg} \text{Máquina} = \frac{8\text{horas}}{250\text{kg}} \approx 0,032\text{horas/Kg}$$

Obteniendo que al utilizar 1 parada de 250 Kg se cocinan 0,032 kilos por hora. Por lo tanto para poder calcular cuánto tiempo se tardaría en cocinar 250Kg en las 3 pailas se realiza el despeje de la ecuación 44 para obtener la ecuación 45:

$$t = T_{Kg} \cdot m \quad (45)$$

Al reemplazar valores:

$$t_{(250\text{kg en Paila})} = 0,044\text{horas/Kg} \cdot 250\text{Kg} = 11\text{horas}$$

Obteniendo que para poder cocinar los 250 Kg en las 3 pailas tomaría 11 horas de cocción. Al reemplazar valores para cocinar 180 Kg en la máquina mezcladora:

$$t_{(180\text{kg en Máquina Mezcladora})} = 0,032\text{horas/Kg} \cdot 180\text{Kg} = 5,76\text{horas}$$

Por lo tanto, el porcentaje de ahorro se calcula utilizando la ecuación 46:

$$\text{Porcentaje de Ahorro en Tiempo} = \frac{\text{Tiempo Original} - \text{Tiempo Nuevo}}{\text{Tiempo Original}} \cdot 100 \quad (46)$$

Al reemplazar valores:

$$\text{Porcentaje de Ahorro en Tiempo} = \frac{8\text{horas} - 5,76\text{horas}}{8\text{horas}} \cdot 100 \approx 28\% \quad (47)$$

Entonces, el porcentaje de ahorro en tiempo al cocinar 180 kg con la máquina mezcladora en comparación de cocinarlo con las 3 pailas es aproximadamente del 28 %, superando el 5 % previsto del objetivo 3 de la Tabla I, el cual busca que la producción de membrillo ahorre un 5 % del tiempo de cocción.

VI-G3. *Datos Técnicos del Prototipo:* El prototipo de la máquina diseñada en este proyecto tuvo un costo de inversión de aproximadamente \$1400,00 y su implementación eliminaría el uso de del GLP, pero habría un aumento en el consumo eléctrico, en la *tabla XX* se explican las especificaciones del prototipo diseñado:

Tabla XX
ESPECIFICACIONES DEL PROTOTIPO

Especificaciones Nominales	Consumo	Unidad de Medida
Voltaje	230	V
Corriente	32	A
Potencia	7.040	W
Frecuencia	60	Hz
Temperatura	80-85	°C
Capacidad	40	L

Para calcular el costo eléctrico diario de la máquina mezcladora se utiliza la ecuación 46. En Ecuador el consumo se mide kilovatio-hora y oscila por 0,104 centavos, la máquina mezcladora consume 7,04kW y trabaja 8 horas al día:

$$\text{Consumo Diario} = \text{Tiempo de uso} \cdot \text{Costo por KW/H} \cdot \text{Consumo de la Máquina} \quad (48)$$

Por lo tanto, al remplazar valores:

$$\text{Consumo Diario} = 8\text{horas} \cdot 0,104\text{kW/H} \cdot 7,04\text{kW} = \$5,86\text{diarios}$$

Obteniendo que diariamente se consumen \$5,86, es decir, que se consumen \$0,14 menos cada día, ya que diariamente a la fábrica utiliza dos tanques de gas y les cuesta \$6, es decir, $3\text{eltanquedegas} \cdot 2\text{unidades} = \$6,00\text{diarios}$. Además al reemplazar el GLP por consumo eléctrico, se reduce el riesgo laboral, el calor almacenado en el lugar donde se cocina y se aumenta la capacidad de cocción de 180 Kg a 250 Kg.

VII. RESULTADOS

Para la construcción de la máquina mezcladora de tipo marmita, se seleccionó un sistema de calentamiento a través de dos resistencias eléctricas tubulares de inmersión, permitiendo un mejor control de la temperatura y distribución uniforme del calor en el cilindro interno al colocar agua. El agitador opera a una velocidad de 50 rpm debido a su motorreductor de 1400 rpm con relación de transmisión de 28:1. La máquina tiene una capacidad de 41 litros nominales, pero se utilizó un factor de seguridad del 20 %, reduciendo la capacidad a 41 litros útiles, aunque para sus pruebas se utilizó 20kg de guayaba como materia prima.

El diseño de la máquina se llevó a cabo utilizando el software SolidWorks, seguido de las simulaciones de las piezas y componentes para evaluar su rendimiento bajo diferentes condiciones. Estas simulaciones revelaron que la máquina puede operar de manera óptima y resistir cargas significativas sin presentar fallos. Se siguieron normas y estándares industriales para la selección de materiales, eligiendo el acero inoxidable AISI 304 debido a su durabilidad, resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza.

Todos los componentes son de acero inoxidable 304, los cilindros, el fondo toro esférico, las paletas del agitador y la base del motor tienen un espesor de 3mm, el eje tiene un diámetro de 1 pulgada, las tapas tienen un espesor de 2mm, a excepción de la camisa del tanque exterior que es de acero inoxidable brillante 430, siguiendo las normas AISI establecidas para garantizar la calidad y la seguridad del equipo. Además, para mejorar su movilidad, se añadieron garruchas giratorias con y sin freno.

A través de una entrevista con una persona encargada de la fábrica se pudo recopilar información sobre el proceso tradicional para la producción del dulce de membrillo también llamado dulce de guayaba en la cual se pudo conocer los riesgos actuales debido a la falta de maquinaria automatizada y el uso de GLP, el cual genera mucho calor a la hora de producir este dulce, por lo que se optó por una máquina mezcladora de tipo marmita eléctrica debido a consideraciones de seguridad y capacidad. A través de un proceso de selección, se determinó que las resistencias eléctricas de inmersión son la opción más adecuada para el proyecto, ofreciendo una mejor distribución de calentamiento a través del tanque interior.

La programación en el PLC Logo permite activar varios pulsadores y luces indicadoras de acuerdo con las distintas etapas del proceso, así como controlar el funcionamiento del motor y las resistencias. Además, el PLC se comunica con un transmisor de temperatura que permite monitorear la temperatura a través de una termocupla tipo J.

El análisis técnico-económico realizado confirmó la rentabilidad y la viabilidad del proyecto, con un porcentaje de ahorro del 5.5 %, lo que supera la meta del objetivo 3 de la *Tabla I* que busca alcanzar un ahorro mínimo del 5 % en el costo beneficio. Además, se logró un ahorro del 28 % en tiempo al utilizar la máquina mezcladora propuesta en lugar de múltiples pailas para cocinar la mezcla de 180 kg, superando la meta del objetivo 3 de la *Tabla I* que busca una producción de dulce de membrillo con un 5 % de ahorro en tiempo.

VII-A. Construcción de la Máquina Mezcladora

Inicialmente se compraron los materiales necesarios para poder construir la estructura metálica a partir de los planos del diseño 3D en SolidWorks, que incluyen 2 cilindros, un casquete, 4 patas, las tapas, la base del motor, el eje metálico y caja de electrodos 3/32 para soldar los componentes. En la *Figura 35* se muestran algunos de los materiales mencionados.



Figura 35. Materiales de la Estructura Metálica, **Fuente:** Autores.

Una vez que se tienen los materiales necesarios, se procede a soldar los cilindros al casquete utilizando un electrodo de 3/32. Se deja un espacio de 1 pulgada entre los cilindros para permitir el ingreso de las resistencias eléctricas. Posteriormente, se sueldan las patas debajo del casquete para brindar soporte y estabilidad a la máquina. En la *Figura 36* se muestra cómo debe quedar la máquina antes de llevar a cabo el proceso de soldadura.



Figura 36. Máquina antes de ser Soldada, **Fuente:** Autores.

Después de completar el primer proceso de soldadura, se procede a realizar un hueco en el centro del casquete, donde se soldará una llave de bola para la salida del producto final. En la parte central del casquete se coloca una brida, a la cual se acoplarán dos tapas con bisagras para permitir su apertura y cierre. En esta misma brida se realizará un hueco por donde pasará el eje que estará acoplado al motor. Además, en este mismo hueco se soldará la base que soportará el motor. La *Figura 37* muestra el acoplamiento de la brida, la base del motor y el eje.



Figura 37. Acoplamiento de Brida, Base del Motor con Eje, **Fuente:** Autores.

Se procede a soldar una platina metálica al eje para formar una estructura en forma de ancla. Después de soldar los demás componentes, se acopla el eje al motor y este último a la base. Luego, se colocan las resistencias en el espacio dejado entre los cilindros, y se acoplan garruchas con y sin freno a las patas. La *Figura 38* muestra el diseño preliminar de la estructura metálica de la máquina mezcladora.



Figura 38. Máquina Mezcladora, **Fuente:** Autores.

Para garantizar la seguridad del usuario, se aplica un aislamiento térmico al cilindro exterior de la máquina. En este caso, se optó por utilizar fibra o lana de vidrio, como se muestra en la *Figura 39*.



Figura 39. Máquina Mezcladora con Aislamiento Térmico, **Fuente:** Autores.

Posteriormente, se procede a colocar una segunda camisa o cubierta para el cilindro exterior, con el propósito de proteger este aislamiento. Además, se añaden dos medias lunas para cubrir el espacio donde se encuentran las resistencias eléctricas, con el fin de evitar salpicaduras en caso de utilizar agua o aceite térmico para calentar de manera uniforme el cilindro interno, en la *Figura 40* se muestra el prototipo culminado.



Figura 40. Modelo de Máquina Mezcladora, **Fuente:** Autores.

Culminada la fase de construcción de la estructura metálica, se procede a realizar las conexión de los componentes eléctricos en el gabinete metálico. Se instala un riel y se colocan canaletas para cubrir las conexiones entre los componentes. Los cables se etiquetan con números para facilitar la identificación de las conexiones, como se muestra en la *Figura 41*.



Figura 41. Gabinete Metálico - Conexiones de Componentes Electrónicos, **Fuente:** Autores.

Este gabinete incluye la conexión del PLC Logo junto con su programación realizada en Logo SoftComfort, los contactores, el transmisor de temperatura, los pulsadores y una luz piloto que indica la temperatura ambiente. La *Figura 42* muestra el gabinete metálico con sus pulsadores y luces indicadoras.



Figura 42. Gabinete Metálico - Pulsadores y Luces Piloto, **Fuente:** Autores.

Una vez completadas las conexiones eléctricas, se procede a conectar el motor y las resistencias a la caja panel. Luego, se llevan a cabo pruebas de funcionamiento. Para ello, se adquieren 20 kg de guayaba madura como materia prima. Esta guayaba se transforma en pulpa mediante un proceso de precocción, troceado y cernido, dado que no se contaba con una máquina despulpadora, como se muestra en la *Figura 43*.



Figura 43. Obtención de Pulpa de Guayaba, **Fuente:** Autores.

El resultado es una pulpa rosa, espesa y lista para ser utilizada en las pruebas de funcionamiento, como se muestra en la *Figura 44*.



Figura 44. Pulpa de Guayaba, **Fuente:** Autores.

Una vez obtenida la pulpa, se coloca dentro del cilindro interno y se cocina durante aproximadamente 4 horas a una temperatura de 85 °C. Este valor puede variar en la programación según las especificaciones del usuario, la cantidad a mezclar y el tiempo deseado de cocción. En la *Figura 45* se muestra la prueba de funcionamiento realizada con la pulpa de guayaba.



Figura 45. Pulpa de Guayaba, **Fuente:** Autores.

Como resultado, se obtiene una masa homogénea, tal como se muestra en la *Figura 46*, la cual se coloca en un recipiente y se debe refrigerar durante 24 horas para su posterior consumo:



Figura 46. Dulce de Membrillo, **Fuente:** Autores.

