

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE LABORATORIO  
PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO DE COCCIÓN DE DULCE A BASE DE  
LECHE Y PULPA DE FRUTA

ADRIAN MATEUS BERMÚDEZ  
JOHN PHAULO CÉSAR MUÑOZ RINCÓN

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2014

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE LABORATORIO  
PARA EL ESTUDIO DEL PROCESO DE COCCIÓN DE DULCE A BASE DE  
LECHE Y PULPA DE FRUTA

ADRIAN MATEUS BERMÚDEZ  
JOHN PHAULO CÉSAR MUÑOZ RINCÓN

Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director  
OMAR ARMANDO GÉLVEZ AROCHA  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2014

## **DEDICATORIA**

A Dios por su infinito amor, y porque gracias a él he alcanzado las metas que me he propuesto, a mis padres Gerardo y Lina que han dado todo a su alcance para ver realizados mis sueños y en especial al amor de mi vida Claudia Patricia Tavera que ha sido el motor más importante y fundamental para alcanzar esta gran meta, por ultimo a toda mi familia y a mi LUNA que solo yo se lo importante que es en mi vida.

**ADRIAN MATEUS BERMUDEZ**

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha hecho posible la culminación de esta etapa tan importante. A mis padres Carmen y Félix, y mi hermana Klipza Andrea y a toda mi familia por la paciencia, apoyo y amor incondicional que me han dado a través de todo este tiempo.

Al amor de mi vida Daniela y mis amigos que decidieron acompañarme en los momentos más importante de este proceso, que me brindaron hermosas alegrías y fueron el motor para seguir adelante.

Gracias por estar a mi lado.

John Phaulo César Muñoz Rincón

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres y familiares.

A Omar Armando Gélvez Arocha, Ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A todos los profesores, compañeros y amigos quienes contribuyeron a nuestro desarrollo personal.

A aquellas personas que de una u otra manera nos acompañaron en el transcurso de este proyecto.

Adrian Mateus Bermúdez

John Phaulo César Muñoz Rincón

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	20
1. OBJETIVOS.....	22
1.1. Objetivo General.....	22
1.2. Objetivos Específicos.....	22
2. PRODUCCIÓN DEL DULCE.....	23
2.1 DULCE A BASE DE LECHE Y PULPA DE FRUTA.....	23
2.1.1 Dulce de leche.....	23
1.1.2 Pulpa.....	26
2.2 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN DEL DULCE.....	27
2.2.1Selección de ingredientes.....	28
2.2.2 Dosificación de los ingredientes.....	29
2.2.3 Cocción.....	30
2.2.4 Control de calidad.....	31
2.2.5 Envasado.....	33
3. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS MARMITAS.....	35
3.1 HISTORIA DE MARMITAS.....	35
3.2 TIPOS DE MARMITAS SEGÚN SEAN CON O SIN AGITACIÓN.....	36
3.2.1 Tipos de Agitación.....	36
3.3 OTROS MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MARMITAS.....	38
3.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LAS MARMITAS.....	39
3.4.1Marmitas a Gas.....	40
3.4.2 Marmita a Vapor.....	41
3.4.3 Marmita Eléctrica.....	42
3.4.4 Marmita de presión.....	44
3.4.5 Marmitas Basculares.....	44
3.5 Limpieza de Marmitas.....	44
4. DISEÑO DEL SISTEMA.....	48
4.1 INTRODUCCIÓN.....	48

4.2 SISTEMA DE COCCIÓN.....	49
4.2.1. Diseño térmico del sistema de cocción. ....	50
4.2.2 diseño mecánico del sistema de cocción.....	59
4.3 SUBSISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	71
4.3.1 Caldera .....	71
4.3.2 Selección de caldera.....	72
4.4 Estructura de apoyo.....	74
4.4.1 Calculo de esfuerzos .....	74
4.4.2. Dimensionamiento de la estructura de apoyo .....	75
4.4.3. Verificación de los cálculos de esfuerzo por medio del CAD .....	76
4.5 Subsistema de agitación .....	79
4.5.1. DISEÑO DE AGITADORES.....	80
4.5.2 Datos y conexión del moto reductor seleccionado .....	84
4.5.3. Dimensionamiento de las paletas y el eje .....	85
4.5.4. Simulación de esfuerzos en la paleta y eje por medio de CAD.....	86
4.6 Subsistema de control.....	89
4.6.1 Descripción del proceso de control .....	89
4.6.2 Diagramas de Flujo del Proceso .....	91
4.6.3 Introducción al proceso de control.....	92
4.6.4 Diagrama eléctrico .....	93
4.6.5 Diagramas unifilares .....	95
4.6.6 Cálculos de protección .....	95
4.6.6 Selección del motor .....	96
4.6.7 Convertidor de frecuencia variable .....	100
4.6.8 Selección del variador del convertidor de frecuencia variable.....	104
4.6.9 Controlador lógico programable (PLC).....	109
4.6.10 Selección del PLC adecuado.....	109
4.6.11 Selección del HMI.....	119
4.6.12 Sensor de temperatura .....	121
5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE .....	124

5.1 TIPO DE SOLDADURA UTILIZADA .....	124
5.2 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE .....	126
5.3 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL AGITADOR .....	128
5.3.1 Montaje del moto reductor .....	128
5.3.2 Construcción y montaje de las aspas .....	129
5.3.3 Montaje del agitador completo .....	131
5.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE .....	132
5.4.1 Construcción del armazón de la estructura .....	132
5.5 MARMITA ENSAMBLADA Y LISTA PARA FUNCIONAR .....	135
6. PRUEBAS Y RESULTADOS .....	136
6.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TANQUE MARMITA.....	136
6.1.1 PRUEBAS AL 25, 50, 75 y 100% DE LA CAPACIDAD .....	136
7. COSTOS .....	140
7.1 GENERALIDADES .....	140
7.2 COSTOS DEL DISEÑO .....	140
7.3 Costos de producción y transformación de leche y pulpa de fruta .....	145
7.4 VENTAJAS SOCIO-ECONÓMICAS DEL PROYECTO.....	145
8. CONCLUSIONES .....	147
9. RECOMENDACIONES.....	148
BIBLIOGRAFIA.....	150
ANEXOS .....	151

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Proceso dulce de leche .....	25
Figura 2 Proceso dulce pulpa de fruta .....	27
Figura 3 proceso del dulce. ....	28
Figura 4 Tipos de Agitadores y Mezcladores .....	37
Figura 5 Rango de Viscosidades para Agitadores.....	38
Figura 6 Marmita Volcable o Fija .....	38
Figura 7 Marmita cerrada y atmosférica.....	39
Figura 8 Modelo a Gas.....	40
Figura 9 Modelo a Vapor.....	41
Figura 10 Modelo Eléctrico .....	43
Figura 11 Esquema de suministro de energía.....	48
Figura 12 Proceso de cocción.....	49
Figura 13 Volumen de control inicial de la marmita.....	51
Figura 14 Volumen de control estado estable de la marmita.....	56
Figura 15 Recipiente sometido a esfuerzos tangencial y circunferencial. ....	62
Figura 16 Renderización del tanque. ....	67
Figura 17 Dimensiones del tanque.....	67
Figura 18 Tensiones sobre el tanque.....	68
Figura 19 Desplazamientos sobre el tanque.....	69
Figura 20 Factor de seguridad en el tanque .....	70
Figura 21 Fuente de alimentación (caldera) .....	72
Figura 22 Selección de caldera .....	73
Figura 23 Imagen de perfiles rectangulares .....	74
Figura 24 Renderización de la Estructura.....	75
Figura 25 Dimensiones de la Estructura .....	76
Figura 26 Tensiones en la estructura.....	77
Figura 27 Desplazamientos en la estructura. ....	78
Figura 28 Desplazamientos en la estructura. ....	79
Figura 29 Diagrama de conexión del motor del agitador (Potencia).....	84
Figura 30 Diagrama de conexión del motor del agitador (Control) .....	85
Figura 31 Renderización de las paletas y el eje.....	85
Figura 32 Dimensiones de las paletas y el eje.....	86
Figura 33 Tensiones en las paletas y el eje.....	87
Figura 34 Desplazamientos en las paletas y el eje .....	87
Figura 35 Factor de seguridad de las paletas y el eje.....	88
Figura 36 Sistema de Control.(P&ID).....	89
Figura 37 Pantalla Táctil.....	90

Figura 38 Diagrama principal .....	91
Figura 39 Diagrama de Bloques .....	94
Figura 40 Diagrama Unifilar Agitador.....	95
Figura 41 Panel de selección de características generales del Motor. ....	97
Figura 42 Panel de elección características especiales del Motor. ....	98
Figura 43 Componentes Principales de un Convertidor de Frecuencia Variable .....	102
Figura 44 Convertidor de Frecuencia variable PowerFLex 40.....	104
Figura 45 Curvas Torque Vs Frecuencia PowerFlex 40 a 3HP.....	105
Figura 46 Diagrama de bloques.....	106
Figura 47 Componentes del adaptador de Ethernet. ....	107
Figura 48 adaptador 22-COMM-E EtherNet / IP .....	108
Figura 49 1789-EMS08T 8 .....	108
Figura 50 Representación de algunos componentes del panel.....	111
Figura 51 Panel ControlLogix 5572.....	112
Figura 52 Diagrama de flujo para selección de PLCs Allen Bradley .....	114
Figura 53 Diagrama de comunicación componentes Allen Bradley .....	116
Figura 54 Controlador ajustable en chasis.....	116
Figura 55 Vista frontal del Chasis.....	117
Figura 56 Vista frontal fuente de poder .....	118
Figura 57 Vista frontal HMI .....	120
Figura 58 Termocupla tipo J.....	121
Figura 59 Detalle punta electrodo tungsteno.....	126
Figura 60 Doblado de planchas de metal (a) proceso, (b) resultado.....	126
Figura 61 Suelda del tanque (a) parte exterior, (b) parte interior .....	127
Figura 62 Suelda de los ejes del tanque .....	127
Figura 63 Suelda de las boquillas .....	128
Figura 64 Placa base del moto reductor.....	129
Figura 65 Montaje del moto reductor .....	129
Figura 66 Corte de las piezas para el aspa .....	130
Figura 67 Suelda del aspa.....	130
Figura 68 Suelda del eje .....	131
Figura 69 Agitador terminado.....	131
Figura 70 Agitador completo .....	132
Figura 71 piezas cortadas para la estructura .....	133
Figura 72 Suelda de la estructura .....	133
Figura 73 Estructura terminada .....	134
Figura 74 Marmita terminada .....	135
Figura 75 Grafica de resultados del moto reductor .....	138
Figura 76 Gráfica de resultados del dulce .....	139

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición del dulce de leche .....	24
Tabla 2 Dulce de leche - requisitos físico-químicos .....	25
Tabla 3 Dosificación ingredientes del dulce.....	29
Tabla 4 Partes de una marmita a vapor.....	42
Tabla 5Partes Marmita eléctrica .....	43
Tabla 6 Partes esquema de suministro de energía .....	49
Tabla 7 Datos del Tanque.....	60
Tabla 8 Eficiencias de las juntas.....	61
Tabla 9 Perfiles comerciales acero inoxidable .....	64
Tabla 10 Propiedades Físicas del acero inoxidable AISI 304.....	65
Tabla 11Tipos de Acero Inoxidable .....	66
Tabla 12 Fuerzas Aplicadas .....	68
Tabla 13 Esfuerzos sobre el tanque .....	68
Tabla 14 Propiedades Físicas del acero ASTM A36.....	74
Tabla 15 Dimensiones de Correas de acero .....	75
Tabla 16 Fuerzas Aplicadas .....	76
Tabla 17 Esfuerzos sobre la estructura.....	77
Tabla 18 Valores de KL y KT para el cálculo de la potencia de agitación. ....	80
Tabla 19 Parámetros de diseño para el agitador .....	81
Tabla 20 Coeficientes de arrastre para diferentes objetos.....	83
Tabla 21 Datos del moto reductor seleccionado .....	84
Tabla 22 Fuerzas Aplicadas en el Agitador.....	86
Tabla 23 Valores de tensión y desplazamientos para las paletas y el eje .....	86
Tabla 24 Especificaciones del motor escogido. ....	99
Tabla 25 Descripción componentes 22-COMM-E Ethernet/IP .....	107
Tabla 26Características principales del ControlLogix 5572 .....	112
Tabla 27 Características PLCs Familia 1756-L7x.....	113
Tabla 28 Chasis disponibles.....	117
Tabla 29 Fuentes de poder.....	118
Tabla 30 Composición de los principales tipos de Termocuplas.....	122
Tabla 31 electrodos para soldar acero inoxidable .....	124
Tabla 32 Electrodo de Tungsteno para soldadura tipo TIG .....	125
Tabla 33 Resultados del moto reductor .....	138
Tabla 34 Resultados del dulce .....	139
Tabla 35 Costo total marmita .....	142
Tabla 36 Costo sistematización marmita.....	143
Tabla 37 Costo total marmita con sistematización.....	143

Tabla 38 Costos indirectos .....	144
Tabla 39 Costos de producción .....	144
Tabla 40 Costos presentación del producto.....	145

## TABLA DE ANEXOS

Anexo A: CARTA APROVACION TECNOPARQUES SENA .....	152
Anexo B: MANUAL DEL USUARIO .....	153
Anexo C: PROPUESTAS DE MARMITAS A REALIZAR. FASES DE DISEÑO MARMITA .....	164
Anexo D: PLANOS MARMITA REALIZADA .....	169

## RESUMEN

### TITULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE LABORATORIO PARA EL ESTUDIO DE LA COCCION DEL DULCE A BASE DE LECHE Y PULPA DE FRUTA\*

### AUTORES:

ADRIAN MATEUS BERMÚDEZ  
JOHN PHAULO CÉSAR MUÑOZ RINCÓN\*\*

### PALABRAS CLAVES:

Diseño y Construcción, Marmita, Dulce de Leche y Pulpa de Fruta, Cocción.

### DESCRIPCIÓN:

El presente documento propone el diseño, y construcción de una estructura de laboratorio para el estudio de producción de dulce a base de leche y pulpa de fruta, auspiciado por Tecnoparque SENA.

Para el diseño de cada uno de los componentes de la estructura se utilizaron diferentes fórmulas y propiedades físicas, tanto de los materiales de la mezcla como de el mismo montaje como lo son viscosidad, densidad de la mezcla, cantidad de materias primas y forma adecuada de carga y descarga dentro de la marmita, potencia de arrastre en la paleta. Gracias a estos cálculos se crearon las geometrías, dimensiones y se seleccionaron los materiales idóneos a utilizarse, los cuales han sido confirmados gracias a los programas ANSYS 14.0 y Solid Works 2013. Para el correcto funcionamiento de todo el proceso de mezcla, fue necesario definir las dimensiones y materiales de una estructura de soporte para la marmita, la cual sea ergonómica para los operadores.

Todo esto con base en los diseños desarrollados y verificados con los mismos programas antes nombrados. Con la maquina ya en funcionamiento se obtuvieron datos que permitieron realizar graficas como: Amperaje vs Carga del moto reductor y tiempo vs grados Brix, las mismas que determinaron el tiempo necesario para que la mezcla este completamente homogeneizada y lista para la producción de dulce a base leche y pulpa de fruta.

Otro objetivo fue encontrar una opción económicamente rentable para el micro y pequeño productor de dulce artesanal en Santander, el cual pueda dar un producto de alta calidad con una inversión relativamente baja.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Dir. Omar Armando Gelvez Arocha.

## SUMMARY

### TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A LABORATORY INFRASTRUCTURE FOR THE STUDY OF COOKING PROCESS OF SWEET MADE FROM MILK AND FRUIT PULP\*

### AUTHORS:

ADRIAN MATEUS BERMÚDEZ  
JOHN PHAULO CÉSAR MUÑOZ RINCÓN\*\*

### KEY WORDS:

Design and Construction, Pot, Sweet made from Milk and Fruit Pulp, Cooking Process.

### DESCRIPTION:

This work proposes the design and construction of a laboratory structure for the study of cooking process of sweet made from milk and fruit pulp sponsored by Tecnoparque SENA.

To the design of each one of the components of the structure were used different formulas and physics properties, besides the mixture materials either the structure materials like viscosity, mixture density, amount of raw materials, appropriately charging and discharging within the pot, pulling power from the palette. Because these calculations were deducted geometries, dimensions and selected the suitable materials to be used, which were probed by CAD programs like ANSYS 14.0 and Solid works 2013. For the correct operation of whole mixture process was necessary to define the dimensions and materials of a support structure of the pot, which have to be ergonomic for the operators.

All this based in the design developed and verified with the above named programs. With the machine in operation were obtained data that allowed us to make graphs like: Currents Vs. gear motor Load and time vs. degrees Brix, the same that determined the necessary time for the mixture to be completely homogenized and ready to the production of sweet made from milk and fruit pulp.

Other objective was find an economically viable option for micro and small producer of home-made sweet in Santander, who could give a high quality product with a minimal inversion.

---

\* Work Degree

\*\* Faculty of Physical Mechanics Engineerings. School of Mechanical Engineering. Omar Armando Gelvez Arocha, Dir.

## INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales, la industria de producción de dulce a base de leche y pulpa de fruta en Santander, ha dado un paso hacia adelante; el renombre obtenido en el ámbito nacional e internacional, producto de la propaganda dada en los medios de comunicación existentes. Debido a esto los productores se han visto en la necesidad de crear un producto final que sea competitivo, tanto en su precio como en su calidad.

En Santander este tipo de empresas son mayoritariamente de origen familiar y sus procesos son en gran parte de tipo artesanal y ofrecen productos cuya calidad en la mayoría de los casos está basada en datos empíricos, sin una fórmula o medición exacta de variables físicas presentes en la mezcla, siendo estas la temperatura de mezcla, grados Brix, cantidades exactas de materia prima. Esto lleva a crear un producto con características variables en cada lote, dándole al productor en algunos casos pérdida de lotes completos debido a diferentes factores no medidos durante el proceso.

La solución de muchos de estos problemas, por parte de los grandes productores se ha logrado la tecnificación de muchas etapas del proceso y a un aumento de la calidad del producto. Gracias a esto se ha encontrado muchos métodos nuevos y más rentables para la producción del dulce a base de leche y pulpa de fruta, muchos de los cuales, debido a su alto precio, solo son posibles de obtener para productores de tradición o grandes empresas, dejando a un lado al pequeño productor y al micro empresario.

Una de las fases más importantes del proceso de producción del dulce a base de leche y pulpa de fruta es la cocción, en la cual, por medio de una variada literatura se ha encontrado diferentes puntos en los cuales se puede mejorar la calidad del producto, sin tener que realizar una inversión muy significativa, además de

ahorrar energía y proteger al medio ambiente. Uno de estos es garantizar un adecuado control de la temperatura (máximo 80°C) que evita o reduce la degradación de aquellos componentes del alimento que son sensibles al calor; esto favorece la conservación de las características organolépticas y el valor nutritivo de la materia prima y del nivel de agitación del producto, que de no hacerse generaran deficiencias en la calidad del producto tales como la mala consistencia y el defecto del nivel de sacarosa del producto.

Para contribuir al desarrollo y creación de empresa, la Universidad Industrial de Santander y estudiantes de Ingeniería Mecánica, con apoyo de Tecnoparque SENA, con el fin de dar solución a la problemática que aqueja a los pequeños productores y microempresarios de dulce a base de leche y pulpa de fruta se buscaron vías de solución por medio del conocimiento que estos tienen en la parte de diseño y sistematización de maquinaria para mejorar el rendimiento y la producción de ciertos procesos de la industria, en este caso, se implementó un sistema de tecnificación en una infraestructura de laboratorio que permita dar fin a los inconvenientes presentados y que permita mejorar la calidad del producto para que siempre tenga las mismas características y sean del agrado del consumidor; con el fin que las microempresas puedan expandirse más y ser competitivas en el mercado.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1. Objetivo General.

Contribuir al desarrollo de la misión de la Universidad Industrial de Santander en formar profesionales integrales y con capacidad de investigación, fortaleciendo y afianzando sus estudios y conocimientos, además, de fomentar la formación y tecnificación de empresa por parte del SENA, mediante el Diseño y construcción de una infraestructura de laboratorio para el estudio de procesos de cocción de dulce a base de leche y pulpa de fruta en Santander.

## 1.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar y construir una infraestructura de laboratorio para el estudio del proceso de cocción de dulce a base de leche y pulpa de fruta, conformada por:
  - Sistema de cocción que consta de una marmita de doble camisa de capacidad 10 litros, y un sistema de agitación para garantizar la homogenización y consistencia mientras se realiza la cocción.
  - Estructura de apoyo para la marmita con sistema de vuelco o pivote permite facilitar la descarga del producto desde la marmita.
  - Sistema de seguridad (válvula de alivio) en caso de emergencia salvaguardara la infraestructura del sistema y la integridad del operario.
  - Sistema de control con sensores de presión y temperatura.
- Selección de caldera para la alimentación de vapor del proceso.
- Prueba de funcionalidad para determinar temperatura y grado de agitación óptimo del proceso.

## 2. PRODUCCIÓN DEL DULCE

### 2.1 DULCE A BASE DE LECHE Y PULPA DE FRUTA

#### 2.1.1 Dulce de leche.

El dulce de leche es un producto obtenido por concentración mediante el calor, en todo o parte del proceso de la leche cruda o leches procesadas aptas para la alimentación con el agregado de azúcares y eventualmente otros ingredientes y aditivos permitidos hasta alcanzar los requisitos especificados en la Norma

"Dulce de Leche o Manjar blanco".

También se entiende por "Dulce de Leche" al producto obtenido por concentración de la leche adicionada de sacarosa por evaporación atmosférica o al vacío, aromatizado o no, con el agregado de materias aromáticas naturales autorizadas.

Se podrá elaborar con leche entera de vaca o parcialmente descremada, en polvo, crema de leche o con una combinación de todos estos productos.

#### ➤ **Referencias Históricas**

El dulce de leche es producto típicamente latino, cuyo origen se lo disputan los argentinos y uruguayos. Cuenta una historia que en Cañuelas debían juntarse los generales Lavalle y Rosas, en campos de este último. Lavalle, para esperarlo, se recostó en el catre de Rosas, y se quedó dormido allí. La mulata que servía al general Rosas, se inquietó tanto por este acto, que consideraba irrespetuoso, que olvidó sobre el fuego la lechada que le preparaba al general. La leche y el azúcar que hervían para el mate de Rosas, quedaron al rescoldo, y allí al consumirse originaron para jolgorio de todos, al dulce de leche. A partir de entonces se produjo el dulce de leche en forma casera. A partir del año 1904 se inició la producción industrial del dulce de leche en Argentina y Uruguay.

Posteriormente continuaron el ejemplo otros países como Brasil, en donde el dulce de leche alcanza hoy elevados volúmenes de producción.

➤ **Composición Química del “Dulce de Leche”**

En la Tabla 1, se presenta la composición del dulce de leche, según datos recopilados por Chacón (1976). En la Tabla 2 se presenta la composición del dulce de leche, que son considerados requisitos según la Normativa del MERCOSUR 96 137- 1997 DULCE DE LECHE, en la que se presenta el Reglamento técnico de identidad y calidad del dulce de leche.

➤ **Valor Energético**

Entre los denominados Alimentos Lácteos, el dulce de leche, por su elevado contenido de lípidos e hidratos de carbono, constituye un alimento energético de primer orden, aventajado inclusive en contenido calórico a otros de comprobado valor nutritivo.

**Tabla 1** Composición del dulce de leche

COMPOSICION QUIMICA	MINIMO (%)	MAXIMO (%)	PROMEDIO
HUMEDAD	20	30	25
SACAROSA	37	48	42,5
SOLIDOS DE LECHE	26	30	28
MATERIA GRASA	2	10	6
PROTEINAS	10	8	7
LACTOSA	6	15	12,5
CENIZAS	1	2	1,5
ACIDO LACTICO	-	0,2	0,2

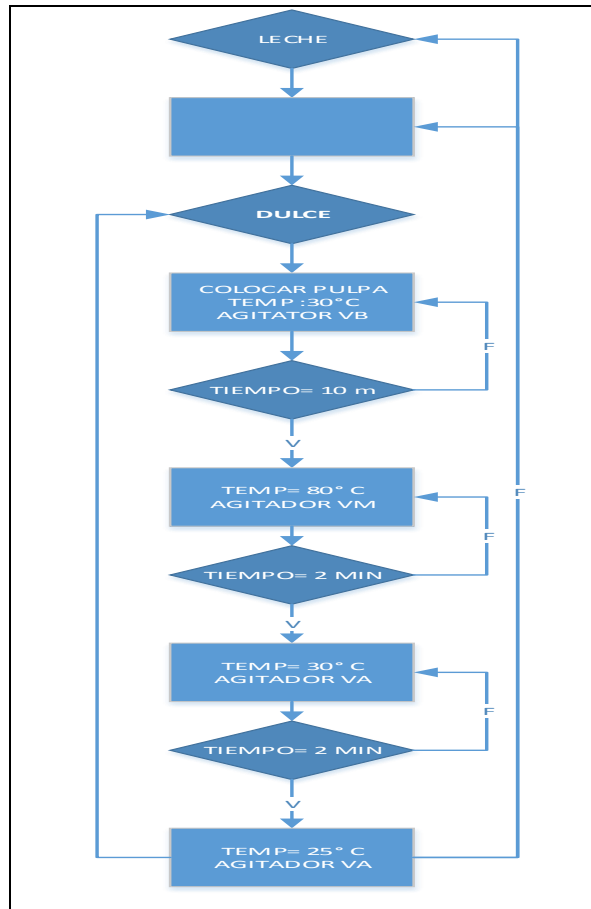
**Fuente:** SANTOS (1976)

**Tabla 2.** Dulce de leche - requisitos físico-químicos

REQUIITO	DULCE DE LECHE CON CREMA	DULCE DE LECHE	METODO DE ANALISIS
Humedad g/100g	Max. 30	Max. 30	FIL 15B 1 988
Grasa g/100g	6 a 9	mayor a 9	FIL 13B 1 998
Cenizas g/100g	Max. 2	Max. 2	AOAC 15E 1 990.930.30
Proteínas g/100g	Min. 5,0	Min. 5,0	FIL 20B 1 993

Fuente: FEPALE (1 998)

**Figura 1.** Proceso dulce de leche



### 1.1.2 Pulpa

La pulpa de fruta es el producto pastoso, no diluido ni concentrado ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias.

La temperatura y el tiempo escogidos para pasteurizar una pulpa dependerán de varios factores como su Ph, composición, viscosidad y nivel de contaminación inicial.

A menor PH, viscosidad y contaminación, se requiere menor tiempo o temperatura de pasteurización para disminuir el grado de contaminación hasta niveles en los que no se presenta un rápido deterioro de la pulpa.

El proceso de la pulpa empieza de la siguiente forma:

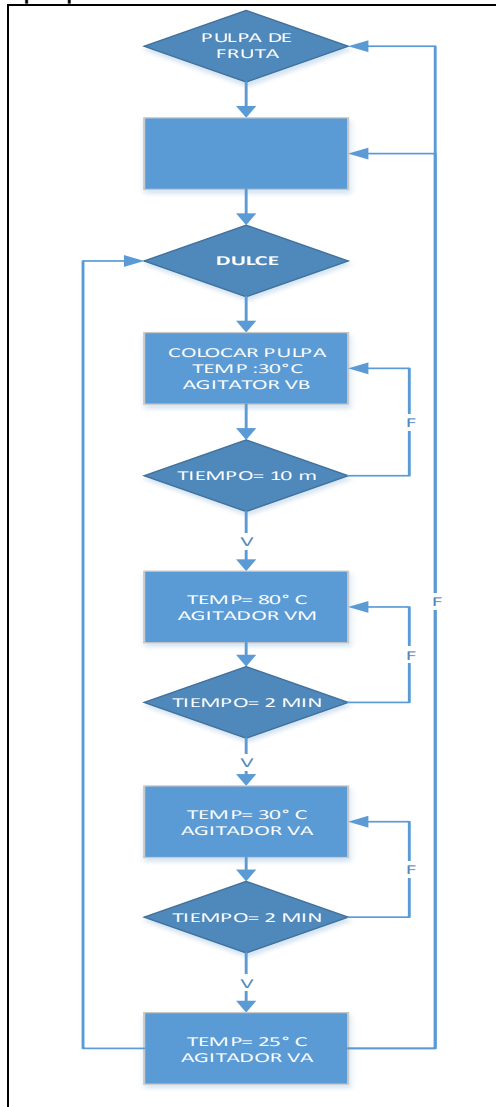
Se comienza calentando a unos 30°C; después de un tiempo establecido se procede a subir la temperatura a 70°C para realizar la pasteurización.

Se debe tomar en cuenta que la pulpa no se la puede someter mucho tiempo a temperatura alta, ya que cambiaría considerablemente el color y sabor del producto.

Y en este caso solo se pasteurizaría la pulpa de fruta pura sin conservantes.

Se adjunta diagrama de bloques detallando las etapas del proceso.

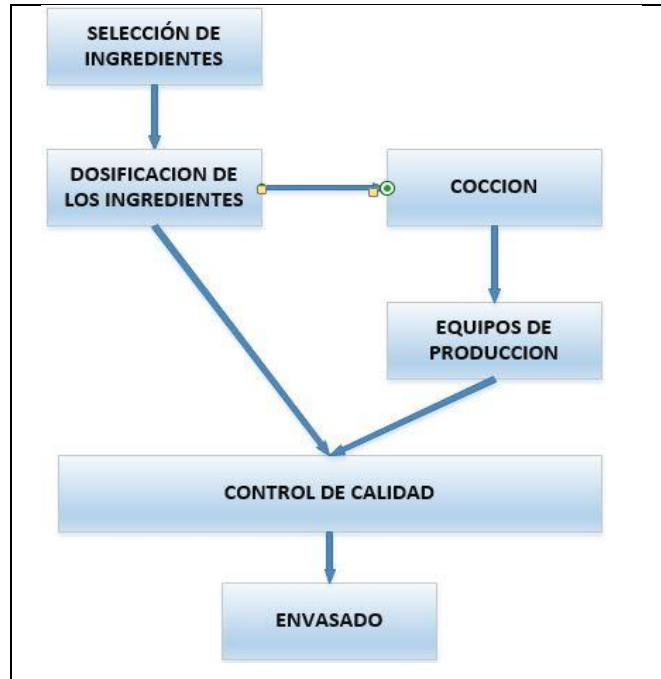
**Figura 2.** Proceso dulce pulpa de fruta



## 2.2 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN DEL DULCE

En la actualidad se encuentran dulces de todo tipo que son fabricados de diferentes formas, entre las cuales existen diferencias sutiles, aunque sus etapas son las mismas. A continuación se presentan las etapas para la producción del dulce de leche.

**Figura 3.** Proceso del dulce.



### **2.2.1 Selección de ingredientes**

En los procesos de producción de dulce, ya sea empírico o tecnificado, los ingredientes no cambian mucho, debido a que muchos de estos ingredientes dan características fundamentales en el producto final y la falta de alguno de ellos generaría un producto con propiedades organolépticas diferentes a las esperadas por el consumidor. Los principales ingredientes son:

- Leche: Se prefiere la leche directamente traída de la vaca, ya que esta contiene la consistencia necesaria para el proceso y su contenido de agua es el deseado.
- Azúcar: Se usa para aumentar el grado de dulce de la leche, además de ayudar en un principio con la coagulación de la leche.

- Bicarbonato de sodio: ayuda a eliminar el ácido láctico de la leche, evitando que esta se corte al concentrarla, además favorece la reacción de Maillard que incrementa el color pardo (dado ya en parte por la caramelización de la sacarosa).

