



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
MEZCLADORA DE INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN
DE DULCE DE MEMBRILLO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN

DIRECTOR: ING. LUIS HIDALGO

Quito, febrero 2020

© Universidad UTE 2019.

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2200056733
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cristian Marcelo Chimarro Durán
DIRECCIÓN:	Av. Las toronjas y ciclones
EMAIL:	crsthian_chima@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	062880-832
TELÉFONO MOVIL:	0983663442

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA DE INGREDIENTES PARA LA ELABORACION DE DULCE DE MEMBRILLO
AUTOR O AUTORES:	CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	febrero 2020
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING. LUIS HIDALGO
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
RESUMEN:	El presente proyecto se realizó con el fin de ayudar a las personas que se dedican hacer este dulce artesanalmente debido a que el proceso es muy extenuante y el mismo uso de la leña causa daños en la salud de los artesanos. Para su desarrollo se dividió en diseño mecánico y diseño del sistema de control. En el diseño mecánico se puede encontrar: una marmita la misma que se diseñó mediante el código asme sección 8, un agitador de paleta tipo ancla a la que se le

transmite el movimiento de giro por medio de un actuador controlado y la estructura que soporta todo el peso de la marmita los cuales fueron diseñados con la ayuda del libro diseño de elementos de máquinas de Robert Mott. En el diseño del sistema de control se desarrolló el software de control mediante la plataforma de Arduino, el cual se cargó en la placa mega 2560 a la que se le añadió un módulo para la pantalla táctil. También está constituido por una electroválvula, una termocupla y un variador de frecuencia. Con la termocupla se tomará mediciones que determinan la temperatura a la que se encuentra el dulce de membrillo para poder apagar o encender la hornilla. Por medio de la programación se desarrolló la interfaz gráfica. Al encender la máquina en la pantalla se podrá visualizar el nombre de la microempresa y las cantidades que se pueden producir, al seleccionar una de las cantidades se abrirá un nuevo menú en el cual se podrá observar las indicaciones y establecer la velocidad del motor en el variador de frecuencia y el tiempo de cocción. Una vez especificado la velocidad y tiempo de cocción se podrá pulsar el botón inicio, con el cual se inicia el proceso. La alimentación para el motor de la máquina será de 220VAC y la de la placa mega 2560 de 12VDC.

PALABRAS CLAVES:

Motor, membrillo, temperatura, mega 2560, pantalla táctil

ABSTRACT:

This project was carried out in order to help people who are dedicated to making this candy by hand because the process is very strenuous, and the use of firewood causes damage to the health of artisans. For its development it was divided into mechanical design and control system design. In the mechanical design you can find: a kettle that was designed using the asme code section 8, an anchor-type paddle agitator to which the turning movement is transmitted by means of a controlled actuator and the structure that supports everything the weight of the kettle which were designed with the help of Robert Mott's machine design book. In the design of the control system, the control software was developed using the Arduino platform, which

was loaded on the mega 2560 board to which a module for the touch screen was added. It also consists of a solenoid valve, a thermocouple and a frequency inverter. With the thermocouple, measurements will be taken that determine the temperature at which the quince jam is to be able to turn the burner on or off. The graphic interface was developed through programming. When turning on the machine on the screen you can see the name of the microenterprise and the quantities that can be produced, selecting one of the quantities will open a new menu in which you can observe the indications and set the engine speed in the Variable frequency and cooking time. Once the speed and cooking time have been specified, the start button can be pressed, with which the process starts. The power for the motor of the machine will be 220VAC and the mega 2560 board of 12VDC.

KEYWORDS

Motor, quince, temperature, mega 2560, touch screen

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____

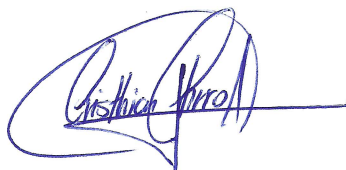
CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN
C.I. 220005673-3

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN**, CI 220005673-3 autor del proyecto titulado: **Diseño y construcción de una máquina mezcladora de ingredientes para elaboración de dulce de membrillo** previo a la obtención del título de **INGENIERO EN MECATRÓNICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, febrero de 2020



f: _____

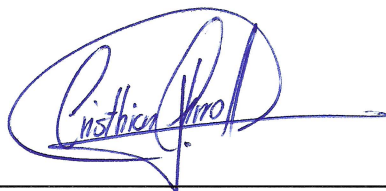
CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN

C.I. 220005673-3

DECLARACIÓN

Yo **CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

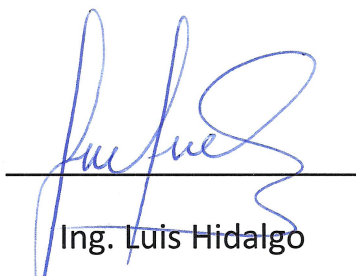


CRISTIAN MARCELO CHIMARRO DURÁN

C.I. 2200056733

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor de tesis de grado certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de una máquina mezcladora de ingredientes para la elaboración de dulce de membrillo**”, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Cristian Marcelo Chimarro Durán**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Luis Hidalgo', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Ing. Luis Hidalgo
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 170772143-5

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mis padres que, con apoyo incondicional, amor, confianza y sacrificio en todos estos años permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A mis hermanas y hermano por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A toda mi familia que con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes y ser el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De manera especial a mis Padres que con su esfuerzo y dedicación me enseñaron que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

De igual forma, agradezco a mi Director de tesis Ing. Luis Hidalgo, que gracias a su experiencia, conocimiento, consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

A los ingenieros Daniel Mideros y Vladimir Bonilla, gracias a su asesoría y compromiso se desarrolló de la mejor manera este trabajo.

Agradezco a todos los docentes que con sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional.

Y por supuesto a mi querida Universidad y todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1.INTRODUCCIÓN	9
1.1. EL MEMBRILLO	5
2.METODOLOGÍA Y DISEÑO	10
2.1.REQUERIMIENTOS	10
2.1.1. FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD	11
2.2.DISEÑO DEL SISTEMA	12
2.2.1. DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL DE LA MÁQUINA	12
2.2.2. ALTERNATIVA DE DISEÑO	13
2.2.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA MÁQUINA	15
2.3.DISEÑO MECÁNICO	16
2.3.1. MODELO CAD DE LA MÁQUINA	17
2.3.2. DISEÑO DE LA MARMITA	17
2.3.3. PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO	19
2.3.4. MÁXIMO ESFUERZO PERMISIBLE	19
2.3.5. EFICIENCIA DE LA JUNTA	19
2.3.6. CÁLCULOS DE ESPESOR	20
2.3.7. DISEÑO DEL AGITADOR	25
2.3.8. Diseño del eje SOPORTE	30
2.3.9. Diseño de la columna	31
2.3.10. DISEÑO DE LA BARRA HORIZONTAL	33
2.3.11. Selección de Rodamiento	35
2.4.DISEÑO TÉRMICO	36
2.4.1. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DEL PROCESO DE COCCIÓN.	38
2.5.DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	40
2.5.1. diseño DEl Software	43
2.6.SELECCIÓN DE COMPONENTES DE CONTROL.	46
2.6.1. MOTOR PARA EL AGITADOR	46
2.6.1. VARIADOR DE FRECUENCIA	47
2.6.2. MICROCONTROLADOR ATMEGA2560	47
2.6.3. SENSOR DE TEMPERATURA	48
2.6.4. PANTALLA TFT-TOUCH	48
2.7.CONSTRUCCIÓN	49
3.RESULTADO Y DISCUSIÓN	51
3.1.CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA	51
3.2.ANÁLISIS DE COSTO	51
3.2.1. COSTOS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA	52
3.2.2. COSTO DE OPERACIÓN DE FORMA ARTESANAL	53
3.3.PRUEBAS DE LA MÁQUINA	53
3.3.1. VERIFICAR FUNCIONAMIENTO INTERFAZ-USUARIO	53
3.3.2. VERIFICAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	54
3.4.INTERPRETACIÓN DEL SABOR	55
3.5.INTERPRETACIÓN DE OLOR	56

3.6.INTERPRETACIÓN DE COLOR	57
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	59
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Clasificación botánica	5
Tabla 2. Composición química del membrillo	6
Tabla 3. Características fisicoquímicas	7
Tabla 4. Requerimientos	11
Tabla 5. Casa de Calidad	11
Tabla 6. Grado de Referencia	12
Tabla 7. Matriz Morfológica	14
Tabla 8. Evaluación de las Alternativas	15
Tabla 9. Elementos de la máquina	16
Tabla 10. Productos de la mezcla	17
Tabla 11. Densidad de la Mezcla	18
Tabla 12. Definiciones de fórmulas en estado de Operación	20
Tabla 13. Definiciones de fórmulas fuera de operación	22
Tabla 14. Datos válvula de alivio	24
Tabla 15. Datos del manómetro	25
Tabla 16. Características del Agitador	26
Tabla 17. Definiciones de fórmulas para el agitador	26
Tabla 18. Datos de la barra circular	30
Tabla 19. Datos y definiciones para la Columna	31
Tabla 20. Datos del tubo cuadrado para el motor	33
Tabla 21. Duración recomendada	35
Tabla 22. Ubicación Geográfica	37
Tabla 23. Análisis químico proximal	37
Tabla 24. Definiciones para diseño térmico	37
Tabla 25. Modelos predictivos	38
Tabla 26. Definiciones para requerimientos de energía	39
Tabla 27. Descripción de requerimientos	43
Tabla 28. Características Atmega2560	48
Tabla 29. Características de la máquina	51
Tabla 30. Lista de precios	52
Tabla 31. Costo de producción de la máquina	52
Tabla 32. Costo de producción artesanal	53
Tabla 33. Producción artesanal	54
Tabla 34. Producción con la máquina	54
Tabla 35. Tabla de evaluación 1	55
Tabla 36. Tabla de evaluación 2	55
Tabla 37. Escala del sabor	55
Tabla 38. Escala del olor	56
Tabla 39. Escala del color	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Dulce de membrillo	7
Figura 2. Proceso de elaboración del dulce de membrillo	8
Figura 3. Modelo en V	10
Figura 4. Función Global de la máquina	12
Figura 5. Función Principal y Secundaria	13
Figura 6. Diagrama de bloques	16
Figura 7. Vista explosionada de la máquina	17
Figura 8. Vista frontal del tanque interno y externo	21
Figura 9. Agitador paleta tipo ancla	25
Figura 10. Análisis estático del agitador	29
Figura 11. Diagrama de fuerzas del eje horizontal	30
Figura 12. Diagrama de fuerza cortante	30
Figura 13. Diagrama de momento flector	30
Figura 14. Estructura de Soportes de la Marmita	31
Figura 15. Análisis estático de estructura de soporte de la marmita	33
Figura 16. Estructura para el motor	33
Figura 17. Diagrama de Carga distribuida	34
Figura 18. Diagrama de fuerza cortante	34
Figura 19. Diagrama de Momento flector	34
Figura 20. Tubo cuadrado	35
Figura 21. Diagrama esquemático de Elementos de control	40
Figura 22. Diagrama electrónico del motor	41
Figura 23. Diagrama electrónico del sistema de control	42
Figura 24. Modelo MVC	43
Figura 25. Interfaz principal	44
Figura 26. Interfaz secundaria	44
Figura 27. Diagrama de proceso	45
Figura 28. Máquina ensamblada	49
Figura 29. Máquina y caja de control	50
Figura 30. Gráfico de Sabor	56
Figura 31. Gráfico del olor	57
Figura 32. Gráfico del color	58

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO 1. Propiedades del acero	64
ANEXO 2. Figura g y HA-1	66
ANEXO 3. Factor M	67
ANEXO 4. Correlacion de potencia de agitadores	68
ANEXO 5. Tubo cuadrado en acero inoxidable	69
ANEXO 6. Planos	70

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el fin de ayudar a las personas que se dedican hacer este dulce artesanalmente debido a que el proceso es muy extenuante y el mismo uso de la leña causa daños en la salud de los artesanos. Para su desarrollo se dividió en diseño mecánico y diseño del sistema de control. En el diseño mecánico se puede encontrar: una marmita la misma que se diseñó mediante el código ASME sección 8, un agitador de paleta tipo ancla a la que se le transmite el movimiento de giro por medio de un actuador controlado y la estructura que soporta todo el peso de la marmita los cuales fueron diseñados con la ayuda del libro diseño de elementos de máquinas de Robert Mott. En el diseño del sistema de control se desarrolló el software de control mediante la plataforma de Arduino, el cual se cargó en la placa mega 2560 a la que se le añadió un módulo para la pantalla táctil. También está constituido por una electroválvula, una termocupla y un variador de frecuencia. Con la termocupla se tomará mediciones que determinan la temperatura a la que se encuentra el dulce de membrillo para poder apagar o encender la hornilla. Por medio de la programación se desarrolló la interfaz gráfica. Al encender la máquina en la pantalla se podrá visualizar el nombre de la microempresa y las cantidades que se pueden producir, al seleccionar una de las cantidades se abrirá un nuevo menú en el cual se podrá observar las indicaciones y establecer la velocidad del motor en el variador de frecuencia y el tiempo de cocción. Una vez especificado la velocidad y tiempo de cocción se podrá pulsar el botón inicio, con el cual se inicia el proceso. La alimentación para el motor de la máquina será de 220VAC y la de la placa mega 2560 de 12VDC.

Palabras Claves: Motor, membrillo, temperatura, mega 2560, pantalla táctil

ABSTRACT

This project was carried out in order to help people who are dedicated to making this candy by hand because the process is very strenuous and the use of firewood causes damage to the health of artisans. For its development it was divided into mechanical design and control system design. In the mechanical design you can find: a kettle that was designed using the asme code section 8, an anchor-type paddle agitator to which the turning movement is transmitted by means of a controlled actuator and the structure that supports everything the weight of the kettle which were designed with the help of Robert Mott's machine design book. In the design of the control system, the control software was developed using the Arduino platform, which was loaded on the mega 2560 board to which a module for the touch screen was added. It also consists of a solenoid valve, a thermocouple and a frequency inverter. With the thermocouple, measurements will be taken that determine the temperature at which the quince jam is to be able to turn the burner on or off. The graphic interface was developed through programming. When turning on the machine on the screen you can see the name of the microenterprise and the quantities that can be produced, selecting one of the quantities will open a new menu in which you can observe the indications and set the engine speed in the Variable frequency and cooking time. Once the speed and cooking time have been specified, the start button can be pressed, with which the process starts. The power for the motor of the machine will be 220VAC and the mega 2560 board of 12VDC.

Key Words: Motor, quince, temperature, microcontroller, touch scree

1. INTRODUCCIÓN

Una máquina es un conjunto de elementos que por medio de una energía de entrada proporciona una energía de salida que cumple una función productiva, principal o auxiliar. Esta energía puede ser energía cinética de elementos en movimiento o de otras formas de energía (Escobar, 2014).

El diseño y construcción de la máquina mezcladora de ingredientes para elaboración de dulce de membrillo tiene el fin de poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, que ayudarán a darle solución al problema que existe entre los pequeños productores del dulce de membrillo. En el mercado ecuatoriano no se encuentra una máquina con los requerimientos y un costo accesible para facilitar la producción del dulce de membrillo.

A nivel internacional en la industria de la confitería se usan marmitas de vapor directo y auto generadoras de vapor para la producción de diferentes tipos de dulces, se puede encontrar diferentes marcas como, Fagor, Hamilton kettles, Groen, Ozti, Zanussi y Cleveland Range, que producen marmitas. En Sudamérica uno de los países que se dedican a la fabricación de marmitas es Colombia en el cual se pueden encontrar empresas como; Industrial Taylor, Citalsa, MGC & Cia. Sus precios están entre los 10 000 y 25 000 dólares.

En el mercado ecuatoriano se encontraron máquinas con las siguientes características:

Máquina 1 para mermelada de la marca Interinox cuenta con una marmita fija a su estructura de vapor directo, capacidad máxima de 35 litros, válvula de esfera para evacuar el producto.

Máquina 2 para mermeladas de la marca Citalsa cuenta con una marmita fija a su estructura de vapor directo, capacidad máxima de 50 litros, válvula de esfera para evacuar el producto y cuchareta de 80 cm de largo.

Máquina 3 para mermeladas de la marca Citalsa cuenta con una marmita móvil de vapor directo, capacidad de 30 litros, válvula de esfera para evacuar el producto y una boca de pato en borde de la marmita por si se desea voltear la marmita para desalojar el producto, un motor de $\frac{1}{2}$ hp, un agitador tipo hélice de tres aspas.

Máquina 4 para majar de la marca Groen cuenta con una marmita fija a su estructura, auto generadora de vapor por medio de resistencias, control automático de encendido y apagado, válvula de esfera para evacuar el producto, motor de 1 hp con un agitador tipo turbina y una capacidad de 40 litros.

Para el desarrollo de este proyecto es necesario diseñar una marmita con una capacidad mayor a 30 litros auto generadora de vapor con una estructura que permita voltearla y un sistema de agitación todo esto sería ideal para los artesanos que se dedican a la elaboración del dulce de membrillo debido a que en el mercado no se cuenta con una máquina que cumpla estos requisitos.

Una marmita es un recipiente metálico de forma cilíndrica, utilizado para la cocción de alimentos u otros productos. Estas pueden diferenciarse de otros receptáculos debido a que se encuentran estructurados con una doble pared, por los cuales se pone a circular un fluido térmico que corrientemente es vapor de agua, mediante el cual se calienta de forma mediata el producto controlando su temperatura, la cual se limita a 100°C- 150°C de acuerdo a la presión de saturación del vapor puesto a circular (Manrique, 2015).

Como lo explica Manrique el agua pasa a condensarse al interior de la marmita se vacía y regresa por bombeo, por lo que genera nuevamente vapor, por lo que se denomina “marmita de vapor directo, y opera en un sistema de calentamiento centralizado”(Manrique, 2015). Como variante a esto se encuentra la marmita auto generadora de vapor, en la cual hay una modificación para preparar un calentamiento que puede ser por combustión o por resistencia eléctrica. Esto aprovecha que el vapor se condensa dentro de la misma chaqueta en la cual se evapora, por lo cual no requiere bombeo.

El proceso del dulce de membrillo, por lo general se lo realiza de forma artesanal, se utiliza leña, una paila grande y una paleta de 1.7 metros, el proceso del dulce de membrillo provoca que la persona tome posiciones ergonómicas inadecuadas que con el tiempo producen enfermedades como: conjuntivitis, cataratas, desprendimiento de retina, tendinitis de hombro, epicondilitis lateral. Por este motivo se diseñará y construirá la máquina mezcladora de ingredientes para la elaboración del dulce de membrillo.

El diseño y construcción de esta máquina está basado en los requerimientos de los productores del dulce de membrillo. La máquina mezcladora de ingredientes para elaboración de dulce de membrillo contara con una marmita auto generadora de vapor, un encendido electrónico, un sistema de agitación, un sistema de volcamiento para la descarga del producto final y controles como son: temperatura, tiempo de cocción, cantidad actual de producción.

Para la construcción de la máquina se utilizará acero inoxidable 304 que es el más adecuado ya que estará en contacto con alimento, una hornilla que será la que proporcione el calor necesario para la cocción esta será controlada por una electroválvula, un variador de frecuencia que será el que controle la velocidad rotacional del motor, tarjeta electrónica para el control de la

máquina. A la tarjeta estarán conectados los sensores que ayudarán a ver la temperatura y cantidad de producción.

Para incrementar la producción y calidad del dulce de membrillo el objetivo general es:

Diseñar y construir una máquina mezcladora de ingredientes para elaboración de dulce de membrillo.

Para el cumplimiento adecuado del mismo se han determinado los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar el sistema mecánico.
- Diseñar el sistema eléctrico
- Diseñar el sistema de control automático y monitorización de la cocción.
- Diseñar una interfaz que permita al usuario el manejo de la máquina.
- Construcción del prototipo
- Validar con pruebas de funcionamiento

1.1. EL MEMBRILLO

El membrillo es un frutal caducifolio, en bibliografía se le conoce como *Cydonia vulgaris*, en el país se le conoce a la especie como *Cydonia oblonga* Mill originaria de Europa Meridional, fue traído a Ecuador por los conquistadores, adaptándose al medio en forma óptima. Como se puede observar en la tabla 1 se exponen los elementos que clasifican al membrillo según sus características botánicas

Tabla 1. Clasificación botánica

MEMBRILLO	
División	Embriofita
Sub División	<i>Tracheopita</i>
Clase	<i>Pteroside</i>
Sub Clase	<i>Dicotiledónea</i>
Orden	Rosales
Familia	Rosácea
Subfamilia	<i>Pomoideae</i>
Genero	<i>Cydonia</i>
Especie	<i>Cydonia oblonga</i>

(Aliaga, 2014)

El *Cydonia oblonga* Mill, perteneciente a la familia de las Rosáceas. Es un árbol de tamaño pequeño a mediano (de 3 a 4 metros) parecido al manzano, sus ramas son retorcidas cubiertas por un vello ceniciento en su fase juvenil; sus hojas son ovada, enteras, caducas con estipulas; y tienen grandes flores blancas que crecen en los extremos de las ramas jóvenes.

Su fruta es muy atractiva por su color amarillo y su forma física esta entre manzana y pera en sus primeras fases de desarrollo está cubierta por una pelusa, Su fruto posee un atractivo olor, pero necesariamente debe pasar por un proceso de cocción ya que su carne es dura, áspera y acida.