VIII. CRONOGRAMA

En la siguiente tabla se muestra el cronograma de las actividades realizadas desde el día que se empezó a realizar el dimensionamiento de los cilindros hasta la culminación de la documentación:

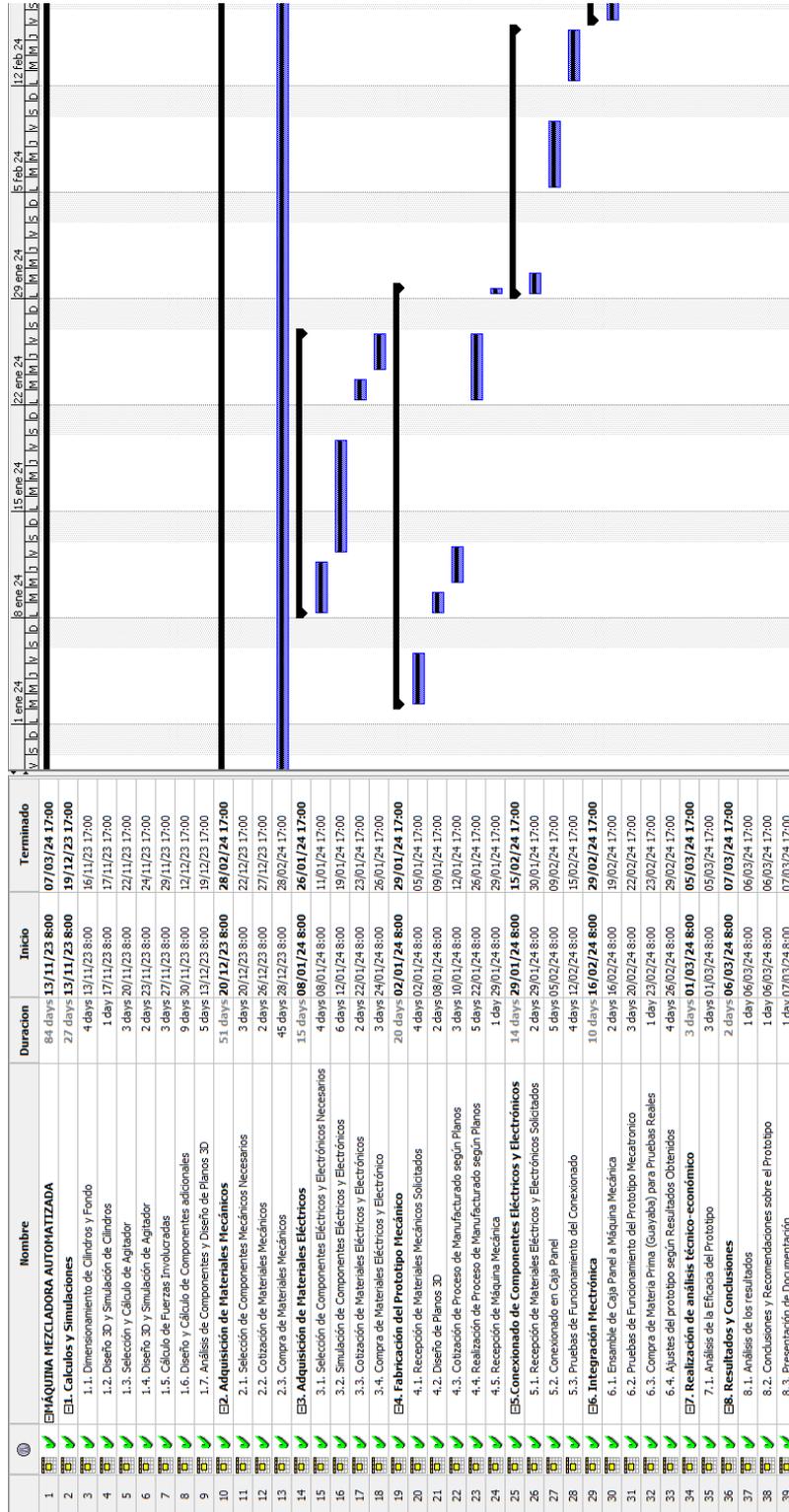


Figura 47. Cronograma de Actividades, Fuente: Autores.

IX. PRESUPUESTO

La inversión total realizada es de \$1458.11, en la *Tabla XXI* se detallan los gastos realizados para llevar a cabo en este proyecto.

Tabla XXI
TABLA DE PRESUPUESTO

Descripción	Total (\$)
Anillo Plano 3/16 (4 Unidades)	0,22
Anillo Presión 3/16 (4 Unidades)	0,35
Casquete Ac. Inox 3mm x16" Fondo Esférico	103,00
Cilindro Inox 3mm Diam. 340mm(EXT), x 400 Long.	92,00
Cilindro Inox 3mm Diam. 390mm(INT), x 350 Long.	94,00
Cinta Metálica	3,00
Eje Acero Inox. 1"(600mm)	15,12
Fibra de Vidrio 200cm x80cm	4,00
Garrucha 2" Giratoria 30-50Kg T/PG S/17	6,28
Garrucha 2" Giratoria con Freno 30-50Kg T/PG S/17	6,32
Plancha Acero Inox, Pedaz.T-304, 3mm 1 Placa(85x330)mm	8,00
Plancha Acero Inox. Cal 304 x1.5mm (280x350mm)	5,16
Plancha Acero Inox. Cal 304 x3 mm (60x330mm)	2,14
Platina Acero Inox 1x 3/16 3m	11,14
Plancha Acero Brillante. Cal 430 x0.4mm (450x1400mm)	5,16
Neplo Acero Inox 1"304	2,49
Set de Bisagras Omega Inox 3 UND 4X3	5,86
Tornillo Milimétrico 5x10 (4 Unidades)	0,35
Tornillo Tripa de Pato Normal 1/2x8 (13 Unidades)	0,26
Tubos Inox redondos 1 1/2x1.5	13,80
Válvula/Media vuelta 1. Acero Inox	8,34
Bornera P/Riel 12 AWG 2.5mm Leopold-Wokendo	0,45
Breaker P/Riel 2x3A CSC	7,47
Breaker P/Riel 3x20A 6kA NXB-63 CHINT	8,70
Cable Concentrico 4x12 AWG (x2 metros)	4,90
Cable Cu THHN Flexible 12AWG (x5 metros)	2,33
Canaleta Ranurada Gris 25x25mm CSC	4,99
Capacitor 35mFD 370V	7,00
Cinta Espiral 1/2"(12mm) (1/2) Negra Dexson	8,50
Contactador 9A 1NO NXC-09 CHINT	12,75
Contactador 32A 1NO NXC-32 CHINT	26,00
Enchufe Chino Polarizado 220V Vynil Cooper	2,60
Fuente Alimentación P/Riel IN: 85-264 VAC / Out: 24V 5A	65,00
Guardamotor 6-10A GV2-ME14 Schneider	106,60
Luz Piloto Led 22mm Amarillo 12-440 VAC	2,00
Luz Piloto Led 22mm Rojo 12-440 VAC (x2)	2,00
Luz Piloto Led 22mm Verde 12-440 VAC	2,00
Luz Piloto Led 22mm Temperatura Blanca 12-450 VAC	9,99
Módulo de Expansión LOGO! AM2 6ED1055-1CB00-0BA2 Siemens	179,00
LOGO! 8.3 12/24RC 4DI/4DO + 4AI 6ED1052-1MD08-0BA1 Siemens	251,00
Pulsador 22mm Simple Amarillo NO+NC	3,00
Pulsador 22mm Simple Verde FPB-BA1 CSC	2,27
Pulsador 22mm Simple Rojo FPB-BA2 CSC	2,27
Pulsador Hongo 40mm LMB BS5 CSC	3,10
Riel Din 35mm Acero Perforado (x1 metro)	2,30
Sirena Metálica Roja 220VAC 105DB TCZ-230 CSC	17,76
Tablero Metalico Liviano 30x30x20cm Beacoup	36,85
Terminal Puntera Azul 14 (x100)	3,00
Termocupla "J" Bulbo L-10cm WR126 CNC	16,50
Transmisor de Temperatura 4-20mA TBLOCK-USB	91,00

Motor Reductor Trifásico 3/4 HP	200,00
Resistencia 220V 1400W ((x3)	45,00
Aerosol Multiusos WD-40	5,99
Cepillo Acero 5pzs (x2)	3,61
Diluyente 250ml	\$1,00
Disco de corte de 4.5"(2)	3,00
Limpiador de Contactos Eléctrico - GoodYear	3,36
Mano de Obra	270,00
Soldadura Inox 3/32 x80	\$25,80
TOTAL	\$1958,27

X. CONCLUSIONES

En conclusión, se ha completado el diseño del sistema mecatrónico de la máquina mezcladora automatizada en su totalidad, incluyendo cálculos de fuerza, aspectos termodinámicos y dimensionamiento de componentes. Se ha realizado el diseño 3D de los componentes y se han elaborado los planos correspondientes. La programación se llevó a cabo en un PLC Logo, utilizando diversas compuertas lógicas y parámetros según fue requerido.

El prototipo a escala de la máquina mezcladora se ha fabricado al 100 %, siguiendo el diseño mecatrónico desarrollado en SolidWorks utilizando las normas AISI para el material de la máquina y API para el diseño de los cilindros. Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento en la que se realizó el proceso de mezcla para la obtención de dulce de membrillo sin experimentar fallos durante el proceso.

La viabilidad de la máquina mezcladora se determinó mediante un análisis técnico-económico. Si bien se buscaba alcanzar un ahorro del 5 % en el costo beneficio, se ha logrado un ahorro del 5,5 %, superando las expectativas en un 0.5 %. Además, se esperaba un ahorro del 5 % en el tiempo de producción de dulce de membrillo, pero se ha alcanzado un ahorro del 28 %, gracias a la capacidad de producción diaria estimada en 250 kg de dulce de membrillo para la máquina a tamaño real. Los análisis de costos e ingresos por producción diaria indican una rentabilidad favorable de la máquina mezcladora.

XI. RECOMENDACIONES

Como alternativa, se propone la implementación de un controlador PID para regular con mayor precisión la temperatura de las resistencias eléctricas, lo que ayudaría a prevenir un posible sobrecalentamiento. Esto permitiría mantener la temperatura dentro de los parámetros deseados y reduciría el riesgo de daños ocasionados por temperaturas elevadas. Además, se sugiere realizar una calibración del sensor de temperatura y verificar la correcta conexión al PLC para asegurar mediciones precisas y un control efectivo del proceso. También se podría considerar reemplazar la termocupla tipo J por un PT100 para mejorar la precisión de las mediciones.

Para mejorar la monitorización del proceso, se podría incorporar un visualizador de texto TDE que muestre el estado del proceso y alerte sobre posibles fallos mediante marcas de color. Respecto al aislamiento térmico, se podría evaluar la viabilidad de utilizar fibra de cerámica en lugar de lana de vidrio, aunque la fibra de cerámica puede resultar más costosa en comparación con la lana de vidrio.

Para evitar posibles problemas de adherencia de la mezcla a las paredes del cilindro, se podría recubrir el agitador con nylon, esta medida preventiva podría ser beneficiosa en caso de enfrentarse a este problema en etapas posteriores del proceso de cocción. Además, se sugiere dejar un espacio de 1 a 1 1/2 pulgadas entre el tanque y la camisa para instalar las resistencias eléctricas, asegurando así suficiente espacio para agregar agua o aceite térmico, lo que mejoraría la distribución del calor. Colocar una tapa en forma de medialuna entre el tanque y el cilindro podría evitar la exposición de las resistencias y salpicaduras del líquido vertido.

En cuanto al sistema de extracción de la mezcla, se recomienda considerar el uso de una bomba centrífuga con una potencia de 1 Hp para garantizar una extracción más eficiente. También se podría optar por cambiar la válvula de bola de 1 pulgada por una de 2 pulgadas para mejorar el flujo de salida de la mezcla.

Finalmente, se aconseja realizar pruebas exhaustivas relacionadas con la cocción de la mezcla, ajustándola según las necesidades específicas de cada usuario. Por ejemplo, si se busca mejorar la consistencia de la mezcla, se podría considerar la adición de agua o cambios en la estructura del eje, y el color final dependerá de la cantidad de azúcar añadida, el tiempo de cocción y la temperatura de cocción.

REFERENCIAS

- [1] B. Balmelli. «El peligro de la olla a presión: Peligros en la cocina. Paraguay.» (2023), dirección: <https://youtu.be/rmTcUKmB-WQ>.
- [2] I. Carrasco. «Recuperan la tradición de los dulces de frutas.» (2017), dirección: <https://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/14/nota/6136969/recuperantradicion-dulces-frutas/>.
- [3] O. Axayacatl. «Estadísticas comerciales de membrillo en el mundo (1961-2020).» (2022), dirección: <https://blogagricultura.com/estadisticas-membrillo-comercio/>.
- [4] R. Caiza, «Inducción de Floración y Cosecha en la Guayaba (*Psidium guajava*), Mediante la aplicación de Nitrato de Potasio (KNO₃),» Tesis doct., Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [5] M. López, L. Aguilar y S. Castillo, «Guayaba (*Psidium Guajav*) Su Cultivo en el Oriente Michoacano,» Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias, inf. téc., oct. de 2004.
- [6] C. S., *Flora Iberica*. Madrid, España: CSIC, 1998. dirección: <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/9902-flora-iberica-vol-6-rosaceae?offset=7>.
- [7] Ángel Casaca, «El Cultivo del Membrillo,» abr. de 2005.
- [8] E. Filiberto, «Elaboración de Conservas de Membrillo,» Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, inf. téc., nov. de 2016.
- [9] L. M. Organero, «Establecimiento de una plantación ecológica de membrillo en la pedanía de Hurchillo (Alicante) aprovechando las ayudas de la PAC,» Universidad Politécnica de Madrid, jul. de 2022.
- [10] L. Prada, A. Chisaguano, J. Jumbo, N. Castro y A. Anchundia, «Tabla de composición química de los alimentos: basada en nutrientes de interés para la población ecuatoriana,» Unidad de San Francisco de Quito USFQ, 2017, págs. 1-70.
- [11] L. Prada, O. Insuasty, M. Rangel et al., «Desarrollo Tecnológico Poscosecha para de la Guayaba (*Psidium Guajava* L.) en Colombia y Venezuela,» Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 2004, págs. 1-96. dirección: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12863/43720_55462.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [12] R. Zegarra, «OBTENCIÓN DE ZUMO DE MEMBRILLO (*Cydonia vulgaris*) MEDIANTE EL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO CON POLIGALACTURONASA Y BIOPECTINASE LM,» Tesis doct., Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2000, pág. 147.
- [13] D. La Selecta. «Recuerdo de Baños.» (2021), dirección: <https://www.facebook.com/dulcerialaselecta/photos/pb.100054482499027.-2207520000/1361818810915862/?type=3>.
- [14] ARCSA, «CONDICIONES HIGIÉNICO SANITARIAS. - PLANTAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS, ALIMENTOS PARA RÉGIMENES ESPECIALES, SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS Y PRODUCTOS DEL TABACO,» Agencia Nacional de Regulación y Vigilancia Sanitaria, 2023. dirección: <https://www.controlsanitario.gob.ec/documentos-vigentes/>.
- [15] G. Cevallos, E. González y D. Recalde, «Proyecto de producción y exportación de dulce de membrillo a inmigrantes ecuatorianos que residen en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos,» Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009.
- [16] E. Ugarte. «Funcionamiento de una Marmita Industrial.» (2019), dirección: <https://es.scribd.com/document/422085809/Funcionamiento-deUnaMarmitaIndustrial#>.
- [17] ICOS, «Marmitas Sartenes y Cocedores,» 2020. dirección: <https://inoximexico.com/categoria/68/salsas/115/marmitas-114>.
- [18] Electrolux, «Manual de instrucciones e instalación Pro Thermetic Marmita basculante PBOT-G,» inf. téc., 2020.
- [19] CITRUS. «Marmitas industriales con opción de agitación,» México. (2016), dirección: <https://citrus.mx/producto/marmitas-industriales-con-opcion-de-agitacion>.
- [20] L. Chen, J. Guo, W. Li, S. Zhao, W. Li y J. Zhang, «A numerical study of mixing intensification for highly viscous fluids in multistage rotor–stator mixers,» *Chinese Journal of Chemical Engineering*, vol. 47, págs. 218-230, jul. de 2022, ISSN: 10049541. DOI: 10.1016/j.cjche.2021.08.012.

