

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

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de:**  
**INGENIEROS MECÁNICOS**

**TEMA**

**ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DEL TRATAMIENTO DEL  
CHOCHO EN UN LOTE DE 500 KG. EN LA CORPORACIÓN DE  
ALIMENTOS CASA**

**AUTORES**

**DIEGO ROLANDO CASA LEMA**  
**CLAUDIO DANILO TACO GUANOTASIG**

**DIRECTOR**

**MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

**Quito, febrero de 2017**

### **Cesión de derechos de autor**

Nosotros, Diego Rolando Casa Lema, con Cédula de Identidad N° 0503166126 y Claudio Danilo Taco Guanotasig con Cédula de Identidad N° 1721769261 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: “Análisis y optimización del proceso del tratamiento del chocho en un lote de 500 kg. En la corporación de alimentos Casa”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, 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, suscribimos este documento en el momento en que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, febrero del 2017



Diego Rolando Casa Lema

C.I. 0503166126



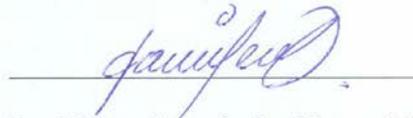
Claudio Danilo Taco Guanotasig

C.I. 1721769261

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “Análisis y optimización del proceso del tratamiento del chocho en un lote de 500 kg. En la corporación de alimentos Casa” realizado por Diego Rolando Casa Lema y Claudio Danilo Taco Guanotasig, 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 2017



Ing. Milton Salomón Jami Lema, MSc.

C.C. 1707254171

## **Dedicatoria**

Primero a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera estudiantil. A mi familia, a mi esposa y a mis hijos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo momento. Dedico estas líneas a mis padres Idilberto y Ricardina quienes fueron mi ejemplo de superación. A la Empresa Mayprom con quienes he escrito historias inolvidables.

**Diego**

El presente proyecto está dedicado a mis padres Zoila y Jorge que en el transcurso de mi carrera fueron la motivación que permitió culminar mi carrera profesional y gracias a su apoyo incondicional no dejaron de creer en mí y alcanzar con éxitos una meta más en mi vida. A mi tío Luis que ya no está conmigo. Sé que desde el cielo siempre me cuida y me da sus bendiciones. A mis hermanos, familiares y amigos que con sus consejos, momentos de esparcimiento en el transcurso de este tiempo me han ayudado mucho, de una u otra manera a culminar mi carrera.

**Claudio**

## **Agradecimiento**

Un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana - Campus Kennedy que nos concedió la oportunidad de realizar nuestra formación académica en el área de la Ingeniería Mecánica; a nuestro director de Trabajo de Titulación, Ing. Milton Jami quien fue nuestro guía en el transcurso del desarrollo del presente Trabajo de Titulación; a todo el personal docente y administrativo que, paso a paso, en la carrera nos brindaron sus conocimientos y apoyo para culminar con éxito nuestro objetivo planteado.

De manera muy especial a la Corporación Casa, nuestra sincera y más grande gratitud por su total y desinteresada colaboración al ayudarnos en el desarrollo y patrocinio de nuestro trabajo de grado.

Diego y Danilo

## Índice

Introducción .....	18
CAPITULO I.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
1.1 Definición del Chocho .....	19
1.1.1 Clima y Suelo.....	21
1.2 Tipos de chocho .....	22
1.2.1 Perú: .....	22
1.2.2 Bolivia:.....	23
1.2.3 Ecuador: .....	23
1.2.4 Variedad Botánica.....	24
1.3 Análisis de la estructura del chocho.....	24
1.3.1 Composición química .....	25
1.3.1.1 Composición química y valor nutricional .....	25
1.3.1.2 Proteínas solubles en agua .....	28
1.3.1.3 Lípidos .....	29
1.3.1.3.1 Ácidos grasos .....	29
1.3.1.4 Fibra .....	30
1.3.1.5 Aminoácidos .....	30
1.3.1.6 Minerales solubles en agua .....	31
1.3.1.7 Carbohidratos .....	33

1.3.1.8 Sustancias anti nutricionales .....	33
1.3.1.8.1 Alcaloides.....	33
1.4 Estudio del proceso del chocho.....	33
1.4.1 Fases del proceso del tratamiento del chocho .....	33
1.4.1.1 Hidratación.....	34
1.4.1.1.1 Pruebas piloto del chocho en la fase de hidratación (30).....	36
1.4.1.2 Cocción .....	38
1.4.1.3 Desalcalinizado .....	38
1.4.1.4 Conservación.....	39
1.4.2 Desalcalinización tradicional .....	40
CAPITULO II .....	48
ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	48
2.1 Factibilidad.....	48
2.2 Alternativa número 1.....	48
1.2.3 Partes .....	48
2.2.2 Funcionamiento.....	49
2.2.3 Ventajas.....	49
2.2.4 Desventajas .....	49
2.3 Alternativa número 2.....	50
2.3.1 Partes .....	50
2.3.2 Funcionamiento.....	50

2.3.2	Ventajas.....	51
2.3.3	Desventajas .....	51
2.4	Alternativa número 3.....	51
2.4.1	Partes .....	52
2.4.2	Funcionamiento.....	52
2.4.2	Ventajas.....	52
2.4.3	Desventajas .....	53
2.5	Análisis de selección .....	53
2.5.1	Facilidad de construcción.....	53
2.5.2	Impacto al medio ambiente .....	53
2.5.3	Mantenimiento .....	54
2.5.4	Tamaño.....	54
2.5.6	Costo .....	54
2.5.7	Selección .....	54
CAPITULO III.....		56
CÁLCULOS.....		56
3.1	Diseño del tanque de la marmita.....	56
3.1.1	Volumen de diseño.....	56
3.1.2	Radio interior del tanque .....	56
3.1.3	Selección de espesor .....	57
3.1.4	Altura del tanque .....	58

3.1.5	Altura del enchaquetado de la sección cilíndrica y toriesférica.....	59
3.1.6	Análisis de la sección toriesférica del tanque .....	59
3.1.6.1	Toriesférica relación 100:6 .....	60
3.1.6.1.1	Cálculo de PR de la sección toriesférica.....	61
3.1.6.2	Volumen de la sección toriesférica .....	61
3.1.7	Volumen de la sección cilíndrica .....	65
3.1.8	Área de transferencia de calor del tanque interno .....	66
3.1.9	Dimensionamiento del tanque de la marmita.....	67
3.2	Análisis térmico del tanque .....	68
3.2.1	Balance de energía sistema cerrado .....	69
3.2.2	Cambio calorífico dentro de la marmita.....	69
3.2.3	Energía de salida del sistema .....	70
3.2.4	Análisis en el aprovechamiento de la marmita .....	70
3.2.4.1	Fluido interno (agua).....	70
3.2.4.2	Tanque interior .....	71
3.2.4.3	Sección de gas .....	75
3.2.4.3	Lana de vidrio.....	76
3.2.4.5	Cubierta (plancha acero inoxidable AISI 304 con 3 mm de espesor)....	79
3.2.4.6	Tapa (plancha acero inoxidable AISI 304 con 3 mm de espesor).....	84
3.2.4.7	Calculo de la masa .....	86
3.2.4.7.1	Fluido interno (agua).....	86

3.2.4.7.2 Sección de gas .....	86
3.2.4.7.3 Lana de vidrio .....	88
3.2.4.8 Calculo del cambio de energía .....	89
CAPITULO IV .....	98
ESTUDIO DE COSTOS .....	98
4.1 Estudio de costos directos .....	98
4.1.1 Costo de materiales de la marmita, sistema de elevación y transporte .....	98
4.1.2 Costos de materiales normalizados .....	100
4.1.3 Costos de máquina .....	100
4.1.4 Costos de montaje e instalación .....	101
4.1.5 Costos directos totales.....	102
4.2 Estudio de costos indirectos .....	102
4.2.1 Costos de materiales secundarios al construir la marmita .....	102
4.2.2 Costos varios .....	103
4.2.3 Costos indirectos totales.....	104
4.3 Costos totales .....	105
4.4 Estudio financiero .....	105
4.4.1 Alcance de ingresos y egresos mensuales de la empresa.....	105
4.4.2 Recuperación de la inversión .....	106
4.4.3 Calculo de la tasa mínima atractiva de retorno .....	108
4.4.4 Valor actual neto (VAN).....	110

4.4.5 Tasa interna de retorno (TIR).....	111
Conclusiones .....	113
Recomendaciones.....	114
Referencias.....	115
Anexos	

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> La planta del chocho en su estado natural .....	25
<b>Figura 2.</b> El chocho antes y después del desalcalinizado.....	25
<b>Figura 3.</b> Variación de las propiedades del chocho .....	27
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de cada uno de los macro elementos del chocho .....	32
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de cada uno de los micros elementos del chocho .....	32
<b>Figura 6.</b> El chocho en el tanque de hidratación.....	34
<b>Figura 7.</b> Medición del chocho en su estado seco.....	35
<b>Figura 8.</b> Medición del chocho en su estado de hidratación .....	35
<b>Figura 9.</b> Representación gráfica del ancho, largo y espesor del chocho seco .....	37
<b>Figura 10.</b> Representación gráfica del ancho, largo y espesor del chocho hidratado	37
<b>Figura 11.</b> Representación gráfica del chocho al momento de la cocción.....	38
<b>Figura 12.</b> Representación gráfica del chocho al momento de la desalcalinización.	39
<b>Figura 13.</b> Representación gráfica del chocho fuera del tanque de desalcalinizado.	40
<b>Figura 14.</b> Representación gráfica del chocho en su fase final.....	40
<b>Figura 15.</b> Representación gráfica de los tanques al momento de su limpieza.....	41
<b>Figura 16.</b> Representación gráfica de la manipulación de los chochos en el tanque	41
<b>Figura 17.</b> Representación gráfica de la manipulación y selección del chocho.....	42
<b>Figura 18.</b> Valor de cada uno de los componentes del análisis del agua .....	46
<b>Figura 19.</b> Recipiente y dispositivos para el tratamiento del agua .....	47
<b>Figura 20.</b> Descripción gráfica de la primera alternativa.....	49
<b>Figura 21.</b> Descripción gráfica de la segunda alternativa .....	50
<b>Figura 22.</b> Descripción grafica de la tercera alternativa .....	52
<b>Figura 23.</b> Representación gráfica de la selección de alternativas.....	55

<b>Figura 24.</b> Representación gráfica de la altura en la marmita.....	58
<b>Figura 25.</b> Representación gráfica de la altura del enchaquetado en la marmita.....	59
<b>Figura 26.</b> Esquema de la parte toriesférica.....	60
<b>Figura 27.</b> Esquema para calcular el volumen de la sección toriesférica .....	62
<b>Figura 28.</b> Esquema para calcular el radio de nudillos .....	64
<b>Figura 29.</b> Esquema para calcular el radio del tubo de toro.....	64
<b>Figura 30.</b> Esquema para calcular el volumen de la sección cilíndrica .....	66
<b>Figura 31.</b> Esquema del dimensionamiento de la marmita .....	68
<b>Figura 32.</b> Esquema del radio de nudillos (toriesférica-tanque interno).....	73
<b>Figura 33.</b> Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-tanque interno) .....	73
<b>Figura 34.</b> Esquema del radio de nudillos (toriesférica-lana de vidrio).....	77
<b>Figura 35.</b> Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-lana de vidrio) .....	78
<b>Figura 36.</b> Esquema del radio de nudillos (toriesférica-cubierta).....	81
<b>Figura 37.</b> Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-cubierta) .....	82
<b>Figura 38.</b> Representación gráfica de la extrapolación.....	107
<b>Figura 39.</b> Indicadores económicos para el cálculo .....	109

## Índice de tablas

Tabla 1. Composición por 100 g. de porción comestible del chocho .....	26
Tabla 2. Composición nutricional del tarwi, soya, frejol cada 100 g.....	27
Tabla 3. Ácidos grasos de <i>Lupinus mutabilis</i> amargo y semidulce .....	28
Tabla 4. Composición del contenido del ácido graso del chocho .....	30
Tabla 5. Contenido de aminoácidos del chocho.....	31
Tabla 6. Contenido de minerales en el chocho .....	31
Tabla 7. Pruebas piloto.....	36
Tabla 8. Análisis físico y químico del agua .....	43
Tabla 9. Análisis microbiológico del agua.....	46
Tabla 10. Ponderación y selección de alternativas.....	54
Tabla 11. Selección del espesor de la plancha .....	58
Tabla 12. Parámetros en el cálculo térmico de la marmita .....	85
Tabla 13. Interpolación del volumen específico .....	87
Tabla 14. Propiedades del aire .....	91
Tabla 15. Costos de materiales que conforman la marmita .....	99
Tabla 16. Costos de materiales normalizados .....	100
Tabla 17. Costos de máquina .....	101
Tabla 18. Costos de montaje e instalación .....	102
Tabla 19. Costos directos totales.....	102
Tabla 20. Costos de materiales secundarios.....	103
Tabla 21. Costos varios .....	104
Tabla 22. Costos indirectos totales.....	104
Tabla 23. Costos totales .....	105

Tabla 24. Alcance de ingresos .....	105
Tabla 25. Alcance de egresos.....	106
Tabla 26. Recuperación de inversión.....	108
Tabla 27. Flujos futuros .....	110

## Resumen

El siguiente Trabajo de Titulación, tiene como objetivo principal el “Análisis y optimización para el procesamiento del chocho en un lote de 500 kg. En la corporación de alimentos casa” que facilitará el procesamiento del chocho de su estado seco al estado de desalcalinizado para obtener un producto de mejor calidad.

Este trabajo ha sido patrocinado por la Corporación de Alimentos Casa. Se inicia con la teoría, donde se obtienen los conocimientos generales como la composición química, tipos, variedades y, en especial, el proceso de desalcalinización del chocho.

En el segundo capítulo, con base en el procesamiento del chocho, se presentan varias alternativas hipotéticas que son evaluadas por algunos factores como costo, tamaño y mantenimiento. Se seleccionó la alternativa que se ajustó a los requerimientos, dando paso, así, a los criterios de diseño.

El tercer capítulo se dedica, en su totalidad, a realizar los cálculos necesarios y pertinentes de los elementos de los cuales está conformado el equipo de procesamiento del *lupinus mutabilis sweet*.

En el cuarto capítulo: se realiza un estudio financiero de los costos necesarios para determinar la inversión y la viabilidad del proyecto en la parte económica.

Finalmente, se tiene las respectivas conclusiones y recomendaciones que servirán para el normal funcionamiento y un posible mejoramiento de este proyecto, que los patrocinadores puedan ver pertinente.

**Palabras claves:** análisis, optimización, proceso, tratamiento, chocho

## **Abstract**

The following qualifications work, has as objective principal the “Analysis and optimization for the processing of the chocho in a batch of 500 kg per day. In the corporation's food Casa”. That will facilitate the processing of the chocho from its dry state to the desalcalinised state to obtain a product of better quality. The present work is sponsored by the food Corporation Casa and it is composed by four chapters.

It begins with the theory, analyzes the theoretical framework where you get the general knowledge as chemical composition, types, varieties and especially the process of the chocho's dealkalization.

In the second chapter, based on the processing of the chocho it presents several hypothetical alternatives that are evaluated by some factors such as cost, size and maintenance. Select the alternative that meets the requirements, giving step like that to the design criteria.

The third chapter, is devoted in its entirety to perform the necessary calculations and pertinent of its elements of which it is composed.

In the fourth chapter, a financial study is realized of the necessary costs to determine the investment and the viability of the project in the economic part.

Finally, you have the respective conclusions and recommendations that serves for the normal operation and a possible improvement of this project that the sponsors could see pertinent.

**Keywords:** analysis, optimization, process, treatment, chocho

## **Introducción**

El presente análisis y optimización en el proceso de desalcalinizado del chocho es muy importante en el Ecuador , ya que este producto es altamente consumible a nivel nacional; se da mayormente en la región Sierra del país, siendo uno de los sectores más productivos de esta leguminosa el Cantón Sigchos que se encuentra ubicado a una altura de 2880 msnm en la Provincia de Cotopaxi. El cultivo de este grano genera una fuente de materia prima para la Empresa Corporación de Alimentos “Casa”; dicha corporación se encuentra centrada en el tratamiento de desalcalinización de este producto, de una forma correcta y adecuada para el consumo humano, pero con un sistema de procesamiento desactualizado.

El proceso artesanal que utiliza la Empresa genera la necesidad de implementar un sistema, por medio del análisis y optimización, para mejorar el procesamiento, manejo y estándares del chocho, analizando todos los puntos de vista y que se cumplan con todas las expectativas y necesidades en el procesamiento de esta leguminosa; finalmente, se ha visto rentable el diseño y construcción de una marmita en acero inoxidable AISI 304 que cumpla la función de lavado y desalcalinizado con movimiento de aire para un lote de 500 kg. con un sistema de traslado del producto mediante canastilla elevadora a piscinas adecuadas.

Teniendo como objetivos reducir los tiempos de cocción, la carga microbiana, el tiempo de lavado del producto, mejorando la calidad y la capacidad productiva de la Empresa.

## CAPITULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Definición del chocho

El chocho (*lupinus mutabilis Sweet*) es una leguminosa conocida como altramuz y tarwi en otros países Andinos productores. Para una buena adaptación y desarrollo del chocho debemos tomar en cuenta el clima, tipo de suelo y la ubicación geográfica en la que se encuentre. En el Ecuador es sembrado en zonas de clima frío y templado, a una temperatura entre 8 y 14 °C, principalmente, en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Carchi, Imbabura, Tungurahua y Bolívar. Tiene un ciclo de evolución y desarrollo anual de 6 a 8 meses en el que depende su variedad precoz o tardía (Revista El Agro, 2014).

El chocho es un alimento muy consumido pero después que se haya eliminado el sabor amargo producido por los alcaloides. Para eliminar estos alcaloides se realiza un desalcalinizado que consiste en cocción y varios desaguados. El alto índice de consumo del chocho se debe a su sabor y sus beneficios nutricionales, en el que es uno de los productos más ricos en proteína como otros elementos saludables entre ellos están las grasas saludables, aceites, minerales, vitaminas y fibras (Revista El Agro, 2014).

El chocho es muy consumido en su mayor parte directamente fresco, al haber pasado por el proceso de desalcalinizado; pero también se prepara en forma de harina para realizar pastas, pan y también como fortificante de leche. En otro aspecto ayuda a mejorar el tratamiento del estreñimiento, la artritis, la gota y tiene un uso antiparasitario.

Otro aspecto nutricional del chocho es su alta concentración de calcio que está entre un 0.12% y 0.48%. El calcio en el chocho se presenta como una sustancia blanquecina, los dientes y huesos absorben y retienen este nutriente para un mayor crecimiento y dureza de estos. Este nutriente se encuentra en la cáscara del chocho por lo que se recomienda consumirlo sin pelarlo. Otro nutriente de mayor concentración aparte del calcio es el fósforo con un 0.43%, este nutriente ayuda a controlar el calcio, permite mantener el sistema óseo, las actividades del músculo cardíaco y es un gran productor de energía y uno de los micronutrientes más sobresalientes de esta leguminosa es el hierro, que aporta a nuestro cuerpo con la producción de hemoglobina, transporte de oxígeno y aumenta la inmunidad a las enfermedades (Infinitto News, 2013).

En el sector de la agricultura, el chocho tiene factores muy beneficiosos porque es un gran fijador de nitrógeno en el suelo por lo que es utilizado como un eficiente abono verde, ayuda al suelo dando una mayor cantidad de materia orgánica y aumentando su humedad. En la parte de los cultivos es utilizado como rompe vientos al proteger a otros cultivos de menor tamaño, también ayuda en el manejo de control de plagas y rotación de cultivos (Revista El Agro, 2014).

Pero el chocho también posee unas sustancias antinutritivas, limitan el consumo directo de este producto en la alimentación humana y animal. Una de estas sustancias son los alcaloides que dan al grano del chocho un sabor amargo y aspecto tóxico. No se sabe con mucha exactitud la función de estas sustancias en la planta pero al parecer tienen el deber de proteger el vegetal contra insectos, animales herbívoros y patógenos microbianos (Villacrés, Peralta, Cuadrado, Revelo, Abdo, Aldaz, 2009, pág. 6).

En varias ocasiones las propiedades de estas sustancias antinutritivas son utilizadas por los agricultores para poder controlar las plagas, ectoparásitos y parásitos intestinales en los animales ya que se han hecho pruebas y se han dado buenos resultados en conejos, áfidos, nemátodos, abejas, caracoles gusanos y escarabajos (Villacrés, Peralta, Cuadrado, Revelo, Abdo, Aldaz, 2009, pág. 7).

### **1.1.1 Clima y Suelo**

Referente al clima y al suelo para el sembrío del chocho tiene varios aspectos señalados a continuación:

**-Temperatura:** Para obtener un cultivo óptimo se debe tener en cuenta una temperatura entre los 8 y 14 °C, teniendo cuidado de no sembrar en lugares con riesgo o posibilidad de heladas porque afecta mucho a la planta cuando está en su etapa inicial de desarrollo y por otra parte las granizadas también afectan al cultivo.

**-Precipitación:** Esta planta no es muy exigente a lo que se refiere a humedad ya que requiere en su ciclo de precipitación entre los 400 a 800 mm eso sí muy bien distribuidos especialmente en las etapas de formación de flores y frutos donde es más recurrente y susceptible a las sequias. En el caso que haya un bajo índice de hidratación es necesario utilizar un sistema de riego.

**-Luminosidad:** En lo referente a este aspecto es una planta que requiere de 6 a 7 horas/sol/día, necesario para un buen y normal proceso de crecimiento.

**-Altitud:** Esta planta tiene un mayor crecimiento en lugares con una altitud de 2500 hasta 3400 msnm.

**-Suelos:** Esta planta se desarrolla mejor en suelos aireados, sueltos, que tengan un balance adecuado en lo referente a nutrientes con una superioridad de fósforo y potasio, debe tener un buen drenado natural, en el suelo debemos

observar que posea una textura franco arenosa con un índice bajo de materia orgánica y teniendo en cuenta el pH que debe ser entre 5,6 a 6,8 (Revista El Agro, 2014).

## **1.2 Tipos de chocho**

En la zona andina es muy complicado clasificar los tipos de chochos, debido a que ya existe una gran variedad. Otro aspecto es el tipo diferente de hábitat en el que se encuentre ya que tiende hacer cruces de forma silvestre entre variedades.

Por otra parte se debe tomar en cuenta la variación morfológica que existe entre las poblaciones de chocho y sus parientes silvestres, esto es debido a su alto índice de cruzamiento libre entre estas especies.

Se tiene diferentes tipos de chochos en los principales países nombrados a continuación:

### **1.2.1 Perú:**

-**Variedad Cusco**, está localizado en Kayra y Cusco y su principal característica es su flor blanca.

- **Variedad Kayra**, se encuentra localizado en la Estación Experimental Andenes y su principal característica es el rendimiento.

-**Variedad Altagracia**, se encuentra ubicado en el Puno y su característica es su crecimiento precoz.

-**Variedad H6**, se encuentra ubicado en Huancayo y su característica es su buen rendimiento.

-**Variedad SCG-25**, su ubicación es en el Cusco y su característica es su buen rendimiento.

**-Variedad SCG-9**, se encuentra localizado en el Cusco y su característica principal es su alto rendimiento.

**-Variedad SLP-1 y SLP-4**, se encuentra ubicado en la Estación Experimental Camacani y tiene una característica precoz de 150 días.

**-Variedad Andenes 80**, se encuentra ubicado en la Estación Experimental Andenes y su característica principal es su alto rendimiento.

**-Variedad Yunguyo**, se encuentra localizado en la Estación Experimental Illpa y su característica es su alto rendimiento (Silva, 2013, pág. 7).

### **1.2.2 Bolivia:**

**-Variedad Toralapa**, se encuentra localizado en Cochabamba y se caracteriza por ser precoz.

### **1.2.3 Ecuador:**

En nuestro país tenemos dos variedades muy mejoradas del *Lupinus mutabilis* Sweet. Gracias a la ayuda y estudios del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) tenemos los siguientes:

- a. **INIAP 450 Andino**, las principales características de esta variedad es que presenta crecimiento herbáceo, es precoz, con poca susceptibilidad a las plagas y enfermedades follares y radiculares. Su rendimiento es relativamente alto en comparación a otros ecotipos o hábitats locales con un 183%. Por otra parte su grano es de color crema, redondo y con un diámetro aproximado de 8mm.
- b. **INIAP 451 Guaranguito**, para la obtención de esta variedad se realizaron varios estudios del INIAP con la ayuda de la Unidad de Validación Transferencia de Tecnología y Capacitación Bolívar, en donde al realizar

diferentes evaluaciones y en distintas localidades llegaron a la conclusión que el contenido de la semilla para la germinación o geoplasma el más adecuado fue el ECU-2658-2, al haber obtenido unas excelentes características como adaptabilidad, estabilidad, y rendimiento en diferentes tipos de ambiente y lo más importante en el mercado nacional (Silva, 2013, pág. 8).

#### **1.2.4 Variedad Botánica.**

La planta de *Lupinus mutabilis* Sweet tiene una gran variedad morfológica y tiende adaptarse ecológicamente muy bien en los Andes, por este aspecto se han incluido tres subespecies:

**-*Lupinus mutabilis* (chocho)**, se encuentra ubicado en el norte de Perú y Ecuador, tiene una mayor ramificación, es muy tardío, pero con mayor pilosidad en hojas y tallos, no obstante varios de estos ecotipos o hábitats son tolerantes a la enfermedades de las plantas de zonas calurosas y húmedas

**-*Lupinus mutabilis* (tarwi)**, se encuentra ubicado en la zona centro y sur de Perú en el cual posee pocas ramificaciones, es medianamente tardío y posee un poco de tolerancia a la antracnosis.

**-*Lupinus mutabilis* (tauri)**, su ubicación está dada en el altiplano de Perú y Bolivia, es el de menor tamaño y en el que su tallo principal y bien desarrollado tiende a ser muy susceptible a la antracnosis (Loja & Orellana, 2012, pág. 12).

#### **1.3 Análisis de la estructura del chocho**

El chocho en su estado inicial se encuentra contenida en el interior de una vaina de 5 a 12 cm, el tamaño de la semilla esta entre 0,5 a 1,5 cm y su forma varía entre redonda, ovalada a casi cuadrangular.

### Planta de chocho y su grano en vaina



**Figura 1.** La planta del chocho en su estado natural

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

Se encuentra cubierto por un tegumento que representa el 10% del peso total y los colores de los granos están entre blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón así como colores combinados estos son marmoleado, media luna y salpicado.

### El chocho en su estado inicial y final



**Figura 2.** El chocho antes y después del desalcalinizado

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

## 1.3.1 Composición química

### 1.3.1.1 Composición química y valor nutricional

Presentan variaciones o contradicciones en sus datos debido a su genética y a la influencia ambiental. La semilla del chocho cuando se encuentra cruda presenta una

cantidad promedio del 19% en aceite, una gran fuente de grasas entre 41 – 51% y proteínas entre el 14 – 24%, por lo tanto en relación con otras leguminosas posee un alto contenido de proteínas con una elevada calidad de grasa de 3 a 14%.

**Tabla 1.**

**Composición por 100 g. de porción comestible del chocho**

<b>Composición</b>	<b>chocho cocido con cáscara</b>	<b>chocho crudo sin cáscara</b>	<b>chocho harina</b>
Energía Kcal.	151	277	458
Agua g	69.7	46.3	37.0
Proteína g	11.6	17.3	49.6
Grasa g	8.6	17.5	27.9
Carbohidratos g	9.6	17.3	12.9
Fibra g	5.3	3.8	7.9
Ceniza g	0.6	1.6	2.6
Calcio mg	30	54	93
Fósforo mg	123	262	440
Hierro mg	1.4	2.3	1.38
Tiamina mg	0.01	0.60	.
Riboflavina mg	0.34	0.4	-
Niacina mg	0.95	2.10	.
Ácido ascórbico	0.00	4.6	.

**Nota:** Nos muestra el valor de la composición del chocho comestible

**Fuente:** (Rodríguez, 2009, pág. 15)

En el aspecto nutricional se compara el chocho con otras leguminosas para observar que tiene un alto porcentaje en proteína, fibra, grasa, etc.

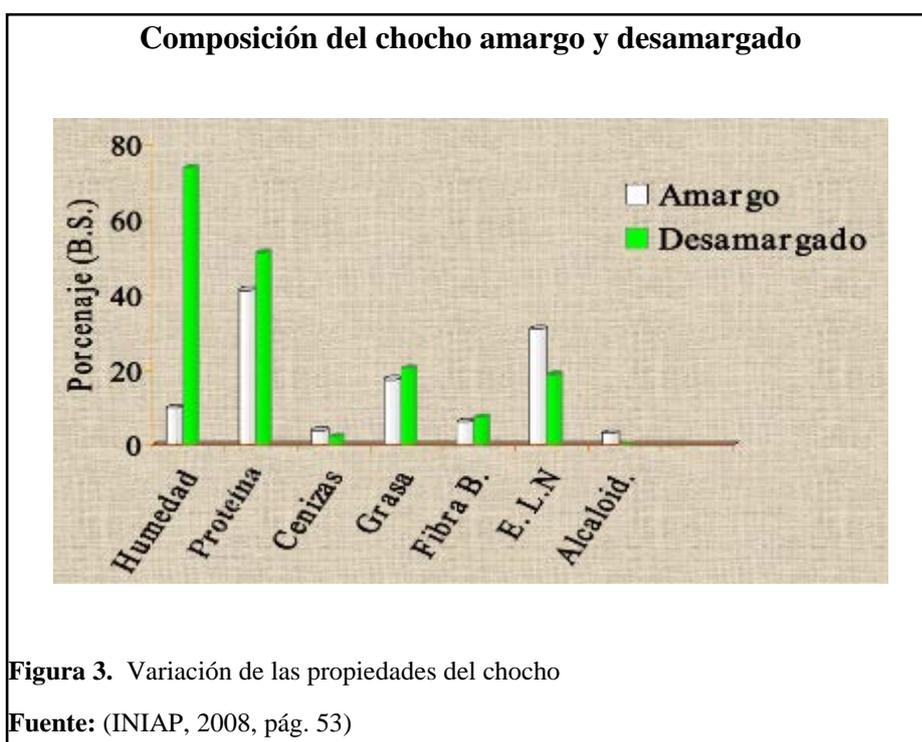
**Tabla 2.**

**Composición nutricional del tarwi, soya, frejol cada 100 g.**

	Tarwi	Soya	Frejol
Proteína	44,3	33,4	22,0
Grasa	16,5	16,4	1,6
Carbohidrato	28,2	35,5	60,8
Fibra	7,1	5,7	4,3
Ceniza	3,3	5,5	3,6
Humedad (%)	7,7	9,2	12,0

**Nota:** Comparación de nutrientes del tarwi, soya y frejol

**Fuente:** (Silva, 2013, pág. 28)



**Figura 3.** Variación de las propiedades del chocho

**Fuente:** (INIAP, 2008, pág. 53)

Los ácidos grasos esenciales son un gran aporte nutricional que presenta el chocho.

**Tabla 3.**

**Ácidos grasos de *Lupinus mutabilis* amargo y semidulce**

Ácidos grasos	<i>Lupinus mutabilis</i>	
	amargo	semidulce
Mirístico	0,6	0,3
Palmítico	13,4	9,8
Palmitoleico	0,2	0,4
Esteárico	5,7	7,8
Oleico	40,4	53,9
Linoleico	37,1	25,9
Linolénico	2,9	2,6
Araquídico	0,2	0,6
Behénico	0,2	0,5
Erúcico	--	--
Cociente P/S*	2	1,5

**Nota:** Es la composición de ácidos grasos en el chocho amargo y semidulce

**Fuente:** (Silva, 2013, pág. 28)

**1.3.1.2 Proteínas solubles en agua**

El chocho posee un alto contenido de proteína en la que se destacan las globulinas que presentan un gran contenido proteico y con la albúmina que es la restante. La característica de las globulinas es que presenta un punto isoeléctrico en un rango de pH 4 – 6 con solubilidad mínima de nitrógeno entre 10% – 20%.

Con respecto al comportamiento de la solubilidad de las proteínas es muy variable porque depende del número de grupos polares y apolares y su estructura molecular. Por lo general son solubles en disolventes fuertemente polares entre ellos tenemos el agua, glicerol, formamida, ácido fórmico; pero en un caso excepcional hay solubilidad en disolventes menos polares como el etanol. Por otra parte en el agua la solubilidad es dependiente del pH y la presencia de sal.

Las sales neutras influyen doblemente a la solubilidad de las proteínas en condiciones bajas (0,5 – 1 mol/L), actúan en el momento que disminuye la interacción electrostática proteína – proteína dando como resultado el aumento de la solubilidad. La capacidad de desplazamiento de un fluido viscoso por otro fluido inmiscible con este, es para las proteínas insolubles lo que la hidratación para las proteínas solubles. En la introducción de agua en la estructura produce un aumento en el volumen y varias modificaciones en las propiedades físicas (Rodríguez, 2009, pág. 15).

### **1.3.1.3 Lípidos**

El chocho por su alto contenido de grasa 18 – 25% nos permite extraer aceites a nivel industrial. Posee varios ácidos en los que tenemos el ácido oleico entre 36.1 – 54.6%, el ácido linoleico entre 22.3 – 43.9% y el ácido linolénico 2.1 – 2.7% y finalmente el chocho no posee ácido erúxico.

#### **1.3.1.3.1 Ácidos grasos**

El ácido graso que más abunda en el chocho es ácido oleico, en el que posee una concentración aproximada del 40.40%. El ácido linolénico es bajo en el chocho esto nos permite conservar el aceite ya que se oxida con rapidez generando cambios negativos en el sabor del aceite. La composición del ácido graso depende mucho de la influencia ambiental, de tal forma que se presenten importantes variaciones dependiendo la localización y los años.

