

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de Titulación previa a la obtención del Título de:**  
**INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE**  
**PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE**  
**LECHE/HORA**

**AUTORES:**  
**MERY LUCERO TIPÁN QUISE**  
**DIEGO ANDRÉS FLORES SANTOS**

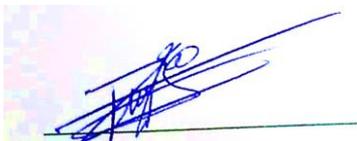
**TUTOR:**  
**MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

**Quito, febrero del 2018**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Mery Lucero Tipán Quise con Cédula de Identidad N° 1722162177 y Diego Andrés Flores Santos con Cédula de Identidad N° 1719344143, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE HORA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por título de Ingeniera Mecánica e Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Diego Andrés Flores Santos  
C.I. 171934414-3



---

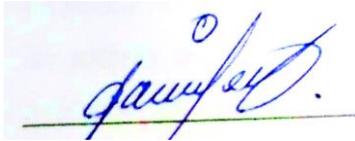
Mery Lucero Tipán Quise  
C.I. 172216217-7

Quito, febrero del 2018.

## DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Milton Salomón Jami Lema con C.I. 1707257171, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE HORA”, realizado por Mery Lucero Tipán Quise y Diego Andrés Flores Santos, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como Trabajo Final de Titulación.

Quito, febrero del 2018.



---

Milton Salomón Jami Lema

C.I.: 1707257171

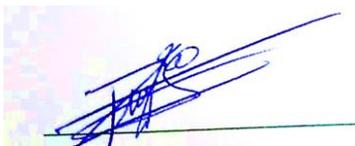
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Mery Lucero Tipán Quise con Cédula de Identidad N° 1722162177 y Diego Andrés Flores Santos con Cédula de Identidad N° 1719344143, autores del proyecto técnico de titulación certificamos en honor a la verdad que el trabajo realizado es de nuestra autoría, que no ha sido previamente plagiado y que se ha regido a consultas en las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.

A través de esta declaración manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de Titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE/HORA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Mecánica e Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, febrero del 2018.



---

Diego Andrés Flores Santos  
C.I. 171934414-3



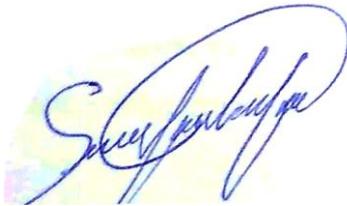
---

Mery Lucero Tipán Quise  
C.I. 172216217-7

## AUTORIZACIÓN

Yo, Jaime Sebastián Catuacuamba Noboa con número de cédula 1719161158, representante legal de la “ASOCIACIÓN AGROPECUARIA CAMPO VERDE DE TURUCUCHO” ubicado en el Cantón Cayambe. Autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana para hacer uso de las instalaciones durante el desarrollo del proyecto: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE HORA”, de igual manera me comprometo a dar las facilidades para el desarrollo y buena culminación del trabajo antes mencionado.

Atentamente,



---

Jaime Sebastián Catuacuamba Noboa  
C.I. 171916115-8  
Correo. [leandro88andrango@hotmail.com](mailto:leandro88andrango@hotmail.com)  
Telf. 0982531296

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedico de manera muy especial a mi madre, familia y amigos por brindarme su amor y apoyo incondicional, son ellos quienes me incentivaron con su cariño, comprensión y consejos a seguir adelante, formando parte de mi felicidad y éxito profesional. Ellos son los que han velado por mi salud, mis estudios, por lo cual estoy segura de que lo han hecho con todo el amor del mundo y de los cuales me siento eternamente agradecida.

**Mery Lucero Tipán Quise**

Este proyecto de grado se lo dedico a mi familia, a mi padre, a mi hermano y a mi compañera Mery Tipán por todo el sacrificio, amor y apoyo incondicional aún en los momentos más difíciles por los que tuve que pasar, con su incondicional comprensión y cariño, ahora forman parte de mi éxito profesional. Ellos son quienes me incentivaron, me apoyaron a seguir adelante; son ellos quienes han sido mi fuerza, mi entusiasmo, mi alegría y mis ganas de seguir adelante.

**Diego Andrés Flores Santos**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco, en primer lugar, a Dios por habernos permitido gozar de vida, salud, fortaleza y sabiduría para alcanzar, hoy en día, este logro profesional.

Un especial agradecimiento a todos quienes conforman la Universidad Politécnica Salesiana, lugar donde realizamos nuestros estudios; así como a sus docentes, quienes han sabido comunicar sus conocimientos y experiencias, las cuales serán valiosas para nuestra vida profesional. En especial, al Ingeniero Milton Jami quien con su conocimiento ha sabido guiarnos durante el desarrollo de nuestro trabajo de fin de carrera; sus aportes y observaciones han sido de mucha ayuda en la culminación de este proceso.

Gracias, Mami, por quererme tanto sin pedir nada a cambio, por ser la cabeza de hogar que me supo criar de la mejor manera a pesar de todas las dificultades. Por escucharme y aconsejarme aunque a veces no te hacía caso ni comprendías mi forma de ser, por todo eso y sobre todo por ser el ser quien me dio la vida, me motiva y le brinda alegría a mi alma. Agradezco a mi padre, quien tuvo que salir cada mañana a trabajar y luchar por buscar el sustento para todos nosotros sus hijos.

Y a mi compañero de tesis Diego que durante toda esta etapa de trabajo se ha vuelto la mejor elección de compañero de vida.

**Mery Lucero Tipán Quise**

A mi padre Jorge Alberto por su apoyo, amor, comprensión y esfuerzo diario que ha sido una inspiración de trabajo duro y esfuerzo constante para seguir adelante, no rendirme y dar como siempre lo mejor hasta el final.

A mi hermano Jefferson Darío Flores Santos por ser quien me brindó su apoyo en esos momentos de estrés para seguir adelante; y a todos quienes han aportado con experiencias y enseñanzas en todos los momentos importantes y difíciles de este proceso.

Y, por último, pero no menos importante a mi compañera de vida y proyecto de grado Mery Tipán quien ha estado en esos momentos difíciles y muy dolorosos, ha demostrado ser mi mejor elección.

**Diego Andrés Flores Santos**

## ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARACIÓN DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tablas .....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract .....	xv
Glosario de términos .....	xvi
Introducción .....	1
a. Justificación .....	2
b. Objetivos:.....	3
- Objetivo General:.....	3
- Objetivos Específicos:.....	3
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>4</b>
<b>PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1. Descripción de procesos .....	4
1.2. Calidad de leche y estándares de consumo .....	5
1.2.1. Prueba de análisis físico - químico de la leche .....	5
1.2.2. Prueba de densidad relativa de la leche.....	5
1.2.3. Prueba de estabilidad proteica de la leche.....	6
1.2.4. Prueba de determinación de ph .....	6
1.2.5. Prueba de determinación de antibióticos.....	6
1.2.6. Prueba de determinación de neutralizantes .....	6

1.2.7.	Prueba de determinación de peróxidos .....	6
1.3.	Requisitos para garantizar leche pasteurizada.....	6
1.3.1.	Enfermedades que previene .....	7
1.4.	Tipos de procesos de pasteurización .....	7
1.4.1.	Pasteurización VAT o discontinua.....	7
1.4.2.	Pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo (HTST - High Temperature/Short Time).....	8
1.4.3.	El proceso a ultra-altas temperaturas (UHT - Ultra-High Temperature) 10	
1.5.	Materiales y accesorios a utilizar en el prototipo de tanque pasteurizador .	10
1.5.1.	Acero inoxidable .....	11
1.5.2.	Acero Inoxidable A304.....	11
1.5.3.	Soldadura .....	12
1.5.4.	Varilla de aporte 308.....	12
<b>CAPÍTULO 2</b>	.....	<b>13</b>
	<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE</b> .....	<b>13</b>
2.1.	Definición.....	13
2.1.1.	Leche .....	13
2.1.2.	Pasteurización .....	13
2.2.	Selección de Alternativas .....	13
2.2.1.	Factores de comparación de la marmita.....	15
2.2.2.	Ponderación de alternativas marmita .....	16
2.2.3.	Diagrama del Proceso (Flujo de operaciones) .....	17
2.3.	Proceso de análisis del método.....	18
2.3.1.	Pasteurización VAT o lenta .....	18
2.3.2.	Tanque pasteurizador a gas .....	18
2.4.	Aplicaciones .....	19

2.5.	Componentes Principales del equipo.....	19
2.5.1.	Estructura metálica.....	19
2.5.2.	Tanque o recipiente .....	19
2.5.3.	Agitador.....	20
2.5.4.	Motor reductor .....	22
2.5.5.	Tablero de Control .....	22
2.6.	Accesorios del Equipo.....	23
2.6.1.	Manómetro .....	23
2.6.2.	Válvula de alivio de presión.....	23
2.6.3.	Válvula de paso .....	24
<b>CAPITULO 3</b> .....		<b>25</b>
	<b>CÁLCULOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DEL</b>	
	<b>TANQUE PASTEURIZADOR .....</b>	<b>25</b>
3.1	Diseño y cálculo del prototipo.....	25
3.1.1.	Parámetros de diseño.....	25
3.1.2.	Cálculos para determinar la presión de trabajo .....	26
3.1.3.	Datos del Acero Inoxidable (AISI 304) .....	27
3.1.4.	Diseño del tanque .....	27
3.1.5.	Identificación de esfuerzos.....	32
3.1.6.	Potencia del agitador .....	32
3.1.7.	Números adimensionales .....	33
3.2.	Selección del motor .....	36
3.3.	Cálculo del diámetro del eje .....	38
3.4.	Selección de chaveta.....	40
3.5.	Diseño del eje de apoyo del tanque en la estructura.....	41
3.6.	Diseño de la estructura .....	43
3.7.	Análisis térmico.....	45

3.8. Variación de energía del sistema.....	49
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>55</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>55</b>
4.1. Costos Variables.....	57
4.1.1. Costo de material directo .....	57
4.1.2. Costo de materiales Estandarizados .....	58
4.1.3. Costo de máquinas y herramientas.....	59
4.1.4. Costo de montaje y puesta en marcha .....	60
4.1.5. Costos Directos Totales.....	60
4.2. Costos Indirectos .....	60
4.2.1. Costo de materiales indirectos .....	61
4.2.2. Varios .....	61
4.2.3. Costos Indirectos Totales .....	62
4.3. Costo total del prototipo .....	62
4.3.1. Proyección de ingresos anuales.....	63
4.4. Análisis de tasa mínima del rendimiento (TMAR). .....	63
4.5. Análisis del valor actual neto (VAN) .....	64
4.6. Análisis de la tasa interna de retorno (TIR).....	65
4.7. Flujo de caja .....	66
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de Figuras

Figura 1. Gráfica de la zona donde los microorganismos desaparecen. $T^{\circ}$ vs t.....	5
Figura 2. Requisitos microbiológicos para leche pasteurizada. ....	7
Figura 3. Prototipo pasteurizador tipo VAT .....	8
Figura 4. Pasteurizador tipo HTST. ....	9
Figura 5. Pasteurizador tipo UHT .....	10
Figura 6. Acero Inoxidable A 304.....	11
Figura 7. Material de aporte 308 .....	12
Figura 8. Diagrama de Proceso pasteurización VAT.....	17
Figura 9. Quemador a Gas .....	18
Figura 10. Base del Prototipo.....	19
Figura 11. Tanque de almacenamiento .....	20
Figura 12. Prototipo de tanque pasteurizador .....	20
Figura 13. Tipos de Agitadores .....	21
Figura 14. Agitador tipo paletas inclinadas.....	21
Figura 15. Paletas del agitador .....	21
Figura 16. Moto-reductor .....	22
Figura 17. Tablero de Control.....	22
Figura 18. Manómetro.....	23
Figura 19. Esquema Válvula de alivio .....	23
Figura 20. Válvula de paso .....	24
Figura 21. Diseño del tanque .....	28
Figura 22. Diseño del taque de acuerdo al llenado total .....	29
Figura 23. Impulsor tipo turbina axial - $45^{\circ}$ bipala.....	30
Figura 24. Impulsor tipo turbina axial dentro del tanque.....	30
Figura 25. Paleta del agitador .....	32
Figura 26. Curva para palas verticales del impulsor .....	34
Figura 27. Dimensiones características del Domo toriesférica en una vista girada $180^{\circ}$ .....	36
Figura 28. Eje del agitador .....	38
Figura 29. Chaveta paralela S/DIN-6885/1 .....	40
Figura 30. tabla de chavetas paralelas S/DIN-6885/1 .....	40
Figura 31. Diagrama de cuerpo libre del tanque sobre los ejes de apoyo .....	41
Figura 32. Diagrama de corte del tanque sobre los ejes de apoyo .....	42

Figura 33. Diagrama de momentos del tanque sobre los ejes de apoyo .....	42
Figura 34. Diagrama de cuerpo libre de la carga puntual del eje sobre la estructura . .....	43
Figura 35. Diagrama de esfuerzos a flexión de la carga puntual del eje sobre la estructura.....	44
Figura 36. Indicadores económicos de Ecuador .....	64
Figura 37. Tabla de flujo de caja del proyecto.....	66

## Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los procesos .....	4
Tabla 2. Selección de materiales .....	11
Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 304 .....	12
Tabla 4. Alternativas de procesos de Pasteurización .....	14
Tabla 5. Ponderación de las alternativas .....	16
Tabla 6. Especificaciones del diseño .....	25
Tabla 7. Propiedades del acero.....	27
Tabla 8. Parámetros de diseño del recipiente contenedor .....	27
Tabla 9. Dimensiones generales del agitador .....	31
Tabla 10. Datos para el cálculo de número de Reynolds .....	33
Tabla 11. Régimen del número de Reynolds .....	34
Tabla 12. Datos del número de potencia.....	35
Tabla 13. Determinación del espesor de la plancha .....	38
Tabla 14. Cargas máximas del fluido.....	41
Tabla 15. Parámetros base para cálculos de la base.....	46
Tabla 16. Valores de volumen específico y entalpía .....	48
Tabla 17. Materiales del prototipo .....	55
Tabla 18. Detalle del material eléctrico de control .....	56
Tabla 19. Material para sistema de gas .....	56
Tabla 20. Detalle de costos en material directo .....	57
Tabla 21. Detalle de costos en materiales estandarizados.....	58
Tabla 22. Detalle de costos en material maquinado.....	59
Tabla 23. Detalle de costos en montaje y puesta en marcha.....	60
Tabla 24. Detalle de costos totales directos .....	60
Tabla 25. Detalle de material indirecto .....	61
Tabla 26. Detalle gastos varios .....	62
Tabla 27. Detalle de costos totales indirectos .....	62
Tabla 28. Detalle de costos totales del prototipo .....	63
Tabla 29. Estimado de ingresos rentables del prototipo .....	63
Tabla 30. Criterios del VAN .....	64
Tabla 31. Tabla del análisis de costos.....	67

## **Resumen**

En el Ecuador, los datos del Censo Agropecuario del año 2000 indican que el 90% de las principales industrias procesadoras de lácteos se encuentran ubicadas en la Sierra y se dedican, principalmente, a la producción de leche pasteurizada, quesos y crema de leche, ocupando un plano secundario los otros derivados lácteos [1].

En el presente proyecto se diseñó y construyó una marmita Semi-automatizada para la pasteurización de leche cruda para la Asociación Campo Verde de Turucucho ubicado al nororiente del Cantón Cayambe.

Según la revista EL PAÍS [2], La Asociación Campo Verde de Turucucho agrupa 49 familias y recoge unos entre 1.700 a 2.200 litros de leche diarios; algo más en el ordeño de la mañana que en el de la tarde.

Para el dimensionamiento del prototipo se propone calentar un volumen de 50lt de leche para el Centro de Acopio, para lo cual hay que tener algunas consideraciones.

La temperatura de inicio de la leche cruda (4°C), la altura en Cayambe es de 2.830 metros sobre el nivel del mar y la presión de trabajo es de 14,9 PSI.

El equipo permite la pasteurización de leche cruda para, posteriormente, fabricar sus propios productos derivados tales como quesos, yogurt y crema de leche de tal manera que impulsen el desarrollo de la comunidad.

Finalmente, los resultados obtenidos permitirán demostrar de manera práctica y concreta, con fundamento científico, cómo es que la leche y algunos de sus derivados son procesados hasta llegar al paladar del consumidor final.

**Palabras clave:** leche, pasteurización, proceso, derivados, tratamiento.

## **Abstract**

In Ecuador, data from the Agricultural Census of 2000 indicate that 90% of the main dairy processing industries are located in the Sierra and are mainly engaged in the production of pasteurized milk, cheese and milk cream, occupying a secondary plane the other dairy derivatives [1].

In the present project a semi-automated kettle for the pasteurization of raw milk was designed and built for the Campo Verde de Turucucho Association located northeast of the Cayambe canton.

According to the magazine EL PAÍS [2], the Campo Verde Association of Turucucho groups 49 families and collects some 1,700 to 2,200 liters of milk per day; Something more in the milking of the morning than in the afternoon.

For the dimensioning of the prototype it is proposed to heat a volume of 50lt of milk for the Collection Center, for which we must take some considerations.

The starting temperature of raw milk ( $4^{\circ}\text{C}$ ), the height in Cayambe is 2,830 meters above sea level and the working pressure is 14.9 PSI.

The equipment allows the pasteurization of raw milk to later manufacture its own derived products such as cheeses, yogurt and milk cream in such a way that they promote the development of the community.

Finally, the results obtained will allow to demonstrate in a practical and concrete way, with a scientific basis, how milk and some of its derivatives are processed until reaching the final consumer's palate.

**Key words:** milk, pasteurization, process, derivatives, treatment.

## Glosario de términos

- **Acopio:** Acto de acumular o almacenar algo, por lo general provisiones o víveres, en este caso hace referencia al almacenamiento de leche [3].
- **Pasteurización:** Procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante un corto período de tiempo enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido [4].
- **Leche:** Sustancia líquida y blanca que segregan las mamas de las hembras de los mamíferos para alimentar a sus crías y que está constituida por caseína, lactosa, sales inorgánicas, glóbulos de grasa suspendidos y otras sustancias; especialmente la que producen las vacas, que sirve como alimento y de la cual se obtiene, además, queso, yogur, mantequilla y otros derivados [5].
- **Implementación:** Instalación, realización, ejecución o puesta en marcha de un plan, idea, modelo científico, diseño mecánico o política [6].
- **Proceso:** Conjunto de acciones o actividades dispuestas con algún tipo de lógica que se enfocan en lograr algún resultado específico [7].

## **Introducción**

El proceso de pasteurización fue creado por Louis Pasteur con el fin de hacer posible que productos alimenticios como la leche se puedan conservar por largo tiempo sin ser afectados por la descomposición; para lograr el aprovechamiento de la materia prima que ofrece el sector de Turucucho, se ha visto necesario el desarrollo del proyecto que consiste en el diseño y construcción de un prototipo de pasteurizadora para el procesamiento de 50 litros de leche/hora.