El membrillo posee una gran cantidad de fibras, hidratos de carbono y es un 84% agua. Es rico en magnesio, calcio, potasio, cobre, fosforo, hierro, azufre. Todo esto hace que se recomiende a las personas que sufren de trastornos gástricos o úlceras, hernias de hiato; para cortar la diarrea o como antiinflamatorio. Composición química por 100 gramos de pulpa del membrillo se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Composición química del membrillo por 100 gramos de pulpa

CONSTITUYENTE	UNIDAD	*A	*B
Humedad	gr.	82.4	86.9
Proteína	gr.	0.6	0.3
Grasa	gr.	0.3	0.1
Carbohidratos	gr.	16.3	11.5
Fibra	gr.	2.2	1.3
Ceniza	gr.	0.4	1.2
Vitamina A	mg.	10.0	-
Tiamina	mg.	0.03	0.06
Riboflavina	mg.	0.03	0.02
Niacina	mg.	0.04	0.23
Vitamina C	mg.	17.0	12.5
Calcio	mg.	6.0	9.0
Fósforo	mg.	15.0	29.0
Hierro	mg.	0.6	0.7
Valor energético (calorías)		63	43

*A Composición de alimentos para América Latina (FAO, 1961)

*B Composición de alimentos peruanos (Collazos, et al, 1975).

(Aliaga, 2014).

El membrillo posee características propias que se pueden expresar a través de conceptos científicos que describan los elementos físicos o químicos que lo componen, esto es relevante al momento del procesamiento del mismo, ya

que puede determinar los procesos que se deben seguir para obtener el producto deseado. El análisis fisicoquímico del membrillo se realizó a través de una muestra de 100 gramos de partes comestibles del fruto, lo que dio como resultado, los valores que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Características fisicoquímicas

COMPONENTES	RESULTADOS %
Humedad	82.7
Sólidos totales	17.3
Sólidos solubles (Briz)	12
PH	3.6
Acidez titulable (ác. Málico)	0.43
Índice de madurez(°Bx/ac titulable)	30.20
Vitamina C (ác. Ascórbico reducido)	13.06 (mg)
Pectina(como pectato de calcio)	0.51
Azúcares reductores (como glucosa)	12.56
Azúcares totales (como glucosa)	15.95
Almidón	0.83
Índice de flujo (n)	0.17
Índice de consistencia (m) en P _a S	74.84

(Aliaga, 2014).

DULCE DE MEMBRILLO

El membrillo se cultiva en la región sierra por temporadas. El fruto tiene un color amarillo, con pequeñas semillas en su interior, su pulpa suele ser áspera y granulosa. Para obtener el dulce de membrillo se hierve la pulpa con azúcar y jugo de limón, como se observa en la figura 1 el dulce culminado.



Figura 1. Dulce de membrillo
(Ramírez, 2018)

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL DULCE DE MEMBRILLO.

El dulce de membrillo se elabora se acuerdo a unos pasos que constituyen un proceso de elaboración como se describe en la figura 2.

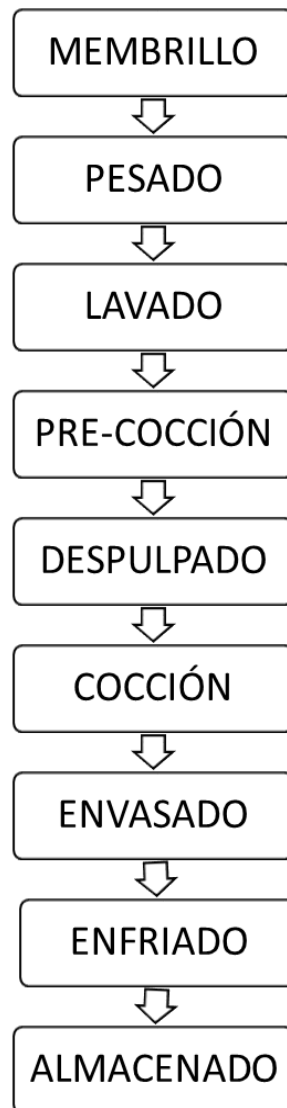


Figura 2. Proceso de elaboración del dulce de membrillo

Descripción del proceso del dulce de membrillo

Materia prima: El membrillo debe presentar un aspecto carnosos, su piel debe tener una consistencia y textura firme y parcialmente amarilla. Se tiene que rechazar los membrillos duros y verdes (inmaduros).

Selección y Pesado: Se selecciona la materia prima basándose en las características descritas en materia prima.

Lavado: Lavar la fruta con agua

Desinfección: Por cada litro de agua poner 112 ml de vinagre blanco y dejar reposar por 20 min.

Precocción: Se sumerge la fruta en agua a ebullición durante 5 minutos, con el propósito de inactivar las enzimas que oscurecen la fruta y cambio de sabor, permitiendo ablandar el membrillo y facilitar el despulpado.

Despulpado: una vez que la fruta paso por el proceso de escaldado con la ayuda de un cernidor se separa la pulpa de la semilla.

Cocción: La pulpa obtenida se traslada a la olla de cocimiento y se cocina a una temperatura superior a los 80°C de 3 a 4 horas.

Envasado: después de terminar el proceso de cocción se le deja reposar por 15 min para proceder a su envasado.

Almacenado: Una vez que se han envasado se los apila en un lugar limpio y fresco para su mejor conservación.

2. METODOLOGÍA Y DISEÑO

Para el desarrollo del proyecto se sigue la metodología en V el cual describe las actividades y resultados que han de ser producidos, durante el desarrollo del proyecto. Primero se analiza las necesidades del stakeholder para determinar qué objetivos debe cumplir.

En la siguiente etapa (diseño de sistema) se realiza una conceptualización de la máquina, con la conceptualización de la máquina se aborda la etapa de diseño específico en esta etapa se emplea la ingeniería eléctrica, mecánica y control, las cuales permiten dimensionar la máquina.

Una vez concluida con la etapa de diseño específico se procede con la etapa de integración donde se unen todas las partes en una sola dando lugar a la máquina y la última etapa es la validación y comprobación en esta etapa se realizan pruebas para verificar que el producto final cumpla los requerimientos del stakeholder, como se observa en la figura 3 modelo en V.

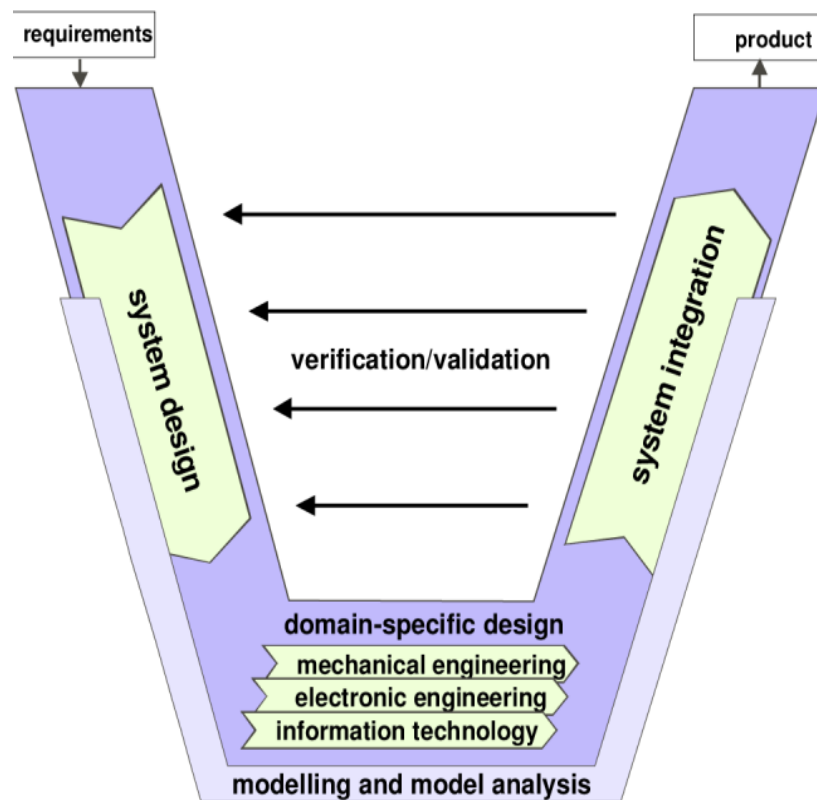


Figura 3. Modelo en V
(Deutscher, 2014)

2.1. REQUERIMIENTOS

Para cumplir con los objetivos planteados, el stakeholder presenta unas necesidades. Estas pueden apreciarse en la tabla 4 como sigue a continuación:

Tabla 4. Requerimientos

PARAMETROS	DESCRIPCIÓN
Capacidad de producción	La máquina debe ser capaz de procesar 15kg cada 4 horas.
Dimensiones de la máquina	Dimensiones máximas en el área de trabajo: ancho 1m, alto 1.65m y largo 1m.
Alimentación eléctrica	La máquina puede operar en 110 VAC o en 220VAC, 60 Hz.
Tiempo de operación	La máquina debe tener capacidad para trabajar 8 horas.
Interfaz de control	Tablero para controlar las funciones de la máquina.
Limpieza y facilidad de montaje	Debe ser de fácil ensamble para permitir una buena limpieza.

2.1.1. FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD

Representación gráfica para el diseño para la calidad que busca enfocar el diseño del producto y como estos se alinean con las necesidades del cliente, tal como se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5. Casa de Calidad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS REQUERIMIENTOS	Consumo de energía	Materiales	Diseño	Mantenimiento	Control	Ensamble	Manufactura	Crterios ponderados
Bajo costo	1	5	5	1	3	3	5	23
Buena calidad	0	5	5	1	3	5	5	24
Producción	5	5	5	0	3	5	5	28
Tiempo de Operación	3	3	5	1	5	1	3	21
Dimensiones de la máquina	3	5	5	0	0	5	5	23
Seguridad de la máquina	5	5	5	1	5	5	5	31
Operación Semiautomática	5	1	3	1	5	3	3	21
Fácil de limpiar	0	5	5	3	0	1	5	19
Crterios ponderados	22	34	38	8	24	28	36	

Seguidamente, puede valorarse el grado de referencia, al cual se le asigna un puntaje o valor tal como se demuestra en la tabla 6.

Tabla 6. Grado de Referencia

INTERPRETACIÓN	VALOR
Ninguna	0
Baja	1
Media	3
Alta	5

Mediante el análisis de la casa de calidad se identifica que para el cliente los requerimientos más importantes son la seguridad de la máquina y su capacidad de producción.

Para asegurar que estos requerimientos se cumplan se debe garantizar el adecuado diseño de cada una de sus partes y un adecuado proceso de fabricación de estas.

2.2. DISEÑO DEL SISTEMA

2.2.1. DESCOMPOSICIÓN FUNCIONAL DE LA MÁQUINA

La descomposición funcional de la máquina ayudará a conocer e identificar de manera más clara la función global y las funciones principales y secundarias.

Función global

En la figura 4 se muestra de manera general las entradas y salida de la máquina mezcladora de ingredientes para elaboración de dulce de membrillo.

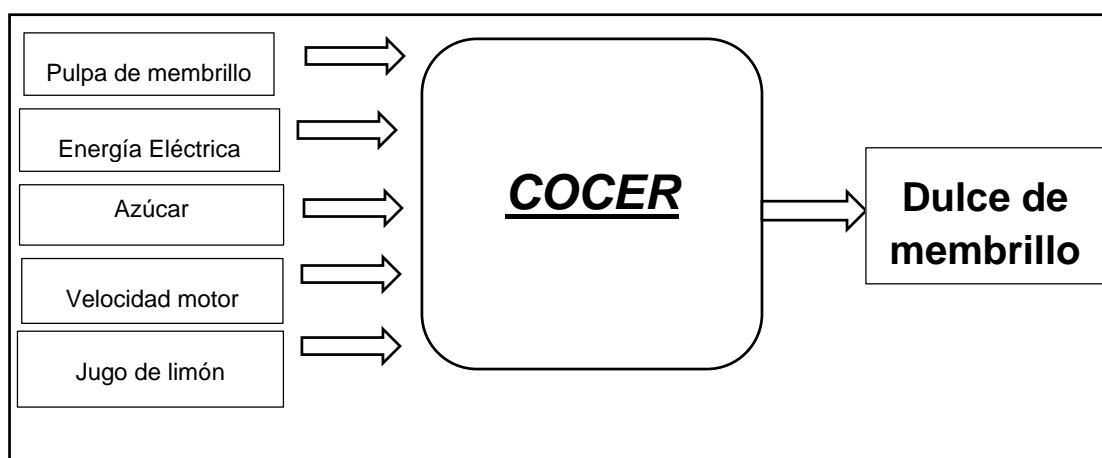


Figura 4. Función Global de la máquina

Funciones principales y secundarias

La función general se descompone en funciones y subfunciones las cuales sirven como entradas para otras funciones como se puede ver en la figura 5.

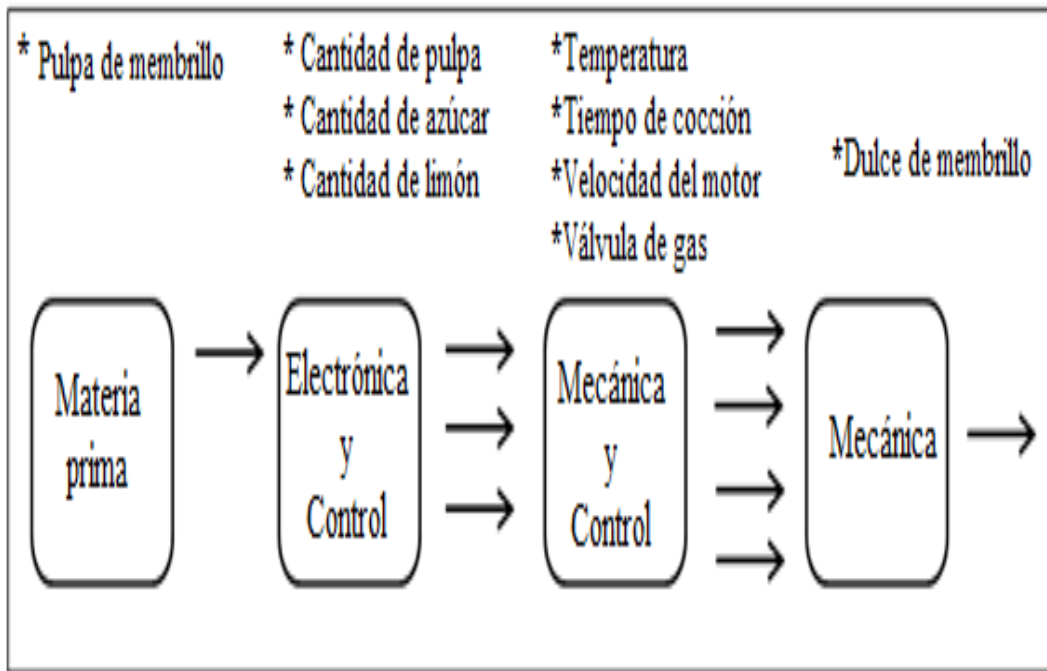



Figura 5. Función Principal y Secundaria

2.2.2. ALTERNATIVA DE DISEÑO

Por medio de la matriz morfológica se analiza la forma que puede llegar a tener un producto o una máquina como se logra observar en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz Morfológica

SUB-FUNCIONES	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Panel de control			
Controlador			
Motor			
Agitador			
Estructura			
Olla			

Evaluación de las alternativas

Mediante el método de valores ponderados se realizará un análisis cuantitativo con el cual se compara entre diferentes alternativas para determinar una o varias alternativas aceptables, como se observa en la tabla 8.

Tabla 8. Evaluación de las Alternativas

ALTERNATIVA CRITERIO	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 1 ponderado	Alternativa 1 ponderado	Alternativa 1 ponderado
Bajo costo	0.5	8	6	7	4	3	3.5
Buena calidad	1.0	8	7	6	8	7	6
Producción	1.00	7	7	7	7	7	7
Tiempo de Operación	0.75	8	5	7	6	3.75	5.25
Dimensiones de la máquina	0.70	8	6	6	5.6	4.2	4.2
Seguridad de la máquina	1.00	7	7	7	7	7	7
Operación Semiautomática	1.00	9	6	6	9	6	6
Fácil de limpiar	0.75	9	7	7	6.75	5.25	5.25
Criterios ponderados					53.35	43.2	44.2

Al evaluar las alternativas, la mejor alternativa es la alternativa 1, debido a que satisface los criterios más importantes para el cliente, de esta manera se obtiene la solución conceptual que se utilizará como base para el diseño en las posteriores fases.

2.2.3. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA MÁQUINA

La máquina está conformada por una marmita en la cual por medio de un agitador de paleta tipo ancla se realiza la mezcla, con la ayuda de un motor, al cual se le regula la velocidad por medio de un variador de frecuencia.

La marmita se encuentra sobre una estructura que soporta todo el peso, en esta se encuentra incorporada un quemador alimentado por gas natural, el cual es controlado por una electroválvula. El variador de frecuencia, la electroválvula y un sensor de temperatura son controlados por el microcontrolador. En la figura 6 se puede apreciar todas las subfunciones que componen la máquina.

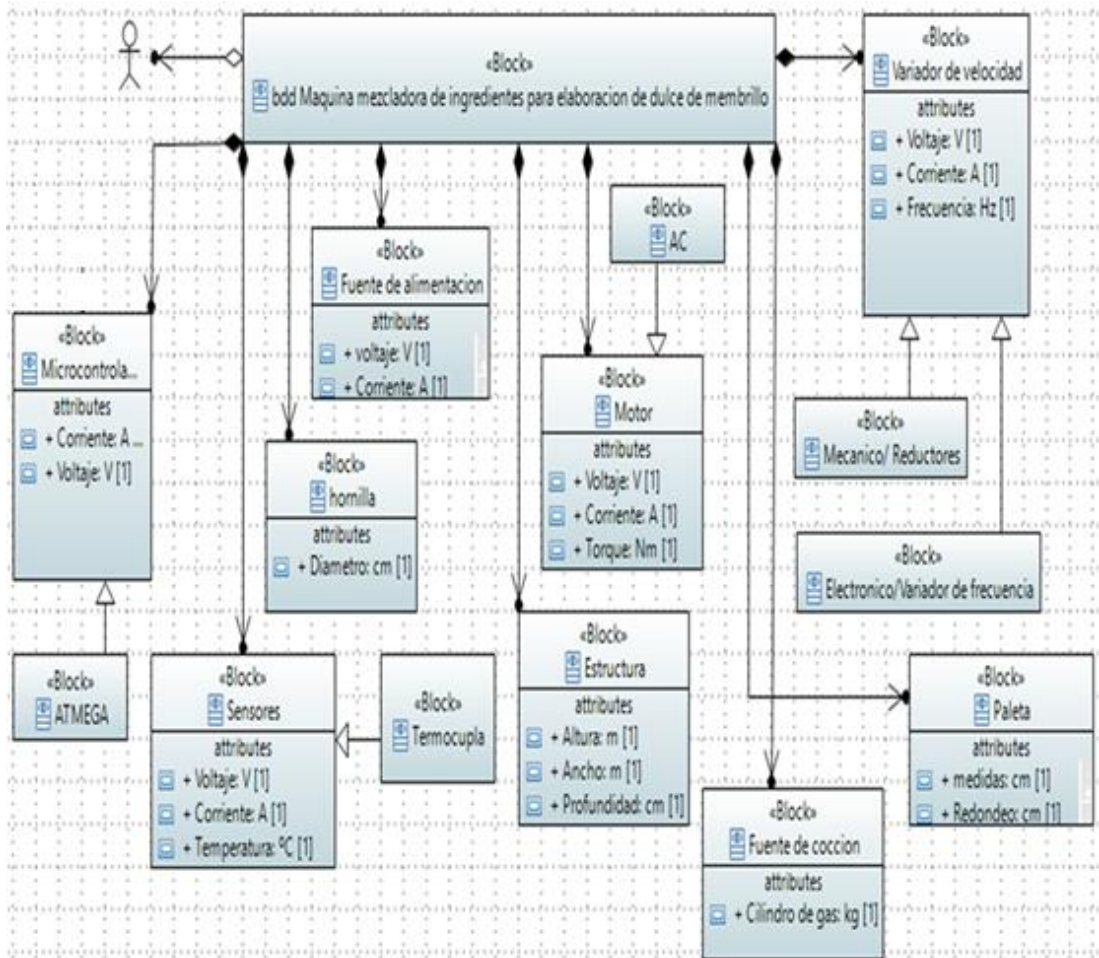


Figura 6. Diagrama de bloques

2.3. DISEÑO MECÁNICO

Es la concepción del funcionamiento de una máquina mediante la elección de forma, dimensiones, materiales y tecnología de fabricación. Se propone que el sistema mecánico tenga los siguientes elementos

Tabla 9. Elementos de la máquina

ITEM	ELEMENTO	ITEM	ELEMENTO
1	Estructura	7	Base hornilla
2	Marmita	8	Motorreductor
3	Agitador	9	Motor
4	Rodamiento	10	Eje soporte
5	Tapa	11	Válvula de alivio
6	Hornilla	12	Manómetro

En la tabla 9 se puede observar todos los elementos que constituyen la máquina.