### 2.2.2 Dosificación de los ingredientes

Es importante un control riguroso de los ingredientes; a continuación se muestra la dosificación necesaria para obtener 7 litros de dulce de leche:

**Tabla 3.** Dosificación ingredientes del dulce

INGREDIENTE	DOSIFICACION
Leche	10 litros
Azúcar	2 kilogramos
Bicarbonato de sodio	½ cucharadita

Esta dosificación puede variar un poco según el tipo de dulce de leche que se quiera producir, entre los cuales se puede destacar tres tipos principales:

- Clásico, familiar o tradicional: su característica principal es la brillantez y liga. Su utilización es muy variada: se usa untado sobre rebanadas de pan, solo o con mantequilla, y también en pasteles, helados, alfajores, cañoncitos de dulce de leche, facturas, caramelos (tradicionalmente muy pegajosos) y otros postres.
- De repostería o repostero: es más concentrado, de aspecto opaco y con corte. Puede llevar sustancias vegetales para aumentar su consistencia. Es utilizado principalmente en pasteles y tortas.
- Para helados: es de uso industrial, de aspecto similar al familiar, pero con más color, brillo y sabor.

Otras variedades del dulce de leche incluyen el dulce de leche dietética y el mixto (combinado con otros elementos, por ejemplo, chocolate).

### **2.2.3 Cocción**

En la cocción se observa que existen dos métodos para la producción del dulce de leche; según su tipo se puede de modo artesanal o tecnificada. En la primera se encuentra la paila y en la segunda la marmita.

#### ➤ **Cocción método artesanal**

En este tipo de cocción se encuentran diferentes equipos con los cuales se produce el dulce; entre los más comunes son:

- Paila.
- Paleta de madera.
- Cocina de gas o de madera: La diferencia entre estas dos es que la cocina de gas es relativamente rápida y no existe tanto desperdicio energético, mientras que en la de madera se obtiene un sabor característico debido a los humos de la madera, pero su cocción es más lenta.

#### ➤ **Cocción método tecnificado**

Este tipo de cocción se caracteriza por sus altos volúmenes de producción y un seguimiento de las variables físicas que intervienen en el proceso; además los equipos que intervienen en esta son diferentes y el operario tiene contacto con el producto solo en lo estrictamente necesario. Entre los equipos más utilizados se encuentran:

- Marmita: Es un equipo con una doble camisa, dentro de la cual se inyecta vapor a alta temperatura para producir la cocción de alimentos. En este equipo se encuentra incluido la paleta para el batido del producto, a la cual se le suministra la energía para el giro por medio de un motor eléctrico de baja potencia. La energía necesaria para la cocción se da gracias a vapor que entra en la camisa de la marmita o el calentamiento de aceite térmico.
- Caldera: utilizada para grandes producciones, es la que produce el vapor para la cocción del dulce.
- Quemador de gas: utilizado en marmitas con aceite térmico o agua en el interior de camisa; es usado normalmente para producciones relativamente bajas.
- Sistema de toma de variables: Consta de la instrumentación necesaria para la lectura de variables fundamentales como son, temperatura de la mezcla, presión dentro de la camisa, grados Brix, etc.

#### **2.2.4 Control de calidad**

El control de calidad del producto cambia según el método de cocción a utilizar, pero aún se observan características comunes entre estos.

Entre los parámetros a evaluar en el análisis sensorial, se encuentra la apariencia, consistencia, y flavor (sabor-olor):

- Apariencia: el color debe que ser castaño acaramelado; en caso del duce de leche heladero, el color podrá corresponder al colorante adicionado, además no se deberán presentar machas, grumos ni colonia.
- Consistencia: debe ser cremosa o pastosa, sin cristales perceptibles. La consistencia puede ser firme en dulces pasteleros, reposteros o heladeros.
- Flavor (sabor-olor): Es característico, sin olores ni sabores extraños

Se pueden determinar tres etapas de control de calidad durante la producción del dulce de leche que son: En la entrega de la materia prima, durante el proceso de cocción y al finalizar la cocción.

➤ **Control de calidad durante la entrega de materias primas**

Al recibir la leche se verifica su contenido de grasas y acidez. La acidez permite conocer la calidad de la leche y saber cuánto neutralizante (bicarbonato de sodio) ha de utilizarse durante la elaboración.

➤ **Control de calidad durante la Cocción**

En el proceso de cocción, se observan las mayores diferencias en el control de calidad entre los dos procesos existentes, debido más que nada a la instrumentación utilizada durante el método tecnificado:

➤ **Método artesanal:** En este método, se usan datos empíricos usados por el operario, el cual ya sabe cuál va a ser el color, textura y sabor de la mezcla después de cierto tiempo. Además se usaran dos métodos para saber si el dulce se encuentra listo o no. El primero es usar una cuchara para sacar una muestra y dejar caer una gota de dulce en un vaso de agua. Dicha gota no deberá deshacerse hasta el final del vaso. El otro método es con el mismo dulce de la cuchara, estando este ya tibio cogerlo entre los dedos y corroborar su consistencia y también probarlo para saber su sabor.

➤ **Método tecnificado:** en este método, además de utilizar los pasos ya indicados en el método artesanal, se llevara un control preciso de la temperatura de la mezcla y la presión dentro de la camisa de la marmita. Además se utilizara

un refractómetro para la medición de los grados Brix en diferentes etapas del proceso de cocción.

➤ **Control de calidad al finalizar la cocción**

Al finalizar la cocción se tomaran muestras del producto ya terminado será aprobado por el experto en la planta, el cual dará o no el visto bueno para su embalaje.

### **2.2.5 Envasado**

El envasado variara según el método de cocción utilizado.

➤ **Método artesanal**

En este método, el envasado se lleva a cabo de dos formas:

- Vaciado: en este método se da vuelta a la paila, vaciándola por gravedad en los envases o moldes.
- Raspado: en este método se introduce una cuchara o paleta dentro de la paila extrayendo el material de esta sin voltearla

➤ **Método Tecnificado**

En este método existen diferentes formas para la extracción del material desde la marmita, entre los cuales se encuentran:

- Volteo: se da vuelta al a marmita dejando caer la cantidad necesaria de producto en cada envase o molde
- Bombeo: en este método se utiliza una bomba para generar un vacío en la parte baja de la marmita y así extraer el material por medio de una manguera. Este método es uno de los más precisos.
- Descarga por medio de llave: se usa una llave en la parte inferior de la marmita, la cual se abrirá de forma manual o automatizada, y el material caerá en el envase.

### **3. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LAS MARMITAS**

En este capítulo se hace alusión a la historia, los tipos de marmitas y las formas de clasificación según sean con o sin sistema de agitación y por el tipo de energía suministrada a la misma. Además se enfocan los tipos de agitadores existentes. Entre otros factores importantes en estos tipos de clasificación esta si son marmitas abiertas o cerradas y con sistema de volteo o fijas.

Se harán una serie de recomendaciones en lo que respecta a la parte de asepsia que es un paso importante a la hora del funcionamiento de la máquina.

Esto para afianzar y que sirva de guía a cualquier persona que tenga o no conocimiento del tema para que a la hora de poner en funcionamiento la maquina sea un proceso fácil y eficaz.

#### **3.1 HISTORIA DE MARMITAS**

Una Marmita es una olla de metal cubierta con una tapa que queda totalmente ajustada. Normalmente las marmitas se utilizan en la industria para procesar alimentos, mermeladas, jaleas, dulces, chocolates, carnes, bocaditos, salsas, etc.

La palabra “marmita” proviene del francés antiguo marmite (hipócrita), aplicable a este recipiente de cocción porque oculta su contenido.

Desde el siglo XIV, la marmita panzuda de hierro negro, con tapa, un asa y tres pies, colgada del gancho de la chimenea, servía para hervir agua o la colada que se utilizaba preparar la sopa y el cocido. En el siglo XVII la marmita quedó reservada casi exclusivamente para la preparación de sopas y potajes.

Los orfebres fabricaban marmitas de plata, ornamentadas con blasones, medallas e inscripciones, que eran utilizadas para el servicio de mesa.

La marmita española más conocida es la que confeccionan los marineros vascos, llamada marmitako; y una de las más conocidas internacionalmente, probablemente sea la que pertenece a Paroramix.

## **3.2 TIPOS DE MARMITAS SEGÚN SEAN CON O SIN AGITACIÓN**

Las marmitas, pueden ser de dos tipos, con o sin agitación; las primeras requieren de un volumen de operación excedido en un 60% del volumen real ocupado por el líquido inicial, mientras que el no agitado, sólo en un 10%.

### **3.2.1 Tipos de Agitación**

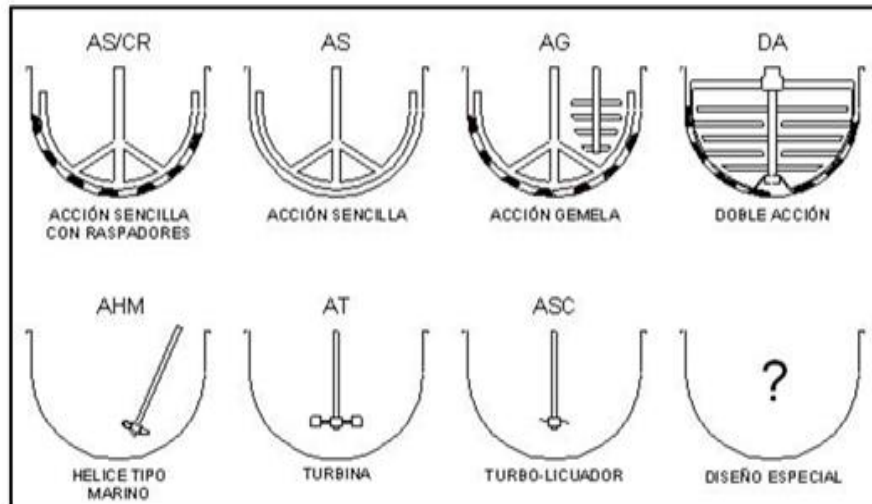
La agitación de líquidos es de las operaciones más comunes en los procesos industriales; es de importancia fundamental en las industrias minera, farmacéutica, petrolera, de pulpa y papel, por mencionar algunas. La agitación de líquidos se emplea con distintos fines, según el objetivo que se pretenda en la etapa de proceso:

- Agitar líquidos miscibles
- Poner en suspensión sólidos
- Dispensar líquidos inmiscibles para formar emulsiones y suspensiones.
- Favorecer el intercambio de calor entre el líquido y la chaqueta.

Dependiendo del tipo de agitador, éstos pueden ser montados sobre brazos, puentes fijos o basculantes de los siguientes tipos:

- Acción sencilla con raspadores tipo ancla (AS/CR)
- Acción sencilla (AS)
- Acción gemela (AG)
- Doble acción (DA)
- Hélice tipo marino (AHM)
- Turbina
- Turbo – licuador
- Combinaciones de los anteriores y otros.

**Figura 4.** Tipos de Agitadores y Mezcladores



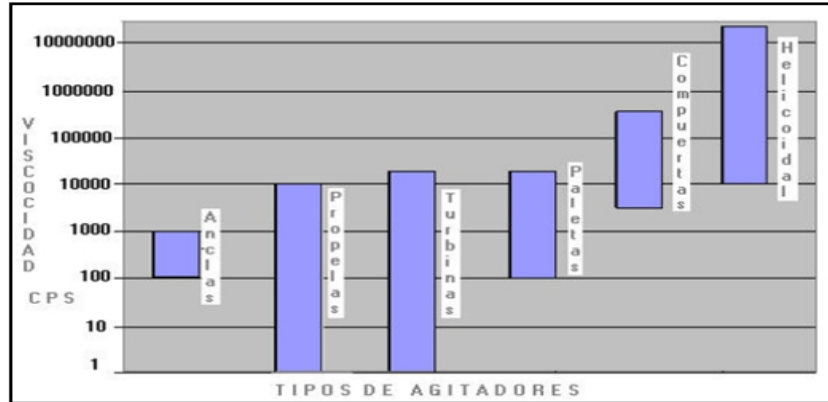
Fuente:[http://207.5.43.60/intertecnica/pantallas/productos\\_detalle.asp?IdProducto=13](http://207.5.43.60/intertecnica/pantallas/productos_detalle.asp?IdProducto=13).

Los tres tipos principales de agitadores son: de paletas, de hélice y de turbinas; aunque para ciertos casos son útiles algunos diseños especiales.

El uso de los distintos tipos de agitadores está asociado a la viscosidad del fluido. Esta propiedad es el factor principal asociado a la fuerza que tiende a amortiguar el flujo en un sistema de mezclado.

En la siguiente figura se muestran los rangos de viscosidad recomendados para algunos agitadores comunes.

**Figura 5.** Rango de Viscosidades para Agitadores



Fuente: [http://cbi.izt.uam.mx/iq/lab\\_mec\\_de\\_fluidos/Practicas%20Laboratorios/PRACTICA4.pdf](http://cbi.izt.uam.mx/iq/lab_mec_de_fluidos/Practicas%20Laboratorios/PRACTICA4.pdf).

### 3.3 OTROS MÉTODOS DE SELECCIÓN DE MARMITAS

Usualmente la marmita tiene una forma semiesférica y puede tener un sistema de volteo para facilitar la salida del producto.

**Figura 6.** Marmita Volcable o Fija



Fuente: <http://iihmsa.net/ads/index.php?a=5&b=520>.

Se pueden encontrar marmitas según sean abiertas o cerradas. En la abierta el producto es calentado a presión atmosférica, mientras que en la cerrada se emplea vacío. El uso del vacío facilita la extracción de aire del producto por

procesar y permite hervirlo a temperaturas menores que las requeridas a presión atmosférica, lo que evita o reduce la degradación de aquellos componentes del alimento que son sensibles al calor, favoreciendo la conservación de las características organolépticas y el valor nutritivo de la materia prima, con lo que se obtienen productos de mejor calidad.

**Figura 7.** Marmita cerrada y atmosférica



Fuente: <http://iihmsa.net/ads/index.php?a=5&b=520>

### **3.4 CLASIFICACIÓN SEGÚN EL SUMINISTRO DE ENERGÍA DE LAS MARMITAS**

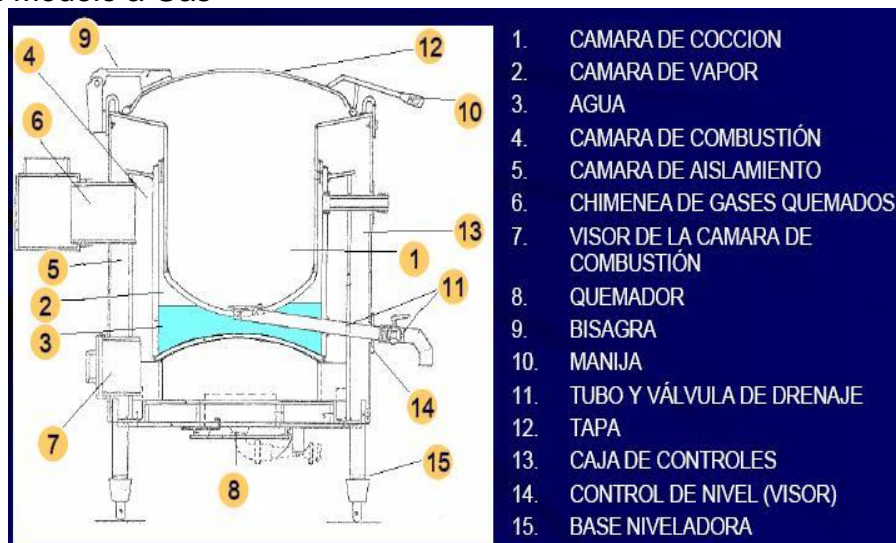
Las marmitas tienen diferentes sistemas de calentamiento:

- Gas
- Vapor
- Eléctrica
-

### 3.4.1 Marmitas a Gas

Las marmitas a gas cuentan con una caldereta generadora de su propio vapor y se construyen en acero inoxidable tipo 304, bajo las más estrictas normas de calidad, por lo que son la alternativa ideal para las cocinas institucionales donde no se cuenta con suministro de vapor. El recipiente es de una sola pieza, por lo cual se constituye como un recipiente a presión de alta confiabilidad. Las Marmitas a Gas se controlan por medio de un termostato manual y una válvula de seguridad para gas, como elemento de protección para el usuario, así mismo el equipo cuenta con: un interruptor de límite de presión, un interruptor de bajo nivel de agua en la caldereta y una válvula de seguridad para vapor en la chaqueta.

**Figura 8.** Modelo a Gas



Fuente: <http://www.pallomaro.com/blog/http://www.pallomaro.com/blog/marmita-autogeneradora-de-vapor-a-gas-fabricada-en-pallomaro>

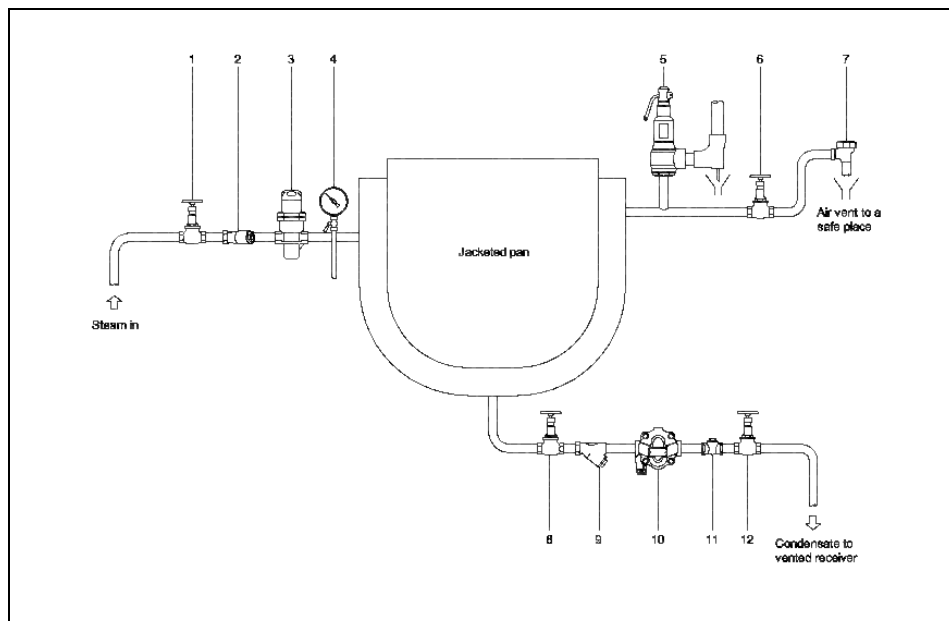
### 3.4.2 Marmita a Vapor

Es un sistema de calentamiento indirecto muy utilizado en la industria alimentaria, en especial para el procesamiento de frutas y hortalizas. Consiste básicamente en una cámara de calentamiento conocida como camisa o chaqueta de vapor, que rodea el recipiente donde se coloca el material que se desea calentar.

El calentamiento se produce al hacer circular el vapor a cierta presión por la cámara de calefacción, en cuyo caso el vapor es suministrado por una caldera. El costo del equipo depende de la capacidad y materiales utilizados.

Una marmita de vapor con agitador y una capacidad de 200 litros puede costar alrededor de US\$4000.

**Figura 9.** Modelo a Vapor



Fuente <http://www.spiraxsarco.com/ar/applications/examples/process/jacketed-pans/jacketed-pan-assembly.asp>

**Tabla 4.** Partes de una marmita a vapor

Part	Component	Function
1	Valvula de aislamiento	para aislar la instalación del suministro de vapor
2	Filtro	para proteger la instalación de detritus
3	Valvula reductora de presion	para regular la presión de la chaqueta
4	Indicador de presion	para controlar la presión reducida en la chaqueta
5	Valvula de seguridad	para proteger la chaqueta de sobrepresión
6	Valvula de aislamiento	para aislar la salida de aire de la chaqueta
7	Salida de aire	para ventilar el aire de la chaqueta
8 - 12 inc.	Set de trampa termodinámica	

Fuente <http://www.spiraxsarco.com/ar/applications/examples/process/jacketed-pans/jacketed-pan-assembly.asp>

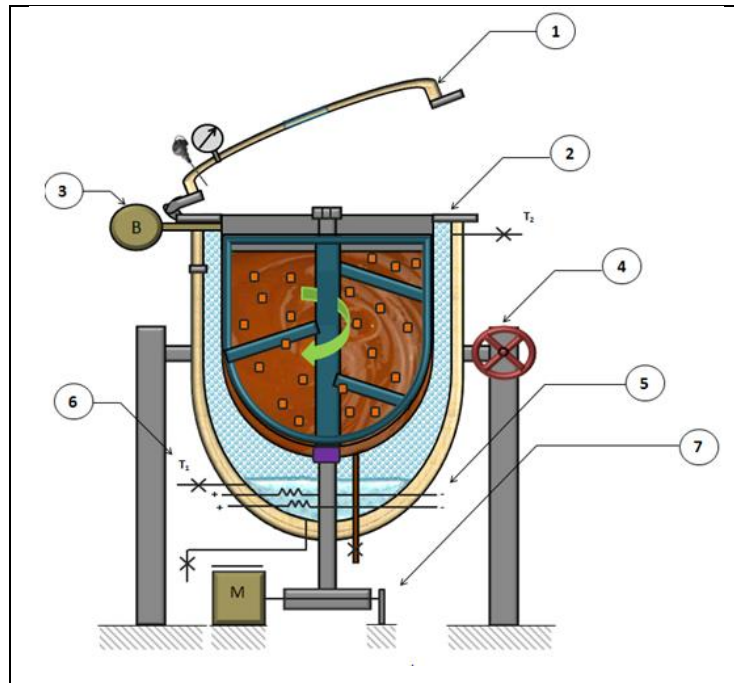
### **3.4.3 Marmita Eléctrica.**

Se denomina marmita eléctrica cuando se calienta agua que se encuentra en la cámara de calefacción por medio de resistencias eléctricas.

Son ideales en cocinas o instalaciones en donde no se cuenta con línea de vapor y además no es posible el uso de gas.

Las resistencias eléctricas son alimentadas a 220 V, 60 Hz. (para otros voltajes según especificación). El Control se realiza mediante contactor, termostato, protección contrabajo voltaje.

**Figura 10. Modelo Eléctrico**



**Fuente:** Tecnoparque SENA

**Tabla 5. Partes Marmita eléctrica**

No.	Nombre
1	Sistema de cierre
2	Cuerpo de la marmita
3	Bomba
4	Soporte y pivote
5	Sistema eléctrico para el calentamiento
6	Sistema de entrada y salida de agua
7	Sistema de agitación

**Fuente:** Tecnoparque SENA

### **3.4.4 Marmita de presión**

La marmita de presión es una máquina multifuncional que permite tiempos de cocción más cortos para poder preparar en menos tiempo, por ejemplo estofados.

### **3.4.5 Marmitas Basculares**

Esta marmita está suspendida entre dos columnas y puede bloquearse en la posición deseada de forma hidráulica. La cuba actúa como báscula de manera muy uniforme, sin golpes, gracias a la boca de vertido de gran tamaño, puede vaciarse el contenido de forma cómoda y sin derrames y tiene una capacidad de 300 a 2.000 litros.

## **3.5 Limpieza de Marmitas**

No calentar nunca ningún recipiente de acero inoxidable sin ningún tipo de líquido en su interior, puesto que el acero se destempla en estas condiciones.

Productos recomendados para limpiar y descalcificar el acero inoxidable

Para la limpieza y mantenimiento de las partes de los elementos fabricados en acero inoxidable deben atenderse a las siguientes normas:

### **3.5.1 Limpieza diaria.**

Limpiar cuidadosamente con frecuencia las superficies, usando un trapo húmedo, se puede usar agua y jabón o detergentes comunes no abrasivos y sin sustancias

cloradas. Fregar solamente en el sentido del satinado. Aclarar abundantemente con agua pura y secar a fondo.

La limpieza es importante para mantener activa la superficie del acero, la película de óxido que lo protege de la corrosión.

Al efectuar la limpieza de los aparatos no usar nunca chorros de agua, para no provocar infiltraciones y daños en las partes interiores.

### **3.5.2 Manchas de alimentos o residuos endurecidos.**

Lavar con agua caliente las manchas dejadas por los alimentos, antes de su endurecimiento.

Si los residuos ya están endurecidos usar agua y jabón o detergentes no clorados sirviéndose eventualmente de una espátula de madera o pala de acero inoxidable blanda. Aclarar con agua y secar muy bien.

### **3.5.3 Depósitos de Cal.**

Para eliminar las incrustaciones y restos de cal y limpiar la marmita se recomienda la utilización de un desincrustante detergente-desinfectante ácido especial para la industria alimenticia.

Normalmente estos productos son una mezcla de ácidos orgánicos, tensoactivos no iónicos y excipientes idóneos. Este tipo de productos se enjuagan con abundante agua.

Para su manejo el operario debe estar provisto de guantes de neopreno, gafas de seguridad ajustadas y ropa adecuada.

#### **3.5.4 Rayones en la Superficie.**

Si se provocan rayones en la superficie es necesario quitarlas usando lana de acero inoxidable finísima, o abrasivos de material sintético fibroso, fregando en el sentido de la satinada. Aclarar bien y secar.

No usar jamás, en la limpieza del acero inoxidable, productos clorados, por ejemplo hipoclorito de sodio, lejía, ácido clorhídrico u otras soluciones similares. Estos productos atacan en poco tiempo el acero inoxidable dando origen a fenómenos de corrosión irreversibles.

Para la limpieza del pavimento situado por debajo de los aparatos o en su cercanía, no usar en absoluto los productos anteriormente citados.

Los vapores o eventuales gotas que puedan caer sobre el acero producen los mismos efectos de corrosión arriba especificados.

No usar nunca para la limpieza del acero, paja de hierro o dejarla apoyada sobre las superficies porque depósitos muy pequeños podrían quedarse sobre la superficie, contaminarla y llevar consecuentemente a la formación de óxido.

Se puede usar eventualmente lana de acero inoxidable blanda o abrasivos de material sintético fibroso, siempre fregando en el sentido del satinado y evitando rayar las mismas superficies. Después aclarar y secar.

Evitar el contacto continuo o salteado de material a base de hierro para no provocar comienzos de corrosión por contaminación.

Los conductos de las instalaciones de suministro de agua que alimentan las marmitas, dejan óxido con más o menos intensidad, sobre todo abriendo los grifos después de un cierto período de descanso o para instalaciones nuevas.

Hay que evitar que estos óxidos o depósitos de hierro permanezcan en contacto con el acero inoxidable porque producen fenómenos de corrosión.

Por lo tanto, siempre es aconsejable que los conductos estén cuidadosamente galvanizados y que se deje escurrir el agua hasta que se presente perfectamente limpia.

Evitar que soluciones salinas se evaporen o falten por secar sobre la superficie de acero inoxidable.

No usar nunca cloruro de sodio (sal gruesa para la cocina) que, depositándose en el fondo y siendo demasiado pesada no tendría la posibilidad de ser llevada en circulación y disolverse completamente.

Esta sal no disuelta en largo tiempo, puede originar en los puntos de contacto fenómenos de corrosión. Evitar poner sal con agua fría o peor aún, sin agua.

Los recipientes, cuando no se usen, tienen que quedarse preferiblemente descubiertos y sin tapas para que puedan conservar y tener estable la película que protege el acero de eventuales agentes agresivos.

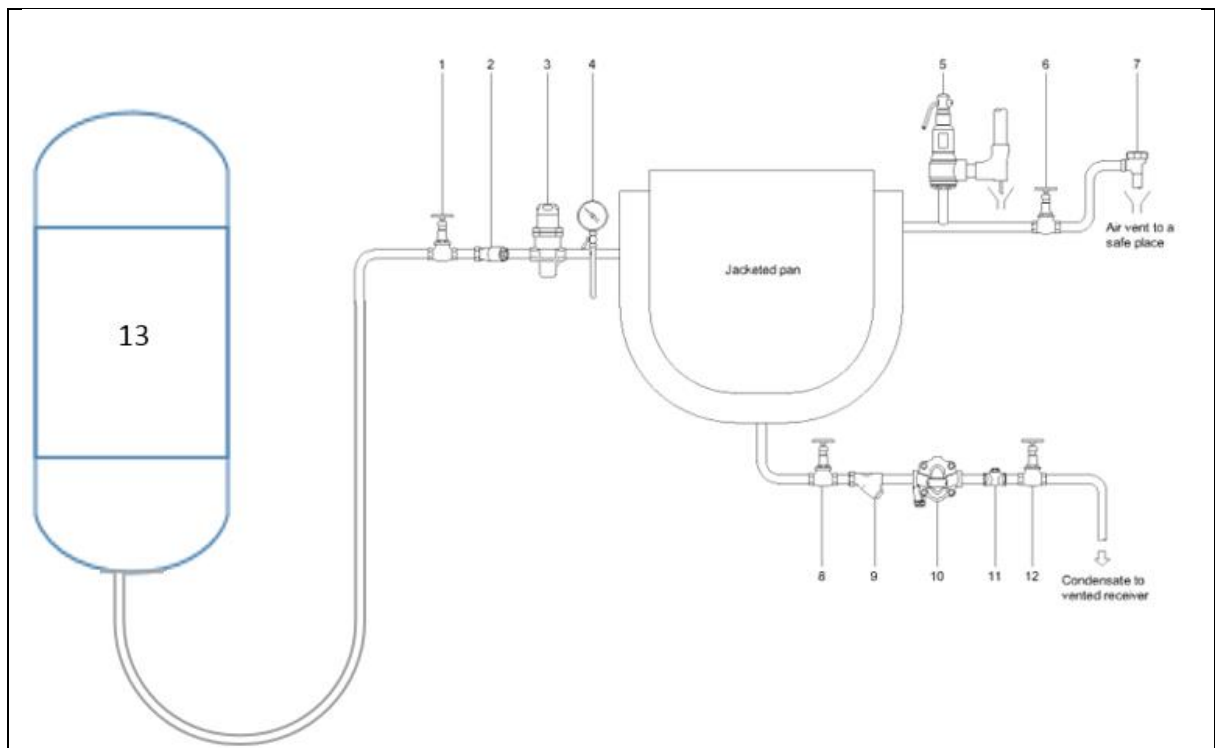
## 4. DISEÑO DEL SISTEMA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrolla el diseño (o selección) Térmico y Mecánico, detallado para cada uno de los componentes del sistema, a saber:

- Sistema de Cocción.
- Subsistema de Suministro de energía
- Estructura de apoyo
- Subsistema de agitación.
- Subsistema de control.

**Figura 11.** Esquema de suministro de energía



**Tabla 6.**Partes esquema de suministro de energía

Parte	Componente
1	válvula de Aislamiento
2	Filtro
3	Válvula reductora de presión
4	Indicador de presión
5	Válvula de presión
6	Válvula de aislamiento
7	Purga de aire
8 - 12 inc.	Conjunto de trampa
13	Caldera

## 4.2 SISTEMA DE COCCION

**Figura 12.** Proceso de cocción



La cocción permite la modificación de los componentes físicos y bioquímicos del alimento, ya sea a través del ablandamiento, la coagulación, el hinchamiento o la disolución. El calor también permite la destrucción de los agentes causales de enfermedades que aparecen en los alimentos crudos.

La salmonella y la escherichia coli, por ejemplo, pueden eliminarse gracias a la cocción. Ciertos aminoácidos naturales y alcaloides que son tóxicos para el ser humano también pueden ser destruidos mediante los procesos de cocción.

Los métodos de cocción más usuales son tres: la cocción en medio acuoso, la cocción en medio graso y la cocción en medio aéreo.