- [21] X. Jin, S. Wang e Y. Shen, «Effects of operating conditions and particle properties on mixing performance in an industrial-scale U-shape ribbon mixer,» *Powder Technology*, vol. 411, oct. de 2022, ISSN: 1873328X. DOI: 10.1016/j.powtec.2022.117933.
- [22] G. Madrigal, S. Ruíz, N. Martínez, M. d. I. L. Cantú y A. Enríquez de León, *Manual de Design Thinking*, Universidad Tecnológica Santa Catarina, Santa Catarina, Mexico, 2018.
- [23] J. M. León Estrada, *Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión*, 2001. dirección: https://www.academia.edu/34412488/Dise%C3%B1o_y_C%C3%A1lculo_de_Recipientes_a_Presi%C3%B3n.
- [24] V. Uribe, «Diseño y Cálculo de un Agitador de Fluidos,» Tesis doct., Universidad del Bio Bio, 2013, pág. 79.
- [25] J. Benavides y D. Guanga, «OBTENCIÓN DE ZUMO DE MEMBRILLO (*Cydonia vulgaris*) MEDIANTE EL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO CON POLIGALACTURONASA Y BIOPECTINASE LM,» Tesis doct., Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2013, pág. 121.
- [26] C. Gelmi, «Fundamentos de Operaciones Unitarias: Serie de Clases en Ingeniería Química,» Tesis doct., Pontificia Universidad Católica de Chile, 2006, pág. 192.
- [27] K. Nisbett y B. R., *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, Octava. McGraw-Hill, 2008, ISBN: 970-10-6404-6.
- [28] Siemens. «LOGO! - Lo pequeño es hermoso.» (2024), dirección: <https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>.
- [29] Siemens, *Hoja de Datos - 6ED1052-1MD08-0BA8*, 2015. dirección: <https://www.solucionesyservicios.biz/WebRoot/StoreES2/Shops/64466233/54E0/FD51/6674/A807/C08D/C0A8/2AB9/7154/6ED10521MD000BA8.pdf>.
- [30] Zonzen, *Probe Tube Thermocouple (ZZ-PT01-J-2M)*, 2024. dirección: <https://electricasbogota.com/es/zz-pt01-j>.
- [31] Novus, *TxBLOCK - USB Transmisor de Temperatura - Manual de Operación*, 2023. dirección: <https://www.novusautomation.com/es/txblock-usb>.
- [32] *Gabinetes Modulares para Montaje en Pared*, 2024. dirección: <https://www.grupoecmejia.com/gabinetes-modulares-para-montaje-en-pared>.
- [33] maressa. «¿Que es la resistencia de inmersión?» (), dirección: <https://www.maresaelectricidad.com/resistencia-inmersion/>.
- [34] *RESISTENCIA HORNO TEKA, THOR 99511217*, 2023. dirección: <https://qkonecto.com/recambios-repuestos-cocina/recambios-repuestos-horno-cocina/resistencia-horno/resistencia-horno-teka-99511215>.
- [35] *IEC Asynchronous IEC 3-phase Motors*, 2024. dirección: <https://shop.bonfiglioli.com/store/bonfigliolib2c/es/product/000000000830820156>.
- [36] Serviacero, *Hoja Técnica AISI 304*, Serviacero Especiales, 2020. dirección: <https://www.serviacero.com/especiales/producto/304>.
- [37] J. Massa. «Compendio Cálculo Estructural II.» (2015), dirección: https://www.academia.edu/43435539/COMPENDIO_de_C%C3%A1lculo_Estructural_para_ingenier%C3%ADa_mec%C3%A1nica.
- [38] Autmix. «Serie Estándar NCI - Agitador Ancla.» (), dirección: <https://autmix.com/autmix-flow/agitadores-industriales/de-ancla/agitador-estandar-serie-ncs>.
- [39] R. Acuña Torres, *Principios Básicos del Diseño de Biorreactores. Parte C: Sistemas de Potencia de Agitación y Mezclado*, 2021. dirección: <https://bioreactorrcr.wordpress.com/2021/09/16/principios-basicos-del-diseno-de-biorreactores-parte-c-sistemas-de-potencia-de-agitacion-y-mezclado/>.
- [40] Y. Cengel y B. M., *Transferencia de Calor y Masa*, Cuarta. McGraw-Hill, 2011, ISBN: 978-607-15-0540-8.
- [41] Y. Cengel y G. A., *Termodinámica*, Octava. McGraw-Hill, 2015, ISBN: 978-607-15-1281-9.
- [42] Siemens, *Hoja de Datos - 6ED1052-1MD08-0BA8*, 2015. dirección: <https://www.solucionesyservicios.biz/WebRoot/StoreES2/Shops/64466233/54E0/FD51/6674/A807/C08D/C0A8/2AB9/7154/6ED10521MD000BA8.pdf>.
- [43] *V 0.5 C P71 V63 1 VF49*, 2001. dirección: <https://shop.bonfiglioli.com/store/bonfigliolib2c/es/product/VE02A002F0034>.

XII. ANEXOS
ANEXO A
PLANOS DE LA MÁQUINA MEZCLADORA

Se muestran los planos con sus respectivas cotas en milímetros realizados en Solidworks:

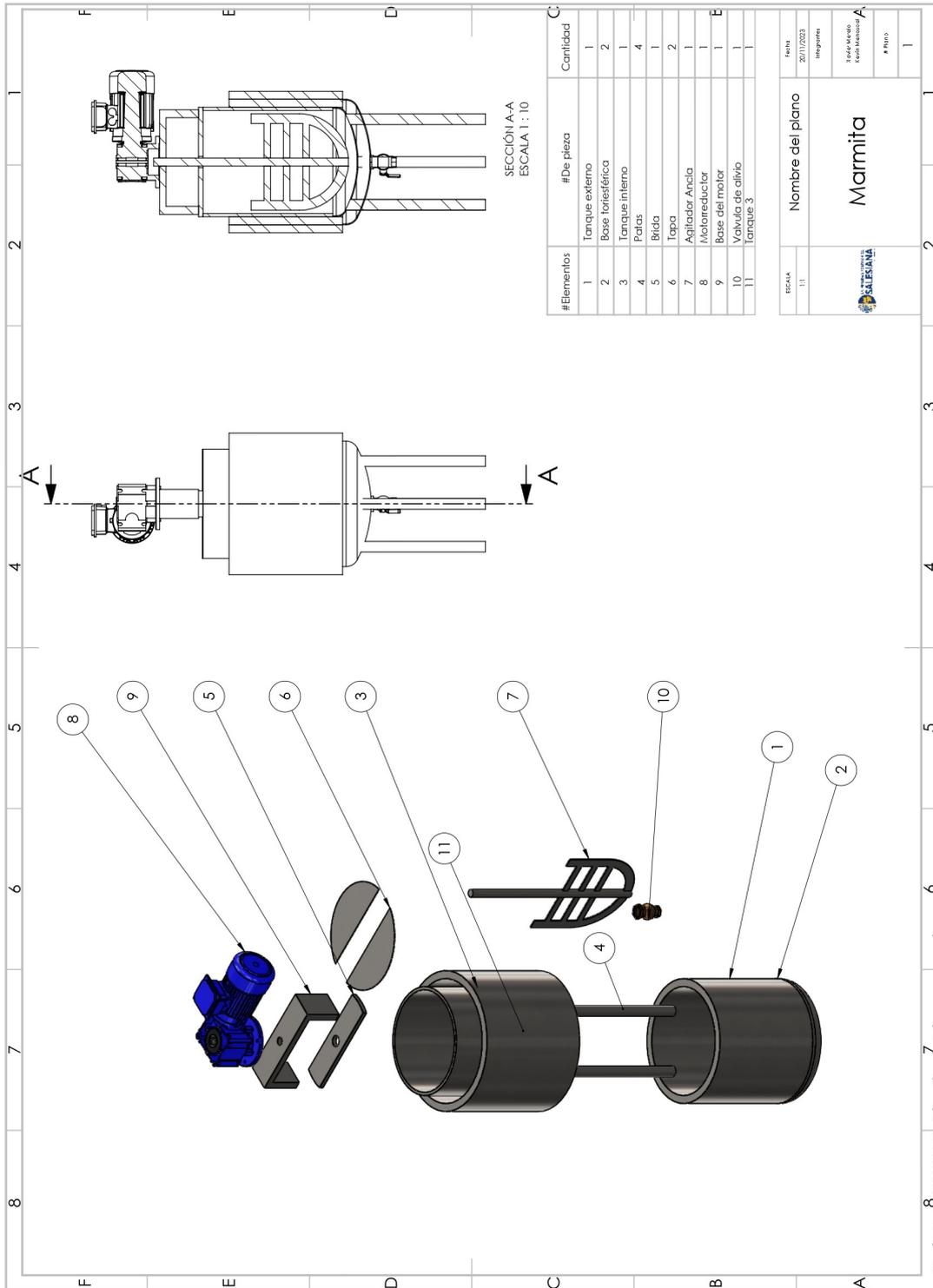
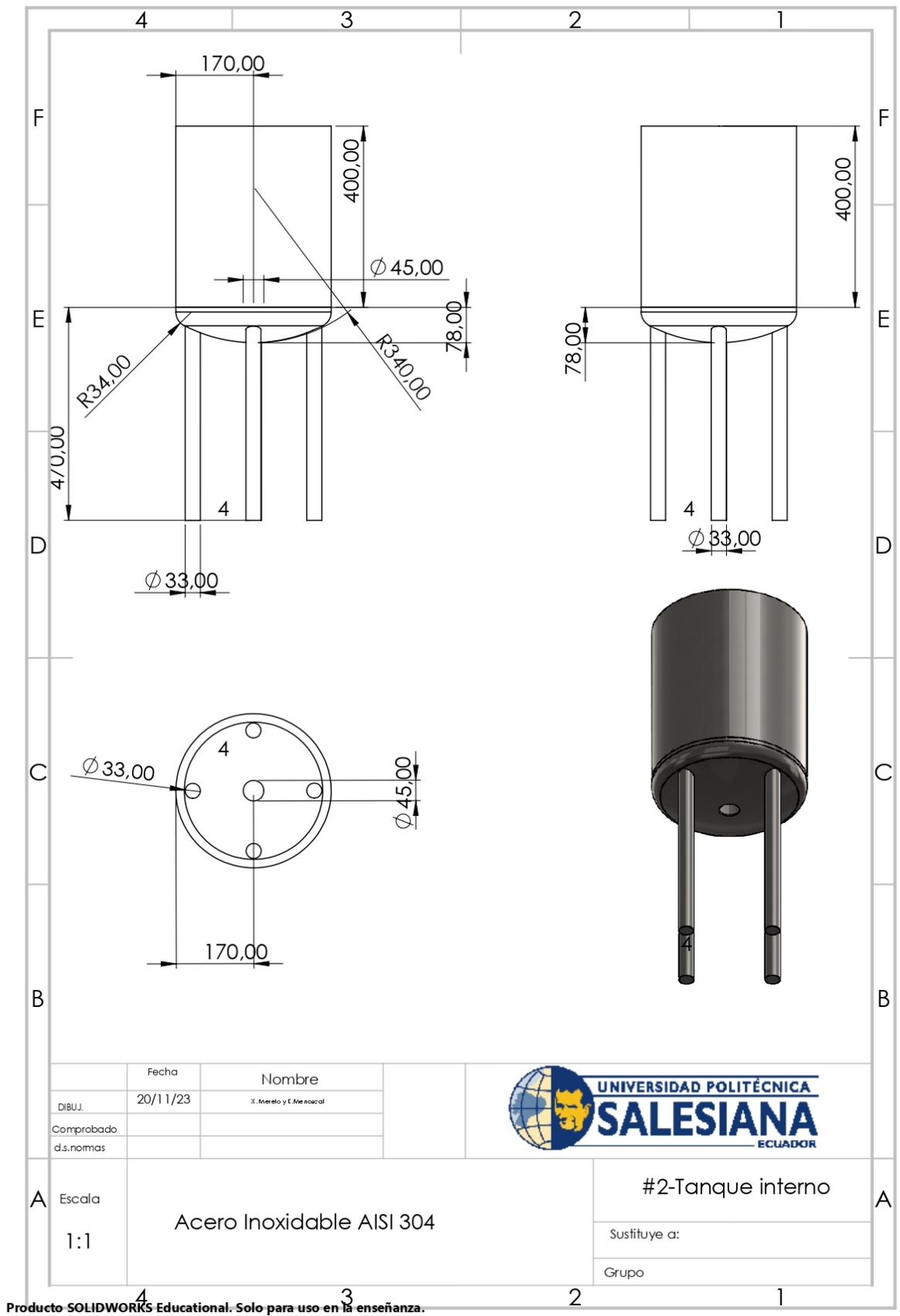
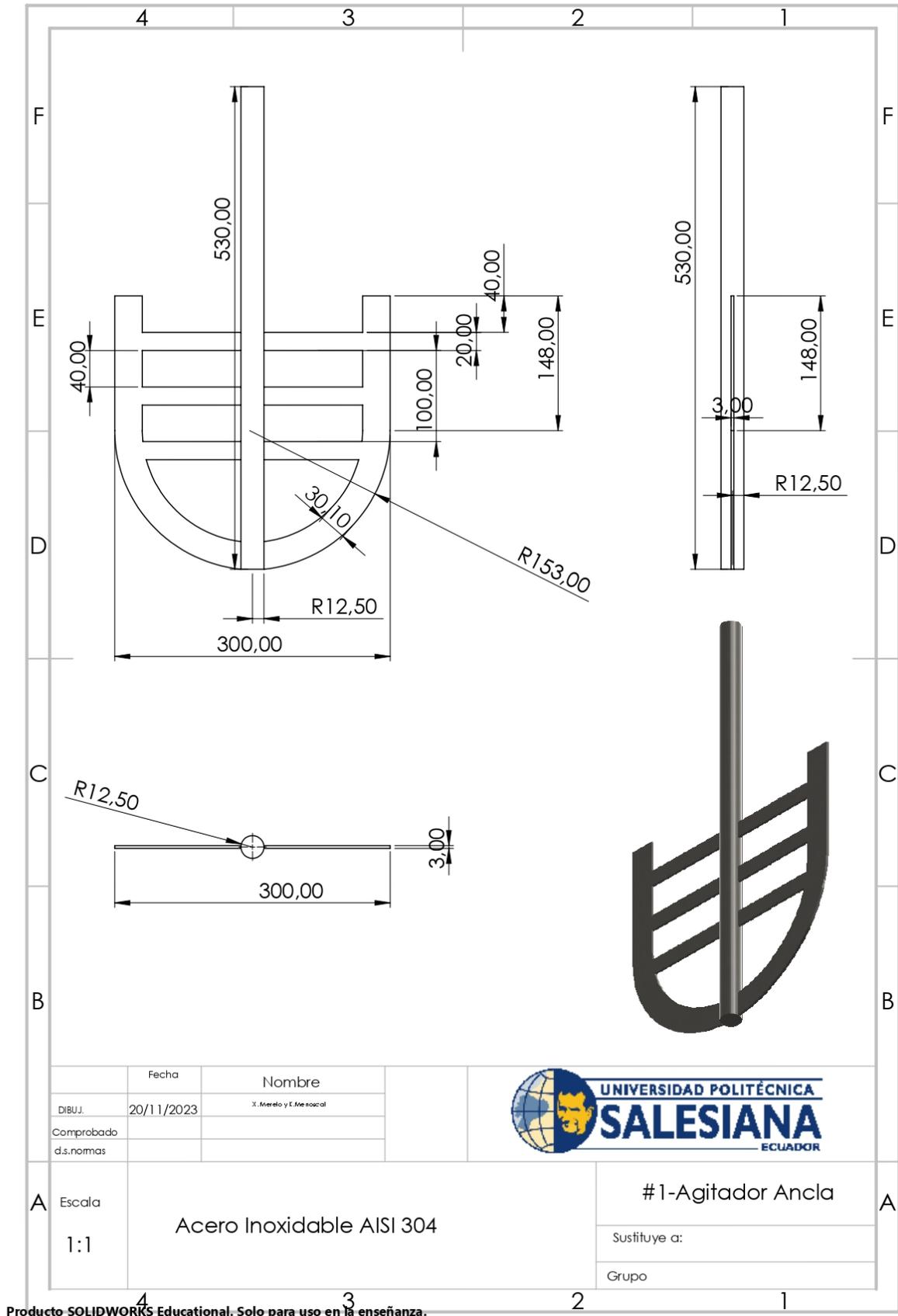