La correcta combinación de temperatura y tiempo aplicado en la pasteurización asegura la eliminación de los agentes patógenos; por lo que en este caso se aplica la pasteurización tipo VAT por ser la más adecuada para procesar pequeñas cantidades de leche de entre 200 -3000 litros, mismos que se ajustan al volumen de producción que satisface la demanda de la Asociación.

Bajo la norma ASME VIII, se fabricó un tanque pasteurizador fabricado en su totalidad de acero inoxidable AISI 304 que se encuentra encamisado; en cuyo interior se deja calentar la leche a una temperatura deseada y durante un tiempo estimado por medio de vapor saturado o vapor de agua sobrecalentado que interactúa con las paredes del recipiente (tanque), para luego ser enfriada a temperaturas según la conveniencia, además se encuentra provisto de un agitador para hacer más homogéneo el proceso.

Una vez implementado el prototipo recuperar la inversión previa en un corto plazo se deben generar ganancias mínimas del 11% por cada litro de leche pasteurizada, con una depreciación de 5 años de uso del equipo.

### **a. Justificación**

Actualmente, la competitividad laboral y los estrictos estándares de calidad para el manejo de la leche, han incentivado a la Asociación el implemento de maquinaria para el tratamiento de la leche y con ello, el desarrollo de sus productos derivados para de esta manera iniciar un emprendimiento que fortalezca el desarrollo de la comunidad; para esto se deben identificar los problemas que se presentan y como solucionarlos, y de esta manera garantizar un buen desempeño de las actividades y crear confianza en sus productos futuros.

En el caso particular de la Asociación Campo Verde de Turucucho (Centro de Acopio), se encargan del acopio de la leche de 49 socios. Para efecto del proyecto se tomará como referencia la pasteurización de 50litros de leche hora, siendo esta la cantidad de leche a ser procesada según la capacidad del tanque.

Una de las razones más relevantes y por la cual se origina el proyecto es disponer de la materia prima que no es aprovechada puesto que únicamente es vendida a ciertas industrias lecheras; la cantidad receptada es significativa como para no ser aprovechada mediante procesos que garanticen su consumo. Por esta se ha tomado como objeto de estudio, con la finalidad realizar un estudio detallado del procesamiento de la leche y así mejorar la calidad de la leche y generar la producción de sus propios derivados.

**b. Objetivos:**

- **Objetivo General:**

- Diseñar y construir un prototipo de pasteurizadora para el procesamiento de 50 litros de leche por hora.

- **Objetivos Específicos:**

- Analizar la viabilidad del prototipo de pasteurizadora que sea el más adecuado para la necesidad del centro de acopio Turucucho.
- Seleccionar el proceso adecuado que cumpla con el requerimiento solicitado por el centro de acopio Turucucho.
- Diseñar un prototipo de tanque pasteurizador cumpliendo con los criterios de estándares de calidad para el servicio.
- Seleccionar los elementos mecánicos y estructurales requeridos para el diseño del tanque.
- Fabricar un prototipo de pasteurizadora para el procesamiento de 50 litros de leche por hora.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo de pasteurizadora y su rendimiento.
- Realizar un análisis técnico económico de la implementación del prototipo.

## CAPÍTULO 1

### PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN

#### 1.1. Descripción de procesos

Para la industria lechera, el término pasteurización significa el proceso de calentar cada partícula de leche en un equipo debidamente diseñado y operado, a una temperatura y un tiempo determinados por la alternativa de elección tal y como se evidencia en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los procesos [8]

Procesos	Temperatura	Tiempo
Pasteurización VAT	63°C (145°F)	30 min
High temperature short time Pasteurization (HTST)	72°C (161°F)	15 segundos
Higher-Heat Shorter Time (HHST)	89°C (191°F)	1.0 segundos
Higher-Heat Shorter Time (HHST)	90°C (194°F)	0.5 segundos
Higher-Heat Shorter Time (HHST)	94°C (201°F)	0.1 segundos
Higher-Heat Shorter Time (HHST)	96°C (204°F)	0.05 segundos
Higher-Heat Shorter Time (HHST)	100°C (212°F)	0.01 segundos
Ultra Pasteurización (UP)	138°C (280°F)	2.0 segundos

Según el IDFA [8], el método original de pasteurización fue la pasteurización en cubas, que calienta leche u otros líquidos en un tanque durante al menos 30 minutos.

Aplicando en el proceso de pasteurización se aseguran la eliminación de la mayor cantidad de agentes patógenos en el producto. No obstante, en la pasteurización se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición, en la mayoría de los casos las temperaturas superiores a este valor afectan irreversiblemente ciertas características físicas y químicas del producto [9].

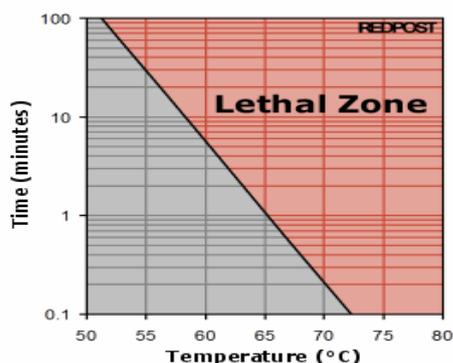


Figura 1. Gráfica de la zona donde los microorganismos desaparecen. T° vs t [10].

## 1.2. Calidad de leche y estándares de consumo

Para garantizar que la leche cruda cumpla con los requerimientos establecidos para el consumo, es necesario que en la leche se realice ciertos análisis entre los más importantes predominan los siguientes:

### 1.2.1. Prueba de análisis físico - químico de la leche

Según Alfonso *et al.* [11], para realizar las pruebas de análisis rápido de parámetros físicos - químicos de la leche se utiliza el equipo Eko Milk. Este equipo hace análisis de parámetros físicos - químicos de la leche cruda. Los resultados de estos equipos detallan análisis y porcentajes de:

- a. Grasas
- b. Sólido no grasos
- c. Proteína
- d. Agua añadida
- e. Lactosa

### 1.2.2. Prueba de densidad relativa de la leche

Se conoce como la prueba Termolac densímetro, dentro de este análisis es importante tomar en cuenta dos aspectos:

- a. La leche recién ordeñada tiene una temperatura que oscila entre 28°C - 30°C.
- b. La densidad de la leche.

Si las muestras de leche se toman a una temperatura diferente a 15°C -20°C, se debe usar una Tabla de Ajuste de la densidad de la leche en base a la Norma INEN 11 [11].

### **1.2.3. Prueba de estabilidad proteica de la leche**

Es mal llamada “Prueba de Alcohol.” La misma permite detectar la presencia de bacterias coliformes tales como *Echerichia coli* dentro de la leche. En caso de existir este tipo de bacterias, éstas digieren la lactosa de la leche y la transforman en ácido láctico [11].

### **1.2.4. Prueba de determinación de ph**

Se usa para conocer el contenido de H<sup>+</sup> dentro de la leche. Para el efecto se usa un phmetro que registra la cantidad de Hidrógeno en forma de radicales libres que existe en un determinado medio o producto, en este caso en la leche [11].

### **1.2.5. Prueba de determinación de antibióticos**

Se usa para conocer si la leche contiene antibióticos que han circulado desde la sangre de la vaca hacia la leche como uno de los fluidos. Los antibióticos son sustancias empleadas en el tratamiento de enfermedades infecciosas del ganado, estos medicamentos producen residuos antimicrobianos en la leche que pueden encontrarse por encima de los límites de seguridad establecidos en la legislación [11].

### **1.2.6. Prueba de determinación de neutralizantes**

Se usa para conocer si la leche ha sido adulterada con cualquier adulterante neutralizante de ácido láctico en la leche de la fermentación originada por microorganismos [11].

### **1.2.7. Prueba de determinación de peróxidos**

Permite identificar si se ha añadido a la leche agua oxigenada, utilizado para aumentar la capacidad de conservación entre el ordeño y la llegada de la leche al lugar de su distribución [11].

## **1.3. Requisitos para garantizar leche pasteurizada**

Los requisitos que debe la leche pasteurizada de vaca, destinada al consumo directo o procesamiento adicional se detalla en la siguiente Figura 2 [12].

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos mesófilos, UFC/cm <sup>3</sup>	5	30 000	50 000	1	NTE INEN 1 529-5
Recuento de coliformes, UFC/cm <sup>3</sup>	5	< 1	10	1	AOAC 991.14
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	5	0	-	0	ISO 11290-1
Detección de <i>Salmonella</i> /25 g	5	0	-	-	NTE INEN 1529-15
Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	5	<10	-	0	AOAC 991.14

Figura 2. Requisitos microbiológicos para leche pasteurizada [12].

### 1.3.1. Enfermedades que previene

Según Grimaldos R. [13], consumir leche cruda de animales, sin pasteurizar, es exponerse a riesgos de organismos y bacterias causantes de enfermedades tales como:

- Tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*)
- Difteria
- Salmonelosis
- Tifoideas

En algunos países se ha llegado a prohibir la venta de leche cruda. Hoy en día, muchas de estas enfermedades nombradas anteriormente no tienen gran relevancia debido al empleo generalizado de los procesos de pasteurización en las primeras etapas de manipulación de la leche [13].

### 1.4. Tipos de procesos de pasteurización

Con el paso del tiempo se han estudiado diferentes combinaciones entre temperaturas y tiempos para pasteurizar, pero se han reducido a tres procesos generales:

- a. Pasteurización discontinua o VAT (lenta).
- b. Pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo (HTST - High Temperature/Short Time).
- c. El proceso a ultra-altas temperaturas (UHT - Ultra-High Temperature).

#### 1.4.1. Pasteurización VAT o discontinua

Fue el primer método de pasteurización, el proceso consiste en calentar volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63°C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente hasta que llegue a temperaturas entre 4 y 6° C según la conveniencia. Se

debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas [14].

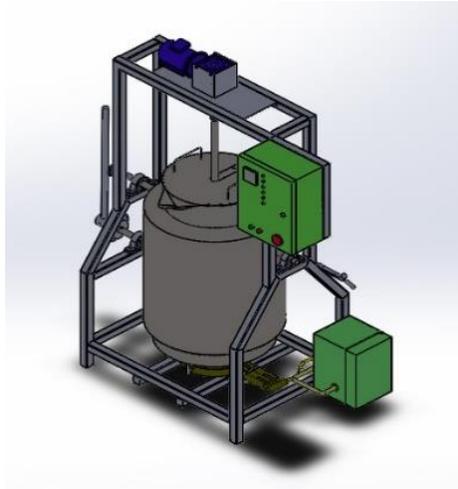


Figura 3. Prototipo pasteurizador tipo VAT

**a. Ventajas de la pasteurización lenta (VAT)**

- Conserva mejor el valor nutritivo de la leche.
- Elimina mohos y levaduras.
- Proporciona a la leche un periodo máximo de utilización de una semana [14].

**b. Desventajas de la pasteurización lenta (VAT)**

- La leche se tiene que dejar enfriar lentamente, puede pasar mucho tiempo a veces más de 24 horas.
- El tiempo de pasteurización es muy prolongado y el espacio empleado muy extenso para el tratamiento de volúmenes grandes de leche.
- La eficacia de eliminación de microorganismos es menor [14].

**1.4.2. Pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo de tiempo (HTST - High Temperature/Short Time)**

Es el más conveniente, por exponer al alimento a altas temperaturas durante un periodo breve y además se necesita poco equipamiento industrial para realizar este proceso [14].

La leche cruda pasa en medio de un intercambiador a 4° C, proveniente de un tanque enfriador; en el primer tramo se precalienta a 58° C aproximadamente a esta zona se la conoce como zona de regeneración. Al salir de esta sección, la leche pasa por filtros

que eliminan impurezas residuales que pudo quedar del proceso anterior, continúa la leche a los intercambiadores de calor a la zona donde se la calienta hasta la temperatura de 72 a 73° C por medio de vapor de agua sobrecalentada; una vez alcanza temperaturas de pasteurización; la leche pasa a la sección donde se mantiene esta temperatura de 15 a 20 segundos [14].



Figura 4. Pasteurizador tipo HTST [14].

Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST; tanto en “batch” (o lotes) y en “flujo continuo”, para ambos métodos la temperatura es la misma (72°C durante 15 segundos)

**a. Ventajas del proceso de pasteurización rápida en corto tiempo (HTST)**

- Se necesita de poco equipamiento industrial para poder realizar el proceso, reduciendo de esta manera los costes de mantenimientos de equipos.
- Por ser de sistema cerrado se evitan contaminantes.
- El tiempo de vencimiento se alarga hasta en 5 días, con respecto a la leche pasteurizada lentamente, siempre que se mantenga en refrigerador a una temperatura no superior a 8°C [14].

**b. Desventajas del proceso de pasteurización rápida en corto de tiempo (HTST)**

- Necesita controles estrictos durante todo el proceso de producción.
- La leche debe mantenerse refrigerada para evitar el crecimiento de los gérmenes que no se han podido eliminar.
- Una vez abierto el envase, debe consumirse en un plazo máximo de 3-4 días [14].

### 1.4.3. El proceso a ultra-altas temperaturas (UHT - Ultra-High Temperature)

El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior o más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un periodo de al menos dos segundos. Debido a este periodo de exposición, muy breve, se produce una mínima degradación del alimento [15].



Figura 5. Pasteurizador tipo UHT [16].

#### a. Ventajas del proceso de pasteurización ultra rápida-altas temperaturas (UHT)

- Asegura la destrucción de los microorganismos patógenos.
- Envasada en condiciones asépticas evita una contaminación posterior.
- No requiere refrigeración posterior.
- Tiempo de conservación aproximadamente 6 meses [13].

#### b. Desventajas del proceso de pasteurización ultra rápida-altas temperaturas (UHT)

- Afecta algunos componentes de la leche: la concentración de sales, coagula la lacto albúmina, destruye en parte las vitaminas.
- Es conveniente someterla a procesos de depuración, como la centrifugación, para eliminar leucocitos, conglomerados de caseína y restos orgánicos [13].

### 1.5. Materiales y accesorios a utilizar en el prototipo de tanque pasteurizador

Al seleccionar y adquirir materiales, accesorios y consumibles se consideran los que se encuentren vigentes dentro de la oferta y demanda del mercado. En la Tabla 2 se

tienen los subconjunto y conjuntos que lo constituyen el equipo con sus respectivos materiales de construcción.

Tabla 2. Selección de materiales

	<b>Plancha 3mm AISI 304</b>	<b>Tubo cuadrado 40mm x 2mm”</b>	<b>Tubo inox. redondo ¾”</b>	<b>Eje 1”</b>
Estructura		x		
Tanque	x			
Agitador	x			x
Tubería descarga			x	

Selección de materiales, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

### 1.5.1. Acero inoxidable

Los aceros Inoxidables son una gama de aleaciones de hierro y carbono que contienen un mínimo de 11% de Cromo; tienen resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona, gran resistencia mecánica y resistencia a temperaturas elevadas [17].



Figura 6. Acero Inoxidable A 304

### 1.5.2. Acero Inoxidable A304

Según Chávez [18], el inoxidable austenítico más popular es el Tipo 304, es considerado el más versátil. Es un material de fácil adquisición e idóneo para aplicaciones como la industria alimenticia, equipos y accesorios de cocina, tanques de

almacenamiento, entre otros; adicional a esto tiene una alta resistencia a la corrosión en atmosfera industrial y marina.

Tabla 3. Propiedades del Acero AISI 304 [19].

<b>Propiedades</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Resistencia a la fluencia	45	KSI
Resistencia máxima	90	KSI
Alargamiento máximo	50	mm
Reducción del área	40	%
Módulo de elasticidad	29000	KSI
Densidad	0.28 lb/in <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>

### 1.5.3. Soldadura

El acero inoxidable AISI 304 se pueden soldar con los diferentes tipos de soldadura, entre ellos la soldadura eléctrica con electrodo revestido (308L) o proceso SMAW, el proceso de soldadura TIG con barra de Tungsteno, argón como gas protector y en el caso de requerir metal de aporte se usa (308) para inoxidable y el proceso MIG de alambre tubular continuo con gas protector inerte CO<sub>2</sub> [20].

### 1.5.4. Varilla de aporte 308

Diseñada para soldar acero inoxidable tipo 304, resistente a la corrosión. No necesita ningún tipo de tratamiento térmico posterior es por eso que se ajusta perfectamente para soldar recipientes de almacenamiento de productos alimenticios [21].



Figura 7. Material de aporte 308

## CAPÍTULO 2

### SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LECHE

#### 2.1. Definición

##### 2.1.1. Leche

Existen dos formas de presentación de la leche:

**a. Leche Cruda:** Se conoce como leche cruda aquel producto que proviene de las glándulas mamarias de la vaca a partir del ordeño higiénico y controlado, seleccionando ejemplares de vacas saludables y bien alimentadas, sin adición ni sustracción alguna, exenta de calostro [22].

**b. Leche Pasteurizada:** Es leche cruda, que ha sido sometida a un proceso de aumento de temperatura durante un tiempo determinado que garantiza la eliminación en un alto porcentaje de microorganismos, sin alterar las características físico-químicas, nutricionales de la misma [22].

##### 2.1.2. Pasteurización

La pasteurización es un proceso, llamado así por el científico Louis Pasteur, que aplica calor para destruir patógenos en los alimentos y es la forma más generalizada de eliminar muchas de las bacterias de la leche [8].

#### 2.2. Selección de Alternativas

Para lograr que la leche garantice la destrucción de los microorganismos, es necesario pasar por un proceso llamado pasteurización y dependiendo de la cantidad de producción de leche, se hace necesario analizar qué tipo de alternativa se ajusta a las necesidades del sector.

Tabla 4. Alternativas de procesos de Pasteurización [14]

<b>Alternativas</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Características</b>
Pasteurización lenta VAT	63°C (145°F)	30	La pasteurización discontinua es considerada para el procesamiento de pequeñas cantidades de leche cruda.
Pasteurización (HTST - High Temperature/Short Time)	72°C (161°F)	0,25	El uso de la pasteurización rápida HTST es adecuada para procesar grandes cantidades de leche en menor tiempo.
Pasteurización (UHT - Ultra-High Temperature)	138°C (280°F)	0,033	El uso de la pasteurización ultra rápida UHT es adecuada para procesar cantidades de leche de manera industrial.

Siendo alrededor de 100 personas que habitan el sector de Turucucho, cuya actividad principal es la producción de leche cruda de vaca; se ha formado la Asociación Campo Verde que tiene en funcionamiento 8 años y además cuenta con permiso de agro calidad para acopio de leche; la vida ha mejorado para los 47 socios, beneficiando de esta manera a 53 familias [2].

La Asociación recoge entre 1900 a 2200 litros diarios de leche cruda dependiendo del clima, puesto que entre más lluvia exista aumenta la producción, sin embargo la calidad nunca varía. La leche es receptada en horarios de 6:00 - 7:30 am y 18:00 - 19:00 pm, el horario está establecido de esa manera por cuestión de seguridad y calidad, ya que mientras más pronto llegue la leche al tanque enfriador se evita que suban las bacterias [23].