La cocción en medio acuoso, más usual, consiste en sumergir al alimento en agua hirviendo o en baño María. La cocción, por otra parte, puede realizarse al vapor o en una olla a presión

En cuanto al medio graso, la cocción más habitual se realiza en aceites o grasas que se encuentran a temperaturas superiores a los 100°.

Por último, la cocción en medio aéreo se produce por el contacto directo con la llama u otra fuente de calor, como en una parrilla o un horno.

#### **4.2.1. Diseño térmico del sistema de cocción.**

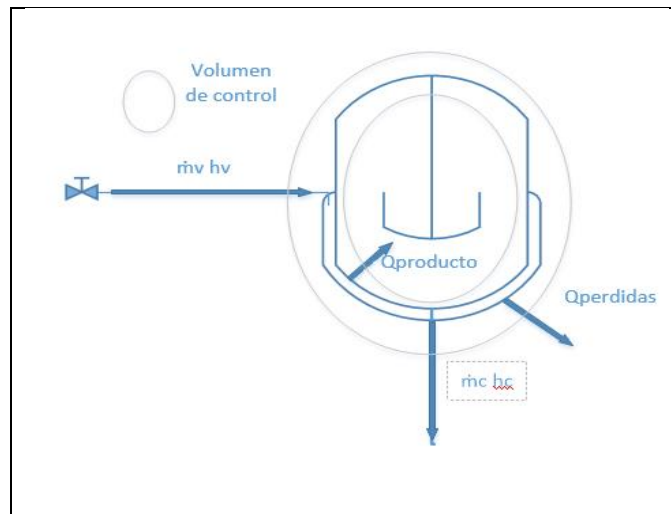
El diseño térmico del sistema de cocción busca determinar la cantidad de energía necesaria en términos del flujo de vapor requerido para sostener la operación de la marmita y además permitirá seleccionar la caldera adecuada para este proceso y reducir las pérdidas de energía.

El cálculo de los requerimientos de flujo de vapor se estableció en dos estados críticos durante este proceso:

➤ **Estado inicial**

Corresponde al estado inicial del calentamiento de producto, desde la temperatura ambiente hasta la temperatura deseada (80°C).

**Figura 13.** Volumen de control inicial de la marmita



Para esto se tiene que:

$$\dot{Q}_{Inicial} = \dot{Q}_{Producto} + \dot{Q}_{Perdidas}$$

$$\dot{m}_v h_v = \dot{Q}_{Producto} + (\dot{Q}_{condensado} + \dot{Q}_{Perdidas\ paredes})$$

**Calor del producto:**  $\dot{Q}_{Producto}$ :

$$\dot{Q}_{producto} = m_{producto} * C_p * (T_f - T_i) \frac{1}{Tiempo\ de\ calentamiento}$$

Donde  $m_{producto}$  corresponde a la masa de producto que se quiere procesar por cochada que para el caso corresponde al peso de  $0.01\ m^3$  con una densidad promedio de  $1600\ Kg/m^3$  o sea  $16\ kg$  y tiempo de calentamiento es  $60$  segundos.

La temperatura inicial del producto  $T_i$  de 20 °C y la final  $T_f$  de 80°C , y un calor específico  $C_p$  de 4181 J/kg °C, tomado de tablas de vapor.

Se obtiene un valor de:

$$\dot{Q}_{producto} = 0.01 m^3 * \frac{1600kg}{m^3} * \frac{4181J}{kg} °C * (80 - 20)°C * \frac{1}{60} = 68.896 KW$$

### **Calor de pérdidas, $Q_{perdidas}$ :**

Es el calor perdido a través de las paredes de la marmita:

Se produce perdidas por convección natural, las cuales son producidas por las superficies en contacto con el aire.

Se observan dos zonas de contacto, una inferior con aislamiento, y la superior desprovista del mismo.

- **Zona sin aislamiento**

En esta zona la temperatura de pared se encuentra alrededor de los 100°C, con lo cual se puede empezar hallando número de Rayleigh:

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)D^3}{\nu^2} * Pr$$

Con una temperatura de ambiente  $T_\infty = 30 °C$  y una temperatura en la superficie del a marmita  $T_s = 90 °C$ .

Sabiendo que la temperatura media  $T_f = 60°C$ , las propiedades del aire son:

$$Pr = 0.7202$$

$$\beta = 0.0166 \frac{1}{K}$$

$$\nu = 1.896 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$k = 0.02808 \frac{W}{m} * k$$

Como resultado:

$$Ra_D = 3.69 \times 10^9$$

A continuación se calcula es el número de Nusselt:

$$Nu = 2 + \frac{0.589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$$

$$Nu = 114.22 = \frac{h_{Nat} D}{k}$$

$$h_{Nat} = 5,94 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C$$

Se sabe que el area superficial  $A_s = 0.339 m^2$

$$\dot{Q}_{Perdidas\ paredes\ superior} = A_{Sup} * h_{Nat} * (T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_{Perdidas\ paredes\ superior} = 120.82 W$$

- **Zona con aislamiento**

En esta zona la temperatura de pared con aislamiento se encuentra alrededor de los 40°C, con lo cual se puede empezar hallando número de Rayleigh:

$$Ra_D = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)D^3}{\nu^2} * Pr$$

Con una temperatura de ambiente  $T_\infty = 30 \text{ } ^\circ C$  y una temperatura en la superficie del a marmita  $T_s = 40 \text{ } ^\circ C$ .

Sabiendo que la temperatura media  $T_f = 35 \text{ } ^\circ C$ , las propiedades del aire son:

$$Pr = 0.7268$$

$$\beta = 0.0286 \frac{1}{K}$$

$$\nu = 1.655 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$k = 0.02625 \frac{W}{m} * k$$

Como resultado:

$$Ra_D = 1.177 \times 10^9$$

A continuación se halla es el número de Nusselt:

$$Nu = 2 + \frac{0.589 Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$$

$$Nu = 86,40 = \frac{h_{Nat} D}{k}$$

Con un diámetro D=62 cm

$$h_{Nat} = 3,66 \frac{W}{m^2} \text{ } ^\circ C$$

Se sabe que el area superficial  $A_s = 1.25 m^2$

$$\dot{Q}_{Perdidas\ paredes\ inferior} = A_{Sup} * h_{Nat} * (T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_{Perdidas\ paredes\ inferior} = 45.75 W$$

- **Perdidas por condensado**

Se consideró por razones operativas (para lograr una adecuada transferencia de calor desde el vapor hacia el producto durante su cocción y además que la

presión correspondiente no fuera demasiado alta ya que esto haría que el espesor del recipiente sea mas robusto, que temperatura del vapor fuera 20 o 30 grados superior a la temperatura máxima del producto) .

$$T_v = T_{\text{max producto}} + 30 = 80 + 30 = 110^\circ \text{ C}$$

Las propiedades del vapor saturado a esta condición serán:

$$P_v = 147 \text{ Kpa} \quad H_{\text{liquido}} = h_l = 464 \text{ kJ/kg} \quad H_{\text{vapor}} = h_v = 2262 \text{ kJ/kg}$$

Con el flujo másico del condensado  $\dot{m}_{\text{condensado}}$  se calcula el calor entregado a la marmita por el vapor

$$\dot{Q}_{\text{Condensado}} = \dot{m}_{\text{condensado}} * h_l$$

$$\dot{Q}_{\text{Condensado}} = \dot{m}_{\text{condensado}} * 464 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Por conservación de la masa  $\dot{m}_{\text{condensado}} = \dot{m}_v$  , remplazando

$$\dot{Q}_{\text{inicial}} = \dot{Q}_{\text{Producto}} + (\dot{Q}_{\text{condensado}} + \dot{Q}_{\text{Perdidas pared}})$$

$$\dot{Q}_{\text{inicial}} = \dot{Q}_{\text{Producto}} + (\dot{Q}_{\text{condensado}} + \dot{Q}_{\text{Perdidas pared inferior}} + \dot{Q}_{\text{Perdidas pared superior}})$$

$$\dot{Q}_{\text{inicial}} = 68.896 \text{ KW} + (\dot{m}_{\text{condensado}} * h_l + 45,75 + 120.81 \text{ W})$$

$$\dot{Q}_{\text{inicial}} = 69.06 \text{ KW} + \dot{m}_{\text{condensado}} * h_l$$

$$\dot{m}_v h_v = \dot{Q}_{\text{inicial}}$$

$$\dot{m}_v h_v = 69.06 \text{ KW} + \dot{m}_v * h_l$$

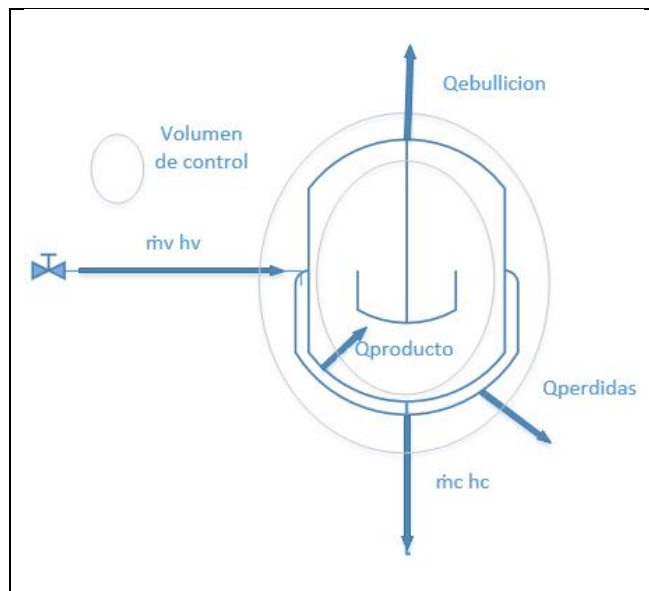
Siendo el  $h_v = 2692 \text{ kJ/kg}$  se obtiene:

$$\dot{m}_v = 0,031 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

➤ **Estado estable:**

Corresponde al estado donde se alcanza la temperatura deseada (80°C) en el producto y se realiza el proceso de mezcla y cocción.

**Figura 14.** Volumen de control estado estable de la marmita



Este proceso se presenta después de la subida de temperatura de la mezcla a los 80°C.

Para esto se tiene que:

$$\dot{Q}_{estable} = \dot{Q}_{condensado} + \dot{Q}_{ebullicion} + \dot{Q}_{Perdidas\ pared\ inferior} + \dot{Q}_{Perdidas\ pared\ superior}$$

$$\dot{m}_v h_v = \dot{Q}_{condensado} + \dot{Q}_{ebullicion} + \dot{Q}_{Perdidas\ pared\ inferior} + \dot{Q}_{Perdidas\ pared\ superior}$$

### Calor de pérdidas, $Q_{\text{pérdidas}}$ :

Se observa que el comportamiento en estado estable de las pérdidas es el mismo que en el estado inicial

- **Zona sin aislamiento**

Se toman los datos de pérdidas de calor en la parte inferior de la marmita del estado inicial del proceso.

$$\dot{Q}_{\text{Pérdidas paredes superior}} = 120.82 \text{ W}$$

- **Zona con aislamiento**

Se toman los datos de pérdidas de calor en la parte inferior de la marmita del estado inicial del proceso.

$$\dot{Q}_{\text{Pérdidas paredes inferior}} = 45.75 \text{ W}$$

- **Pérdidas por evaporación**

En el proceso de cocción se observa 3,4 litros de los 10 iniciales se evaporan, esto lleva a una pérdida de calor debida a la evaporación, en 40 minutos:

$$\dot{m}_{\text{evaporacion}} = \frac{\left( V[l] \frac{[m^3]}{1000 [l]} \right) * 1000 \text{ kg/m}^3}{40 * 60}$$

$$\dot{m}_{\text{evaporacion}} = \frac{\left( 3.4 \text{ l} \frac{m^3}{1000l} \right) * 1000 \text{ kg/m}^3}{40 * 60 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{\text{evaporacion}} = 0.001417 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_{\text{ebullicion}} = \dot{m}_{\text{evaporacion}} * h_{fg}$$

Y con los siguientes datos de la mezcla a 80 °C

$$h_{fg} = 2203 \text{ kJ/kg}$$

Se obtiene:

$$\dot{Q}_{ebullicion} = 3.121 \text{ KW}$$

- **Perdidas por condensado**

Al igual que en el estado inicial, las propiedades se conservan.

$$h_l = 463.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Con el flujo másico del condensado  $\dot{m}_{condensado}$  se calcula el calor entregado a la marmita por el vapor

$$\dot{Q}_{Condensado} = \dot{m}_{condensado} * h_l$$

$$\dot{Q}_{Condensado} = \dot{m}_{condensado} * 463.9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Por conservación de la masa  $\dot{m}_{condensado} = \dot{m}_v$ , reemplazando

$$\dot{Q}_{estable} = \dot{Q}_{condensado} + \dot{Q}_{ebullicion} + \dot{Q}_{Perdidas \text{ pared inferior}} + \dot{Q}_{Perdidas \text{ pared superior}}$$

$$\dot{Q}_{estable} = \dot{m}_{condensado} * h_{fg} + 3.121 \text{ KW} + 45,75 + 120.81 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{estable} = 3.28 \text{ KW} + \dot{m}_v * h_l$$

$$\dot{m}_v h_v = \dot{Q}_{estable}$$

$$\dot{m}_{v1} h_{v1} = 3.28 \text{ KW} + \dot{m}_v * h_l$$

Siendo el  $h_v = 2692 \text{ kJ/kg}$  se obtiene:

$$\dot{m}_v = 0.00147 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

#### **4.2.2 diseño mecánico del sistema de cocción**

Se requiere una infraestructura para el estudio del proceso de cocción de dulce de leche y pulpa de fruta, que consta de un control de temperatura y presión dentro de la marmita. Para realizar la mezcla se utilizó un agitador de 4 paletas planas en un eje, que se encarga de batir la mezcla para que no se pegue al recipiente, por este motivo y para resistir las fuerzas se utilizó acero inoxidable para el cuerpo del tanque, el cual por tratarse de industria alimenticia es adecuado por su propiedad de asepsia y por no corroerse con el uso y el tiempo.

El tanque debe permitir la entrada de accesorios para el adecuado aseo, para realizar mantenimiento y la entrada de los materiales a mezclarse, para eso debe tener aberturas diseñadas adecuadamente.

La estructura debe cumplir con todas las normas de seguridad, como son: una altura adecuada, fácil acceso de los operadores y espacio adecuado para la materia prima.

Para el control de la máquina se utilizará un panel de control posicionado adecuadamente.

#### **➤ Diseño y selección de los elementos del tanque de cocción**

El tanque de cocción debe diseñarse para soportar diferentes fuerzas creadas por el movimiento de las paletas y por el peso mismo de la mezcla que crea una presión en todas las direcciones, además al ser utilizado en la industria alimenticia debe construirse con un material que no contamine la mezcla.

El tanque debe mantener una temperatura de 80° C aproximadamente, para lo cual se incluye un intercambiador de calor, utilizando una línea de vapor.

### a. Diseño del tanque

Se ha escogido el diseño de un tanque cilíndrico de fondo semiesférico vertical. Este diseño es utilizado al trabajar a presiones atmosféricas muy pequeñas (hasta de  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ ), y temperaturas de hasta  $150^\circ\text{C}$  con especificaciones del material de construcción, y por no ser un líquido volátil o de bajo contenido de ligeros.

El tanque debe estar dentro de los  $4 \text{ m}^2$  dispuestos por el SENA para la máquina y también no quitar mucho espacio disponible para los desplazamientos necesarios del operario durante los tiempos de carga, tiempo de cocción y descarga; para esto sea dimensionado de la siguiente forma:

**Tabla 7.** Datos del Tanque

Medidas	Valores
Diámetro interior	540 mm
Altura	500 mm
Material	AISI 304
Fluido	Dulce a base de leche y pulpa de fruta
Densidad	$1.6 \text{ g/cm}^3$

#### ➤ Recipiente a presión.

Se define como recipiente a presión cualquier vasija sometida a presión ya sea interna o externa.

En estos recipientes a presión de trabajo  $P_o$  es la presión manométrica a la que está sometido el equipo en condiciones normales de operación, pero se debe definir para los cálculos que se denomina presión de diseño, la cual según la

norma ASME sección VIII, división 1, “recipientes a presión no sometidos a fuego directo” es igual a:

$$P = 1.1P_o \text{ para; } P_o > 300 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$P = P_o + 30 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} \text{ para; } P_o < 300 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$$

Según la norma además de la presión de operación se debe tener los ratos de diámetro interior y longitud para calcular una serie de parámetros y hallar el valor del espesor de la pared (pared delgada). En estos recipientes se presentan los siguientes esfuerzos:

➤ **Esfuerzo en la costura esférica.**

$$t = \frac{P * r}{2 * S * E - 0,2 * P}$$

$$P = \frac{2S * E * t}{R + 0,2t}$$

Dónde:

P = presión =  $6,5267 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$

S = valor del esfuerzo del material =  $29995,25 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2}$

E = 0,7 eficiencia de la junta obtenida de tablas proporcionadas en la norma.

**Tabla 8.** Eficiencias de las juntas

	Radiografía al 100%	Radiografía por puntos	Sin radiografía
E	1.00	0.85	0.7

r = radio interior 10,63 pulg.

D = diámetro interior en pulg

t = espesor de la pared en pulg

Se selecciona un valor E= 0.7 para las juntas.

t = 0.0033 pulg = 0,08mm

➤ Esfuerzo de la costura circunferencial SL.

$$t = \frac{P * R}{S * E - 0,6P}$$

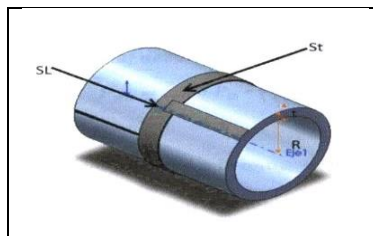
$$P = \frac{S * E * t}{R - 0,6t}$$

t = 0,0066 pulg = 0.167mm

Ecuaciones con las que se calculan dos espesores de la pared respectivamente, tomando el menor valor para la construcción; generalmente rige el esfuerzo longitudinal. En la (Figura 15) se puede ver un esquema sencillo de los dos tipos de esfuerzos que se presentan en los recipientes a presión.

Luego de determinar el espesor del tanque se prosigue a la selección de las tapas y al realizar los respectivos cálculos, que son comparados con los valores arrojados por el cálculo del recipiente, el fin de esto es seleccionar el espesor adecuado y estandarizarlo en todos los componentes del recipiente a presión.

**Figura 15.** Recipiente sometido a esfuerzos tangencial y circunferencial.



➤ **Conceptos de presión y temperatura que deben tenerse en cuenta para diseñar los recipientes.**

- **Presión de operación:** Esta se refiere a la presión en el proceso del que forma parte el recipiente y en el que se encuentra operando normalmente.
- **Máxima presión permitida de operación:** Se refiere a la presión interna que estará sometida el elemento más débil del recipiente correspondiente al esfuerzo máximo admisible, cuando se supone que el recipiente esta:
  - ✓ Estado de desgaste por corrosión.
  - ✓ A una temperatura determinada.
  - ✓ En posición normal de trabajo.
- **Presión de pruebas hidrostáticas:** normalmente conocida como presión hidrostática de prueba, que es llevada a cabo una vez ha sido fabricado el recipiente a presión, fundamentalmente consiste en el llenado del equipo con agua, al mismo tiempo que se somete a presión, su valor se cuantificara por medio de la siguiente ecuación:

$$P_{ph} = 1,5 * P_d * \frac{\text{esfuerzo a la temperatura de prueba}}{\text{esfuerzo a la temperatura de diseño}}$$
$$P_{ph} = 1,5 * P_D * \left( \frac{S_{ta}}{S_{td}} \right)$$

Dónde:

**Sta:** Esfuerzo a la tensión del material a la temperatura ambiente.

**Ste:** Esfuerzo a la tensión del material a la temperatura de diseño.

- **Temperatura de operación (To):** Es el valor normal de temperatura en las condiciones de operación del proceso, al que el recipiente será expuesto

- **Temperatura de diseño (TD):** Se define como la temperatura que será utilizada en el diseño del recipiente, esta temperatura se selecciona de la siguiente forma:

Para fluidos que opera con una temperatura superior a 32 °F (0 °C), la temperatura de diseño será la que resulte mayor de las siguientes:

$$T_D = 1.1 * T_o$$

$$T_D = \frac{T_o + 25 \text{ } ^\circ\text{F}}{150 \text{ } ^\circ\text{F}}$$

Se selecciona el espesor del material a usar por medio de la siguiente tabla:

**Tabla 9.** Perfiles comerciales acero inoxidable

CALIBRE	ESPESOR	PESO	PESO POR HOJA			
			kg			
	mm	kg/m <sup>2</sup>	914X2438 mm	914X3048 mm	1219X2438 mm	1219X3048 mm
10	3.43	27.097	60.381	75.489	80.53	100.679
11	3.05	24.095	53.692	67.126	71.608	89.525
12	2.67	21.093	47.002	58.762	62.687	78.371
14	1.9	15.01	33.447	41.816	44.609	56.77
16	1.52	12.008	26.758	33.453	35.687	44.616
18	1.22	9.638	21.477	26.85	28.643	35.81
20	0.892	7.047	15.703	19.631	20.943	26.182
22	0.74	5.846	13.027	16.286	17.374	21.721
24	0.61	4.819	10.738	13.425	14.322	17.905
26	0.455	3.595	8.01	10.014	10.683	13.355
28	0.385	3.042	6.777	8.473	9.039	11.301
29	0.33	2.607	5.809	7.263	7.748	9.686

Fuente: Sabimet

Para el material de construcción se seleccionó el acero inoxidable AISI 304 estándar de 2.7 mm de espesor (calibre 12) por sus propiedades antisépticas, resistencia a la corrosión, durabilidad, y disponibilidad en el mercado, como contraparte se tiene el alto costo de este material.

➤ **Cálculos de la Fuerza ejercida por el líquido en el tanque**

$$V = 10 L = 0.01m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho * V = 1.6 \frac{g}{cm^3} * 0.01m^3 * \left(\frac{100 cm}{1 m}\right)^3 * \frac{1 kg}{1000g} = 1.6 kg$$

$$Ff = m * G = 1.6 kg * \frac{9.81m^2}{s} = 156.96N$$

Dado que es un tanque pequeño no es necesario el cálculo independiente del espesor de los anillos, por este motivo se utiliza el mismo material.

➤ **Propiedades Mecánicas**

**Tabla 10.** Propiedades Físicas del acero inoxidable AISI 304.

PROPIEDADES	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico	190000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante	75000	N/mm <sup>2</sup>
Densidad	8000	kg/m <sup>3</sup>
Límite elástico	206.81	N/mm <sup>2</sup>

**Tabla 11. Tipos de Acero Inoxidable**

**Composición Química (%) de los Aceros Inoxidables Austeníticos y Aleaciones de Níquel**

GRADO	304	304L	316	316L	317	317L	321	400	625	625	C 276	DUPLEX 2205
Designación UNS	S30400	S30403	S31600	S31603	S31700	S31703	S32100	N04400	N06025	N06625	N10276	S31803
CARBONO (C) max.	0.08	0.025*	0.08	0.025*	0.08	0.025*	0.08	0.30	0.05	0.10	0.02	0.03
MANGANESO (Mn) max.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	0.50	1.00	2.00
FOSFORO (P) max.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	----	----	0.015	0.04	0.03
AZUFRE (S) max.	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.024	0.02	0.015	0.03	0.02
SILICIO (Si) max.	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.08	1.00
CROMO (Cr) max.	18.0 a 20.0	18.0 a 20.0	16.0 a 18.0	16.0 a 18.0	18.0 a 20.0	18.0 a 20.0	17.0 a 20.0	----	19.5 a 23.5	20.0 a 23.0	14.5 a 16.5	21.0 a 23.0
NIQUEL (Ni)	8.0 a 11.0	8.0 a 13.0	10.0 a 14.0	10.0 a 15.0	11.0 a 14.0	11.0 a 15.0	9.0 a 13.0	65.0 a 70.0	35.0 a 46.0	Balance	Balance	4.5 a 6.5
MOLIBDENO (Mo)	----	----	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	3.0 a 4.0	----	----	2.5 a 3.5	8.0 a 10.0	15.0 a 17.0	2.5 a 2.5
OTROS ELEMENTOS	----	----	----	----	----	----	Ti = 5xC min. y 0.70 max.	Cu=Bal. Fe = 2.50 max.	Fe=Bal. Cu = 1.5 a 3.0 Al = 0.2 max. Ti = 0.5 a 1.2	Fe = 5.0 max. Al = 0.40 max. Ti = 0.40 max. Cr+Ta = 3.15 a 4.15 Co = 1.0 max.	Co = 2.50 max. W = 3.00 a 4.50 Fe = 4.00 a 7.00 V = 0.35 max.	N = 0.08 a 0.20

\* Se acepta un contenido máximo de carbono del 0.04% para tubos trellados.

Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tabla\\_inox.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tabla_inox.jpg)

El tanque consta de múltiples boquillas como son:

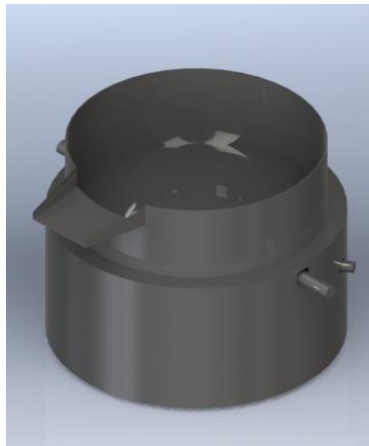
- Agujero superior: Por esta zona se suministraran las materias primas y estará provisto de una tapa de alimentación de fácil manejo. También es usado para la descarga del producto terminado.
- Entrada de vapor: Permite la entrada del mismo a la camisa del tanque, con este proceso se realiza la cocción de los alimentos, por medio de la transferencia de calor a través de las paredes.
- Salida de vapor: Gracias a esta boquilla se saca el vapor cuando ya ha cumplido su función en la cocción.
- Orificio de purga: Se encarga de la descarga del condensado acumulado en la camisa.
- Toma de presión: En este orificio se colocara un manómetro para medir la presión dentro de la camisa.

Todas las boquillas son de acero inoxidable para evitar la contaminación de las materias primas y del producto terminado.

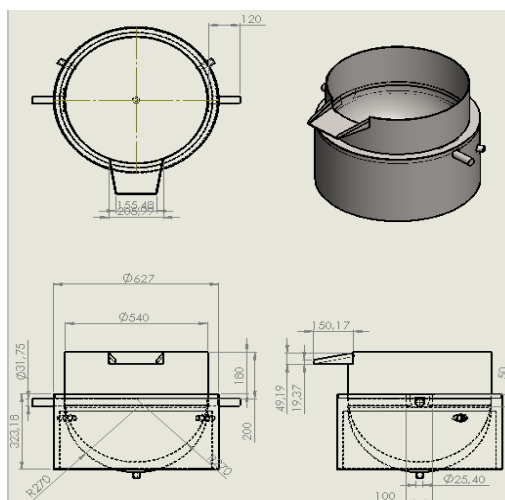
### b. Dimensionamiento del tanque

Todas las medidas están en milímetros.

**Figura 16.** Renderizado del tanque.



**Figura 17.** Dimensiones del tanque.



### c. Verificación del cálculo de esfuerzo por medio del CAD

#### ➤ Fuerzas Aplicadas

**Tabla 12.** Fuerzas Aplicadas

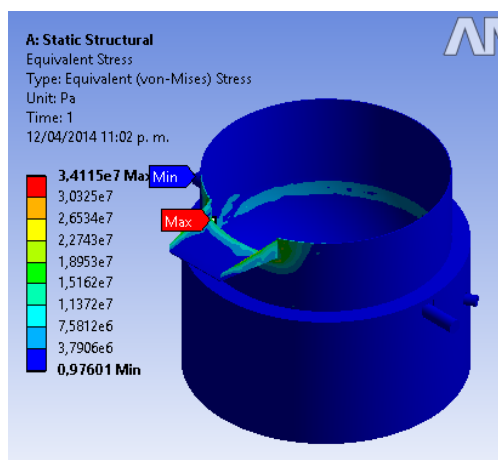
FUERZA	UBICACIÓN	VALOR
Peso de la mezcla	Cara semiesférica interna	1000 N
Presión del vapor	Caras internas de la camisa	45000 N/m <sup>2</sup>
Peso tapa	Borde de contacto superior	300 N

**Tabla 13.** Esfuerzos sobre el tanque

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.97607 N/m <sup>2</sup>	3.411e+007 N/m <sup>2</sup>
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm	0.29451 mm

#### ➤ Tensiones

**Figura 18.** Tensiones sobre el tanque

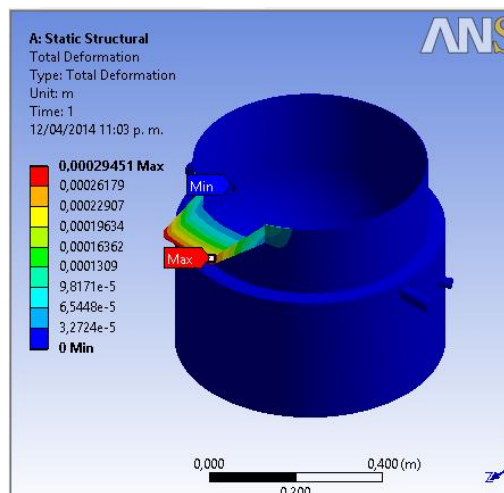


En esta gráfica se puede observar las tensiones a las cuales se encuentra sometido el tanque, debido a la fuerza que ejerce la mezcla sobre él. El Límite Elástico  $S_y$  que soporta el acero inoxidable es de 206.81 MPa, y el valor máximo de tensión que se ejerce sobre el tanque es de 34.41 MPa.

Es decir que el valor máximo de tensión al cual estará sometido el tanque no sobrepasa el límite elástico, por lo tanto no existirá complicaciones en el correcto funcionamiento del tanque en cuanto se refiere a fuerzas de tensión.

### ➤ Desplazamientos

**Figura 19.** Deformaciones sobre el tanque



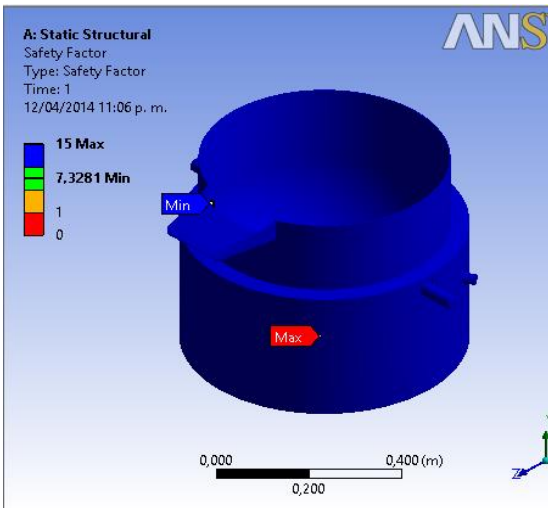
La gráfica nos indica los desplazamientos sobre el tanque, la zona en la cual existe mayor desplazamiento y la zona en la cual existe un mínimo desplazamiento.

El valor máximo de deformación indicado en la zona roja del tanque es de 0.29451 mm, siendo este un valor que no influirá en el correcto funcionamiento del tanque.

Por lo tanto, el diseño del tanque es correcto y no tendrá problemas en cuanto se refiere a las fuerzas de desplazamiento.