2.3.1. MODELO CAD DE LA MÁQUINA

Como se observa en la figura 7 el modelo de la máquina para la elaboración de los dulces de membrillos

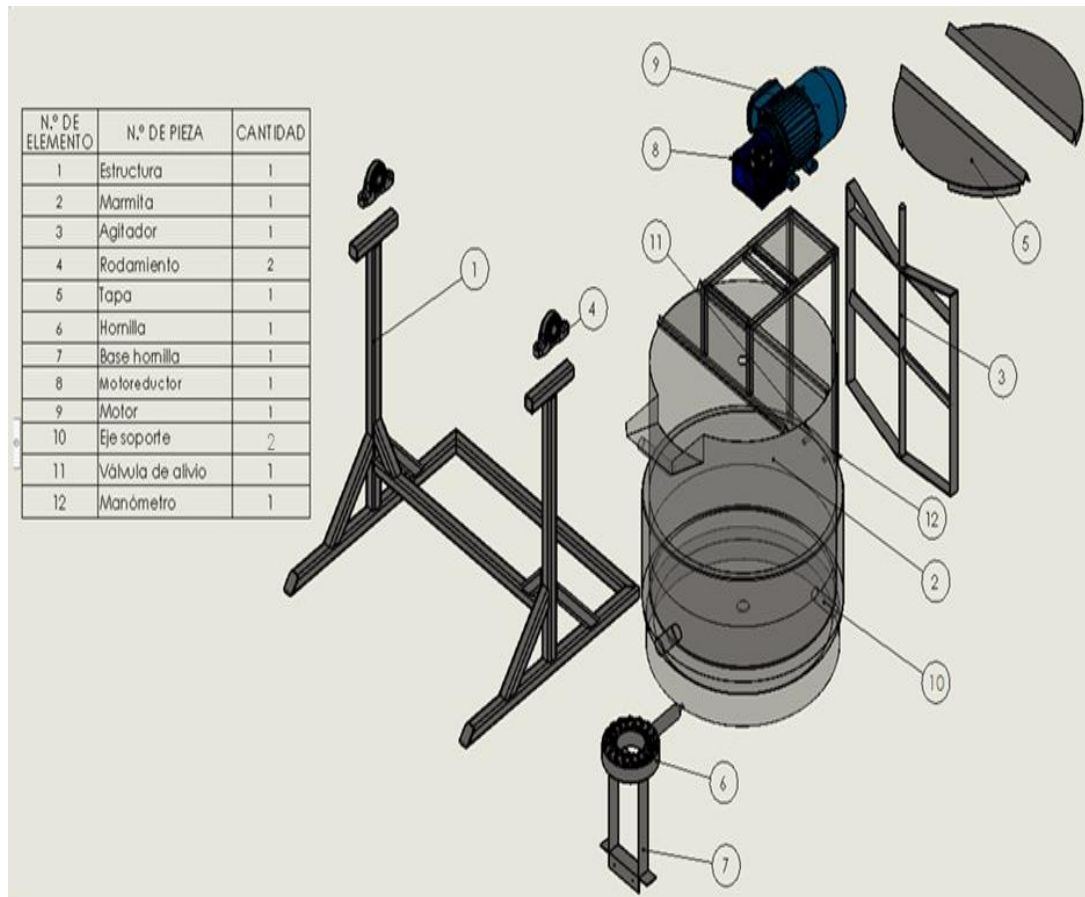


Figura 7. Vista explosionada de la máquina

2.3.2. DISEÑO DE LA MARMITA

Al ser la marmita un recipiente que va a trabajar con vapor a presión, su diseño debe basarse en las reglas del código ASME sección VIII para calderas y recipientes a presión. En la tabla 10 se observa la capacidad máxima de esta.

Tabla 10. Productos de la mezcla

MATERIAL	MASA	PORCENTAJE
Pulpa de membrillo	110kg	55.08%
Azúcar	88kg	44.07%
Jugo de limón	1.7 kg	0.85%
Total	199.7 \cong 200 kg	100%

En la tabla 11 se puede apreciar la densidad de la mezcla.

Tabla 11. Densidad de la Mezcla

MATERIAL	DENSIDAD	PORCENTAJE
Pulpa de membrillo	1130 kg/m ³	55.08%
Azúcar	1587 kg/m ³	44.07%
Jugo de limón	1031.33 kg/m ³	0.85%
Densidad de la mezcla	1330,6 kg/m³	

$$v = \frac{m}{\rho} = 0.1503 \text{ m}^3 \quad [1]$$

Dónde:

m = masa

ρ = densidad

v = volumen

Para encontrar la capacidad de la marmita por seguridad se usará el 70% de su capacidad de esta manera se satisface también la presencia del agitador en el tanque.

$$V_t = \frac{0.1503}{0.7} = 0.2147 \text{ m}^3$$

Para las dimensiones de la parte cilíndrica de la marmita se usa la ecuación 2 y la relación de diámetro igual a la altura (Manrique, 2015).

$$V_t = \pi * \frac{D_i^2}{4} * h \quad [2]$$

$$h = D_i$$

$$D_i = \sqrt[3]{4 * 0.2147 / \pi} = 0.649 \text{ m}$$

$$h = 0.649 \text{ m}$$

Para la facilidad de su manufactura la magnitud del diámetro y altura se aproximará y se comprobará que efectivamente cuente con un 30% de volumen extra.

$$V_R = \pi * \frac{0.65^2}{4} * 0.65 = 0.2156\text{m}^3$$

$$V_R = \frac{0.1503}{0.2156} * 100\% = 70\%$$

2.3.3. PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO

El código ASME Sección VIII división 1 (UG-20) y (UG-21) establece una presión de diseño de 50 Psi (U-1 (i)) y como temperatura de diseño, se tomará la temperatura de Saturación del Vapor de agua, tomando como referencia la presión de diseño

$$P_d = 50 \text{ Psi}$$

De acuerdo a las tablas de vapor, Formulación IAPWS-IF97, la temperatura de diseño es;

$$T_d = 280^\circ\text{F}$$

Dónde:

T_d = Temperatura de diseño

P_d = Presión de diseño

Cuando la marmita se encuentra fuera de operación el código ASME sección VIII división 1 en el apéndice 3.2 expone la condición full vacuum donde la presión interna es 0 Psi y la presión externa absoluta en el recipiente es 15Psi.

2.3.4. MÁXIMO ESFUERZO PERMISIBLE

ASME BVPC en la sub-parte 1 de la Sección II, Parte D determina el máximo esfuerzo permisible en función de la temperatura de operación de 138.35°C [280°F], para el acero inoxidable 304. (Ver Anexo 1)

$$S=15340 \text{ [Psi]}$$

2.3.5. EFICIENCIA DE LA JUNTA

ASME sección VIII división 1 en el apéndice 19-4 establece que, para el diseño de marmitas, las juntas soldadas categoría A y B en contacto con productos de la combustión, será de tipo I de la tabla de ASME sección VIII división 1 [UW-12]. Al no exigir inspección por radiografía la eficiencia de la junta será: $E= 0.70$.

2.3.6. CÁLCULOS DE ESPESOR

Para calcular el espesor de los cilindros cuando se encuentran en operación se usa las fórmulas del código ASME Sección VIII división 1 [UG-27(c)], en la tabla 12 se puede encontrar la definición de los símbolos de cada fórmula.

Tabla 12. Definiciones de fórmulas en estado de Operación

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
P	Presión de operación (50 Psi)
R	Radio
S	Esfuerzo permisible
E	Eficiencia de la junta
t	Espesor asumido para cabeza cónica (4mm)
T	Espesor cabeza toriesférico
Tc1	Espesor tanque interno
Tc2	Espesor tanque externo
L _t	Radio de la cabeza toriesférico
M	Factor M relación del cabezal escogido Anexo 3
α	Angulo de la cabeza cónica (60°)
D	Diámetro interno tanque interno (25.5906 in)
D	Diámetro interno tanque externo (27.56 in)
D _L	Diámetro exterior de la sección cónica (25.9055 in)
t _e	Espesor efectivo de la sección cónica (0.07874 in)
l _e	Longitud equivalente de la cabeza cónica (1.461721 in)
D _S	Diámetro interior de la sección cónica (1.5748 in)
L	Longitud axial de la cabeza cónica (2.75591in)
l _e /D _L	0.056 (relación)
D _L /t _e	329 (relación)
A	Factor A Ver anexo 2 (0.0072)
B	Factor B Ver anexo 2 (13000 Psi)

En la figura 8 se observa la vista frontal tanto interna como externa de la máquina.

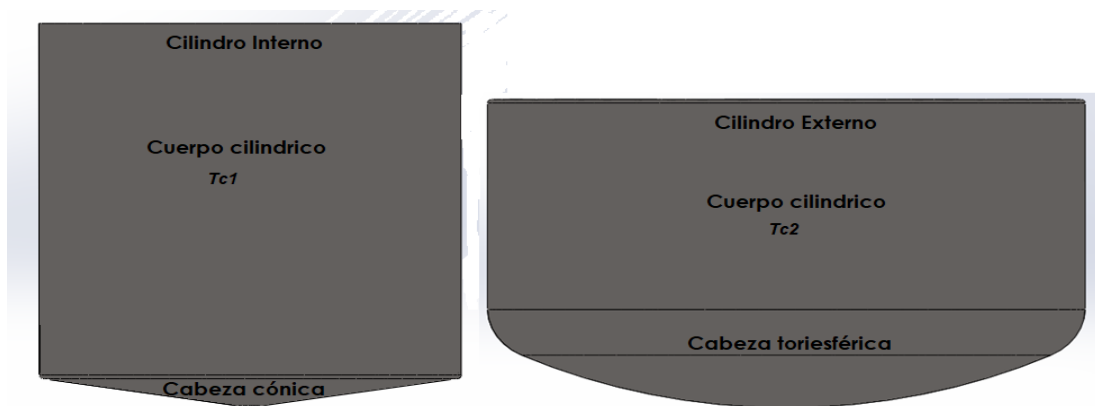


Figura 8. Vista frontal del tanque interno y externo que componen la marmita

Espesor de los cilindros según el esfuerzo circunferencial. Cuando P no exceda 0.385SE, se aplica la fórmula:

$$T_C = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0.6 \cdot P} \quad [3]$$

$$T_{C1} = 0.05974 \text{ in} = 1.51 \text{ mm}$$

$$T_{C2} = 0.06434 \text{ in} = 1.63 \text{ mm}$$

Espesor de los cilindros según el esfuerzo longitudinal. Cuando P no excede 1.25SE se aplica la siguiente fórmula:

$$T_C = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0.4 \cdot P} \quad [4]$$

$$T_{C1} = 0.02976 \text{ in} = 0.76 \text{ mm}$$

$$T_{C2} = 0.0321 \text{ in} = 0.82 \text{ mm}$$

Para calcular el espesor de la cabeza cónica cuando $\alpha \leq 60^\circ$ y $D_I/t_e \geq 10$ se usa las fórmulas del código ASME Sección VIII división 1 [UG-33(f)] siguiendo los siguientes pasos:

- Se asume un valor de t y se calcula t_e y l_e
- $t_e = \cos \alpha \cdot t$ y $l_e = (L/2)(1 + D_s/D_L)$
- Se determinan los valores de: l_e/D_L y D_L/t_e
- Se determina el factor A usando la figura G de la sub-parte 3 del código ASME Sección II, Parte D, ver Anexo 2, donde l_e/D_L es l/D_o y D_L/t_e es D_o/t
- Con el factor A se determina el valor del factor B en la figura HA-1 (Ver Anexo 2)

Con el valor de B, se determina la máxima presión interna admisible (P_a).

$$P_a = \frac{4*B}{3*\frac{D_i}{t_e}} \quad [5]$$

$$P_a = 52.68 \text{ Psi}$$

En el código ASME Sección VIII división 1 Apéndice 1-4 (d) se puede encontrar las fórmulas Para calcular el espesor de la cabeza toriesférica del tanque externo.

$$L_t = 0.9 * D$$

$$r = 0.085 * L_t$$

$$T = \frac{P*L_t*M}{2*S*E-0.2*P} \quad [6]$$

$$T = 0.0935 \text{ in} = 2.3\text{mm}$$

Se calculará de nuevo los espesores del tanque cónico y del tanque toriesférico cuando estos se encuentran fuera de operación (Condición Full vacuum), se puede observar la definición de las fórmulas de fuera de operación en la tabla 13.

Tabla 13. Definiciones de fórmulas fuera de operación

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
P_a	Presión admisible
D_{o1}	Diámetro exterior tanque interno (25.748 in)
D_{o2}	Diámetro exterior tanque externo (27.7165 in)
D	Diámetro interno tanque interno (25.5906 in)
t	Espesor asumido (0.0787402 in)
E	Eficiencia de la junta 0.7
t_r	Espesor mínimo requerido después del preformado
P	Presión de diseño condición full vacuum (15 Psi)
A_1	Factor A (Relación geométrica) (0.00028)
A_2	Factor A (Relación geométrica) (0.0005)
B_1	Factor B del cilindro interno (4100Psi)
B_2	Factor B del cilindro externo (7500 Psi)
B	Cabeza toriesférico (6500 Psi)
L	Longitud total del cilindro interno (22.8346 in)
L	Longitud de la chaqueta tanque exterior (13.515748 in)
R_0	Radio exterior de la cabeza toriesférico (23.1102 in)

Para calcular el espesor del cuerpo cilíndrico bajo presión externa si $D_o/t > 10$ en el código ASME Sección VIII división 1 [UG-28. (c)] se usa los siguientes pasos:

- Se propone un espesor t .
- Se determina la relación L/D_o y D_o/t
- Se determina la relación geométrica A usando la figura G de la sub-parte 3 del código ASME Sección II, Parte D. Ver Anexo 2
- Se ubica L/D_o en ordenadas y se mueve horizontalmente hasta ubicar la curva paramétrica correspondiente a D_o/t y desde allí se baja para leer en abscisas el valor de A .
- Con el valor A se determina la tensión B , que depende de la temperatura de trabajo, utilizando el gráfico correspondiente al material del recipiente. Los gráficos para los tipos de materiales se encuentran en la sub-parte 3 del código ASME Sección II, Parte D. (Ver Anexo 2)
- Cuando el valor de A cae a la derecha de la correspondiente curva de temperatura, se debe utilizar el máximo valor de B para dicha curva de temperatura se debe utilizar el máximo valor de B para dicha curva de temperatura.
- Con el valor de B se calcula la presión externa máxima admisible P_a la cual debe ser mayor a la presión de diseño, en este caso la condición full vacuum establece una presión de diseño de 15 Psi

$$P_a = \frac{4B}{3D_o/t} \quad [7]$$

$$\text{tanque interno } P_{a1} = 16.72 \text{ Psi}$$

$$\text{tanque externo } P_{a2} = 28.40 \text{ Psi}$$

Para calcular el espesor de cabeza toriesférica cuando se encuentra fuera de operación se usa la ecuación 9 del código ASME Sección VIII división 1 [UG-33. (e)] siguiendo los siguientes pasos:

- Se asume un espesor t y se calcula el valor del factor A con la ecuación 8
- Con el valor de A se determinar el valor de B usando la figura HA-1 de la subparte 3 del código ASME Sección II, Parte D. Ver Anexo 2

El valor de B se reemplaza en la ecuación para obtener la presión admisible la cual debe ser mayor a la presión de diseño, en este caso la condición full vacuum establece una presión de diseño de 15 Psi

$$A = \frac{0.125}{R_o/t} = 0.00042 \quad [8]$$

$$P_a = \frac{B}{R_o/t} = 22.15 \text{ Psi} \quad [9]$$

Para calcular el espesor de cabeza cónica cuando se encuentra fuera de operación se usa la ecuación 10 del código ASME Sección VIII división 1 [UG-32 (f)].

$$T_{C1} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (S \cdot E - 0.6P)} \quad [10]$$

$$T_{C1} = 0.03577 \text{ in} = 0.9 \text{ mm}$$

En la sección de ASME Sección VIII división 1 [UG-16 (b)] estipula que el espesor mínimo para recipientes a presión debe ser 1.52 mm, salvo algunos casos especiales, como intercambiadores de calor, calderas de potencia y recipientes a presión para servicio de aire, vapor y agua a presión, en estos casos el espesor mínimo será de 2.5 mm.

En los cálculos realizados la cabeza cónica del tanque interno requiere de un espesor de 4mm y la cabeza toriesférico del tanque externo requiere un espesor de 2.3 mm, estas dos magnitudes son las mayores requeridas en comparación con las otras.

Para estandarizar la manufactura y un óptimo uso de la lámina, todas las secciones de los recipientes se normalizan a 2.5 mm con excepción de la cabeza cónica que tendrá un espesor de 4 mm. La marmita auto generadora de vapor debe contar con una válvula de alivio de presión y con un manómetro. Para lo cual se selecciona los siguientes elementos que se logra observar en las tablas 14 y 15.

Tabla 14.Datos válvula de alivio

VÁLVULA DE ALIVIO GENEBRE	
Referencia	3190 04
Presión establecida	20 Psi
Material del cuerpo	Latón
Temperatura de trabajo	0°C a + 180°C
Descarga de vapor	52 Kg/h

Los datos del manómetro pueden verse en la tabla 15 como sigue a continuación.

Tabla 15.Datos del manómetro

MANÓMETRO	
Referencia	P1S237
Alcance	0 a 100 Psi
Material del cuerpo	Latón
Ventana	Policarbonato

2.3.7. DISEÑO DEL AGITADOR

El dulce de membrillo tiene una viscosidad de $0.22017 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ y una densidad de $1130 \text{ kg/m}^3(\delta)$. De acuerdo a la viscosidad se utilizará un agitador de Pala tipo ancla.

Estos agitadores pueden girar a bajas o moderadas velocidades impulsando la mezcla radial y tangencialmente. Tienen una holgura pequeña con las paredes del recipiente, usar este agitador ayuda a prevenir la adhesión de productos viscosos a la superficie del recipiente y suscita una adecuada transferencia de calor. Se observa en la figura 9 agitador paleta tipo ancho (Uribe, 2013).

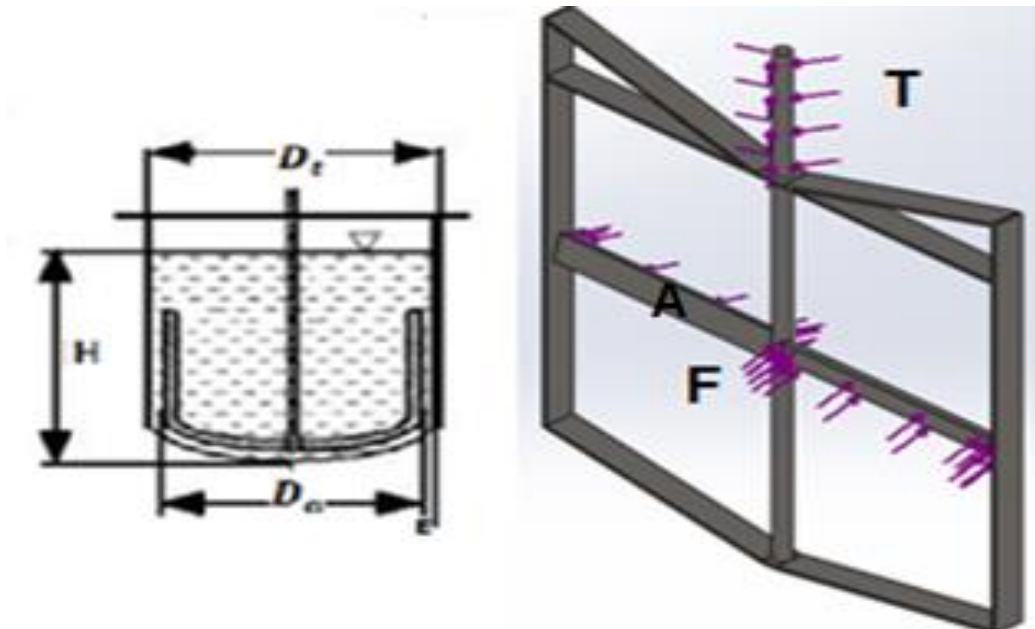


Figura 9. Agitador paleta tipo ancla (Uribe, 2013).

Tabla 16. Características del Agitador

CARACTERÍSTICA DEL AGITADOR DE PALA TIPO ANCLA	
Descripción	Forma adaptada al fondo y a las paredes del recipiente.
Régimen	Laminar.
Velocidad tangencial v	Hasta 2 m/s
Viscosidad del medio	Hasta 1000 Pa*s.
Posición del rodete	0.9-0.98 cerca de la pared.
Aplicación	Favorece el intercambio de calor. Disminuye la capa límite en la pared.

Se observa las definiciones de fórmulas para el agitador en tabla 17.