La Asociación cuenta con un pequeño laboratorio que analiza y mide cada 15 días niveles de proteína, densidad, acides y agua. El análisis de manera global se lo realiza cada 3 meses con ayuda del laboratorio de leche de la Universidad Politécnica Salesiana, Cayambe, provincia de Pichincha; el cual ofrece sus servicios a plantas lecheras, centros de acopio, plantas queseras, ganaderos, haciendas y productores [1].

Según la revista El País [2], en el centro de acopio la leche es recogida para ser vendida normalmente a 45ctv a fábricas de queso y yogurt como lo es El Ordeño. El objetivo del centro de acopio es crecer firmemente y abrir su propio mercado aprovechando su materia prima; debido a eso nos hemos dado a la tarea de proporcionar un prototipo de tanque pasteurizador para el procesamiento de 50 litros de leche por hora, para de ésta manera aportar con el crecimiento tanto de asociación como del sector.

Luego de analizar las diferentes alternativas expuestas con anterioridad, y tomando en cuenta aquella que se ajusta a la necesidad del sector al cual va dirigido el proyecto. Se ha optado por la alternativa de Pasteurización VAT o más conocida como proceso lento.

### 2.2.1. Factores de comparación de la marmita

- **Funcionalidad:** Debe ser fácil de limpiar para garantizar su asepsia y proteger al producto de la contaminación. Ponderación 8/10.
- **Materiales seleccionados:** Validar el stock de los materiales en el mercado nacional y los posibles proveedores del mismo, priorizar que todos los elementos dispongan repuestos incluidos los elementos normalizados. Ponderación 8/10.
- **Costo:** Analizar el costo de diseño, costo de materiales y costo de proceso de construcción, para la conformación de la máquina. Ponderación 9/10.
- **Instalación en el sitio:** Debe ser desmontable para una correcta limpieza después del ciclo de trabajo; de esta manera se garantiza que su instalación y mantenimiento tanto predictivo, preventivo o correctivo sea lo más sencillo posible para el personal encargado. Ponderación 9/10.
- **Fuente de alimentación:** El consumo de energía debe ser adecuado al tamaño de producción del prototipo. Ponderación 9/10.
- **Durabilidad:** Los componentes de la marmita deben soportar el peso propio del equipo y adicional el del producto así también la fuerza producida por el agitador y la presión de diseño interna del tanque con un valor de 40 PSI. Ponderación 9/10.

### 2.2.2. Ponderación de alternativas marmita

Tabla 5. Ponderación de las alternativas

Descripción	Adecuado	Alternativas de marmita		
		GLP	Vapor	Electricidad
Funcionalidad	8	8	8	7
Material seleccionados	8	8	8	8
Costo	9	9	7	7
Instalación en el sitio	9	9	9	9
Fuente de alimentación	10	9	8	9
Durabilidad	9	9	9	9
<b>PONDERADO</b>	<b>8.83</b>	<b>8.66</b>	<b>8.16</b>	<b>8.16</b>

Ponderación de las alternativas, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

### 2.2.3. Diagrama del Proceso (Flujo de operaciones)

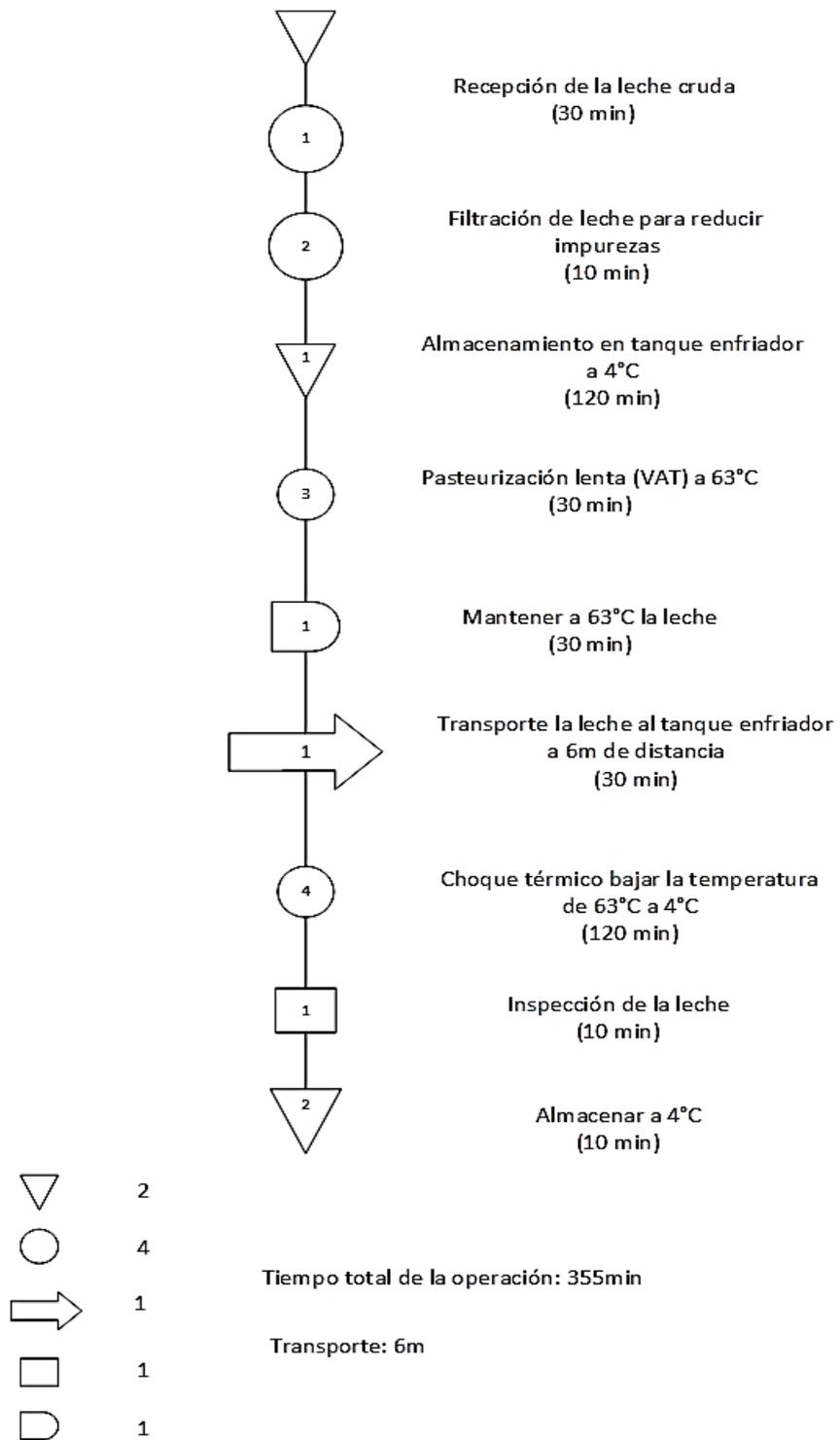


Figura 8. Diagrama de Proceso pasteurización VAT [14].

## **2.3. Proceso de análisis del método**

### **2.3.1. Pasteurización VAT o lenta**

El proceso consiste en calentar pequeños volúmenes de leche en un recipiente estanco a 63°C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente. Se debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas [14].

Según Pelayo [14], el proceso de pasteurización discontinua es ideal para procesar pequeñas cantidades de leche, como máximo 2000 litros diarios, no se recomienda procesar mayor cantidad de leche.

### **2.3.2. Tanque pasteurizador a gas**

El modelo de tanque lleva un quemador de gas licuado de petróleo como calor indirecto al recipiente, es decir trabaja con un tanque encamisado en donde circula condensado de agua a presiones y temperaturas altas, está conformada por una estructura construida en su totalidad de acero AISI 304. El equipo se conforma de un sistema de agitación central con un moto-reductor y un conjunto de aspas posicionadas de forma gradual para realizar un homogenizado del producto y un barrido completo al momento de realizar el proceso de agitación [22].



Figura 9. Quemador a Gas

El tanque incluye controles y accesorios adicionales; controles como: manómetros, válvula de seguridad, tablero de control, además de un sistema giratorio para la descarga del líquido [22].

## 2.4. Aplicaciones

No solamente es útil para el tratamiento de leche, sino de productos líquidos para el consumo, tales como el procesamiento de cerveza, el tratamiento de bebidas, la producción de jaleas, mermelada y aderezos [24].

## 2.5. Componentes Principales del equipo

Los componentes principales que forman parte del prototipo son:

- Estructura metálica giratoria 90°
- Tanque o recipiente
- Agitador
- Quemador industrial
- Moto-reductor
- Tablero de Control
- Sistema automático de encendido de llama

### 2.5.1. Estructura metálica

Estructura metálica o también conocida como bastidor, es aquella que sostiene a todo el equipo, y es fabricada de tubo cuadrado de 40 x 40 x 2mm de acero inoxidable A304.

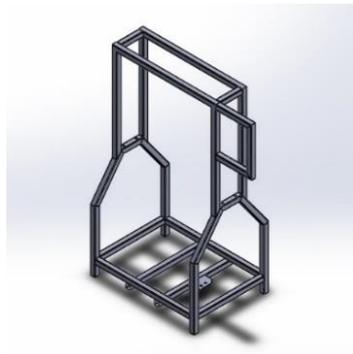


Figura 10. Base del Prototipo

### 2.5.2. Tanque o recipiente

Es un recipiente de acero Inoxidable A304, ésta es una aleación de hierro con contenido de cromo 10.5%, carbono 0.1% y Ni 12%, muy indicado para guardar leche porque tiene una resistencia alta a la corrosión al ser expuesta a temperaturas elevadas [25].

Se clasifican en dos grandes grupos:

- Tanques de almacenamiento.
- Tanques de proceso.

#### **a. Tanque de almacenamiento**

Estos tanques son usados para la recogida y recepción de la leche, la superficie de contacto es de acero inoxidable. Este tanque se encuentra provisto un sistema de agitación y sistemas de monitoreo y control [22].



Figura 11. Tanque de almacenamiento

#### **b. Tanque de proceso**

En estos depósitos los productos son tratados para cambiar sus características, y son diseñados específicamente para cada proceso de pasteurización.

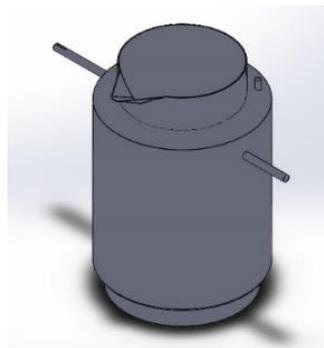


Figura 12. Prototipo de tanque pasteurizador

### **2.5.3. Agitador**

Según Ramírez [26], el forzar un fluido por medio de proporciona un movimiento circular en el interior del recipiente para su homogenización; se agitan los líquidos con diversos fines, dependiendo de los objetivos de la etapa del proceso. Dichos fines comprenden:

- a. Mezclado de líquidos miscibles
- b. Dispersión de un gas en un líquido en forma de pequeñas burbujas
- c. Transferencia de calor entre el líquido y un serpentín o encamisado

**- Tipos de agitadores:**

En la Figura 13, se observan los diferentes tipos de agitadores de acuerdo a la viscosidad del fluido que será agitado y la aplicación deseada ya sea agitación, mezclado o incremento de transmisión de calor [26].

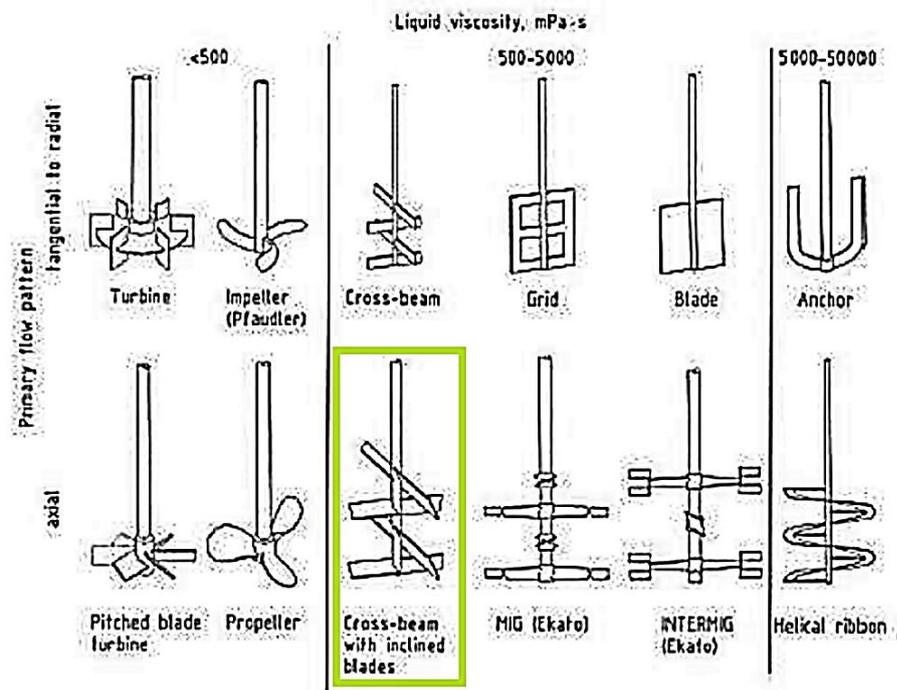


Figura 13. Tipos de Agitadores [26].

El agitador elegido según la aplicación al diseño del prototipo realizado es de tipo Cross-beam with inclined blades.



Figura 14. Agitador tipo paletas inclinadas

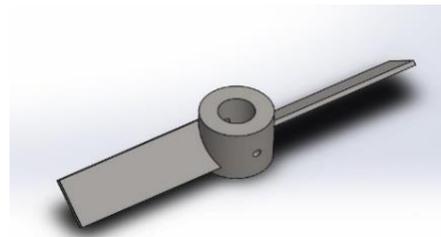


Figura 15. Paletas del agitador

#### 2.5.4. Motor reductor

Los motor reductores son elementos mecánicos adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesitan para reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura [22].



Figura 16. Moto-reductor

Características:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido.

#### 2.5.5. Tablero de Control

El tablero eléctrico está compuesto de dispositivos de conexión (borneras), control (controlador electrónico de temperatura, temporizador, termocupla), maniobra (contactores, interruptor, breakers, relés) y protección (paro de emergencia). Todos estos dispositivos permiten una instalación de control adecuada.



Figura 17. Tablero de Control

## 2.6. Accesorios del Equipo

### 2.6.1. Manómetro

Instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica [27].



Figura 18. Manómetro

### 2.6.2. Válvula de alivio de presión.

Son equipos de seguridad diseñados para proteger recipientes cerrados aliviando las presiones cuando estas superan su límite, brinda protección contra la ruptura o explosión de los mismos [28].



Figura 19. Esquema Válvula de alivio [28]

### 2.6.3. Válvula de paso

Las válvulas o llaves de paso son importantes para el funcionamiento tipo on/off cuando se quiere regular el paso del agua que circula en la doble camisa [29].



Figura 20. Válvula de paso [29].

## CAPITULO 3

### CÁLCULOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DEL TANQUE PASTEURIZADOR

#### 3.1 Diseño y cálculo del prototipo

En el presente estudio se propone calentar una cantidad de 50lt de leche para el Centro de Acopio de la Comunidad de Turucucho, y posteriormente ser utilizada con fines de consumo o producción de derivados, para lo cual hay que tener algunas consideraciones; la temperatura de inicio es de 4°C, tomando en cuenta que la leche se encuentra en un tanque enfriador y posteriormente debe llegar a una temperatura de 63°C y mantenerse durante 30 minutos para completar el proceso; la altura en Cayambe es de 2830 metros sobre el nivel del mar y la presión de trabajo es de 14,9 PSI; el tanque de trabajo está fabricado con una base semi-toriesférica, con una doble camisa y el calentamiento es a gas.

Como datos iniciales se tiene:

- Altura de Cayambe = 2800 m.s.n.m.
- Presión en Cayambe = 14,91 PSI

#### 3.1.1. Parámetros de diseño

Tabla 6. Especificaciones del diseño

Descripción	Especificación	Unidades
Capacidad	50	Litros
Presión de diseño	35	PSI
Potencia motor reductor	0.5	HP
Entrada chaqueta	$\frac{3}{4}$	plg
Entrada para válvula de seguridad	Neplo macho $\frac{3}{4}$	plg
Descarga de chaqueta	Neplo macho $\frac{3}{4}$	plg
Soldadura	TIG	
Agitador	Platina 3	mm
Estructura	Tubo cuadrado de 40x2	mm

Especificaciones del diseño, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

### 3.1.2. Cálculos para determinar la presión de trabajo

A continuación se detalla las presiones a considerar para el diseño del tanque y su correcto funcionamiento a la hora de trabajar.

#### - Presión Compuesta de trabajo

Según Van Industry [30], la presión para el diseño; parte de la presión compuesta de trabajo.

$$h_1 = \frac{V}{\# \text{ tanques} \cdot \pi \left( \frac{D_i}{2} \right)^2} \quad (1)$$

Donde:

$h_1$  = Altura del tanque

$V$  = Volumen del recipiente

# tanques = Cantidad de tanques

$D_i$  = Diámetro interior

$$h_1 = 0.7669m$$

La presión del fluido en el tanque parte de la ecuación dada por [30].

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h_1 \quad (2)$$

$$\Delta P = 1032 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.7669m = 7764.71 \frac{kg}{m \cdot s^2} = 0.0766atm$$

#### - Presión de diseño teórica

Esta presión se obtiene por la sumatoria de la presión compuesta, la presión de la carga y la presión atmosférica [30].

$$P_t = \Delta P + P_c + P_{atm} \quad (3)$$

$$P_t = (0.0766 + 1 + 1)atm = 2.0766atm$$

#### - Presión de diseño interna

Según Van Industry [30], la presión interna se determina con la siguiente formula:

$$P_d = P_t \cdot 1.15 \quad (4)$$

$$P_d = 2.0766 \cdot 1.15 = 2.38atm$$

- **Presión Externa**

$$P_e = 1atm \quad (5)$$

**3.1.3. Datos del Acero Inoxidable (AISI 304)**

A continuación en la Tabla 7 se detalla las propiedades del acero.