➤ **Factor de seguridad**

**Figura 20.** Factor de seguridad en el tanque



El factor de seguridad nos indica si el diseño soportará las fuerzas a las cuales va a ser sometido, en caso de fallar el factor de seguridad sería inferior a 1, por precaución se trabaja con un factor de seguridad mayor a 2, y cómo se puede observar en la gráfica el valor mínimo de factor de seguridad del tanque se establece en 7.328

En conclusión el diseño del tanque es correcto y puede soportar las fuerzas causadas por la mezcla, por lo que es adecuada la construcción del mismo.

Se calcula ahora el esfuerzo producido por la temperatura en el tanque

$$\sigma_{ta} = k * \frac{\alpha * E * \Delta T}{(1 - \mu)}$$

$$\sigma_{ta} = 1 * \frac{16,5E - 6 * 1,9E11 * 20}{(1 - 0.3)} = 88.30Mpa$$

Sabiendo que el límite elástico permisible es de 206,81 Mpa y las cargas debidas a presión y fuerzas produce 34,41 Mpa de esfuerzos, se puede decir que el total se producen 122,71 Mpa de esfuerzos y un factor de seguridad resultante total de 1,6949

### 4.3 SUBSISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Se hara la selección de la caldera a tener en cuenta para el suministro de energía

#### 4.3.1 Caldera

La **caldera** es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase.

Según la ITC-MIE-AP01, caldera es todo aparato de presión donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

La caldera es un caso particular en el que se eleva a altas temperaturas un conjunto de intercambiadores de calor, en la cual se produce un cambio de fase. Además, es recipiente de presión, por lo cual es construida en parte con acero laminado a semejanza de muchos contenedores de gas.

Debido a las amplias aplicaciones que tiene el vapor, principalmente de agua, la caldera es muy utilizada en la industria, a fin de generarlo para aplicaciones como:

- Esterilización (tindarización): era común encontrar calderas en los hospitales, las cuales generaban vapor para "esterilizar" el instrumental médico; también en los comedores, con capacidad industrial, se genera vapor para esterilizar los cubiertos, así como para elaborar alimentos en marmitas (antes se creyó que esta era una técnica de esterilización).
- Para calentar otros fluidos, como por ejemplo, en la industria petrolera, donde el vapor es muy utilizado para calentar petróleos pesados y mejorar su fluidez.
- Generar electricidad a través de un ciclo Rankine. La caldera es parte fundamental de las centrales termoeléctricas.

Es común la confusión entre caldera y generador de vapor, pero su diferencia es que el segundo genera vapor sobrecalentado.

**Figura 21.** Fuente de alimentación (caldera)



#### **4.3.2 Selección de caldera**

Se va a seleccionar un sistema de aporte de energía, el cual desarrolle la suficiente para suplir el gasto de elevar la temperatura de la mezcla y conservarla,

además de suplir las pérdidas de calor por condensación, ebullición y convección natural.

Con los cálculos obtenidos en el estudio del sistema de cocción se puede observar que el estado crítico es el transitorio, por consiguiente se escoge un aporte de vapor  $\dot{m}_{v1} = 0.031 \frac{kg}{s}$ , obtenidos estos datos se escoge la cantidad de vapor necesario, y subsecuente, el tamaño de caldera:

$$\dot{m}_{vCaldera} = 0.031 \frac{kg}{s} * 3600 s = 112 kg/h$$

Con esto se puede escoger el tipo de caldera, una Clayton E-10 con una entrega máxima de 157 kg/h de vapor y 98 KW de carga máxima.

**Figura 22.** Selección de caldera

MODELO GENERADOR		UNID.	E-10	E-15	E-20	E-26	E-40			
POTENCIA NETA	CARGA MÁXIMA	kW	98	147	196	255	392			
	REGULACIÓN	%	Quemador ON/OFF				50 / 100			
ENTREGA MÁXIMA EQUIVALENTE VAPOR SATURADO (*)		kg/h	157	235	313	407	626			
PRESIÓN NOMINAL DE OPERACIÓN DISPONIBLE HASTA (**)		bar	13	13	13	13	17			
POTENCIA ELÉCTRICA DEL MOTOR (230/400/415/440 VAC - 50/60 Hz)	BOMBA DE AGUA	kW	0,37	0,37	0,55	0,55	2,4			
	VENTILADOR	kW	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5			
RENDIMIENTO DE COMBUSTIÓN (***)	TIPO COMBUSTIBLE: G(Gas)/ O(Gasoil)		G	O	G	O	G	G	O	
	POSICIÓN 100%	%	94	93	91	92	92	90	91	92
	POSICIÓN 50%	%	Quemador ON/OFF				94	95		
CONSUMO A CARGA MÁXIMA	GAS - PCI = 37000 kJ/Nm <sup>3</sup>	Nm <sup>3</sup> /h	10,2	15,7	20,7	27,6	42,0			
	GASOIL - PCI = 42700 kJ/kg	kg/h	8,9	13,5	18,0	27,6	36,0			
CONTENIDO EN AGUA (sistema agua/vapor generador)	LLENO	L	24	24	50	50	65			
	EN FUNCIONAMIENTO	L	9,1	9,1	14	13	20			
SUPERFICIE DE CALENTAMIENTO		m <sup>2</sup>	4,5	4,5	5,1	5,1	7,8			
PRESIÓN DE GAS REQUERIDA EN ENTRADA (****)		mbar	25	25	25	25	25			
DIMENSIONES GENERALES DEL GENERADOR (aprox.)	LARGO	gas natural	mm	1325	1325	1325	1325	1520		
		gasoil	mm					1325		
	ANCHO	gas natural	mm	960	960	1045	1045	945		
		gasoil	mm	835	835	925				
	ALTO	gas - gasoil	mm	1470	1470	1890	1890	2150		
		gas natural	kg	390	390	450	450	660		
DIMENSIONES GENERALES DE LA BOMBA (aprox.)	LARGO	mm	500	500	515	515	930			
	ANCHO	mm	375	375	465	465	630			
	ALTO	mm	650	650	650	650	1065			
	PESO	kg	40	40	40	40	180			
CONEXIÓN CHIMENEA (diámetro externo)		mm	202	202	202	202	305			

Fuente: www.clayton.com

#### 4.4 Estructura de apoyo

Toda la estructura deberá estar completamente hecha de metal, acceso para la carga, acceso al tanque, soportar las vibraciones.

Para la fabricación de la estructura se utilizará acero de construcción ASTM A 36:

**Tabla 14.** Propiedades Físicas del acero ASTM A36

Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson	0.26	N/D
Módulo cortante	79300	N/mm <sup>2</sup>
Densidad	7850	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	400	N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	250	N/mm <sup>2</sup>

##### 4.4.1 Calculo de esfuerzos

###### a. Armazón de la Estructura

En el diseño del armazón se utilizara perfil circular con las siguientes características:

**Figura 23** Imagen de perfiles redondos



Fuente: <http://www.tupemesa.com.pe/wp-content/uploads/2012/10/Tubos-Galvanizados.jpg>

**Tabla 15.** Dimensiones de Correas de acero

ESPECIFICACIONES TUBERÍA INDUSTRIAL PARA USO MECÁNICO, (ASTM A500)										
DIÁMETRO	DIÁMETRO EXTERIOR		ESPESOR NOMINAL		PESO				EMPAQUE	
	pulg	mm	pulg	mm	lb/pie	kg/m	kg x 6.00m	lb x 20 pies	kg x atado	tubo x atado
3/4	1.050	26.7	0.113	2.870	1.132	1.685	10.107	22.637	1283.611	127
1	1.315	33.4	0.133	3.378	1.681	2.501	15.007	33.611	1365.596	91
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.556	2.275	3.386	20.313	45.497	1848.523	91
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.683	2.720	4.049	24.292	54.407	2210.539	91
2	2.375	60.3	0.154	3.912	3.656	5.442	32.650	73.127	1991.640	61
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.156	5.798	8.630	51.778	115.969	1915.781	37
3	3.500	88.9	0.216	5.486	7.583	11.285	67.712	151.658	1286.537	19
4	4.500	114.3	0.237	6.020	10.800	16.074	96.444	216.009	1832.437	19
6	6.625	168.3	0.280	7.112	18.992	28.265	169.590	379.837	1695.905	10

*Nota: Tolerancias en diámetro exterior y espesor basadas en norma correspondiente.*

Fuente: <http://www.tupemesa.com.pe/wp-content/uploads/2012/10/Tubos-Galvanizados.jpg>

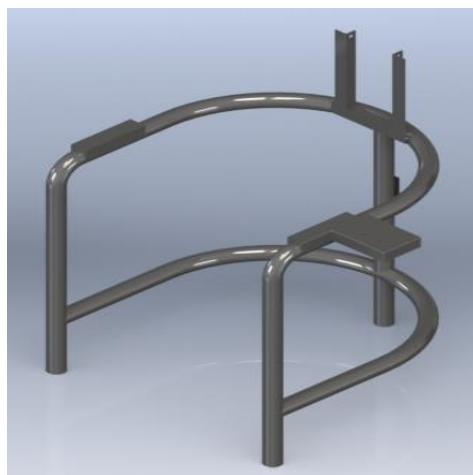
## b. Soportes

Se va a utilizar tubo de 2", el cual van a ser cortado según las especificaciones dadas y soldado.

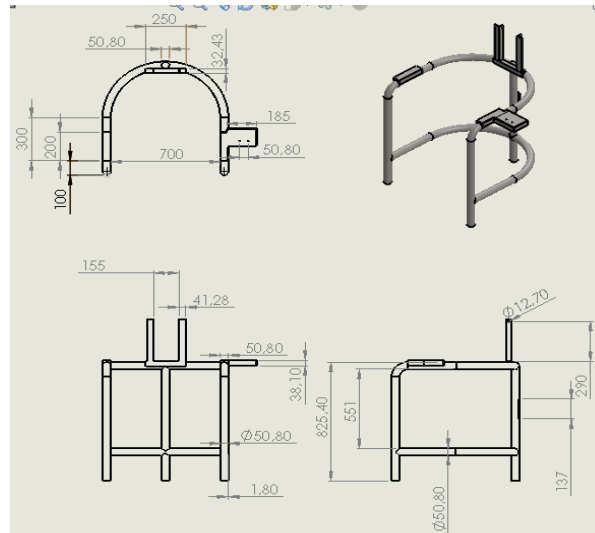
### 4.4.2. Dimensionamiento de la estructura de apoyo

Todas las medidas están en milímetros

**Figura 24.** Renderización de la Estructura.



**Figura 25. Dimensiones de la Estructura**



#### 4.4.3. Verificación de los cálculos de esfuerzo por medio del CAD

Para el cálculo de esfuerzos se tiene en cuenta el peso de la marmita totalmente cargada y las cargas creadas por los dos motores y el apoyo auxiliar.

#### ➤ Fuerzas Aplicadas

**Tabla 16.** Fuerzas Aplicadas

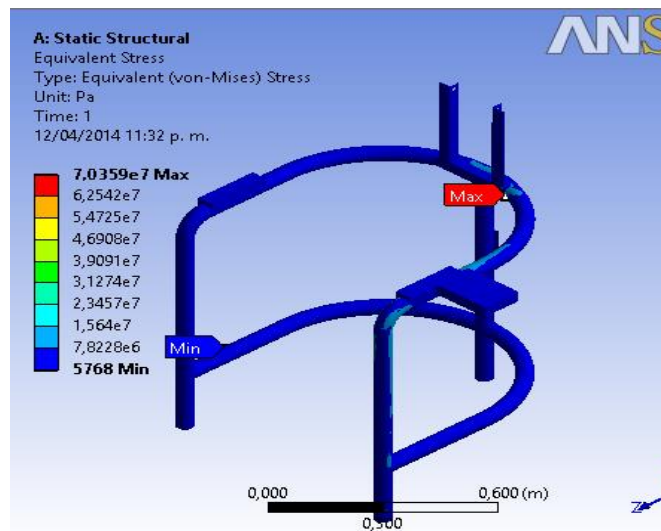
FUERZA	UBICACIÓN	VALOR
Peso conjunto motor, paleta, tapa y apoyo	Huecos en brazo para giro	200 N c/u
Peso Marmita con carga	Apoyos de las chumaceras	500 N c/u
Fuerza subir brazo del motor	Apoyo reductor para levante brazo de motor	300 N

**Tabla 17.** Esfuerzos sobre la estructura

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	5768 N/m <sup>2</sup>	7.0359+007 N/m <sup>2</sup>
Desplazamientos1	Total Deformation	0 mm	0.60663 mm

**a. Tensiones**

**Figura 26.** Tensiones en la estructura

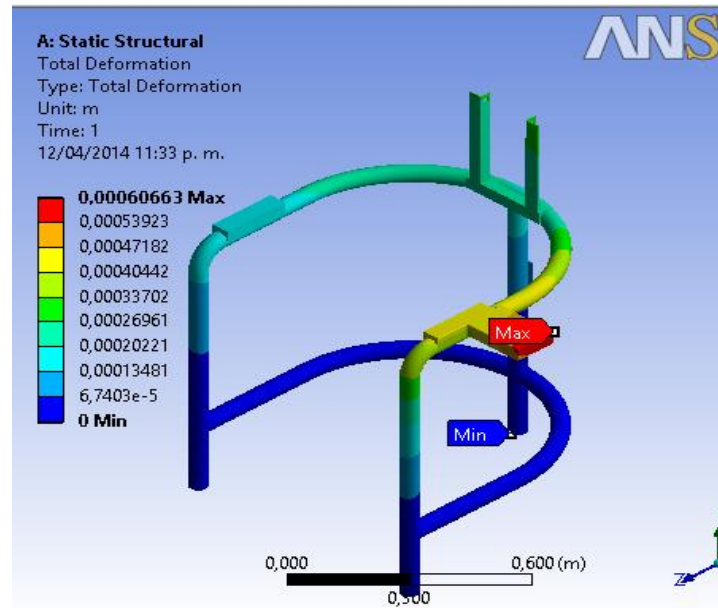


Se puede observar las tensiones provocadas, tanto por el peso de la marmita cargada, como de los motores y el apoyo auxiliar más el peso de la estructura, la cual es lo suficientemente robusta para soportarlos ya que el valor máximo producido es de 70.36 MPa, y el límite elástico del A36 es de 250 MPa.

Por lo tanto las deformaciones que pueden producirse en la estructura debido a las tensiones son admisibles, ya que no sobrepasan el punto crítico.

## b. Desplazamientos

Figura 27. Desplazamientos en la estructura.



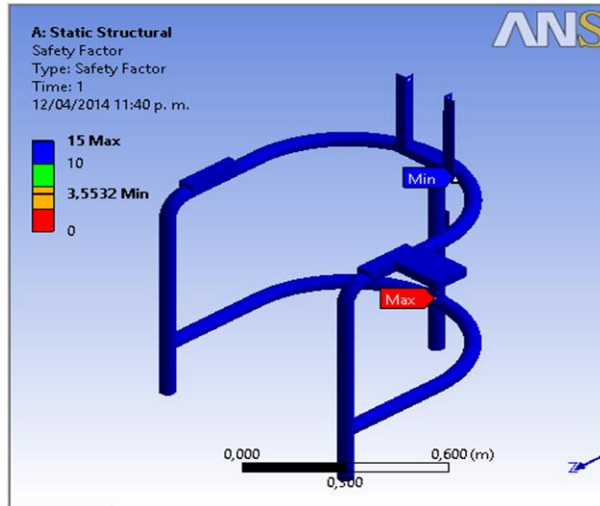
En esta gráfica se puede observar los deformaciones provocados por las fuerzas tanto de la carga como de los operadores más el propio peso de la estructura.

Se obtiene un desplazamiento máximo de 0.60663 mm en el área sombreada con color rojo como se puede observar en la figura. Este desplazamiento es muy pequeño, por lo que no afecta la estabilidad de la estructura.

Siendo el diseño de la estructura adecuado para su construcción y funcionamiento, ya que no existirán problemas en cuanto se refiere a las fuerzas que producen desplazamientos.

### c. Factor de seguridad

**Figura 28.** Desplazamientos en la estructura.



El factor de seguridad nos indica si el diseño soportara las fuerzas a las cuales va a ser sometido, en caso de fallar el factor de seguridad sería inferior a 1, por precaución se trabaja con un factor de seguridad mayor a 2, y como se puede observar en la gráfica el valor mínimo de factor de seguridad de la estructura se establece en 3.55.

En conclusión el diseño de la estructura es estable y puede soportar las fuerzas causadas por el peso del material de mezcla y los operadores con un mínimo desplazamiento, lo cual lo hace adecuado para proceder a la construcción del mismo.

### 4.5 Subsistema de agitación

El agitador debe crear corrientes capaces de homogeneizar la mezcla, evitando acumulaciones indeseadas de material sólido en el tanque, además debe mantenerse intacto con las fuerzas de arrastre que se crean.

#### 4.5.1. DISEÑO DE AGITADORES

El cálculo de agitadores no se puede definir con exactitud ya que se trabaja con tablas para los coeficientes de arrastre y para los coeficientes KL y KT. Estas dependen de las dimensiones, de la forma de ubicación, velocidad de giro de las aspas utilizadas, estos datos junto con los de viscosidad y densidad del fluido y las dimensiones del tanque se utilizan para el cálculo de potencia necesaria para el movimiento.

#### VALORES DE LAS CONSTANTES KL Y KT PARA TANQUES CON 4 PLACAS DEFLECTORAS (ANCHO DEL AGITADOR = 10 % DIÁMETRO DEL TANQUE)

Estas constantes son necesarias a la hora de calcular la potencia que va a suministrar el agitador en los tanques empleados en los procesos.

**Tabla 18.** Valores de KL y KT para el cálculo de la potencia de agitación.

Tipo de agitador	KL	KT
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41	0,32
Hélice, paso 2, 3 palas	43,5	1
Turbina de disco con 4 palas planas	60	5,31
Turbina de disco con 6 palas planas	65	5,75
Turbina con 6 palas curvas	70	4,8
Turbina de ventilador, 6 palas 45 °	70	1,65
Turbina cerrada de 6 palas curvas	97,5	1,08
Turbina cerrada por anillo difusor sin tabiques deflectores	172,5	1,12
Palas planas, 2 hojas, Di/Wi = 4	43	2,25
Palas planas, 2 hojas, Di/Wi = 6	36,5	1,7
Palas planas, 2 hojas, Di/Wi = 8	33	1,15
Palas planas, 4 hojas, Di/Wi = 6	49	2,75
Palas planas, 6 hojas, Di/Wi = 6	71	3,82

Fuente: <http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/Aguas/ConstantesAgitadores.asp>

Como observamos en la tabla, utilizamos el valor para Palas planas, 4 hojas  
 $D_i/W_i=6$  es decir  $K_L=49$  y  $K_t=2.75$

**Tabla 19.** Parámetros de diseño para el agitador

N° de Paletas	6
Forma de las paletas y ubicación	Paletas planas
$K_t$	2.75
$K_L$	49
Material de las paletas	Acero inoxidable 304
Sujeción de las paletas	soldadura
Densidad	1600 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad Dinámica	25 Cp
Viscosidad Cinemática	-----
Diámetro del tanque	0.5 m
Altura del tanque	0.5 m
Velocidad de agitación	45 rpm = 0.75 rps = 4,71 rad <sup>-1</sup>

Para el diseño del agitador realizamos los cálculos siguientes:

$$L_R = D * (50\% - 90\%)$$

$$L_R = 0.540 * (90\%) = 0.486 \approx 0.490 \text{ m}$$

$$An_R = D * (1/6 - 1/10)$$

$$An_R = 0.5 * (1/10) = 0.054$$

Dónde:

$L_R$  = longitud del rodete

$D$  = Diámetro del tanque

$An_R$  = Anchura de las paletas

Para el cálculo de la potencia es necesario calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{D * v * \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.54 \text{ m} * 1.084 \text{ m/s} * 1600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0.025 \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} * \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \cdot \text{N}}} = 37463$$

Dónde:

D = diámetro de paso del agua (m)

v = velocidad del agua (m/s)

$\rho$  = densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>).

$\mu$  = viscosidad dinámica del agua (N·s/m<sup>2</sup>).

Por lo tanto se habla de un régimen turbulento ya que  $Re > 10000$ , y con esto utilizamos la fórmula:

$$P = K_T * n^3 * D^5 * \rho$$

$$P = 2.75 * 0.83^3 * 0.5^5 * 1600 = 78.62 \text{ W}$$

$$P = 78.62 \text{ W} * \frac{1 \text{ Hp}}{746} = 0.105 \text{ Hp}$$

Con un factor de seguridad de 2 se calcula:

$$P = 0.105 * 2 = 0.210 \text{ Hp}$$

Dónde:

$K_T$  = constante de agitación

KL = constante de agitación laminar

n = velocidad de rotación en revoluciones por segundo (rps) (s-1)

D = diámetro del rodete (m)

$\rho$  = densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viscosidad del agua (N·s/m<sup>2</sup>)

Para los cálculos es necesario saber el arrastre que se tiene por las paletas al moverse en el líquido. El arrastre es la fuerza que se opone al movimiento, causada por la resistencia del líquido.

**Tabla 20.** Coeficientes de arrastre para diferentes objetos

Objeto	L/w	Re	C <sub>D</sub>
Cilindro cuadrado	$\infty$	$> 10^4$	2.0
Placas rectangulares	$\infty$	$> 10^3$	2.0
	20	$> 10^3$	1.9
	5	$> 10^3$	1.2
	1	$> 10^3$	1.1
Cilindro circular	0	$> 10^2$	1.10
	4	$> 10^2$	0.90
	7	$> 10^3$	1.0
Cilindros equiláteros	2.0	$> 10^2$	2.0
	1	$> 10^2$	1.4
Cono		$> 10^4$	0.8
Paracaidas		$> 10^7$	1.4
Automóvil			
1920		$> 10^5$	0.8
Moderno		$> 10^5$	0.30
Vagoneta		$> 10^5$	0.42
Bicicleta, ciclista erguido			1.1
Camión semirremolque			0.96
Camión semirremolque con deflector fuselado			0.76

Fuente: Mecánica de Fluidos, Potter y Wiggert

En la tabla seleccionamos CD= 2 por tratarse de paletas planas.

$$\text{Arrastre} = C_D * b * l * \rho * \frac{v^2}{2}$$

$$\text{Arrastre} = 2 * 0.054 * 0.21077 * 1600 * \frac{1.084^2}{2} = 21.39 \text{ N}$$

Dónde:

Cd = Coeficiente de arrastre

b = Anchura de la paleta

$l$  = Longitud de la paleta

$n$  = Velocidad en radianes por segundo

$v$  = Velocidad en m/s

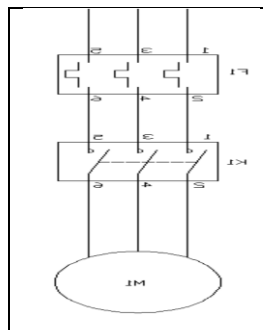
$\rho$  = Densidad

#### 4.5.2 Datos y conexión del moto reductor seleccionado

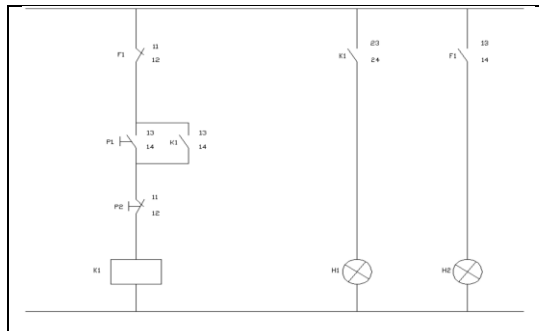
**Tabla 21.** Datos del moto reductor seleccionado

DATOS	VALOR
Tipo	Moto reductor
Potencia	1 Hp
Velocidad de salida	45 rpm
Voltaje Nominal	220/330
Amperaje nominal	3.8/2.1
Fp	0.52

**Figura 29.** Diagrama de conexión del motor del agitador (Potencia)



**Figura 30.** Diagrama de conexión del motor del agitador (Control)



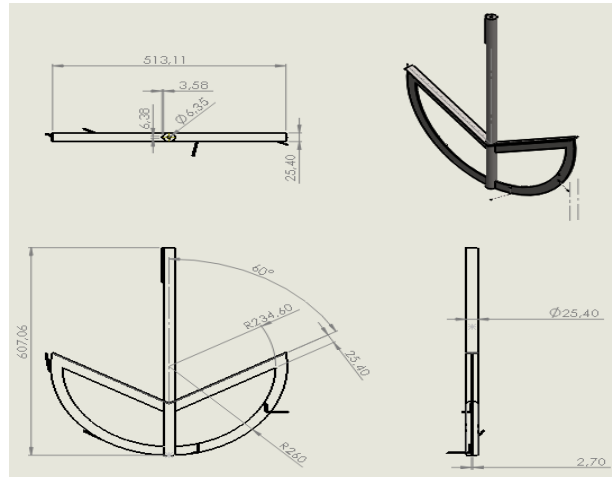
### 4.5.3. Dimensionamiento de las paletas y el eje

Todas las medidas se encuentran en milímetros

**Figura 31.** Renderización de las paletas y el eje



**Figura 32.** Dimensiones de las paletas y el eje



#### 4.5.4. Simulación de esfuerzos en la paleta y eje por medio de CAD

##### a. Fuerzas Aplicadas

**Tabla 22.** Fuerzas Aplicadas en el Agitador

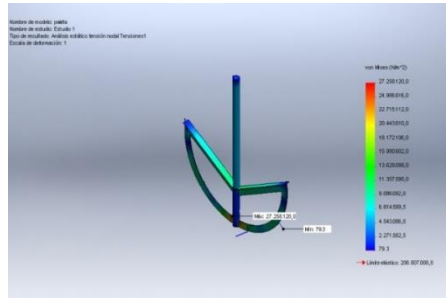
FUERZA	UBICACIÓN	VALOR
Arrastre en cada aspa	Caras de las aspás	30. N
Torque debido al motor	Parte superior del eje	200 N.m

**Tabla 23.** Valores de tensión y desplazamientos para las paletas y el eje

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	79.34 N/m <sup>2</sup>	2.7258e+007 N/m <sup>2</sup>
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm	1.36805 mm

## a. Tensiones

**Figura 33.** Tensiones en las paletas y el eje



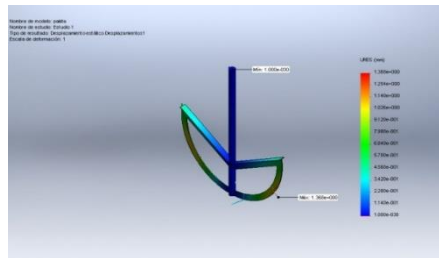
En esta gráfica se puede observar el efecto de las fuerzas que provocan tensiones debido a la resistencia de la mezcla en las paletas (arrastre) al momento de producirse la agitación y la fuerza producida por el perno del acople en la paleta.

En el estudio realizado en la gráfica se puede notar que el valor máximo de tensión que soportan las paletas es de 27.58 MPa y el Límite Elástico máximo que soporta el acero inoxidable es de 206.81 MPa.

Por lo tanto las fuerzas de tensión producidas en el agitador no sobrepasan el límite elástico del material, siendo el diseño y la construcción del agitador aptas para su correcto funcionamiento.

## b. Desplazamientos

**Figura 34.** Desplazamientos en las paletas y el eje

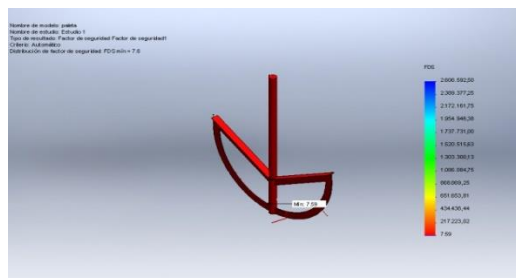


En esta gráfica se puede observar los desplazamientos provocados por la resistencia de la mezcla en las paletas (arrastre) al momento de producirse la agitación.

Como se puede notar en el estudio de la gráfica, el valor de desplazamiento máximo que se produce en las paletas es de 1.368m, siendo este un valor admisible en cuanto al desplazamiento permitido en las paletas, ya que no es muy significativo el desplazamiento que se produce en ellas, y pueden tener un correcto funcionamiento sin afectar el proceso de agitación.

### c. Factor de Seguridad

**Figura 35.** Factor de seguridad de las paletas y el eje



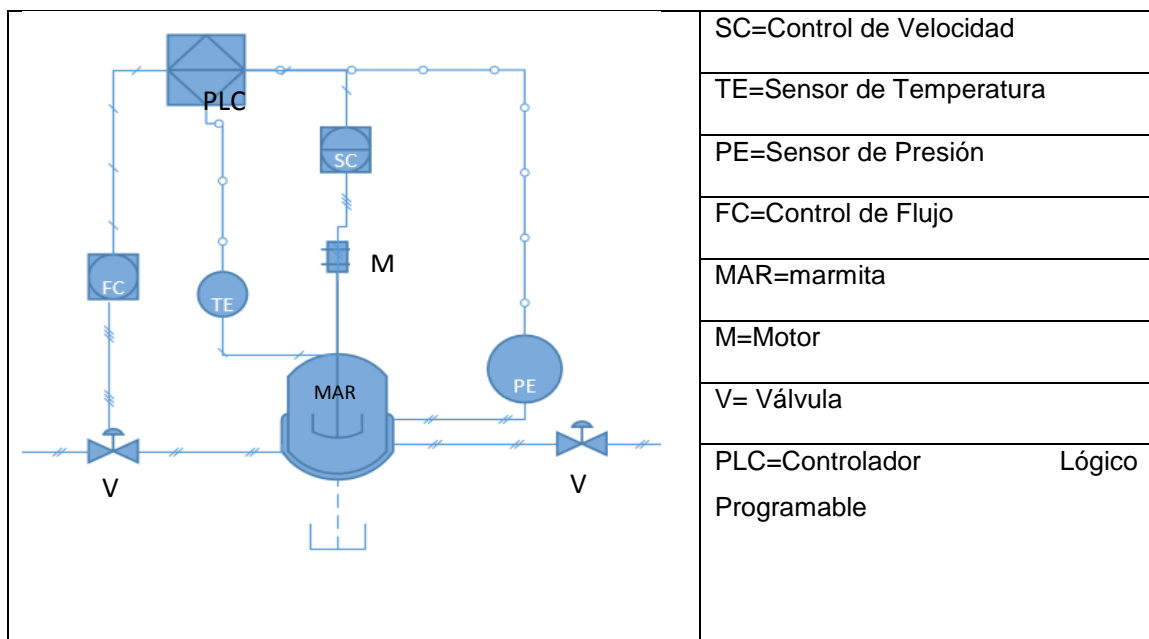
El factor de seguridad nos indica si el diseño soportara las fuerzas a las cuales va a ser sometido, en caso de fallar el factor de seguridad sería inferior a 1, por precaución se trabaja con un factor de seguridad mayor a 2.5, y como podemos observar en la gráfica el valor mínimo de factor de seguridad de las paletas y el eje se establece en 7.59.

En conclusión los diseños de las paletas y el eje son estables y pueden soportar las fuerzas provocadas por el arrastre causado por el jarabe con un mínimo desplazamiento, lo cual los hace adecuados para proceder a la construcción de los mismos.

#### 4.6 Subsistema de control

En base al diseño mecánico y del equipamiento necesario para el montaje de la máquina se seleccionó y calibró los instrumentos adecuados, de tal manera que puedan desempeñarse de una manera eficiente.

**Figura 36.** Sistema de Control.(P&ID)



##### 4.6.1 Descripción del proceso de control

El usuario Final (productor), tendrá un Pantalla Táctil donde tendrá que ingresar datos necesarios para poder especificar la aplicación que desee realizar.