Figura 48. Plano de la Máquina desacoplada, Fuente: Autores



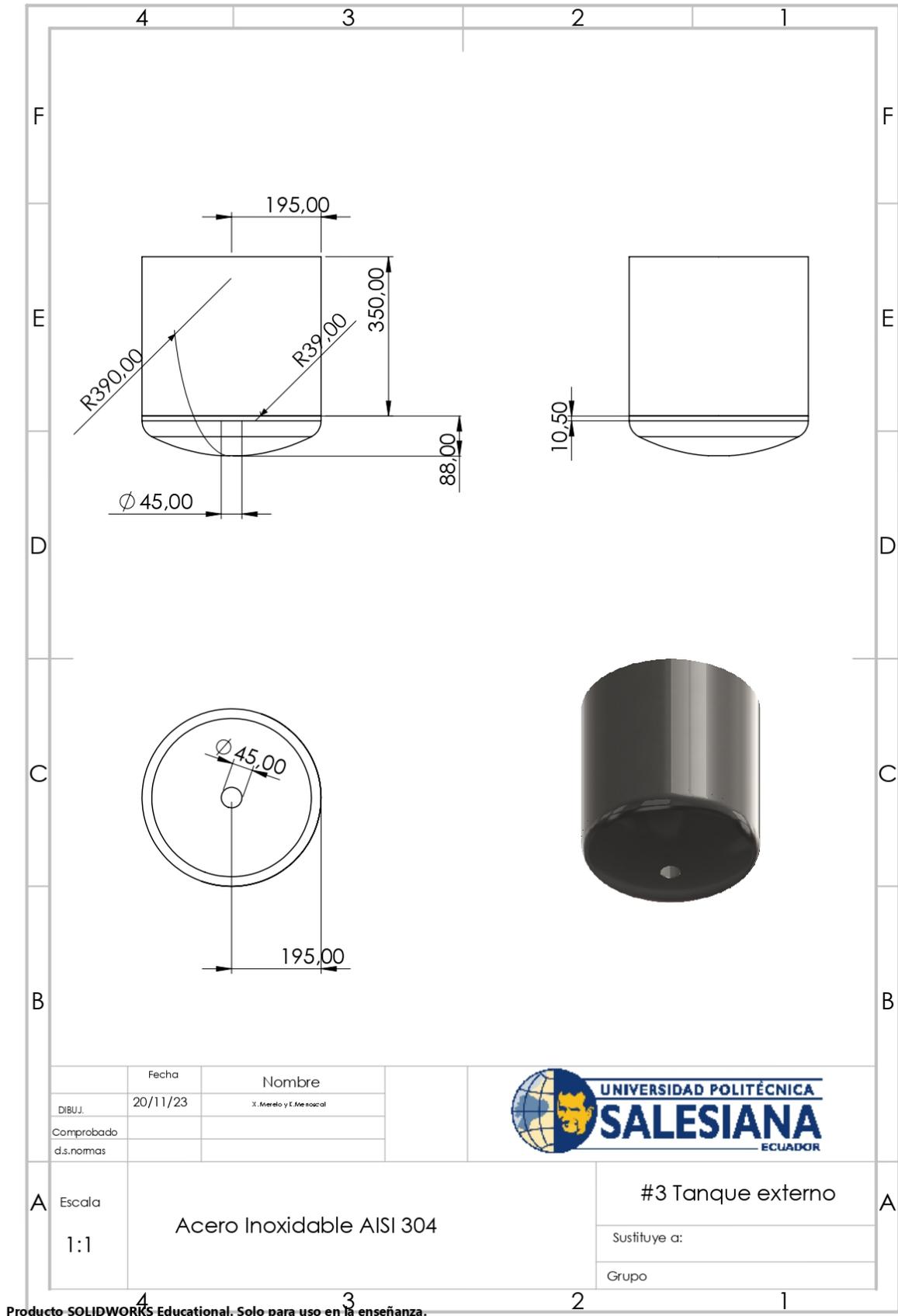
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 49. Plano Cilindro Interno, Fuente: Autores



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 50. Plano Eje tipo Ancla, Fuente: Autores



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Figura 51. Plano Cilindro Externo, Fuente: Autores

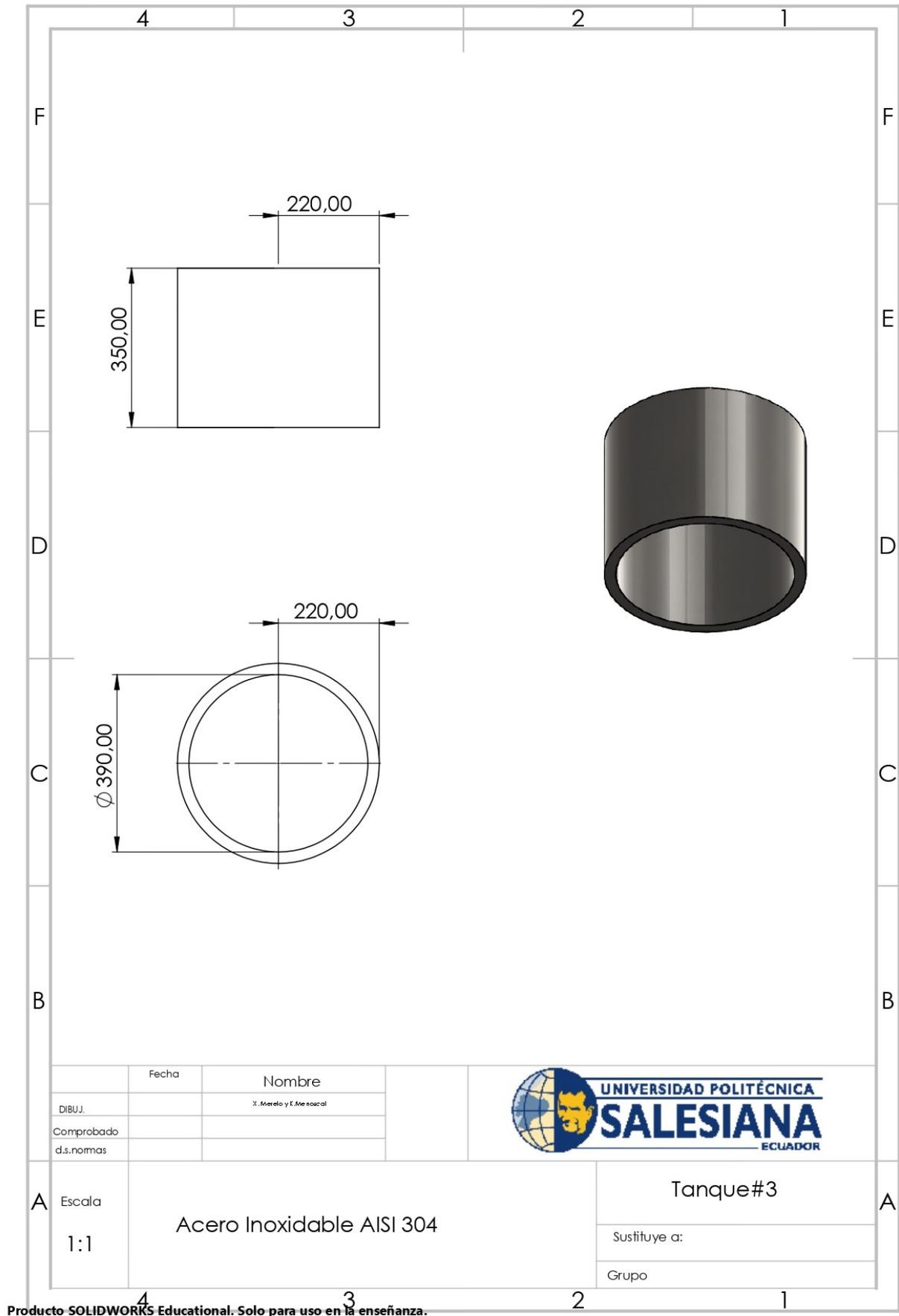


Figura 52. Plano Camisa del Cilindro Externo, **Fuente:** Autores

ANEXO B
ACERO AISI 304

Propiedades del Acero Inoxidable AISI 304:



→ AISI 304

Equivalencia:	ASTM A276/A276M-17: 304	AISI / SAE 304		DIN 1.4301	JIS SUS 304		
Composición Química:	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cr	%Ni
	0.08 máx.	2.00 máx.	0.045 máx.	0.030 mín	1.00 máx.	18.0 – 20.0	8.0 – 10.5
Condición de Suministro:	Recocido a una dureza máxima de 262 HB (~ 26 HRC)						
Propiedades mecánicas (aprox. a temperatura ambiente):	Resistencia a la tensión MPa (Lb/in ²)		Límite elástico MPa (Lb/in ²)		Elongación (%)	Reducción de área (%)	
	515 (75,000)		205 (30,000)		30	40	

• Los valores señalados son típicos y en condición de recocido, no son mandatorios y deben tomarse solo como referencia en las características generales de estos aceros (ASTM A276/A276M-17).

Figura 53. Propiedades del Acero inoxidable AISI 304[36]

ANEXO C
VALORES ADMISIBLES

El siguiente gráfico muestra los valores admisibles de la eficiencia de una junta para uniones soldadas:

Anexo 6 Tabla UW-12 – Máximo valor admisible de la eficiencia de junta E para uniones soldadas¹ a arco y a gas

Importante: Para entender mejor la descripción de los 8 tipos de junta ver los esquemas en la Figura 10 de la pág. 386.