**Tabla 4.**

**Composición del contenido del ácido graso del chocho**

Ácidos Grasos	<i>Lupinus mutabilis Sweet</i>	
	Amargo	Semidulce
Mirístico	0.60	0.30
Palmitico	13.40	9.80
Palmitoleico	0.20	0.40
Esteárico	5.70	7.80
Oleico	40.40	53.90
Linoleico	37.10	25.90
Linolénico	2.90	2.60
Araquídico	0.20	0.60
Behémico	0.20	0.50
Cuociente P/S <sup>a</sup>	2.00	1.5

**Nota:** Porcentaje de los ácidos grasos del chocho amargo y semidulce

**Fuente:** (Rodríguez, 2009, pág. 17)

#### **1.3.1.4 Fibra**

El chocho tiene un 6% de fibra que es parte de la cubierta seminal que conforma el 10% del peso de la semilla.

#### **1.3.1.5 Aminoácidos**

Su distribución es regularmente estable y tiene una gran cantidad de triptófano y tirosina. Los limitantes son los aminoácidos azufrados como la metionina, pero la mejor manera de equilibrar es combinar el chocho con cereales por su contenido de lisina.

**Tabla 5.**

**Contenido de aminoácidos del chocho**

Aminoácidos	Chocho
Isoleucina	274
Leucina	449
Lisina	331
Metionina	47
Cistina	87
Fenilalanina	231
Tirosina	221
Treonina	228
Triptófano	110
Valina	252
Arginina	594
Histidina	163
Alanina	221
Acido Aspártico	685
Acido Glutámico	1372
Glicina	259
Prolina	257
Serina	317
Total aminoácidos	6051
Total aminoácidos Esenciales	2183

**Nota:** Valor del contenido de aminoácidos

**Fuente:** (Rodríguez, 2009, pág. 18)

**1.3.1.6 Minerales solubles en agua**

El chocho posee cantidad de sustancias minerales similar a otras leguminosas. Su diferencia es que tiene un poco elevado el contenido de fósforo y magnesio. El chocho es una gran fuente de magnesio, fósforo y potasio para el consumo del hombre, los minerales como el calcio se encuentra en la cáscara y el fósforo en el núcleo así que la relación calcio – fósforo se altera al momento de descascarar el chocho (Adriana, 2009, p. 18).

**Tabla 6.**

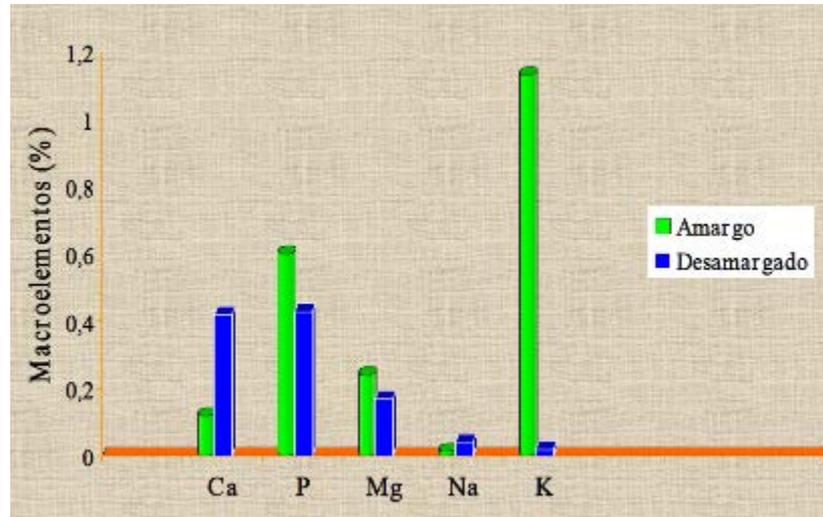
**Contenido de minerales en el chocho**

Macroelementos	mg/g	Microelementos	mg/kg
Calcio	1.07 -1.53	Hierro	46.00 – 73.3
Magnesio	2.00 – 3.02	Zinc	40.00 – 51.66
Sodio	0.25 – 0.75	Manganeso	21.33 – 29.10
Potasio	11.06 – 13.56	Cobre	4.00 – 12.10
Fósforo	0.44 – 0.88		

**Nota:** Contenido de los minerales tanto macro elementos como micro elementos

**Fuente:** (Rodríguez, 2009, pág. 19)

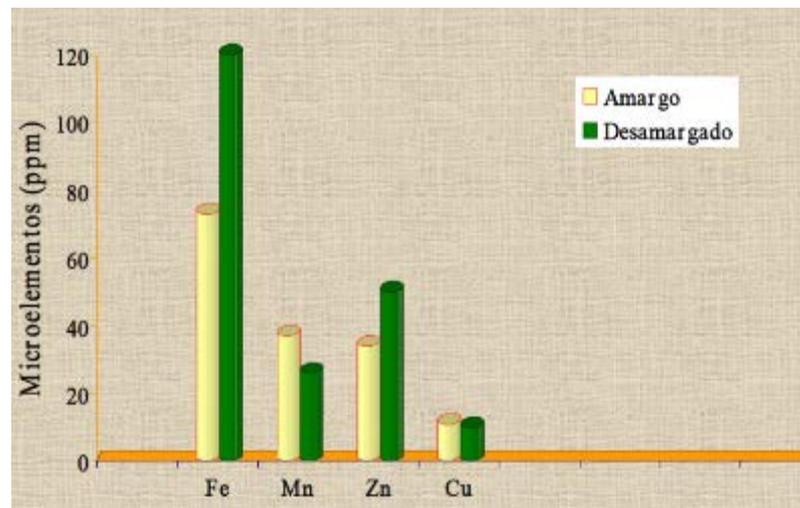
### Macro elementos en el chocho amargo y desamargado



**Figura 4.** Porcentaje de cada uno de los macro elementos del chocho

**Fuente:** (INIAP, 2008, pág. 54)

### Micro elementos en el chocho amargo y desamargado



**Figura 5.** Porcentaje de cada uno de los micros elementos del chocho

**Fuente:** (INIAP, 2008, pág. 55)

### **1.3.1.7 Carbohidratos**

En el chocho cabe resaltar el bajo contenido de sacarosa y almidón, pero por otra parte los oligosacáridos se encuentran presente más o menos en porcentajes altos pero estos carbohidratos no dan beneficios en el consumo humano por lo contrario producen flatulencias a las personas y animales.

### **1.3.1.8 Sustancias anti nutricionales**

En este aspecto el chocho posee también sustancias anti nutricionales para el consumo humano como en toda semilla de leguminosa, por este motivo las personas y animales no lo pueden consumir directamente cuando el grano se encuentra crudo.

El chocho posee la siguiente sustancia anti nutritiva:

#### **1.3.1.8.1 Alcaloides**

Esa la principal característica del chocho para no consumirlo directamente debido a que posee un alto contenido de alcaloides por lo que le da al grano del chocho una característica toxica y amarga.

## **1.4 Estudio del proceso del chocho**

En el presente proyecto es fundamental el estudio de dicho proceso ya que nos permite analizar paso a paso las diferentes etapas y periodos de tiempo que debe pasar el chocho para terminar en su fase final que es la de desalcalinizado.

### **1.4.1 Fases del proceso del tratamiento del chocho**

Estas fases son las siguientes:

### 1.4.1.1 Hidratación

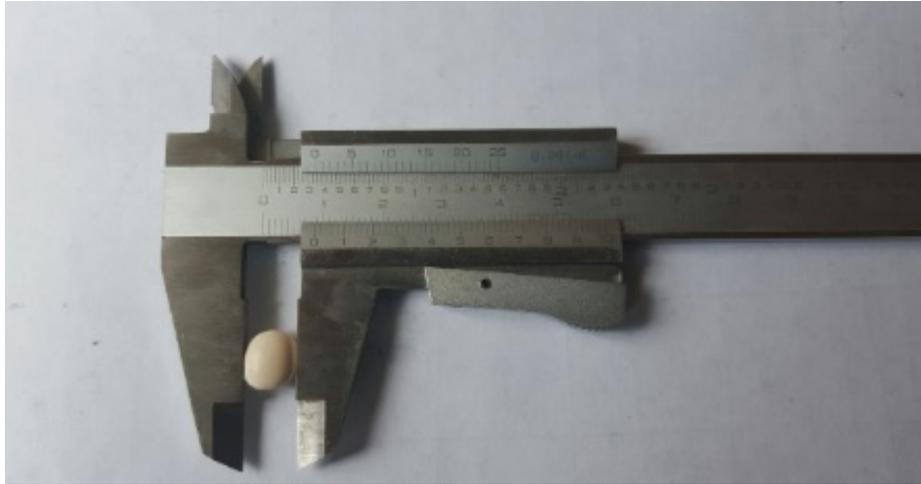
En la corporación de productos “Casa” se debe tener en cuenta el volumen de agua del tanque. Son cuatro tanques cada uno con una dimensión de 2 m de ancho, 3 m de longitud, 0,70 m de altura y un volumen de  $4,2 \text{ m}^3$  que es la capacidad de los tanques en la fase de hidratación, el nivel de agua en los tanques es de 2000 litros por cada 1000 kg de chocho.

Por otra parte también se debe calentar el agua a una temperatura de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  y el chocho debe estar en remojo en esta fase por un tiempo de 8 a 12 horas, el cual permitirá observar el cambio de tamaño del chocho en la hidratación. Tomando en cuenta los tipos de equipo utilizado.



-Medida del chocho deshidratado: 8,8 mm (seco).

### **Chocho seco**



**Figura 7.** Medición del chocho en su estado seco

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

-Medida del chocho hidratado: 10.04 mm

### **Chocho hidratado**



**Figura 8.** Medición del chocho en su estado de hidratación

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

### 1.4.1.1.1 Pruebas piloto del chocho en la fase de hidratación (30)

**Tabla 7.**  
**Pruebas piloto**

Número de muestra	SECO			HIDRATADO		
	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)
1	8,2	9,9	5	11,2	12,5	6,6
2	8,5	9,5	5,5	12	12,9	6,5
3	9,5	11,9	5,4	12,5	14	6,9
4	9,5	9,4	4,1	12,3	13,5	7
5	7,5	9,8	6	11,1	14	6,8
6	7,5	9,6	4,4	11	14,1	7,3
7	9,3	10,4	5,4	10,1	12,2	6
8	8,8	10	5,8	13,2	15,6	7,2
9	7,9	9,2	5,6	11	14,3	7,1
10	8,7	11	5,8	10,9	12,7	12
11	8,7	10	5	11,6	13,3	6
12	7,9	10	5,4	12,9	15,5	7,2
13	8,2	10,5	5,2	11,2	14,8	6,8
14	8,4	10	4,8	10,2	13	6,8
15	8,9	11	5,5	10,5	13,1	7,1
16	8,1	10,2	5	10,9	14,3	7
17	8,6	11,9	5,5	11,2	13,8	6,5
18	9,2	10,1	5,4	10,8	12,8	6,9
19	9	11,2	5,6	9,8	12,5	6,9
20	8,8	9,8	5	11,1	13	6,2
21	8	9,8	5,3	10,2	14	6,2
22	8,1	10,2	5,7	10,3	13,7	6,8
23	9	11	5,4	10,9	12	6
24	8,3	10,5	5,1	11	13,6	6
25	8,9	10,9	5,4	11	13	6,8
26	7,9	9,5	4,2	10	14	6,1
27	7,5	9,5	5,4	9,8	13,1	6,2
28	9	10,5	5,9	12,1	15,1	8,2
29	8,1	9,6	5,6	10,2	13,2	6,1
30	7,8	7,3	9	11,9	13,5	6,8

**Nota:** Resultados obtenidos de la medición del ancho, largo y espesor del chocho seco e hidratado

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

### Pruebas piloto del chocho seco

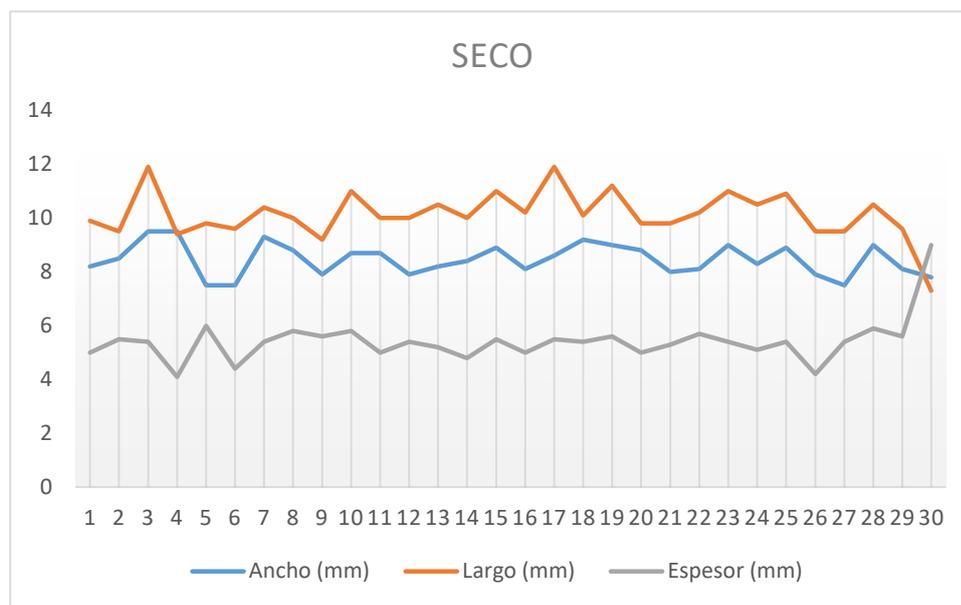


Figura 9. Representación gráfica del ancho, largo y espesor del chocho seco

Elaborado por: Casa-Taco, 2016

### Pruebas piloto del chocho hidratado

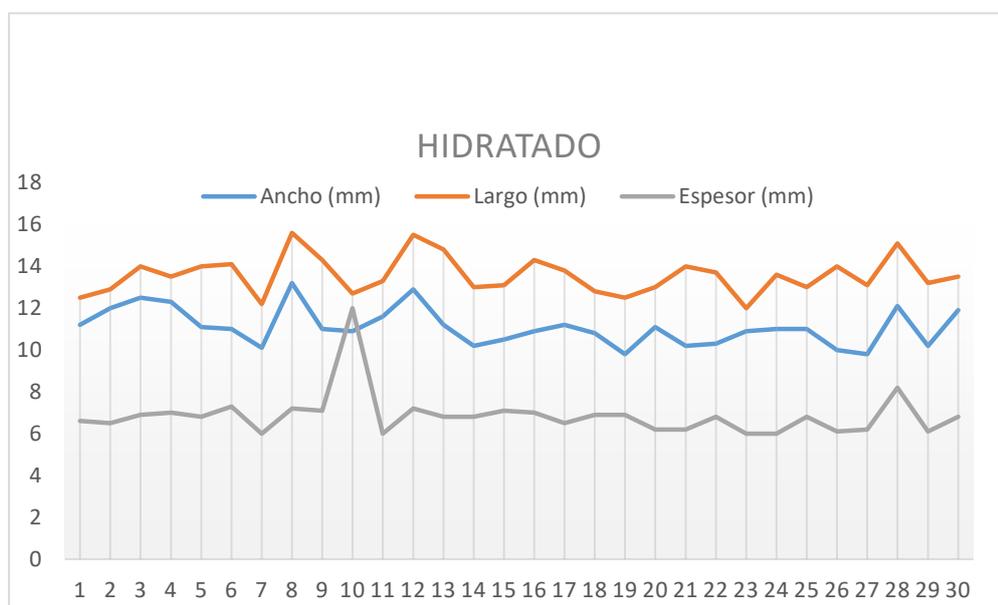


Figura 10. Representación gráfica del ancho, largo y espesor del chocho hidratado

Elaborado por: Casa-Taco, 2016

### 1.4.1.2 Cocción

En el presente proyecto es fundamental el tiempo de cocción de tarwi y la temperatura, al igual que los accesorios y materiales utilizados para su respectiva elaboración.



### 1.4.1.3 Desalcalinizado

En el momento de realizar esta fase se debe considerar la temperatura del agua y si se va a colocar algún componente específico en el líquido para disminuir el contenido de microorganismos en los chochos.

En esta fase para un óptimo desalcalinizado se debe realizar una agitación, al igual que el agua debe estar siempre en contacto con el chocho y realizar el respectivo control de la fase, para la obtención del chocho desalcalinizado en un rango de alcaloide variable entre 0,02% - 0,07%.

En el desalcalinizado se va a realizar en cuatro lavados y cada uno va a presentar un porcentaje diferente de alcaloide.



#### 1.4.1.4 Conservación

En esta fase se debe tomar muy en cuenta la manera más conveniente en la que se va a conservar el producto al momento de terminar las fases del proceso del tratamiento del chocho. En la fase de conservación se tiene:

- a. En agua, se conserva muy bien durante un período de tiempo de 8 días.
- b. Temperatura ambiente, se conserva muy bien por 2 días a una temperatura de 22 °C.
- c. Refrigeración, en este estado el grano debe estar sumergido en agua y se conserva por tres semanas a una temperatura entre 4 a 8 ° C.