**Figura 37. Pantalla Táctil**



Para explicar el funcionamiento de la máquina, se deben conocer los pasos básicos del proceso de elaboración de:

Dulce a base de leche

Dulce de pulpa de fruta

Ya que depende de esto poder realizar una programación adecuada, esta máquina también consta con una secuencia de limpieza (Anexo Manual de Usuario) el cual puede ser utilizado antes de cualquier proceso.

Al usuario final se le dará una ficha técnica para que conozca las medidas de los insumos que va a usar (leche, azúcar, pulpa de fruta), dependiendo de las cantidades y aplicación final que desee.

Esta máquina tiene una capacidad de 10 litros. Para establecer este tamaño se tomó en cuenta el peso de los materiales para su construcción, considerándola como una máquina portátil.

El modo de operación será automático, para que justamente el usuario final (productor) pueda conocer cada etapa del proceso. Todos los Procesos quedan previamente cargados en el PLC Control Logix 5572 en la máquina.

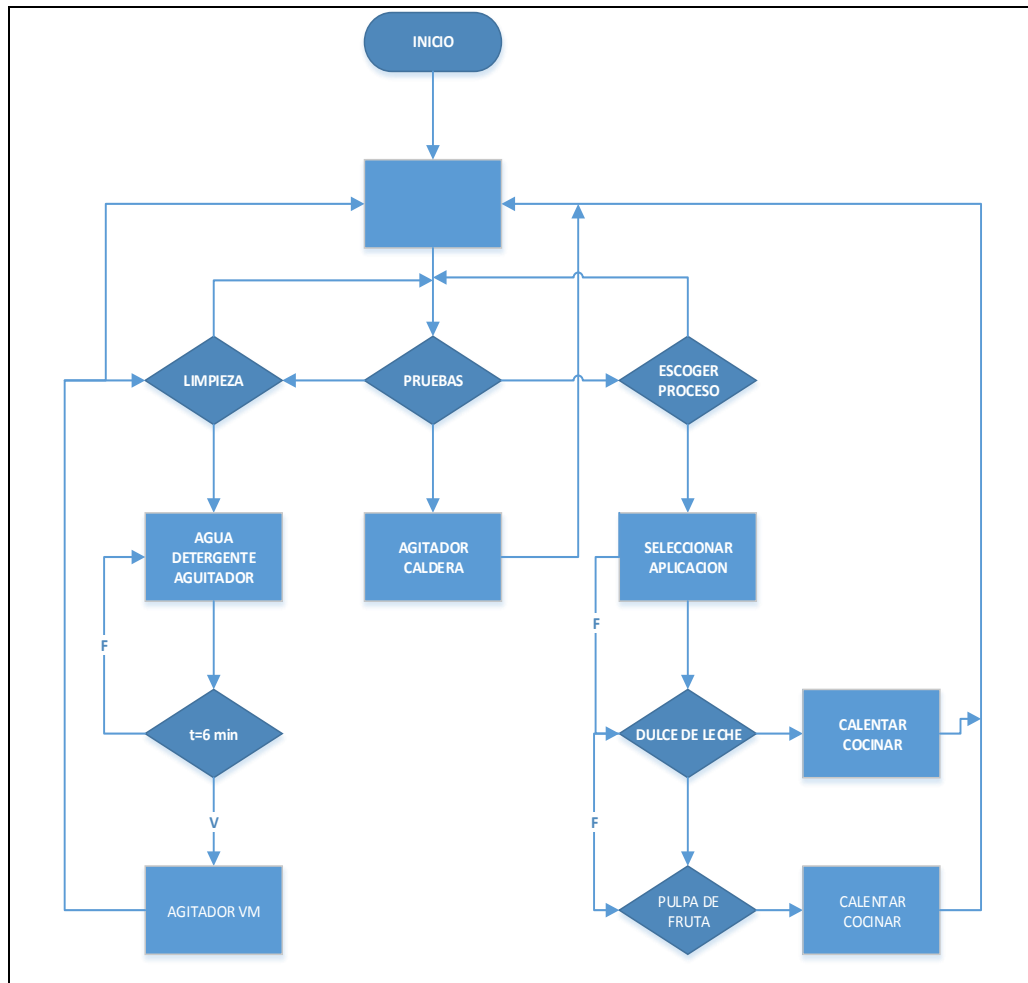
Así se logrará que el usuario final no tenga ninguna complicación en obtener el producto que desee.

Al comienzo del proceso de la elaboración del dulce de leche y pulpa de fruta, se necesita del operador, para que ingrese la leche o pulpa de fruta dependiendo de lo que desea elaborar.

#### **4.6.2 Diagramas de Flujo del Proceso**

En este diagrama se describe el menú principal de la pantalla táctil.

**Figura 38.** Diagrama principal



### 4.6.3 Introducción al proceso de control

El control a realizar es tipo SCADA en el banco de automatización de Tecnoparque Sena, el cual está compuesto por un PLC Allen Bradley, compuesto por un Controllogix 5572, un Control de frecuencia variable PowerFlex 40, con sus respectivos elementos para él envió de señal de control vía Ethernet, sensores de presión y temperatura, además de una interfaz HMI para el fácil uso de la marmita y seguimiento preciso de las variables a sensor.

Para empezar en la instalación se han tomado en consideración:

Normas básicas de instalaciones de sistemas de control, como son: calibre de los conductores, borneras, protecciones, espacio físico necesario, etc.

Niveles de voltaje donde va a funcionar la máquina y niveles estándar de voltaje para equipos de automatización, estos niveles se detallan a continuación:

- ✓ Nivel de voltaje para la alimentación de los equipos de fuerza 220 VAC monofásico 60 Hz.
- ✓ Nivel de voltaje para alimentación de controlador y servicios generales 110 VAC monofásico 60 Hz.
- ✓ Nivel de voltaje para sensores y HMI 24 VDC.

Los equipos seleccionados son fabricados por Siemens debido a sus altas prestaciones en la industria, fácil adquisición local y cumplen con todas las normas necesarias para una máquina en la industria alimenticia.

Con base en la realización de pruebas manuales para la producción de los productos propuestos tales como mermelada, pulpa de fruta, jugo, se ha considerado equipamiento específico que permita obtener los resultados deseados.

Para lo cual es fundamental desarrollar el pliego de condiciones de la parte de control la cual contiene todos los datos necesarios para la realización del proyecto.

Los esquemas de control y potencia se realizan con base en el diagrama de flujo, el cual detalla el funcionamiento de nuestra máquina.

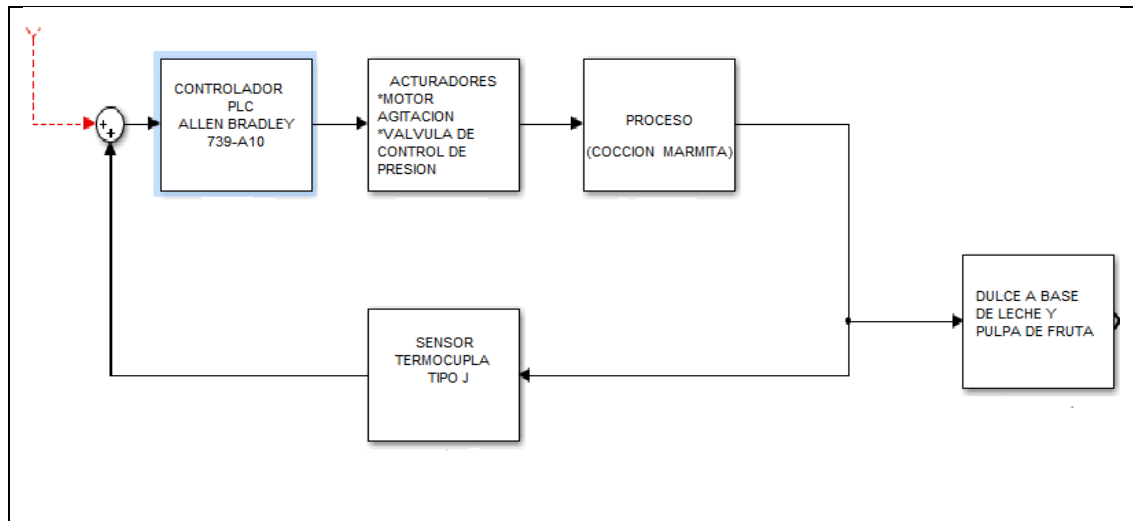
#### **4.6.4 Diagrama eléctrico**

La simbología a continuación esta en conformidad con la IEC. La norma IEC 1082-1 define los gráficos y regla numéricas o alfanuméricas a utilizar para identificar los aparatos, diseñar esquemas y realizar los equipos electrónicos. El uso de las normas internacionales evita todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones.

En el diagrama de bloques adjunto (Figura 4.1) se observa detalladamente el funcionamiento de la marmita, el cual se ha dividido en cuatro bloques:

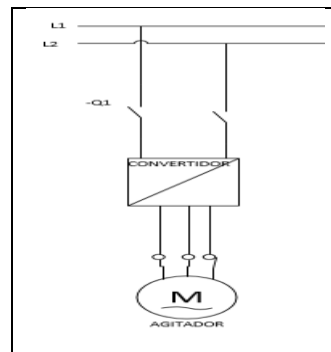
- **Controlador:** Este contiene las instrucciones para el control de los actuadores, para que estas funcionen de una manera ordenada y sincronizada. Lleva grabada las diferentes órdenes para cada uno de los elementos a controlar (motor, agitador). Además se encarga de comprobar los datos de sensorica con los supuestos.
- **Actuadores:** Son los elementos que van a hacer alguna acción dentro del sistema (abrir o cerrar válvulas, aumentara velocidad de giro del motor).
- **Proceso:** también llamado planta, este bloque contiene, tanto el proceso físico, como el tiempo de ejecución necesario para el proceso de cocción.
- **Sensor:** Contiene los sensores que toman la información de la máquina, para ingresar al controlador y establecer un lazo de control cerrado.

**Figura 39.** Diagrama de Bloques



#### 4.6.5 Diagramas unifilares

**Figura 40.** Diagrama Unifilar Agitador



El Variador de Frecuencia está protegido por un disyuntor de 2 polos 6A. y es controlado por medio de la salida analógica del PLC.

#### 4.6.6 Cálculos de protección

El motor a emplearse en la marmita tiene una potencia de 1 Hp, la cual demanda una corriente (consumo energético), la cual se detalla a continuación:

$$1 \text{ HP} = 745.7 \text{ W}$$

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)$$

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos(\varphi)} = \frac{745.7}{220 * \sqrt{3} * \cos(0.8)}$$

$$I = 1.96 \text{ Amp}$$

Los fabricantes recomiendan un ajuste de 125% de corriente nominal del motor:

$$\text{Breaker} = I * (1.25) = 1.96(1.25) = 2.115 \text{ Amp}$$

Para la protección del variador de frecuencia se ha de emplear un Breaker de 6A, el cual nos permite regular la corriente nominal de trabajo.

#### 4.6.6 Selección del motor

Un motor eléctrico es una máquina que transforma potencia eléctrica tomada de la red en potencia mecánica en el eje.

La potencia en el eje obedece a la siguiente relación:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos(\varphi)$$

Dónde:

P: potencia en kW

V: voltaje o tensión en voltios

I: corriente en amperios

$\cos(\varphi)$  = Factor de potencia

La potencia mecánica obedece a la siguiente relación:

$$P = T * \frac{n}{9550}$$

Dónde:

P= potencia en kW

T: torque en N-m

N: velocidad en rpm

Al seleccionar el motor lo primero que se debe considerar es la velocidad de rotación y cuál será el torque requerido del motor. La potencia del motor será entonces una consecuencia de los dos factores anteriores.

La capacidad de sobrecarga del motor será un factor a considerar pues el ciclo de carga puede exigir al motor en ciertos momentos que suministre mayor potencia a la nominal. Esta capacidad es conocida como factor de servicio (FS).

Además, toda máquina consume más potencia de la que entrega, por lo cual es importante considerar el término de eficiencia. Esta se calcula por medio de la siguiente relación

$$\eta = P_s/P_e$$

Dónde:

Pe: potencia de salida (eje).

Pe: potencia de entrada (suministrada por la red eléctrica).

Con estos datos, se puede determinar el tipo de motor a utilizar, para esto usamos el software de ingeniería que pertenece a la compañía Siemens, como herramienta para el dimensionamiento:

**Figura 41.** Panel de selección de características generales del Motor.


**Guided Motor Selection** More actions

The selection is complete but you have to set more characteristics.

**Selection** 1.437

**Portfolio**

GP - General Purpose i?



**General**

**Motornorm**  IEC  IEC electrical acc. NEMA i?

**Type of protection**  without i?

**Polechange**  No  Yes i?

**Search criteria**

Type of supply	Line feed	<input type="text"/>	i?
Line frequency	60 Hz	<input type="text"/>	i?
Frequency / Rated output	60 Hz / 60 Hz-output	<input type="text"/>	i?
Line voltage	380V	<input type="text"/>	i?
Speed	1800 1/min	<input type="text"/>	i?
Coolant	air	<input type="text"/>	i?
Cooling type		<input type="text"/>	i?
Power demand	0.47 ≤ 0.75	≤ 17.30 KW	i?
Efficiency class	IE2 / High	<input type="text"/>	i?
Type of construction	IM B3	<input type="text"/>	i?
Protection class	IP 55	<input type="text"/>	i?
Frame Material	aluminum	<input type="text"/>	i?

**Environmental condition**

Insulation system thermal class	Thermal class 155(F) or greater	<input type="text"/>	i?
Utilization in	Thermal class 130(B)	<input type="text"/>	i?
Cooling temperature	Standard (air 40°, water 25°)	<input type="text"/>	i?
Ambient temperature / minimum	-20 °C	<input type="text"/>	i?
Ambient temperature / minimum	40 °C	<input type="text"/>	i?
Altitude above sea level	up to 1000 m	<input type="text"/>	i?

**Reset selection**

Fuente: <https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Products/10028832?tree=CatalogTree>

e

**Figura 42.** Panel de elección características especiales del Motor.

SIMOTICS GP/SD/XP - 1LE1/1MB1 [i]

Motortype: 1LE1003-0DA29-0A.. M1A More actions

The configuration is incomplete. Please select all blue items.

Input Options 1 Options 2 1.030

<b>Line</b> Explosion protection (Zone) <input checked="" type="radio"/> without (Safe Area) <span style="float: right;">i?</span> Line <input checked="" type="radio"/> Aluminum <span style="float: right;">i?</span>		<b>Environmental conditions</b> Used as Temperature class: 155(F) utilized 130(B) <span style="float: right;">i?</span> Site altitude: up to 1000m <span style="float: right;">i?</span> Coolant temperature maximum: 40 °C <span style="float: right;">i?</span> Coolant temperature minimum: -20 °C <span style="float: right;">i?</span>	
<b>Electrical parameter</b> Duty type: S1 (standard) <span style="float: right;">i?</span> Efficiency class: <input checked="" type="radio"/> IE3 <span style="float: right;">i?</span> Frequency: 60 Hz <span style="float: right;">i?</span> Frequency / Rated output: 60 Hz / 60Hz-output <span style="float: right;">i?</span> Voltage: 380 V <span style="float: right;">i?</span> Winding selection: (M1A) 220 VD / 380 VY 60Hz, 60Hz - power <span style="float: right;">i?</span> Synchronous speed: 3600 1/min <span style="float: right;">i?</span> Power demand: 0.28 ≤ 0.86 ≤ 230.00 kW <span style="float: right;">i?</span> Increased power: <input checked="" type="radio"/> No <span style="float: right;">i?</span> Size of motor: 80 M Motor protection: <span style="background-color: #e0e0e0;">without</span> <span style="float: right;">i?</span> Additional motor protection: without <span style="float: right;">i?</span>		<b>Mechanical Parameter</b> Type of cooling: IC411 - self ventilated, surface cooled <span style="float: right;">i?</span> Terminal box position: <span style="background-color: #e0e0e0;">Terminal box position</span> <span style="float: right;">i?</span> Type of construction: (A) IM B3 / IM1001 <span style="float: right;">i?</span> Type of flange: without <span style="float: right;">i?</span> <input type="checkbox"/> (H00) Canopy <input type="checkbox"/> (H01) Bolted on mounting feet (instead of cast)  <input type="checkbox"/> (B19) Express delivery time	

Fuente: <https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Products/10028832?tree=CatalogTree>

e

Después de seleccionarlo obtenemos un datasheet con la siguiente información:

**Tabla 24.** Especificaciones del motor escogido.

Sound pressure level 50 Hz/60Hz (load) <i>Nivel de presión sonora (Lp(A) 50 Hz/60Hz (carga)</i>	60 dB (A)	64 dB (A)
Moment of inertia <i>Momento de inercia</i>	0,0011 kg m <sup>2</sup>	
Bearing DE   NDE <i>Rodamiento LA   LCA</i>	6204 2ZC3	6204 2ZC3
Bearing lifetime <i>Vida útil de rodamiento</i>	40000 h	
Lubricants <i>Lubricante</i>	Esso Unirex N3	
Regreasing device <i>Dispositivo de relubricación</i>	No No	
Grease nipple <i>Boquilla de engrase</i>	- / -	
Type of bearing <i>Tipo de rodamientos</i>	Preloaded bearing NDE Cojinete pretensado LCA	
Condensate drainage holes <i>Agujeros drenaje de condensado</i>	No No	
External earthing terminal <i>Borne de tierra externo</i>	No No	
Vibration class <i>Clase vibratoria</i>	A	
Insulation <i>Aislamiento</i>	155(F) to 130(B) 155(F) a 130(B)	
Duty type <i>Tipo de servicio</i>	S1	
Direction of rotation <i>Sentido de giro</i>	bidirectional ambas direcciones	
Frame material <i>Material de la carcasa</i>	aluminum aluminio	
Data of anti condensation heating <i>Datos del tiempo de parada del calentador</i>	-/-	
Coating <i>Pintura</i>	Special paint finish Pintura especial	
Color <i>Color</i>	RAL7030	
Motor protection <i>Proteccion del motor</i>	(A) without (Standard) (A) sin (estándar)	
Method of cooling <i>Método de refrigeración</i>	IC411 - self ventilated, surface cooled IC411 - ventilación propia, refrigeración superficial	

Fuente:<https://eb.automation.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Products/10028832?tree=CatalogTree>

#### 4.6.7 Convertidor de frecuencia variable

El convertidor de frecuencia variable (CFV) es un control para el motor de inducción tipo jaula de ardilla; que es el motor más económico, sencillo y robusto. Además el más utilizado en la industria e instalaciones en general.

Es el único control que suministra la potencia, además de permitir la variación de la velocidad del motor sin ningún accesorio extra entre el motor y la carga, siendo además una excelente protección para el mismo. Por lo anteriormente descrito ha llegado a ser uno de los controles más usados en los últimos años.

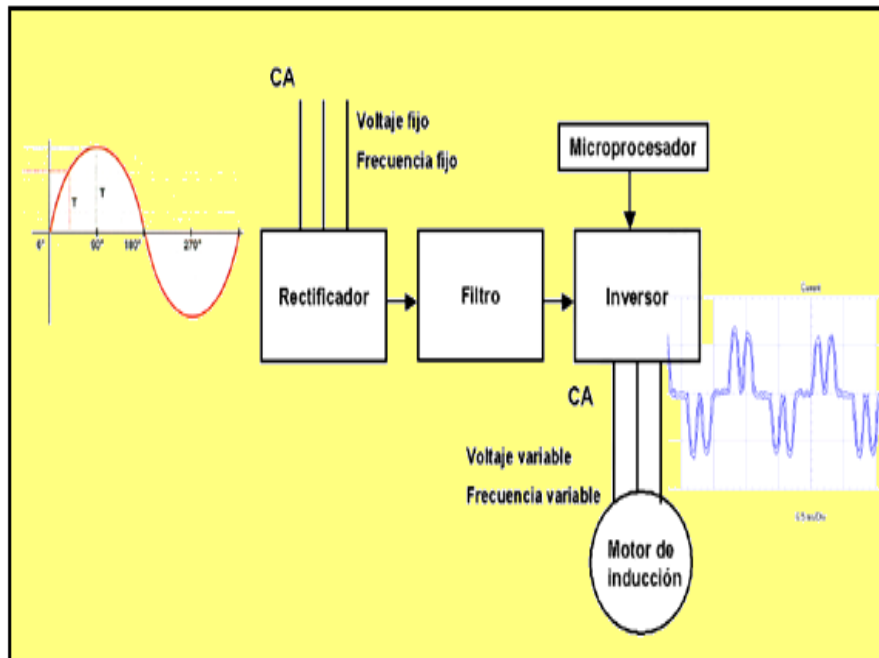
Una de las limitaciones del motor de inducción es el tener velocidades fijas sin posibilidades de variación; siendo que los procesos y aplicaciones que requieran distintas velocidades y torque, sin embargo se ha desarrollado una infinidad de métodos para cambiar y variar las velocidades nominales, a cambio de bajas eficiencias o costos de quipo y mantenimiento altos.

El convertidor de frecuencia variable (CFV) tiene la ventaja principal de poder disminuir los consumos de energía eléctrica en algunos de los procesos que controla, dando como resultado considerables disminuciones en los costos de operación. Gracias a esto, dan una alta confianza, además de su bajo costo ha hecho que cada día se usen más estos equipos en el mundo.

El convertidor de frecuencia variable es conocido de diferentes formas: variador de velocidad, driver, inversor etc., pero su nombre correcto primero, porque incorpora el termino de frecuencia, debido a que los variadores de velocidad pueden ser quipos mecánicos por ejemplo, turbinas de vapor, e inversores solo se refiere a una de las etapas de CFV.

La manera como un CFV convierte voltaje y frecuencia constante en voltaje y frecuencia variable se basa en un proceso de 2 pasos principales. Primero la corriente alterna es rectificadada y convertida a corriente continua, después se invierte y vuelve a entregarse corriente alterna pero con valores de frecuencia y voltaje variables.

**Figura 43.** Componentes Principales de un Convertidor de Frecuencia Variable



Fuente: <http://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion>

El suministro de voltaje de un CFV puede realizarse a frecuencias que van desde 0 Hz hasta 120 o más Hz, por tanto la velocidad del motor es variable en la misma proporción que la variación de la frecuencia, así el motor puede girar lento o muy rápido de acuerdo a la frecuencia que le suministre el CFV.

Al mismo tiempo el voltaje es variable en igual proporción que la variación de la frecuencia, para asegurar que la relación voltaje/frecuencia se mantenga con el mismo valor en todo el rango de velocidades mientras no pase de 60 Hz. Esto es debido a que el par que entrega el motor según diseño es determinado por esta relación y un motor de 460 Volts tendrá una relación Voltaje/Frecuencia de 7.6, si este mismo motor lo manejamos a una frecuencia de 30 Hz, se tiene que suministrar un voltaje de 230 Volts para mantener la misma relación y el mismo par. Cualquier cambio en esta relación puede afectar el par, temperatura, velocidad o el ruido del mismo.

En resumen, para producir el par nominal en un motor a diferentes velocidades, es necesario modificar el voltaje suministrado conforme se modifica la frecuencia. El CFV mantiene esa relación de Volts/Hertz suministrada al motor automáticamente.

La parte rectificadora en el CFV convierte el voltaje C.A. en voltaje en C.D. para generar la frecuencia variable de salida necesaria de una fuente no alterna, dependiendo del tipo de convertidor este voltaje de C.D. puede ser variable o suavizado.

La mayoría de los convertidores usados hoy son del tipo de modulación del ancho del pulso (PWM por sus siglas en inglés) que operan con un voltaje en C.D. suavizado. Los diodos de potencia son usados para producir el voltaje de C.D. suavizado y los rectificadores controladores de silicio (SCR's por sus siglas en inglés) son usados para el diseño de voltaje de C.D. variable. Es importante hacer notar que el voltaje del bus de C.D. es 1.41 veces mayor al voltaje de C.A., ya que toma el valor del pico de voltaje y no el voltaje R.M.S.

En el inversor el voltaje en C.D. se invierte y vuelve a tomar la forma alterna por medio de rectificadores de silicio o transistores de potencia conectados directamente al bus de C.D. y controlados por microprocesadores, pero esta vez con una frecuencia y voltaje variable. Esta generación trifásica de C.A. se realiza a través de aperturas instantáneas de los transistores, aunque tiene ciclos positivos y negativos toma una forma cuadrática e interrumpida similar a la alimentación de entrada simulando la onda senoidal, según las necesidades de frecuencia pero manteniendo la misma relación Volts/Hertz del motor.

A esta tecnología se le denomina modulación del ancho de pulsos (Pulse Width Modulation PWM por sus siglas en inglés). Una tarjeta lógica de microprocesadores determina la frecuencia de conmutación de la sección de inversión, permitiendo un rango amplio de frecuencias que van desde 0 hasta 400 Hz típicamente. Sin embargo, para esto es importante conocer los procesos y las necesidades de los mismos, esto implica conocer los tipos y clases de cargas que

existen. Se debe recordar que la potencia requerida por la carga es variable y se incrementa conforme aumentamos la velocidad R.P.M.

#### 4.6.8 Selección del variador del convertidor de frecuencia variable

Se optó por seleccionar el PowerFlex 40 CA Driver por ser de los miembros más pequeños y más rentables de la familia de variadores PowerFlex. Este está disponible en potencias nominales 0,2-11 kW (0,25 a 15 HP) y en las clases de tensión de 120, 240, 480 y 600 voltios. Se escogió además por ahorro de espacio, facilidad de uso y son alternativas rentables para control de velocidad de aplicaciones tales como máquinas herramientas, ventiladores, bombas y transportadores y sistemas de manejo de materiales.

**Figura 44.** Convertidor de Frecuencia variable PowerFLex 40

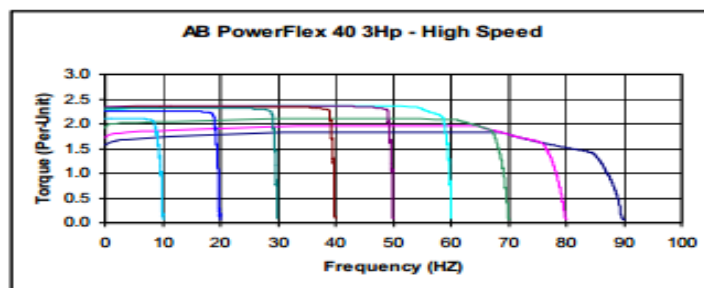


Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001_-en-p.pdf)

Algunas de las características sobresalientes de este CFV son las siguientes:

- Control vectorial sin sensores ofrece una velocidad excepcional niveles de regulación y muy altos de par motor a través de la todo el rango de velocidad de la unidad.
- La función Autotune permite que el PowerFlex 40 para adaptarse a las características individuales del motor

**Figura 45.** Curvas Torque Vs Frecuencia PowerFlex 40 a 3HP



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001_-en-p.pdf)

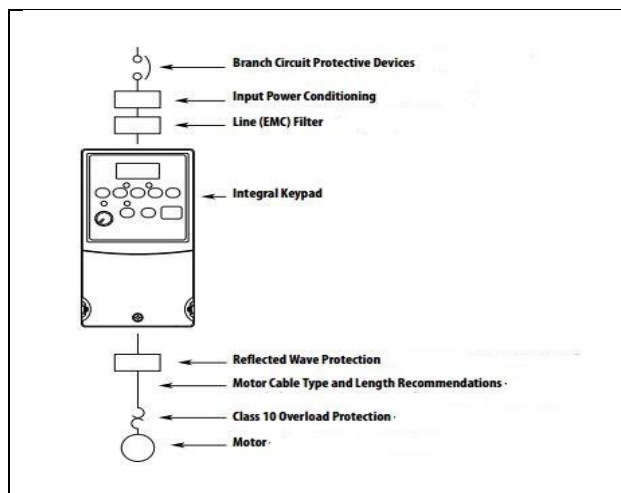
## Rendimiento

- Control vectorial sin sensores desarrolla un alto par en un amplio rango de velocidad y se adapta a las características del motor individuales.
- PWM variable permite que la unidad de salida más corriente a baja frecuencias.
- Funcionalidad Integral PID aumenta la flexibilidad de la aplicación.
- **temporizador**, contador, lógicas básicas y funciones StepLogic pueden reducirlos costos de diseño de hardware y simplificar los esquemas de control.
  - La función del temporizador: El relé o salidas opto-controladas por la unidad realiza la función de temporizador. El temporizador es iniciado por la activación de una entrada digital programada como "Timer Start. "

- Función del contador: Relé o salidas opto-controladas por la unidad realizan la función de contador. La función del contador es activada por una entrada digital programada como " entrada de contador. "
- La lógica básica: Relé o salidas opto-controladas por el estado de las entradas programadas como " las entradas lógicas". Estas realizan la lógica booleana básica.
- StepLogic: basado en la lógica que utilizan configuraciones de velocidad preestablecidos. Cada paso se pueden programar para una velocidad específica, la dirección y aceleración / desaceleración. Salidas de impulsión se puede utilizar para indicar que el paso se está realizando

A continuación se presenta el diagrama de control del CFV.

**Figura 46.** Diagrama de bloques



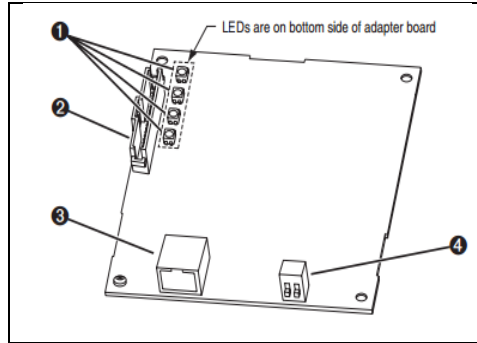
[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/22-td001_-en-p.pdf)

➤ **Adaptador EtherNet/IP.**

El CFV tiene como función modular la velocidad de salida del motor, pero ese control debe que llegar al mismo desde el PLC por medio de una conexión

Ethernet/IP, para lo cual se utilizara un adaptador suministrado por la misma empresa.

**Figura 47.** Componentes del adaptador de Ethernet.



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22comm-um004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22comm-um004_-en-p.pdf)

El adaptador 22-COMM-E EtherNet/IP es una opción de comunicación destinado a ser instalado en un variador PowerFlex 40. También se puede utilizar con otros productos de Allen-Bradley que apoyan un adaptador interno DSI.

**Tabla 25.** Descripción componentes 22-COMM-E Ethernet/IP

Ítem	Parte	Descripción
1	Indicador de estado	Cuatro LEDs que indican el estado de la conexión Ethernet, el DSI y el adaptador.
2	Conector DSI	Una cabeza macho de columna simple de 20 pines. Un cable de fase interna es conectado a el conector y el conector al Drive
3	Conector Ethernet	Un conector RJ-45 para el cable Ethernet. El conector es compatible con CAT-5 para asegurar una transferencia de datos en conexiones Ethernet 100Base-TX
4	Switch de modo operación y páginas web	Selecciona un modo simple o Multi-drive de operación, y habilita o deshabilita el adaptador de páginas Web.

Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22comm-um004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/22comm-um004_-en-p.pdf)

**Figura 48.** adaptador 22-COMM-E EtherNet / IP

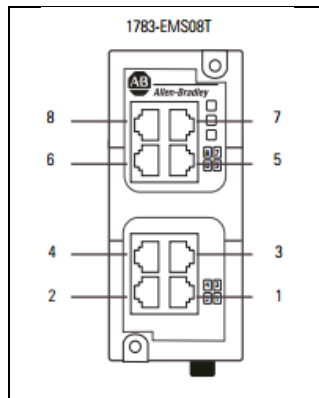


Fuente: <http://ab.rockwellautomation.com/Drives/Communication/22-COMM-E#/tab5>

➤ **Stratix 6000 Switch 1783-EMS08T 8**

Este switch provee un acceso en tiempo real a la red de datos a través del sistema de control basado en Logix. El switch está integrado dentro de los programas Logix y actualiza tags automáticamente.