Tabla 17. Definiciones de fórmulas para el agitador

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
D_l	Diámetro del tanque (650mm)
D_a	Diámetro del agitador
E	Holgura entre las paredes del recipiente
H	Altura del fluido

Para encontrar el diámetro del agitador se usa la siguiente formula:

$$D_a = 0.9 * D_l = 585 \text{ mm} \quad [11]$$

$$E = (D_l - 0.9 * D_a) / 2 = 32.5 \text{ mm} \quad [12]$$

2.3.7.1. Cálculo de la potencia del motor

Velocidad del agitador N

La velocidad tangencial en un agitador tipo ancla no debe ser mayor a 2 m/s para lo cual se usa la siguiente formula. (Uribe, 2013)

$$N = \frac{v * 60}{D_a * \pi} = 65.29 \text{ rpm} \quad [13]$$

Esta proporciona el número máximo de revoluciones por minuto para el agitador

Potencia del motor

Sabiendo que la pulpa de membrillo es un fluido no newtoniano (Aliaga, 2014). Se usa el método de Metzler Otto para obtener la potencia del motor para lo cual se seguirá los siguientes pasos:

1. Velocidad efectiva de deslizamiento γ_{ef} :

Para un agitador tipo ancla $K = 15.8$

$$\begin{aligned}\gamma_{ef} &= k * N & [14] \\ \gamma_{ef} &= 15.8 * 65.29/60 = 17.22 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

2. Viscosidad efectiva μ_{ef}

En la tabla 3 se pueden encontrar los datos para el índice de consistencia K y el índice de flujo n.

$$\mu_{ef} = k * \gamma_{ef}^{n-1} \quad [15]$$

$$\mu_{ef} = 74.84 * 17.22^{0.1750-1} = 7.15 \text{ Pas}$$

3. Cálculo del número de Reynolds N_{RE}

Con el número de Reynolds se puede determinar el tipo de flujo:

- Si el $N_{RE} < 10$ corresponde a un flujo laminar.
- Si el $10 < N_{RE} < 10000$ es turbulento en el agitador y laminar en las paredes.
- Si el $N_{RE} > 10000$ es flujo turbulento.

$$N_{RE} = \frac{D_a^2 * N * \delta}{\mu_{ef}} = 69.42 \quad [16]$$

4. Número de potencia P_o

Para el número de potencia se usa la figura que se encuentra en el Anexo 4. Donde el valor de P_o es 4

$$P = P_o * D_a^5 * N^3 * \delta \quad [17]$$

$$P = 4 * 0.585^5 * 1.09^3 * 1330.6 = 472.24 \text{ watts} = 0.63 \text{ Hp}$$

En base a los resultados de la ecuación 16 para la potencia del motor se seleccionará un motor de 1 Hp.

Fuerza en las paletas del agitador

Cuando el agitador de paleta tipo ancla esté en funcionamiento existirá una fuerza horizontal que actuara sobre el eje del agitador. Ver figura 9

$$F = P * A \quad [18]$$

Dónde:

F = Fuerza

P = Presión

A = Area de la paleta inclinada del agitador ($9.8E^{-03}$)

La presión a cualquier profundidad en un fluido de peso específico de penderá de la densidad del mismo.

$$\gamma = \delta * g = 13,053.19 \text{ N/m}^3 \quad [19]$$

$$P = \gamma * H = 5873.94 \text{ N/m}^2 \quad [20]$$

Dónde:

γ = Peso específico

δ = densidad

g = gravedad

P = Presión

H = Altura del liquido (0.45)

Usando la ecuación 18 se encuentra fuerza que se aplicará en la paleta inclinada la cual será:

$$F = 5873.94 * 9.8E^{-03} = 57.56 \text{ N}$$

El torque de entrada en el eje del agitador será de:

$$T = \frac{P}{\omega} = 107.94 \text{ Nm} \quad [21]$$

Dónde:

P = Potencia del motor W

ω = velocidad maxima del agitador rad/s

Para encontrar el diámetro adecuado para el eje se usa la ecuación 22:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S'_n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [22]$$

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} = 18.31 \text{ mm}$$

Se selecciona un eje con un diámetro de 19 mm.

En la figura 10 se observa el análisis estático del agitador.

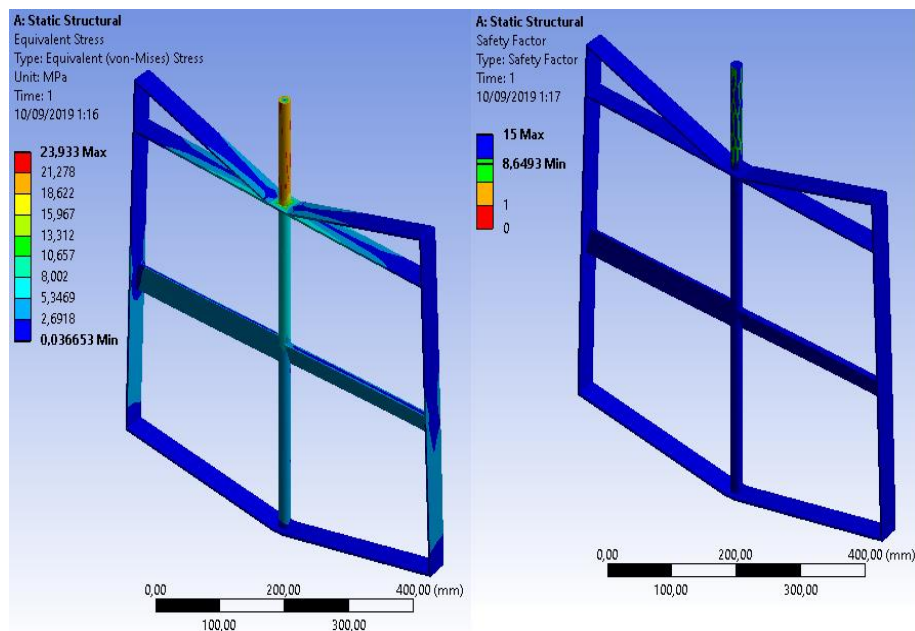


Figura 10. Análisis estático del agitador

EL agitador tiene un esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo de 23.93 MPa el cual es muy pequeño comparado con la resistencia a la fluencia del material AISI 304 $S_y = 310 \text{ MPa}$, motivo por el cual el factor de seguridad es superior en comparación con el que se consideró en el diseño $N = 2$ como se puede observar en la figura 10.

2.3.8. DISEÑO DEL EJE SOPORTE

En diseños típicos de ejes se usa un factor de diseño $N = 2.0$. En la tabla 18 se puede encontrar los datos para el diseño del eje.

Tabla 18. Datos de la barra circular

BARRA CIRCULAR	
Longitud total	150mm
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa
Resistencia a la fluencia (S_y)	310 MPa
Momento máximo (M)	Figura 13
Carga total	3061.31 N

Diagramas del eje soporte

En la figura 11 se observa la fuerza de eje horizontal, así como en la figura 12 diagrama de fuerza cortante y en la figura 13 diagrama de momento flector.



Figura 11. Diagrama de fuerzas del eje horizontal

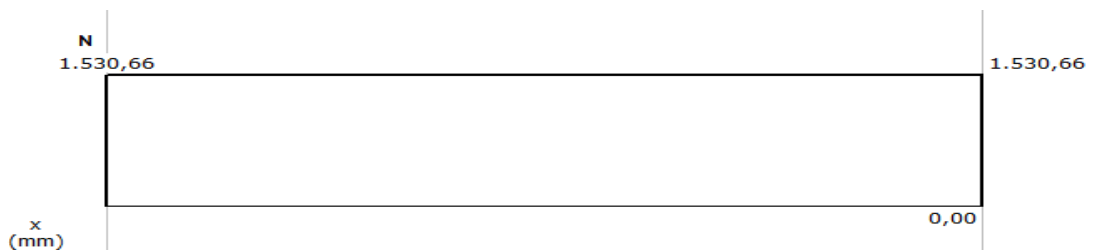


Figura 12. Diagrama de fuerza cortante

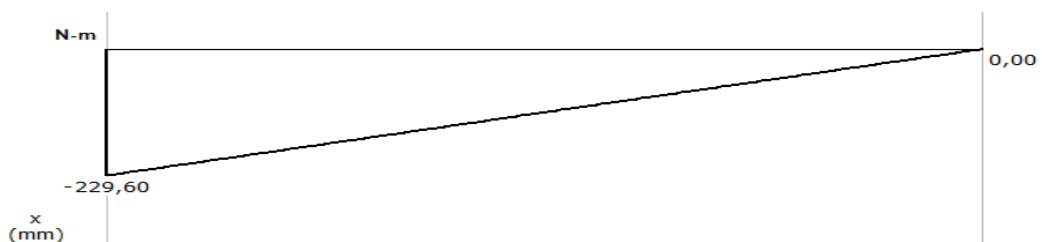


Figura 13. Diagrama de momento flector

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = 155\text{MPa} \quad [23]$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma_d}} = 0.02471\text{m} = 24.71\text{mm} \quad [24]$$

Para cumplir con un factor de diseño de 2 se elegirá un eje de 25 mm.

2.3.9. DISEÑO DE LA COLUMNA

La estructura cuenta con dos tubos cuadrados que soportaran todo el peso del recipiente y su contenido por lo tanto se debe diseñar como una columna como se observa en la figura 14.

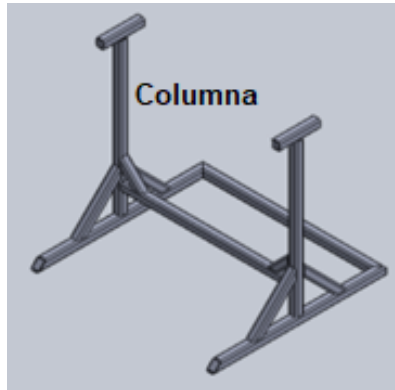


Figura 14. Estructura de Soportes de la Marmitta

Los datos y definiciones para el diseño de la columna que soportara a la marmitta se pueden observar a continuación en la tabla 19.

Tabla 19. Datos y definiciones para la Columna

Longitud de la columna (L)	830 mm
Constante del extremo (K) Emp-Lib	2.1 (Mott R. , 2016)
Factor de diseño (N)	3
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa
Resistencia a la fluencia (S_y)	310 MPa
Carga a la que se expondrá la columna (P)	3061.31 N
R	Radio de giro
I	Inercia

Para el diseño de la columna se asume que es columna larga usando la ecuación de Euler.

$$I = \frac{N \cdot P \cdot (KL)^2}{\pi^2 E} = 1.41 \text{ cm}^4 \quad [25]$$

Se selecciona un tubo cuadrado de 30x30x1.10 mm del catálogo de dipac que tiene un momento de Inercia de 1.70 cm^4 y un radio de giro de 1.17 cm .

Si la relación de esbeltez real es mayor que la relación de esbeltez de transición la columna es larga, caso contrario se deberá diseñar como columna corta usando la ecuación de Johnson.

Relación de esbeltez real:

$$\frac{KL}{r} = 148.97 \quad [26]$$

Relación de esbeltez de transición C_c :

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} = 112.85 \quad [27]$$

La estructura de soporte para la marmita tiene un esfuerzo equivalente de Von-Mises máximo de 22.07 MPa el cual es muy pequeño comparado con la resistencia a la fluencia del material AISI 304 $S_y = 310 \text{ MPa}$, motivo por el cual el factor de seguridad es superior en comparación con el que se consideró en el diseño $N = 3$ como se puede observar en la figura 15.

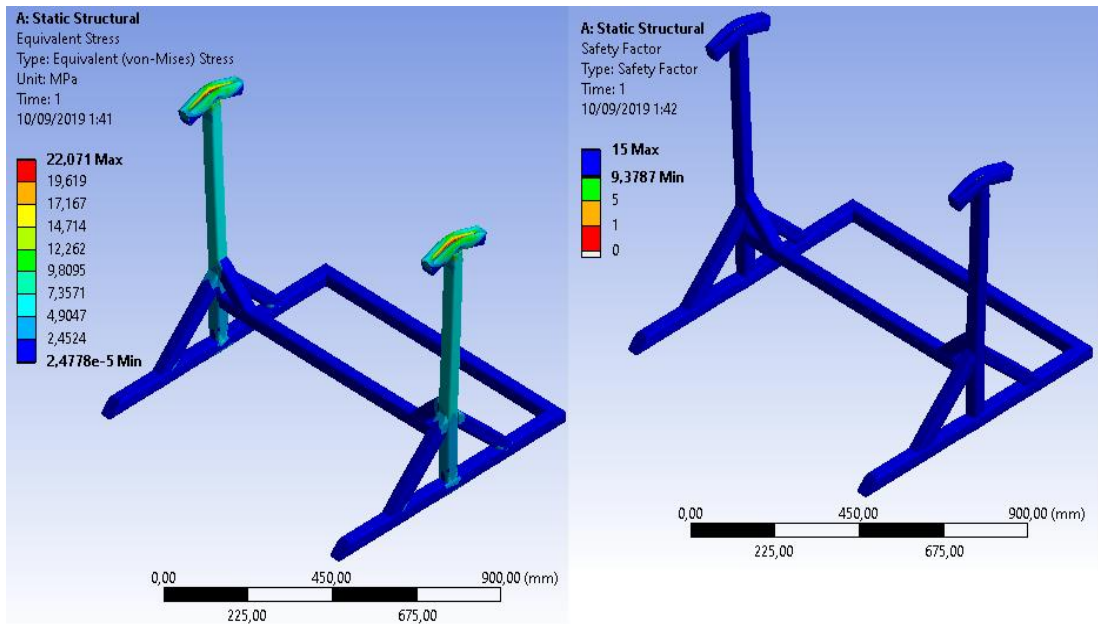


Figura 15. Análisis estático de estructura de soporte de la marmita

2.3.10. DISEÑO DE LA BARRA HORIZONTAL

En la figura 16 se puede apreciar la barra horizontal que estará empotrada de ambos extremos y sobre la cual se apoyará el motor.

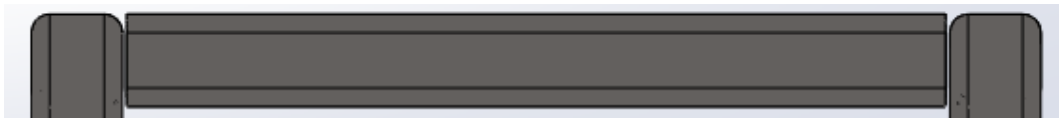


Figura 16. Estructura para el motor

En la tabla 20 se encuentra los datos del tubo cuadrado para el motor.

Tabla 20. Datos del tubo cuadrado para el motor

TUBO CUADRADO	
Longitud Tubo 1	202 mm
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa
Resistencia a la fluencia (S_y)	310 MPa
Carga a la que se expondrá	582.77 N/m

Diagramas de la barra horizontal

En la figura 17 se encuentra el diagrama de carga distribuida.

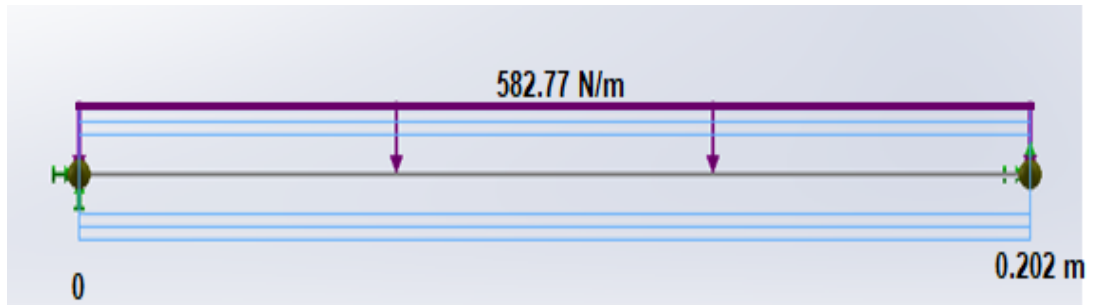


Figura 17. Diagrama de Carga distribuida

Se puede observar en la figura 18 el diagrama de fuerza cortante.

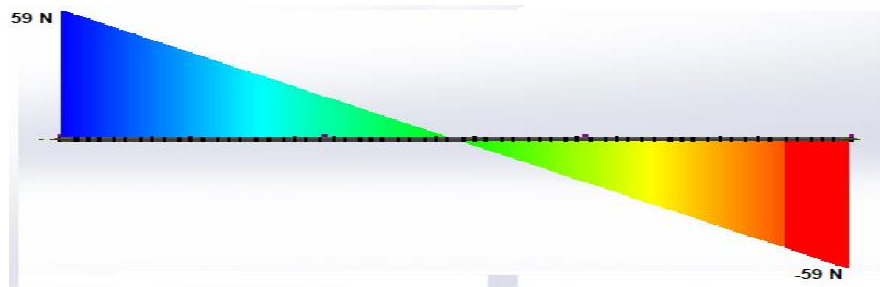


Figura 18. Diagrama de fuerza cortante

En la figura 19 se puede apreciar el diagrama de momento de flector del cual se tomará el momento máximo para obtener el módulo de sección.

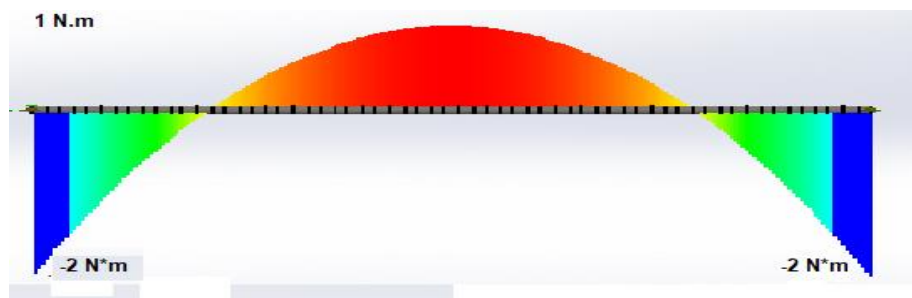


Figura 19. Diagrama de Momento flector

Esfuerzo de diseño:

Para encontrar el esfuerzo de diseño se tomará un valor de 2 como factor de diseño.

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N} = 155 \text{ MPa} \quad [28]$$

Módulo de sección requerido:

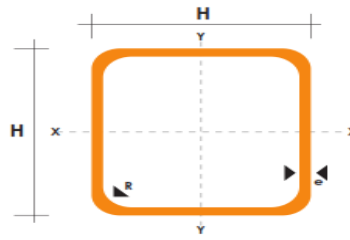


Figura 20. Tubo cuadrado

$$S = \frac{M}{\sigma_d} = 1.29 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = 0.0129 \text{ cm}^3 \quad [29]$$

En base al módulo de sección se selecciona el tubo cuadrado de 25x25x1.10 mm del catálogo de dipac con un módulo de sección de 0.76 cm^3

$$\sigma = \frac{2}{7.6 \times 10^{-7}} = 2.63 \text{ MPa} \quad [30]$$

$$N = \frac{310}{2.63} = 117.9 \quad [31]$$

El tubo cuadrado 25x25x1.10 cumple con el factor de diseño propuesto.

2.3.11. SELECCIÓN DE RODAMIENTO

Para una adecuada selección de rodamiento se toma en cuenta la duración de diseño del rodamiento y la carga dinámica del rodamiento. Con la carga dinámica se seleccionará el rodamiento. De igual manera en la tabla 21 se observa la duración que se recomienda para la máquina.

Tabla 21. Duración recomendada

APLICACIÓN	DURACIÓN DE DISEÑO L_{10} , h
Electrodomésticos	1000-2000
Motores de aviación	1000-4000
Automotores	1500-5000
Equipo Agrícola	3000-6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de uso múltiples.	8000-15 000
Motores eléctricos, sopladores industriales, máquinas industriales en general	20 000-30 000
Bombas y compresores	40 000-60 000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24h	100 000-200 000

(Mott R. , 2016).

Para saber la duración de diseño se utiliza la ecuación:

$$L_d = h * n * 60 \text{ min/h} = 1.8E^6 \quad [32]$$

Dónde:

L_d = Duración de diseño

h = Duración de horas del diseño

n = Duración por minuto

Con la duración del diseño se determina la carga dinámica del rodamiento.

$$C = P_d * \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \quad [33]$$

Dónde:

C = Capacidad de carga dinámica básica

P_d = Carga de diseño 1530.66 N

K = Tipo de elemento rodante

$K= 3$ para los rodamientos de bolas

$K= 3.33$ para los rodamientos de rodillos

$$C = 1530.66 * \left(\frac{1.8E^6}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} = 1861.96 \text{ N}$$

En base a la carga dinámica se selecciona el rodamiento YAR 206-104-2RF/HV y el SYWK 506 Y de la marca SKF (SKF, 2018).

2.4. DISEÑO TÉRMICO

Para el diseño térmico los requerimientos son; el tiempo de cocción, la eficiencia del equipo, la cantidad de producto a cocinar y la ubicación geográfica. Para obtener la potencia, es decir, la rapidez con la que se debe entregar Energía. Se puede observar en la tabla 22 la ubicación geográfica de la máquina.

Tabla 22. Ubicación Geográfica

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
Ciudad	Quito
País	Ecuador
Altitud Media	2850 msnm
Temperatura Ambiente	Máxima 25°C Mínima 8.6°C Promedio 16.5°C
Presión	1.023 Bares

La energía que se va a suministrar también depende del calor específico del producto a calentar. El calor específico es la cantidad de energía que se debe entregar a una unidad de masa de una sustancia, para incrementar su temperatura en una unidad de temperatura. De igual manera en la tabla 23 se observa el análisis químico proximal.

Tabla 23. Análisis químico proximal

COMPONENTE	PORCENTAJE
Humedad	82.7
Proteína	0.3
Grasa	0.1
Ceniza	1.3
Fibra	1.4
Carbohidratos	14.2

Determinar el valor del calor específico conlleva la complicación de la necesidad de determinarse en laboratorios o utilizando modelos predictivos, a partir de la composición de la sustancia. En la tabla 24 se puede encontrar las definiciones de las abreviaturas que se usaran en el diseño térmico.