### Salida del chocho de la fase de desalcalinización



**Figura 13.** Representación gráfica del chocho fuera del tanque de desalcalinizado

Elaborado por: Casa-Taco, 2016

### Chocho desalcalinizado



**Figura 14.** Representación gráfica del chocho en su fase final

Elaborado por: Casa-Taco, 2016

#### 1.4.2 Desalcalinización tradicional

- Se realiza una limpieza para tratar de eliminar cualquier tipo de suciedad o basura presente en los tanques.

### **Limpieza de los tanques**



**Figura 15.** Representación gráfica de los tanques al momento De su limpieza  
**Elaborado por:** Casa-Taco

- Para el desalcalinizado del chocho es necesario la intervención de una persona para que manipule el producto en los distintos lavados.

### **Manipulación del chocho en el proceso de desalcalinización**



**Figura 16.** Representación gráfica de la manipulación de los chochos en el tanque  
**Elaborado por:** Casa-Taco

- Cuando el chocho está desalcalinado se realiza una selección manual del producto.

### Manipulación de chocho desalcalinado



**Figura 17.** Representación gráfica de la manipulación y selección del chocho

**Elaborado por:** Casa-Taco

-El agua siendo el recurso más importante en el tratamiento del chocho se deberá tomar en cuenta el estudio físico-químico y microbiológico

### **INFORME DE RESULTADOS DEL AGUA**

**NOMBRE:** CORPORACIÓN CASA

**DIRECCIÓN:** Latacunga

**MUESTRA:** Agua de pozo

**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Líquido incoloro

**ANÁLISIS:** Físico – Químico

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 29 de abril de 2016

**FECHA DE TOMA DE MUESTREO:** 29 de abril de 2016

**LOCALIZACIÓN:** Latacunga

**ENVASE:** Polietileno

**REFERENCIA:** 161824

**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 29 de abril – 2 de mayo de 2016

**MUESTREADO POR:** El cliente

**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25 °C 30% HR

**Tabla 8.**

**Análisis físico y químico del agua**

<b>ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>Unidad</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>Límites</b>
<b>pH (20 °C)</b>	7,69		APHA 4500 - H B	6 a 9
<b>COLOR:</b>	0	UTC	Visual	Hasta 5
<b>TURBIEDAD:</b>	0	NTU	Nefelométrico	Hasta 3
<b>CONDUCTIVIDAD:</b>	613	μS/cm	APHA 2510	Hasta 500
<b>BIÓXIDO DE CARBONO:</b>	10,29	mg/l	APHA 4500D	Hasta 5
<b>CARBONATOS:</b>	24,86	mg/l	Volumétrico	Hasta 120
<b>BICARBONATOS:</b>	223,74	mg/l	Volumétrico	Hasta 250
<b>CLORUROS:</b>	27,38	mg/l	APHA 4500 - Cl B	Hasta 350
<b>MANGANESO:</b>	0,00	mg/l	APHA 3500 - Mn B	Hasta 0,4
<b>HIERRO TOTAL:</b>	0,13	mg/l	APHA 3500 - Fe B	Hasta 0,3
<b>MAGNESIO:</b>	19,74	mg/l	APHA 3500 - Mg B	Hasta 150
<b>CALCIO:</b>	50,10	mg/l	APHA 3500 - Ca B	Hasta 200
<b>NITRITOS:</b>	0,02	mg/l	APHA 4500 - NO <sub>2</sub> B	Hasta 1
<b>SULFATOS:</b>	114,22	mg/l	APHA 4500 - SO <sub>4</sub> E	Hasta 400
<b>FOSFATOS:</b>	0,05	mg/l	APHA 4500 - P C	Hasta 0,3
<b>SODIO:</b>	53	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 115
<b>POTASIO:</b>	5	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 300
<b>ALCALINIDAD:</b>	248,60	mg/l	APHA 2320B	Hasta 250
<b>DUREZA TOTAL (Como CaCO<sub>3</sub>)</b>	206,00	mg/l	APHA 2340C	Hasta 300
<b>DUREZA CARBONATADA (Como CaCO<sub>3</sub>)</b>	206,00	mg/l	Cálculo	
<b>DUREZA NO CARBONATADA (Como CaCO<sub>3</sub>)</b>	0,00	mg/l	Cálculo	
<b>SOLIDOS TOTALES (a 105°C):</b>	384	mg/l	APHA 2540B	Hasta 1500
<b>SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a 105°C):</b>	328	mg/l	APHA 2540C	Hasta 500
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS (a 105°C):</b>	56	mg/l	APHA 2540D	
<b>ÍNDICE DE LANGELIER (a 25°C):</b>	0,13		Cálculo	0,5

**Nota:** Datos obtenidos realizando el estudio del agua de la Corporación Casa  
**Elaborado por:** Casa-Taco, 20

## **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**

**NOMBRE:** CORPORACIÓN CASA

**DIRECCIÓN:** Latacunga

**MUESTRA:** Agua de pozo

**CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:** Líquido incoloro

**ANÁLISIS:** Microbiológico

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 29 de abril de 2016

**FECHA DE TOMA DE MUESTREO:** 29 de abril de 2016

**LOCALIZACIÓN:** Latacunga

**ENVASE:** Frasco estéril

**REFERENCIA:** 161824

**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 29 de abril – 2 de mayo de 2016

**MUESTREADO POR:** El cliente

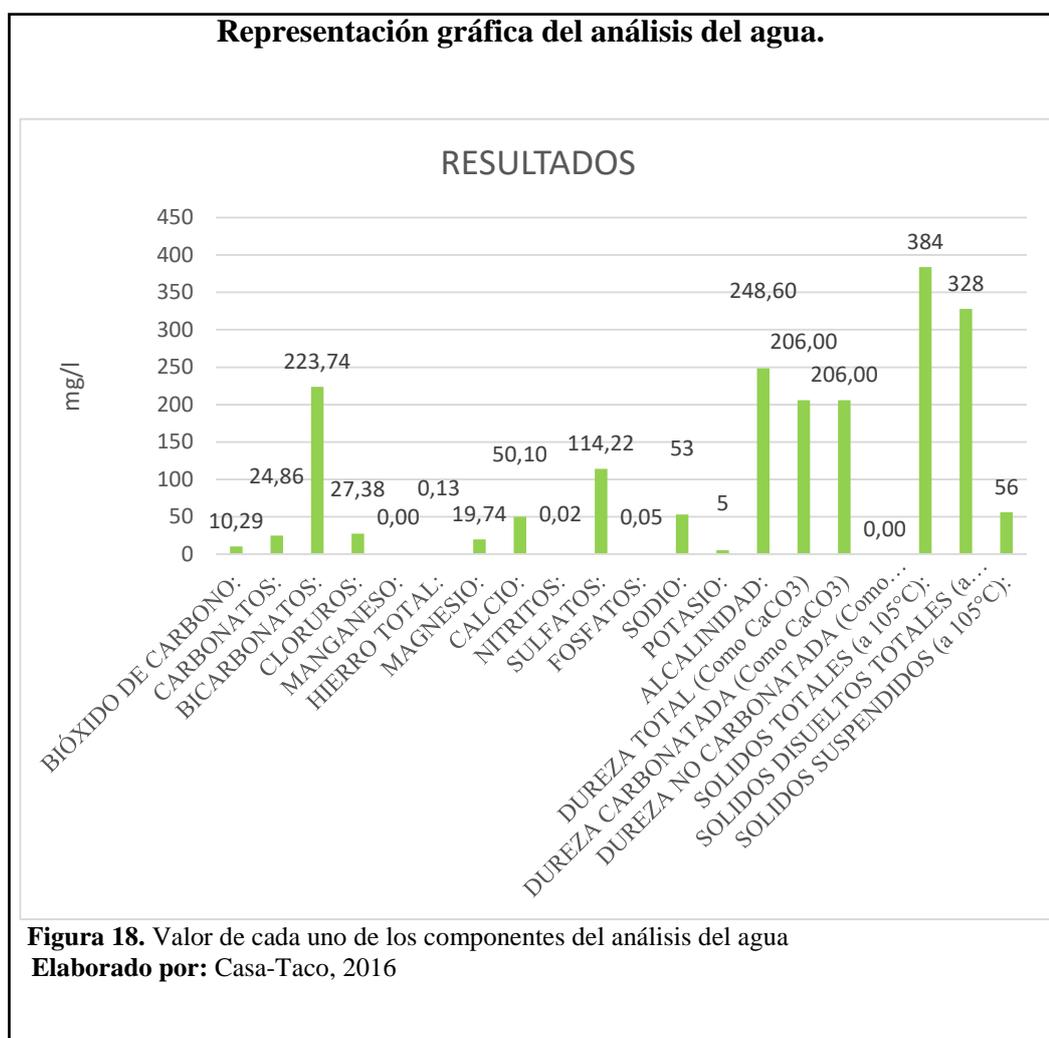
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 24 °C 53% HR

**Tabla 9.**

**Análisis microbiológico del agua**

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARÁMETRO	MÉTODO	RESULTADO
Recuento de Aerobios mesófilos (ufc/ml)*	PEEMi/LA/21 APHA 9215 B	6,6 * 10
Recuento de Coliformes totales (ufc/100 ml)	PEEMi/LA/19 APHA 9222 A, B	1,2 *10 <sup>2</sup>
Recuento de Mohos (upm/ml)*	PEEMi/LA/22 APHA 9610 B	<1
Recuento de Levaduras (upl/ml)*	PEEMi/LA/22 APHA 9610 E	<1
Recuento de Escherichia coli (ufc/100 ml)*	PEEMi/LA/19 APHA 9222 A, B	6
*Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° OALE LE 1C 06-001*		
*Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*		

**Nota:** Resultados obtenidos del estudio microbiológico del agua de la Corporación Casa  
**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016



Las plantas para el tratamiento son muy importantes, ya que estas descontaminan de elementos físicos- químicos y microbiológicos presentes en el agua de pozo

### Tratamiento del agua



**Figura 19.** Recipiente y dispositivos para el tratamiento del agua  
**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

## CAPITULO II

### ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

#### 2.1 Factibilidad

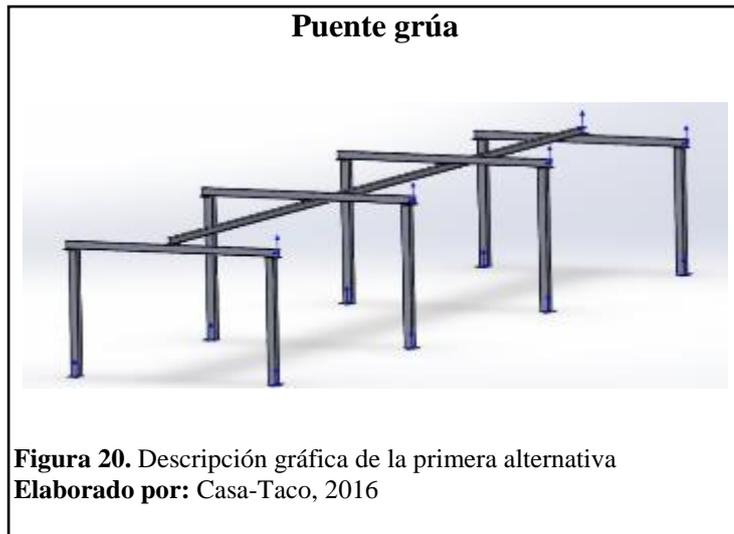
Para obtener un diseño en la optimización, para el desalcalinizado del chocho se va a partir de propuestas hipotéticas donde se analizará y se caracterizará los parámetros que servirán para seleccionar el equipo más apropiado y adecuado, que mejorará el proceso de producción de chochos.

#### 2.2 Alternativa número 1

Puente grúa para un área de  $180 \text{ m}^2$ , tanques con movimiento de agua accionados por aire.

##### 2.2.1 Partes

- Columnas
- Polipasto
- Viga principal
- Tanques
- Compresor
- Viga carrilera



### 2.2.2 Funcionamiento

El chocho cuando está en las piscinas de desalcalinizado, mediante el compresor se inyecta aire comprimido a 3 bares de presión en forma intermitente cada 20 minutos por un lapso de 4 minutos produciendo un caudal turbulento el cual favorece al chocho para la liberación rápida del alcaloide.

Una vez que el tiempo ha transcurrido y el producto está listo para ser cambiado de agua, con la acción del polipasto eleva el producto en tinas de izaje y es trasladado para la tina numero 2 donde el agua está lista para recibir el producto. Para una segunda fase de desalcalinizado.

### 2.2.3 Ventajas

- Fácil traslado del producto
- Materiales de fácil acceso para la fabricación del puente grúa
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación
- No es contaminante al medio ambiente

### 2.2.4 Desventajas

- Difícil montaje y desmontaje

- Ocupa más espacio del que se dispone en la planta

### 2.3 Alternativa número 2

Un elevador tipo pórtico móvil, el agua recircula mediante bomba centrífuga en las tinas de desalcalinizado.

#### 2.3.1 Partes

- Pórtico estructurado
- Tecla eléctrica 1 ton
- Bomba de agua 1 hp
- Instalación de agua



#### 2.3.2 Funcionamiento

Una vez que el chocho ha pasado por la fase de cocción es colocado en las canastillas para trasladarlas a las tinas de desalcalinizado, el agua es recirculada

mediante una bomba centrífuga en tiempos intermitentes cada 20 minutos por un lapso de 5 minutos produciendo un ambiente adecuado para la extracción del alcaloide.

Las canastillas con el chocho mediante el tecele eléctrico son elevadas hasta una altura superior a la altura de las tinas, el pórtico es desplazado con la carga elevada hasta los apoyos de la tina número 3 donde continuará con la fase de desalcalinización.

### **2.3.1 Ventajas**

- Fácil construcción
- Fácil montaje
- Disponibilidad de materiales en el mercado
- Fácil mantenimiento
- Estética agradable

### **2.3.2 Desventajas**

- Se necesitan dos personas para poder desplazar el pórtico
- Personal capacitado
- Tecnología antigua
- Piso irregular dificultando el desplazamiento
- Peligro de caída del producto
- Elevado costo

## **2.4 Alternativa número 3**

Construcción de un tanque de inoxidable tipo marmita para el lavado y desalcalinizado con movimiento de aire, con un sistema de traslado de producto mediante canastilla elevadora a piscinas adecuadas.

### 2.4.1 Partes

- Tanque de acero inoxidable
- Línea de aire
- Tecla manual de 1 tonelada.
- Estructura de elevación
- Canastilla de acero inoxidable



### 2.4.2 Funcionamiento

El chocho luego de la cocción se traslada mediante la canastilla hacia las piscinas adecuadas. Para luego hacer el recirculado de agua, cada cuatro horas dentro de los intervalos de cambio de agua se inyectará aire a una presión de 1 bar para que el producto entre en movimiento y favorezca en la eliminación del alcaloide del chocho.

### 2.4.3 Ventajas

- Fácil mantenimiento
- Fácil manipulación

- Baja intervención de la mano de obra
- Fácil montaje y desmontaje
- Bajo impacto ambiental

#### **2.4.4 Desventajas**

- Costo de construcción elevado
- Rediseño del piso para el asentamiento del tanque
- Nuevas conexiones de vapor

### **2.4 Análisis de selección**

En el análisis se va a ponderar de 1 hasta 10. Siendo 10 la calificación más alta y 1 la más baja, que puede obtener cualquier parámetro. Los parámetros que se van a tabular son los más importantes en la elección de la mejor alternativa.

- Facilidad de construcción
- Impacto al medio ambiente
- Mantenimiento
- Tamaño
- Costo

#### **2.5.1 Facilidad de construcción**

La construcción dependerá de la disponibilidad de los equipos, accesorios y materia prima para la fabricación del tanque de inoxidable.

Valor factor de ponderación 9/10.

#### **2.5.2 Impacto al medio ambiente**

Se basa en contribuir al medio ambiente evitando o reduciendo al mínimo la contaminación.

Valor de factor de ponderación 9/10.

### 2.5.3 Mantenimiento

Principalmente se trata de asegurar que la persona encargada del equipo esté en capacidad de evaluar, verificar y asegurar el normal funcionamiento para así evitar paradas innecesarias del proceso.

Valor del factor a ponderación 8/10.

### 2.5.4 Tamaño

Este parámetro busca que el equipo se adapte al proceso sin la necesidad de modificar los espacios asignados para ello.

Valor del factor de ponderación 7/10.