**Figura 49.** 1789-EMS08T 8



Fuente: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1783-in004\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/1783-in004_-en-p.pdf)

#### **4.6.9 Controlador lógico programable (PLC)**

Un controlador lógico programable PLC (Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico de propósito especial utilizado en la industria como elemento de control y monitoreo de máquinas, motores, válvulas, sensores, medidores, etc.

Este dispositivo tiene características de elemento programable y la capacidad de poder conectarse en red.

Las ventajas de los PLC's sobre los circuitos basados en elementos de control electromecánico son:

- Tamaño compacto
- Funciones avanzadas
- Flexibilidad

También se podría utilizar un sistema de cómputo para controlar el proceso, pero un controlador programable es más adecuado que un ordenador para una aplicación industrial debido a que ofrece las siguientes ventajas:

- Construcción Robustas (ambiente industrial generalmente agresivo)
- Facilidad de la interfaz (manejo directo de actuadores, válvulas)
- Sencillo lenguaje de programación
- Versatilidad (agregar módulos adicionales e interfaces HMI)

#### **4.6.10 Selección del PLC adecuado**

Por facilidad para conseguir el software de programación y simulación, además debido a que en el mercado local los PLC más conocidos y utilizados son los de la

marca SIEMENS, se ha decidido realizar la elección de un PLC de dicha marca, cabe recalcar que la programación está estandarizada bajo la Norma IEC 1131-3.

Para poder elegir adecuadamente un PLC, se debe seguir los siguientes pasos denominados de Ingeniería de Automatización:

- ✓ Recopilación de información
- ✓ Cuantificación y clasificación de las señales
- ✓ Diagramación del sistema
- ✓ Instrumentación
- ✓ Configuración del sistema de control
- ✓ Elección de equipos

#### ➤ **Recopilación de información**

Este paso sirve para saber el proceso que realizará la máquina. Para de esta manera definir el tipo de equipos a utilizar y que tipo de control diseñar. La recopilación de información de este proyecto está dada en los capítulos III de esta tesis.

#### ➤ **PLC Control Logix5572**

Este controlador pertenece a la familia 1756 ControlLogix Controllers la cual abarca distintos controladores lógicos programables (PLCs) que pueden utilizarse para numerosas tareas. Gracias a su fácil manejo, pantalla incluida HDMI y amplio juego de instrucciones, los PLCs Control Logix5572 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones.

Los modelos Control Logix5572 y el software de programación basado en Windows ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización y toma de datos.

➤ **Introducción al PLC Control Logix5572.**

El controlador lógico programable (PLC) Control Logix5572 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Además ofrece una solución de controlador escalable, este perteneciendo a gama de controladores de automatización programables (PACs) que ofrecen los fabricantes de mayor velocidad de procesamiento, ya que soporta más de 100 ejes de movimiento.

**Figura 50.** Representación de algunos componentes del panel



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

El objetivo de este controlador no es sólo aumentar la cantidad de información intercambiada entre las capas de supervisión y el control, sino también impulsar el rendimiento del sistema y mejorar la productividad mediante la mejora del acceso a la información en tiempo real.

**Figura 51.** Panel ControlLogix 5572



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

Este modelo ofrece una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones, estas son algunas de sus características principales:

**Tabla 26.** Características principales del ControlLogix 5572

Feature	ControlLogix 5570 Controllers
Controller tasks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 continuous task</li> <li>• 32 periodic tasks</li> <li>• 100 programs/periodic task</li> </ul>
Built-in communication ports	1 USB port
Communication options	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EtherNet/IP</li> <li>• ControlNet</li> <li>• DeviceNet</li> <li>• Data Highway Plus™</li> <li>• Remote I/O</li> <li>• SynchLink™</li> <li>• Third-party process and device networks</li> </ul>
Controller connections supported, max	500
Network connections, per network module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 ControlNet (1756-CN2/A)</li> <li>• 40 ControlNet (1756-CN2/D, 1756-CN2/E)</li> <li>• 128 ControlNet (1756-CN2/B)</li> <li>• 256 EtherNet/IP; 128 TCP (1756-EN2x)</li> <li>• 128 EtherNet/IP; 64 TCP (1756-ENBT)</li> </ul>
Controller redundancy	Full support
Integrated motion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS interface</li> <li>• Analog options (encoder input, LDT input, SSI input)</li> <li>• EtherNet/IP (CIP Motion)</li> </ul>
Programming languages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relay ladder</li> <li>• Structured text</li> <li>• Function block</li> <li>• SFC</li> </ul>

Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

La gama 1756 ControlLogix Controllers tienen diferentes tipos de módulos, los cuales difieren muy poco el uno de otro, el utilizado en el banco es el 1756-L72. A continuación presentamos una tabla comparativa de los diferentes controladores de esta familia.

**Tabla 27.** Características PLCs Familia 1756-L7x

<b>Table 1 - Technical Specifications - 1756-L7x ControlLogix Controllers</b>					
<b>Attribute</b>	<b>1756-L71</b>	<b>1756-L72</b>	<b>1756-L73</b>	<b>1756-L74</b>	<b>1756-L75</b>
User memory	2 MB	4 MB	8 MB	16 MB	32 MB
I/O memory	0.98 MB				
Optional nonvolatile memory storage	1 GB (1784-SD1 ships with every controller) 2 GB (1784-SD2)				
Digital I/O, max	128,000				
Analog I/O, max	4000				
Total I/O, max	128,000				
Energy storage module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1756-ESMCAP capacitor energy storage module (removable, ships installed with every controller)</li> <li>• 1756-ESMNSE capacitor energy storage module (removable, no residual WallClockTime power backup)</li> <li>• 1756-ESMNRM capacitor energy storage module (nonremovable, secures controller by preventing USB connection and SD card use)</li> </ul>				
Current draw @ 1.2V DC	5 mA				
Current draw @ 5.1V DC	800 mA				
Power dissipation	2.5 W				
Thermal dissipation	8.5 BTU/hr				
Isolation voltage	30V (continuous), basic insulation type, USB port-to-system Type tested at 500V AC for 60 s				
USB port <sup>(1)</sup>	USB 2.0, full speed (12 Mbps)				
Weight, approx	0.25 kg (0.55 lb)				
Slot width	1				
Module location	Chassis-based, any slot				
Chassis	1756-A4, 1756-A7, 1756-A10, 1756-A13, 1756-A17				
Power supply, standard	1756-PA72, 1756-PA75, 1756-PB72, 1756-PB75				
Power supply, redundant	1756-PA75R, 1756-PB75R, 1756-PSCA2				
Wire category <sup>(2)</sup>	3 - on USB port				
North American temperature code	T4A				
IEC temperature code	T4				
Enclosure type rating	None (open-style)				

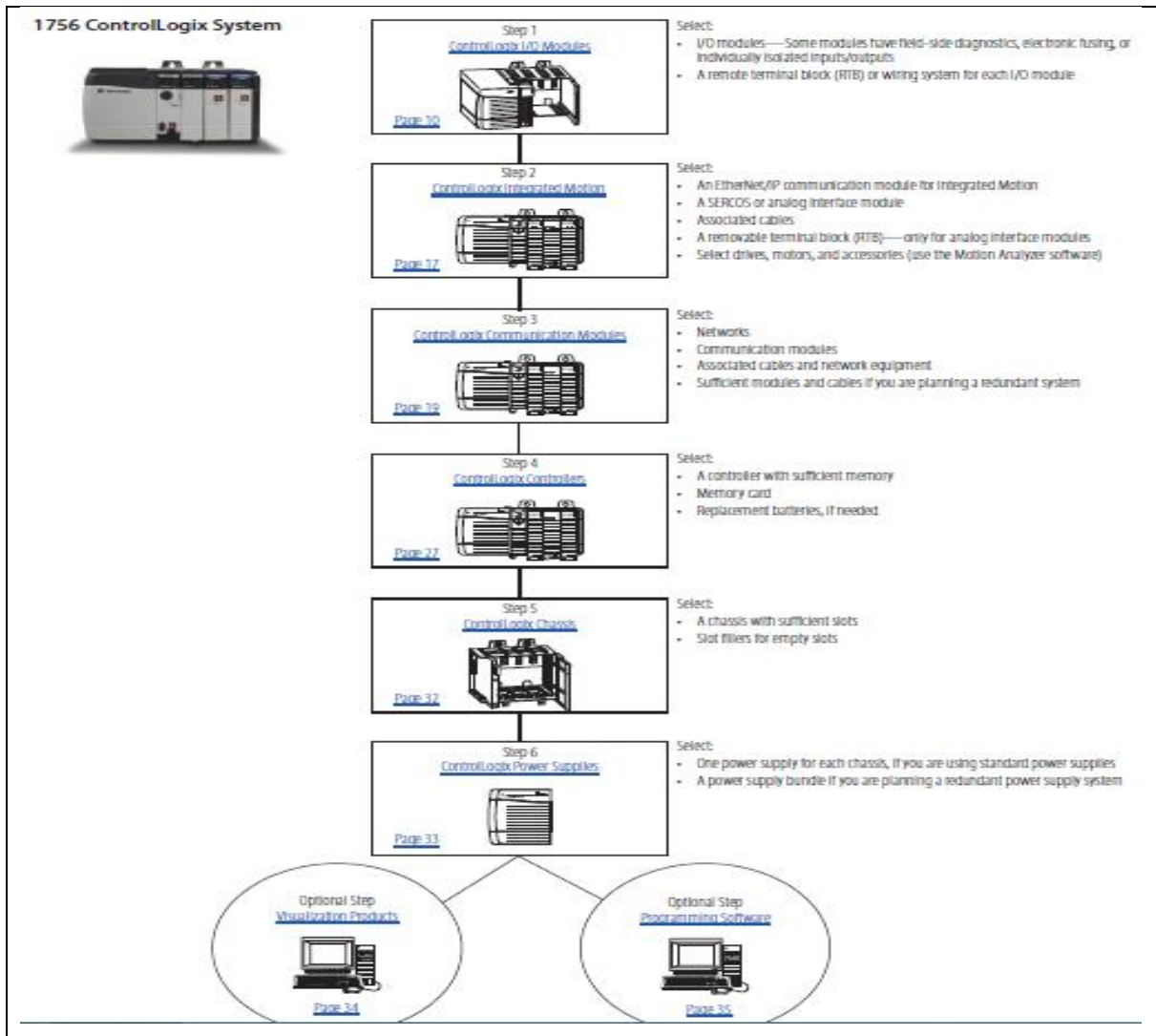
Fuente: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

Por medio de esto podemos empezar a definir el PLC a escoger

➤ **Método de selección del PLC**

A continuación se observa el método recomendado por el proveedor para escoger una configuración adecuada:

**Figura 52.** Diagrama de flujo para selección de PLCs Allen Bradley



Fuente: [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf)

A continuación detallamos cada una de las etapas de selección y cuáles son sus características.

➤ **Módulos ControlLogix I/O**

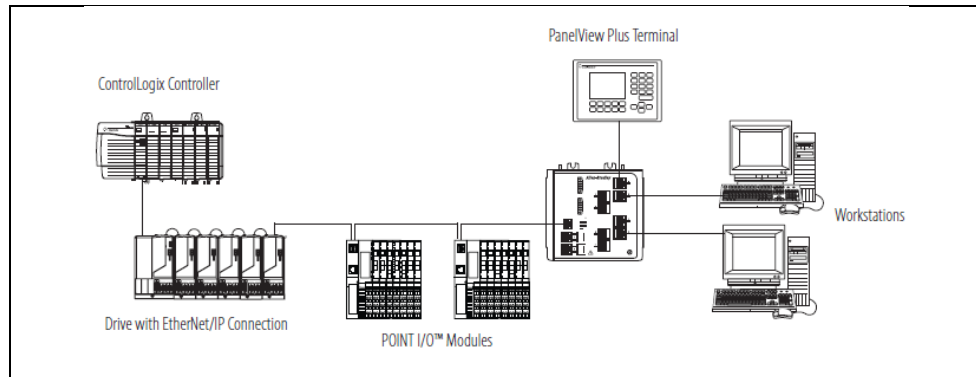
La arquitectura del ControlLogix provee un amplio rango de módulos de salida y entrada para muchas aplicaciones, desde alta velocidad digital hasta procesos de control. Esta arquitectura usa un modelo productor/consumidor con la cual la información de entrada y salida puede ser compartida por medio de múltiples controladores.

➤ **ControlLogix Integrated Motion**

La arquitectura Logix soporta componentes de control de movimiento que trabajan en una amplia variedad de arquitecturas de maquinaria:

- ✓ Movimiento integrado en la red EtherNet/IP que soporta una conexión a drivers Ethernet.
- ✓ La solución integrada motora Kinetix usa a SERCOS o una interfaz EtherNet/IP para producir movimiento sincronizado multieje.
- ✓ Logix integrated motion soporta la familia análoga de módulos de servos para actuadores/drivers de control.

**Figura 53.** Diagrama de comunicación componentes Allen Bradley



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

### ➤ **Controladores ControlLogix**

El controlador ControlLogix provee una solución de controlador escalable que es capaz de direccionar una gran cantidad de puntos I/O.

El controlador puede ser ubicado dentro de cualquier slot de un chasis ControlLogix y múltiples controladores pueden ser instalados en el mismo chasis. Múltiples controladores en el mismo chasis pueden comunicarse con los demás por medio de plano trasero pero también pueden operar independientemente.

**Figura 54.** Controlador ajustable en chasis.



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_en-p.pdf)

➤ **Chasis ControlLogix**

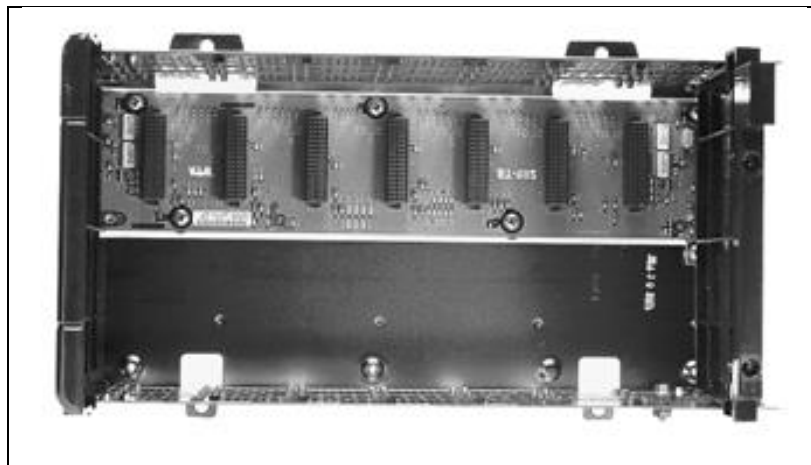
El chasis provee una comunicación de alta velocidad entre los módulos. Todos los chasises son diseñados de forma horizontal solamente

**Tabla 28.** Chasis disponibles.

Cat. No.	Description	Slots
1756-A4	Standard chassis	4
1756-A7		7
1756-A10		10
1756-A13		13
1756-A17		17

Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf).

**Figura 55.** Vista frontal del Chasis.



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf).

➤ **ControlLogix Power Supplies**

ControlLogix power supplies son usados con los chasis 1756 que proveen potencia directa de 1.2V, 3.3V, 5V, y 24V DC.

**Tabla 29.** Fuentes de poder.

Cat. No.	Description	Voltage Category	Operating Voltage Range	Chassis
1756-PA72	Standard AC power supply	120V/220V AC	85...265V AC	Standard, series A and series B
1756-PA75		120V/220V AC	85...265V AC	Standard, series B
1756-PB72	Standard DC power supply	24V DC	18...32V DC	Standard, series A and series B
1756-PB75		24V DC	18...32V DC	Standard, series B
1756-PC75		48V DC	30...60V DC	Standard, series B
1756-PH75		125V DC	90...143V DC	Standard, series B

Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf).

**Figura 56.** Vista frontal fuente de poder



Fuente:[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf).

#### 4.6.11 Selección del HMI

En la función de diálogo hombre-máquina, el operador desempeña un papel importante. Con base en los datos de los que dispone, debe realizar acciones que condicionan el buen funcionamiento de las máquinas y las instalaciones sin comprometer la seguridad ni la disponibilidad.

Por lo tanto, es indispensable que la calidad del diseño de los interfaces y de la función de diálogo garantice al operador la posibilidad de actuar con seguridad en todo momento.

Una interfaz Hombre-Máquina o HMI, Human Machine Interface, por sus siglas en inglés, es un sistema que presenta datos a un operador y a través del cual éste controla un determinado proceso.

Las HMI se pueden definir como una "ventana de un proceso". Donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora.

Interacción Hombre-Máquina (IHM) o Interacción Hombre-Computadora tiene como objeto de estudio el diseño, la evaluación y la implementación de sistemas interactivos de computación para el uso humano, así como los principales fenómenos que los rodean.

Dado que este es un campo muy amplio, han surgido áreas más especializadas, entre las cuales se encuentran Diseño de Interacción o de Interfaces de Usuario,

- Arquitectura de Información y Usabilidad.

El Diseño de Interacción se refiere a la creación de la interfaz de usuario y de los procesos de interacción. La Arquitectura de Información apunta a la organización y estructura de la información brindada mediante el software.

Para el HMI, el SENA cuenta con un Graphic Terminal, PanelView Plus 6 tipo 1500

**Figura 57.** Vista frontal HMI



Entre sus características más relevantes encontramos:

- Una sola base de datos de tags: Cuando su controlador e interface de operador usan la misma base de datos de tags, usted reduce el tiempo de desarrollo, la puesta en marcha y la resolución de problemas.
- Herramientas para simplificar el desarrollo: Las plantillas y las instrucciones add-on (AOIs) permiten un inicio rápido de la aplicación y reducen el tiempo de la puesta en marcha y la resolución de problemas.
- Gráficos mejorados: La biblioteca expandida de símbolos gráficos/vectoriales permite crear interfaces de operador muy similares a sus máquinas, proporcionando a los operadores gráficos más intuitivos y precisos, y ayudándoles a identificar lo que está sucediendo en la máquina.
- Diseño y asistencia técnica global: Diseñe su máquina para un mercado mundial con capacidad de acceso remoto usando el software ViewPoint incluido. ViewPoint permite un acceso seguro a PanelView en una máquina remota con un

examinador de web. La compatibilidad con la fuente MS Arial Unicode incluida significa que usted cuenta con 20 idiomas compatibles en una sola aplicación y en tiempo de ejecución, lo cual simplifica la implementación de la máquina en todo el mundo.

➤ Aplicaciones de otros fabricantes para su terminal dedicado: Microsoft CE 6 puede usarse para personalizar sus aplicaciones con funciones mejoradas para satisfacer sus necesidades únicas. Esta función con protección de contraseña permite aplicaciones tales como servicios de terminal, cómputo por red virtual (VNC), video, visores de documentos Microsoft Office y muchas otras aplicaciones. Un visor de pdf incorporado permite proporcionar documentación sensible al contexto a la cual los operadores pueden acceder directamente mediante pantallas de aplicación.

#### 4.6.12 Sensor de temperatura

**Figura 58.** Termocupla tipo J



#### ➤ **Termocupla**

La termocupla tipo J, conocida como termocupla hierro-constantán, es la segunda más utilizada en los EE.UU. El hierro es el conductor positivo, mientras que el conductor negativo se recurre a una aleación de 55% de cobre y 45% de níquel (constantán). Las termocuplas tipo J resultan satisfactorias para el uso continuo en

atmosferas oxidantes, reductoras e inertes y en el vacío hasta 760° C. por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental tipo J es su bajo costo.

Las siguientes limitaciones se aplican al uso de las termocuplas Tipo J:

- No se deben usar en atmosferas sulfurosas por encima de 540°C.
- A causa de la oxidación y la fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0°.
- No deben someterse a ciclo por encima de 760°C, aun durante cortos periodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esta temperatura.

El constantán utilizado para termocuplas tipo J no es intercambiable con el instantán de las termocuplas tipo T y tipo E, ya que el constantan es el nombre genérico de aleaciones cobre-níquel con un contenido de cobre entre el 45% y el 65%. Los fabricantes de las termocuplas tipo J regulan la composición del conductor de cobre-níquel de manera que la fem de salida de la termocupla siga la curva de calibración publicada. Los elementos fabricados por las distintas empresas con frecuencia no son intercambiables para el mismo tipo de termocupla.

**Tabla 30.** Composición de los principales tipos de Termocuplas

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1) (en °C)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m.en mV (3)
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ... 1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
J	Hierro vs. constantán	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900) -200 ... 600 (800)	3 mm 1mm	-7,89 ... 39,130 (51,875) -7,89 ... 33,096 (45,498)
K	Níquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel )	NiCr - Ni	0...1000(1.300)	3 ó 2 mm	0...41,269 (52,398)
T	Cobre vs. constantán	Cu - CuNi	0 ... 900 (1.200)	1,38 mm	0...37,325 (48,828)
E	Níquel-cromo vs. constantán (Chromel vs. constantán )	NiCr - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
			-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78) -8,83 ... 45,08 (61,02)

Fuente: [www.sapiensman.com/medicion\\_d\\_temperatura/termocuplas.htn](http://www.sapiensman.com/medicion_d_temperatura/termocuplas.htn)

- (1) Los valores entre paréntesis son los admitidos en intervalos cortos (no permanentes)
- (2) Los diámetros de alambres no son indicativos.
- (3) Valores de fem (mV en función de °C, referencia junta fría 0°C).

➤ **Tipo K (Ni Cr Ni)**

La termocupla tipo K se le conoce también como la termocupla Chromel-Alumen (marcas registradas de Hoskins Manufacturing Co., EE.UU.). El chromel es una aleación de aproximadamente 90% de níquel y 10% cromo, el Alumen es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso, razón por la que la norma IEC la especifica NiCr-Ni. La tipo K es la termocupla que más se utiliza en la industria debido a su capacidad de resistir mayores temperaturas que la termocupla tipo J.

Las termocuplas tipo K pueden utilizarse en forma continua en atmosferas oxidantes e inertes hasta 1260°C y constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para el uso en atmosferas reductoras, sulfurosas o en vacío.

## 5. CONSTRUCCION Y MONTAJE

### 5.1 TIPO DE SOLDADURA UTILIZADA

Para la soldadura del tanque, paleta y estructura se utilizó el aporte AWS E 308 de 1/6" con soldadura de argón y electrodo de tungsteno.

**Tabla 31.** electrodos para soldar acero inoxidable

Metal de base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla - AWS o nombre común
AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)
304 (S30400)	E 308 <sup>(3)</sup> (W30810)	ER 308 <sup>(3)</sup> (S30880)
304L (S30403)	E 308L (W30813)	ER 308L (S30883)
309 (S30900)	E 309 <sup>(1)</sup> (W30910)	ER 309 <sup>(1)</sup> (S30980)
310 (S31000)	E 310 (W31010)	ER 310 (S31080)
316 (S31600)	E 316 <sup>(1)</sup> (W31610)	ER 316 <sup>(1)</sup> (S31680)
316L (S31603)	E 316L (W31613)	ER 316L (S31683)
317 (S31700)	E 317 <sup>(1)</sup> (S31780)	ER 317 <sup>(1)</sup> (S31780)
317L (S31703)	E 317L (W31713)	ER 317L (S31783)
317 LM (S31725)	(3)	(3)
321 (S32100)	E 347 (W34710)	ER 321 (S32180)
347 (S34700)	E 347 (W34710)	ER 347 (S34780)

Fuente: [www.solinox.com](http://www.solinox.com)

La soldadura fue de tipo cordón continuo y en el tanque se usó de tipo purgada para la unión de las partes correspondientes al recinto de vapor.

Al utilizar AISI 304 como material base se usó aporte AWS E 308 por recomendación de fabricantes y su relativo bajo costo

Además se usó electrodos de tungsteno tipo WT52501 al ser la soldadura tipo argón.

**Tabla 32.** Electrodos de Tungsteno para soldadura tipo TIG

RANGOS DE CORRIENTE RECOMENDADOS PARA ELECTRODOS GTAW					
Código	Electrodo Diámetro (pulgadas)	Corriente		Amperios	
		A.C.H.F. Corriente Alterna con Alta Frecuencia		D.C.E.N. Corriente Continua, Electrodo Negativo (Polaridad Directa)	D.C.E.P. Corriente Continua, Electrodo Positivo (Polaridad Inversa)
		Tungsteno Puro*	Toriado*** o Zirconio**	Toriado***	Toriado*** o Zirconio**
	0.02	---	---	5-35	---
	0.04	10-40	15-60	30-100	---
WT52500	1/16	30-70	60-100	70-150	10-20
WT52501	3/32	70-100	100-160	150-225	15-30
	1/8	100-150	140-220	200-275	25-40
	5/32	150-225	200-275	250-350	40-55
	3/16	200-300	250-400	300-500	55-90
	1/4	275-400	300-500	400-650	80-125

\* Tungsteno Puro - Verde  
 \*\* Zirconio - Marrón  
 \*\*\* Tungsteno Toriado - 1% Amarillo, 2% Rojo

Fuente: www.solinox.com

Se recomienda:

1. La forma de la punta del electrodo en soldadura TIG debe ser redondeada en c.d.+ para que de la forma de “bolita”.
2. Esta bolita no debe ser más grande que el diámetro del electrodo tungsteno.
3. Forma preferida para soldar Aluminio

Las juntas verticales deben ser de penetración completa y fusión completa para lograr una completa sujeción.

**Figura 59.** Detalle punta electrodo tungsteno



Fuente: [www.redforce.com](http://www.redforce.com)

Como no se trata de un tanque de grandes dimensiones no se requiere de un proceso para evitar las deformaciones por dilatación térmica ya que el material tiene un coeficiente de expansión o contracción de 0.01651 mm por cada 38 °C (100° F) de temperatura.

## 5.2 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE

En su construcción se utilizó planchas de acero inoxidable, las mismas que fueron primeramente roladas para dar la forma cilíndrica al tanque.

**Figura 60.** Doblado de planchas de metal (a) proceso, (b) resultado



Con las planchas de acero debidamente roladas, se procedió a soldarlas para ir dando forma esférica al tanque.

**Figura 61.** Suelda del tanque (a) parte exterior, (b) parte interior



Con la estructura del tanque soldada casi completamente, se soldó los ejes de rotación del tanque.

**Figura 62.** Suelda de los ejes del tanque



Para finalizar la construcción del tanque, se soldó las boquillas y tubos que servirán para la entrada y salida de vapor, así como para la purga de vapor.

**Figura 63.** Suelda de las boquillas



## **5.3 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL AGITADOR**

### **5.3.1 Montaje del moto reductor**

Previo al montaje del moto reductor se procedió a la construcción del soporte para el mismo, el cual se encuentra detallado en la construcción de la estructura, ya que este soporte va pernado a la estructura por lo que forma parte de ella.

Para la base del moto reductor se construyó una placa de acero, la misma que va pernada al soporte colocado en la estructura.

**Figura 64.** Placa base del moto reductor



Se colocó el moto reductor, empernándolo en la placa base.

**Figura 65.** Montaje del moto reductor



Como se observa en la figura, el moto reductor debe quedar con el eje en la posición vertical, para poder colocar el bocín que acoplara el eje del moto reductor al eje del agitador.

### **5.3.2 Construcción y montaje de las aspas**

Para la construcción de las aspas del agitador, se utilizó cuatro placas de duralon de 1 cm de espesor, estas se colocaron en la parte inferior del agitador.

Como primer paso, se procedió a cortar y dar forma al aspa y el eje.

**Figura 66.** Corte de las piezas para el aspa



Una vez cortados el aspa y el eje, se procedió a unirlos, para lo cual primeramente se realizó la adecuación pertinente para evitar inconvenientes al momento de unirlos.

**Figura 67.** Suelda del aspa



Después de este procedimiento se soldó el eje y el aspa con el cuidado respectivo, para que no existan deformaciones.

**Figura 68.** Suelda del eje



Se obtiene un aspa entera con el espesor deseado, a la cual se le acoplan los cuatro raspadores de duralon de acuerdo al diseño del agitador.

**Figura 69.** Agitador terminado



De esta manera se obtuvo el agitador completo.

### **5.3.3 Montaje del agitador completo**

Una vez contruidos y montados todos los elementos que constituyen el agitador, se procede a acoplarlo al moto reductor.

1. Primeramente se asegura de que el agitador esté listo para funcionar.
  2. Después se acopla el eje al moto reductor.
  3. Por último se asegura el eje con el tornillo de acople al moto reductor.
- Quedando todo el sistema de agitación de la siguiente forma.

**Figura 70.** Agitador completo



## **5.4 CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE**

### **5.4.1 Construcción del armazón de la estructura**

Como primer paso se procedió a cortar todas las partes de acero inoxidable que darán forma al armazón.

**Figura 71.** Piezas cortadas para la estructura



Se soldaron todas las piezas dando forma a la estructura diseñada.

**Figura 72.** Suelta de la estructura



Obteniendo como resultado la estructura deseada de acuerdo con el diseño planteado.

**Figura 73.** Estructura terminada



## 5.5 MARMITA ENSAMBLADA Y LISTA PARA FUNCIONAR

**Figura 74.** Marmita terminada



Como resultado del arduo trabajo se obtuvo una herramienta de preparación de dulces de excelente calidad y un acabado de buena presentación.

## **6. PRUEBAS Y RESULTADOS**

Las pruebas a realizar en este proyecto corresponden a los datos del moto reductor y la consistencia del producto (dulce); para esto se hace el respectivo análisis del moto reductor se procede a evaluar el comportamiento del tanque, todos sus elementos al 50 y 100% de su capacidad total, con estos resultados se realiza el respectivo análisis de los mismos.

### **6.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL TANQUE MARMITA**

Antes de realizar las respectivas pruebas al tanque marmita, es necesario realizar ciertas verificaciones del montaje de todos sus elementos, así como la correcta conexión eléctrica del moto reductor, para garantizar que las mismas tengan un funcionamiento normal.

#### **6.1.1 PRUEBAS AL 25, 50, 75 y 100% DE LA CAPACIDAD**

El procedimiento para realizar esta prueba es el siguiente:

1. Se procede a llenar el tanque con la cantidad de leche correspondiente, dependiendo del porcentaje de capacidad al que se vaya a realizar la prueba.
2. Seguido a esto se enciende el motor del agitador.
3. Verter poco a poco la cantidad de azúcar necesaria, dependiendo del porcentaje de capacidad al que se está realizando la prueba.
4. Esperar hasta que la mezcla se encuentre totalmente homogeneizada.