Tipo N°	Descripción	Limitaciones	Categoría	Radiografiado		
				Total ²	Parcial ³	Nada ³
1	Juntas a tope de doble arco de soldadura, (con depósito de material en las superficies interna y externa) u otros medios que provean igual calidad en el interior y en el exterior de la superficie soldada para cumplir con los requerimientos de UW-35. Las juntas que usan topes metálicos que quedan adheridos están excluidas.	Ninguna	A, B, C y D	1,0	0,85	0,70
2	Juntas a tope de simple arco de soldadura, con respaldo, diferentes de las incluidas en 1.	(a) Ninguna excepto las mencionadas en (b) a continuación.	A, B, C y D	0,9	0,80	0,65
		(b) Uniones a tope circunferenciales con una placa desplazada respecto de la otra; ver UW-13(b)(4) y Figura 10, tipo 2 parte inferior.	A, B y C	0,9	0,80	0,65
3	Juntas a tope de simple arco de soldadura, sin respaldo.	Uniones circunferenciales a tope de espesor no mayor a $\frac{3}{8}$ " (16 mm) y de diámetro exterior no mayor a 24" (610mm).	A, B y C	NA	NA	0,60
4	Juntas a filete completas de doble solape.	(a) Soldaduras longitudinales de espesor no superior a $\frac{3}{8}$ " (10 mm).	A	NA	NA	0,55
		(b) Soldaduras circunferenciales de espesor no superior a $\frac{3}{8}$ " (16 mm).	B y C ⁵	NA	NA	0,55
5	Juntas a filete completas de simple solape con soldaduras tipo enchufada (plug weld) de acuerdo a UW-17.	(a) Soldaduras circunferenciales ⁴ para cabezales de no más de 24" (610 mm) de diámetro exterior y no más de $\frac{1}{2}$ " (13 mm) de espesor.	B	NA	NA	0,50
		(b) Uniones circunferenciales para fijar cabezales <i>encamisados</i> de espesor nominal no mayor a $\frac{3}{8}$ " (16 mm) donde la distancia desde el centro de la soldadura tipo <i>enchufada</i> al extremo de la placa no es menor a 1,5 veces el diámetro del agujero para el <i>encamisado</i> (ver Figura 10, Tipo 5).	C	NA	NA	0,50
6	Juntas a filete completas de simple solape no enchufadas (sin plug welds).	(a) Para fijar cabezales con presión del lado convexo a cuerpos cilíndricos que no requieren espesores superiores a $\frac{3}{8}$ " (16 mm), utilizando junta a filete sólo en el interior del cuerpo cilíndrico.	A y B	NA	NA	0,45
		(b) Para fijar cabezales con presión exterior o interior a cuerpos cilíndricos de diámetro interior no mayor a 24" (610 mm) y que no requieren espesores superiores a $\frac{1}{4}$ " (6 mm), utilizando únicamente soldadura a filete en la parte exterior de la brida.	A y B	NA	NA	0,45
7	Juntas de esquina, penetración total, penetración parcial, y/o soldadura a filete.	Limitaciones dadas en la Figura UW-13.2 y en la Figura UW-16.1.	C ⁶ y D ⁶	NA	NA	NA
8	Juntas en ángulo.	Cumplir U-2(g) para uniones	Categoría B y C. B, C y D	NA	NA	NA

NOTAS:

- (1) $E = 1$ para uniones soldadas a tope en compresión.
- (2) Ver UW-12(a) y UW-51.
- (3) Ver UW-12(b) y UW-52.
- (4) Quedan excluidas las uniones que fijan cabezales hemisféricos al cuerpo del cilindro.
- (5) Para uniones Tipo 4 Categoría C, la limitación no es aplicable a conexiones a bridas abulonadas.
- (6) En las fórmulas de diseño de la División 1 no se considera eficiencia de junta E para las juntas de esquina de las Categorías C y D. Cuando sea necesario se puede usar un valor de E no mayor que 1.

Figura 54. Eficiencia de junta para uniones soldadas [37]

ANEXO D AGITADOR ANCLA

Valores de velocidad de un agitador tipo ancla:



Serie Estándar NC(S)

La definición de un **agitador tipo ancla**, el equipo ideal para tareas de intercambio de temperatura en productos que requieren de una agitación suave.

 **Velocidad:** 5 - 60 RPM.

 **Largo del eje:** 1 000 - 9 000 mm.

 **Tanque:** 0.5 m³ a 90 m³.

Figura 55. Velocidad de agitador ancla [38]

ANEXO E
AGITADOR ANCLA

Valores de potencia de un agitador:

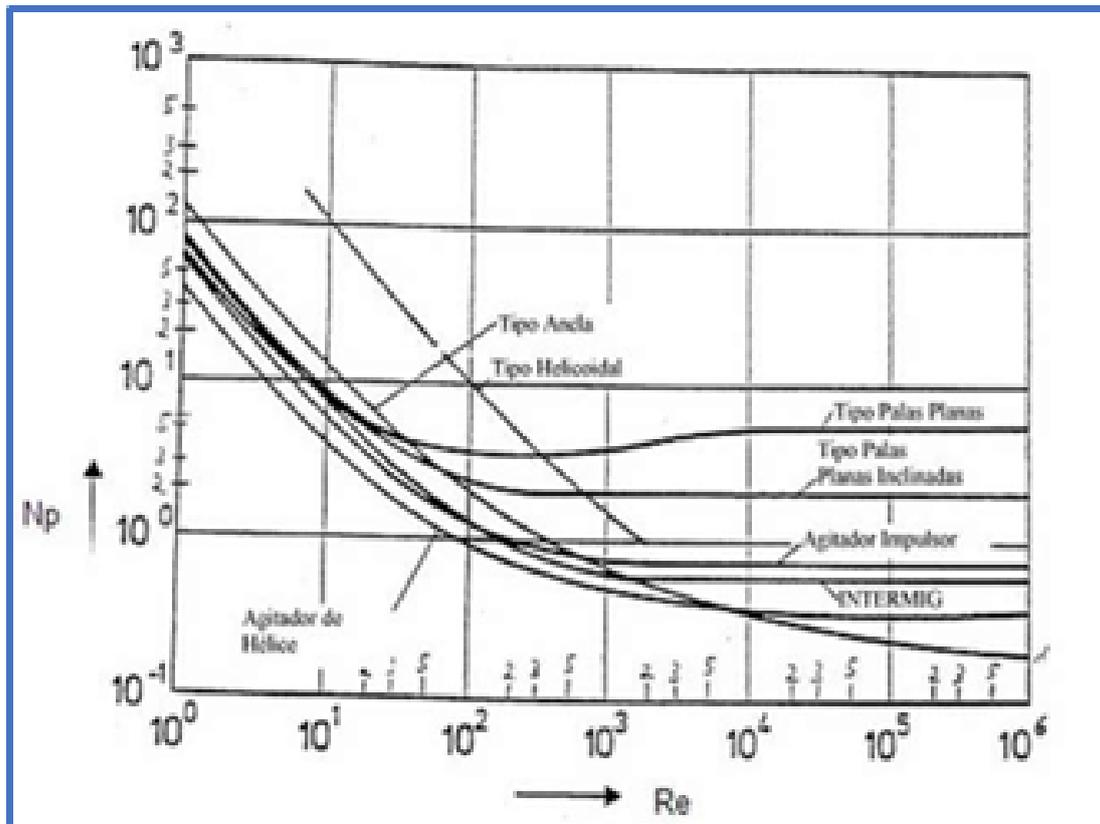


Figura 56. Correlación de potencia de agitadores [39]

ANEXO F
PROPIEDADES

En los siguientes gráfico se muestran las propiedades de conductiva térmica de de metales sólidos y las propiedades del aire a la presión de 1 atm:

TABLA A-3											
Propiedades de metales sólidos (continuación)											
Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(\text{W/m} \cdot \text{K})/c_p(\text{J/kg} \cdot \text{K})$					
		ρ , kg/m ³	c_p , J/kg · K	k , W/m · K	$\alpha \times 10^6$, m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
Al carbono-manganeso-silicio (1% < Mn < 1.65% 0.1% < Si < 0.6%)		8 131	434	41.0	11.6			42.2	39.7	35.0	27.6
								487	559	685	1 090
Aceros al cromo (bajo): ½ Cr-½ Mo-Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		7 822	444	37.7	10.9			38.2	36.7	33.3	26.9
								492	575	688	969
1Cr-½ Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)		7 858	442	42.3	12.2			42.0	39.1	34.5	27.4
								492	575	688	969
1Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7 836	443	48.9	14.1			46.8	42.1	36.3	28.2
								492	575	688	969
Aceros inoxidables:											
AISI 302		8 055	480	15.1	3.91			17.3	20.0	22.8	25.4
								512	559	585	606
AISI 304	1 670	7 900	477	14.9	3.95	9.2	12.6	16.6	19.8	22.6	25.4
						272	402	515	557	582	611
AISI 316		8 238	468	13.4	3.48			15.2	18.3	21.3	24.2
								504	550	576	602
AISI 347		7 978	480	14.2	3.71			15.8	18.9	21.9	24.7
								513	559	585	606
Plomo	601	11 340	129	35.3	24.1	39.7	36.7	34.0	31.4		
Magnesio	923	1 740	1 024	156	87.6	118	125	132	142		
						169	159	153	149	146	
Molibdeno	2 894	10 240	251	138	53.7	649	934	1 074	1 170	1 267	
						179	143	134	126	118	112
Níquel: Puro	1 728	8 900	444	90.7	23.0	141	224	261	275	285	295
						164	107	80.2	65.6	67.6	71.8
Nicromo (80% Ni, 20% Cr)	1 672	8 400	420	12	3.4	232	383	485	592	530	562
								14	16	21	
Inconel X-750 (73% Ni, 15% Cr, 6.7% Fe)	1 665	8 510	439	11.7	3.1	8.7	10.3	13.5	17.0	20.5	24.0
								480	525	545	
Niobio	2 741	8 570	265	53.7	23.6	—	372	473	510	546	626
						55.2	52.6	55.2	58.2	61.3	64.4
Paladio	1 827	12 020	244	71.8	24.5	188	249	274	283	292	301
						76.5	71.6	73.6	79.7	86.9	94.2
Platino: Puro	2 045	21 450	133	71.6	25.1	168	227	251	261	271	281
						77.5	72.6	71.8	73.2	75.6	78.7

Figura 57. Propiedades de conductividad térmica de metales sólidos [40]

TABLA A-151

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., $T, ^\circ\text{F}$	Densidad, $\rho, \text{lbm/ft}^3$	Calor específico, $c_p, \text{Btu/lbm} \cdot \text{R}$	Conductividad térmica, $k, \text{Btu/h} \cdot \text{ft} \cdot \text{R}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{ft}^2/\text{h}$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{lbm/ft} \cdot \text{h}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{ft}^2/\text{h}$	Número de Prandtl, Pr
-300	0.24844	0.5072	0.00508	0.0403	0.01454	0.0585	1.4501
-200	0.15276	0.2247	0.00778	0.2266	0.02438	0.1596	0.7042
-100	0.11029	0.2360	0.01037	0.3985	0.03255	0.2951	0.7404
-50	0.09683	0.2389	0.01164	0.5029	0.03623	0.3741	0.7439
0	0.08630	0.2401	0.01288	0.6215	0.03970	0.4601	0.7403
10	0.08446	0.2402	0.01312	0.6468	0.04038	0.4781	0.7391
20	0.08270	0.2403	0.01336	0.6726	0.04104	0.4963	0.7378
30	0.08101	0.2403	0.01361	0.6990	0.04170	0.5148	0.7365
40	0.07939	0.2404	0.01385	0.7259	0.04236	0.5335	0.7350
50	0.07783	0.2404	0.01409	0.7532	0.04300	0.5525	0.7336
60	0.07633	0.2404	0.01433	0.7810	0.04365	0.5718	0.7321
70	0.07489	0.2404	0.01457	0.8093	0.04428	0.5913	0.7306
80	0.07350	0.2404	0.01481	0.8381	0.04491	0.6110	0.7290
90	0.07217	0.2404	0.01505	0.8673	0.04554	0.6310	0.7275
100	0.07088	0.2405	0.01529	0.8969	0.04615	0.6512	0.7260
110	0.06963	0.2405	0.01552	0.9270	0.04677	0.6716	0.7245
120	0.06843	0.2405	0.01576	0.9575	0.04738	0.6923	0.7230
130	0.06727	0.2405	0.01599	0.9884	0.04798	0.7132	0.7216
140	0.06615	0.2406	0.01623	1.0198	0.04858	0.7344	0.7202
150	0.06507	0.2406	0.01646	1.0515	0.04917	0.7558	0.7188
160	0.06402	0.2406	0.01669	1.0836	0.04976	0.7774	0.7174
170	0.06300	0.2407	0.01692	1.1160	0.05035	0.7992	0.7161
180	0.06201	0.2408	0.01715	1.1489	0.05093	0.8213	0.7148
190	0.06106	0.2408	0.01738	1.1821	0.05151	0.8435	0.7136
200	0.06013	0.2409	0.01761	1.2156	0.05208	0.8660	0.7124
250	0.05590	0.2415	0.01874	1.3884	0.05488	0.9818	0.7071
300	0.05222	0.2423	0.01985	1.5690	0.05758	1.1027	0.7028
350	0.04899	0.2433	0.02094	1.7566	0.06020	1.2288	0.6995
400	0.04614	0.2445	0.02200	1.9507	0.06274	1.3598	0.6971
450	0.04361	0.2458	0.02305	2.1508	0.06522	1.4955	0.6953
500	0.04134	0.2472	0.02408	2.3565	0.06762	1.6359	0.6942
600	0.03743	0.2503	0.02608	2.7834	0.07225	1.9300	0.6934
700	0.03421	0.2535	0.02800	3.2292	0.07666	2.2411	0.6940
800	0.03149	0.2568	0.02986	3.6925	0.08088	2.5684	0.6956
900	0.02917	0.2599	0.03164	4.1721	0.08494	2.9112	0.6978
1 000	0.02718	0.2630	0.03336	4.6671	0.08883	3.2688	0.7004
1 500	0.02024	0.2761	0.04106	7.3465	0.10644	5.2584	0.7158
2 000	0.01613	0.2855	0.04752	10.3200	0.12163	7.5418	0.7308
2 500	0.01340	0.2922	0.05309	13.5532	0.13501	10.0733	0.7432
3 000	0.01147	0.2972	0.05811	17.0526	0.14696	12.8170	0.7516
3 500	0.01002	0.3010	0.06293	20.8709	0.15771	15.7428	0.7543
4 000	0.00889	0.3040	0.06789	25.1094	0.16745	18.8252	0.7497