### 2.5.6 Costo

Se basa en la obtención de un equipo de alto rendimiento y eficiente con un costo accesible que la empresa pueda financiar

Valor del factor de ponderación 9/10

### 2.5.7 Selección

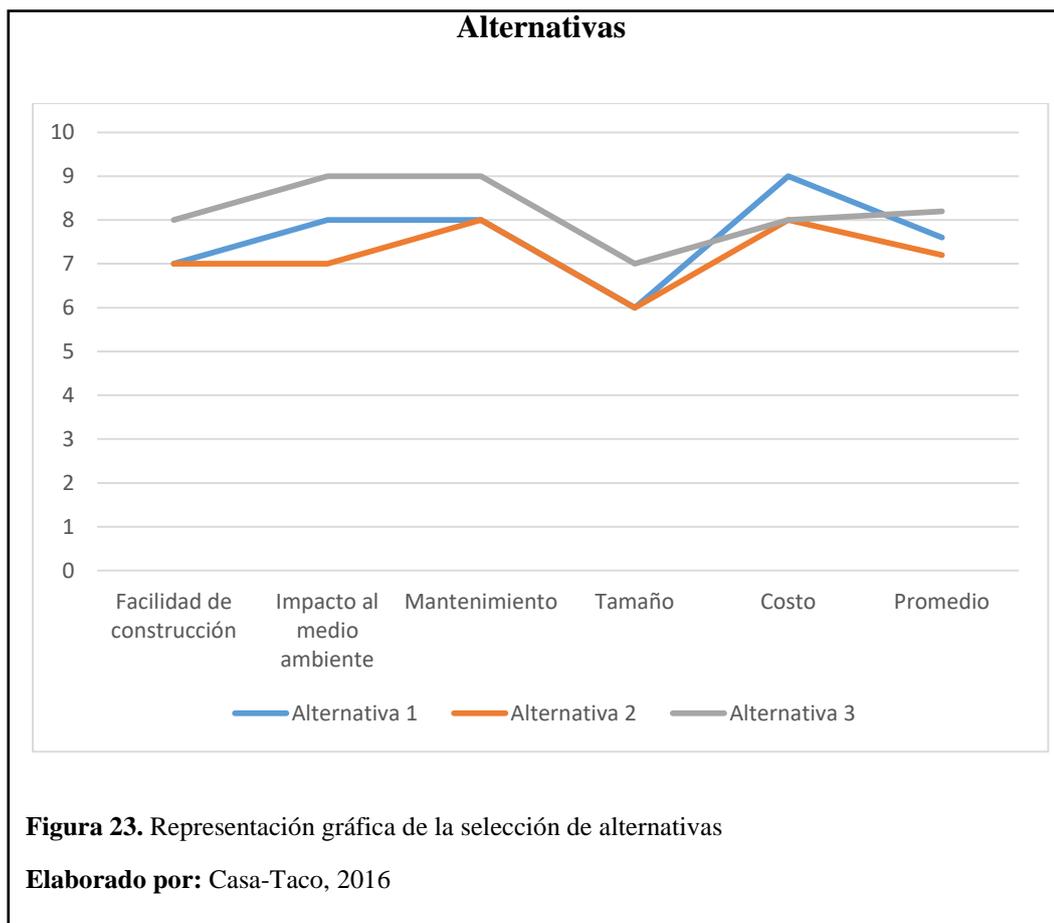
**Tabla 10.**

**Ponderación y selección de alternativas**

	Factores de ponderación	Ideal	Alternativas		
			Alternativas 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Facilidad de construcción	9	7	7	8
2	Impacto al medio ambiente	9	8	7	9
3	Mantenimiento	8	8	8	9
4	Tamaño	7	6	6	7
5	Costo	9	9	8	8
6	Promedio	<b>8,4</b>	<b>7,6</b>	<b>7,2</b>	<b>8,2</b>

**Nota:** Resultados obtenidos de la evaluación de los factores de ponderación de las tres alternativas

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016



Como resultado de la ponderación de los factores más importantes que intervienen en la selección de las alternativas, se puede evidenciar que la alternativa número 3 alcanza el promedio más elevado y en consecuencia se seleccionó la 3.

## CAPITULO III

### CÁLCULOS

#### 3.1 Diseño del tanque de la marmita

Para realizar el diseño se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

##### 3.1.1 Volumen de diseño

Para determinar un volumen que nos permita encontrar el radio del tanque se debe tener el volumen de diseño en el que se le incluirá un factor seguridad en este caso es 0.2.

$$V = v * n_s \quad \text{Fórmula [1]}$$

Donde:

Volumen ( $V$ )

Volumen del diseño ( $v$ ) = 600 L

Factor de seguridad ( $n_s$ ) = 1.2

Por lo tanto:

$$V = 600 L * 1.2$$

$$V = 720 L$$

$$V = 720 L * \frac{1000cm^3}{1L}$$

$$V = 720000 cm^3$$

##### 3.1.2 Radio interior del tanque

Para encontrar el radio del tanque se debe tener presente el volumen de diseño con su respectivo factor de seguridad que en este caso es ( $V$ ) y con la siguiente formula:

$$V = \frac{4}{3} * \pi * r^3$$

**Fórmula [2]**

$$r_{int.} = \sqrt[3]{\frac{V}{\frac{4}{3} * \pi}}$$

Donde:

-  $r_{int.}$  (Radio interior)

- V (Volumen) = 720 L

Por lo tanto:

$$r_{int.} = \sqrt[3]{\frac{720000 \text{ cm}^3}{\frac{4}{3} * \pi}}$$

$$r_{int.} = 55.6 \text{ cm}$$

$$r_{int.} = 0.556 \text{ m}$$

$$\phi_{int.} = 1.1 \text{ m}$$

### **3.1.3 Selección de espesor**

Con la ayuda de la siguiente tabla se puede elegir correctamente el espesor de la plancha y este dato servirá para fabricar el tanque de la marmita.

**Tabla 11.**

**Selección del espesor de la plancha**

<b>Diámetro nominal (mtr)</b>	<b>Espesor mínimo (mm)</b>
< 15.24	3
15.24 < 36.576	6.35
36.576 < 60.96	7.93
> 60.96	9.52

**Nota:** Con la tabla y el diámetro obtenido obtenemos el espesor de la plancha en mm

**Fuente:** (Velásquez, 2011, pág. 60)

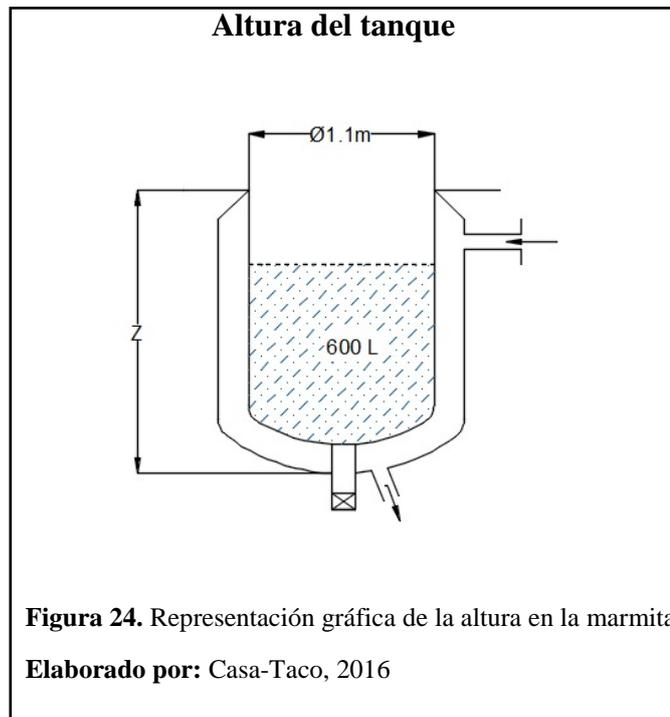
**3.1.4 Altura del tanque**

La altura del tanque está determinada por el diseño de la marmita al momento de su construcción y es de:

$$Z = 700 \text{ mm}$$

Donde:

– Z (Altura)



### 3.1.5 Altura del enchaquetado de la sección cilíndrica y toriesférica

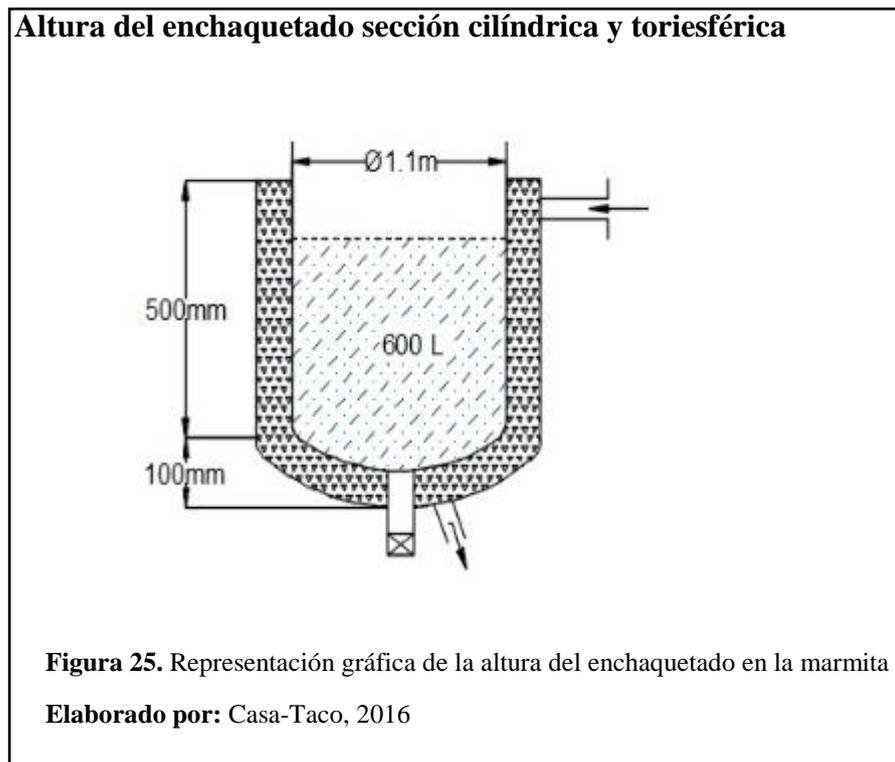
La altura está determinada por el diseño al momento de construir la marmita y se encuentra definido por:

$$l = 500 \text{ mm}$$

$$H = 100 \text{ mm}$$

Donde:

- $l$  (Altura del enchaquetado sección cilíndrica)
- $H$  (Altura del enchaquetado sección toriesférica)



### 3.1.6 Análisis de la sección toriesférica del tanque

Es ideal para el manejo de presiones, dimensiones dinámicas y de bajo costo.

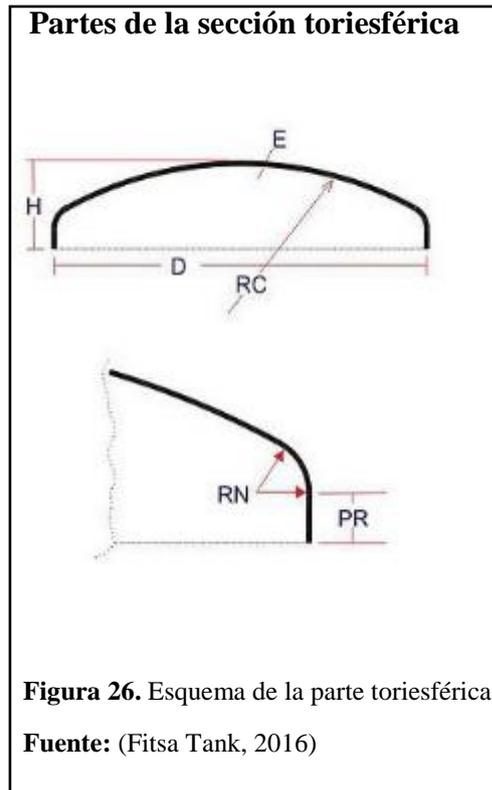
Se clasifican en:

- Toriesférica relación 100:6

- Toriesférica relación 80:10
- Toriesférica estándar

Para nuestro diseño utilizamos la toriesférica relación 100:6. (Fitsa Tank, 2016).

### 3.1.6.1 Toriesférica relación 100:6



### ASME FLANGED & DISHED relación 100:6

- $RN \geq 6\%$  del diámetro
- $RC =$  diámetro interior
- $H \leq 20\%$  en relación al diámetro
- PR es variable entre 31 a 40 mm
- Espesores de:  $\left[ \frac{3}{16} \right] \left[ \frac{1}{4} \right] \left[ \frac{5}{16} \right] \left[ \frac{3}{8} \right] \left[ \frac{1}{2} \right] \left[ \frac{5}{8} \right]$

Donde:

**H**= altura

**D**= diámetro

**E**= espesor

**RC**= radio de corona

**RN**= radio de nudillo

**PR**= parte recta

#### **3.1.6.1.1 Cálculo de PR de la sección toriesférica**

Con la ayuda de la toriesférica relación 100:6 se obtiene PR necesario para hallar el volumen.

$$PR = 40 \text{ mm}$$

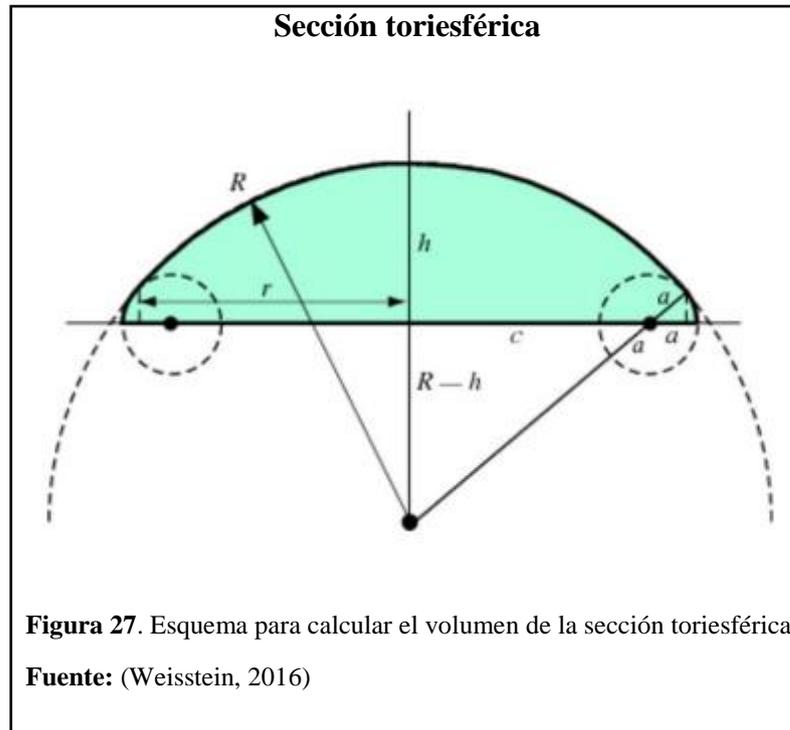
$$PR = 0.04 \text{ m.}$$

#### **3.1.6.2 Volumen de la sección toriesférica**

Al tener definido H y PR que en este caso es h y PR, se determina el radio de nudillos y se procede a calcular el volumen toriesférico.

La toriesférica es una superficie que se obtiene por la intersección de un casquete esférico y un tangente toro. Se utiliza para la construcción de recipientes a presión.

Según el gráfico tenemos:



Por geometría elemental se tiene:

$$c^2 + (R - h)^2 = (R - a)^2$$

Así que:

$$h = R - \sqrt{(a + c - R) * (a - c - R)}$$

La transición de la esfera a toro se realiza en el radio crítico.

$$r = c \left[ 1 + \left( \frac{R}{a} - 1 \right)^{-1} \right]$$

Por consiguiente tiene la ecuación.

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = R^2 \\ (c - \sqrt{x^2 + y^2})^2 = a^2 - [z - (R - h)]^2 \end{cases} \begin{matrix} \text{para } \sqrt{x^2 + y^2} < r \\ \text{para } r < \sqrt{x^2 + y^2} < a + c \end{matrix}$$

Donde:

$$R - h = \sqrt{(a + c - R) * (a - c - R)}$$

Por lo tanto, el volumen de la toriesférica es:

$$V_{toriesférica} = \frac{\pi}{6} \left[ 3a^2c \pi + 4R^3 - 2\sqrt{(a - c - R) * (a + c - R)} \right. \\ \left. * (2a^2 + c^2 + 2aR + 2R^2) + 6a^2c \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{c}{a - R} \right) \right]$$

$$V_{toriesférica} = \frac{\pi}{3} \left[ 2hR^2 - (2a^2 + c^2 + 2aR)(R - h) + 3a^2c \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{R - h}{R - a} \right) \right]$$

**Fuente:** (Weisstein, 2016)

**Fórmula [3]**

Para hallar el volumen de la toriesférica remplazamos los datos en la fórmula.