Tabla 7. Propiedades del acero

<b>Acero AISI 304</b>	
Resistencia a la fluencia (Sy)	35KSI
Esfuerzo Ultimo (Su)	84KSI
Módulo de elasticidad (E)	29000KSI (193GPa o 2460.74KG/cm <sup>2</sup> )
Densidad	7.8g/cm <sup>3</sup> (0.28lb/in <sup>3</sup> )
Conductividad térmica (K)	16.28 W/m <sup>2</sup> .°C
Temperatura Max	870-925°C

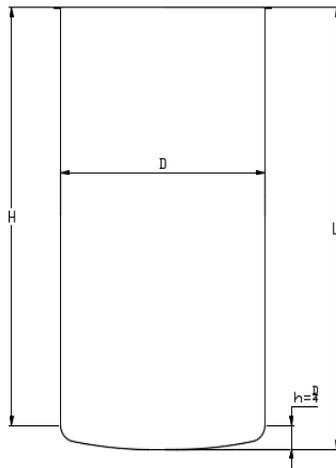
Propiedades del acero, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

**3.1.4. Diseño del tanque**

Tabla 8. Parámetros de diseño del recipiente contenedor

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
Capacidad	96.38Litros
Cuerpo	Cilíndrico
Base	Semi-toriesférica
Temperatura de diseño	120°C
Fluido a utilizar	Leche

Parámetros de diseño del recipiente contenedor, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



H= Altura del tanque

D = Diámetro del tanque

h = Altura del domo toriesférico

Figura 21. Diseño del tanque

**- Diseño del tanque según la esbeltez**

Según Ramírez [26], el cálculo del tanque de reacción en función de su esbeltez de la altura y el diámetro.

$$Esbeltez = \frac{H}{D} \tag{6}$$

$$Esbeltez = 2$$

**- Determinar la altura y el diámetro del tanque en función del volumen**

Según Ramírez [26], la altura del toriesférico en función de la altura del tanque está dada por:

$$V = \frac{\pi D}{4} 2D \tag{7}$$

Donde:

V = Volumen del tanque

D = Diámetro del tanque

$$D = \sqrt[3]{\frac{2xV}{\pi}} ; D = 0.399m$$

$$H = 2.D ; H = 0.800m$$

- **Determinar la altura de la base toriesférica**

La altura del toriesférico en función de la altura del tanque es:

$$h = \frac{D}{4} \quad (8)$$

$$h = \frac{400}{4} = 100\text{mm}$$

- **Volumen del cilindro**

$$V_{cilind} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} H \quad (9)$$

$$V_{cilind} = \frac{\pi(0.4)^2}{4} 0.7 = 0.088\text{m}^3$$

- **Volumen de la base toriesférica**

$$V_{Torie} = \frac{(\pi \cdot D^2 \cdot h)}{6} \quad (10)$$

$$V_{Torie} = \frac{\pi \cdot 0.4^2 \cdot 0.1}{6} = 8.38 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

- **Volumen del tanque**



$$V_{Tanq\_Liq} = V_{Cilin} + V_{Torie} \quad (11)$$

$$V_{Tanq\_Liqui} = 0.088 + 0.00832$$

$$V_{Tanq\_Liqui} = 0.09638\text{m}^3 \times \frac{1000\text{Lt}}{1\text{m}^3} = 96.38\text{Lt}$$

**Nota:** Llenado del tanque a un máximo del 80%

Figura 22. Diseño del taque  
de acuerdo al llenado total

- **Altura de llenado**

$$Llenado = 96.38lt \cdot 0.80 = 77.104lt \quad (12)$$

$$Llenado = 77.104lt \cdot \frac{1m^3}{1000lt} = 0.0771m^3$$

$$Llenado = 0.0771 - 0.00838 = 0.0687m^3$$

$$V_{Cilind} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} H \quad (13)$$

$$V_{Cilind} = 0.0687 = \frac{\pi \cdot 0.4^2}{2} H \rightarrow H = 0.55m \rightarrow H = 550mm$$

$$H_{Llenado} = 550 + 100 = 650mm$$

$$H_{libre} = 800 - 650 = 150mm$$

Ya definido el volumen y dimensiones del tanque para el proceso de pasteurización de leche, se procede a definir el tipo de impulsor:

Los impulsores de tipo hoja cruzada con inclinación a  $45^\circ$  (para homogeneización) son eficaces para favorecer el intercambio térmico en líquidos de baja viscosidad los impulsores de turbina generan fuertes corrientes que se distribuyen por todo el estanque, destruyendo bolsas de fluido estancado [31].

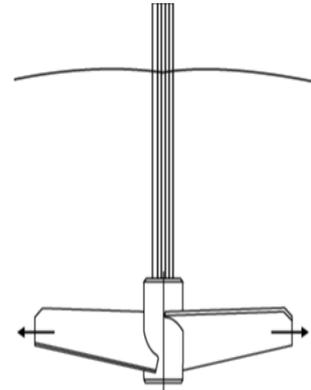


Figura 23. Impulsor tipo turbina axial -  $45^\circ$  bipala

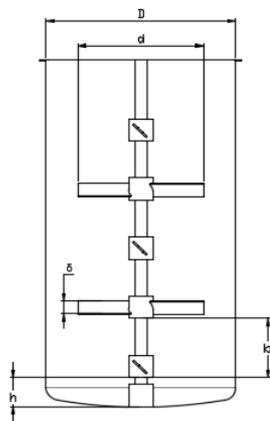


Figura 24. Impulsor tipo turbina axial dentro del tanque

Ya definida la utilización de un impulsor de tipo turbina axial -  $45^\circ$ , y considerando los datos de entrada con respecto a las dimensiones del tanque, es posible obtener con la tabla 8, las dimensiones generales del agitador.

Según Ramírez [26], el cálculo del agitador para el tanque de recepción en función de las medidas de la altura y el diámetro del tanque está dada por la siguiente tabla 9.

Tabla 9. Dimensiones generales del agitador [26]

Ítem	Descripción	Formula
d	Diámetro de aspas	$D = 1.50 d$
h	Distancia del tanque al agitador	$h = 0.15 d$
b	Distancia entre aspa y aspa	$b = 0.5 d$
$\delta$	Ancho de la aspa	$\delta = 0.15 d$

Dimensiones generales del agitador, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

- **Diámetro impulsor (d)**

$$\frac{D}{d} = 1.50 \quad (14)$$

$$d = \frac{D}{1.50} = \frac{400}{1.50} = 266.7mm$$

- **Distancia fonda a base del impulsor (h)**

$$\frac{h}{d} = 0.15 \quad (15)$$

$$h = 0.15 \cdot d = 0.15 \cdot 266.7 = 40.005mm$$

- **Altura de las aspas (b)**

$$\frac{b}{d} = 1 \quad (16)$$

$$b = 1 \cdot d = 1 \cdot 266.7 = 266.7mm$$

- **Ancho de paleta ( $\delta$ )**

$$\frac{\delta}{d} = 0.15 \quad (17)$$

$$\delta = 0.15 \cdot d = 0.15 \cdot 266.7 = 40.005mm$$

### 3.1.5. Identificación de esfuerzos

El proceso de agitación somete al agitador y sus elementos a soportar la acción de diferentes tipos de esfuerzos y cargas entre ellos tracción, compresión, torsión, pandeo. Estos factores determinarán los tamaños y dimensiones adecuadas de los elementos que lo conforman:

- a. **Compresión:** Al poner el agitador en funcionamiento, este ejerce un empuje sobre el fluido contrario al flujo del fluido y en dirección del eje de rotación.
- b. **Tracción:** Esfuerzo al que es sometido el eje del agitador por el peso propio del impulsor.
- c. **Torsión:** Al girar el agitador se producen esfuerzos perpendiculares a las palas los que genera un momento sobre el eje.
- d. **Pandeo:** El eje se encuentra fijo unido al acople del reductor con un extremo del eje, provocando en su extremo libre un esfuerzo de pandeo al producirse el giro.

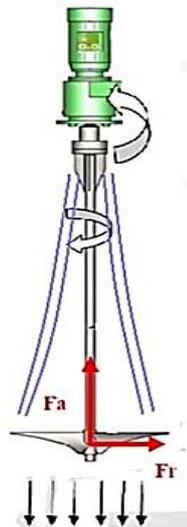


Figura 25. Paleta del agitador

### 3.1.6. Potencia del agitador

Para que el proceso de agitación sea eficaz, la capacidad del fluido agitado debe ser capaz de llegar hasta las paredes más lejanas del recipiente, donde hay varios factores importantes que influyen a su homogenización; como la velocidad de circulación, la turbulencia del fluido, entre otros. Todos estos parámetros generan un consumo de energía, por lo tanto se debe conocer la potencia consumida [32].

Se puede conocer la potencia consumida por el agitador utilizando números adimensionales como el número de Reynolds y el número de potencia por medio de gráficos, entre otros adicionales; estos gráficos son directamente relacionados entre la geometría del agitador y de la presencia o falta de placas deflectoras [32].

### 3.1.7. Números adimensionales

#### a. Número de Reynolds (Re)

El número de Reynolds es un valor adimensional que permite caracterizar el movimiento de un fluido. Relacionando factores en una expresión como densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión típica de un flujo. La presencia de flujo laminar o turbulento de un líquido que se agita se puede llegar a determinar con el número de Reynolds [33].

$$R_e = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (18)$$

Tabla 10. Datos para el cálculo de número de Reynolds

Ítem	Descripción	Unidades	Datos
<b>N</b>	Velocidad de giro	RPS	30/60
<b>d</b>	Diámetro del agitador	m	0,132
<b>ρ</b>	Densidad de fluido	kg/m <sup>3</sup>	1032
<b>μ</b>	Viscosidad	Kg/m.s	2.2x10 <sup>-3</sup>

Datos para el cálculo de número de Reynolds, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

$$R_e = \frac{\left(\frac{30}{60} \cdot \frac{2\pi}{1}\right) \cdot 0.2667^2 \cdot 1032}{2.2 \cdot 10^{-3}}$$

$$R_e = 1048221156$$

El valor del número de Reynolds define si el flujo del fluido es laminar, transitorio o turbulento [33].

Se define el flujo del fluido en una tabla de rangos:

Tabla 11. Régimen del número de Reynolds

Tipo de régimen	Valores
Laminar	Re<10
Transitorio	300<Re<10000
Turbulento	Re>10000

Régimen número de Reynolds, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

### b. Número de potencia (Np)

El número de Potencia es proporcional entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. Cuando el flujo del fluido se considera como régimen turbulento, Np tiene valor constante en tiempo [33].

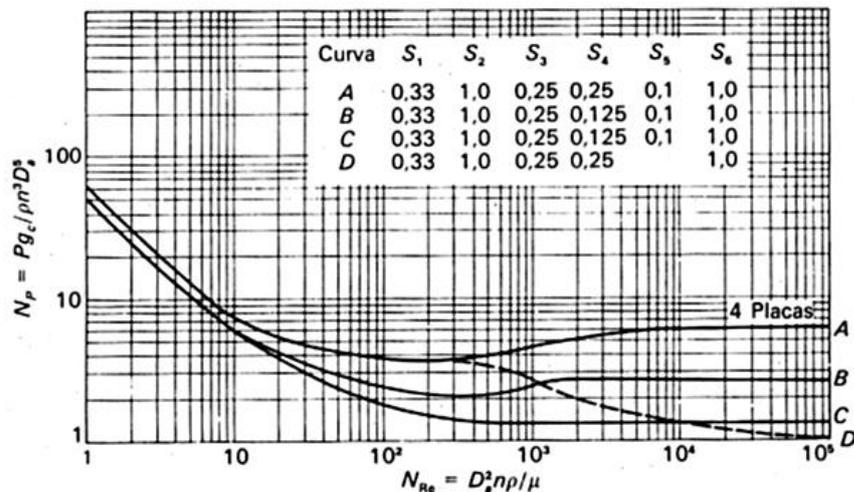


Figura 26. Curva para palas verticales del impulsor

La curva A se utiliza para palas verticales del impulsor, La curva B y C para palas verticales y estrechas, la curva D se utiliza en un estanque que no posee placas deflectoras.

$$N_p = \frac{P}{N^3 d^5 \rho} \quad (19)$$

$$N_p = 4$$

Tabla 12. Datos del número de potencia

Ítem	Descripción		Datos
P	Potencia de agitación del impulsor	W	-
N <sub>p</sub>	Número de potencia	-	4
N	Velocidad de giro	RPS	30/60
d	Diámetro del agitador	m	0,2667
ρ	Densidad del fluido	kg/m <sup>3</sup>	1.032

Datos del número de potencia, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

$$P = N_p \cdot N^3 \cdot d^5 \cdot \rho \quad (20)$$

$$P = 4 \cdot \left( \frac{30 \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1} \right)^3 \cdot 0.2667^5 \cdot 1032$$

$$P = 172.705W \cdot \frac{1Hp}{745.7W}$$

$$P = 0.2316Hp \approx 1/4Hp$$

### c. Número de Froude (Fr)

El número de Froude es una medida que relaciona la fuerza de inercia y la fuerza gravitacional por unidad de área que actúa sobre el fluido. Se utiliza en el cálculo del consumo de potencia cuando el fluido del estanque mantenga un movimiento de ondas importante a causa de la falta de placas deflectoras.

$$F_r = \frac{N^2 d}{g} \quad (21)$$

Donde:

N= velocidad de rotación (rps)

d= diámetro del agitador (m)

g= aceleración de gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$$F_r = \frac{\left(\frac{30 \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1}\right)^2 \cdot 0.2667}{9.8}$$

$$F_r = 0.2686$$

### 3.2. Selección del motor

Eficiencia del motor: 0.7

Perdidas por fricción: 35%

$$P_{real} = \frac{P_n \cdot 1.35}{F} \tag{21}$$

$$P_{real} = \frac{0.2316 \cdot 1.35}{0.7} = 0.45Hp$$

$P_{real}=0.5hp$  a 30 RPM (En el mercado disponible)

Para la selección del motor, se consideraron los siguientes puntos:

- Cumplimiento de la potencia y velocidad requerida para la agitación (0,5 Hp a 30 RPM)
- Trabajo a la intemperie.
- Brida posición vertical
- Conjunto motriz apto para ser controlado electrónicamente.
- Cumplimiento de las normas de fabricación internacional (Norma IEC) [34].

#### a. Diseño de los espesores del tanque la sección toriesférica.

Dado que es un requerimiento que el tanque tenga salida por su parte inferior, el tanque deberá ser elevado. Debido a su gran resistencia, se empleó una cabeza ASME Domo Toriesférica para el fondo del tanque.

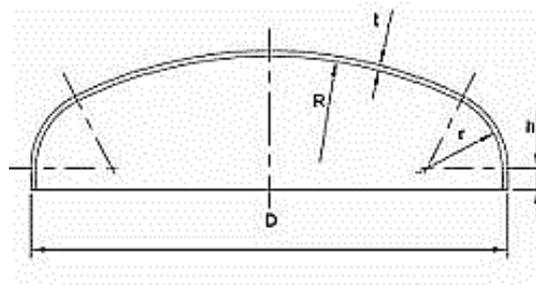


Figura 27. Dimensiones características del Domo toriesférica en una vista girada 180° [35].

- Espesor del toriesférica  $t_{cab} = mm$
- Presión interna del tanque  $P_{tan\ que} = Bar$
- Diámetro interno del tanque  $L = mm$
- Factor que depende de la relación  $M = (L/r) = 1.10$
- Esfuerzo del material  $S = Bar$
- Factor del soldador  $E = 0.85$
- Factor de seguridad  $F_s = 2.5$

$$t_{cab} = \frac{P_{Tanq} \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P_{Tanq}} \quad (22)$$

$$t_{cab} = 0.258mm \rightarrow \text{Mas el 10\%}$$

$$t_{cab} = 1.10 \cdot 0.258mm = 0.2838mm$$

### b. Diseño de los espesores del tanque la sección cilíndrica

$$t_c = \frac{P_c \cdot R_{int}}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_c} \quad (23)$$

$$t_c = 0.000327m \approx 0.33mm$$

### c. Selección del espesor para el recipiente

En la Tabla 13, se tienen los parámetros para seleccionar el espesor de la plancha que se utilizará para la construcción basados en el diámetro nominal del recipiente interno con una base semi toriesférica de la marmita.

Según Inglesa [33], dice que los espesores se determinan según su diámetro en este rango de diámetros como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Determinación del espesor de la plancha [33]

Diámetro nominal (m)	Espesor mínimo (mm)
<15.24	3
15.24 – 36.576	6.35
36.576 – 60.96	7.93
<60.96	9.52

Por lo tanto el tanque se fabricó con un espesor de 3mm en planchas de acero INOX A304, tanto la base como el cuerpo cilíndrico al igual que su doble camisa. La presión a la que trabajara es de 35PSI.

### 3.3. Cálculo del diámetro del eje

Según las normas ASME [35], para determinar el diámetro del eje el que asegurará la rigidez y resistencia necesarias para cuando este transmita potencia que generen cargas combinadas.

Para un eje macizo con carga axial ligera o nula.

- Cálculo del torque máximo

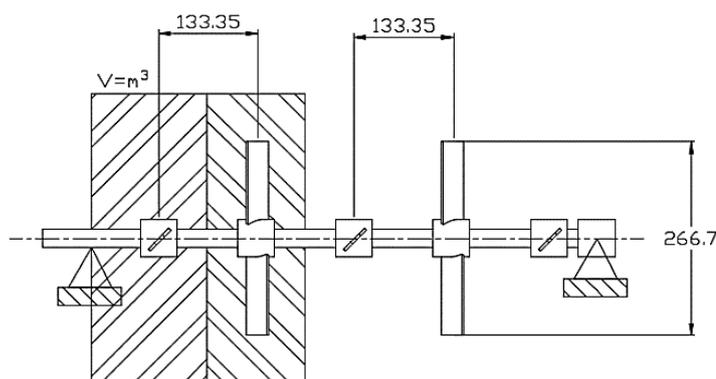


Figura 28. Eje del agitador [35]

Datos:

Pot = 0.5 Hp

n = 1700 RPM a 30 RPM

$$T = \frac{Pot}{n} \quad (24)$$

$$T = \frac{0.5Hp \cdot \min}{30Rev} \times \frac{745.69W}{1Hp} \times \frac{1Nm}{1Ws} \times \frac{1Rev}{2\pi} \times \frac{1Kg}{9.8N} \times \frac{60s}{1\min} \times \frac{100cm}{1m}$$

$$T_{max} = 1211.023Kg \cdot cm$$

- Cálculo de la fuerza máxima del eje

$$F = \frac{T}{r} \quad (25)$$

$$F = \frac{1211.032Kg \cdot cm}{133.33mm \cdot \frac{1cm}{10mm}} = 90.815Kg$$

- Volumen de carga por paleta

$$V_1 = A \cdot h \quad (26)$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h \rightarrow V_1 = 0.01675m^3$$

- Fuerza a ejecutar por la paleta

$$P = V \cdot \delta \quad (27)$$

$$P = 0.01675m^3 \cdot 1032 \frac{kg}{m^3} = 17.293kg$$

$$T = P \cdot r \quad (28)$$

$$T = 17.293kg \cdot 13.335cm = 230.61kg \cdot cm$$

Se utilizará un acero inoxidable A 304 cuyas características son:

- Esfuerzo de fluencia ( $S_y$ ) = 35000 PSI; 241.32 MPa
- Esfuerzo de Ruptura ( $S_r$ ) = 84000 PSI; 579.16 MPa

$$\tau = [\tau] = 0.3 \cdot S_y \quad (29)$$

$$\tau = [\tau] = 0.3 \cdot 35000PSI \rightarrow [\tau] = 10500PSI = 738.223 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J}; J = \frac{\pi \cdot r^4}{512}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{512 \cdot T}{\pi \cdot \tau}} \rightarrow r = 3.7 \text{ cm}$$

Comercialmente se vende ejes de:  $1 \frac{1}{2} p1g \approx 38.1 \text{ mm}$

### 3.4. Selección de chaveta

Para la selección de la chaveta se utiliza la tabla normalizada S/DIN-6885/1.