Tabla 24. Definiciones para diseño térmico

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
C_p	Calor específico
X_c	Contenido porcentual de Carbohidratos
X_p	Contenido porcentual de proteína
X_f	Contenido porcentual de grasa
X_a	Contenido porcentual de cenizas
X_w	Contenido porcentual de humedad
W	Contenido porcentual de humedad

La tabla 25 resume los modelos predictivos más usados, su modelo matemático y el valor obtenido para el dulce de membrillo (Manrique, 2015)

Tabla 25. Modelos predictivos

MODELO	ECUACIÓN	CALOR ESPECÍFICO
Modelos simples		
Siebel (1982)	$C_p = 0.837 + 3.349W$	3.61 KJ/Kg ^o C
Backstrom (1965)	$C_p = 1.200 + 2.990W$	3.67 KJ/Kg ^o C
Comini (1974)	$C_p = 1.256 + 2.931W$	3.68 KJ/Kg ^o C
Fijiin (1974)	$C_p = 1.381 + 2.930W$	3.80 KJ/Kg ^o C
Domínguez (1974)	$C_p = 1.382 + 2.805W$	3.70 KJ/Kg ^o C
Sharma (1976)	$C_p = 1.400 + 3.220W$	4.06 KJ/Kg ^o C
Lamb (1976)	$C_p = 1.470 + 2.720W$	3.72 KJ/Kg ^o C
Riedel (1956)	$C_p = 1.672 + 2.508W$	3.75 KJ/Kg ^o C
Modelos Compuestos		
Heidman y Singh (1981)	$C_p = 1.424X_c + 1.549X_p + 1.675X_f + 0.837X_a + 4.187X_w$	3.68 KJ/Kg ^o C
Choi y Okos (1983)	$C_p = 1.547X_c + 1.711X_p + 1.928X_f + 0.837X_a + 4.180X_w$	3.69 KJ/Kg ^o C
Promedio		3.73 KJ/Kg ^o C

(Manrique, 2015).

El calor específico de la pulpa de membrillo depende de la variedad de la fruta y de su contenido de humedad (maduración). En este caso se tomará el valor de 4.06 KJ/kg^oC.

2.4.1. REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA DEL PROCESO DE COCCIÓN.

En la transformación de la pulpa de membrillo a dulce de membrillo lo que se requiere es reducir la concentración de sólidos solubles (azúcar), lo que involucra evaporar gran parte de la humedad de la fruta para obtener el producto final. Para que esto se lleve a cabo, se necesita el calor necesario para elevar la temperatura del dulce de membrillo de la temperatura ambiente hasta la temperatura de cocción.

Para obtener la energía total necesaria se debe determinar, el calor sensible del producto, el calor latente del producto, calor necesario para elevar la temperatura de la marmita de acero inoxidable y el calor necesario para elevar la temperatura del agua.

$$Q_{\text{Total}} = Q_S + Q_L + Q_M + Q_{H_2O} \quad [34]$$

En la tabla 26 se observan las definiciones para el requerimiento de energía que utilizara la marmita.

Tabla 26. Definiciones para requerimientos de energía

SÍMBOLO	DEFINICIÓN
C_p	Calor especifico de la pulpa de membrillo [4.06 K J/Kg C]
C_p	Calor especifico del acero 304 [0.5 KJ/Kg K]
C_p	Calor especifico del agua [4.186 KJ/Kg K C]
m	Masa del dulce de membrillo 150 Kg
m_a	Masa de la marmita 50.21 kg
m_{H_2O}	Masa del agua 18 Kg
T_f	Temperatura final 100°C
T_i	Temperatura inicial 16,5°C
h_{fg}	Calor de vaporización del agua 2235 K J/Kg

Calor sensible

$$Q_s = m * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q_s = 150 \text{ Kg} * 4.06 \text{ K J/Kg C} * (100 - 16.5) = 50,851.5 \text{ KJ}$$

Calor latente

$$Q_L = m * h_{fg}$$

$$Q_L = 14.2 \text{ kg} * 2235 \text{ K J/Kg} = 31,737 \text{ KJ}$$

Calor necesario para la marmita

$$Q_M = m_a * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q_M = 50.21 \text{ Kg} * 0.5 \text{ K J/Kg K} * 83.5 = 2,096.3 \text{ KJ}$$

Calor necesario para el Agua

$$Q_{H_2O} = m * C_p * (T_f - T_i)$$

$$Q_{H_2O} = 18 \text{ Kg} * 4.186 \text{ KJ/Kg K} * 83.5 = 6,291.5 \text{ KJ}$$

Calor necesario total

$$Q_{Total} = 90,976.3 \text{ KJ}$$

Tomando en cuenta el análisis de benchmarking realizado por la revista met&flu se proyecta una eficiencia del 75%, con esta eficiencia se determina los requerimientos de energía necesaria a la entrada.

$$Q_{necesario} = \frac{Q_{Total}}{\text{Eficiencia}} = 121,301.73 \text{ KJ} \quad [35]$$

La potencia del quemador en un tiempo de 60 min es:

$$P_{quemador} = \frac{Q_{necesario}}{t} = 33.69 \text{ KW} \quad [36]$$

Se selecciona un quemador de anillo circular con una potencia de 35 KW el cual se puede encontrar en Importadora Taipeisa S.A.

2.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la alimentación de todo el sistema se usará una red monofásica de 220 VAC y un transformador de 220 VAC a 12 VDC para los dispositivos que lo requieran. En la figura 21 se puede observar el esquema para el control de la marmita.

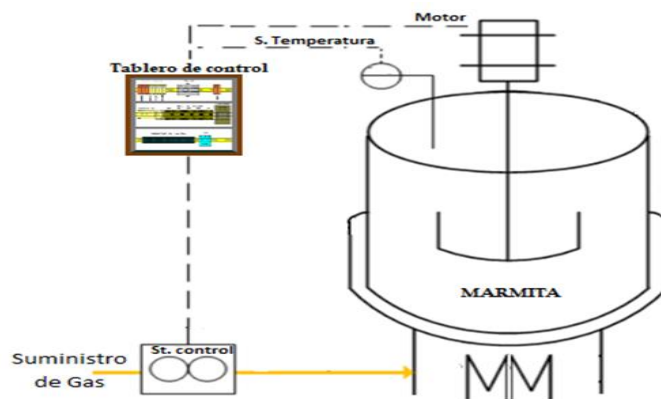


Figura 21. Diagrama esquemático de Elementos de control

DIAGRAMA ELECTRONICO DEL SISTEMA

En la figura 23 se diagrama las conexiones electrónicas, en la cual se observa un mega 2560 con sus diferentes pines conectados al módulo táctil TFT ILI9341 el cual sirve para la interfaz HMI, el módulo MAX6675 que nos ayuda a realiza la compensación y linealización de la respuesta de la termocupla PT-100 con un ADC y comunicación SPI, Un módulo relé de 4 canales (RL3) que funciona con tensión de 5V (VCC1 – GND1) y puede accionar cargas de hasta 250VAC y 30VDC, soportando una corriente máxima de 10A cada canal posee aislamiento eléctrico por medio de un optoacoplador y un led indicador de estado, el optoacoplador permitirá proteger el arduino. El canal 2 se usa para activar el motor puentando la entrada X1 del variador con COM del variador (CV20), el canal 1 para accionar el módulo NSR que actúa independiente de la programación cargada en el arduino y cuenta con su propia fuente de alimentación R+ polo positivo y N- polo negativo, este módulo se encargara de controlar los electrodos para el encendido de la hornilla y la válvula solenoide para la dosificación del gas. El módulo NSR con la ayuda de los electrodos detecta la llama, si después de 3 intentos no detecto o no encendió la hornilla cierra la válvula solenoide y se debe encender el módulo manualmente. Por medio del canal 3 del módulo de relé se conecta el pin D9 (PWM) a la entrada A1 del variador de frecuencia (CV20) y GND del Arduino al COM del variador (CV20).

En la figura 22 se puede apreciar la red monofásica de 220 VAC (L1-L2), la conexión a tierra (PE), el interruptor magnetotérmico (J1), el variador (J1 04-02) y el motor (M1).

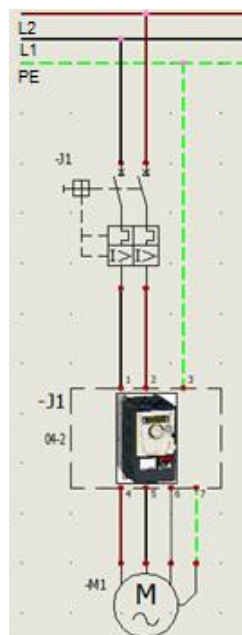


Figura 22. Diagrama electrónico del motor

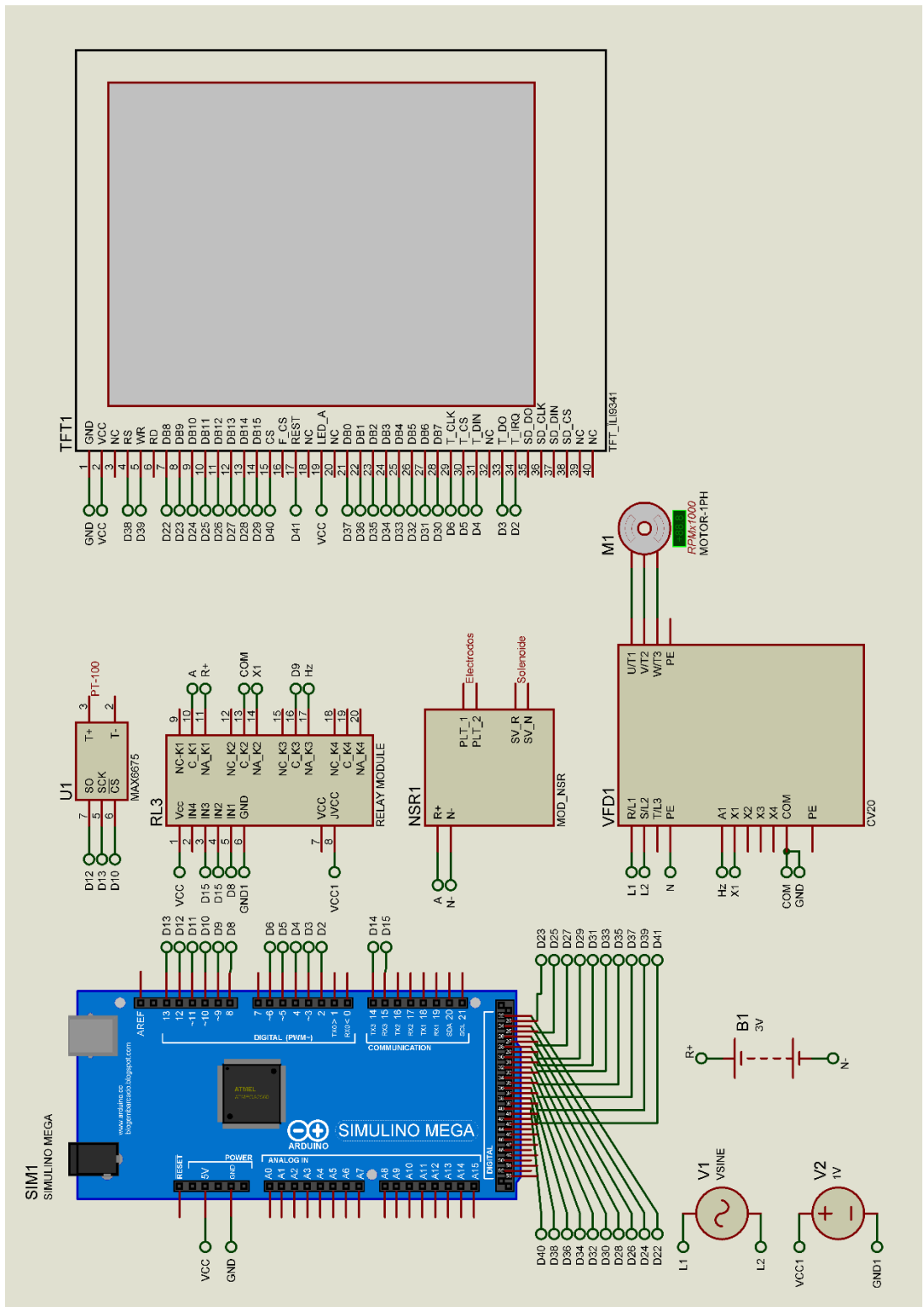


Figura 23. Diagrama electrónico del sistema de control

2.5.1. DISEÑO DEL SOFTWARE

En base a las conversaciones con el stakeholder se realizó la tabla 27 para plasmar los requerimientos para el software del sistema de control.

Tabla 27. Descripción de requerimientos

ITEM	DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS
1	Que cualquier usuario pueda manipular y entender con facilidad su uso
2	El sistema estará 100% disponible el tiempo que la máquina esté operando
3	Que sea fácil la actualización de nuevas versiones del software
4	La interfaz gráfica se debe proyectar en una pantalla táctil
5	La interfaz gráfica debe contener tres botones con tres tipos de cargas para seleccionar
6	La interfaz gráfica secundaria cuente con un botón de menú principal, uno de inicio y uno de reset
7	Mediante una barra deslizante se pueda establecer la velocidad del motor como máximo 30 rpm
8	En la interfaz gráfica secundaria se pueda establecer el tiempo de cocción y frecuencia del motor.
9	Una vez que se seleccione la carga que se va usar de pulpa de membrillo en la pantalla nos indique la cantidad y el aditivo adicional que se va usar.
10	En la experiencia del stakeholder se ha llegado a temperaturas de 120°C por lo cual por seguridad el programa apagara la hornilla cuando se pasa de los 100°C y volverá a encender la hornilla cuando la temperatura descienda los 90°C, para así preservar las propiedades organolépticas del producto

Para el desarrollo del software se empleará el lenguaje c++ y el mismo será cargado en un Arduino mega 2560.

DIGRAMA DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Se usará la arquitectura modelo-vista-controlador este es un patrón de arquitectura de software que utiliza 3 componentes, vistas, modelos y controladores. El MVC separa la lógica de la vista en una aplicación, siendo la arquitectura idónea a seguir para la interacción usuario-máquina.



Figura 24. Modelo MVC

DISEÑO DE INTERFAZ GRÁFICA

Para el diseño de la interfaz gráfica usaremos el programa Balsamiq el cual nos ayudara a realizar las interfaces graficas (modelos) del sistema basándonos en los requerimientos del stakeholder.

Pantalla del menú principal

En la figura 25 se aprecia la interfaz del menú principal, la cual tendrá el nombre de la empresa subrayado y tres botones para la elección de la cantidad a procesar.



Figura 25. Interfaz principal

Pantalla de interfaz secundaria

En la interfaz secundaria se podrá: visualizar la temperatura, establecer el tiempo de cocción, la frecuencia del motor, el botón inicio, el botón menú, el botón reset y la cantidad de aditivos.



Figura 26. Interfaz secundaria

DIAGRAMA DE PROCESO

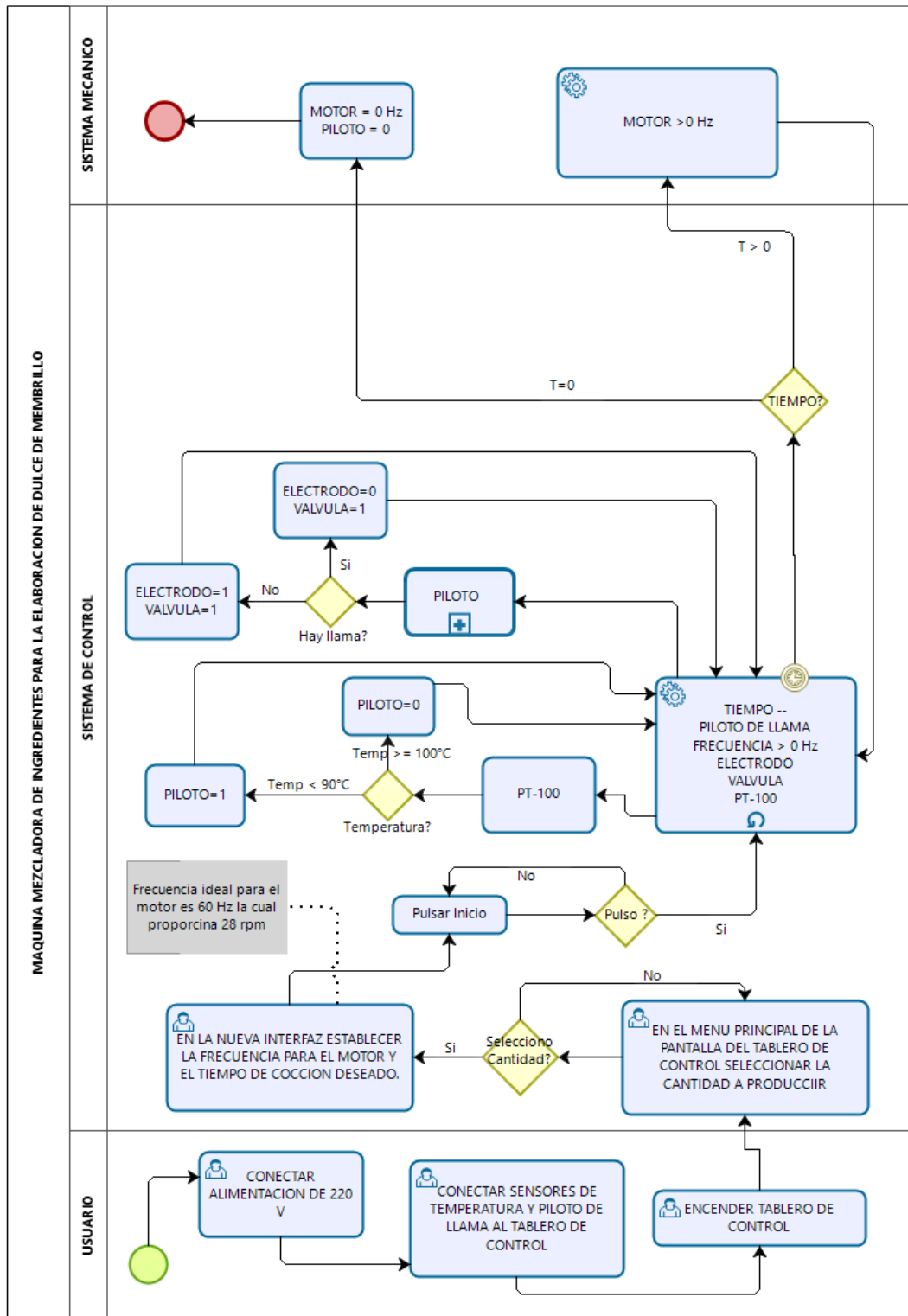


Figura 27. Diagrama de proceso

A continuación, se detalla el proceso del sistema de control para la producción de dulce de membrillo, el mismo se puede observar en la figura 27.

1. El usuario conectara la alimentación de 220 V
2. El usuario conectara el sensor de temperatura y el piloto de llama
3. El usuario encenderá el tablero de control
4. El usuario visualizara en la pantalla y seleccionara una de las tres opciones que se le mostrara para elegir la cantidad de pulpa de membrillo a procesar.
5. Al seleccionar la cantidad el programa nos mostrará la siguiente interfaz gráfica, en la cual se podrá establecer la frecuencia del motor y tiempo de cocción. Una vez establecidas estas variables se podrá pulsar inicio si se desea que inicie el proceso, menú si desea regresar al menú principal o reset si desea borrar las variables ingresadas y volver a ingresar una nueva frecuencia y tiempo de cocción.
6. Una vez que se pulso inicio empezara el cronometro, se activara el motor y el piloto de llama controlado por el sensor de temperatura.
7. El sensor de temperatura estará censando la temperatura de la marmita para cuando la temperatura sea mayor a 100°C apagará el piloto de llama y cuando sea menor a 90°C encender el piloto de llama.
8. El piloto de llama tiene una válvula solenoide para el gas y un electrodo, cuando el piloto esta apagado se cierra la válvula y apaga el electrodo, pero cuando este encendido el electrodo producirá chispas y abrirá la válvula solenoide cuando el electrodo detecte la llama dejará de producir chispas y mantendrá la válvula abierta.
9. El electrodo debe estar siempre en la línea de fuego para que detecte la llama en caso de que un viento apague la hornilla y así pueda volverla a encender.
10. Cuando el cronometro llegue a cero se apagará el piloto de llama y el motor, dando fin al proceso de cocción del dulce de membrillo.

El principal objetivo del sistema de control es automatizar el proceso de la producción de dulce de membrillo controlando la velocidad del motor y el apagado y encendido de la hornilla.

2.6. SELECCIÓN DE COMPONENTES DE CONTROL.

2.6.1. MOTOR PARA EL AGITADOR

En base a la potencia requerida se selecciona un motor trifásico Weg de 1 Hp, modelo TE1BF0X0# y frame 90S con protección IP55 y una caja reductora 179722 KMS-90 con una relación de 60. El motor tiene una eficiencia de 0.842 la cual se puede encontrar en la placa del motor.