Figura 58. Propiedades del Aire a Presión [41]

ANEXO G
ENTREVISTA EN FÁBRICA DE DULCE DE MEMBRILLO

La siguiente información ha sido recopilada a través de una entrevista realizada en una fábrica de Baños de Agua Santa dedicada a la fabricación de dulces y que además fabrican dulce de membrillo:

P1: ¿Cuales son los principales desafíos que enfrenta su fábrica en cuanto a la producción de dulce de membrillo? **R1:** El primer desafío que se nos ha presentado es la falta de materia prima, por ejemplo, cuando la demanda del membrillo es alta su producción es baja, en cambio, cuando su demanda es baja la producción es alta, es decir, tenemos más guayaba pero poca clientela. Otro desafío que se nos ha presentado es la competencia, la provincia de Tungurahua es la provincia líder en cuanto a la producción de dulce de membrillo, actualmente existente entre 6 a 8 empresas que producen dulce de membrillo por lo que la producción disminuye.

P2: ¿Cual es su punto de vista respecto a la introducción de la maquinaria automatizada en comparación con los métodos tradicionales utilizados? **R2:** Al ser una pequeña empresa artesanal utilizamos un 80 % de mano de obra para los procesos fuertes como extracción de pulpa, cortes embasado, embotellado y enfundado lo que nos ha permitido ahorrar dinero pero no tiempo y utilizamos solo un 20 % es automatizado para el proceso de mezclado y cocción de la pulpa

P3: ¿Qué aspectos le gustaría mejorar en el proceso actual de producción empleado en su fábrica?

R3: Nosotros buscamos una producción sostenible ambiental, el problema radica en que utilizamos gas licuado de petróleo el cual es caro y difícil de transportar, además del riesgo de explosión que nos exponemos debido al calor que genera el uso de GLP. Consideramos que la seguridad laboral es un tema muy importante, pero por el tema de costos el riesgo laboral es alto en nuestra empresa, el uso de los tanques de gas genera calor de cocción en la piel de los cocineros, falta ventilación, ductos de aires y en nuestras máquinas indicadores de temperatura, sensores y/o alarmas cuando la temperatura sea elevada o haya fuga de gas.

P4: ¿Cual es su visión a largo plazo para la industria de dulce de membrillo a nivel nacional e internacional? y ¿Cómo cree que su fábrica podría contribuir a esa visión?

R4: Convertirnos en uno de los primeros distribuidores/exportadores a nivel internacional de guayaba y dulce de membrillo, ya que venimos de un pueblo pequeño y deseamos expandirnos, primero abarcando el mercado nacional.

P5: ¿Cuándo es la temporada de plantación y de cosecha del membrillo en Ecuador?

R5: El membrillo o guayaba suele cultivarse en la sierra y en el oriente, solemos cultivar el fruto en septiembre y su cosechas se realizan a principios de Enero, desde Enero hasta Agosto tenemos 7 meses de producción de guayaba.

P6: ¿Cómo conservan el membrillo luego de su cosecha? **R6:** Nosotros enviamos una muestra al ARCSA quienes los proveen los permisos sanitarios de los productos conservados en plástico polipropileno en qué el fruto puede conservarse hasta 9 meses, pero se puede conservar hasta 1 año y luego del año se hace agua. Para la conservación en madera se permite un periodo de 3 meses ya que la madera a es propensa a la polilla.

P7: ¿Cómo se realiza el proceso de producción de dulce de membrillo? (Antes, Durante y Después)

R7: Los productores se encargan de realizar la cosecha en cajas, hay 3 tipos de materia prima; la primaria es aquella que se exporta o se envía a supermercados o plazas. La secundaria es aquella que utilizamos en las fábricas, es bajo selección cuando el fruto está amarillo y suave. La terciaria es aquella que se ha caído del árbol y se aplasta para ser usada como abono o como alimento para el ganado como los cerdos. Una vez se ha escogido la fruta, se ve que no esté abollada, se lava y se pesa en una paila, luego se cocina solo con agua durante 30 minutos o hasta que la cascara se desprenda y se pasa a una máquina despulpadora la cual separa las semillas y las cáscaras, la cascara posteriormente se usa como comida o abono. Una vez queda solo la pulpa se coloca en una paila, se le agrega azúcar, conservantes y preservantes y se cocina de 4 a 5 horas a 110 °C. Al día se realizan varias paradas al mismo tiempo, en producción baja, se realizan 3 paradas por día, cada parada utiliza 5 cajas de 10Kg c/u y 9 libras de azúcar blanca. En una producción alta se puede realizar hasta 10 paradas al día. Cada parada puede producir entre 1600 unidades de corte gloria. Al finalizar, la distribución se realiza en una planchas largas de acero inoxidable por 24 horas en diferentes formas, esta a su vez se puede guardar en cajas de madera, en frascos como mermelada de guayaba o en plástico y en frío porque sino se hace chicha, es decir, se fermenta cuando no está en frío.

ANEXO H
ARCSA

Las siguientes imágenes muestran el listado de condiciones sanitarias que deben cumplir las fábricas:

		GUILLERMO LASSO PRESIDENTE	
Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria		AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN, CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA	
		CHECK LIST DE REFERENCIA PARA REVISIÓN DE CONDICIONES HIGIÉNICO SANITARIOS PLANTAS PROCESADORAS DE ALIMENTOS, ALIMENTOS PARA RÉGIMENES ESPECIALES, SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS Y PRODUCTOS DEL TABACO	
		Código: FE-B.5.1.5-EST-02-01-01 Fecha de revisión: Noviembre/2023 Versión: 5.0	
1 DATOS GENERALES DE LA INSPECCIÓN			
PROVINCIA / CANTON: _____		FECHA: _____	
		HORA DE INICIO: _____	
		HORA DE FINALIZACIÓN: _____	
2 MOTIVO DE LA INSPECCIÓN			
PETICIÓN DEL USUARIO <input type="checkbox"/> OPERATIVO DE CONTROL PLANIFICADO <input type="checkbox"/> PETICIÓN DE LA AUTORIDAD <input type="checkbox"/> ALERTA SANITARIA <input type="checkbox"/>			
PROGRAMAS DETERMINADOS O ACUERDOS <input type="checkbox"/> SEGUIMIENTO DE PROCESO ADMINISTRATIVO <input type="checkbox"/> OPERATIVO DE CONTROL ZONAL <input type="checkbox"/>			
OTRO: _____			
3 INFORMACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO			
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL:			
ACTIVIDAD DEL ESTABLECIMIENTO:			
N° R.U.C./RISE:		TELÉFONO:	
DIRECCIÓN:			
CORREO ELECTRÓNICO:			
PROPIETARIO/REPRESENTANTE LEGAL:			
N° CC/PASAPORTE/CARNÉ DE REFUGIADO:			
PERMISO DE FUNCIONAMIENTO: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	NÚMERO DE PERMISO: _____		
	FECHA DE CADUCIDAD: _____		
CERTIFICADO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	CÓDIGO BPM: _____		
	FECHA DE CADUCIDAD: _____		
3.1 CATEGORÍA DEL ESTABLECIMIENTO			
PEQUEÑA INDUSTRIA <input type="checkbox"/> MEDIANA INDUSTRIA <input type="checkbox"/> INDUSTRIA <input type="checkbox"/> MICROEMPRESA <input type="checkbox"/>			

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 59. Hoja 1 del listado del Arcsa [14]

MICROEMPRESA <input type="checkbox"/>		ARTESANAL <input type="checkbox"/>		ECONOMÍA POPULAR Y SOLIDARIA - EPS <input type="checkbox"/>	
3.2 ACTIVIDADES EN EL PERMISO DE FUNCIONAMIENTO O TIPO DE LÍNEAS CERTIFICADAS EN BPM					
Leche y productos lácteos procesados	<input type="checkbox"/>	Grasas, aceites y emulsiones grasas	<input type="checkbox"/>		
Hielos y helados comestibles	<input type="checkbox"/>	Frutas y hortalizas procesadas (incluye raíces, tubérculos, legumbres, leguminosas, hongos y setas comestibles, algas marinas, frutos secos y semillas).	<input type="checkbox"/>		
Productos de confitería	<input type="checkbox"/>	Productos a base de cacao y sus derivados	<input type="checkbox"/>		
Cereales y pseudocereales, así como los productos a base de éstos	<input type="checkbox"/>	Productos de la molinería, panadería y pastelería	<input type="checkbox"/>		
Carnes y productos cárnicos procesados	<input type="checkbox"/>	Pescados, derivados y productos pesqueros procesados (incluidos moluscos, crustáceos y equinodermos)	<input type="checkbox"/>		
Huevos y productos a base de huevo	<input type="checkbox"/>	Endulzantes o edulcorantes	<input type="checkbox"/>		
Sal, especias, condimentos, cremas, caldos, salsas y aderezos	<input type="checkbox"/>	Alimentos para regímenes especiales	<input type="checkbox"/>		
Suplementos alimenticios	<input type="checkbox"/>	Bebidas no alcohólicas (incluidas las mezclas en polvo, se excluyen los productos lácteos)	<input type="checkbox"/>		
Bebidas alcohólicas	<input type="checkbox"/>	Bocaditos o snacks	<input type="checkbox"/>		
Alimentos preparados listos para consumir	<input type="checkbox"/>	Aditivos alimentarios (emulsificantes, aromatizantes, saborizantes (incluidos esencias y extractos), entre otros).	<input type="checkbox"/>		
Alimentos procesados y suplementos alimenticios que contengan cannabis no psicoactivo o cáñamo o sus derivados.	<input type="checkbox"/>				
Elaboración de otros productos alimenticios no contemplados anteriormente (Describir): _____					
REQUISITOS DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA					
4	CONDICIONES MÍNIMAS BÁSICAS	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
4.1	¿El establecimiento ejecuta de manera única y exclusiva las actividades para las que se otorgó el permiso de funcionamiento?	C			
4.2	¿El establecimiento se encuentra alejado de focos de insalubridad?	C			
5	UBICACIÓN	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
5.1	¿El establecimiento se encuentra ubicado en una zona libre de monte o maleza a los alrededores que sean fuentes de plagas?	C			
6	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA

Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
 Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
 Teléfono: +593-4 372-7440
 www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 60. Hoja 2 del listado del Arcsa [14]

6.1	¿Existen áreas separadas e identificadas de acuerdo con el proceso que se realiza (recepción, cuarentena y producto terminado), siguiendo de preferencia el principio de flujo hacia delante?	C			
6.2	¿La empresa funciona en un área adecuada para su capacidad operativa y se encuentra ordenada?	C			
6.3	¿Los pasillos de circulación se encuentran libres de materiales en tránsito?	NC			
6.4	¿El establecimiento en general, las ventanas y otros ingresos están protegidos de manera que eviten ingreso de polvo, materias extrañas, insectos, roedores, aves y otros elementos del ambiente exterior y que mantenga las condiciones sanitarias apropiadas según el proceso?	C			
6.5	¿Se observa presencia de animales en las instalaciones o dentro del área de producción?	C			
6.6	¿El establecimiento cuenta con una adecuada ventilación o climatización de acuerdo con la naturaleza y necesidades del alimento?	C			
6.7	¿El establecimiento cuenta con adecuada iluminación para el desempeño de las actividades?	NC			
6.8	¿Las fuentes de luz ubicadas por sobre las líneas de producción se encuentran protegidas para evitar la contaminación de los alimentos en caso de rotura?	C			
6.9	¿Las paredes y pisos del establecimiento son de material que facilite la limpieza y se encuentran en buen estado, sin grietas ni huecos?	C			
6.10	¿Se garantiza la limpieza, el buen estado de conservación y el diseño adecuado de las paredes, techos y pisos del establecimiento para permitir un drenaje o desalojo efectivo de los efluentes según las necesidades del proceso?	C			
6.11	¿La red de instalaciones eléctricas está diseñada de manera abierta, evitando cables sueltos y manteniendo los terminales adosados en paredes o techos para prevenir la contaminación cruzada con el alimento?	C			
6.12	¿La red de instalaciones eléctricas en las áreas críticas, se ha establecido un procedimiento escrito de inspección y limpieza?	NC			
6.13	¿El establecimiento cuenta con áreas para lavado de manos independientes de las baterías sanitarias?	C			
6.14	¿Las líneas de flujo (tuberías de agua potable, agua no potable, vapor, combustible, aire comprimido, aguas de desecho etc.) se identifican con símbolos o por color de flujo de acuerdo con la NTE INEN Correspondiente?	NC			
6.15	¿En las áreas de lavado de manos se observa letreros de la obligación, frecuencia y forma correcta de lavarse las manos?	NC			
6.16	¿Las baterías sanitarias se encuentran separadas del área de producción?	C			
6.17	¿Las baterías sanitarias se encuentran en buen estado de conservación, limpieza y cuentan con los implementos de aseo personal: jabón líquido, gel antiséptico, papel higiénico y material para secado de manos?	C			
6.18	¿El establecimiento cuenta con un área apropiada para vestuario de los empleados con capacidad suficiente?	C			