La chaveta deberá dimensionarse de manera que pueda transmitir el mismo momento o par de torsión que el eje correspondiente. Por lo tanto la longitud de la chaveta debe ser como mínimo, igual a 1,5 veces el diámetro del eje [32].

Los chaveteros deberán tener bordes redondeados en todos los sentidos con el fin de evitar la formación de grietas y posteriores roturas.

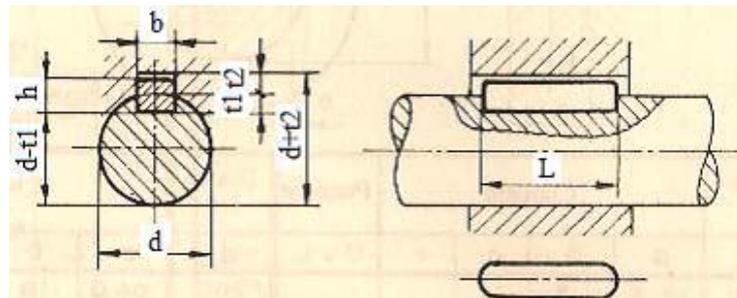


Figura 29. Chaveta paralela S/DIN-6885/1 [32].

Diam. Eje "d" en mm desde-hasta	Medidas chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo		Medidas del chavetero en el eje		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		d + t2 mm	Tol. Admisible (en altura) mm	t1 mm	Tol. Admisible (en altura) mm	Diam. mm desde-hasta	Tol. H-7 mm
17-22	6x6	d+2.6	+0.1	3.5	+0.2	10-18	+0.018 0
22-30	8x7	d+3.0		4.1			
30-38	10x8	d+3.4	4.7	30-50		+0,025 0	
38-44	12x8	d+3.2	4.9				
44-50	14x9	d+3.6	5.5	50-80		+0,030 0	
50-58	16x10	d+3.9	6.2				
58-65	18x11	d+4.3	6.8	80-120		+0,035 0	
65-75	20x12	d+4.7	7.4				
75-85	22x14	d+5.6	8.5	120-180		+0,040 0	
85-95	25x14	d+5.4	8.7				
95-110	28x16	d+6.2	9.9	180-250		+0,046 0	
110-130	32x18	d+7.1	11.1		+0.3		

Figura 30. tabla de chavetas paralelas S/DIN-6885/1

### 3.5. Diseño del eje de apoyo del tanque en la estructura

#### a. Carga máxima del fluido

$$P = V_{liq} \cdot \delta_{leche} \quad (30)$$

$$P = 103.2kg$$

Tabla 14. Cargas máximas del fluido

Carga (P)	Fuerza (Kg)
P leche	103.2
P tanque	80
P Agitador	10
P Reductor	15

Carga máxima del fluido, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

$$\sum P_{total} = 208.2Kg$$

#### b. Cargas a flexión

Según el manual American Institute of Steel Constructions [34], la carga puntual del tanque con fluido en la doble camisa y en el tanque, el diagramas de cuerpo libre es el siguiente:

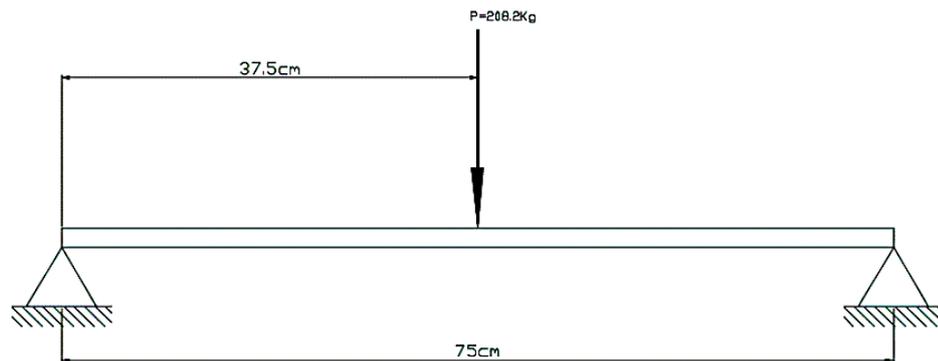


Figura 31. Diagrama de cuerpo libre del tanque sobre los ejes de apoyo [34].

$$\uparrow \sum F_y = 0 \quad (31)$$

$$R_A + R_B = 207.2Kg$$

$$\uparrow \sum M_A = 0 \quad (32)$$

$$R_A = 104.1Kg$$

$$R_B = 104.1Kg$$

**c. Diagrama de corte**

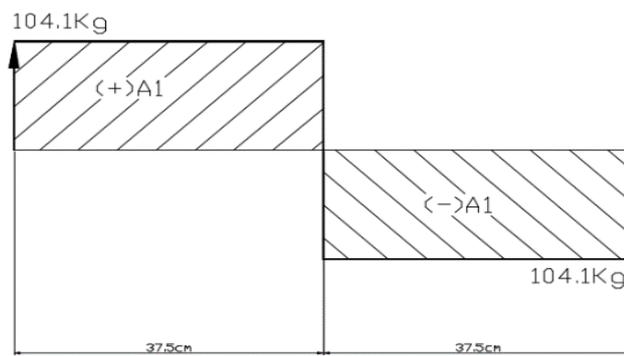


Figura 32. Diagrama de corte del tanque sobre los ejes de apoyo [34].

$$A_1 = 104.1Kg \cdot 37.5cm = 3903.75Kg \cdot cm$$

$$A_2 = 104.1Kg \cdot 37.5cm = 3903.75Kg \cdot cm$$

**d. Diagrama de momentos**

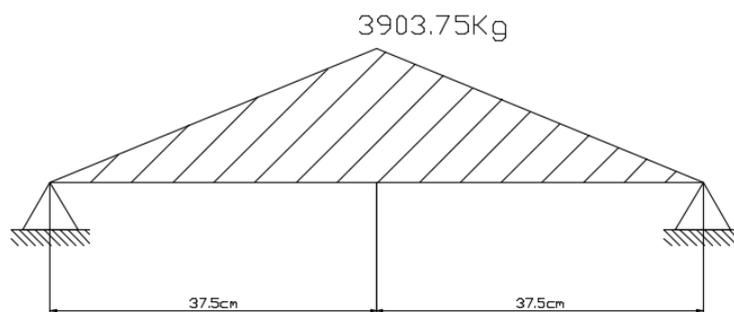


Figura 33. Diagrama de momentos del tanque sobre los ejes de apoyo [34].

### e. Cálculo del eje

$$[\sigma] = 0.6 \cdot F_y \quad (33)$$

$$[\sigma] = 1476.44 \text{ Kg/cm}^2$$

$$M_{\max} = 3903.75 \text{ Kg.cm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot [\sigma]}} = 2.99 \text{ cm}$$

En el mercado se dispone de un eje de 1 1/4plg equivalente a 31.75 mm

### 3.6. Diseño de la estructura

$$\text{Acero A304} \rightarrow \sigma = 35000 \text{ PSI} = 2460.74 \text{ Kg/cm}^2$$

#### a. Diagrama de cuerpo libre

Según el manual American Institute of Steel Constructions [34], la carga puntual del tanque con fluido en la doble camisa y en el tanque sobre la estructura para determinar la sección del material, el diagramas de cuerpo libre es el siguiente:

#### b. Carga puntual del eje sobre la estructura

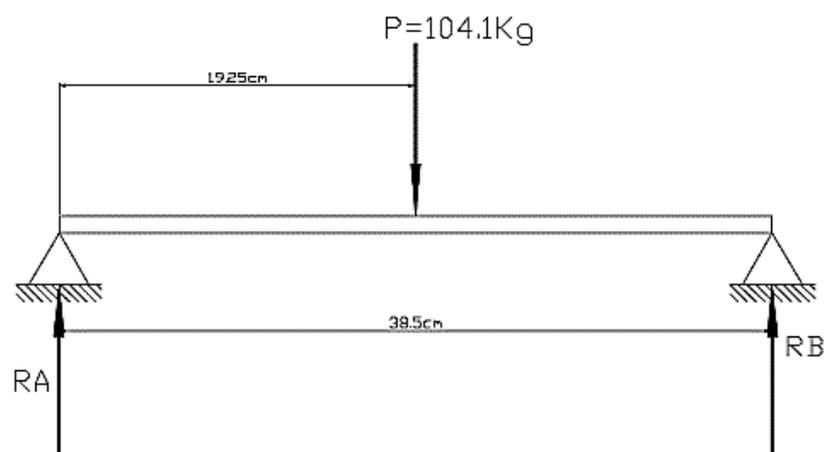


Figura 34. Diagrama de cuerpo libre de la carga puntual del eje sobre la estructura [34].

$$\uparrow \sum M_B = 0 \quad (35)$$

$$R_A = 52.05Kg$$

$$R_B = 52.05Kg$$

### c. Esfuerzos a Flexión

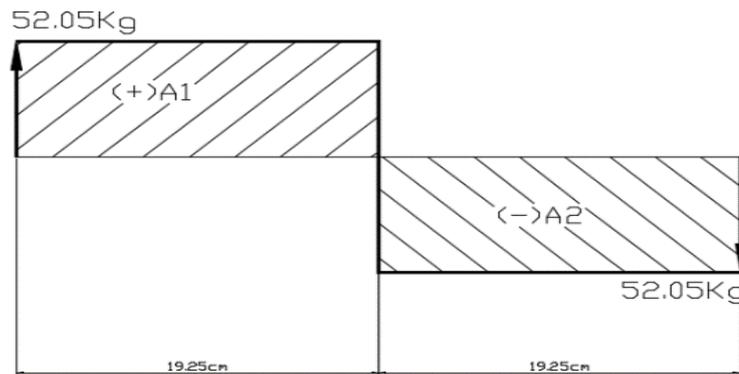


Figura 35. Diagrama de esfuerzos a flexión de la carga puntual del eje sobre la estructura

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s} \quad (36)$$

$$F_s = 1.6$$

$$[\sigma] = 1476.44 \text{ Kg/cm}^2$$

### d. Diagrama de corte

$$A_1 = 1001.963 \text{ Kg.cm}$$

$$A_2 = 1001.963 \text{ Kg.cm}$$

$$M_{\max} = 1001.9625 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

$$S_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = 0.6786 \text{ cm}^3$$

### e. Sección seleccionada

Se ha seleccionado un tubo cuadrado de 38.1 x 38.1 x 1.2 mm con una sección  $S_x = 3.44 \text{ cm}^3$  en acero A304 por la disponibilidad en el mercado.

### 3.7. Análisis térmico

Para el análisis térmico se tomara como punto de partida un sistema cerrado con una masa de control que consta de una cantidad constante de masa en el tiempo. Es decir, ningún tipo de masa puede entrar o salir del sistema. Pero la energía aportada al sistema, en forma de calor (trabajo) puede ingresar cruzando la frontera; y el volumen del sistema cerrado puede variar en el tiempo [36].

#### a. Balance de energía con la tapa cerrada

Según el libro de Cengel [36], el principio básico de balance de energía en un sistema cerrado indica que la variación de energía del sistema es igual a la energía que entra al sistema menos la energía que sale del mismo.

$$E_{entra} - E_{Sale} = \Delta E_{Sistema} \quad (37)$$

En este análisis, se calculará la energía que ingresa al sistema que en este caso es la energía que se necesita para calentar 80 litros de leche en el recipiente interno que es el paso inicial del proceso.

$$E_{entra} = \Delta E_{Sistema} + E_{Sale}$$

#### b. Variación de la energía interna del sistema.

Al interior de un sistema, se encuentran distintos tipos de energía relacionadas con partículas que estas conforman su energía interna [36].

Según el libro de Cengel [36], la energía interna en un sistema es la sumatoria de todas las energías del interior del sistema, por lo que no incluyen la energía cinética global debido a que la velocidad no es constante en el tiempo, ni la energía potencial gravitatoria global ya que no está en determinadas posiciones una respecto a la otra, ni la energía potencial elástica global por la ausencia de vibraciones dentro del sistema.

$$\Delta E_{sistema} = \Delta \mu_{sistema} \quad (38)$$

$$\Delta \mu_{sistema} = \Delta \mu_{leche} + \Delta \mu_{TQint} + \Delta \mu_{vap} + \Delta \mu_{chaq} + \Delta \mu_{tapa}$$

$$\Delta\mu_{sistema} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{agua} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{TQ\text{int}} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{vap} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{chaq} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{tapa}$$

$$\Delta E_{sistema} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{leche} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{TQ\text{int}} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{agua} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{chaq} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{tapa}$$

Donde:

- m: masa del fluido
- Cp: calor específico del fluido
- $\Delta T$ : Variación de temperaturas en el fluido

### c. Energía saliente (pérdida de calor)

Durante el proceso de calentamiento del agua en un sistema cerrado donde no entra ni sale masa, las pérdidas de calor que existen son producto de las pérdidas de calor por convección natural y perdidas de calor por radiación del sistema [36].

$$E_{sale} = E_{convección} + E_{radiación} \quad (39)$$

$$Q_{sale} = Q_{conveccion} + Q_{radiación}$$

$$Q_{Sale} = h \cdot A_S (T_S - T_\infty) + \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_S^4 - T_\infty^4)$$

### d. Calculo del rendimiento

En la Tabla 15, se tienen datos que se serán como base para los cálculos para el análisis térmico del recipiente.

Tabla 15. Parámetros base para cálculos de la base

Ítem	Parámetros	Valores
T $\infty$	Temperatura ambiente	15°C
T0	Temperatura inicial de la leche	4°C

T <sub>s</sub>	Temperatura a la que llega la leche	63°C
T	Temperatura de entrada del agua	15°C
t	Tiempo para que la leche llegue a temperaturas de ebullición	600s
L	Altura del recipiente	0.8m
D	Diámetro del recipiente interior	0.4m

---

Parámetros base para cálculos de la base, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

### e. Cálculo de valor de masa

Para resolver la ecuación en la variación de energía interna del sistema se necesita calcular la masa de todos y cada uno de los elementos que intervienen en la transferencia de calor indirecto del sistema.

Para realizar los cálculos de rendimiento del sistema se requieren los siguientes datos:

- Leche                      Fluido interno
- $Vol_{leche} = 80\text{Litros}$       Volumen del tanque
- $C_p = 3.9\text{KJ} / \text{kg}^\circ \text{K}$       Calor específico de la leche
- $k = 0.580\text{W} / \text{m}^\circ \text{C}$       Conductividad térmica
- $\rho = 1032\text{kg} / \text{m}^3$       Densidad de la leche

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{40}$$

$$m = \rho V$$

$$m = 1032\text{kg} / \text{m}^3 \cdot 0.08\text{m}^3$$

$$m = 82.56\text{kg}$$

Se determina el valor de la masa de la leche dentro del tanque.

**f. Tanque interior (plancha AISI 304 de 3mm de espesor)**

$m_{TQ_{int}} = 27.08\text{kg}$  Masa del cilindro con base toriesférica en este caso está trabajando como recipiente interior de la marmita.

$C_p = 0.477\text{KJ} / \text{kg}^\circ\text{K}$  Calor específico del acero inoxidable.

**g. Cámara de agua**

$T = 126.26^\circ\text{C}$  Temperatura dentro de la cámara de vapor de agua.

$P = 35\text{PSI}$  Presión de diseño en la cámara de vapor de agua.

Según el libro de Cengel [36], el calor específico del agua corresponde al siguiente valor:

$$C_p = 2.1603\text{KJ} / \text{kg}^\circ\text{K}$$

La temperatura dentro de la cámara de vapor es de 126.26 °C, con una presión de diseño de 35 PSI; interpolando los valores se obtiene un volumen específico en  $\text{kg}/\text{m}^3$  y una entalpía en  $\text{kJ}/\text{kg}$  en la Tabla 16, del libro de Termodinámica de Cengel para lograr el cálculo de la densidad del vapor de agua a dicha temperatura [36].

Tabla 16. Valores de volumen específico y entalpía [36].

Temperatura (°C)	V (m <sup>3</sup> /kg)	H(KJ/kg)
125	0.77012	2713.1
126.26	0.749561	2714.86
130	0.66808	2720.1

Volumen específico:  $V = 0.749561 [\text{Kg} / \text{m}^3]$

Entalpía:  $h = 2714.86 [\text{kJ} / \text{kg}]$

$$\rho = \frac{1}{V}$$
$$\rho = \frac{1}{0.749561 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} = 1.3341 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

El volumen dentro de la cámara de vapor de agua, donde va a circular el vapor saturado dentro de la marmita

$$V = 0.058m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 1.3341 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.058m^3 = 0.07805kg$$

#### h. Chaqueta (Plancha AISI 304 de 3mm de espesor)

$m_{TQint} = 42kg$  Masa del cilindro con base toriesférica que en este caso está como doble camisa de la marmita.

$Cp = 0.477KJ / kg^{\circ} K$  Calor especifico del acero AISI 304.

#### i. Tapa (AISI 304 e= 3mm)

$m_{tapa} = 5.13Kg$  Masa de la tapa

$Cp = 0.477KJ / kg^{\circ} K$  Calor especifico del acero inoxidable.

### 3.8. Variación de energía del sistema

$$\Delta E_{sistema} = (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{leche} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{TQint} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{aga} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{chaq} + (m \cdot Cp \cdot \Delta T)_{tapa} \quad (41)$$

$$\Delta E_{sistema} = [(82.56kg \cdot 3.9 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ} K})_{leche} + (27.08kg \cdot 0.477 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ} K})_{TQint} + (0.07805kg \cdot 2.1603 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ} K})_{agua} + (42kg \cdot 0.477 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ} K})_{chaq} + (5.13kg \cdot 0.477 \frac{kJ}{kg \cdot ^{\circ} K})_{tapa}] \cdot [(63 + 273) - (4 + 273)]^{\circ} K$$

$$\Delta E_{sistema} = (357.05507) \frac{kJ}{^{\circ} K} ((336) - (277))^{\circ} K$$

$$\Delta E_{sistema} = 21095496841kJ$$

Para obtener la variación de energía ( $\Delta E_{sistema}$ ) en kW-h se multiplica por un factor de conversión donde 1kW-h es igual a  $3.6 \times 10^3$  kJ

$$\Delta E_{sistema} = 20950.84kJ \cdot \left| \frac{1KW - h}{3.6 \times 10^3} \right|$$

$$\Delta E_{sistema} = 5.8197KW \cdot h$$

Con el valor de la variación de la energía interna del sistema ( $\Delta E_{sistema}$ ), se procede a realizar el cálculo de las pérdidas de calor por convección natural, y así calcular la temperatura a la que se encuentra la película  $T_f$  con la siguiente ecuación.

$$T_f = \frac{1}{2}(T_s - T_\infty) \quad (42)$$

Donde:

$T_f$  = Temperatura de la película

$T_s$  = Temperatura final

$T_\infty$  = Temperatura de inicio

$$T_f = \frac{1}{2}(63 - 4)^\circ C$$

$$T_f = \frac{1}{2}(59)^\circ C$$

$$T_f = 29.5^\circ C$$

Luego de obtener la temperatura  $T_f$  se consultan en las tablas de propiedades del aire los valores de conductividad térmica, número de Prandtl y viscosidad cinemática.