2.6.1. VARIADOR DE FRECUENCIA

Un variador de frecuencia regula la velocidad de motores eléctricos, para que la electricidad que llega al motor se ajuste a la demanda real de la aplicación. Para el control de velocidad del motor se seleccionará el variador CV20-2S-0015G que tiene una eficiencia de 0.98

Para proteger el variador y todo el sistema de control. Se seleccionará un interruptor magneto térmico en base al motor y al variador

$$I = 1.08 * 1.1 * \frac{P_{\text{mot}}}{\sqrt{3}U} * \frac{1}{\eta_{\text{mot}}} * \frac{1}{\eta_{\text{var}}} \quad [37]$$

Dónde:

P_{mot} = Potencia del motor

U = tensión de fase 220 VAC

η_{mot} = eficiencia motor

η_{var} = eficiencia del variador

$$I = 2.82 \cong 3 \text{ A}$$

Se seleccionará un interruptor magneto térmico con una corriente de 3 A.

2.6.2. MICROCONTROLADOR ATMEGA2560

Se seleccionó el microcontrolador atmega2560 que cuenta con un cristal de 16 MHz y una memoria Flash de 256K. Maneja un rango de voltaje de entrada de 7 y 12 volt, se recomienda una tensión de entrada planchada en 9 volt.

Este microcontrolador Cuenta con una placa Arduino Mega 2560 la cual tiene 54 pines de entra/salida, de los cuales 14 pueden ser usados como salida PWM, cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 puertos serial (Nerokas, 2017). En la tabla 28 se puede apreciar las características del Atmega 2560.

Tabla 28. Características Atmega2560

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Tipo de memoria de programa	Flash
Memoria de programa (KB)	256
Velocidad de CPU (MIPS)	16
Bytes RAM	8192
Datos EEPROM (bytes)	4096
Periféricos de comunicación digital	4-UART, 5-SPI, 1-I2C
Capture / Compare / PWM Periféricos	4 captura de entrada, 4 CCP, 16PWM
Temporizadores	2 x 8-bit, 4 x 16-bit
Comparadores	1
Rango de temperatura (C)	-40 a 85
Rango de tensión de funcionamiento (V)	1.8 a 5.5
Recuento de Pin	100

2.6.3. SENSOR DE TEMPERATURA

Se seleccionó el sensor de temperatura Pt 100 que consiste en un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica (Arian, 2018).

Para tratar la señal del sensor de temperatura nos ayudaremos de la tarjeta de control MAX6675 la cual realiza la compensación y linealización de la respuesta del sensor con un ADC y comunicación SPI, el diagrama electrónico de este modulo se lo puede apreciar en la figura 23.

2.6.4. PANTALLA TFT-TOUCH

Se seleccionó la pantalla TFT ILI9341 Touch 3.2", la pantalla táctil tiene 40 pines para su conexión con la interfaz de la tarjeta electrónica, también consta de una interfaz de soporte de datos 8/16 bits, con la facilidad de ser manejados por varios microcontroladores como Arduino MEGA2560, AVR, PIC y muchos otros. La conexión de la pantalla TFT se puede observar en la figura 23.

2.7. CONSTRUCCIÓN

Concluida la parte de diseño mecánico y de control se procedió a la construcción de las mismas para su posterior integración como se puede observar en la figura 28 y 29.



Figura 28. Máquina ensamblada



Figura 29. Máquina y caja de control

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA

La máquina mezcladora de ingredientes para la elaboración de dulce de membrillo tiene un peso de 109 kg y una capacidad de producción de 119 kg cada 4.2 horas, en la tabla 29 se pueden apreciar a más detalle.

Tabla 29. Características de la máquina

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Capacidad de producción	119 kg cada 4.2 horas
Tipo de producto	Dulce de membrillo
Peso	109 kg
Dimensiones	Altura 1.61 m X ancho 0.90 m X largo 0.95 m
Material	Acero inoxidable AISI 304
Variación de velocidad	Manual
Verificación de temperatura de cocción	Automática
Encendido de hornilla	Automática
Interfaz	Pantalla táctil
Alimentación	220 C/60 Hz

La máquina en su totalidad está construida de acero inoxidable lo cual le da la ventaja de ser fácil su limpieza y al ser de acero inoxidable es ideal para el manejo de alimentos

3.2. ANÁLISIS DE COSTO

En esta etapa identificaremos los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción de la máquina mezcladora de ingredientes para la elaboración de dulce de membrillo, el análisis del costo nos ayudara a determinar la calidad y cantidad de recursos necesarios con lo que obtendremos la proyección del costo en términos de dinero.

En la tabla 30 se detalla el costo total de la máquina fue de 2,688.94 dólares.

Tabla 30. Lista de precios

ÍTEM	NOMBRE	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	Construcción máquina	1	1450.00	1450.00
1	Motor con moto-reductor	1	480.00	480.00
1	Hornilla	1	250.00	250.00
1	Gabinete metálico	1	27.22	27.22
1	Breaker térmico	1	5.80	5.80
1	Válvula de alivio	1	31.89	31.89
1	Manómetro	1	20.00	20.00
1	Variador de Frecuencia	1	175.00	175.00
1	Arduino mega	1	22.00	22.00
1	Pantalla TFT 3.2	1	40.00	40.00
1	Shield V2.2	1	15.00	15.00
1	Transformador	1	15.00	15.00
1	Módulo relé	1	5.70	5.70
1	Válvula de Gas y SV	1	22.32	22.32
1	Módulo NSR	1	26.79	26.79
1	Micro interruptor Bosch	1	8.93	8.93
1	Conexiones cuerpo Gas	1	33.04	33.04
1	Accesorios para conexión	1	30.25	30.25
1	Trabajo de suelda electrodos	1	30.00	30.00
		Total		2,688.94

3.2.1. COSTOS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

Se utiliza un motor de 746 watts para el sistema de agitación que trabaja 4.2 horas. El costo de producción de la máquina se observa la tabla 31.

Tabla 31. Costo de producción de la máquina

Potencia	746 W
Energía consumida	5.97 Kw-h
Costo por KW-h	0.093 ctv.
Costo del gas	\$ 3.5
Operador	\$ 10.00
comida	\$ 5.00
Costo total	\$ 18.79

3.2.2. COSTO DE OPERACIÓN DE FORMA ARTESANAL

Para la producción del dulce de membrillo de manera artesanal se usa una paleta de 1.50 metros de alto y una paila con una capacidad máxima de 37 litros.

Es indispensable que una persona esté todo el tiempo batiendo el dulce. En la tabla 32 se observa el costo de producción artesanal.

Tabla 32. Costo de producción artesanal

Empacador	\$ 10.00
Transporte de leña	\$ 3.00
Operador	\$ 15.00
Alimentación	\$ 10.00
Costo total	\$ 38.00

Comparando la tabla 31 y 32 se puede observar que al usar la máquina se tiene un ahorro de 19.21 dólares, estos costos fueron analizados basándose en una sola producción de 44 kg de dulce de membrillo

3.3. PRUEBAS DE LA MÁQUINA

Una vez ensamblada la máquina, se realiza las pruebas pertinentes para verificar su correcto funcionamiento a nivel de hardware y software. Las pruebas desarrolladas fueron las siguientes:

- Verificar funcionamiento de interfaz-usuario
- Verificar la capacidad de producción
- Verificar propiedades organolépticas del producto

3.3.1. VERIFICAR FUNCIONAMIENTO INTERFAZ-USUARIO

Para su verificación se prendió la pantalla y se verifico de forma visual que se puede apreciar con claridad la interfaz gráfica para su correcta interpretación, de igual manera se verifico el funcionamiento táctil el cual respondió de manera adecuada.

La interacción con la función táctil de la pantalla permitió verificar el correcto funcionamiento del software de control que se encuentra cargado en el microcontrolador. El software se encarga de controlar la temperatura de

cocción del dulce, el tiempo de cocción, el encendido de la hornilla y la velocidad del motor.

3.3.2. VERIFICAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Para la verificación de la capacidad de producción se tomó en cuenta el tiempo producción y la cantidad del producto final obtenida de 37, 73 y 100 litros de pulpa de membrillo.

Se realizó una prueba de manera artesanal con 37 litros de pulpa de membrillo. Los 37 litros de pulpa de membrillo es la capacidad máxima que se puede hacer en la paila que poseen los artesanos.

En la tabla 33 se puede apreciar los datos de la producción artesanal

Tabla 33. Producción artesanal

Nº LOTE	CAPACIDAD	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO	PRODUCCIÓN
1	37 litros	10:00 am	15:02 pm	5 horas	44 kg

A continuación, en la tabla 34 los datos de la producción en la máquina

Tabla 34. Producción con la máquina

Nº LOTE	CAPACIDAD	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO	PRODUCCIÓN
1	37 litros	10:00 am	13:10 pm	3.17 horas	44 kg
2	73 litros	13:22 pm	16:53	3.52 horas	86.8 kg
3	100 litros	17:10 pm	20:50	3.67 horas	119

Es clara la ventaja que ofrece la máquina en relación del tiempo que se demora en producir un lote. Para producir un lote de 44 kg la máquina se demora 3.17 horas, mientras que de manera artesanal se demora 5 horas. Por lo que del punto de vista de capacidad la máquina satisface la necesidad del stakeholder.

3.3.1. VERIFICAR PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

Para verificar las propiedades organolépticas del producto, se realizó la evaluación sensorial de los 4 lotes de producción, midiendo los atributos de sabor, color y olor, para los cuales se empleó a 10 voluntarios. En las tablas 35 y 36 se puede apreciar la calificación que cada voluntario dio a los diferentes lotes que se produjeron.

Tabla 35. Tabla de evaluación 1

VOLUNTARIO	LOTE 1 (ARTESANAL)			LOTE 2		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	4	4	4	4	5
2	4	4	5	4	4	5
3	3	4	4	3	4	5
4	4	3	5	3	3	4
5	4	5	4	3	3	5
6	3	4	5	3	3	5
7	4	3	4	4	4	4
8	3	4	5	3	4	4
9	3	4	4	4	4	4
10	3	4	5	4	4	4

Tabla 36. Tabla de evaluación 2

VOLUNTARIO	LOTE 3			LOTE 4		
	COLOR	OLOR	SABOR	COLOR	OLOR	SABOR
1	3	4	4	4	4	4
2	4	4	5	3	4	4
3	3	4	4	3	3	5
4	4	4	5	3	4	4
5	3	4	5	4	4	4
6	4	4	4	3	4	4
7	4	4	4	4	4	4
8	3	4	4	4	4	5
9	3	3	4	4	4	4
10	3	4	4	3	4	5

3.4. INTERPRETACIÓN DEL SABOR

Respecto al sabor, se puede hacer una interpretación valorada según el puntaje que se muestra en la tabla 37.

Tabla 37. Escala del sabor

SABOR	PUNTAJE
Desagradable	1
Regular	2
Aceptable	3
Agradable	4
Muy Agradable	5

Los resultados se muestran gráficamente en la figura 30

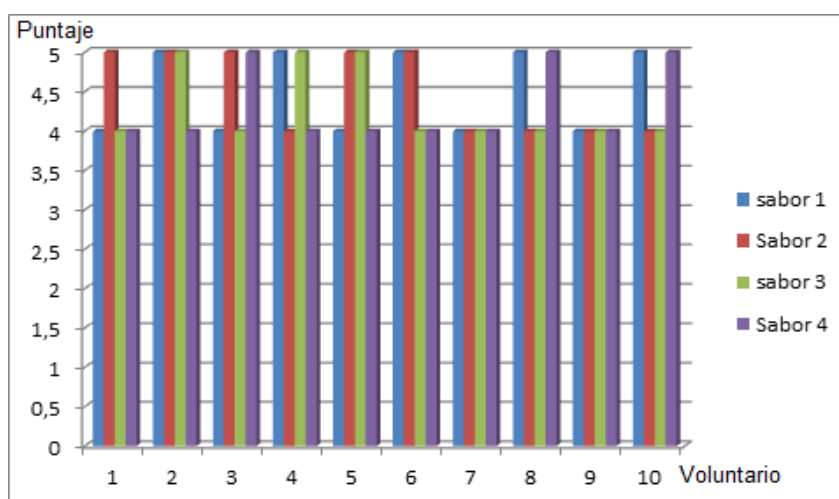


Figura 30. Gráfico de Sabor

Al observar la figura 30 el sabor en general de los 4 lotes en su mayoría recibió una valoración de “agradable”, mientras que el lote 1 y 2 recibieron una valoración de “muy agradable”. Lo que quiere decir que el sabor del dulce producido en la máquina se mantiene igual que el producido de forma artesanal.

3.5. INTERPRETACIÓN DE OLOR

En la tabla 38 se observa ya la interpretación del olor del membrillo.

Tabla 38. Escala del olor

OLOR	PUNTAJE
Muy desagradable	1
Desagradable	2
No me gusta ni me disgusta	3
Agradable	4
Muy Agradable	5

Los resultados se muestran gráficamente en la figura 32

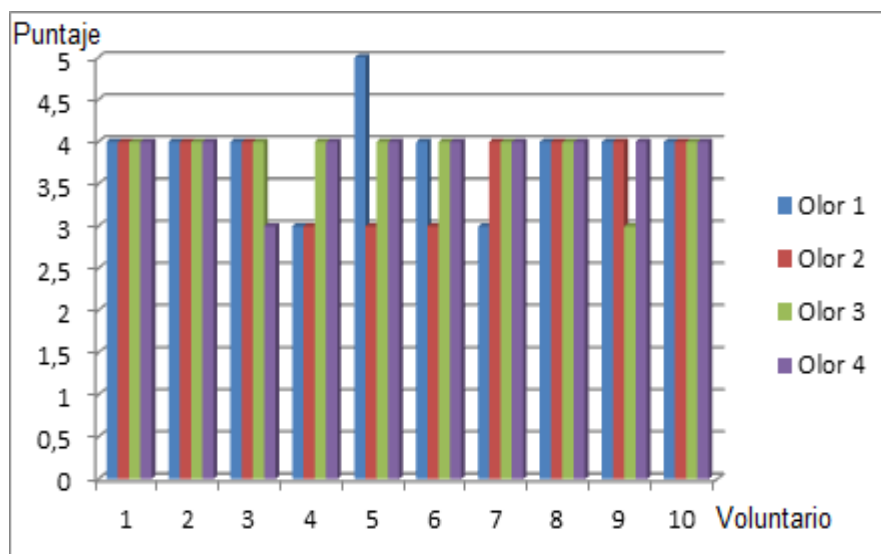


Figura 31. Gráfico del olor

Al observar la figura 31 tanto la producción artesanal como en la máquina en general recibió una valoración de “agradable”. Lo que indica que su agradable olor se mantiene.

3.6. INTERPRETACIÓN DE COLOR

En la tabla 39 se observa la escala para la interpretación del color del membrillo.

Tabla 39. Escala del color

COLOR	PUNTAJE
Muy suave	1
Suave	2
Característico	3
Fuerte	4
Intenso	5

Los resultados se muestran gráficamente en la figura 33

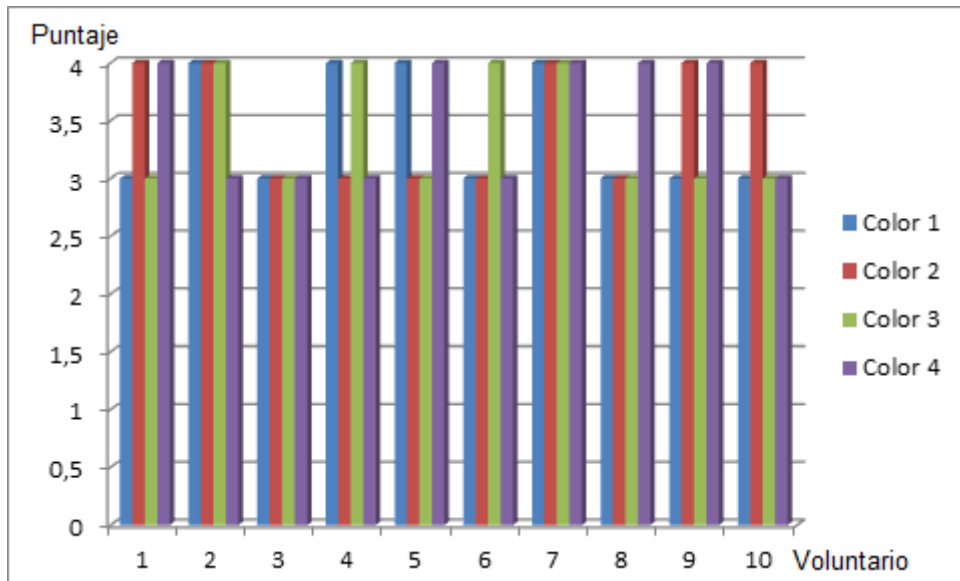


Figura 32. Gráfico del color

Al observar la figura 32 el color en general de los 4 lotes recibió una valoración de “característico”, mientras que el lote 2 y 4 recibieron una valoración dividida de “fuerte”. Lo que quiere decir que la máquina no altera el color característico del dulce de membrillo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Al utilizar el sistema de control se eliminó la presencia continua del operario durante el proceso, el operario solo interviene cuando se va a cargar y descargar el producto

Al tomar en cuenta la experiencia del stakeholder la velocidad adecuada es de 25 a 30 rpm el sistema de control de velocidad permitió ajustar con facilidad la frecuencia del motor para obtener la velocidad deseada, la cual se mantuvo constante permitiendo que la mezcla sea homogénea y tenga una adecuada transferencia de calor.

Gracias al sistema de control se mantuvo la temperatura, de 90°C a 100°C, para la cocción del producto evitando que pierda sus propiedades organolépticas y se obtenga un producto de mala calidad.

Utilizando la máquina se redujo los costos de producción en un 50.55% y se ganó 2 horas en tiempo de producción

RECOMENDACIONES

Con el fin de ganar tiempo, es recomendable encender la marmita media hora antes de iniciar las actividades de producción.

Para que el motor trabaje de mejor manera, se recomienda trabajar a 60 Hz, lo cual le proporcionará la velocidad óptima de 28 rpm para el proceso.

Antes de iniciar el encendido del sistema de control asegurarse que esté conectado el sensor de temperatura y el módulo NSR.

BIBLIOGRAFÍA

Aliaga, R. I. (2014). *Obtencion del zumo de membrillo*. Tingo Maria, Peru: Publicaciones facultad de industrias alimentarias.

alvarez, A., Jorrat, S., & Genta, M. (2015). Caracterización físico-química de jugo de limón. *Revista de Investigación Agropecuaria*, pp. 49-56.

Areatecnologia. (2017). *Tecnología*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/electronica/circuito-integrado-555.html>

Arian. (2018). Pt 100 Operacion, instalacion y tablas. *Control y Instrumentación*.

ASCO. (2015). *Aplicaciones agua caliente y vapor*. Recuperado el 15 de septiembre de 2011, de asconumatics: www.asconumatics.eu

Benavides, J. (2016). Diseño y construcción de un equipo automatico mezclador de resinas adhesivas. Riobamba: Facultad de Mecánica.

Blógtica. (2015). *El blog de medical óptica audición*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de <https://www.medicaloptica.es/blog/afecta-humo-los-ojos/>

Bruce, N. P.-P. (2016). *The health and Enviroment Linkages Initiative*. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de <http://www.who.int/heli/risks/indoorair/indoorair/en/>

Budynas, R., & Nisbett, K. (2014). *Diseño en ingeniería mecánica de Sigley*. México: McGraw-Hill.

Carrod. (2017). *Carrod*. Recuperado el 30 de agosto de 2019, de <https://www.carrod.mx/products/optoacoplador-moc3021-salida-triac>

Cordobatec. (2017). *Cordobatec*. Recuperado el 29 de agosto de 2019, de <http://www.cordobatec.com/producto/sensor-de-humedad-y-temperatura-dth11/>

Corp, C. (2015). *Manual de Calculos*. Barcelona: Capsule Corp.

Deutscher, I. (2014). *Design Methodology for Mechatronic Systems*.

Digikey. (2018). *Digikey*. Recuperado el 14 de agosto de 2019, de <https://www.digikey.com.mx/number/es/microchip-technology/150/MCP41100/11076>

Dipac. (2018). *Dipac Manta*. Recuperado el 12 de julio de 2019, de <http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-mecanicos/tubo-mecanico-redondo-galvalum>

Electronics-lab. (2018). *Electronics-lab*. Obtenido de DS1307 RTC MODULE: <http://www.electronics-lab.com/project/ds1307-rtc-module/>

Electronilab. (2018). *Electronilab*. Recuperado el 16 de julio de 2019, de <https://electronilab.co/tienda/hlk-pm01-fuente-compacta-step-down-100-220vac-5v-dc-0-6a/>

Escobar, L. (21 de Noviembre de 2014). *Máquinas Simples*. Obtenido de <https://máquinas-simples2.webnode.es/nosotros/>

Farnell. (2018). *Farnell Element*. Obtenido de <http://es.farnell.com/microchip/mcp41100-i-sn/ic-digital-pot-100k-1ch-spi/dp/1557424>

Futurlec. (2018). *Futurlec*. Obtenido de <://www.futurlec.com/DiodesSCR.shtml>

Geankoplis, C. J. (2014). *Proceso de transporte y operaciones unitarias*. México: Continental. S.A.

InfoAgro. (Martes de abril de 2014). *infoAgro*. Obtenido de http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/membrillero.htm

Ingenieure, V. D. (2014). *Desing methodology for mechatronic systems*. Düsseldorf.

Kinco. (2018). Manual variador de frecuencia CV20-2S-0015G.

Manrique, V. (2015). Desarrollo tecnologico e innovacion en marmitas. *Met&Flu*, 50-59.

Martin, B., & Manuel, M. (2015). *Determinacion de modelos para evaluar el consumo de potencia en tanques agitados para soluciones pseudoplasticas*. San José. Costa Rica: Sharman S.A.