### a. Moto reductor

El valor de la corriente del moto reductor, trabajando al 25% de la capacidad total es de 2.6 A, con este valor se calcula la potencia a la que trabaja el moto reductor:

$$P_{MR} = \sqrt{3} * V * I \text{ Cos}(\phi)$$

$$P_{MR} = \sqrt{3} * 220 * 2.6 * 0.52$$

$$P_{MR} = 515.2 \text{ W}$$

El valor de la corriente del moto reductor, trabajando al 50% de la capacidad total es de 2.8 A, con este valor se calcula la potencia a la que trabaja el moto reductor:

$$P_{MR} = \sqrt{3} * V * I \text{ Cos}(\phi)$$

$$P_{MR} = \sqrt{3} * 220 * 2.8 * 0.60$$

$$P_{MR} = 640 \text{ W}$$

El valor de la corriente del moto reductor, trabajando al 75% de la capacidad total es de 2.9 A, con este valor se calcula la potencia a la que trabaja el moto reductor:

$$P_{MR} = \sqrt{3} * V * I \text{ Cos}(\phi)$$

$$P_{MR} = \sqrt{3} * 220 * 2.9 * 0.70$$

$$P_{MR} = 773.5 \text{ W}$$

El valor de la corriente del moto reductor, trabajando al 100% de la capacidad total es de 3.3 A, con este valor se calcula la potencia a la que trabaja el moto reductor:

$$P_{MR} = \sqrt{3} * V * I \text{ Cos}(\phi)$$

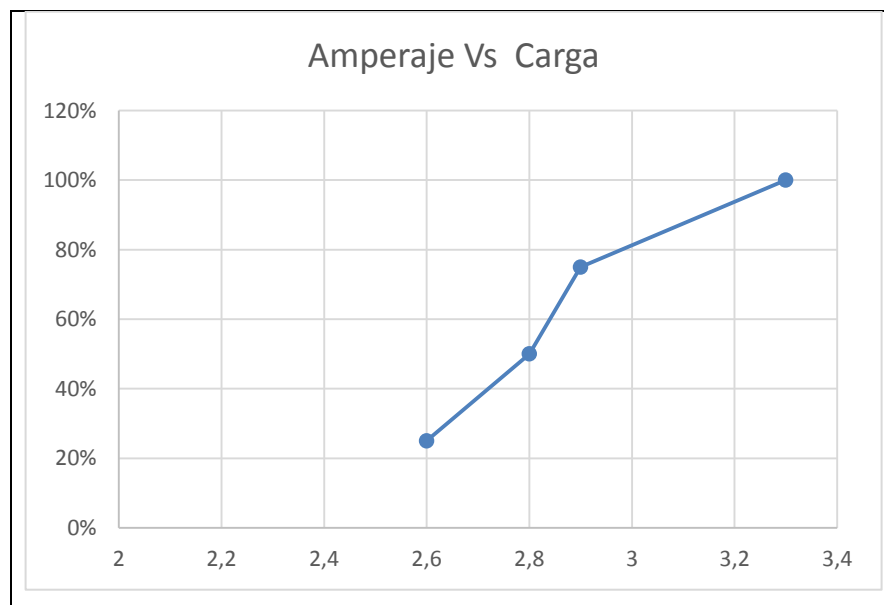
$$P_{MR} = \sqrt{3} * 220 * 3.3 * 0.80$$

$$P_{MR} = 1006 \text{ W}$$

**Tabla 33.** Resultados del moto reductor

	25%	50%	75%	100%
<b>VOLTAJE (V)</b>	220			
<b>FACTOR DE POTENCIA</b>	0,52	0,60	0,70	0,80
<b>AMPERAJE (A)</b>	2,6	2,8	2,9	3,3
<b>POTENCIA (W)</b>	515,2	640	773.5	1006

**Figura 75.** Grafica de resultados del moto reductor

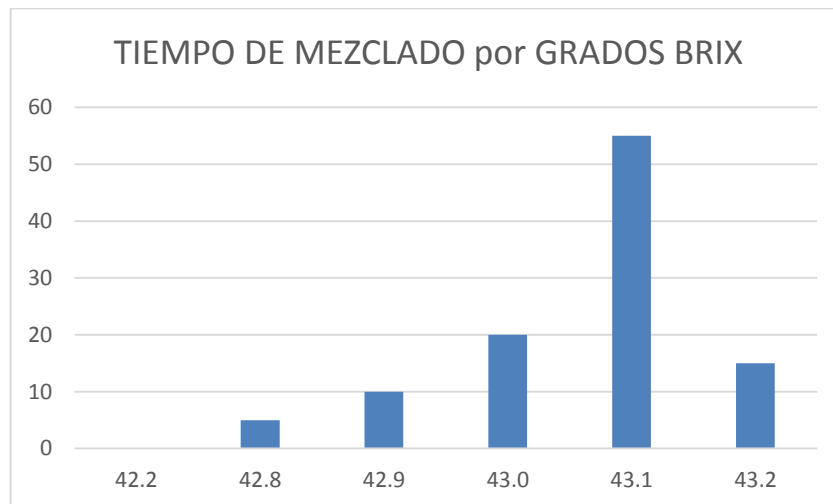


**b. Dulce**

**Tabla 34.** Resultados del dulce

TIEMPO DE MEZCLADO	GRADOS BRIX
0	42.2
5	42.8
10	42.9
15	43.2
20	43.0
25	43.1
30	43.1

**Figura 76.** Gráfica de resultados del dulce



## **7. COSTOS**

### **7.1 GENERALIDADES.**

Para el diseño e implementación de la “Infraestructura de laboratorio para el estudio del proceso de cocción de dulce a base de leche y pulpa de fruta (Marmita)”, ha sido necesario incurrir en costos directos e indirectos, ya que, además de la inversión hecha en la máquina, objetivo principal de la tesis, también ha sido necesario incurrir en costos de producción al procesar la fruta para realizar las pruebas pertinentes que garanticen el perfecto funcionamiento de la misma, y que el producto que se obtenga sea de calidad, ya sea este, dulce de leche o pulpa de fruta.

### **7.2 COSTOS DEL DISEÑO.**

El costo total de elaboración de la Infraestructura de laboratorio, fue de 6'794.120 la Tabla 3 muestra cómo este valor está compuesto por los costos en los que se incurrieron para el diseño de la máquina (costos directos), y los costos adicionales que fueron necesarios tales como movilización y alimentación (costos indirectos).

Para el diseño de esta máquina fue necesario contratar a un experto en elaboración de marmitas o calderos, Jefe de planta de Industrias RINOX Jesús María Blanco (el mismo que reside en la ciudad de Bucaramanga), al cual se le dio todas la especificaciones y características necesarias para que elabore la marmita según los parámetros ya planeados en nuestro proyecto; la elaboración de la marmita tomó un mes.

Como se puede observar en la Tabla 35, el costo de la elaboración de la marmita fue de \$2'320.000, esto debido a que los materiales utilizados en la elaboración de la misma debían ser estrictamente de acero inoxidable, debido a que manejan

productos de consumo humano los que se elaborarán dentro de la marmita; este valor representó el 29.43%, del costo total de la Infraestructura de laboratorio.

Adicional a la elaboración de la marmita, era necesaria la adaptación de un sistema el cual permita la automatización del proceso de cocción, que va a realizar nuestra máquina. Debido a esto también se incurrió en costos para la compra de equipos electrónicos por un monto total de \$34'486.986, correspondiente a la compra de:

- **PLC**
- **PANEL TÁCTIL**
- **VARIADOR DE FRECUENCIA**
- **CONTACTOR**
- **TABLERO ELÉCTRICO**
- **SENSOR**
- **MOTOR Y REDUCTORES**

La compra de los equipos electrónicos representó el 83.54% del costo total de la elaboración de la máquina. Estos equipos harán posible la programación previa de la máquina, lo cual le da un sentido innovador a este proyecto ya que en el mercado las marmitas existentes necesitan de la operación manual por parte del usuario según el proceso que desee realizar. También fue necesaria la adaptación de un moto reductor, lo que representa el 13.25% del costo total de la máquina con un valor de \$ 900.000 pesos.

Para la implementación de los equipos electrónicos a la marmita se compraron tubos, mangueras, válvulas y demás implementos detallados en la Tabla 35 por un valor total de 400.000 aproximadamente, representando el 5.89 % del costo total. Estos implementos están adicionados en la parte externa de la máquina, ya que, algunos de estos, serán los encargados de conducir los líquidos y demás

ingredientes necesarios para la elaboración de los productos (mermelada, jugos, pulpa de fruta), previa programación de la máquina.

**Tabla 35** Costo total marmita

DESCRIPCIÓN	COSTO			COSTO TOTAL
	CANTIDAD	UNIT	16%	
MANO DE OBRA MARMITA	1	2.000.000	320000	2.320.000
CABLE	1	20.000	3200	23.200
TERMOCUPLA TIPO J	1	40.000	6400	46.400
TRAMPA TERMODINAMICA	1	330.000	52800	382.800
BARRA DURALON 3"X30 cm	1	30.000	4800	34.800
LAMINA DURALON 40*10 cm	1	30.000	4800	34.800
TRAMPA DE VAPOR PARA MARMITAS	1	80.000	12800	92.800
FIBRA DE VIDRIO	1	70.000	11200	81.200
AGARRADERAS	2	8.000	1280	18.560
VARILLA 1 1/4" INOX	1	35.000	5600	40.600
MOTOR REDUCTOR	1	900000	144000	1.044.000
REDUCTORES	3	400000	64000	1.392.000
TUBO INOXIDALBE 2"(6 m) CALIBRE 18	1	65000	10400	75.400
MANGERA 3/4"	1	140000	22400	162.400
CHUMASERAS	2	30000	4800	69.600
NIPLES 1/2"	10	3000	480	34.800
CHECK ½	1	50000	8000	58.000
MANOMETRO	1	38000	6080	44.080
T DE 1/2"	3	8000	1280	27.840
CONECTORES 1/2"	3	7000	1120	24.360
LLAVE DE PASO	1	27000	4320	31.320
CODOS ½	3	7000	1120	24.360
LAMINA INOX CALIBRE 12	1	630000	100800	730.800
	SUBTOTAL	4.948.000	TOTAL	6.794.120

**Tabla 36. Costo sistematización marmita**

DESCRIPCIÓN	COSTO			COSTO TOTAL
	CANTIDAD	UNIT	16%	
PLC	1	22.747.820	3639651,2	26.387.471
PANEL TACTIL	1	5.091.200	814592	5.905.792
VARIADOR DE FRECUENCIA	1	1.891.140	302582,4	2.193.722
	SUBTOTAL	29.730.160	TOTAL	34.486.986

**Tabla 37. Costo total marmita con sistematización**

DESCRIPCIÓN	COSTO			COSTO TOTAL
	CANTIDAD	UNIT	16%	
MANO DE OBRA MARMITA	1	2.000.000	320000	2.320.000
PLC	1	22.747.820	3639651,2	26.387.471
PANEL TACTIL	1	5.091.200	814592	5.905.792
VARIADOR DE FRECUENCIA	1	1.891.140	302582,4	2.193.722
CABLE	1	20.000	3200	23.200
TERMOCUPLA TIPO J	1	40.000	6400	46.400
TRAMPA TERMODINAMICA	1	330.000	52800	382.800
BARRA DURALON 3"X30 cm	1	30.000	4800	34.800
LAMINA DURALON 40*10 cm	1	30.000	4800	34.800
TRAMPA DE VAPOR PARA MARMITAS	1	80.000	12800	92.800
FIBRA DE VIDRIO	1	70.000	11200	81.200
AGARRADERAS	2	8.000	1280	18.560
VARILLA 1 1/4" INOX	1	35.000	5600	40.600
MOTOR REDUCTOR	1	900000	144000	1.044.000
REDUCTORES	3	400000	64000	1.392.000
TUBO INOXIDALBE 2"(6 m) CALIBRE 18	1	65000	10400	75.400
MANGERA 3/4"	1	140000	22400	162.400
CHUMASERAS	2	30000	4800	69.600
NIPLES 1/2"	10	3000	480	34.800
CHECK ½	1	50000	8000	58.000
MANOMETRO	1	38000	6080	44.080
T DE 1/2"	3	8000	1280	27.840
CONECTORES 1/2"	3	7000	1120	24.360
LLAVE DE PASO	1	27000	4320	31.320
CODOS ½	3	7000	1120	24.360
LAMINA INOX CALIBRE 12	1	630000	100800	730.800
	SUBTOTAL	34.678.160	TOTAL	41.281.106

Se ha estimado que es necesario incluir dentro de los costos del diseño de la máquina, los gastos generados por concepto de alimentación y transporte, a los que se denomina como costos indirectos en la Tabla 38, ya que para realizar el análisis económico de la eficiencia de una inversión, como la que se está realizando con este proyecto, se deben incluir todos aquellos desembolsos que son originados por el objeto del proyecto en cuestión, en este caso, la Infraestructura de laboratorio.

**Tabla 38.** Costos indirectos

TRANSPORTE	1	240000	0	340000
ALIMENTACION	1	100000	0	100000
			TOTAL	440000

El total de los gastos, denominados costos indirectos representan tan solo el 1 % del costo total de la elaboración de la máquina; estos costos fueron generados al transportarnos a Industrias RINOX, donde el Jefe de planta Jesús María Blanco elaboró la marmita.

**Tabla 39.** Costos de producción

DESCRIPCIÓN	COSTO			COSTO TOTAL
	kl/ml	UNIT	16%	
ACIDO NITRICO	1	5.000	800	5.800
BENZOATO DE SODIO	1	5.500	880	6.380
GLUCOSA LIQUIDA	1	3.500	560	4.060
PECTINA	1	51.000	8160	59.160
SORBATO POTASIO	1	13.000	2080	15.080
FRUTA	1	2.000	320	2.320
			TOTAL	92.800

**Tabla 40.** Costos presentación del producto

TAPAS PLASTICAS	1	5000	0	15000
ENVASES DE VIDRIO	1	10000	0	10000
			TOTAL	25000

### **7.3 Costos de producción y transformación de leche y pulpa de fruta.**

Para estimar los costos originados por las pruebas realizadas, es necesario, establecer las cantidades específicas de cada uno de los componentes utilizados en la preparación, ya sea el producto final dulce de leche o pulpa de fruta.

Adicional a esto también se consideró los costos incurridos para la presentación de los productos, ya sean éstos: envases de vidrio, tapas plásticas; sin embargo es necesario considerar la inversión total que se hizo al inicio, ya que se adquirió una serie de insumos para realizar las pruebas correspondientes, éstos tuvieron un valor total de \$ 60.000 pesos.

### **7.4 VENTAJAS SOCIO-ECONÓMICAS DEL PROYECTO.**

Este proyecto busca el mejoramiento de la calidad de vida de los productores de dulce en Santander que se dedican a la producción y comercialización de dulce a base de leche y pulpa de fruta, a través de la generación de mejores ingresos y de la eficiencia en la cadena de valores de su producción con la utilización de la Infraestructura de Laboratorio, ya que el productor puede programar la máquina según sus necesidades y realizar otras actividades al mismo tiempo.

Esta marmita con agitador y volteo tiene una capacidad de 50 litros y como se ha mencionado al inicio, el objetivo de este proyecto es proporcionar a los

productores de dulce que comercializan sus productos, en este caso de la leche y pulpa de fruta, un instrumento que de un valor agregado a su producción, sin que éste represente costos muy elevados, es así, que hemos optado por disminuir la capacidad de la marmita en relación a las que se comercializan actualmente en el mercado, las cuales como mínimo tiene una capacidad de 150 litros y sus precios oscilan entre \$15'000.000 y \$20'000.000 de pesos. Aunque se debe tener en cuenta que estas en su gran mayoría no vienen sistematizadas.

## 8. CONCLUSIONES

Se realizó el diseño y la implementación de una Infraestructura de laboratorio que produce dulce de leche y pulpa de fruta, que será utilizada en el SENA para fines de investigación que permita ayudar a los productores de dulce en Santander a mejorar la calidad de su producto obteniendo un mejor lucro. En referencia con máquinas que hay en el mercado, esta máquina fue construida a bajo costo por contar con mano de obra nacional y materiales de fácil adquisición en el mercado local.

El trabajo de diseñar y construir una máquina fue por demás interesante y sacrificado donde se involucraron conocimientos en diferentes áreas:

- Diseño Mecánico
  - Diseño Eléctrico
  - Diseño Electrónico
  - Automatización Industrial
- 
- Se logró una reducción considerable en el tiempo de producción de dulce (leche-azúcar), ya que el sistema antiguo de mezclado necesitaba varias horas de trabajo, para producir 100 lt de dulce y con la nueva máquina de mezclado se redujo el tiempo a 1 hora.
  - En el diseño y la construcción del tanque marmita, se consideró la colocación de placas deflectoras con la finalidad de mejorar la homogenización de la mezcla y evitar la producción de vórtices en el mezclado.

## 9. RECOMENDACIONES

En el desarrollo del proyecto presentado en esta tesis, se detalla recomendaciones con base en a nuestra experiencia personal.

➤ Se consideró un tamaño de tablero de control que nos permitiera reemplazar algún elemento defectuoso sin tener que afectar las demás conexiones.

Por tanto las dimensiones fueron generosas sin exagerar, considerando el posible cambio de algún elemento que no tuviere las mismas dimensiones.

➤ Utilizar siempre y de manera adecuada los elementos de seguridad y protección personal, tanto en la construcción, como en la operación y mantenimiento de la maquinaria.

➤ Verificar que las instalaciones eléctricas estén en condiciones de normal funcionamiento, para evitar fallas como cortocircuitos.

➤ Los gabinetes de alojamiento para los controles eléctricos deben ser de acero y no de madera para evitar incendios.

➤ Tomar muy en cuenta el lugar de colocación de los gabinetes, cerciorarse que sean los lugares adecuados.

➤ La capacidad máxima del tanque marmita no debe ser excedida, para garantizar su normal operación y su vida útil.

➤ Ajustar bien las tuercas y pernos que sostienen todo el sistema de agitación, para evitar vibraciones y movimientos.

- La persona que manipule el ingreso de la materia prima al tanque, debe tener cuidado en no topar las partes móviles del sistema de agitación.

## BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEERING. Boiler and Pressure Vessel Code. ASME.- SECCIÓN 8 DIVISIÓN 1. New York, ASME, 2007.

CENGEL Yunus A. y Boles Michael A., "Termodinámica", Mc. Graw Hill, México, Segunda edición. 1996.

CENGEL Yunus A. y Boles Michael A., "Transferencia de calor", Mc. Graw Hill, México, tercera edición. 2007.

INCROPERA, Frank P. Fundamentos de transferencia de calor. School of Mechanical Engineering Produce University. 1996.

MEGYESY, Eugene F. manual de recipientes a presión diseño y cálculo. Limusa, grupo Noriega editores. Primera edición. 1998.

MILLS, Anthony F. Transferencia de calor. University of California, Los Ángeles. 1999.

# **ANEXOS**

## Anexo A: CARTA APROVACION TECNOPARQUES SENA



Red Tecnoparque Colombia  
Nodo Bucaramanga

Bucaramanga, Abril 20 de 2014  
Ing. **DAVID ALFREDO FUENTES DIAZ**  
Director escuela de ingeniería mecánica.  
Universidad Industrial de Santander  
Ciudad

Apreciado Ingeniero,

El Grupo de investigación del tecnoparque –SENA, hace constar que en sus líneas de investigación y desarrollo, hemos quedado satisfechos con el arduo y laborioso trabajo de investigación, recopilación y de ingeniería que se asignó en el diseño y construcción de una estructura de laboratorio para procesos de cocción de dulce de leche y pulpa de fruta, que fue encargado a los estudiantes de último nivel, **ADRIAN MATEUS BERMUDEZ Y JOHN PHAULO CESAR MUÑOS RINCON**, además hacemos alusión a que se cumplieron a cabalidad todos los objetivos planteados para este proyecto.

Cordialmente,

**Juan Pablo Celis Vargas**

Ingeniero electrónico especialista en telecomunicaciones.

Líder de línea de electrónica y telecomunicaciones de Tecnoparque SENA.

## **Anexo B: MANUAL DEL USUARIO**

### **INSTALACIÓN**

#### **GENERALIDADES**

La instalación de la marmita debe ser efectuada por personal calificado de instalación eléctrica que trabaje según todos los códigos aplicables locales y nacionales. La instalación incorrecta del producto podría causar lesiones o daños.

#### **SUGERENCIAS DE USO**

Las marmitas son seguras y sencillas de usar. Los siguientes consejos le ayudarán a maximizar el uso de éstas.

1. Antes de aplicar vapor a la marmita abrir el purgador manual. Cuando toda el agua condensada haya salido, cerrarlo.
2. Dejar que la unidad se precaliente antes de añadir el producto a cocinar excepto si es un producto con leche o huevo, pues estos productos se adhieren a las superficies calientes.
3. Una parte importante de la limpieza de la marmita es evitar que los alimentos se sequen. Por ello, la limpieza debería realizarse inmediatamente

después de su uso. Para una limpieza correcta, ver las instrucciones del apartado de "Limpieza y mantenimiento".

4. Si el puente mezclador está equipado con una sonda de temperatura, ésta debe sumergirse en el alimento un mínimo de 8 centímetros

## **SEGURIDAD**

1. Cerrar la válvula de vaciado del producto alimenticio (si aplica) antes de proceder al llenado de la marmita.
2. Para evitar posibles daños al subir o bajar el puente de mezclado, asegurarse de que la boquilla de entrada de agua no obstruye el paso del brazo principal.
3. Como medida de precaución el control de velocidad de mezclado debe ser colocado a cero antes de que la unidad empiece a mezclar.
4. **IMPORTANTE:** Recordar que las marmitas se calientan mucho cuando se cocina, Evitar todo contacto con la piel.

## **CONEXIONES DE SERVICIO**

Instale conexiones de servicio según se requieran. Las ubicaciones y otra información se muestran en la hoja de especificaciones.

## **VAPOR**

Todas las tuberías de vapor a la marmita y a la caldera de vapor y desde ellos deben ser limpiadas a fondo e inspeccionadas para verificar que no haya suciedad ni residuos antes de su conexión final a la marmita.

Compruebe en la placa del fabricante la máxima presión de vapor que su marmita tiene capacidad de soportar. Si el suministro de vapor excede de la presión indicada, se requiere una válvula reductora de presión. La entrada del vapor es en el lado derecho de la marmita, mirándola desde el frente.

## **CONDENSADO**

Una trampa de condensado de vapor debe conectarse a un drenaje, usando como mínimo tubería de 1/2" NPT, La tubería de condensado está limitada a una elevación máxima de 10 pies a fin de que la presión de vapor fuerce adecuadamente el condensado a través de las tuberías.

Cualquier elevación mayor requiere una bomba.

Si la caldera de vapor en el que está instalada esta marmita tiene una línea de retomo de condensado (sistema de circuito cerrado), debe instalarse un cedazo de vapor de 1/2", una trampa de vapor de 1/2" y una válvula de retención de 1/2" en el lado de salida (condensado) de la marmita.

## **INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN**

### **OPERACIÓN**

1. Asegúrese que haya un suministro adecuado de vapor a la marmita.
2. Para óptimo desempeño en marmitas volcables autosoportantes de modelo de piso, abra la pipeta de drenaje para eliminar el condensado de la camiseta de la marmita, luego cierre la pipeta de drenaje antes de aplicar vapor a una marmita fría.
3. Si la marmita cuenta con una válvula tangencial de extracción, asegúrese que esté cerrada antes de llenar la marmita. Para mantener partículas sólidas de alimentos alejadas de la válvula de extracción, coloque ya sea un cedazo sólido o perforado en el fondo de la marmita.
4. Ponga la válvula de control de vapor en la posición abierta girando la perilla, luego deje que la marmita se precaliente.

NOTA: Cuando cocine huevos y productos lácteos NO debe precalentar la marmita, ya que los productos de este tipo se adhieren a las superficies calientes de cocción. Estos tipos de alimentos deben ser colocados en la marmita antes que comience a calentar.

5. Llene la marmita con el producto al nivel deseado.
6. Cuando el producto ha alcanzado la temperatura deseada, regule el calor, según se requiera, girando la válvula de control del vapor para reducir el vapor, y por tanto, lograr menor temperatura.
7. Cuando haya terminado la cocción, cierre la válvula de control del vapor girando la perilla.

8. Las marmitas de inclinación eléctrica cuentan con un interruptor tipo vaivén centro-apagado para subir y bajar la marmita. Para levantar la marmita, se oprime la parte superior del interruptor. Para bajar la marmita, se oprime el fondo del interruptor.

Suelte el interruptor, dejando que la marmita regrese a la posición centro "off" cuando se ha logrado el grado deseado de inclinación. Se cuenta con interruptores de limitación que detienen automáticamente el movimiento de inclinación al límite máximo de movimiento en una de las dos direcciones.

Para subir y bajar una marmita de inclinación manual, gire el manubrio a la izquierda para bajar y a la derecha para levantar.

#### **Para combinaciones de marmita-caldera:**

Si la caldera de vapor está surtiendo vapor a una marmita, siempre caliente la marmita primero, Después que el contenido de la marmita está calentado, y la presión de vapor en la caldera regresa a lo normal, puede usar la caldera. Los compartimentos de la caldera de vapor deben ser arrancados en secuencia y precalentados antes de la cocción.

## **INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA**

### **CUIDADO Y LIMPIEZA**

Los equipos de cocina deben limpiarse regularmente para mantener su rápido y eficiente desempeño en la cocción y asegurar su continuado funcionamiento en forma segura y confiable. El mejor momento para limpiarlos es poco después de cada uso (deje enfriar la unidad a una temperatura segura).

## ADVERTENCIAS:

- No use detergentes o limpiadores con base de cloro o que contiene sal cuaternaria.



- No use un cepillo de cerdas metálicas ni una rasqueta.



- La lana de acero nunca debe usarse para limpiar acero inoxidable.



- La unidad no debe limpiarse nunca con manguera de rociado a alta presión.



- No deje agua estancada en la unidad cuando no esté en uso.

## **INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA**

1. Apague la unidad.
2. Remueva la rejilla del drenaje (si se aplica). Lave bien y enjuague la rejilla ya sea en un lavadero o en un lavaplatos.
3. Prepare una solución de agua tibia y detergente suave en la unidad.
4. Remueva la suciedad de alimentos usando un cepillo de nilón.
5. Afloje los alimentos atascados dejándolos remojar en el ajuste de baja temperatura.
6. Drene la unidad.
7. Enjuague el interior completamente.
8. Si la unidad está equipada con una Válvula Tangencial de Drenaje, límpiela de la siguiente forma;
  - a) Desarme la válvula de drenaje girando primero la perilla de la válvula a la izquierda, luego girando la tuerca hexagonal grande a la izquierda hasta que el vástago de la válvula quede libre del cuerpo de la válvula.
  - b) En un lavadero, lave y enjuague el interior del cuerpo de la válvula usando un cepillo de nilón.
  - c) Use un cepillo de nilón para limpiar el tubo tangencial de drenaje.
  - d) Enjuague con agua fresca.
  - e) Vuelva a armar la válvula de drenaje invirtiendo el procedimiento del desarmado. La tuerca hexagonal de la válvula debe apretarse a mano solamente.
9. Si la unidad cuenta con una Válvula mariposa, límpiela en la siguiente forma:
  - a) Coloque la válvula en posición abierta.

b) Lávela usando una solución de agua tibia y detergente suave.

c) Remueva los depósitos de alimentos usando un cepillo de nilón.

d) Enjuague con agua fresca.

e) Deje la válvula abierta cuando la unidad no está en uso.

10. Usando agua Jabonosa suave y una esponja húmeda, lave el exterior, enjuague y seque.

### **NOTAS:**

- Para aplicaciones de limpieza más difíciles puede usarse uno de los siguientes materiales: alcohol, bicarbonato de soda, vinagre o una solución de amoníaco en agua.
- Deje la cubierta afuera cuando la marmita no esté en uso.
- Para Instrucciones más detalladas consulte el manual de Cuidado y Limpieza para Equipos de Acero Inoxidable.

### **MANTENIMIENTO**

**TODOS LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DEBEN SER EJECUTADOS  
POR UN TÉCNICO CALIFICADO.**

Esta marmita requiere muy poco mantenimiento preventivo aparte de su limpieza diaria.

La válvula de alivio de presión debe ser probada dos veces al año.

## **PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE LA VÁLVULA DE ALIVIO DE PRESIÓN**

La válvula de alivio de presión debe ser inspeccionada por lo menos dos veces al año como parte del mantenimiento normal.

1. Con la marmita vacía, abra completamente la válvula de vapor y deje que se precaliente la marmita.
2. Párese al lado del tubo de descarga de la válvula de alivio de presión y tire de la válvula abriéndola por un máximo de 1 segundo. Repita la prueba 3 a 4 veces. Cada vez el mecanismo debe moverse libremente y permitir un rápido escape de vapor. Si parece que la válvula se quedara pegada, reemplácela. Si hay materias extrañas en la descarga, drene la marmita y cambie la válvula de alivio de presión.

**ADVERTENCIA;** El llenado incorrecto de la camiseta de la marmita causará un daño irreversible a la unidad.

## **TRAMPA DE VAPOR**

Para retirar el condensado que se forma dentro de la camiseta de vapor, cada marmita debe contar con una trampa de vapor en la tubería de salida de la marmita al drenaje. Una buena trampa de vapor en el arranque descarga aire y

vapor húmedo a la línea de drenaje durante unos cuantos minutos, luego sostiene la camiseta de vapor. Durante la cocción, la trampa descarga periódicamente el condensado acumulado. Si el desempeño de cocción de la marmita se vuelve inadecuado después de largo uso, el reemplazo de la trampa de vapor por una nueva puede restaurar la operación de la marmita a su óptima eficiencia.

## **MANUBRIO**

Algunas marmitas cuentan con un manubrio que requiere mantenimiento preventivo periódico para asegurar su operación continua sin problemas. Inspeccione el tornillo sin fin, engranajes de inclinación y cojinetes ocasionalmente (por lo menos una vez al año). Lubrique según se requiera usando una grasa para alta temperatura.

## **VÁLVULA DE EXTRACCIÓN**

Para corregir una fuga en la válvula de extracción, debe determinarse primero la causa de la fuga. Las fugas alrededor del vástago de la válvula se corrigen simplemente reemplazando el anillo en "O". El asiento defectuoso del disco del vástago de la válvula contra el cuerpo de la válvula puede causar goteo de la válvula aunque ésta esté totalmente cerrada. Esto puede corregirse a menudo limpiando los residuos del disco y del asiento.

## RECOMENDACIÓN DE PROTECCIÓN AMBIENTAL



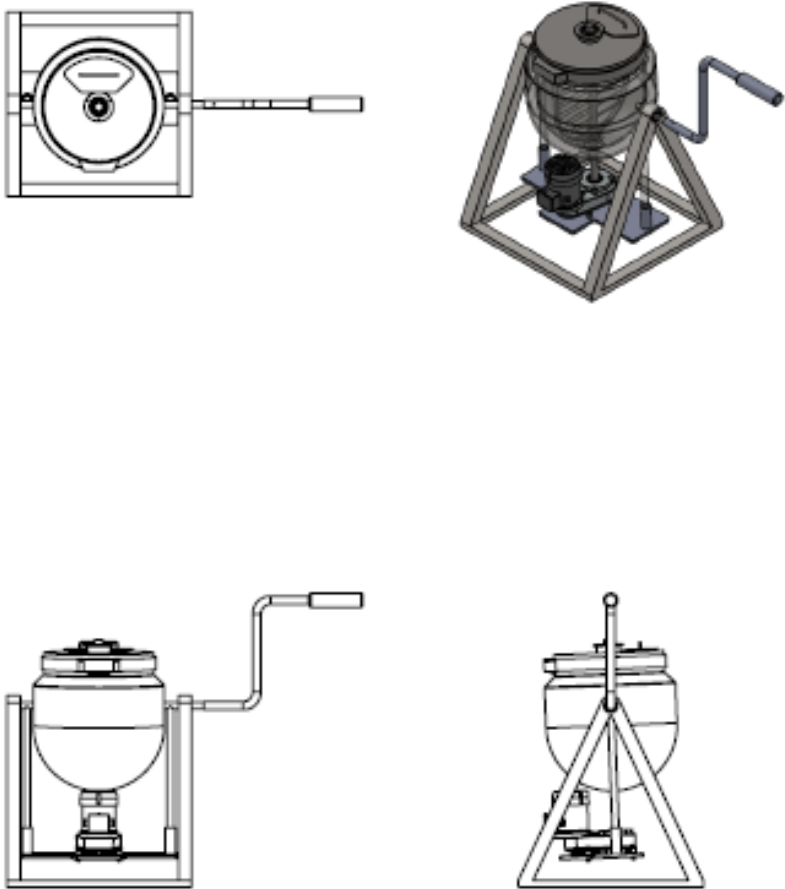
Al terminar su vida útil, este producto no debe tirarse en un contenedor de basuras estándar, sino que debe dejarse en un punto de recogida de desechos eléctricos y equipamiento electrónico para ser reciclado. Esto viene confirmado por el símbolo que se encuentra en el producto, manual del usuario. Dependiendo de sus características, los materiales pueden reciclarse. Mediante el reciclaje y otras formas de procesamiento de los desechos eléctricos y el equipamiento electrónico puedes contribuir de forma significativa a ayudar a proteger el medio ambiente. Contacta con las autoridades locales para más información sobre el punto de recogida más cercano. Para preservar el medio ambiente, al final de la vida útil de su producto, deposítelo en los lugares destinados a ello de acuerdo con la legislación vigente.