**- Propiedades del aire a  $T_f = 29.5^\circ C$**

A continuación los valores de conductividad térmica, número de Prandtl y la viscosidad cinemática obtenidos del libro de transferencia de calor y masa de Cengel [36].

$$k = 0.02588 \frac{W}{m^\circ C} \quad (43) \quad \nu = 1.608 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$Pr = 0.7282$$

Con los datos de tablas anteriormente obtenidos se procede a calcular el coeficiente de expansión volumétrica utilizando la ecuación a continuación presentada.

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (45)$$

$$\beta = \frac{1}{(29.5 + 273)K} = \frac{1}{(302.5)K} = 0.0033K^{-1}$$

Ya con el valor del coeficiente de expansión volumétrica, se tienen los datos suficientes para realizar el cálculo del número de Rayleigh el cual se obtiene de la multiplicación del número de Grashof y el número de Prandtl, por medio de la formula enunciada a continuación.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta(T_s - T_\infty) \cdot Lc^3}{\nu^2} \quad (46)$$

$$Ra = Gr \cdot Pr$$

$$Ra = \frac{g \cdot \beta(T_s - T_\infty) \cdot Lc^3}{\nu^2} \cdot Pr$$

$$Ra = \left[ \frac{9.81 \frac{m}{s^2} (0.0033K^{-1}) [(63 + 273) - (15 + 273)]K \cdot (0.9m)^3}{(1.608 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s})^2} \right] 0.7282$$

$$Ra = (479.9 \times 10^6) \cdot 0.7282 = 350.1 \times 10^6$$

Para este caso la superficie exterior del cilindro vertical se tomara como una pared vertical cuando el diámetro del mismo sea suficientemente grande para que así los efectos de la curvatura sean despreciables para efectos de cálculo. Para cumplir esta condición se tiene la siguiente relación expresada en la siguiente ecuación:

$$D \geq \frac{35Lc}{Gr^{1/4}} \quad (47)$$

$$\frac{35Lc}{Gr^{1/4}} = \frac{35 \cdot (0.9m)}{(350.1 \cdot 10^6 / 0.7282)^{1/4}} = 0.2127$$

$$0.400m \geq 0.2127m$$

Ya comprobado que cumpla la relación anteriormente enunciada, se procede a calcular el número de Nusselt utilizando correlaciones empíricas de Nusselt promedio, para

obtener el valor de la convección natural sobre una pared plana vertical utilizando la formula presentada a continuación:

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad (48)$$

$$Nu = (0.085 + 8.44)^2$$

$$Nu = 89.38$$

A continuación se calculara el coeficiente promedio de transferencia de calor sobre la superficie plana cuya fórmula se enuncia a continuación:

$$h = \frac{k}{L} Nu \quad (49)$$

$$h = \frac{0.02588 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}{0.9} \cdot (89.38)$$

$$h = 5.78 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- **Área de transferencia de calor**

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (50)$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot 0.200 \cdot 0.650 \Rightarrow A = 0.817m^2$$

Al sustituir valores ya obtenidos del coeficiente promedio de transferencia de calor y el área de transferencia de calor se calcula el calor de convección, para este caso en particular la pérdida de calor es por convección natural ( $Q_{conv}$ ).

$$Q_{conv} = h \cdot A_s (T_s - T_\infty) \quad (51)$$

$$Q_{conv} = (5.78) \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (0.817)m^2 (63 - 4)^\circ C$$

$$Q_{conv} = 278.61W$$

Para determinar el valor de pérdidas de calor por radiación se aplica la siguiente formula a continuación enunciada.

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot A_s \cdot \sigma (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (52)$$

$\varepsilon = 0.17$  Valor de la emisividad para el hacer inoxidable A304

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$  Constante de Stefan-Boltzmann.

$$Q_{rad} = \left[ (0.17) \cdot (0.817)m^2 (5.67 \cdot 10^{-8}) \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right] \left[ (63 + 273)^4 - (4 + 273)^4 \right] K^4$$

$$Q_{rad} = (6.9445 \cdot 10^{-9}) W (18.6 \cdot 10^9)$$

$$Q_{rad} = 129.39W$$

Ya con las pérdidas de calor por convección natural y por radiación, se suman estos valores para así obtener la perdida de calor total del sistema cerrado ya planteado.

$$Q_{Total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (53)$$

$$Q_{Total} = 279.6 + 129.39$$

$$Q_{Total} = 408.99W = Q_{Sale}$$

Para obtener el valor de la energía que sale en Joules, se debe multiplicar el valor resultante por el tiempo que está en funcionamiento el equipo, en el que se produjeron las pérdidas de calor para luego multiplicar  $E_{sale}$  por un factor de conversión para tener el resultado en  $kW h$ .

$$E_{Sale} = 408.99 \frac{J}{S} \cdot 600s$$

$$E_{Sale} = 245.39kj$$

$$E_{Sale} = 245.39kj \cdot \frac{1Kw \cdot h}{3.6 \cdot 10^6 J}$$

$$E_{Sale} = 0.068165kW \cdot h$$

Obtenido todos estos valores de la variación de energía del circuito y la energía que se pierde en él mismo, se suman los dos resultados para tener el valor total de energía que ingreso al sistema cerrado de una manera ideal.

$$E_{entra} = \Delta E_{sistema} + E_{sale} \quad (54)$$

$$E_{entra} = (5.8197 + 0.068165)kW \cdot h$$

$$E_{entra} = 5.8878kW \cdot h = E_{requerida}$$

## CAPITULO 4

### ANÁLISIS DE COSTOS

En el presente capítulo se desarrollara y analizara los rubros que darán paso a determinación de la cantidad de recursos económicos y físicos necesarios para el desarrollo y puesta en marcha del proyecto, así también expresar una medida de rentabilidad.

En las siguientes Tablas 17, 18 y 19, se observa los materiales necesarios para realizar el proyecto.

Tabla 17. Materiales del prototipo

---

<b>Materiales para fabricación del Prototipo</b>	
<b>TANQUE</b>	Tanque exterior inoxidable A304
	Tanque interior inoxidable A304
	Tapa del tanque A304
	Motor reductor
	Eje central y paletas A304
	Estructura del motor reductor
	Manómetro
	Termocupla tipo K inoxidable
	Llave ¼ vuelta
	Tubo de salida inoxidable A304
	Manija inoxidable A304
	Estructura giratoria A304
	Válvula de seguridad
	Quemador industrial a gas
	Manguera de gas
	Chumaceras
Tubo de soporte del tanque	

---

Materiales del prototipo, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

Tabla 18. Detalle del material eléctrico de control

<b>Materiales para tablero eléctrico</b>	
<b>TABLERO DE CONTROL</b>	Gabinete para tablero eléctrico
	Contactores
	Luz piloto
	Pulsador de paro de emergencia
	Timer análogo
	Relés
	Controlador de temperatura
	Sonda de temperatura
	Conexión del motor a 220V
	Encendedor automático del quemador

Detalle del material eléctrico de control, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

Tabla 19. Material para sistema de gas

<b>Materiales para conexión del sistema de gas</b>	
<b>SISTEMA DE GAS</b>	Modulo
	Campana de gas
	Válvula solenoide de llama piloto
	Solenoide de paso de gas
	Quemador industrial
	Borneras de contacto
	Cañería de Cobre
	Barra de Ionización

Material para sistema de gas, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

Un punto fundamental en el análisis de costos es definir los tipos de costos según el comportamiento a lo largo del proyecto.

**a. Costos Directos (Variables)**

- Costos de materiales directos.
- Costos de materiales estandarizados.

- Costos de máquinas y herramientas.
- Costos de montaje y puesta en marcha.

**b. Costos Indirectos (Fijos)**

- Costos de materiales indirectos.
- Costos de asesoría de ingeniería.
- Varios.

**4.1. Costos Variables**

Son aquellos costos relacionados directamente con los materiales para la construcción del proyecto.

**4.1.1. Costo de material directo**

Se refiere a la materia prima necesaria para la construcción de los elementos que conforman la marmita.

En la siguiente Tabla 20, se muestra los materiales directos utilizados para la construcción.

Tabla 20. Detalle de costos en material directo

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio uni.</b>	<b>Costo total + IVA</b>
Plancha inoxidable A304			
MATE 3mm x 4' x 8'	3	\$ 135,00	\$ 405,00
Varilla 10 mm inoxidable	2	\$ 22,50	\$ 45,00
Eje mecanizado 1.78 x 1"	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Platina 1''x 3/16	1	\$ 48,00	\$ 48,00
Tubo cuadrado inoxidable A304			
40 x 40 x 2mm	4	\$ 45,83	\$ 183,32
Aspas inoxidable A304 2'' x 36	4	\$ 25,00	\$ 100,00

Base de volante mecanizado	1	\$ 65,00	\$ 65,00
Buje central mecanizado	1	\$ 28,00	\$ 28,00
Tubo capilar 0.70	10	\$ 0,58	\$ 5,85
Tubería de cobre	5	\$ 2,80	\$ 15,96
Conexión de sistema de gas	1	\$ 180	\$ 180
Tablero eléctrico de control	1	\$ 680,00	\$ 680,00

---

**\$ 1.956,13**

Detalle de costos en material directo, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.1.2. Costo de materiales Estandarizados

Son los materiales que encontramos en stock en el mercado nacional y no es necesario modificados y trabajarlos antes de ser utilizados. Los rubros de estos elementos estandarizados se observan a continuación en la Tabla 21.

Tabla 21. Detalle de costos en materiales estandarizados

Descripción	Cant.	Costo
Perno hexagonal inoxidable ( ½”x 1”)	20	\$ 2,40
Tuerca hexagonal inoxidable ( ½” x 1”)	20	\$ 1,90
Anillo plano inoxidable ( ½” x 1”)	20	\$ 0,80
Anillo presión inoxidable ( ½” x 1”)	20	\$ 0,21
Perno hexagonal inoxidableM14	4	\$ 6,68
Tuerca inoxidable (M14 x 2.00 mm)	4	\$ 1,40
Bushing inoxidable 150 lbs ¾”x ¼”	1	\$ 2,00
Válvula esfera ¾”	2	\$ 12,00

Neplo SCH 40 NPT inoxidable ¾"	2	\$ 2,60
Unión inoxidable 150lbs roscada ¾"	2	\$ 2,50
Unión inoxidable 150lbs roscada ¾"	2	\$ 2,50
Cola de puerco roscada ¼"	1	\$ 13,14
Manómetro glicerina	1	\$ 14,00
Tapón hembra inoxidable ¾ plg	1	\$ 1,53
Llave ¼ vuelta	1	\$ 5,00
Acople terminal macho ¾ "	1	\$ 0,80
Regulador GLP de 3 kg/h	1	\$ 15,98
Adaptador universal	1	\$ 6,70
Motor monofásico ½ HP – 1700RPM	1	\$ 220,25
Caja reductora a 30 RPM	1	\$ 249,99
		<b>\$ 562,38</b>

Detalle de costos en materiales estandarizados, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.1.3. Costo de máquinas y herramientas

Se refieren al costo de mano de obra de un servicio externo, en la Tabla 22, los tiempos son estimados para cada pieza.

Tabla 22. Detalle de costos en material maquinado

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo total</b>
Soldadura	40	\$250,00
Mecanizado aspas	4	\$ 100,00
Barolados	20	\$ 160,00
		<b>\$ 510,00</b>

Detalle de costos en materiales maquinado, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.1.4. Costo de montaje y puesta en marcha

Estos rubros de montaje y puesta en marcha están explicados a continuación en la Tabla 23, estos valores están relacionados con la mano de obra, transporte y asesoría para el montaje y funcionamiento de la marmita en el Centro de Acopio.

Tabla 23. Detalle de costos en montaje y puesta en marcha

<b>Descripción</b>	<b>Cant.(horas)</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo total</b>
Soldador en proceso TIG	5	\$ 12,50	\$ 62,5
Ayudante de soldador	5	\$ 6,25	\$ 31,25
Asesoramiento	8	\$ 25,00	\$ 200,00
			<b>\$ 293,75</b>

Detalle de costos en montaje y puesta en marcha, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.1.5. Costos Directos Totales

Tabla 24. Detalle de costos totales directos

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo total</b>
Material directo	1	\$ 1.956,13
Material normalizado	1	\$ 562,38
Maquinado	1	\$ 510,00
Montaje e instalación	1	\$ 293,75
		<b>\$ 3.322,26</b>

Detalle de costos totales directos, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.2. Costos Indirectos

Son aquellos costos relacionados con la construcción del producto, el valor es conocido en su totalidad luego de terminado el producto.

#### 4.2.1. Costo de materiales indirectos

En la siguiente Tabla 25, se muestra los materiales indirectos necesarios para la construcción del prototipo.

Tabla 25. Detalle de material indirecto

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Uni.</b>	<b>Costo total +IVA</b>
Grata circular	1	\$ 6,25	\$ 6,25
Lija de agua # 1000	5	\$ 0,49	\$ 2,45
Disco corte hierro 7 x 1/16"	2	\$ 1,29	\$ 2,58
Disco corte hierro 2 x 1/16"	2	\$ 0,97	\$ 1,94
Disco corte hierro 2 x 1/8"	2	\$ 0,84	\$ 1,67
Gel limpiador decante	1	\$ 6,51	\$ 6,51
Electrodo inoxidable	5 kg	\$ 14,29	\$ 71,45
Argón	2	\$ 20,00	\$ 44,80
			<b>\$ 137,65</b>

Detalle de costos en material indirecto, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.2.2. Varios

En la siguiente tabla 26, se enumeran los gastos técnicos adicionales tales como: logística, comunicaciones y transporte.

Tabla 26. Detalle gastos varios

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Uni.</b>	<b>Costo total</b>
Impresiones de documento	600	\$ 0,25	\$ 150,00
Transporte de materiales	8	\$ 5,00	\$ 40,00
Internet	50	\$ 0,50	\$ 50,00
Recargas móviles	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Electricidad	3	\$ 30,00	\$ 30,00
Visitas técnicas Cayambe	3	\$ 45,00	\$ 135,00
Transporte tanque Cayambe	1	\$ 80,00	\$ 80,00
			<b>\$ 545,00</b>

Detalle de gastos varios, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.2.3. Costos Indirectos Totales

A continuación en la Tabla 27, se encuentra detallado el valor total de los gastos indirectos.

Tabla 27. Detalle de costos totales indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Costo total</b>
Material indirecto	1	\$ 137,65
Gastos varios	1	\$ 545,00
		<b>\$ 705,72</b>

Detalle de costos totales indirectos, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.3. Costo total del prototipo

A continuación en la Tabla 28, se detalla el valor total de la inversión, para la construcción, funcionamiento y puesta en marcha del prototipo de tanque pasteurizador.

Tabla 28. Detalle de costos totales del prototipo

<b>Descripción</b>	<b>Costo total</b>
Material directo	\$ 3.322,26
Material indirecto	\$ 705,72
	<b>\$ 4.027,98</b>

Detalle de costos totales del prototipo, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.3.1. Proyección de ingresos anuales

En la siguiente Tabla 29, se muestra un estimado de ingresos tanto mensual como anual con proyección a 5 años.

Tabla 29. Estimado de ingresos rentables del prototipo

<b>Año</b>	<b>Ingreso mensual</b>	<b>Ingreso anual</b>
1	\$ 320,00	\$ 3.840,00
2	\$ 384,00	\$ 4.608,00
3	\$ 256,00	\$ 3.072,00
4	\$ 192,00	\$ 2.304,00
5	\$ 128,00	\$ 1.536,00

Estimado de ingresos rentables del prototipo, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

#### 4.4. Análisis de tasa mínima del rendimiento (TMAR).

$$TMAR = i + f + i * f$$

Donde:

i: Riesgo de la inversión

f: Inflación anual

Se toma un valor del 20.40 % para el riesgo, tomando en cuenta la deuda externa pública como un porcentaje del producto interno bruto y la inflación anual -0,03% acorde con indicadores económicos del Ecuador. [37].

A continuación, en la Figura 33, se muestra los indicadores económicos del Ecuador.

▶ <u>Deuda Externa Pública como % del PIB (Diciembre 2015):</u>	<u>20.40%</u>
▶ <u>Inflación Anual (Septiembre-2017/Septiembre-2016):</u>	<u>-0.03%</u>
▶ <u>Inflación Mensual (Septiembre-2017):</u>	<u>-0.15%</u>
▶ <u>Tasa de Desempleo Urbano a Septiembre-2017:</u>	<u>5.36%</u>
▶ <u>Tasa de interés activa (Octubre - 2017):</u>	<u>7.86%</u>
▶ <u>Tasa de interés pasiva (Octubre - 2017):</u>	<u>4.80%</u>
▶ <u>Barril Petróleo (WTI 22-Oct-17):</u>	<u>51.47USD</u>
▶ <u>Indice Dow Jones (22-Oct-2017):</u>	<u>23328.63</u>
▶ <u>Riesgo País 22-Oct-2017):</u>	<u>562.00</u>

Figura 36. Indicadores económicos de Ecuador [37].

$$TMAR = 0,204 + (-0,0003) + 0,204 * (-0,0003)$$

$$TMAR = 0.204 \approx 20,4\%$$

#### 4.5. Análisis del valor actual neto (VAN)

Se debe tener presente para el cálculo del valor VAN los siguientes criterios descritos en la Tabla 30.

Tabla 30. Criterios del VAN [38]

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
VAN > 0; Inversión favorable	Cuánto mayor a cero sea el valor, esto significa una ganancia.
VAN = 0; Inversión sin rentabilidad	El proyecto de inversión no generará rentabilidad ni tampoco pérdidas.
VAN < 0; Inversión en contra	El proyecto de inversión genera pérdidas, por lo que el proyecto no es viable y debe ser rechazado.