Martín, T. (Diciembre de 2015). *Estudio de reacciones quimicas*. Obtenido de eleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/.../mezcla%20frigorif.htm

Maxim Integrated. (2015). DS1307. (G. V, Trad.) Sunnyvale, CA, EE. UU.: Maxim Integrated Products.

Mean Well. (2017). *Mean Well*. Recuperado el 14 de agosto de 2019, de Mean Well Power Supplies IRM-01-5 Series 1W 5V: <https://www.meanwell.co.uk/mean-well-power-supplies-irm-01-5-series-1w-5v.html>

Microchip. (2018). *Microchip*. Recuperado el 30 de julio de 2019, de ATmega2560: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560>

Mott, R. (2016). *Diseño de elementos de máquina*. México: Perason Educación.

Mott, R. L. (2016). *Mecánica de fluidos*. México: Pearson Educación.

Nerokas. (2017). *Nerokas*. Obtenido de https://store.nerokas.co.ke/index.php?route=product/product&product_id=1096

Nisbett, R. G. (2014). *Diseño en ingeniería mecanica de Shigley*. México: McGraw-Hill.

Pinto Gamboa, G. M. (2014). *Factilidad para la implementacion de una productora y comercializadora del dulce de membrillo*. Quito.

Pressman, R. (2015). *Ingeniería del Software: Un Enfoque Práctico*. McGraw-Hill.

Prometec. (2018). *Prometec*. Obtenido de <https://www.prometec.net/panel-tactil-tfts/>

QuimiNet. (2014). *QuimiNet*. Recuperado el 1 de septiembre de 2019, de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-acerca-de-los-quemadores-2722124.htm>

Raffino, E. (20 de Noviembre de 2018). *Concepto.de*. Obtenido de <https://concepto.de/microprocesador/>

Ramírez, D. (14 de Noviembre de 2018). *Gastronomia.com*. Obtenido de <https://ecuador.gastronomia.com/noticia/8371/sabores-del-ecuador-dulce-de-membrillo>

SainSmart. (2018). *SainSmart*. Recuperado el 26 de agosto de 2019, de 3.2" TFT LCD Touch Screen with SD slot: <https://www.sainsmart.com/collections/arduino/products/3-2-tft-lcd-touch-screen-with-sd-slot>

Salud, I. N. (30 de noviembre de 2014). *NIH*. Obtenido de <https://www.niams.nih.gov/es/informacion-de-salud/problemas-del-hombro#tab-types>

Santiago Segura Munguia, J. T. (2014). *Historia de las Plantas en el mundo antiguo*. Bilbao-Madrid: Universidad de Deusto.

Schonek, J. (2018). *Protección BT y variadores*. Barcelo, España: Schneider Electric.

SKF. (febrero de 2018). *Catalogo de Rodamientos*.

SPOL. (2017). *Fundamentos de matemática*. Guayaquil: Poligráfica C.A.

Surgeons, A. A. (25 de Mayo de 2016). *OrthoInfo*. Obtenido de <https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/codo-de-tenista-epicondilitis-lateral-tennis-elbow-lateral-epicondylitis/>

The American Society of Mechanical. (2017). *Section viii rules for construction of pressure vessels*. New York, USA.

The american Society of mechanical. (2018). *Boiler and pressure vessel code an international code. Section ii materials*. New York.

Transfer Multisort Elektronik. (2018). *Transfer Multisort Elektronik*. Recuperado el 12 de mayo de 2019, de MEAN WELL IRM-01-5: <https://www.tme.eu/en/details/irm-01-5/built-in-power-supplies/mean-well/>

Universo, E. (3 de septiembre de 2012). Ecuador realizará más inversiones para ampliar la producción de helados. *El Universo*.

Uribe, V. C. (6 de Octubre de 2013). *Diseño y calculo para agitadores de fluidos*. Bogota, Colombia.

ANEXOS

ANEXO 1

PROPIEDADES DEL ACERO INOXIDABLE

**ACERO INOXIDABLE 304
(UNS S30400)**

1. Descripción: éste es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidable de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte. Tiene buenas características para la soldadura, no requiere recocido tras la soldadura para que se desempeñe bien en una amplia gama de condiciones corrosivas. La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 925°C. No se recomienda para uso continuo entre 425 - 860°C pero se desempeña muy bien por debajo y por encima de ese rango.

2. Normas involucradas: ASTM A 276

3. Propiedades mecánicas: Resistencia a la fluencia 310 MPa (45 KSI)
Resistencia máxima 620 MPa (90 KSI)
Elongación 30 % (en 50mm)
Reducción de área 40 %
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.8 g/cm³ (0.28 lb/in³)

5. Propiedades químicas: 0.08 % C mín
2.00 % Mn
1.00 % Si
18.0 – 20.0 % Cr
8.0 – 10.5 % Ni
0.045 % P
0.03 % S

6. Usos: sus usos son muy variados, se destacan los equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego.

7. Tratamientos térmicos: éste acero inoxidable no puede ser endurecido por tratamiento térmico. Para el recocido, caliente entre 1010 y 1120°C y enfríe rápidamente

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

TABLE 1A (CONT'D)
SECTION I; SECTION III, CLASS 2 AND 3;* AND SECTION VIII, DIVISION 1
MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES S FOR FERROUS MATERIALS
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)

Line No.	Maximum Allowable Stress, ksi (Multiply by 1000 to Obtain psi), for Metal Temperature, °F, Not Exceeding													
	-20 to 100	150	200	250	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
1	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
2	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
3	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...
4	20.0	...	18.9	...	17.7	17.1	16.9	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	...	...
5	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
6	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
7	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
8	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
9	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
10	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
11	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
12	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6
13	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	...	...	...
14	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	...	...	...
15	20.0	...	16.7	...	15.0	13.8	12.9	12.3	12.0	11.7	11.5	11.2	11.0	10.8
16	20.0	...	20.0	...	18.9	18.3	17.5	16.6	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.6

Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	Applic. and Max. Temp. Limits (NP = Not Permitted) (SPT = Supports Only)			External Pressure Chart No.	Notes
			I	III	VIII-1		
1	70	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, H1, T7
2	70	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, H1, T8
3	70	30	NP	800	NP	...	G5, G16, G17, G32
4	70	30	NP	800	NP	HA-1	G5, G16, G17, G32
5	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
6	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, T7
7	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, T8
8	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, T7
9	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
10	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, T7
11	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G18, T8
12	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G18, T7
13	75	30	NP	NP	750	HA-1	G5
14	75	30	NP	NP	750	HA-1	...
15	75	30	1500	NP	1500	HA-1	G12, G18, T8
16	75	30	1500	800	1500	HA-1	G5, G12, G18, H1, T7

ANEXO 2

FIGURA G Y HA-1

Figure G
Geometric Chart for Components Under External or Compressive Loadings (for All Materials) (Cont'd)

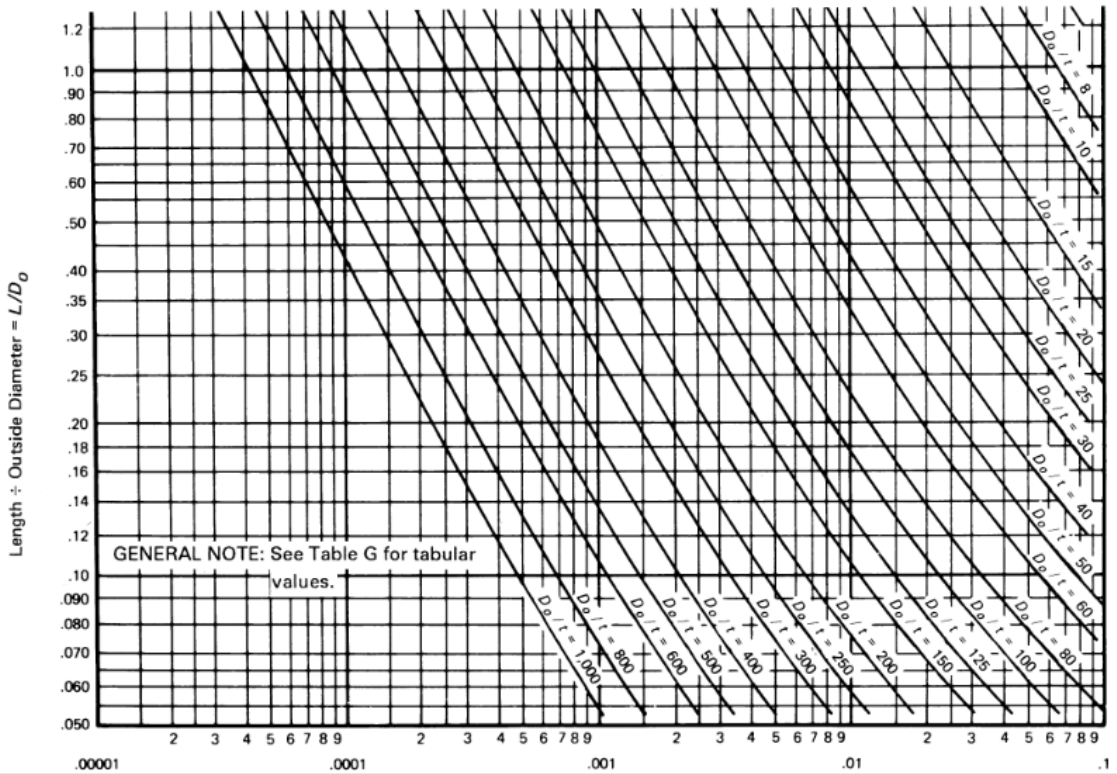
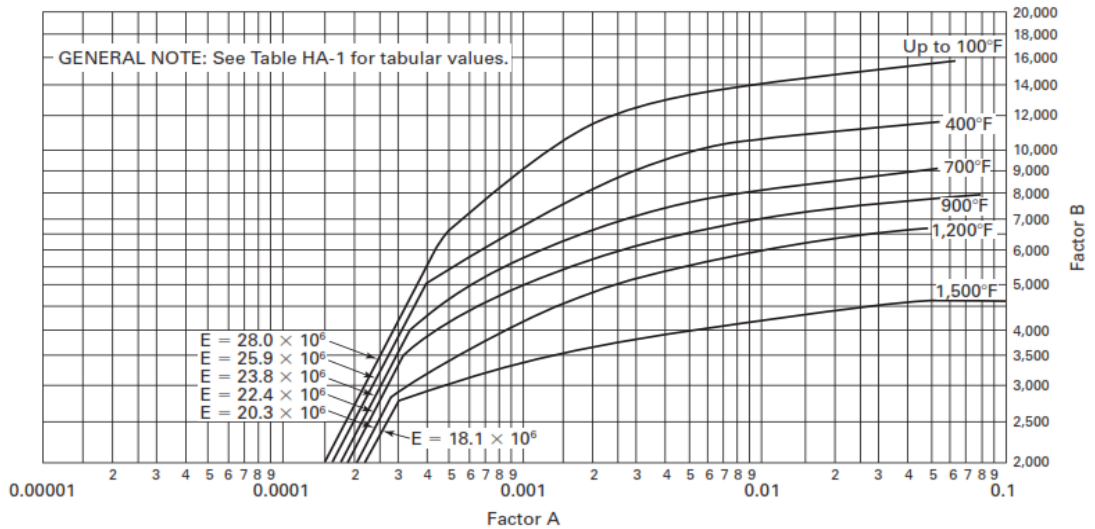


Figure HA-1
Chart for Determining Shell Thickness of Components Under External Pressure Developed for Austenitic Steel 18Cr-8Ni, Type 304



ANEXO 3

FACTOR M

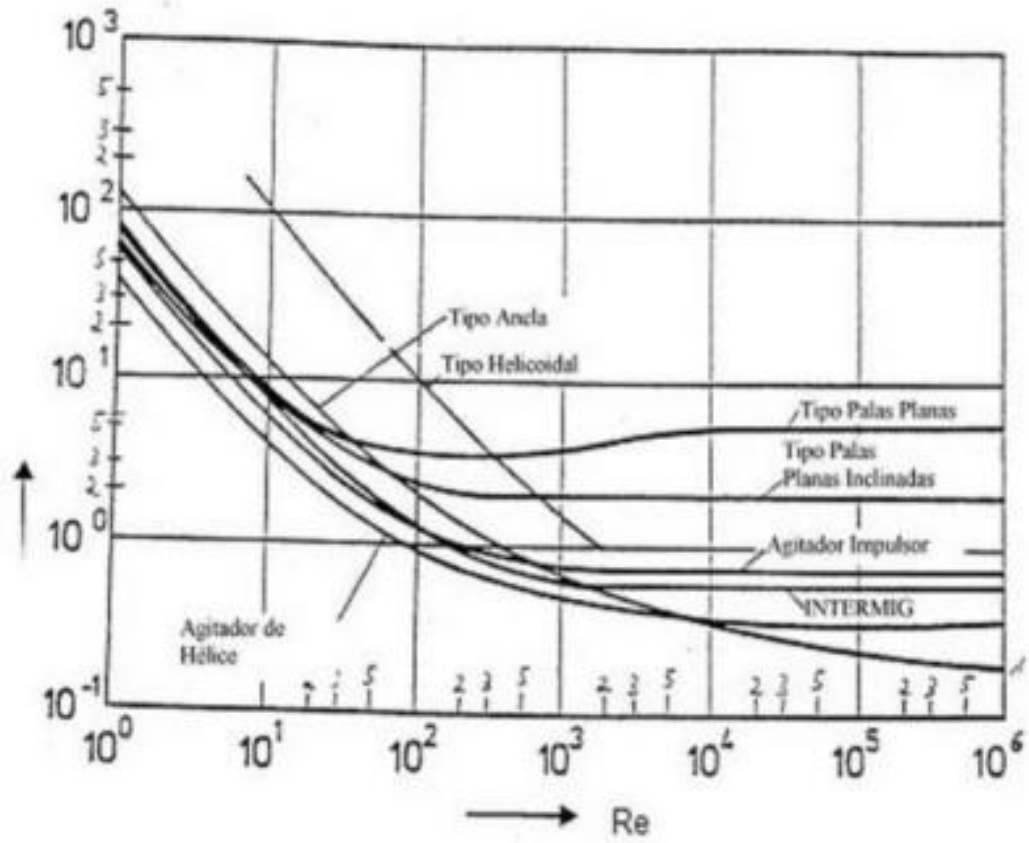
Table 1-4.2
Values of Factor M

<i>L/r</i>	1.0	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
<i>M</i>	1.00	1.03	1.06	1.08	1.10	1.13	1.15	1.17	1.18	1.20	1.22
<i>L/r</i>	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
<i>M</i>	1.25	1.28	1.31	1.34	1.36	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50
<i>L/r</i>	9.5	10.00	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16 ² / ₅ [Note (1)]
<i>M</i>	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

GENERAL NOTE: Use nearest value of *L/r*; interpolation unnecessary.

ANEXO 4

CORRELACIONES DE POTENCIA PARA DIFERENTES TIPOS DE AGITADORES



ANEXO 5

TUBO CUADRADO EN ACERO INOXIDABLE

Norma	AISI 304
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Dimensiones	Desde 1/2" a 2"
Espesor	Desde 0.6 a 2.0 mm



Pulg.	DIMENSIONES		PESO				
	H	e	P	AREA	EJES X-X E Y-Y		
	mm.	mm	Kg/6m	A	I	W	I
				cm2	cm4	cm3	cm
1/2	12	0.60	1.32	0.27	0.06	0.10	0.47
		0.75	1.86	0.32	0.07	0.12	0.47
		0.95	2.28	0.40	0.08	0.13	0.45
5/8	15	0.60	1.74	0.35	0.12	0.16	0.59
		0.75	2.16	0.41	0.14	0.19	0.58
		0.95	2.70	0.51	0.16	0.21	0.56
3/4	20	0.60	2.22	0.47	0.29	0.29	0.79
		0.75	2.88	0.56	0.34	0.34	0.78
		0.95	3.60	0.70	0.41	0.41	0.77
		1.10	4.20	0.80	0.47	0.47	0.77
1	25	1.50	5.64	1.05	0.58	0.58	0.74
		0.75	3.60	0.71	0.69	0.55	0.99
		0.95	4.50	0.89	0.84	0.67	0.97
		1.10	5.22	1.02	0.95	0.76	0.97
1 1/4	30	1.50	7.08	1.35	1.21	0.97	0.95
		0.95	5.40	1.08	1.50	1.00	1.18
		1.10	6.24	1.24	1.70	1.13	1.17
1 1/2	40	1.50	8.46	1.65	2.19	1.47	1.15
		0.95	7.20	1.46	3.68	1.84	1.59
		1.10	4.34	1.68	4.20	2.10	1.58
		1.50	11.28	2.25	5.48	2.74	1.56
2	50	1.50	14.04	2.85	11.06	4.42	1.97

ANEXO 6
PLANOS

A

B

C

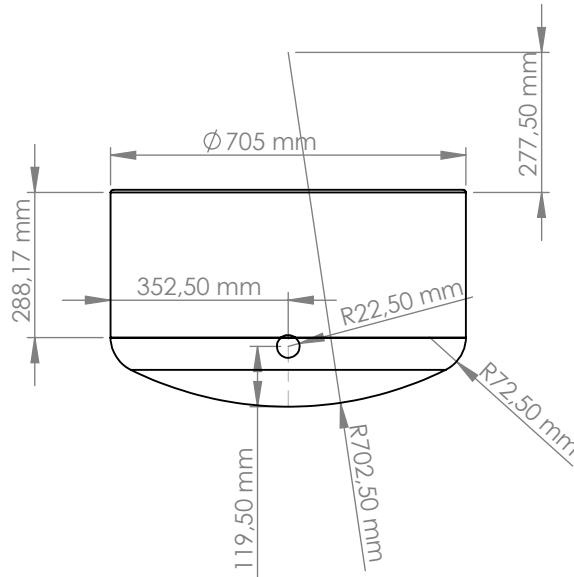
D

E

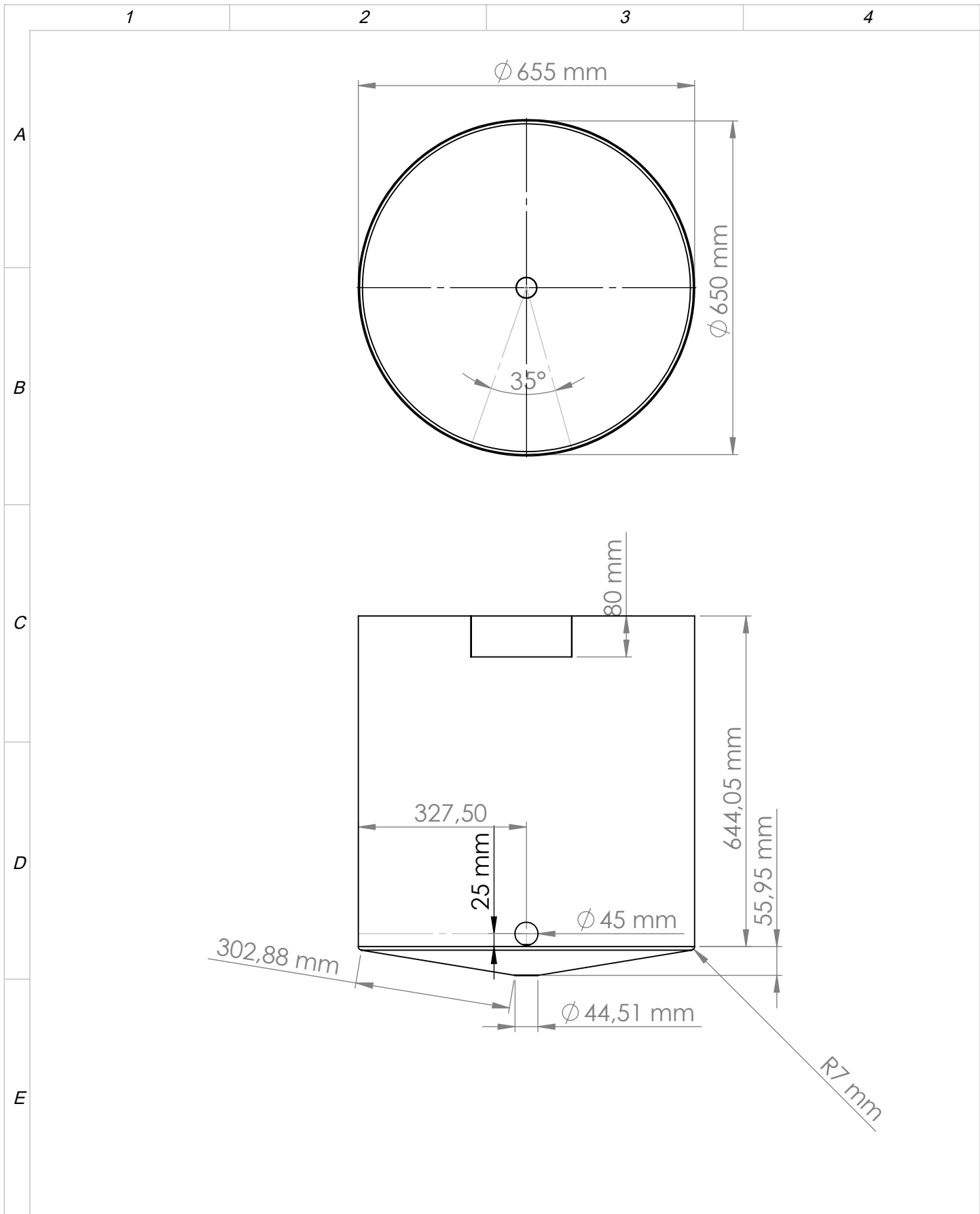
R VERDADERO 327,50 mm

R VERDADERO 352,50 mm

Ø 655 mm



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
				Fecha	Nombre	tanque_externo	ESCALA:
				Dibujado 03/09/2019	Cristhian Chimarro		1:15
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						Plano 1	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	ESCALA:
				Dibujado	03/09/2019	Cristhian Chimarro	1:10
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO N°:	HOJA:
						Plano 2	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