Donde:

$$h \text{ (Altura toriesférica)} = 0.1 \text{ m}$$

$$R \text{ (Radio de corona)} = 0.55 \text{ m}$$

$$a \text{ (Radio de nudillos)}$$

$$PR \text{ (Parte recta)} = 0.04 \text{ m}$$

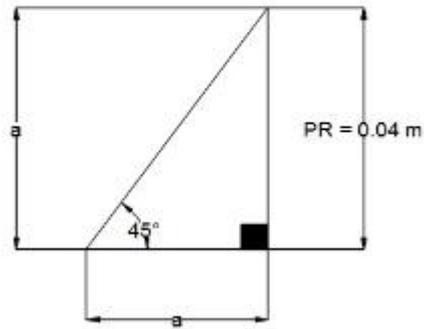
$$\operatorname{Sen}45^\circ = \frac{0.04 \text{ m}}{a}$$

$$a = \frac{0.04 \text{ m}}{\operatorname{Sen}45^\circ}$$

$$a = 0.056 \text{ m}$$

$$a = 56 \text{ mm}$$

### Triángulo rectángulo del radio de nudillos



**Figura 28.** Esquema para calcular el radio de nudillos

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

$c$  (Radio del tubo de toro)

$$\tan 45^\circ = \frac{c}{R - h}$$

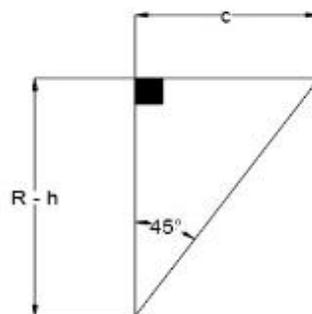
$$c = \tan 45^\circ * (R - h)$$

$$c = \tan 45^\circ * (0.55 \text{ m} - 0.1 \text{ m})$$

$$c = 0.45 \text{ m}$$

$$c = 450 \text{ mm}$$

### Triángulo rectángulo del radio del tubo de toro



**Figura 29.** Esquema para calcular el radio del tubo de toro

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

Tomar en cuenta que:

$$a < c$$

$$a + c < R$$

Se reemplaza en:

$$V_{toriesférica} = \frac{\pi}{3} \left[ 2hR^2 - (2a^2 + c^2 + 2aR)(R - h) + 3a^2 c \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{R - h}{R - a} \right) \right]$$

$$\begin{aligned} V_{toriesférica} &= \frac{\pi}{3} [2 * 0.1m (0.55)^2 m^2 - (2(0.056)^2 m^2 + 0.45^2 m^2 + 2 * 0.056m \\ &\quad * 0.55m) \\ &\quad * (0.55m - 0.1m) + 3 * 0.056^2 m^2 * 0.45m \\ &\quad * \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{0.55 - 0.1}{0.55 - 0.056} \right)] \end{aligned}$$

$$V_{toriesférica} = \frac{\pi}{3} [0.0605m^3 - 0.1216m^3 + 0.2778m^3]$$

$$V_{toriesférica} = \frac{\pi}{3} [0.2167m^3]$$

$$V_{toriesférico} = 0.225 m^3$$

$$V_{toriesférico} = 225000 cm^3$$

$$V_{toriesférico} = 225 L$$

### 3.1.7 Volumen de la sección cilíndrica

Para hallar el volumen se aplica la siguiente fórmula:

$$V_{cilindro} = \pi * r_i^2 * l$$

**Fórmula [4]**

Donde:

$$r_i \text{ (Radio interior)} = 0.55 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud)} = 0.5 \text{ m}$$

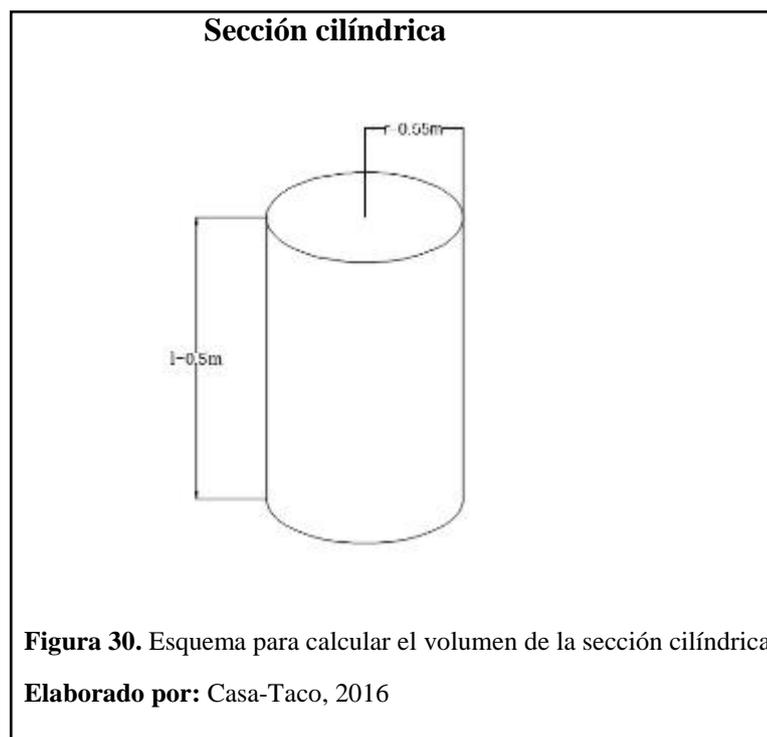
Por lo tanto:

$$V_{cilindro} = \pi * (0.55)^2 m^2 * 0.5m$$

$$V_{cilindro} = 0.475 \text{ m}^3$$

$$V_{cilindro} = 475000 \text{ cm}^3$$

$$V_{cilindro} = 475 \text{ L}$$



### 3.1.8 Área de transferencia de calor del tanque interno

- **Toriesférica**

$$A_{toriesférica} = \pi(r^2 + h^2)$$

**Fórmula [5]**

Donde:

$$r \text{ (Radio de la base)} = 0.506 \text{ m}$$

$$h \text{ (Altura toriesférica)} = 0.1 \text{ m}$$

$$A_{\text{toriesférica}} = \pi[(0.506^2)m^2 + (0.1^2)m^2]$$

$$A_{\text{toriesférica}} = 0.835 \text{ m}^2$$

- **Cilíndrica**

$$A_{\text{cilindro}} = 2 * \pi * r_i * l \quad \text{Fórmula [6]}$$

Donde:

$$r_i \text{ (Radio interior)} = 0.55 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud)} = 0.5 \text{ m}$$

$$A_{\text{cilindro}} = 2 * \pi * 0.55\text{m} * 0.5\text{m}$$

$$A_{\text{cilindro}} = 1.727 \text{ m}^2$$

Por lo tanto el área de transferencia del tanque interno va a ser igual a:

$$A_{\text{Transf.calor}} = A_{\text{torieférica}} + A_{\text{cilindro}} \quad \text{Fórmula [7]}$$

$$A_{\text{Transf.calor}} = 0.835 \text{ m}^2 + 1.727 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Transf.calor}} = 2.562 \text{ m}^2$$

### 3.1.9 Dimensionamiento del tanque de la marmita

El dimensionamiento se realiza con los datos ya calculados en el diseño del tanque de la marmita.

$$V_{\text{toriesférico}} = 225 \text{ L}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 475 \text{ L}$$

$$\text{Espesor} = 3 \text{ mm}$$

$$r_{int.} = 550 \text{ mm}$$

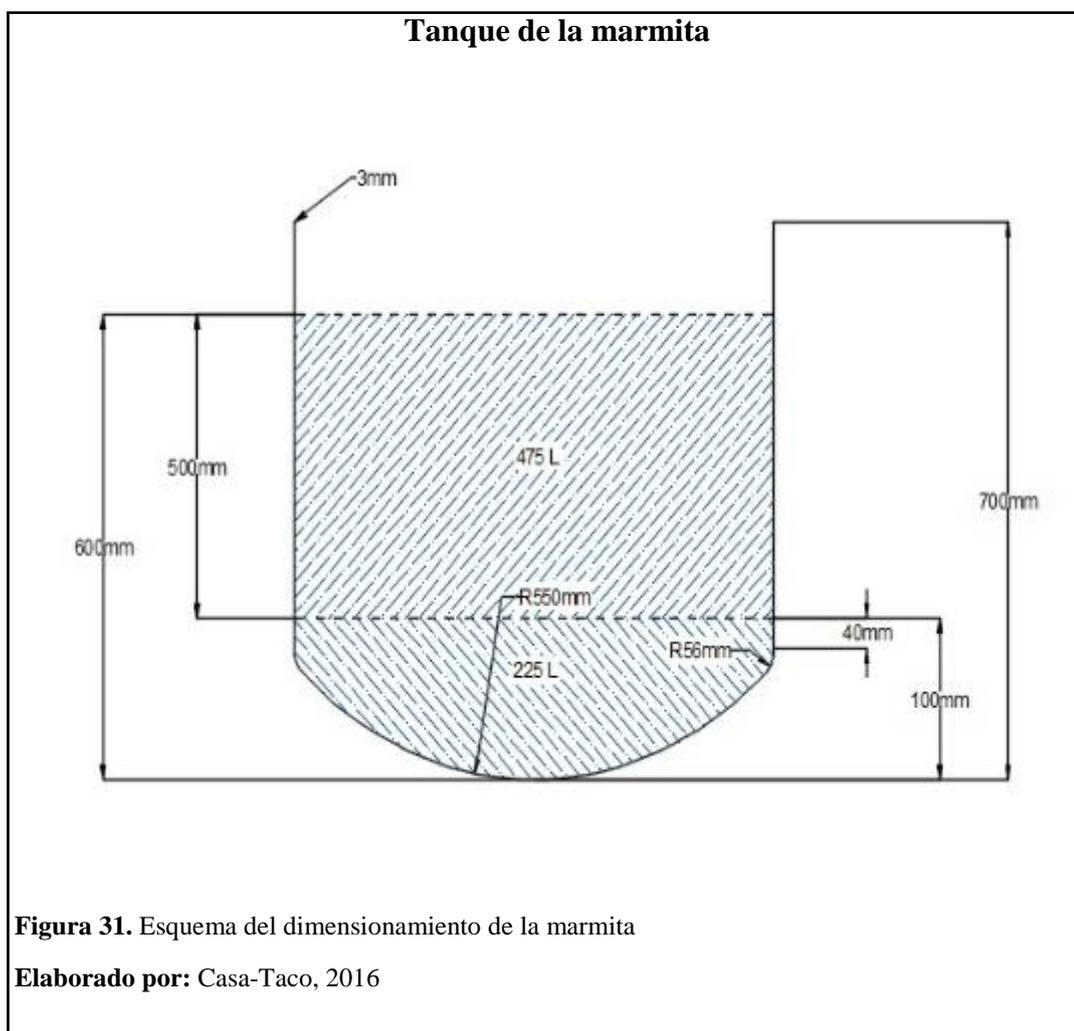
$$a \text{ (Radio de nudillo )} = 56 \text{ mm}$$

$$H \text{ (Altura toriesférica )} = 100 \text{ mm}$$

$$PR \text{ (Parte recta toriesférica )} = 40 \text{ mm}$$

$$Z \text{ (Altura del tanque )} = 700 \text{ mm}$$

$$\text{Altura del enchaquetado sección cilíndrica (l)} = 500 \text{ mm}$$



### 3.1 Análisis térmico del tanque

Para el inicio de este análisis se procede con un sistema cerrado denominado también masa de control. Con las siguientes características:

- La masa no entra ni sale del sistema cerrado
- El calor o trabajo puede cruzar la frontera
- El volumen no es fijo

### 3.2.1 Balance de energía sistema cerrado

Se inicia con el principio básico de balance de energía.

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistema} \quad \text{Fórmula [8]}$$

**Fuente:** (Cengel & Boles, 2009, pág. 173)

El dato a obtener es el calor de ingreso a la marmita, calor importante que ayuda a ebullición 600 l. de  $H_2O$

$$E_{entra} = \Delta E_{sistema} + E_{sale}$$

Con esta fórmula por consiguiente se obtiene el cambio de calor en la estructura al igual que el calor desechado al medio ambiente.

### 3.2.2 Cambio calorífico dentro de la marmita

Se determina con la suma de todas las energías internas del sistema excepto las siguientes:

- Energía cinética global porque no influye la velocidad
- Energía potencial gravitatoria global porque no interesa la posición de un punto respecto a otro.
- Energía potencial elástica global porque no hay vibraciones en el interior del sistema

$$\Delta E_{sistema} = \Delta \mu_{sistema} \quad \text{Fórmula [9]}$$

$$\Delta\mu_{sistema} = \Delta\mu_{agua} + \Delta\mu_{T.int.} + \Delta\mu_{vapor} + \Delta\mu_{chaq.} + \Delta\mu_{lana\ vid.} + \Delta\mu_{cubierta} + \Delta\mu_{tapa}$$

$$\Delta\mu_{sistema} = (mc_p\Delta T)_{agua} + (mc_p\Delta T)_{T.int.} + (mc_p\Delta T)_{vapor} + (mc_p\Delta T)_{chaq.} + (mc_p\Delta T)_{lana\ vid.} + (mc_p\Delta T)_{cubierta} + (mc_p\Delta T)_{tapa}$$

$$\Delta E_{sistema} = (mc_p\Delta T)_{agua} + (mc_p\Delta T)_{T.int.} + (mc_p\Delta T)_{vapor} + (mc_p\Delta T)_{chaq.} + (mc_p\Delta T)_{lana\ vid.} + (mc_p\Delta T)_{cubierta} + (mc_p\Delta T)_{tapa}$$

Donde:

$m$  (Masa)

$c_p$  (Calor específico)

$\Delta T$  (Variación de temperatura)

### 3.2.3 Energía de salida del sistema

Al momento de calentar agua en un sistema cerrado la energía que sale es:

$$E_{sale} = E_{convección} + E_{radiación} \quad \text{Fórmula [10]}$$

**Fuente:** (Cengel & Boles, 2009, pág. 174)

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

$$Q_{sale} = hA_s(T_s - T_\infty) + \varepsilon\sigma A_s(T_s^4 - T_\infty^4)$$

### 3.2.4 Análisis en el aprovechamiento de la marmita

En su posterior cálculo se va a necesitar los siguientes datos:

#### 3.2.4.1 Fluido interno (agua)

Volumen de diseño de la marmita ( $V_{agua} = 600\text{ L}$ ).

Calor específico del agua a temperatura ambiente  $\left( c_{p_{20^{\circ}\text{C}}} = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{K}} \right)$ .

**Fuente:** (Karlekar & Desmond, 1994, pág. 768)

### 3.2.4.2 Tanque interior

Se procede a calcular la masa del tanque interno que consta de una parte cilíndrica y una toriesférica de la siguiente manera.

#### - Parte cilíndrica

$$V_{cilindro} = V_{ext.} - V_{int.}$$

$$V_{cilindro} = \pi * r_{ext.}^2 * l - \pi * r_{int.}^2 * l$$

Donde:

$$r_{ext.} \text{ (Radio exterior) } = 0.553 \text{ m}$$

$$r_{int.} \text{ (Radio interior) } = 0.55 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud) } = 0.6 \text{ m}$$

$$V_{cilindro} = \pi * 0.553^2 m^2 * 0.6 m - \pi * 0.55^2 m^2 * 0.6 m$$

$$V_{cilindro} = 0.00623 m^3$$

$$V_{cilindro} = 6237.31 cm^3$$

$$\rho_{acero \text{ inox.}} = \frac{m_{cilindro}}{V_{cilindro}}$$

$$m_{cilindro} = \rho_{acero \text{ inox.}} * V_{cilindro}$$

Donde:

$$\rho_{\text{acero inox. (Densidad)}} = 7.9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{cilindro (Volumen)}} = 6237.31 \text{cm}^3$$

$$m_{\text{cilindro}} = 7.9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 6237.31 \text{cm}^3$$

$$m_{\text{cilindro}} = 49274.74 \text{gr}$$

$$m_{\text{cilindro}} = 49.2 \text{kg}$$

#### - Parte toriesférica

Se calcula el volumen externo con la ayuda del diámetro exterior de 1106 mm y la altura toriesférica real de 0.1 m

$$PR = 40 \text{ mm}$$

$$PR = 0.04 \text{ m}$$

$$V_{\text{toriesférica ext.}} = \frac{\pi}{3} \left[ 2hR^2 - (2a^2 + c^2 + 2aR)(R - h) + 3a^2 c \text{sen}^{-1} \left( \frac{R - h}{R - a} \right) \right]$$

Donde:

$$h \text{ (Altura)} = 0.1 \text{ m}$$

$$R \text{ (Radio de corona)} = 0.553 \text{ m}$$

$$a \text{ (Radio de nudillos)}$$

$$PR \text{ (Parte recta)} = 0.04 \text{ m}$$

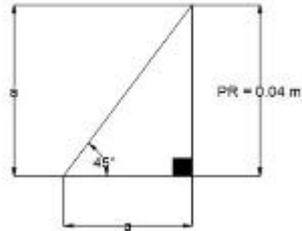
$$\text{Sen}45^\circ = \frac{0.04 \text{ m}}{a}$$

$$a = \frac{0.04 \text{ m}}{\text{Sen}45^\circ}$$

$$a = 0.056 \text{ m}$$

$$a = 56 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio de nudillos (toriesférica-tanque interno)**



**Figura 32.** Esquema del radio de nudillos (toriesférica-tanque interno)

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

$c$  (Radio del tubo de toro)

$$\tan 45^\circ = \frac{c}{R - h}$$

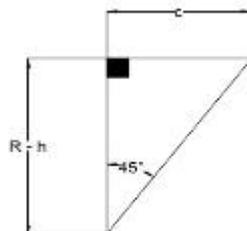
$$c = \tan 45^\circ * (R - h)$$

$$c = \tan 45^\circ * (0.553 \text{ m} - 0.1 \text{ m})$$

$$c = 0.453 \text{ m}$$

$$c = 453 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio del tubo de toro (toriesférica-tanque interno)**



**Figura 33.** Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-tanque interno)

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

Tomar en cuenta que:

$$a < c$$

$$a + c < R$$

Por lo tanto:

$$V_{\text{toriesfér. ext.}} = \frac{\pi}{3} [2 * 0.1m (0.553)^2 m^2 - (2(0.056)^2 m^2 + 0.453^2 m^2 + 2 * 0.056m * 0.553m)$$

$$* (0.553m - 0.1m) + 3 * 0.056^2 m^2 * 0.453m * \text{sen}^{-1} \left( \frac{0.553 - 0.1}{0.553 - 0.056} \right)]$$

$$V_{\text{toriesfér. ext.}} = \frac{\pi}{3} [0.0611m^3 - 0.1238m^3 + 0.280m^3]$$

$$V_{\text{toriesfér. ext.}} = \frac{\pi}{3} [0.217]$$

$$V_{\text{toriesfér. ext.}} = 0.227 m^3$$

$$V_{\text{toriesfér. ext.}} = 227000 cm^3$$

Al tener el volumen interior de  $226000cm^3$  ya calculado anteriormente se procede de la siguiente manera.

$$V_{\text{toriesférica}} = V_{\text{toriesfér. ext.}} - V_{\text{toriesfér. int.}}$$

$$V_{\text{toriesférica}} = 227000 cm^3 - 225000 cm^3$$

$$V_{\text{toriesférica}} = 2000 cm^3$$

$$\rho_{\text{acero inox.}} = \frac{m_{\text{toriesférco}}}{V_{\text{toriesférico}}}$$

$$m_{\text{toriesférco}} = \rho_{\text{acero inox.}} * V_{\text{toriesférico}}$$

Donde:

$$\rho_{\text{acero inox.}} \text{ (Densidad)} = 7.9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{toriesférico}} \text{ (Volumen)} = 2000 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{toriesférico}} = 7.9 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 2000 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{toriesférico}} = 15800 \text{ gr}$$

$$m_{\text{toriesférico}} = 15.8 \text{ kg}$$

Por lo tanto la masa del tanque interno es:

$$m_{\text{tanque int.}} = m_{\text{cilindro}} + m_{\text{toriesférico}}$$

$$m_{\text{tanque int.}} = 49.2 \text{ kg} + 15.8 \text{ kg}$$

$$m_{\text{tanque int.}} = 65 \text{ kg}$$

$$c_p = 0.477 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 870)

### 3.2.4.3 Sección de gas

Dato obtenido por el medidor de gas (vapor de agua) en el ingreso de la sección, que es una temperatura de 150 °C.