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 61. Hoja 3 del listado del Arcsa [14]

6.19	¿Los vestuarios se encuentran ubicados en un área independiente a las áreas de producción?	C			
6.20	¿Disponen de dosificadores de solución desinfectante de manos en las zonas de acceso a áreas críticas?	C			
6.21	¿Existe un control y registro de temperaturas y humedad de las áreas?	C			
6.22	¿El establecimiento cuenta con botiquín de primeros auxilios equipado y ubicado en un lugar accesible?	NC			
7	SERVICIOS DE PLANTA	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
7.1	¿Dispone de suministro de agua potable o tratada?	C			
7.2	¿Los sistemas de agua no potable se encuentran identificados e independiente del sistema de agua potable?	C			
7.3	Si el agua utilizada no proviene de red pública, ¿Dispone de análisis fisicoquímicos (color, turbiedad, olor, sabor, cloro residual, pH) y microbiológicos (Coliformes fecales, Cryptosporidium, Giardia) del agua, que garantice su característica potable?	C			
7.4	¿El agua o hielo empleados en el proceso productivo cumplen con especificaciones microbiológicas y fisicoquímicas establecidas la NTE INEN 1108 "Agua para consumo humano? Requisitos" vigente?	C			
7.5	Cisternas y tanques de almacenamiento de agua potable ¿Disponen de documentación que evidencie su limpieza y desinfección bajo una frecuencia establecida?	C			
7.6	¿Cuenta con sistema de alcantarillado o desagüe?	C			
7.7	¿El establecimiento cuenta con instalaciones para la eliminación de aguas negras, industriales, de modo que se evite cualquier riesgo de contaminación hacia las áreas de proceso, los alimentos o el sistema de abastecimiento de agua potable?	NC			
7.8	¿Disponen de un sistema adecuado de recolección, almacenamiento, protección y eliminación de basura?	C			
7.9	¿El área de disposición final de desechos se encuentra en una zona separada del área de producción, limpia y ordenada?	C			
7.10	¿Cuenta con recipientes identificados para la recolección de acuerdo con el tipo de desechos?	C			
7.11	¿Cuenta con basureros internos que posean tapa y funda?	C			
8	EQUIPOS Y UTENSILIOS	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
8.1	¿Los equipos se encuentran instalados de tal forma que permite el flujo continuo y racional del material y personal?	C			
8.2	¿Los equipos son de material resistente, de fácil limpieza y se encuentran en buen estado?	C			
8.3	¿Las tuberías que conducen materia prima o producto terminado son de material adecuado?	C			
8.4	¿Existe control, mantenimiento y calibración de los equipos?	C			

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 62. Hoja 4 del listado del Arcsa [14]

8.5	¿Se emplean grasas o lubricantes de grado alimenticio?	C			
8.6	¿Se encuentran identificados los equipos en desuso?	NC			
8.7	¿Los utensilios y envases son de material adecuado y se encuentran en buenas condiciones de higiene?	C			
9	REQUERIMIENTOS HIGIÉNICOS DE FABRICACIÓN	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
9.1	El flujo de personal es tal que previene la contaminación de los productos.	C			
9.2	¿Los trabajadores cuentan con indumentaria limpia y apropiada para realizar sus labores diarias?	C			
9.3	¿El personal trabaja bajo prácticas higiénicas para la manipulación en los procesos de producción (no posee bisutería, maquillaje, uñas largas, cabello expuesto)?	C			
9.4	¿Existe programa de capacitación para el personal donde se traten las Buenas Prácticas de Manufactura?	C			
9.5	¿El personal dispone de capacitación o entrenamiento específico según las funciones que realiza?	C			
9.6	¿Existe evidencia de capacitación al personal que manipula alimentos en los procesos de producción?	C			
9.7	¿Durante el control se observa que el personal realiza el lavado de manos antes de comenzar el trabajo, cada vez que sale y regresa al área asignada, cada vez que usa los servicios sanitarios o después de manipular cualquier objeto o material que represente un riesgo de contaminación para el alimento?	C			
9.8	¿El personal que manipula alimentos dispone de fichas médicas actualizadas que detalle el respectivo reconocimiento médico antes de desempeñar sus funciones o cada vez que así se lo requiera?	C			
9.9	¿El establecimiento cuenta con procedimientos que eviten que el personal enfermo ponga en riesgo de contaminación la producción? (enfermedades infectocontagiosas, fúngicas).	C			
9.10	¿Existe señalética de prohibiciones como: prohibido fumar, comer, beber, ¿usar teléfono celular en las áreas de producción, almacenamiento y laboratorio?	NC			
9.11	¿A los visitantes se les provee de la indumentaria necesaria y correcta para el ingreso a áreas de producción?	C			
9.12	Cuando aplique, ¿se controla el acceso del personal o visitantes a las áreas de manipulación de alimentos?	C			
10	MATERIAS PRIMAS E INSUMOS	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
10.1	¿Cuenta con especificaciones de las materias primas?	C			
10.2	¿Se realiza selección, clasificación y aprobación de materias primas?	C			
10.3	¿Se mantiene registros en caso de rechazo de materias primas?	C			
10.4	¿Las materias primas se mantienen en buenas condiciones de almacenamiento?	C			

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 63. Hoja 5 del listado del Arcsa [14]

10.5	¿Se mantiene registros de las condiciones de almacenamiento de las materias primas?	C			
10.6	¿Los insumos usados como aditivos alimentarios en el producto terminado, cumplen con los límites establecidos en la norma nacional vigente, el Codex Alimentario o norma internacional equivalente?	C			
10.7	¿Existe una adecuada rotación de materia prima?	C			
11	OPERACIONES DE PRODUCCIÓN	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
11.1	¿Se realiza control de las operaciones destinadas a reducir la contaminación microbiana y a preservar alimentos?	C			
11.2	¿Disponen de procedimientos y técnicas que describen claramente los pasos a seguir de manera secuencial el proceso de elaboración de los productos?	C			
11.3	¿Se realiza verificación de condiciones como: limpieza de las áreas de procesamiento, protocolos y documentos relacionados con la fabricación, condiciones ambientales adecuadas, equipos y aparatos en buen funcionamiento?	C			
11.4	¿En el proceso de fabricación se identifica claramente el nombre del alimento, número de lote y fecha de caducidad del alimento procesado?	C			
11.5	¿Existe un programa de rastreabilidad/trazabilidad que permita rastrear la identificación de materia prima, material de empaque, insumos entre otros, desde el proveedor hasta el producto de despacho y el primer punto de despacho?	C			
11.6	¿Se toman medidas de prevención de contaminación del alimento en el desarrollo del proceso de elaboración del producto?	C			
11.7	¿Se toman acciones correctivas y medidas de control en caso de existir desviación de los parámetros establecidos durante el proceso de fabricación?	C			
11.8	¿De acuerdo con el proceso y la naturaleza del alimento que requiera de aire o gases como medio de transporte o de conservación, se toman medidas de prevención de contaminación a través de dichos gases en el proceso?	C			
11.9	¿Se mantienen registros de control de producción y distribución por un período de dos meses mayor al tiempo de vida útil del producto?	C			
12	ENVASADO, ETIQUETADO Y EMPAQUETADO	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
12.1	¿Los alimentos procesados cumplen con lo establecido en la NTE y RTE correspondientes?	C			
12.2	¿Disponen de un programa de limpieza y esterilización en caso de que exista reutilización de envases?	C			
12.3	¿Disponen de procedimientos en caso de rotura de material de vidrio sobre las líneas de producción?	C			
12.4	¿Los productos se encuentran dentro de su período de vida útil?	C			
12.5	¿Los alimentos procesados declaran un número de lote que permita identificar información relevante como fecha de producción, línea de fabricación, identificación del fabricante entre otros?	C			

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 64. Hoja 6 del listado del Arcsa [14]

13	ALMACENAMIENTO, DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE Y COMERCIALIZACIÓN	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
13.1	¿Las materias primas, producto semielaborado o terminado se encuentran en buenas condiciones de almacenamiento?	C			
13.2	¿De acuerdo con la naturaleza del alimento los almacenes y bodegas disponen de instrumentos para controlar y registrar la temperatura y humedad?	C			
13.3	¿En la zona de almacenamiento y bodegas, existe materia prima, producto semi elaborado o terminado, en contacto directo con el piso?	C			
13.4	¿Los alimentos se encuentran protegidos durante el transporte? Señalar si se encuentran protegidos de: Polvo <input type="checkbox"/> Humo <input type="checkbox"/> Combustible <input type="checkbox"/> Carga de otros alimentos <input type="checkbox"/>	C			
13.5	¿El vehículo se encuentra limpio y desinfectado?	C			
13.6	No se transporta alimentos junto a sustancias de limpieza, tóxicas o peligrosas.	C			
13.7	En el caso de transporte al granel, ¿los recipientes o los contenedores se usan exclusivamente para alimentos?	C			
13.8	¿Los envases para transportar alimentos son de material de fácil limpieza y desinfección?	C			
14	DEL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
14.1	¿El establecimiento dispone de documentación sobre la planta, equipos y procesos?	NC			
14.2	¿Disponen de un sistema de control de alérgenos?	C			
14.3	¿Disponen de pruebas y ensayos de control de inocuidad y calidad realizado por un laboratorio que demuestre competencia técnica según la norma ISO/IEC 17025, realizado mínimo una vez al año?	C			
14.4	¿Disponen de registro individual correspondiente a la limpieza de equipos, utensilios entre otros?	C			
14.5	¿Disponen de laboratorio de control de calidad?	NC			
14.6	¿Disponen de certificados de calibración y mantenimiento preventivo de equipos e instrumentos de medición usados en el proceso y laboratorio de control de calidad?	C			
14.7	¿Disponen de procedimientos escritos de limpieza y desinfección?	C			
14.8	¿Se registran las inspecciones de verificación de limpieza y desinfección?	C			
14.9	¿El establecimiento cuenta con un programa de control de plagas?	C			
14.10	¿Se encuentran indicios o presencia de roedores, insectos y otras plagas?	C			
15	CONTROL DEL TABACO	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 65. Hoja 7 del listado del Arcsa [14]

15.1	¿El establecimiento expende productos del tabaco?	C			
15.2	¿Los productos de tabaco cumplen con la normativa legal vigente de etiquetado establecida, para su comercialización?	C			
15.3	¿El establecimiento cuenta con señalética apropiada para el no consumo de productos de tabaco (NO FUMAR), así como el número telefónico para denuncias?	C			
15.4	¿Se evidencia personas fumando en áreas no permitidas?	C			
15.5	¿En las cajetillas de productos del tabaco y etiquetado externo de los mismos, figuran leyendas y pictogramas de advertencia que muestren los efectos nocivos del consumo de los mismos?	C			
15.6	¿Los pictogramas y mensajes relativos a los efectos nocivos ocupan al menos el 60% de las caras principales y se encuentran ubicados en la parte inferior de la caja?	C			
15.7	¿El 70% de la cara lateral de la cajetilla contiene información sanitaria?	C			
15.8	¿Las leyendas informativas son escritas e impresas, sin que se invoque o se haga referencia a alguna disposición legal directamente en el empaquetado o etiquetado?	C			
15.9	¿Todas las cajetillas de productos del tabaco, empaquetado y etiquetado externo de los mismos, contienen información sobre su contenido, emisiones y riesgos; de conformidad con las disposiciones aplicables?	C			
15.10	¿De manera enunciativa, la cajetilla indica "PROHIBIDA SU VENTA A MENORES DE EDAD"?	C			
15.11	¿Se evidencia en la cajetilla leyendas con declaración de advertencias?	C			
16	RETIRO DE PRODUCTO	HALLAZGO	CUMPLE	NO CUMPLE	NO APLICA
16.1	¿Disponen de un sistema que garantice que los productos que no cumplen con estándares o normas de seguridad alimentaria sean identificados, ubicados y retirados de todos los puntos de la cadena de suministro?	C			
17	PLAN DE MUESTREO		SI	NO	NO APLICA
17.1	¿Requiere tomar muestra (s)?				
17.2	N° de muestras: _____	Tipo de muestra:	Materia Prima <input type="checkbox"/>	Producto Terminado <input type="checkbox"/>	
17.3	Detalle del número de Actas de muestreo:				
18	OBSERVACIONES / DETALLE DE HALLAZGOS IMPORTANTES ENCONTRADOS:				

**Agencia Nacional de Regulación,
Control y Vigilancia Sanitaria**

Dirección: Av. Francisco de Orellana y Av. Paseo del Parque
Parque Samanes - blq. 5 Código postal: 090703 / Guayaquil - Ecuador
Teléfono: +593-4 372-7440
www.controlsanitario.gob.ec