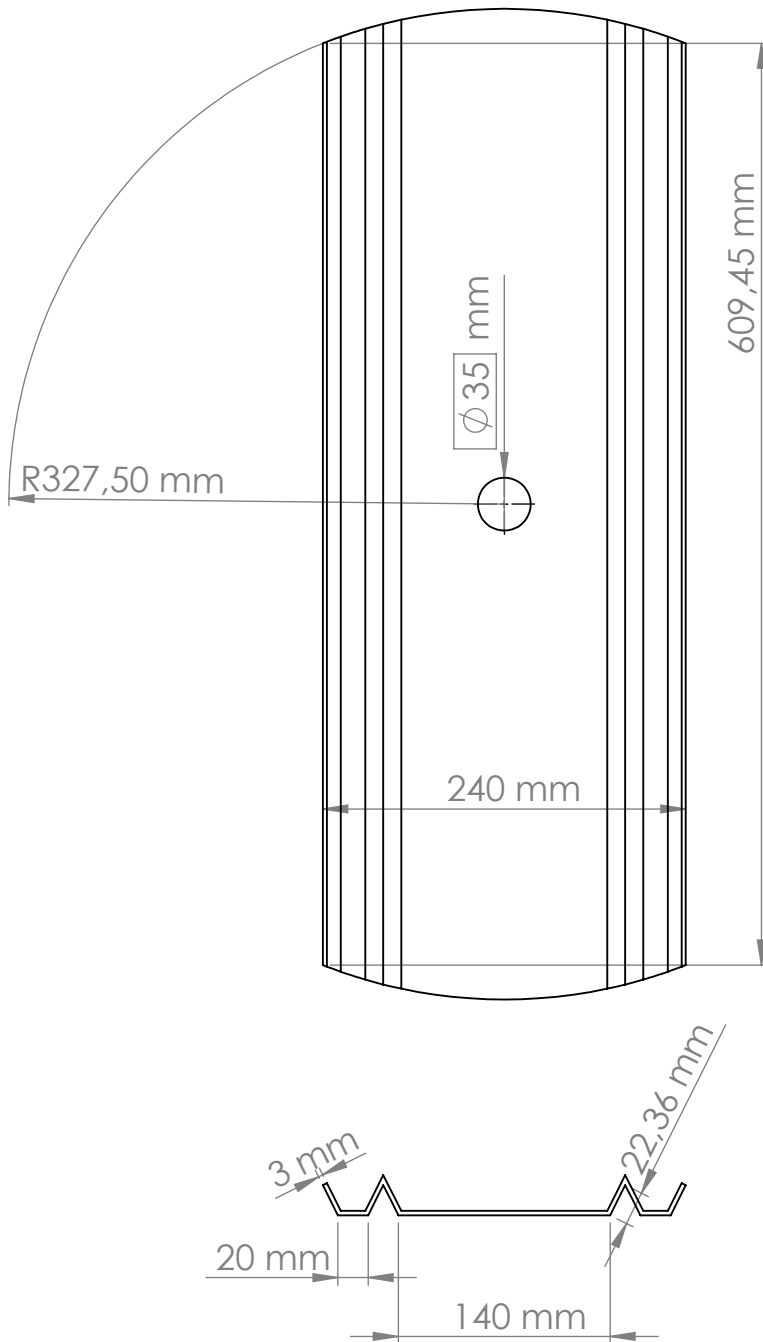
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
					<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	ESCALA: 1:5
				Dibujado	03/09/2019	Cristhian Chimarro	
				Revisado			
				Aprobado			HOJA: A4
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO N°:	
						Plano 3	
<i>Edición</i>	<i>Modificación</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>				

1

2

3

4

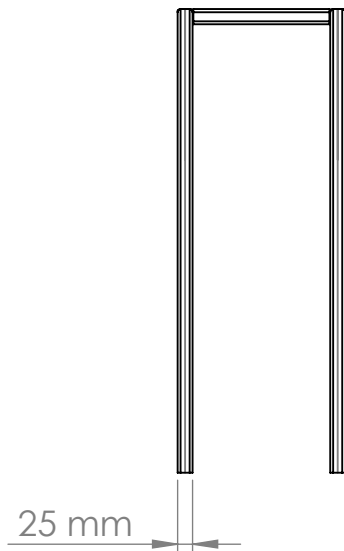
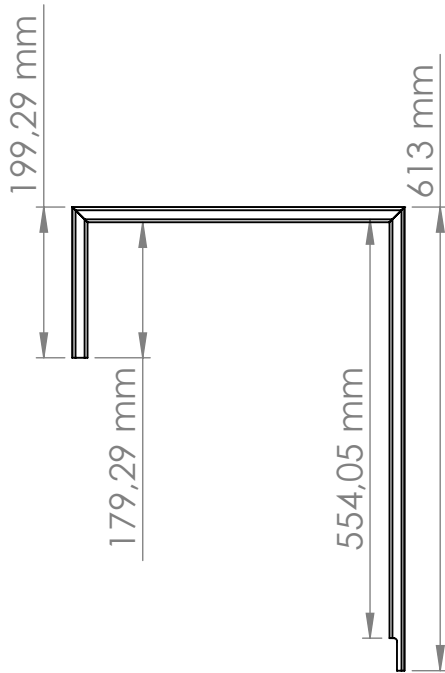
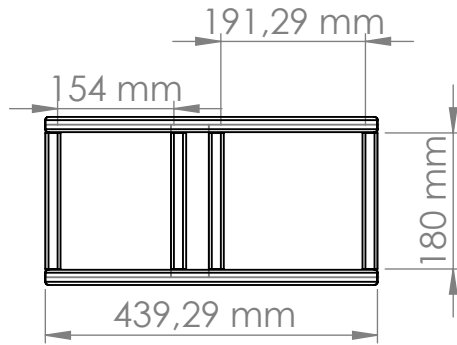
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
				Fecha	Nombre	<i>estructura_motor</i>	ESCALA:
				Dibujado 03/09/2019	Cristhian Chimarro		1:10
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº:	HOJA:
						Plano 4	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

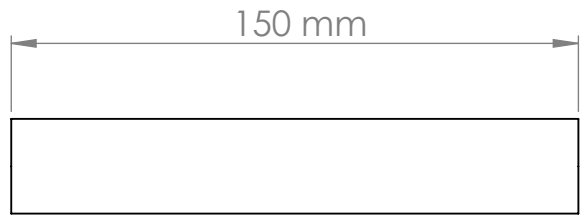
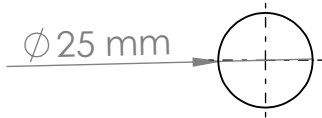
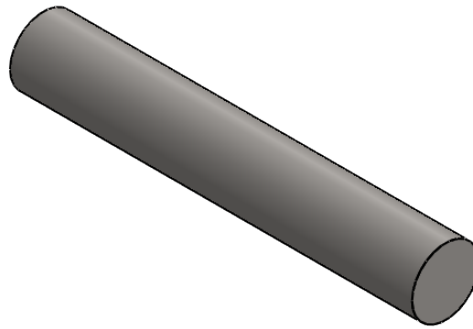
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA:		PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1			Acero inoxidable 304	
					Fecha	Nombre	<i>eje_soporte</i>	
				Dibujado	03/09/2019	Cristhian Chimarro		
				Revisado				
				Aprobado				
				FIRMA / EMPRESA:			DIBUJO Nº:	ESCALA:
							Plano 5	1:2
								HOJA:
								A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					



1

2

3

4

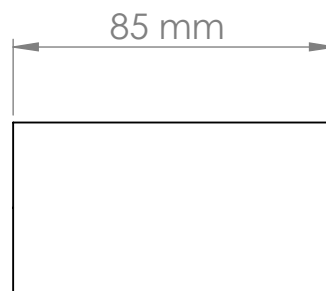
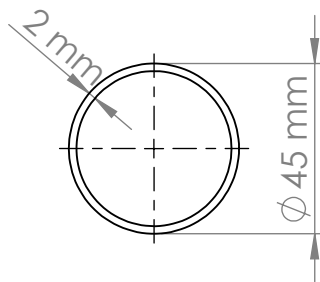
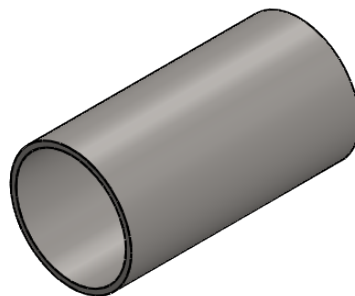
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
					Fecha	Nombre	boquilla_marmita ESCALA: 1:2
				Dibujado	03/09/2019	Cristhian Chimarro	
				Revisado			
				Aprobado			HOJA: A4
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO N°:	
						Plano 6	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

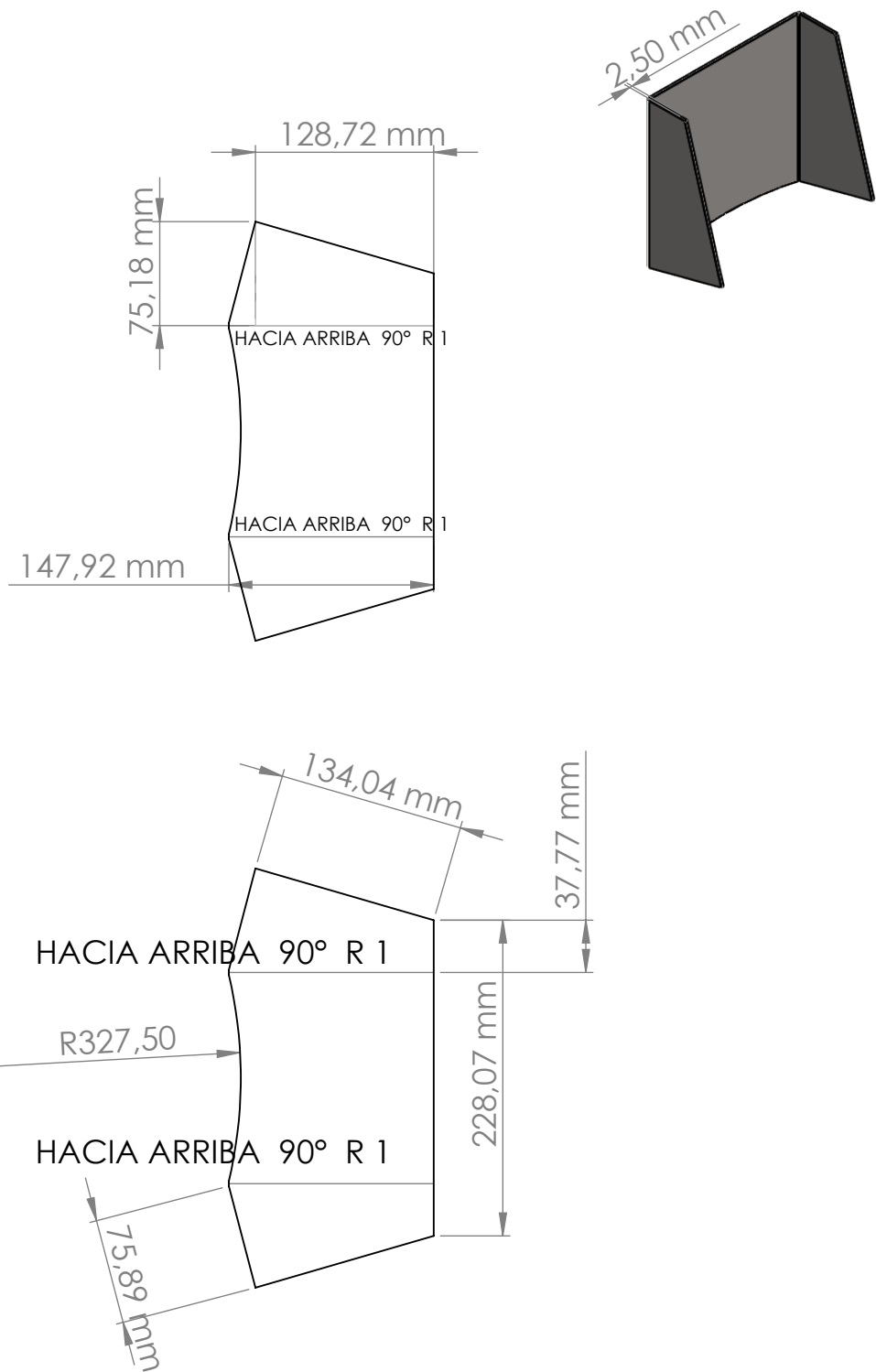
A


B

C

D

E



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		Acero inoxidable 304	
				Fecha	Nombre	<i>boca de pato</i>	ESCALA:
			Dibujado	03/09/2019	Cristhian Chimarro		1:5
			Revisado				
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO N°:	HOJA:
						Plano 7	A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

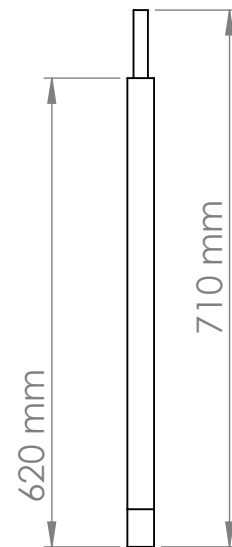
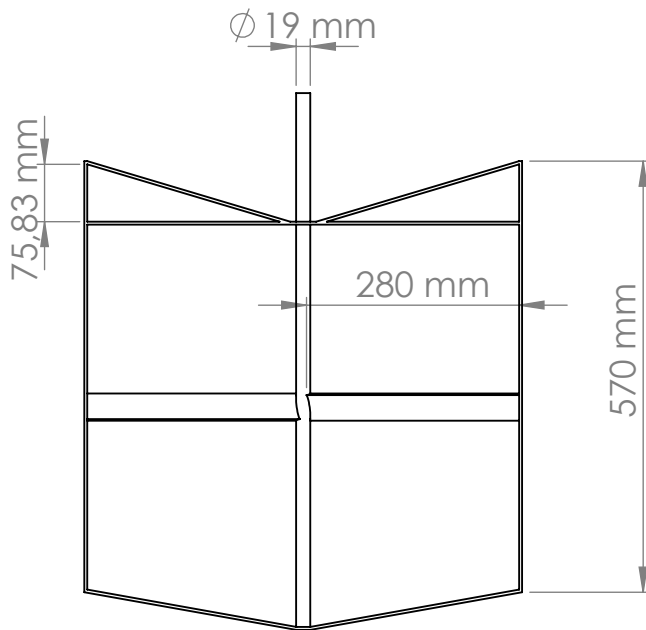
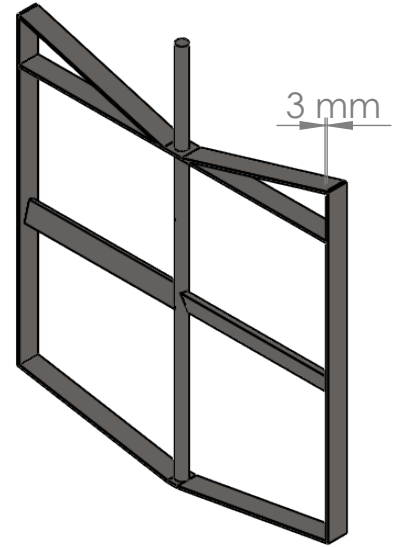
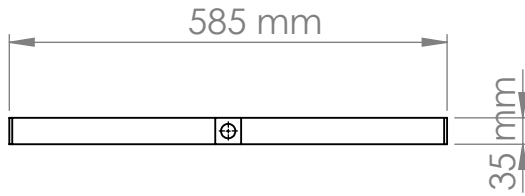
A

B

C

D

E



TOLERANCIA:

PESO [Kg]:

MATERIAL:

 ± 0.1 **Acero inoxidable 304**

Fecha

Nombre

Dibujado

03/09/2019

Cristhian Chimarro

Revisado

Aprobado

ESCALA:

agitador

1:10

FIRMA / EMPRESA:

DIBUJO Nº:

HOJA:



Plano 8

A4

Edición

Modificación

Fecha

Nombre

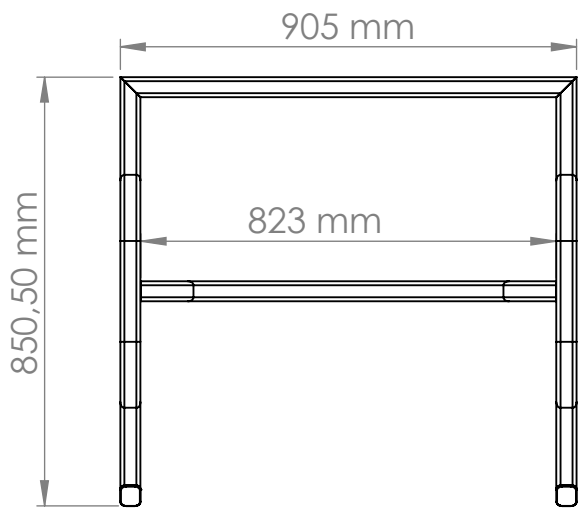
1

2

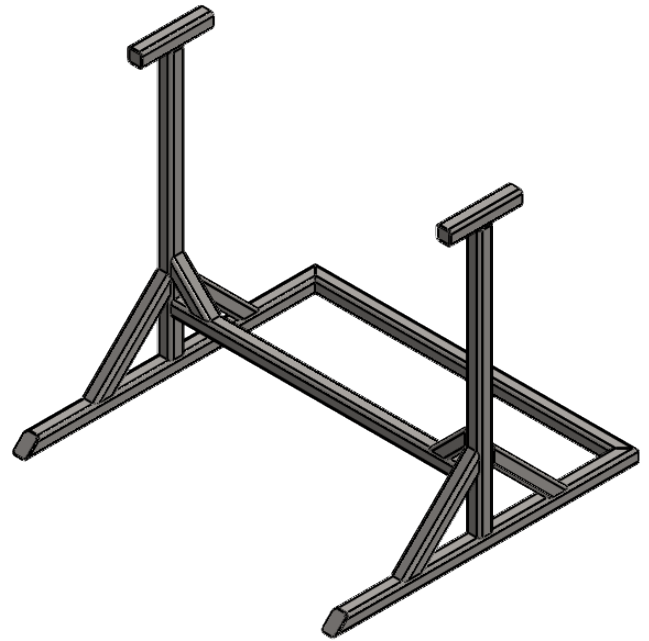
3

4

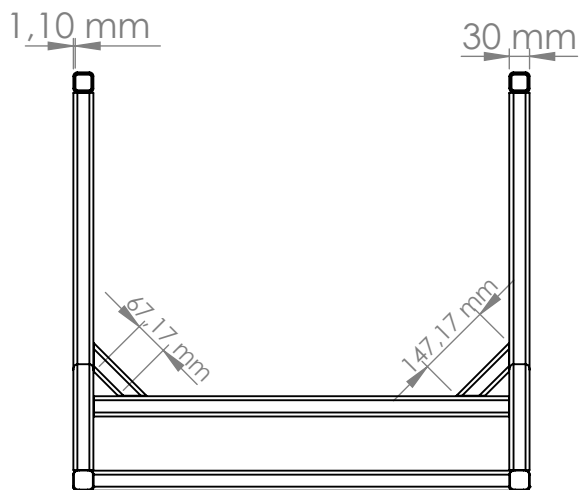
A



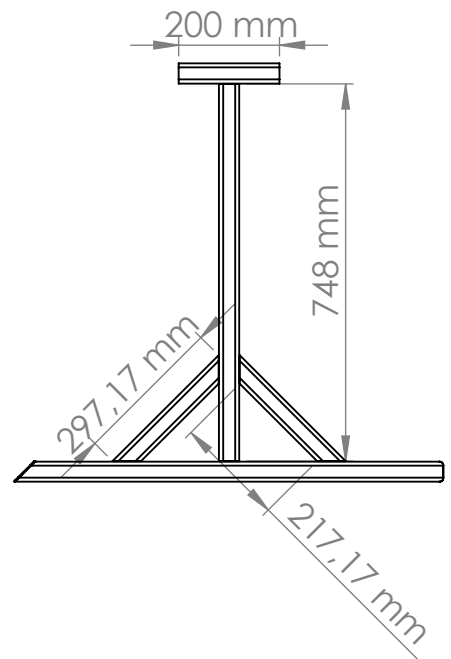
B




C



D



E

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO [Kg]:	MATERIAL: Acero inoxidable 304	
						<i>estructura</i>	ESCALA: 1:15
				Fecha	Nombre		
				Dibujado 03/09/2019	Cristhian Chimarro		
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA:		DIBUJO Nº: Plano 9	HOJA: A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

Enlace del reporte de URKUND

<https://secure.arkund.com/view/53953883-307552-520041>