Presión requerida en la sección de gas que es de 50 *PSI*.

$$\text{Gas (vapor de agua)} \quad c_p = 1.8723 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

**Fuente:** (Cengel & Boles, 2009, pág. 905)

#### 3.2.4.4.Lana de vidrio

Para nuestro diseño se va a utilizar lana de vidrio con un espesor de 2 pulgadas (50.8 mm).

##### - Parte cilíndrica

$$V_{cilindro} = V_{ext.} - V_{int.}$$

$$V_{cilindro} = \pi * r_{ext.}^2 * l - \pi * r_{int.}^2 * l$$

Donde:

$$r_{ext.} \text{ (Radio exterior )} = 0.6038 \text{ m}$$

$$r_{int.} \text{ (Radio interior )} = 0.553 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud )} = 0.5 \text{ m}$$

$$V_{cilindro} = \pi * 0.6038^2 m^2 * 0.5m - \pi * 0.553^2 m^2 * 0.5m$$

$$V_{cilindro} = 0.09230m^3$$

$$V_{cilindro} = 92308.53cm^3$$

##### - Parte toriesférica

Se calcula el volumen externo con la ayuda del diámetro exterior de 1207.6 mm y la altura toriesférica real de 0.1 m.

$$PR = 40 \text{ mm}$$

$$PR = 0.04 \text{ m}$$

$$V_{toriesférica \text{ ext.}} = \frac{\pi}{3} \left[ 2hR^2 - (2a^2 + c^2 + 2aR)(R - h) + 3a^2 c \text{ sen}^{-1} \left( \frac{R - h}{R - a} \right) \right]$$

Donde:

$$h \text{ (Altura)} = 0.1 \text{ m}$$

$$R \text{ (Radio de corona)} = 0.6038 \text{ m}$$

$a$  (Radio de nudillos)

$$\text{PR (Parte recta)} = 0.04 \text{ m}$$

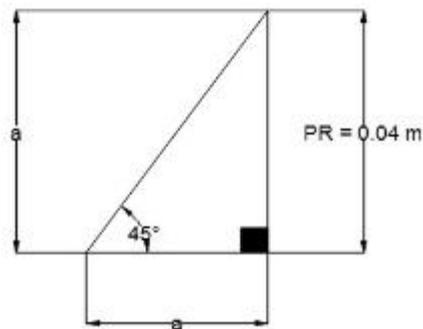
$$\text{Sen}45^\circ = \frac{0.04 \text{ m}}{a}$$

$$a = \frac{0.04 \text{ m}}{\text{Sen}45^\circ}$$

$$a = 0.056 \text{ m}$$

$$a = 56 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio de nudillo (toriesférica-lana de vidrio)**



**Figura 34.** Esquema del radio de nudillos (toriesférica-lana de vidrio)

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

$c$  (Radio del tubo de toro)

$$\tan 45^\circ = \frac{c}{R - h}$$

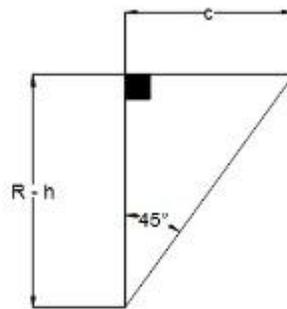
$$c = \tan 45^\circ * (R - h)$$

$$c = \tan 45^\circ * (0.6038 \text{ m} - 0.1 \text{ m})$$

$$c = 0.5038 \text{ m}$$

$$c = 503.8 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio del tubo de toro (toriesférica-lana de vidrio)**



**Figura 35.** Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-lana de vidrio)

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

Tomar en cuenta que:

$$a < c$$

$$a + c < R$$

Por lo tanto:

$$V_{toriesfér. \text{ ext.}} = \frac{\pi}{3} [2 * 0.1 \text{ m} (0.6038)^2 \text{ m}^2 - (2(0.056)^2 \text{ m}^2 + 0.5038^2 \text{ m}^2 + 2 * 0.056 \text{ m} * 0.6038 \text{ m}) * (0.6038 \text{ m} - 0.1 \text{ m}) + 3 * 0.056^2 \text{ m}^2 * 0.5038 \text{ m} * \text{sen}^{-1} \left( \frac{0.6038 - 0.1}{0.6038 - 0.056} \right)]$$

$$V_{toriesfér. ext.} = \frac{\pi}{3} [0.072m^3 - 0.1651m^3 + 0.316m^3]$$

$$V_{toriesfér. ext.} = \frac{\pi}{3} [0.2229m^3]$$

$$V_{toriesfér. ext.} = 0.233 m^3$$

$$V_{toriesfér. ext.} = 233000 cm^3$$

Al tener el volumen interior de  $227000cm^3$  ya calculado anteriormente se procede de la siguiente manera.

$$V_{toriesférica} = V_{toriesfér. ext.} - V_{toriesfér. int.}$$

$$V_{toriesférica} = 233000 cm^3 - 227000 cm^3$$

$$V_{toriesférica} = 6000 cm^3$$

$$V_{toriesférica} = 0.006 m^3$$

Por lo tanto el volumen total de la lana de vidrio es:

$$V_{lana de vidrio} = V_{cilindro} + V_{toriesférico}$$

$$V_{lana de vidrio} = 0.09230m^3 + 0.006m^3$$

$$V_{lana de vidrio} = 0.0983m^3$$

Calor específico de la lana de vidrio ( $c_p = 0.67 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$ )

**Fuente:** (Karlekar & Desmond, 1994, pág. 767)

### 3.2.4.5 Cubierta (plancha acero inoxidable AISI 304 con 3 mm de espesor)

#### Parte cilíndrica

$$V_{cilindro} = V_{ext.} - V_{int.}$$

$$V_{cilindro} = \pi * r_{ext.}^2 * l - \pi * r_{int.}^2 * l$$

Donde:

$$r_{ext.} \text{ (Radio exterior) } = 0.6068 \text{ m}$$

$$r_{int.} \text{ (Radio interior) } = 0.6038 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud) } = 0.5 \text{ m}$$

$$V_{cilindro} = \pi * 0.6068^2 m^2 * 0.5m - \pi * 0.6038^2 m^2 * 0.5m$$

$$V_{cilindro} = 0.005704 m^3$$

$$V_{cilindro} = 5704.81 cm^3$$

$$\rho_{acero \text{ inox.}} = \frac{m_{cilindro}}{V_{cilindro}}$$

$$m_{cilindro} = \rho_{acero \text{ inox.}} * V_{cilindro}$$

Donde:

$$- \rho_{acero \text{ inox.}} \text{ (Densidad) } = 7.9 \frac{gr}{cm^3}$$

$$- V_{cilindro} \text{ (Volumen) } = 5704.81 cm^3$$

$$m_{cilindro} = 7.9 \frac{gr}{cm^3} * 5704.81 cm^3$$

$$m_{cilindro} = 45067.99 gr$$

$$m_{cilindro} = 45.06 kg$$

#### - Parte toriesférica

Se calcula el volumen externo con la ayuda del diámetro exterior de 1213.6 mm y la altura toriesférica real de 0.1 m.

$$PR = 40 \text{ mm}$$

$$PR = 0.04 \text{ m}$$

$$V_{toriesférica\ ext.} = \frac{\pi}{3} \left[ 2hR^2 - (2a^2 + c^2 + 2aR)(R - h) + 3a^2 c \operatorname{sen}^{-1} \left( \frac{R - h}{R - a} \right) \right]$$

Donde:

$$h \text{ (Altura)} = 0.1 \text{ m}$$

$$R \text{ (Radio de corona)} = 0.6068 \text{ m}$$

$$a \text{ (Radio de nudillos)}$$

$$PR \text{ (Parte recta)} = 0.04 \text{ m}$$

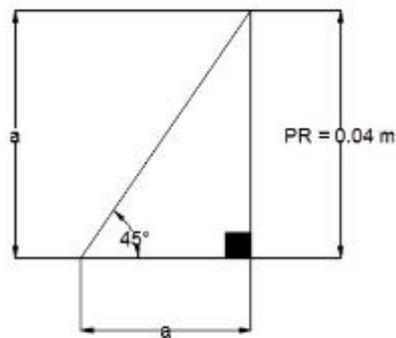
$$\operatorname{Sen}45^\circ = \frac{0.04 \text{ m}}{a}$$

$$a = \frac{0.04 \text{ m}}{\operatorname{Sen}45^\circ}$$

$$a = 0.056 \text{ m}$$

$$a = 56 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio de nudillos (toriesférica-cubierta)**



**Figura 36.** Esquema del radio de nudillos (toriesférica-cubierta)

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

$$c \text{ (Radio del tubo de toro)}$$

$$\tan 45^\circ = \frac{c}{R - h}$$

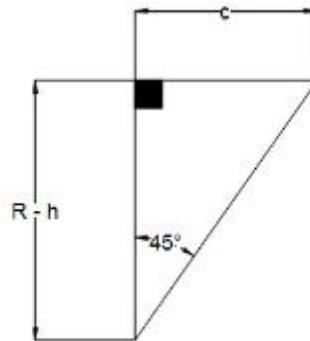
$$c = \tan 45^\circ * (R - h)$$

$$c = \tan 45^\circ * (0.6068 \text{ m} - 0.1 \text{ m})$$

$$c = 0.5068 \text{ m}$$

$$c = 506.8 \text{ mm}$$

**Triángulo rectángulo radio del tubo de toro (toriesférica-cubierta)**



**Figura 37.** Esquema del radio del tubo de toro (toriesférica-cubierta)

**Elaborado por:** Casa-Taco

Tomar en cuenta que:

$$a < c$$

$$a + c < R$$

Por lo tanto:

$$V_{toriesfér. \text{ ext.}} = \frac{\pi}{3} [2 * 0.1 \text{ m} (0.6068)^2 \text{ m}^2 - (2(0.056)^2 \text{ m}^2 + 0.5068^2 \text{ m}^2 + 2 * 0.056 \text{ m} * 0.6068 \text{ m}) *$$

$$(0.6068 \text{ m} - 0.1 \text{ m}) + 3 * 0.056^2 \text{ m}^2 * 0.5068 \text{ m} * \text{sen}^{-1} \left( \frac{0.6068 - 0.1}{0.6068 - 0.056} \right) ]$$

$$V_{toriesfér. \text{ ext.}} = \frac{\pi}{3} [0.0736 \text{ m}^3 - 0.1677 \text{ m}^3 + 0.3191 \text{ m}^3]$$

$$V_{toriesf\acute{e}r. ext.} = \frac{\pi}{3} [0.225m^3]$$

$$V_{toriesf\acute{e}r. ext.} = 0.235 m^3$$

$$V_{toriesf\acute{e}r. ext.} = 235000 cm^3$$

Al tener el volumen interior de  $233000cm^3$  ya calculado anteriormente se procede de la siguiente manera.

$$V_{toriesf\acute{e}rica} = V_{toriesf\acute{e}r. ext.} - V_{toriesf\acute{e}r. int.}$$

$$V_{toriesf\acute{e}rica} = 235000 cm^3 - 233000 cm^3$$

$$V_{toriesf\acute{e}rica} = 2000 cm^3$$

$$\rho_{acero inox.} = \frac{m_{toriesf\acute{e}rco}}{V_{toriesf\acute{e}rico}}$$

$$m_{toriesf\acute{e}rco} = \rho_{acero inox.} * V_{toriesf\acute{e}rico}$$

Donde:

$$- \rho_{acero inox.} \text{ (Densidad)} = 7.9 \frac{gr}{cm^3}$$

$$- V_{toriesf\acute{e}rico} \text{ (Volumen)} = 2000 cm^3$$

$$m_{toriesf\acute{e}rico} = 7.9 \frac{gr}{cm^3} * 2000 cm^3$$

$$m_{toriesf\acute{e}rico} = 15800gr$$

$$m_{toriesf\acute{e}rico} = 15.8kg$$

Por lo tanto la masa de la cubierta es:

$$m_{cubierta} = m_{cilindro} + m_{toriesf\acute{e}rico}$$

$$m_{cubierta} = 45.06kg + 15.8kg$$

$$m_{cubierta} = 60.8kg$$

Calor específico del acero inoxidable AISI 304 ( $c_p = 0.477 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$ )

Fuente: (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 869)

### 3.2.4.6 Tapa (plancha acero inoxidable AISI 304 con 3 mm de espesor)

$$V_{tapa} = \pi * r^2 * l$$

Donde:

$$r \text{ (Radio)} = 0.553 \text{ m}$$

$$l \text{ (Longitud)} = 0.003 \text{ m}$$

$$V_{tapa} = \pi * 0.553^2 m^2 * 0.003 m$$

$$V_{tapa} = 0.00288 m^3$$

$$V_{tapa} = 2880 cm^3$$

$$\rho_{acero \text{ inox.}} = \frac{m_{tapa}}{V_{tapa}}$$

$$m_{tapa} = \rho_{acero \text{ inox.}} * V_{tapa}$$

Donde:

$$- \rho_{acero \text{ inox.}} \text{ (Densidad)} = 7.9 \frac{gr}{cm^3}$$

$$- V_{tapa} \text{ (Volumen)} = 2880 cm^3$$

$$m_{tapa} = 7.9 \frac{gr}{cm^3} * 2880 cm^3$$

$$m_{tapa} = 22752 gr$$

$$m_{tapa} = 22.7 kg$$

Calor específico del acero inoxidable AISI 304 ( $c_p = 0.477 \frac{kJ}{kg^\circ K}$ )

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 869)

Con los resultados obtenidos se realiza un cuadro de datos que ayuda como base para realizar el cálculo térmico de la marmita.

**Tabla 12.**  
**Parámetros en el cálculo térmico de la marmita**

<b>DATO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Temperatura ambiente ( $T_\infty$ )	20 °C
Temperatura inicial del agua ( $T_o$ )	16 °C
Temperatura cocción necesaria del agua ( $T_s$ )	90 °C
Temperatura en el ingreso de la sección de gas (vapor de agua) ( $T$ )	150 °C
Período que transcurre al momento que hierve el líquido ( $t$ )	1500 seg.
Altitud de la marmita ( $L$ )	0.70 mtr.
$\emptyset_{int.}$ de la marmita ( $D$ )	1.1 mtr.

**Nota:** Parámetros importantes para el cálculo térmico de la marmita

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

### 3.2.4.7 Calculo de la masa

#### 3.2.4.7.1 Fluido interno (agua)

$$\rho_{agua} = \frac{m_{agua}}{V_{agua}}$$

$$m_{agua} = \rho_{agua} * V_{agua}$$

Donde:

$V_{agua} = 600 L$  Volumen de diseño de la marmita.

$\rho_{agua} = 1000 \frac{kg}{m^3}$  Densidad del agua

**Fuente:** (Karlekar & Desmond, 1994, pág. 768)

$$m_{agua} = 1000 \frac{kg}{m^3} * 0.6m^3$$

$$m_{agua} = 600 kg$$

Nos indica la masa del agua en el tanque interno.