FE-B.5.1.5-EST-02-01-01/Noviembre 2023



Figura 66. Hoja 8 del listado del Arcsa [14]

ANEXO I
FICHAS TÉCNICAS

Las siguientes imágenes muestran las especificaciones del PLC Logo utilizado durante el proyecto:

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1052-1MD00-0BA8



LOGO!12/24RCE, MOD. LOG.,DISPL. AL/E/S: 12/24V DC/RELE,
8ED(4EA)/4SD, MEM. 400 BLOQUES, AMPLIABLE
MODULARMENTE,ETHERNET WEB-SERVER INTEGR.,
DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT
COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Si
• 24 V DC	Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Hora	
Programadores horario.	
• Cantidad	8
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx.	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A

Figura 67. Hoja de Datos de PLC Logo 1/2 [42]

— Con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	
• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	24.02.2015

Las siguientes imágenes (Figura 69 y (Figura 70)) muestran las especificaciones del módulo de expansión del PLC Logo utilizado durante el proyecto:

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1055-1CB00-0BA2



Módulo de ampliación LOGO! DM8 24, FA/E/S: 24V/24V/trans., 4 DI/4 DO para LOGO! 8

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 2 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	4
Tensión de entrada	
• Tipo de tensión de entrada	DC
• para señal "0"	< 5 V DC
• para señal "1"	> 12 V DC
Intensidad de entrada	
• para señal "0", máx. (intensidad de reposo admisible)	0,88 mA
• para señal "1", tip.	2,1 mA
Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— en transición "0" a "1", máx.	1,5 ms
— en transición "1" a "0", máx.	1,5 ms
Salidas digitales	
Número de salidas	4
Protección contra cortocircuito	Sí
Intensidad de salida	
• para señal "1" valor nominal	0,3 A
Conexión en paralelo de dos salidas	
• para aumentar la potencia	No
Frecuencia de conmutación	
• con carga resistiva, máx.	10 Hz
• con carga inductiva, máx.	0,5 Hz
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección IP	IP20
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí

6ED10551CB000BA2
Página 1/2

14/3/2024

Sujeto a cambios
© Copyright Siemens

Figura 69. Hoja de Datos del Módulo de Expansión AM 1/2 [29]

— Con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	
• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	24.02.2015

La siguiente imagen muestra las especificaciones de la termocupla tipo J utilizada durante el proyecto:

Specifications:

Model	ZZ-PT01-J	
Calibration	J	
Accuracy	Class 1 or Class 2	
Color code	ANSI	
Lead wire	Conductor	2*7/0.20mm, 2*1/0.5mm
	Construction	Parallel, flat
	Type	Fiberglass/Fiberglass/SSB, FB-SSB
	Insulation	Fiberglass
	shield	Stainless steel overbraided
Junction	Grounded	
Temperature range	0-480°C	
Lead wire length	2m	
Wire color	+White, -Red	
Probe tube outer diameter	4.8mm 6.0mm, 6.4mm, 8.0mm	
Probe tube length	50-150mm	
Thread	5/16"	
Spring	With	
Material of thread	Nickel plated brass	
Material of probe tube	Stainless steel	
Type	Type J Probe tube thermocouple	

Figura 71. Ficha Técnica de Termocupla Tipo J [30]

La siguiente imagen muestra la ficha técnica del transmisor de temperatura utilizado durante el proyecto:

Especificaciones Técnicas

Entrada del Sensor	Tipo de Sensor	Faixa de Medida
Termopar K Termopar J Termopar R Termopar S Termopar T Termopar N Termopar E Termopar B Pt100 (2-hilos, 3-hilos y 4-hilos) Pt1000 (3-hilos) NTC (2-hilos)	0-50 mV °C o °F, elegible por software	-150 hasta 1370 °C -100 hasta 700 °C -50 hasta 1700 °C -160 hasta 400 °C -270 hasta 1300 °C -90 hasta 720 °C 500 hasta 1820 °C -200 hasta 650 °C -300 hasta 120 °C (-238 hasta 2498 °F) (-148 hasta 1400 °F) (-58 hasta 3200 °F) (-250 hasta 3200 °F) (-454 hasta 752 °F) (-130 hasta 1328 °F) (932 hasta 3308 °F) (-328 hasta 1202 °F) (-328 hasta 1202 °F) (-22 hasta 248 °F)
Unidad de Temperatura	0 hasta 50 mV	
Precisión	Tipo de Sensor	Típica
	Pt100/Pt1000 (-150 hasta 400 °C) o (-238 hasta 752 °F) Pt100/Pt1000 (Rango completo) Tc-K, J, T, E, N, R, S, B mV NTC	0.10% 0.13% 0.1% ±1 °C (±1.8 °F) 0.1% 0.3%
Compensación de Medición	Termopar: Compensación de junta fría Pt100: Compensación de cable para 2 hilos, 3 hilos y 4 hilos Pt1000: Compensación de cable para 2 hilos y 3 hilos	
Salida	Señal de salida: Corriente lineal de 4-20 o 20-4 mA, 2 hilos Resolución: 2 µA	
Efecto de Temperatura	± 0.16% / 25 °C (77 °F)	
Tiempo de Respuesta	Típica 1.6 sec	
Alimentación	10 hasta 35 Vdc	
Condiciones de Operación	Temperatura: -40 hasta 85 °C (-40 hasta 185 °F) Humedad: 0 hasta 90% HR	
Aprobaciones / Normas	CE En conformidad con NAMUR NE43 RoHS EN 61326-1: 2006	
Protección	Protección interna contra polaridad inversa	
Aislamiento	Sin aislamiento eléctrico entre entrada y salida	
Dimensiones	43.5 mm (diámetro) x 20.5 mm (altura) / 1.71 in (diámetro) x 0.80 in (altura)	
Sección Transversal de Cable	0.14 hasta 1.5 mm ² (26 AWG hasta 15 AWG)	
Material del Alojamiento	ABS UL94-HB (resistencia al impacto estándar, resistencia al fuego y antiestático)	
Montaje	Cabeza DIN forma B	
Interfaz de Comunicación	USB micro-B, con protección de silicona	
Configuración	SigNow para Windows: Disponible en www.novusautomation.com/es/signow SigNow para Android: Disponible en Google Play	

20230628 - FL TxBLOCK-USB - ES

Figura 72. Ficha Técnica del Transmisor de Temperatura [31]

Las siguientes imágenes muestran los datos técnicos del motor utilizado en el proyecto:



MOTOR	
SERIE	BN - Motores Asíncronos Trifásicos
TAMAÑO	80A - Tamaño Motor 80A
NUMERO POLOS	4 - 4 Polos
VOLTAJE-FRECUENCIA	230/400-50 - 230 [V] Δ - 400 [V] Y 50 [Hz]
GRADO DE PROTECCIÓN	IP55 - Motores Estándar y Freno
CLASE DE AISLAMIENTO	CLF - Clase de Aislamiento Standard
EJECUCIÓN DEL MOTOR	B14 - Versión con brida B14

Figura 73. Ficha Técnica del Motor 1/2 [35]

DATOS TÉCNICOS

Sistema Intern. de Medición	IMPERIAL
Frecuencia [Hz]	50
n Velocidad del motor [min-1]	1390
Tn Par Nominal motor [lb-in]	33,6
η_{100} Eficiencia 100% [%]	72.0
η_{75} Eficiencia 75% [%]	71.3
η_{50} Eficiencia 50% [%]	69.7
In 400V Corrie.nomin.@ 400V[A]	1.43
Cosφ	0.77
Pn Potencia Nominal Motor [Hp]	0.75
Pn-60 Potencia Nom. Motor [KW]	N/A
Pn-60 Potencia Nom. Motor [Hp]	N/A
Peso del Motor [lb]	18,1

Figura 74. Ficha Técnica del Motor 2/2 [35]

En la *Figura 75* se muestran los datos técnicos del reductor utilizado en el proyecto:



VARIADOR	
SERIE	V - Variador de Velocidad Mecánico
TAMAÑO	0.5 - Tamaño 0.5
FORMA CONSTRUCTIVA	VF49
DEFINICIONES ENTRAD	P71 - Adaptador de motor IEC 71
POSICION DE MONT.	V63
ORIENT. MANDO	1
DATOS TECNICOS	
n1 Velocidad entrada [min-1]	1400
P1 potencia de entrada [kW]	0.37
M2 par de salida [Nm]	3.0 - 8.0
T Diagrama del par de salida	T1

Figura 75. Ficha Técnica del Reductor [43]

ANEXO J
COTIZACIÓN DE MATERIALES

En la *Figura 76* se muestran los valores de los componentes eléctricos utilizados en el proyecto:



FECEOLECSA
FERRETERIA Y CONTROLES ELECTRICOS S.A.
Ruc: 0992853298001
Aguirre # 1144 entre Pio Montufar y Pedro Moncayo
Teléfono: 042321031 - 0985907519 - 0990959868
Email: fecoelec@outlook.com



COTIZACIÓN No. 35472

CLIENTE:	KEVIN MENOSCAL PENA	FECHA:	05/04/2024 12:39:54
R.U.C/C.I.:	0924165004	VENDEDOR:	DANGELO
DIRECCION:	GUAYAQUIL		
CORREO:	kmno22@hotmail.com		

COD.	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO	DESC.	TOTAL
YF-08AE	BASE P/RELAY 8 PINES PLANOS YF-08AE CSC	1	2.100	0.00 %	2.10
JXB-2.5	BORNERA P/RIEL #12AWG 2.5MM LEIPOLD-WOKENDO	1	0.450	0.00 %	0.45
CHI0085A	BREAKER P/RIEL 3X20A 6KA NXB-63 CHINT	1	8.700	0.00 %	8.70
BRCA-0003	BREAKER P/RIEL 2X3A CSC	1	7.470	0.00 %	7.47
CAB-0012	CABLE CU THHN FLEXIBLE #12AWG (METRO)	5	0.465	0.00 %	2.33
CAB-0412	CABLE CONCENTRICO 4X12 AWG (METRO)	2	2.450	0.00 %	4.90
AD-0L	CANAleta RANURADA GRIS 25X25MM CSC	1	4.990	0.00 %	4.99
4051	CAPACITOR 35MFD 370V	1	7.000	0.00 %	7.00
COCH-0090	CONTACTOR 9A 1NO NXC-09 CHINT	1	12.750	0.00 %	12.75
COCH-0093	CONTACTOR 32A 1NO NXC-32 CHINT	1	26.000	0.00 %	26.00
GV2-ME14	GUARDAMOTOR 6-10A GV2-ME14 SCHNEIDER	1	106.600	0.00 %	106.60
4866	ENCHUFE CHINO POLARIZADO 220V #4866 VINYL COOPER	1	2.600	0.00 %	2.60
CIDE-0012	CINTA ESPIRAL 1/2" (12mm) NEGRA DEXSON	1	8.500	0.00 %	8.50
DEL0003D	FUENTE ALIMENTACION P/RIEL IN: 85-264VAC OUT: 24V 5A DRL-24V120W/EN DELTA	1	65.000	0.00 %	65.00
1622Y	LUZ PILOTO LED 22MM AMARILLA 12-440VAC AD1622DS	1	2.000	0.00 %	2.00
1622R	LUZ PILOTO LED 22MM ROJO 12-440VAC AD1622DS	1	2.000	0.00 %	2.00
1622G	LUZ PILOTO LED 22MM VERDE 12-440VAC AD1622DS	1	2.000	0.00 %	2.00
LUCA-1622	LUZ PILOTO 22MM TEMPERATURA BLANCA 12-450V AD16-22DT/W CNC	1	9.990	0.00 %	9.99
100323888	MODULO EXPANSION LOGO! AMZ RTD 12/24VDC 2AI PT100 6ED1055-1MD00-0BA2 SIEMENS	1	179.000	0.00 %	179.00
100690320	LOGO! 8.3 12/24RC 12/24 4DI/4DO + 4AI 6ED1052-1MD08-0BA1 SIEMENS	1	251.000	0.00 %	251.00
XB2-BA55	PULSADOR 22MM MET SIMPLE AMARILLO NO+NC VOLTIO	1	3.000	0.00 %	3.00
FPB-BA1	PULSADOR 22MM MET SIMPLE VERDE FPB-BA1 CSC	1	2.270	0.00 %	2.27
FPB-BA2	PULSADOR 22MM MET SIMPLE ROJO FPB-BA2 CSC	1	2.270	0.00 %	2.27
PUCA-4000	PULSADOR HONGO 40MM MET LMB-B55 CSC	1	3.100	0.00 %	3.10
RICA-00003	RIEL DIN 35MM ACERO PERFORADO 1MT	1	2.300	0.00 %	2.30
SICA-23022	SIRENA METALICA ROJO A 220VAC 105DB TCZ-230 CSC	1	17.760	0.00 %	17.76
GABE-0033	TABLERO METALICO LIVIANO 30X30X20CM BEAOCOUP	1	36.850	0.00 %	36.85
CE025010	TERMINAL PUNTERA AZUL #14 CE025010 (x100)	1	3.000	0.00 %	3.00
WR126	TERMOCUPLA "J" BULBOL=10CM WR126 CNC	1	16.500	0.00 %	16.50
880600	TRANSMISOR TEMPERATURA 4-20MA TXBLOCK-USB	1	91.000	0.00 %	91.00

FORMA DE PAGO:	CONTADO		
TIEMPO DE ENTREGA:			

SUBTOTAL:	883.43
IVA 5%:	44.17
TOTAL:	927.60

Figura 76. Cotización de Componentes Eléctricos