El valor actual neto se obtiene de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (55)$$

Donde:

**I<sub>o</sub>**: Inversión inicial para el proyecto.

**F<sub>t</sub>**: Flujos futuros que producirá el proyecto.

**r**: Tasa de retorno del proyecto

**t**: Cantidad de años a utilizarse el proyecto

#### 4.6. Análisis de la tasa interna de retorno (TIR)

El proyecto ofertado resulta económicamente rentable, cuanto mayor sea el valor de la tasa interna de retorno, se lo determina utilizando la siguiente ecuación propuesta.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_o = 0 \quad (56)$$

#### 4.7. Flujo de caja

Flujo de caja del primer año												
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
<b>Ingresos de caja</b>	\$ 620,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>Venta</b>	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00
Cantidad	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Precio	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50	\$ 0,50
<b>Aporte de capital</b>	\$ 120,00											
<b>Egresos de caja</b>	\$ 180,05	\$ 188,25	\$ 183,65	\$ 194,85	\$ 182,45	\$ 187,65	\$ 190,25	\$ 187,65	\$ 192,85	\$ 187,65	\$ 185,05	\$ 189,65
Compras	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00
Cantidad	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00	\$ 3,00
Precio	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
Transporte	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00	\$ 8,00
<b>Costos Fijos</b>	\$ 97,05	\$ 105,25	\$ 100,65	\$ 111,85	\$ 99,45	\$ 104,65	\$ 107,25	\$ 104,65	\$ 109,85	\$ 104,65	\$ 102,05	\$ 106,65
Luz	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00	\$ 6,00
Internet	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25	\$ 2,25
Teléfono	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70	\$ 3,70
Agua	\$ 6,00	\$ 7,00	\$ 6,00	\$ 10,00	\$ 12,00	\$ 10,00	\$ 9,00	\$ 10,00	\$ 8,00	\$ 10,00	\$ 11,00	\$ 12,00
Tanque de gas	\$ 10,80	\$ 18,00	\$ 14,40	\$ 21,60	\$ 7,20	\$ 14,40	\$ 18,00	\$ 14,40	\$ 21,60	\$ 14,40	\$ 10,80	\$ 14,40
Repuestos	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50	\$ 9,50
<b>Depreciación</b>	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80	\$ 58,80
<b>Flujo del mes</b>	\$ 439,95	\$ 311,75	\$ 316,35	\$ 305,15	\$ 317,55	\$ 312,35	\$ 309,75	\$ 312,35	\$ 307,15	\$ 312,35	\$ 314,95	\$ 310,35
<b>Flujo acumulado</b>	\$ 439,95	\$ 751,70	\$ 1.068,05	\$ 1.373,20	\$ 1.690,75	\$ 2.003,10	\$ 2.312,85	\$ 2.625,20	\$ 2.932,35	\$ 3.244,70	\$ 3.559,65	\$ 3.870,00

Figura 37. Tabla de flujo de caja del proyecto.

A continuación en la Tabla 31, se muestra el cálculo del VALOR ACTUAL NETO, TASA INTERNA DE RETORNO y el PAYBACK en una relación de beneficios y costos con TMAR=20.4% calculado anteriormente que es la tasa de interés activa [37].

Tabla 31. Tabla del análisis de costos

Años	Inversión	Egresos	Ingresos	Flujo efectivo	Acumulado sin tasa de oportunidad
0	\$- 4.027,98			-4.027,98	-4.027,98
1		\$ -2.250,00	\$3.870,00	1.620,00	-157,98
2		\$ - 2.362,50	\$4.063,50	1.701,00	3.905,52
3		\$ - 2.480,63	\$4.266,68	1.786,05	8.172,20
4		\$ - 2.604,66	\$4.480,01	1.875,35	12.652,20
5		\$ - 2.734,89	\$4.704,01	1.969,12	17.356,21
				<b>VAN</b>	<b>9.240,96</b>
				<b>TIR</b>	<b>33%</b>
				<b>RI</b>	<b>20%</b>
				<b>TIRM</b>	<b>27%</b>
				<b>PB</b>	<b>1.04 Años</b>

Tabla del análisis de costos, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

Luego de realizar el análisis da una inversión inicial en el proyecto de USD 4.027,98 para su fabricación y puesta en marcha en las instalaciones pertinentes.

El VALOR ACTUAL NETO indica un valor de USD 8.453,22 el cual es mayor que cero, lo que indica que la inversión en el proyecto genera ganancias y permite que sea viable.

El TIR da como resultado un valor del 33 %, que indica ser mayor a la tasa mínima de interés de ganancia (TMAR= 20,4%). Por tanto el análisis entrega resultados que determinan rentabilidad y satisfacción para la implementación del proyecto.

El PAYBACK (periodo de retorno) da un valor de 1.04 años que indica que a inicios del segundo mes del segundo año se recuperaría la inversión inicial y empezaría a generar ganancias.

## CONCLUSIONES

- Este prototipo de tanque pasteurizador es útil para motivar como pequeño emprendimiento al Centro de Acopio, al ser pasteurizada la leche eleva su valor económico generando ganancias del 11% adicional por cada litro de leche pasteurizada.
- Se diseñó un tanque pasteurizador de 50 litros con un factor de seguridad de  $\eta=2$  que según la norma ASME sección VIII es el adecuado para prototipos de tanques con un espesor de plancha de 3mm con presión de diseño 40 PSI que es la presión máxima que soporta la doble camisa donde se realiza un calentamiento indirecto del fluido para garantizar homogenización del producto.
- Para la fabricación del tanque se seleccionó el diseño de marmita basculante, para cumplir con el requerimiento según uso y aplicación a fin de satisfacer la cantidad producción de leche diaria por parte de la comunidad que es de 1700 a 2200 litros de leche diaria del cual se toma del 5% al 10% de leche para pasteurizarla y consumo de la comunidad.
- Se realizaron 10 pruebas de funcionamiento con una máxima optimización del combustible GLP del 63 %, generando de esta manera que por cada tanque de gas se puede pasteurizar 300 litros de leche.
- La leche después de ser procesada cumple con los requisitos microbianos que pide la norma INEN 10:2012 (ANEXO 4, página 4, Tabla 2) arrojando resultados del 95% de bacterias eliminadas tales como Mesófilos, Coliformes, Listeria, Salmonella y Echericha Coli.
- El prototipo de tanque ya instalado y funcionando arroja valores iniciales de una inversión de \$ 4.027,98; esta inversión retornará en inicios del segundo año pasteurizando 50 litros de leche diario por 22 días al mes.

## **RECOMENDACIONES**

- Para un mejor aprovechamiento de la energía térmica, se debe mantener la tapa de la marmita en la posición cerrada durante su funcionamiento.
- Se recomienda para futuras investigaciones enfocarse en el aprovechamiento de las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Para la construcción de equipos para la comunidad, investigar sobre empresas con enfoque a la ayuda social con temas dirigidos a la carrera de ingeniería.
- Se recomienda para futuros emprendimientos del centro de Acopio tomar a consideración la construcción de un prototipo a una escala mayor, que favorezca aún más el aprovechamiento del producto.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Contero, “La calidad de la leche: un desafío en el Ecuador,” *La Granja*, vol. 7, no. 1, pp. 25–28, 2008.
- [2] EL PAÍS, “La leche de Turucucho | Estilo | EL PAÍS.” [Online]. Available: [https://elpais.com/elpais/2017/05/19/estilo/1495155760\\_441367.html](https://elpais.com/elpais/2017/05/19/estilo/1495155760_441367.html). [Accessed: 06-Nov-2017].
- [3] K. J. Estrada Hernandez and E. O. Sanches Navarro, “Alimentos: ALTAS TEMPERATURAS.” [Online]. Available: <http://alimentos-cetis100.blogspot.com/2009/04/pasteurizacion-fundamento-de-la-tecnica.html>. [Accessed: 03-May-2017].
- [4] J. Pérez Porto and A. Gardey, “Definición de pasteurización - Qué es, Significado y Concepto,” 2009, 2012. [Online]. Available: <http://definicion.de/pasteurizacion/>. [Accessed: 03-May-2017].
- [5] S. Murad, “La Leche y sus propiedades nutricionales.” [Online]. Available: <http://www.zonadiet.com/bebidas/leche.htm>. [Accessed: 03-May-2017].
- [6] “Definición de Árbol » Concepto en Definición ABC.” [Online]. Available: <http://www.definicionabc.com/general/implementar.php>. [Accessed: 04-May-2017].
- [7] J. Pérez Porto and A. Gardey, “Definición de proceso - Qué es, Significado y Concepto,” 2008. [Online]. Available: <http://definicion.de/proceso/>. [Accessed: 04-May-2017].
- [8] IDFA, “Pasteurization | International Dairy Foods Association.” [Online]. Available: <http://www.idfa.org/news-views/media-kits/milk/pasteurization>. [Accessed: 23-Jul-2017].
- [9] L. Pasteur, C. Bernard, and N. Appert, “1. Historia.” pp. 76–85, 1895.
- [10] J. MORENO, “Modelamiento y control de planta Pasteurizadora,” 2013.
- [11] Diego Alfonso; Vizcarro Cabezas, “Resolucion Leche Cruda-opt.pdf,” Quito.
- [12] INEN, “Instituto ecuatoriano de normalización- Norma Técnica Ecuatoriana,” *Leche pasteurizada- Requisitos*, vol. 34, pp. 2–7, 2012.
- [13] R. Grimaldos, “Pasteurización de la leche - Monografias.com,” 2016. [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos102/pasteurizacion-leche/pasteurizacion-leche.shtml>. [Accessed: 04-May-2017].
- [14] A. Pelayo, “TRATAMIENTOS TÉRMICOS,” 2010. [Online]. Available: <http://pasteurizacionyesterilizacion.blogspot.com/2010/04/pasteurizacion-la->

- pasteurizacion-es-un.html. [Accessed: 04-May-2017].
- [15] C. Gaitan, “Resumen Pasteurización.” .
- [16] Tetra Pak, “Tratamiento a temperaturas ultra-altas (UHT) para alimentos y productos lácteos.” [Online]. Available: <https://www.tetrapak.com/ec/processing/uht-treatment>. [Accessed: 08-Nov-2017].
- [17] S. G. Laufgang, “Aceros inoxidable,” *Termo Soldex S.a, Trat. Term. Sold.*, p. 2, 2003.
- [18] C. Chavez, “Acero inoxidable 304 versus 316, ¿Cuál es mejor? Armagard, el Especialista en Armarios para PC lo investiga.” [Online]. Available: <http://www.armagard.es/blog/acero-inoxidable-304-versus-316-cual-es-mejor-armagard-el-especialista-en-armarios-para-pc-lo-investiga/>. [Accessed: 29-May-2017].
- [19] G. MORILLO, “AISI datos.” .
- [20] NKS, “Acero inoxidable 304 y 304L - NKS.” [Online]. Available: [http://www.nks.com/es/distribuidor\\_de\\_acero\\_inoxidable/acero\\_inoxidable\\_304.html](http://www.nks.com/es/distribuidor_de_acero_inoxidable/acero_inoxidable_304.html). [Accessed: 10-Sep-2017].
- [21] Ingemecánica, “Soldadura de los Aceros Inoxidables.” [Online]. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn48.html>. [Accessed: 08-Nov-2017].
- [22] S. Erazo and M. Lata, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA,” 2012.
- [23] LA HORA, “Producción de leche, otro fuerte de Cayambe : Local : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo.” [Online]. Available: <https://lahora.com.ec/noticia/1000274702/produccion-de-leche-otro-fuerte-de-cayambe>. [Accessed: 31-Jul-2017].
- [24] Portal Lechero, “Proceso de Pasteurización.” [Online]. Available: [http://www.portalechero.com/innovaportal/v/725/1/innova.front/proceso\\_de\\_pasteurizacion\\_.html](http://www.portalechero.com/innovaportal/v/725/1/innova.front/proceso_de_pasteurizacion_.html). [Accessed: 04-May-2017].
- [25] I. Group, “TA B L A S TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE TA B L A D E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.”
- [26] C. Ramirez, “DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE YOGUR EN LA FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA,” 2014.

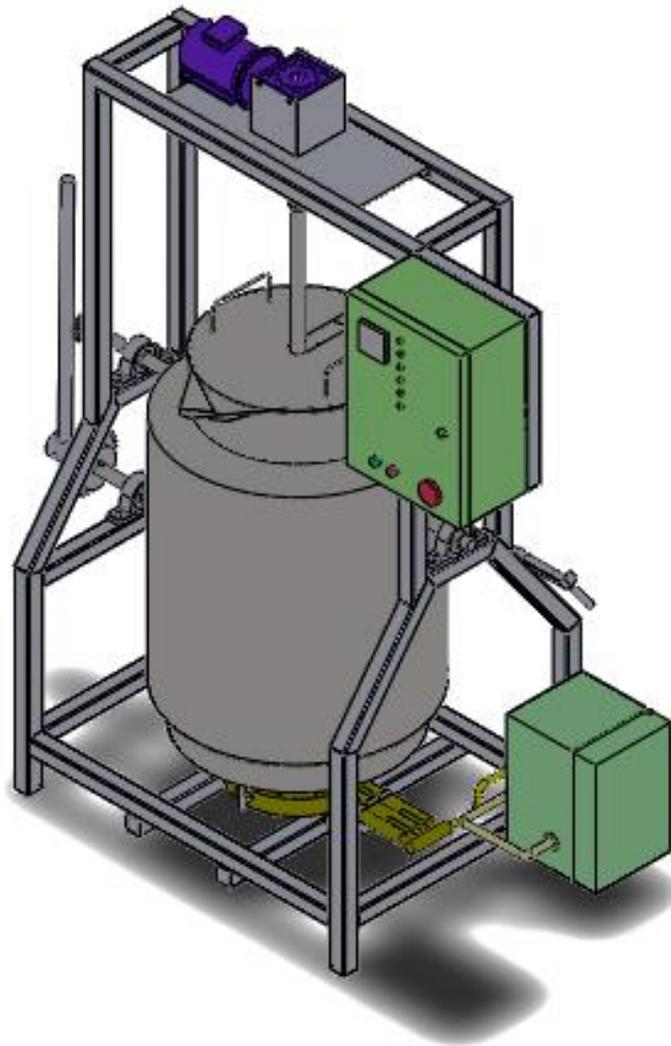
- [27] Tecnología, “manometro.” [Online]. Available: <http://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>. [Accessed: 22-Jun-2017].
- [28] BVALVE, “Válvulas de alivio de presión vacío / alivio | Bvalve.” [Online]. Available: <http://www.bvalve.es/productos/valvulas-de-alivio-de-presion-vacio-alivio/>. [Accessed: 15-Jun-2017].
- [29] Fidemar, “Válvulas de paso.” [Online]. Available: <http://www.fidemar.com.uy/site/www/productos/valvulas-de-paso.c27.html>. [Accessed: 17-Sep-2017].
- [30] Van Industry, “Manual de cálculos. Planta de producción de Acetato de Vinilo.,” *Univeridad Auton. B*, vol. 11.
- [31] FLOW Control and Handling S.A., “Agitadores Mecánicos.”
- [32] V. Castillo, “Diseño Y Cálculo De Un Agitador De Fluidos,” 2013.
- [33] Inglesa, “Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento,” pp. 1–130.
- [34] A. I. of S. Construction, “AISC Steel Construction Manual 13th.pdf.” .
- [35] V. Code, “CONSTRUCTION OF PRESSURE VESSELS,” 2004.
- [36] Y. Çengel and A. Ghajar, *Transferenciade Calor Y Masa*. 2011.
- [37] Banco Central del Ecuador, “Indicador económico del Ecuador.” [Online]. Available: <https://www.bce.fin.ec/index.php/indicadores-economicos>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [38] Economipedia, “Valor Actual Neto (VAN).” [Online]. Available: <http://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>. [Accessed: 30-Oct-2017].

## **Anexo 1**

### **Manual de Funcionamiento**

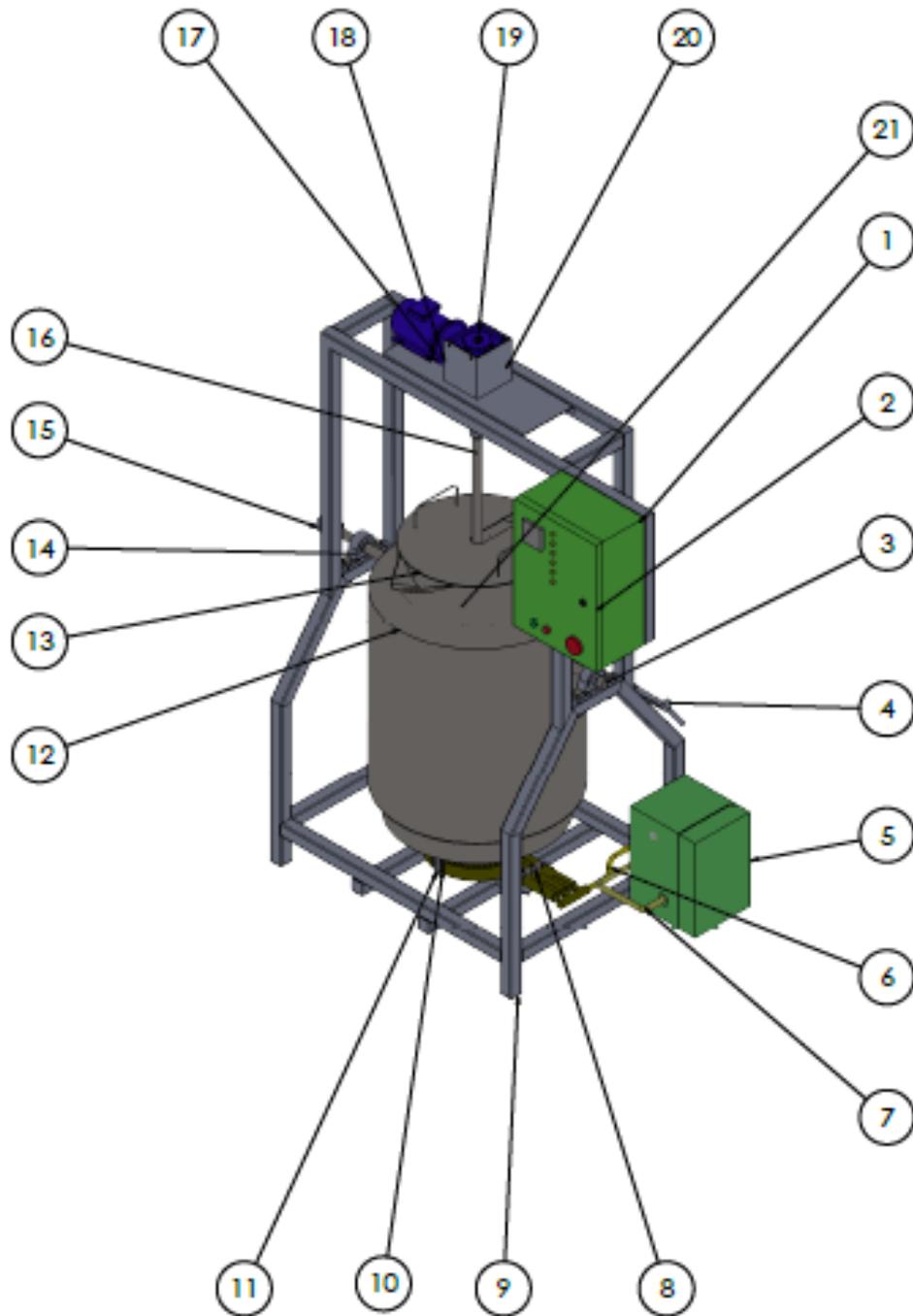
# MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

## PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE/HORA



Prototipo, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

## ELEMENTOS DEL SISTEMA PASTEURIZADOR DE LECHE



Ver página siguiente

## LISTADO DE ELEMENTOS

<b>N.º</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Estructura_volcable_tanq_pasteuriza	1
2	Tablero_control	1
3	Soporte_derec	1
4	Ensam_picaportes	1
5	Tablero_sis_gas	1
6	Cañería_flexible	1
7	Cañería_cobre_gas	1
8	Brida_quemador	1
9	Cauchos_de patas	4
10	Ensam_llama_encendido	1
11	Ensam_quemador_industr	1
12	Doble_camisa_pasteu	1
13	Tapa_tanque_pasteuri	1
14	Chumacera_volcamiento	2
15	Palanca_volteo	1
16	Ensam_Ajitador_paste	1
17	Ensam_Motor-reductor	1
18	Base_motor_reductor	1
19	Eje acople del motor_reductor	1
20	Base_superior_reductor	1
21	Tanque_menor_pasteu	1
22	Chaveta_1-4	1
23	Soporte_izquie_chaveta	1
24	Perno Hexagonal M12 x 1.75 x 70	6
25	Piton_gas	1
26	Ensam_Valvula_1-4_gas	1
27	Bosin inferior_tanque	1
28	bosin_tanque_interno	1
29	Piton_soldable_gas	1
30	Ensam_manometro_c_puerco	1
31	Codo_90_3_4	1
32	Nervios_soportes	4
38	Perno hexagonal M12 x 1.75	6
34	Bosi_de acople	1

Tabla de ítems, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

## ISTRUCTIVO PASO A PASO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	Verificar que todos los contactores, relees y puentes estén en su lugar, y que ningún cable este quemado o suelto.	
2	Conectar el enchufe de corriente a 110V.	
3	Conectar la manguera de gas al cilindro de GLP y abrir la llave de paso del mismo.	
4	Abrir el tablero y conectar el enchufe que energiza el sistema de encendido de la llama piloto; además accionar los breakers de agitador y el sensor de temperatura.	