# Anexo C: PROPUESTAS DE MARMITAS A REALIZAR. FACES DE DISEÑO MARMITA

## Plano propuesta 1

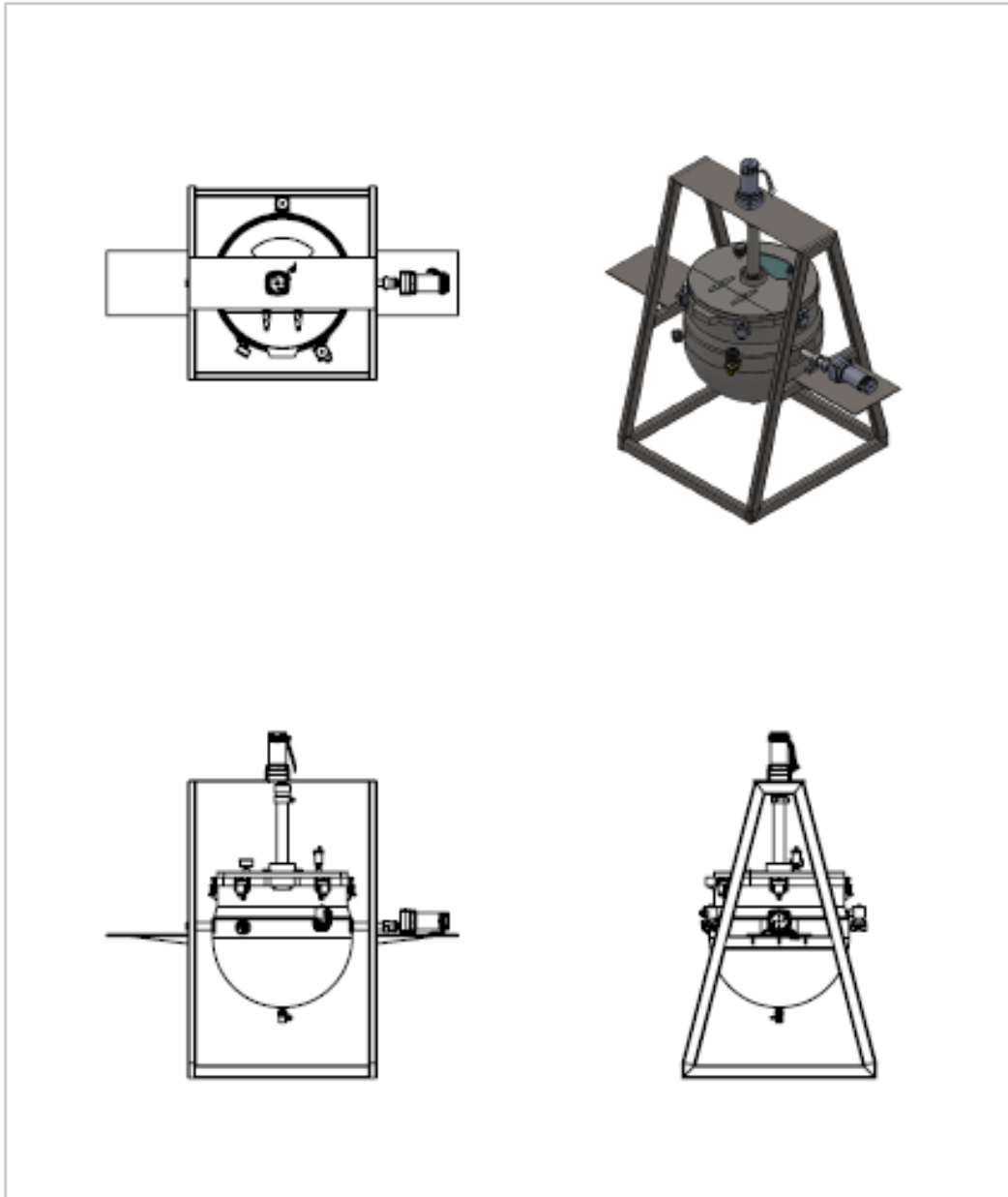
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DISEÑ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		Propuesta 1	
VERIF.					Plano 1	
APROB.						
MATER.				MATERIAL:	Nº DE DIBUJO	A4
CALC.					Escala: 1:1	Hoja 1 de 1

## Plano propuesta 2



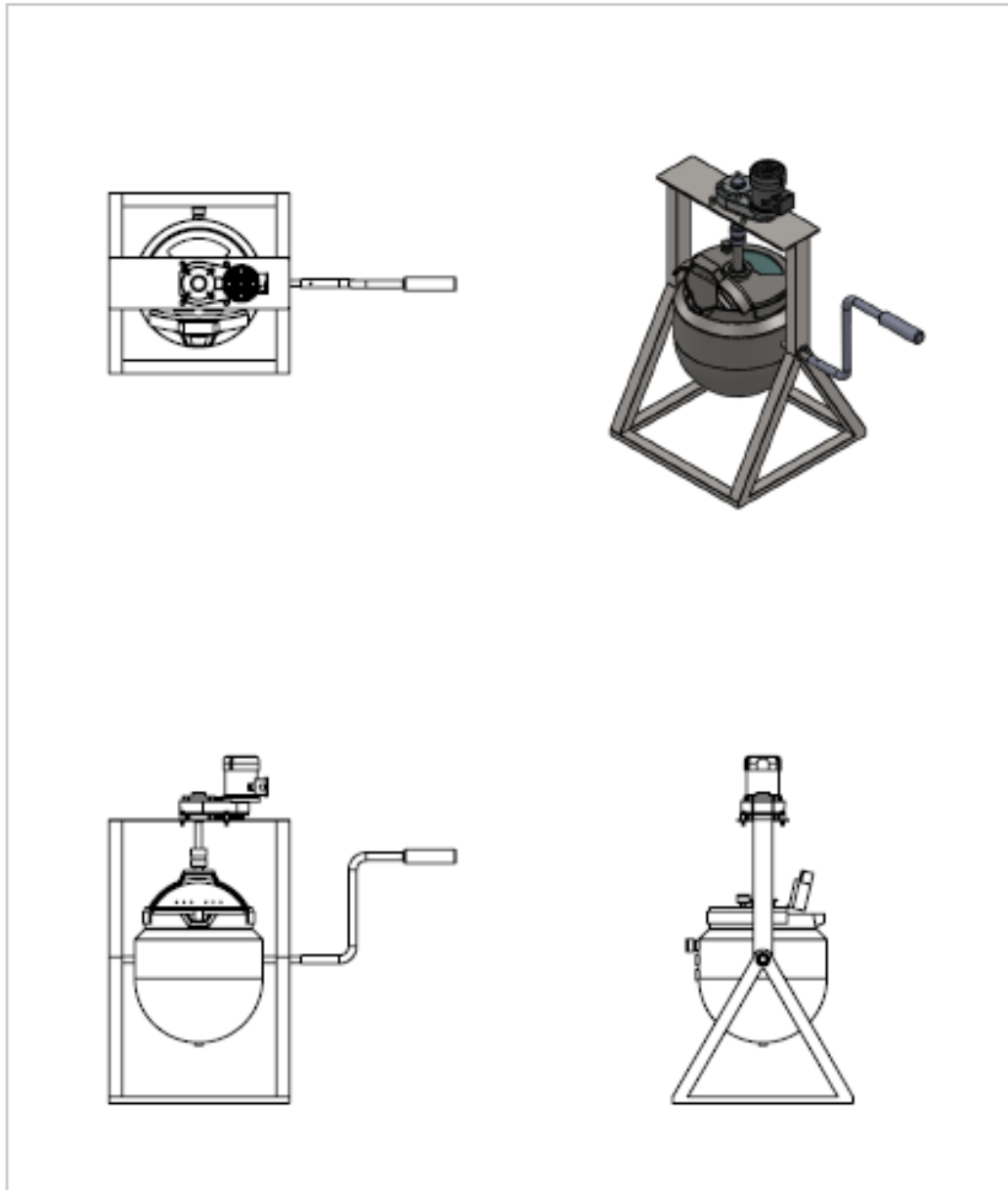
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TORNEADAS: (R)SAL: ANILLO(S):		ACABADO:	REBARBA Y COMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIA LA ESCALA	REVISION
DISEÑ.	NOMBRE	FOMA	FECHA		<div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">Propuesta 2</div> <div style="font-size: 24px; font-weight: bold; margin-top: 20px;">Plano 2</div>	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALIF.				MATERIAL:		
				PROJ:	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

### Plano propuesta 3



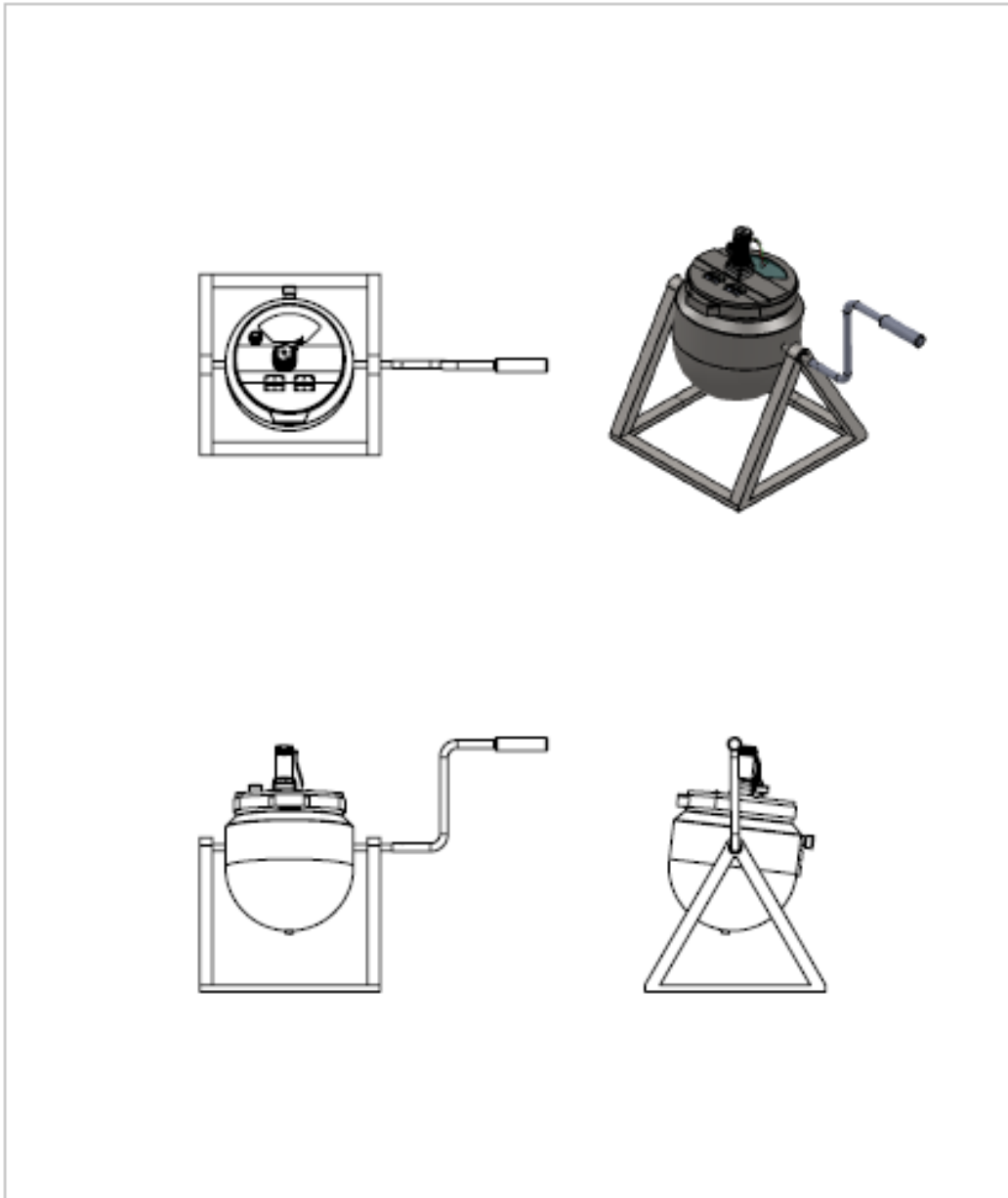
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REARME Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIA LA ESCALA	INVERSIÓN
NOMBRE DISEÑ. VERIF. APROB. FABR. CALD.	FORMA FECHA	MATERIAL:	FECHA:	TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Propuesta 3</h2>			
N° DE DIBUJO <h2 style="text-align: center;">Plano 3</h2>			ESCALA: 1:30				
FIRMAS:				ESCALA: 1:30	HOJA 1 DE 1		

## Plano propuesta 4



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ESPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOURNEICAS: DINAM: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIA LA ESCALA		REVISION	
NOMBRE		FECHA				TITULO:			
DISEÑO						Propuesta 4			
VERIF.									
APROB.						Nº DE DISEÑO		A4	
MATERIA:						ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1	
CALIB.									
PROJ.									

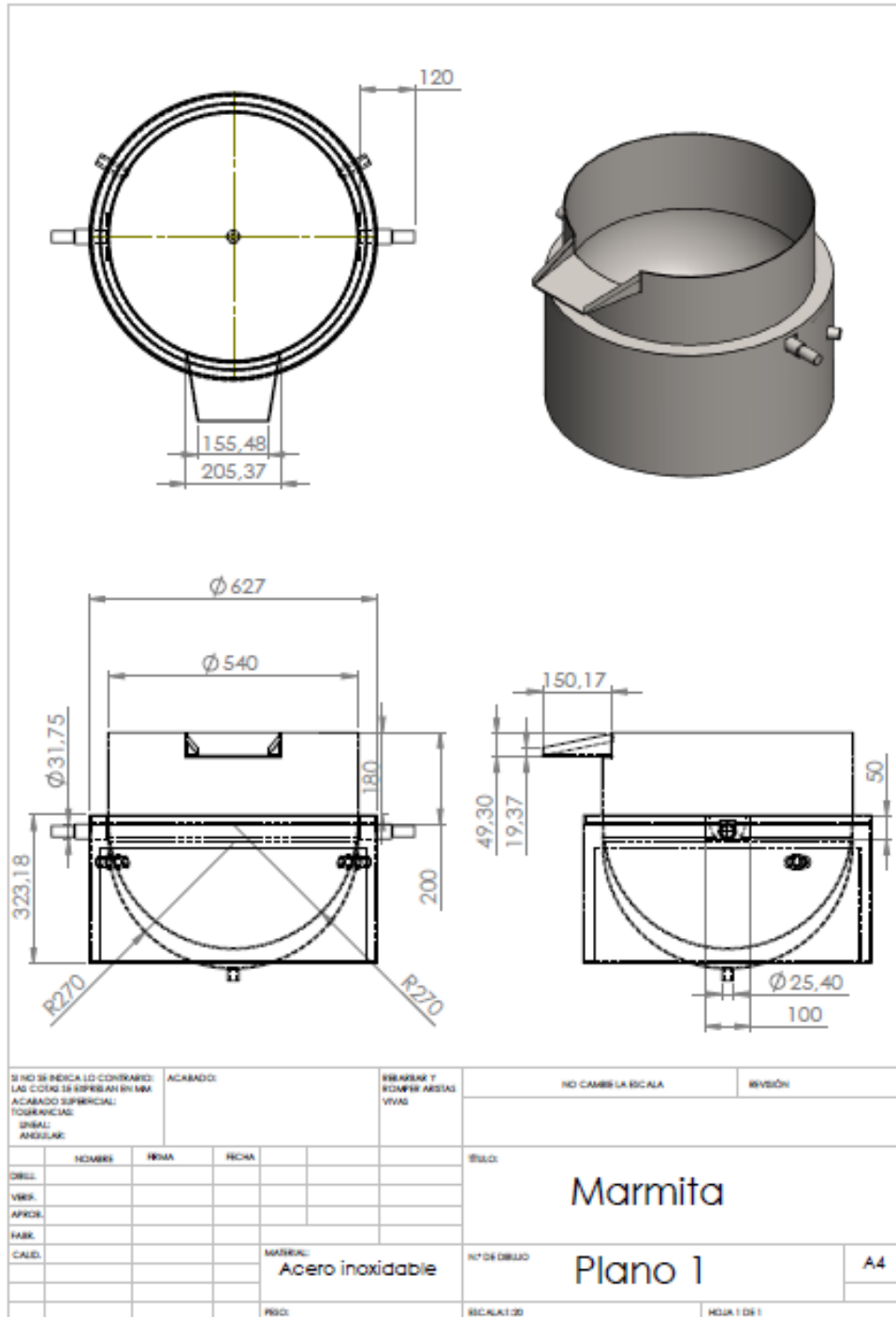
## Plano propuesta 5



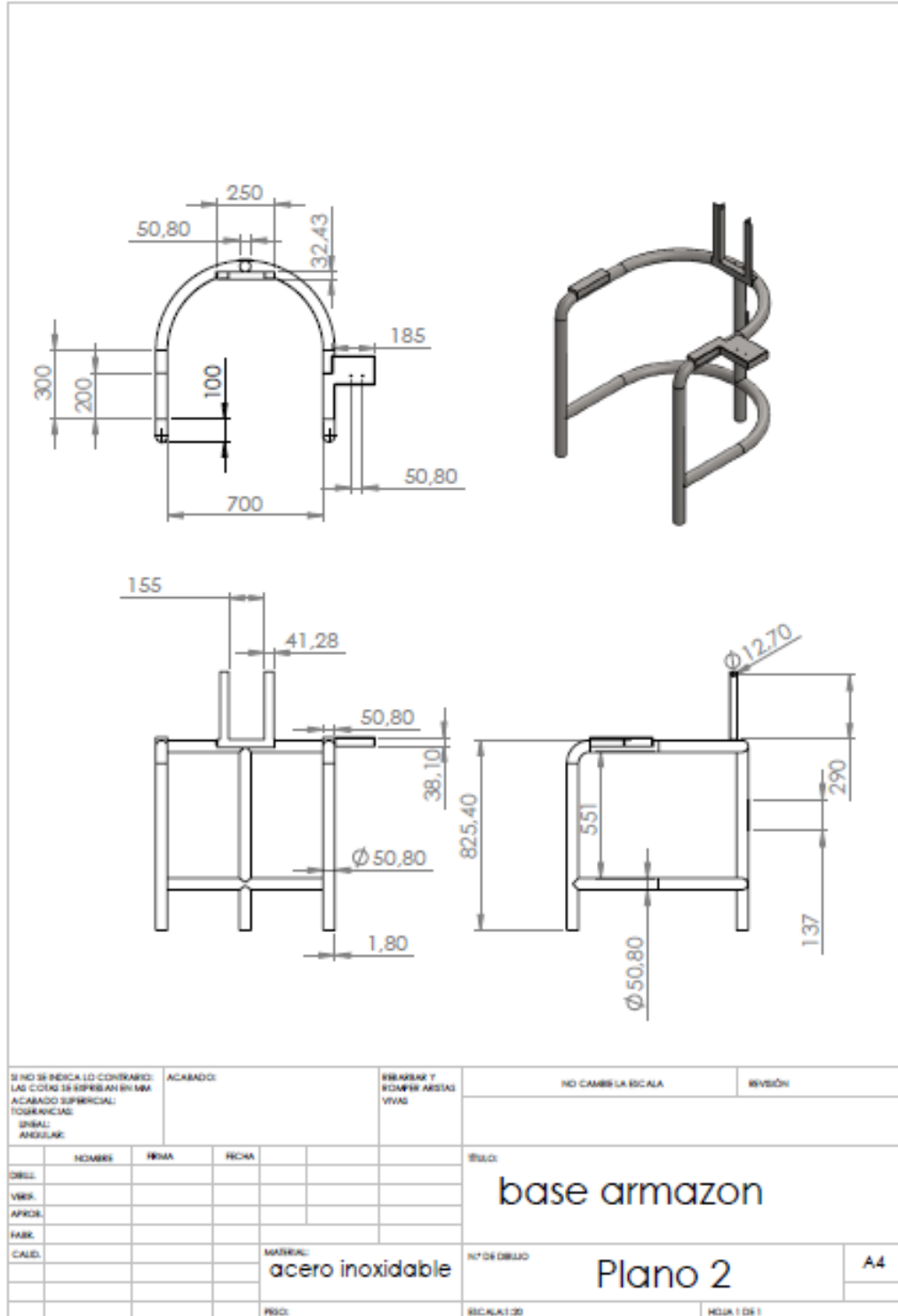
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE ESPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: ANGULOS: ANGULARES:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIA LA ESCALA	REVISION
DISEÑ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">Propuesta 5</div> <div style="font-size: 3em; font-weight: bold; margin-top: 10px;">plano 5</div>	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALIF.							
				MATERIAL:	Nº DE DIBUJO	A4	
				PROJ.	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	

# Anexo D: PLANOS MARMITA REALIZADA

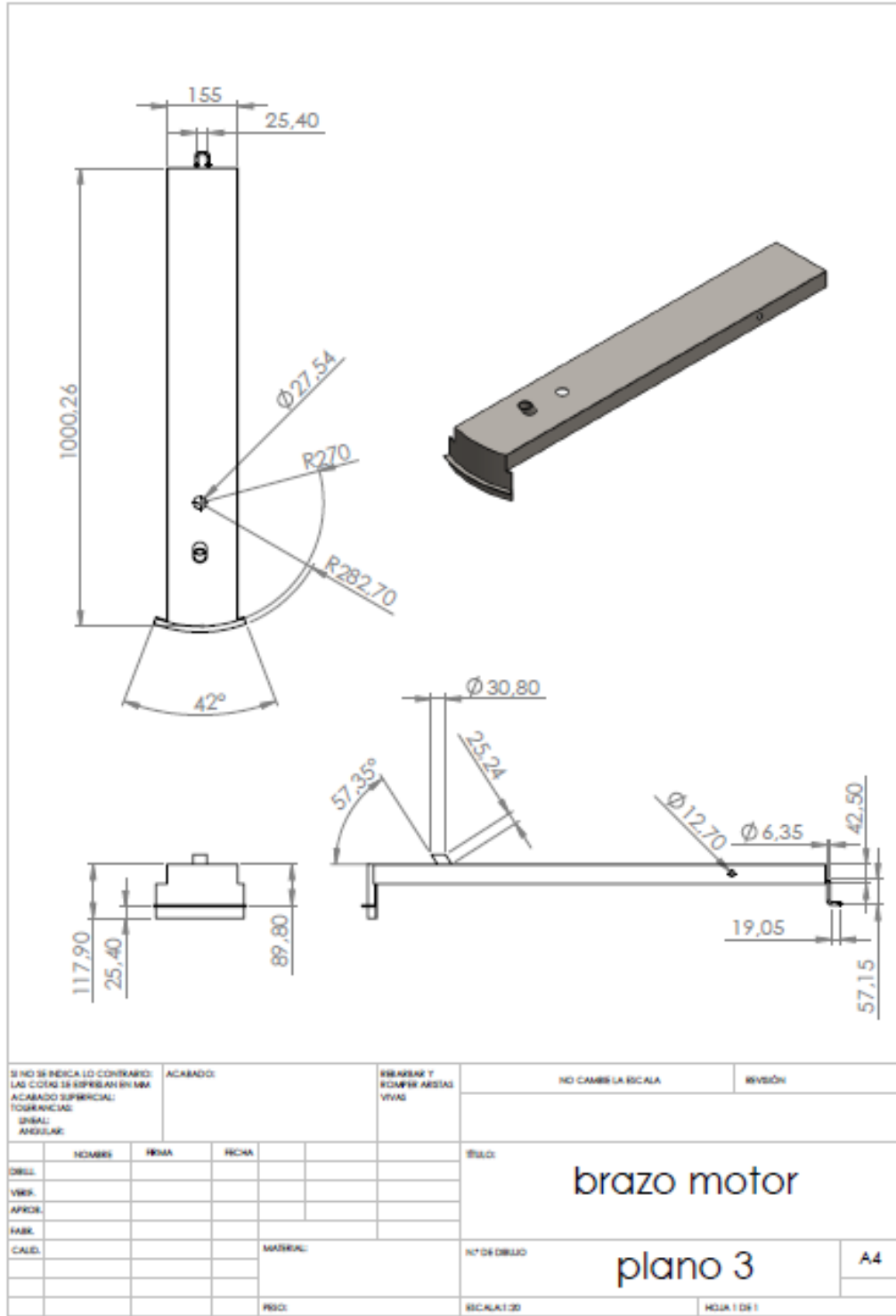
## Plano Marmita



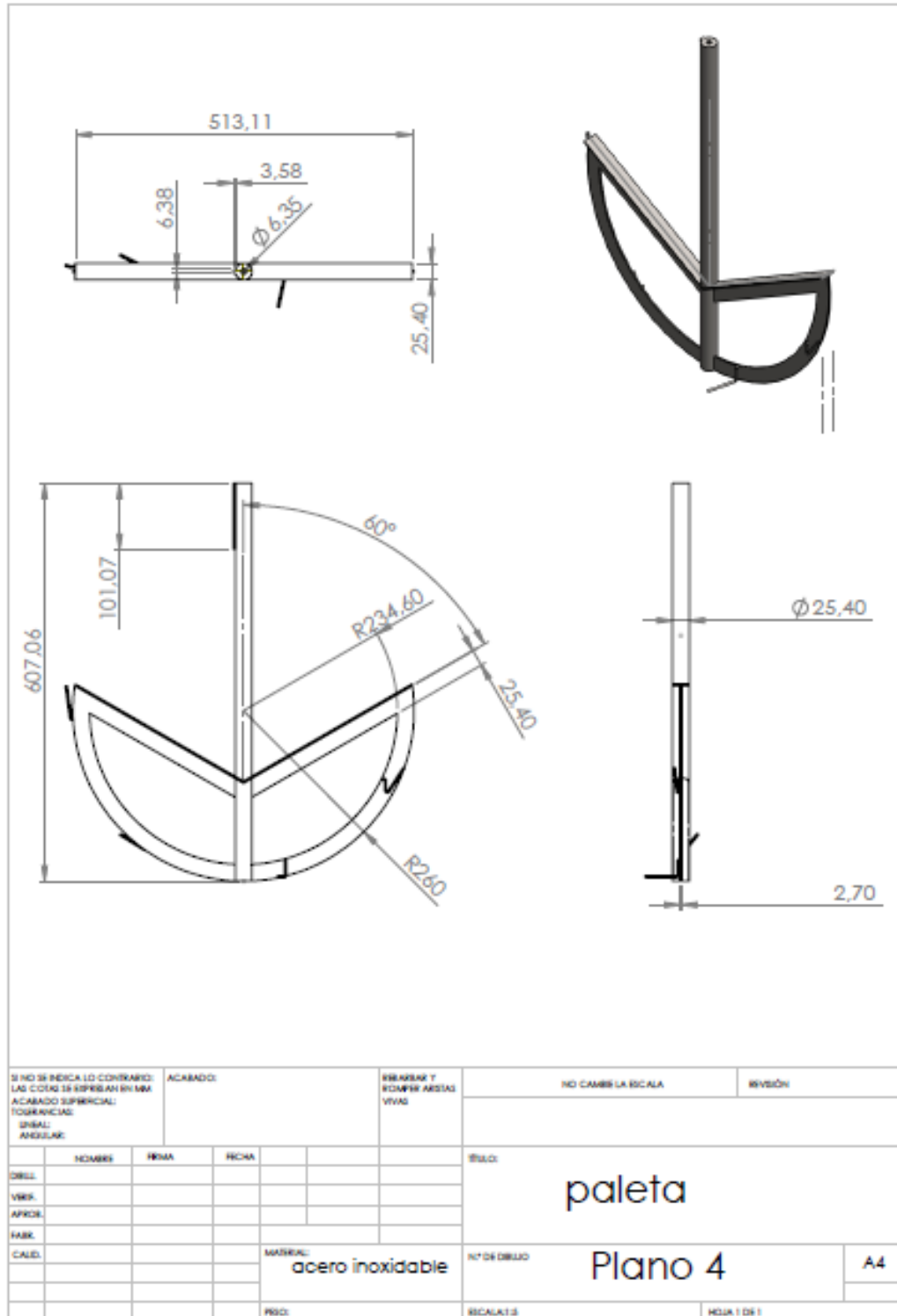
## Plano base armazón



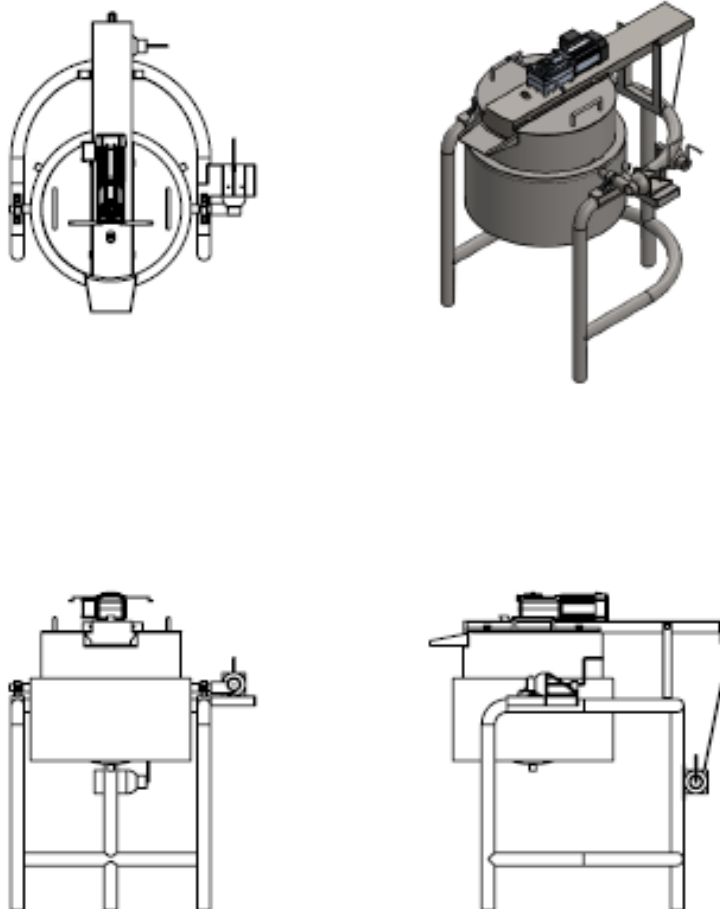
## Plano brazo motor



## Plano paleta



## Plano Ensamblaje general



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: UNITS: ANGULOS:			ACABADO:		ENSAMBLAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DISEÑ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			<div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">Ensamblaje general</div> <div style="font-size: 36px; font-weight: bold; margin-top: 10px;">Plano 5</div>				
VERIF.										
APROB.										
FABR.										
CALIF.										
				MATERIAL:		Nº DE DIBUJO		A4		
				PESO:		ESCALA 1:100		HOJA 1 DE 1		