<p>5</p>	<p>Abrir la llave que se encuentra ubicada en la cañería de cobre que da paso de gas al quemador industrial.</p>	
<p>6</p>	<p>Luego pulsar el botón verde que da inicio al proceso el cual se encuentra en la parte frontal del tablero.</p>	
<p>7</p>	<p>Verificar en la parte frontal del tablero de control que todas la luces piloto que indican cada uno de las etapas que comprende el proceso se encuentren encendidas; de la misma manera verificar que ninguna de las alerta que indique fallo del proceso se encienda.</p>	

8	Se debe esperar que el proceso finalice y la leche luego de transcurrir el tiempo establecido se encuentra lista y pasteurizada.	
9	Presionar el botón rojo para finalizar completamente el proceso.	

## PLANO ELÉCTRICO DE CONTROL

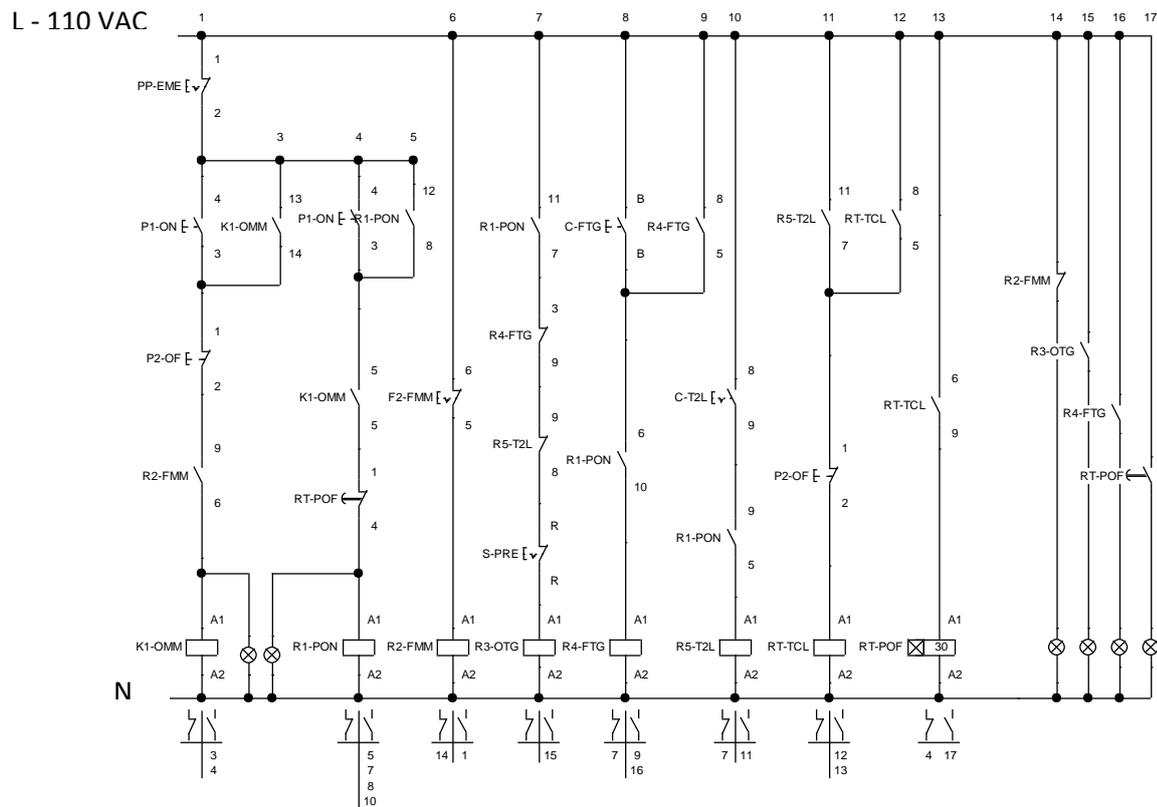


Diagrama eléctrico, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

PP-EME = paro de emergencia

P1-ON = pulso verde encender

P2-OF = pulso rojo apagar

K1-MM= contactor motor mezclador

R1-PON= relé inicio de proceso

R2-FMM= relé falla motor mezclador

R3-OTG= relé operación tarjeta de gas

R4-FTG= relé falla tarjeta de gas

R5-T2L= relé temperatura máxima de leche

RT-TCL= relé tiempo máximo a temperatura máxima de leche

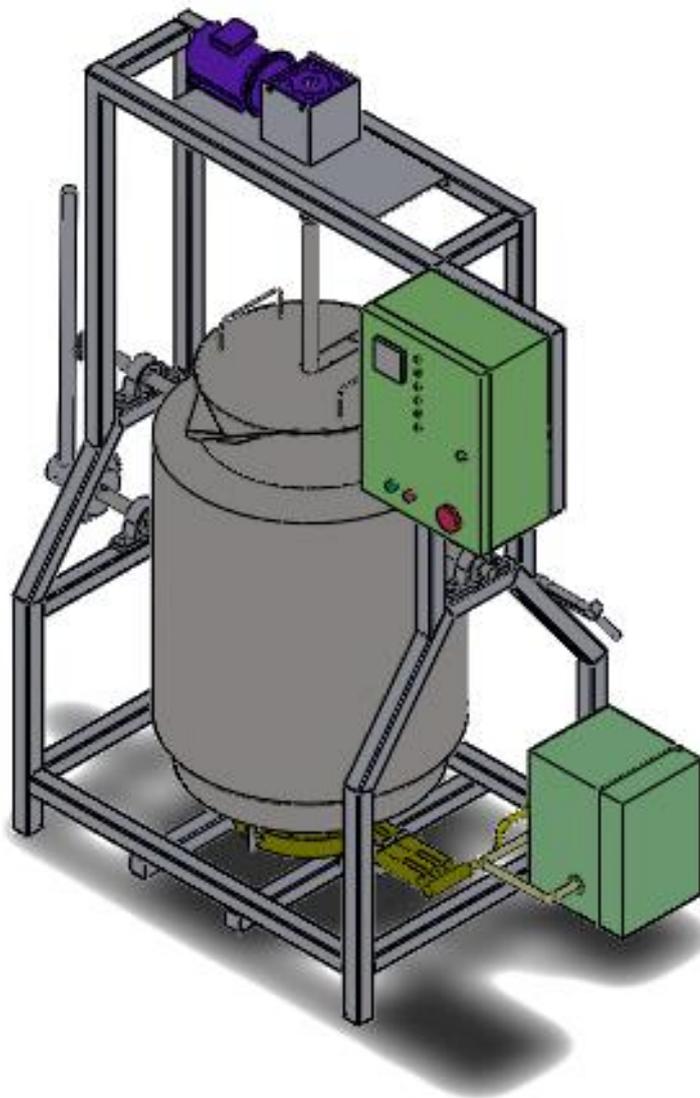
RT-POF=relé tiempo máximo para terminar proceso

**Anexo 2.**

**Manual de mantenimiento**

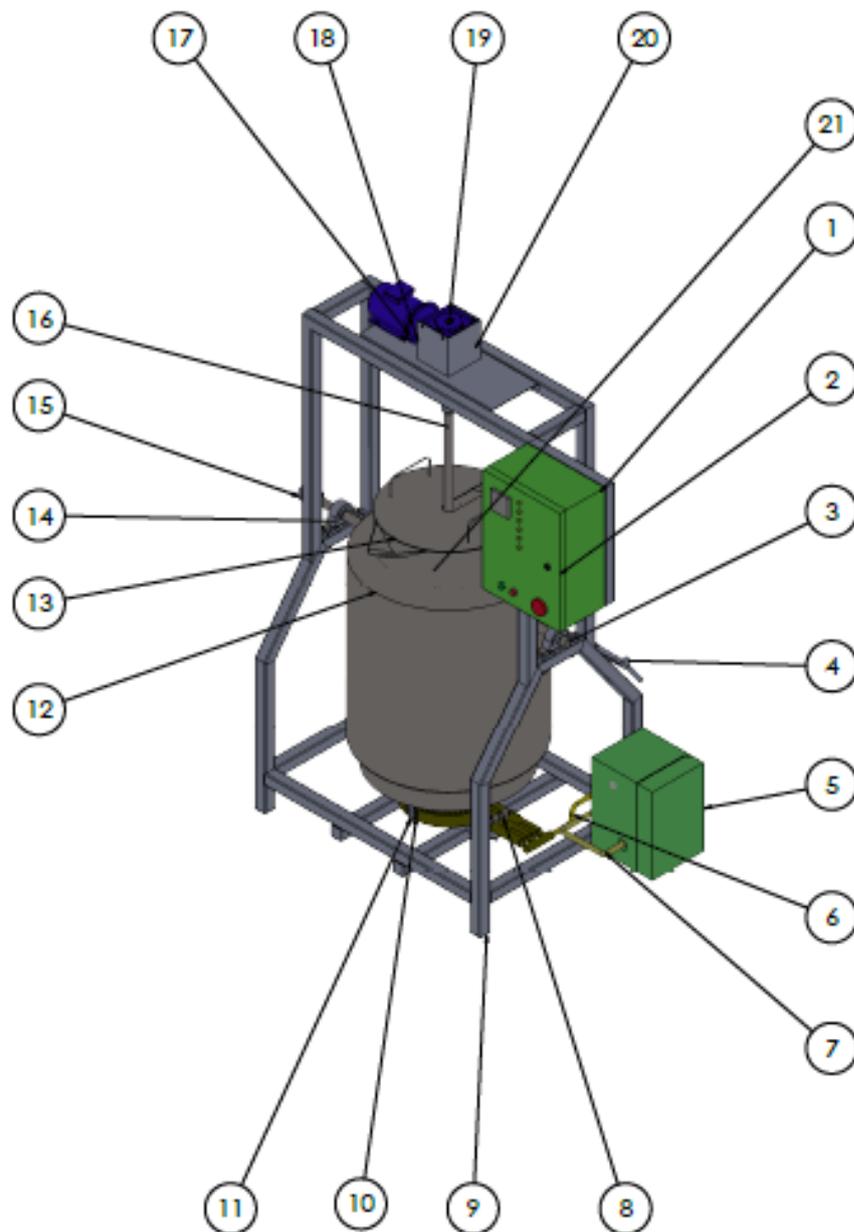
# MANUAL DE MANTENIMIENTO

## PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA PARA EL PROCESAMIENTO DE 50 LITROS DE LECHE/HORA



Prototipo del tanque, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

## ELEMENTOS DEL SISTEMA PASTEURIZADOR DE LECHE



Ver página siguiente.

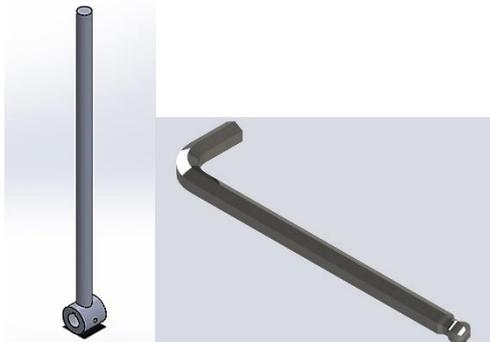
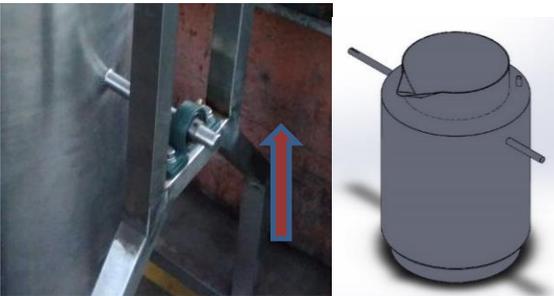
## LISTADO DE ELEMENTOS

<b>N.º</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Estructura_volcable_tanq_pasteuriza	1
2	Tablero_control	1
3	Soporte_derec	1
4	Ensam_picaportes	1
5	Tablero_sis_gas	1
6	Cañeria_flexible	1
7	Cañeria_cobre_gas	1
8	Brida_quemador	1
9	Cauchos_de patas	4
10	Ensam_llama_encendido	1
11	Ensam_quemador_industr	1
12	Doble_camisa_pasteu	1
13	Tapa_tanque_pasteuri	1
14	Chumacera_volcamiento	2
15	Palanca_volteo	1
16	Ensam_Ajitador_paste	1
17	Ensam_Motor-reductor	1
18	Base_motor_reductor	1
19	Eje acople del motor_reductor	1
20	Base_superior_reductor	1
21	Tanque_menor_pasteu	1
22	Chaveta_1-4	1
23	Soporte_izquie_chaveta	1
24	Perno Hexagonal M12 x 1.75 x 70	6
25	Piton_gas	1
26	Ensam_Valvula_1-4_gas	1
27	Bosin inferior_tanque	1
28	bosin_tanque_interno	1
29	Piton_soldable_gas	1
30	Ensam_manometro_c_puerco	1
31	Codo_90_3_4	1
32	Nervios_soportes	4
38	Perno hexagonal M12 x 1.75	6
34	Bosi_de acople	1

Tabla de ítems, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

## MANUAL DE MANTENIMIENTO MENSUAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
1	Pulsar el botón de paro de emergencia.	
2	Abrir el tablero y desconectar el enchufe de encendido eléctrico que energiza los breakers del agitador y el controlador de temperatura.	
3	Desconectar el enchufe del tomacorriente de alimentación a 110V.	
4	Cerrar la llave de paso de la cañería de cobre para el paso de gas al quemador.	
5	Cerrar la llave de paso del tanque de GLP y desconectar la manguera del mismo.	

<p>6</p>	<p>Desmontar la palanca de volteo, soltando los dos prisioneros a los extremos del mismo con una llave allen apropiada.</p>	
<p>7</p>	<p>Desmontar el agitador de aspas de su posición, girando el buje hacia arriba del acople entre el eje del reductor y el agitador para que de esta manera quede libre el agitador.</p>	
<p>8</p>	<p>Desmontar los pernos de las chumaceras de soporte para el tanque utilizando dos llaves boca o corona número 17.</p>	
<p>9</p>	<p>Una vez retirados todos los pernos, halar el tanque hacia arriba para ser desmontado de la estructura. Retirar todos los accesorios del tanque para así poder limpiarlo sin riesgo a que se dañe algún accesorio.</p>	

<p><b>10</b></p>	<p>Algunos de los accesorios que se pretende evitar el daño son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetro</li> <li>• Termocupla tipo K</li> <li>• cola de puerco</li> <li>• uniones</li> <li>• llaves de paso de ¼ de vuelta.</li> </ul>	
<p><b>11</b></p>	<p>Rellenar el graseo de cada una de las chumaceras con grasa bio-degradable grado 14.</p>	
<p><b>12</b></p>	<p>Limpiar el quemador con una brocha (soplete), retirando antes los accesorios de la llama piloto y los surtidores de GLP en el quemador.</p>	
<p><b>13</b></p>	<p>Limpiar el polvo del motor-reductor, el tablero de control y el tablero de gas con una brocha seca.</p>	

<p><b>14</b></p>	<p>Revisar que el Chispero y la Barra de Candari estén en buenas condiciones es decir que no estén dañados o carbonizados en su totalidad, caso contrario reemplazarlos.</p>	
------------------	--	--

Manual de mantenimiento, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

**16.** Volver a colocar cada uno de sus elementos en el lugar correspondiente, asegurándose que no sobren ni falten piezas retiradas anteriormente, en el caso de los tableros verificar que ningún cable este suelto, en malas condiciones, mojados o fuera de su lugar.

### **Anexo 3.**

**Fotos de la construcción de la máquina**



Elaboración del tanque, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Tanque basculante, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Aspa del agitador, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Estructura del tanque y tanque basculante, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Montaje del tanque, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Montaje del tablero, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores



Montaje del motor-reductor, Elaborado por: Mery Tipán & Diego Flores

**Anexo 4.**

**Norma Técnica Ecuatoriana para Leche Pasteurizada y Análisis de una muestra  
de leche ya Pasteurizada**

## INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 176373  
Hoja 1 de 1

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Diego Flores  
**DIRECCIÓN:** Kennedy  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 13 de noviembre del 2017  
**MUESTRA:** Leche pasteurizada  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Líquido color blanco amarillento  
**ENVASE:** Frasco estéril  
**FECHA DE TOMA DE MUESTRA:** 13 de noviembre del 2017  
**FECHA DE VENCIMIENTO:** ----  
**LOTE:** ----  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 13 – 17 de noviembre del 2017  
**REFERENCIA:** 176373  
**MUESTREO:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 24.6°C 54%HR

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA
Recuento de Aerobios mesófilos (ufc/g)	PEEMi/LA/01 INEN ISO 4833	1.5 x 10 <sup>3</sup>	Máx 5.0 x 10 <sup>4</sup>
Recuento de Coliformes totales (ufc/g)	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	< 10	Máx 1.0 x 10
Recuento de <i>Escherichia coli</i> (ufc/g)	PEEMi/LA/20 INEN 1529-7	< 10	< 10
Detección de <i>Salmonella spp</i> (25 g)	PEEMi/LA/05 INEN ISO 6579	No detectado	No detectado
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> (25g)*	PEEMi/LA/25 AOAC 2016.08	No detectado	No detectado

\* "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

NOTA: Los parámetros evaluados cumplen con valores de referencia.

*Cecilia Luzuriaga*  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL

LABOLAB  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

### INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACION SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros  
 Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Telf.: 2563-225 / 2561-350 / 3238-503/ 3238-504 Cel.: 099 959 0412 / 099 944 2153 / 098 700 1591  
 E-mails: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecialuzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec

MC

[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec)

Quito - Ecuador

Edición: 5 / Abril de 2017

**Anexo 5.**

**Planos**