#### 3.2.4.7.2 Sección de gas

Medida de temperatura en el ingreso de la sección de gas (vapor de agua) que es igual a 150 °C

Presión de diseño de la sección de gas (vapor de agua) es igual a 50 *PSI*

Con los siguientes datos se procede hallar el volumen específico y la entalpia, con la ayuda de las tablas a vapor de agua sobrecalentado en el libro de termodinámica de cengel y finalmente con estos datos se calcula la densidad del vapor.

Se ingresa con  $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $P = 50\text{ PSI}$  (0.344 MPa) en la tabla de vapor de agua sobrecalentado para hallar el volumen específico realizando una interpolación. Como se muestra en la tabla a continuación:

**Tabla 13.**  
**Interpolación del volumen específico**

Presión (MPa)	$v(m^3/kg)$
0.30	0.63402
0.344	0.56223
0.40	0.47088

**Nota:** Valor del volumen específico resultado de la interpolación

**Fuente:** (Cengel & Boles, 2009, pág. 905)

Por lo tanto se obtiene:

$$\text{Volumen específico: } v = 0.56223 \frac{m^3}{kg}$$

Para hallar la densidad que está trabajando el vapor se utiliza la formula en función del volumen específico.

$$\rho_{vapor} = \frac{1}{v}$$

$$\rho_{vapor} = \frac{1}{0.56223 \frac{m^3}{kg}}$$

$$\rho_{vapor} = 1.778 \frac{kg}{m^3}$$

Por ultimo con el volumen de la cámara de vapor que es en donde circula el vapor se calcula la masa.

$$\rho_{vapor} = \frac{m_{vapor}}{V_{cam.vapor}}$$

$$m_{vapor} = \rho_{vapor} * V_{cam.vapor}$$

Donde:

$$\rho_{vapor} = 1.778 \frac{kg}{m^3}$$

$$V_{cam.vapor} = 0.00823m^3$$

$$m_{vapor} = 1.778 \frac{kg}{m^3} * 0.00823m^3$$

$$m_{vapor} = 0.0146kg$$

### 3.2.4.7.3 Lana de vidrio

$$\rho_{lan.vidrio} = \frac{m_{lan.vidrio}}{V_{lan.vidrio}}$$

$$m_{lan.vidrio} = \rho_{lan.vidrio} * V_{lan.vidrio}$$

Donde:

$$V_{lan.vidrio} = 0.0983m^3 \quad \text{Volumen de la lana de vidrio que abraza la chaqueta.}$$

$$\rho_{lan.vidrio} = 200 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Densidad lana de vidrio}$$

**Fuente:** (Karlekar & Desmond, 1994, pág. 767)

$$m_{lan.vidrio} = 200 \frac{kg}{m^3} * 0.0983m^3$$

$$m_{lan.vidrio} = 19.6 kg$$

Masa de la lana de vidrio el cual cubre la chaqueta produciendo el aislamiento térmico.

### 3.2.4.8 Calculo del cambio de energía

Al obtener todas las variables se procede a remplazar en la siguiente formula:

$$\Delta E_{sistema} = (mc_p \Delta T)_{agua} + (mc_p \Delta T)_{T.int.} + (mc_p \Delta T)_{vapor} + (mc_p \Delta T)_{chaq.} \\ + (mc_p \Delta T)_{lana\ vid.} + (mc_p \Delta T)_{cubierta} + (mc_p \Delta T)_{tapa}$$

Donde:

Agua

$$m = 600\text{ kg}$$

$$c_p = 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

$$\Delta T = 74^\circ\text{K}$$

Tanque interno

$$m = 65\text{kg}$$

$$c_p = 0.477 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

$$\Delta T = 74^\circ\text{K}$$

Sección de gas (Vapor de agua)

$$m = 0.0146\text{kg}$$

$$c_p = 1.8723 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$$

$$\Delta T = 74^\circ\text{K}$$

Chaqueta

$$m = 30.4kg$$

$$c_p = 0.477 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

$$\Delta T = 74^{\circ}K$$

Lana de vidrio

$$m = 19.6 kg$$

$$c_p = 0.67 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

$$\Delta T = 74^{\circ}K$$

Cubierta

$$m = 60.8kg$$

$$c_p = 0.477 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

$$\Delta T = 74^{\circ}K$$

Tapa

$$m = 22.7kg$$

$$c_p = 0.477 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$$

$$\Delta T = 74^{\circ}K$$

$$\Delta E_{sistema} = 192880.28 kJ$$

Y así convertir la  $\Delta E_{sistema}$  en kWh se multiplica por el factor de conversión 1 kWh equivale a 3600 kJ por lo tanto se obtiene 53.57 kWh.

Se procede a obtener el desperdicio calorífico con la ayuda del método denominado convección natural.

Se inicia con el cálculo de  $T_f$ .

$$T_f = \frac{1}{2}(T_s + T_\infty) \quad \text{Fórmula [11]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 527)

Donde:

$$T_s = 90^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 20^\circ\text{C}$$

Por lo tanto la temperatura de película es de 55 °C.

Con la temperatura de película a 55 °C y la ayuda de las tablas de propiedades del aire se procede a determinar la conductividad térmica, viscosidad cinemática y el número de prandtl realizando una interpolación.

**Tabla 14.**  
**Propiedades del aire**

Temperatura T, °C	Conductividad térmica $k, W/m^\circ K$	Viscosidad cinemática $\nu, m^2/s$	Numero de Prandtl $Pr$
50	0.02735	$1.798 \times 10^{-5}$	0.7228
55	0.02771	$1.847 \times 10^{-5}$	0.7215
60	0.02808	$1.896 \times 10^{-5}$	0.7202

**Nota:** Resultados obtenidos de la tabla termodinámica de la parte de propiedades del aire por medio de la interpolación.

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 884)

$$k = 0.02771 \frac{W}{m^{\circ}K}$$

$$\nu = 1.847 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

$$Pr = 0.7215$$

El siguiente paso es obtener el coeficiente de expansión volumétrica  $\beta$ .

$$\beta = \frac{1}{T(^{\circ}K)} \quad \text{Fórmula [12]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 522)

$$\beta = \frac{1}{(55 + 273)^{\circ}K}$$

$$\beta = \frac{1}{328^{\circ}K}$$

$$\beta = 0.00304 \text{ }^{\circ}K^{-1}$$

Al tener todo los datos se procede a calcular el número de Rayleigh por medio de la siguiente formula:

$$Ra = Gr * Pr \quad \text{Fórmula [13]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 528)

Donde:

$G_r$ (número de Grashof)

$P_r$ (número de Prandtl)

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

Donde:

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$\beta = 0.00304 \text{ } ^\circ K^{-1}$$

$$T_s = 363^\circ K$$

$$T_\infty = 293^\circ K$$

$$L^3 = 0343m^3$$

$$v^2 = 3.4114 \times 10^{-10} \frac{m^4}{s^2}$$

$$P_r = 0.7215$$

Por lo tanto el número de Rayleigh es de  $151.438 \times 10^7$ .

Al tener un diámetro muy grande, el análisis se realiza mediante una pared perpendicular en donde se desestima el impacto de la ondulación. Se satisface al comprobar la fórmula:

$$D \geq \frac{35L}{G_r^{1/4}} \quad \text{Fórmula [14]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 530)

Donde:

$$L = 0.7m$$

$$G_r = 209.88 \times 10^7$$

$$D = 1.1 m$$

Por lo tanto  $1.1 \text{ mtr.} \geq 0.1144 \text{ mtr.}$

Ya comprobada y satisface la fórmula, el siguiente paso es obtener con la ayuda de las correlaciones empíricas el número promedio de Nusselt en este caso dado para la convección natural sobre una pared perpendicular mostrado a continuación.

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra^{1/6}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 \quad \text{Fórmula [15]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 529)

Donde:

$$Ra = 151.438 \times 10^7$$

$$Pr = 0.7215$$

Por lo tanto el número de Nusselt es de 139.99

A continuación se realiza el cálculo del factor que equilibra el traslado de energía calorífica encima del área.

$$h = \frac{k}{L} Nu \quad \text{Fórmula [16]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 529)

Donde:

$$k = 0.02771 \frac{W}{m^{\circ}C}$$

$$L = 0.7m$$

$$Nu = 139.99$$

Por lo tanto el factor que equilibra el traslado de energía calorífica encima del área es

$$\text{de } 5.54 \frac{W}{m^2^{\circ}C}$$

Por ultimo para hallar la disipación de calor por convección natural se va utilizar el área de transferencia de calor del tanque interno que en este caso es  $2.562 \text{ m}^2$  y el factor que equilibra el traslado de energía calorífica encima del área hallado anteriormente  $5.54 \frac{W}{\text{m}^2\text{°C}}$ .

$$Q_{convección} = hA_{transf.calor}(T_s - T_{\infty}) \quad \text{Fórmula [17]}$$

**Fuente:** (Karlekar & Desmond, 1994, pág. 591)

Donde:

$$h = 5.54 \frac{W}{\text{m}^2\text{°C}}$$

$$A_{transf.calor} = 2.562 \text{ m}^2$$

$$T_s = 90\text{°C}$$

$$T_{\infty} = 20\text{°C}$$

Por lo tanto la disipación de calor por convección natural es de  $993.5 \text{ W}$

En el siguiente punto se va a calcular las pérdidas de calor por radiación.

$$Q_{rad.} = \varepsilon\sigma A_s(T_s^4 - T_{\infty}^4) \quad \text{Fórmula [18]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 542)

Donde:

$$\varepsilon \text{ (Emisividad)} = 0.17$$

$$\sigma \text{ (Constante de Stefan – Boltzmann)} = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{\text{m}^2\text{°K}^4}$$

$$A_s \text{ (Área de transferencia de calor)} = 2.562 \text{ m}^2$$

$$T_s = 90\text{°C}$$

$$T_{\infty} = 20\text{°C}$$

$$Q_{rad.} = 0.17 * 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \circ K^4} * 2.562 m^2 ((90 + 273)^4 - (20 + 273)^4) \circ K^4$$

$$Q_{rad.} = 2.469 \times 10^{-8} \frac{W}{\circ K^4} (999.30 \times 10^7) \circ K^4$$

$$Q_{rad.} = 246.77 W$$

Al tener las pérdidas de calor por convección y radiación se procede a:

$$Q_{total} = Q_{convección} + Q_{radiación} \quad \text{Fórmula [19]}$$

**Fuente:** (Cengel & Ghajar, 2011, pág. 15)

Donde:

$$- Q_{convección} = 993.5 W$$

$$- Q_{radiación} = 246.77 W$$

Por lo tanto la energía calorífica total disipada es de 1240.27 W.

Se necesita tener la energía que sale en Joules por lo tanto multiplico por el tiempo en el que se produce estas pérdidas que es de 1500 segundos.

$$E_{sale} = 1240.27 \frac{J}{s} * 1500s$$

$$E_{sale} = 1860.4 kJ$$

Se realiza la siguiente conversión para tener en la energía en kWh.

$$E_{sale} = 1860.4 kJ * \frac{1kWh}{3600kJ}$$

$$E_{sale} = 0.516 kWh$$

El siguiente y último paso es calcula la energía de entrada que es la requerida para hervir 600 kg de agua.

$$E_{entra} = \Delta E_{sistema} + E_{sale}$$

$$E_{entra} = 53.57 \text{ kWh} + 0.516 \text{ kWh}$$

$$E_{entra} = 54.08 \text{ kWh}$$

$$E_{requerida} = 54.08 \text{ kWh}$$

## **CAPITULO IV**

### **ESTUDIO DE COSTOS**

En el presente capitulo se va a realizar el estudio de costos necesario para determinar la inversión y la viabilidad del proyecto en la parte económica. Por lo que va a ser de mucha importancia la determinación de los costos directos como indirectos.

#### **a. Costos directos**

- Costos de materiales que conforman la marmita
- Costos de materiales normalizados
- Costos de máquina
- Costos de montaje e instalación

#### **b. Costos indirectos**

- Costos de materiales secundarios que intervienen al construir la marmita
- Costos varios

### **4.1 Estudio de costos directos**

#### **4.1.1 Costo de materiales de la marmita, sistema de elevación y transporte**

Es el costo de los materiales que intervienen y forman parte de la marmita al momento de su construcción al igual que la estructura del sistema de elevación y transporte.

**Tabla 15.****Costos de materiales que conforman la marmita**

<b>Material</b>	<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
<b>Plancha de acero inoxidable AISI 304</b>	3 mm*2440 mm*1220 mm	2	\$ 438
<b>Plancha de acero inoxidable AISI 304</b>	2 mm*2440 mm*1220 mm	1	\$186
<b>Plancha de acero inoxidable AISI 304</b>	Brillante 1 mm*2440 mm*1220 mm	1	\$ 90
<b>Tapa acero inoxidable AISI 304</b>	Ø 1100 mm * 1.5 mm	1	\$ 90
<b>Lana de Vidrio</b>	50 mm*2440 mm*1220 mm	1	\$ 40
<b>Platina de acero inoxidable AISI 304</b>	4 mm*40 mm*6000 mm	1	\$ 45
<b>Tubo acero inoxidable AISI 304.</b>	SCH 40 3 ½ plg. *350 mm	4	\$ 220
<b>Bases Reguladoras Acero inoxidable AISI 304.</b>	¾ plg. * 150 mm	4	\$ 60
<b>Varilla de Acero inoxidable AISI 304.</b>	3/8 plg *6000 mm	2	\$28.50
<b>Neplo de Drenaje Acero inoxidable AISI 304.</b>	Macho 2 plg.*500 mm	1	\$ 30
<b>Neplo de Drenaje Acero inoxidable AISI 304.</b>	Macho 2 plg.*60 mm	1	\$ 10
<b>Neplo de ingreso de vapor Acero inoxidable AISI 304.</b>	Hembra ¼ plg.	3	\$ 36
<b>Neplo de descarga de condensado acero inoxidable AISI 304.</b>	Hembra ¼ plg.	1	\$ 12
<b>Unión acero negro</b>	¼ plg.	1	\$ 2
<b>Canastilla de Acero inoxidable AISI 304.</b>	Ø 900 mm*700 mm	1	\$ 200
<b>Tubos cuadrados A 36</b>	100 mm*100 mm*6000 mm	4	\$ 440
<b>Viga IPE</b>	140 mm*73 mm*6000 mm	2	\$ 183.24
<b>Viga IPN</b>	120 mm*73 mm*12000 mm	1	\$ 300
<b>Placas A 36</b>	Cuadrada 150 mm*120 mm*10 mm	24	\$ 78
<b>Placas A 36</b>	Cuadrada 190 mm*190 mm*10 mm	8	\$ 28
		<b>Total</b>	\$ 2516.74

**Nota:** Costos de todos los materiales de la marmita, sistema de elevación y transporte del chocho

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

#### 4.1.2 Costos de materiales normalizados

Son los materiales que se encuentran en el mercado nacional con sus dimensiones estandarizadas, por lo que no es necesaria su modificación al momento de utilizarlas.

**Tabla 16.**

#### **Costos de materiales normalizados**

<b>Material</b>	<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
<b>Perno y Tuerca hexagonal galvanizados</b>	½ plg.*1 ½ plg.	48	\$35.56
<b>Manómetro de presión</b>	Escala 0 a 150 PSI	1	\$ 20
<b>Pernos de anclaje galvanizados</b>	½ plg * 3 plg.	32	\$ 14.4
<b>Válvula de drenaje acero inoxidable AISI 304.</b>	2 plg	1	\$ 20
<b>Tecla Manual</b>	½ Ton.	1	\$ 80
<b>Trolley</b>	1 ½ Ton.	1	\$ 80
<b>Codo acero inoxidable AISI 304.</b>	2 plg.	1	\$ 12
<b>Trampa de vapor</b>	Tipo balde invertido ¼ plg.	1	\$ 150
<b>Neplo</b>	Tipo cola de chancho	1	\$ 12
		<b>Total</b>	\$ 423.96

**Nota:** Costo de todos los materiales que no es necesario modificar sus propiedades y dimensiones

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

#### 4.1.3 Costos de máquina

Es el costo de hora-máquina en la marmita. El tiempo determina el costo.

**Tabla 17.**  
**Costos de máquina**

<b>Fase</b>	<b>Tiempo (hora)</b>	<b>Costo-hora</b>	<b>Costo total</b>
<b>Abombadora</b>	3	\$ 28.66	\$ 86
<b>Soldadura Tig.</b>	24	\$ 85.23	\$ 2045.53
<b>Soldadura eléctrica</b>	16	\$ 6.50	\$ 104
<b>Barolado</b>	1	\$ 20	\$ 20
<b>Punzonadora</b>	24	\$ 18	\$ 450
<b>Curvadora</b>	1	\$ 15	\$ 15
<b>Bomba para test hidrostático</b>	12	\$ 10	\$ 120
<b>Taladro de pedestal</b>	8	\$ 5	\$ 40
		<b>Total</b>	\$ 2880.53

**Nota:** Costo de todas las máquinas utilizadas al construir la marmita

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

#### **4.1.4 Costos de montaje e instalación**

Este precio está dado por la mano de obra que interviene en este proceso.

**Tabla 18.**

**Costos de montaje e instalación**

<b>Especificación</b>	<b>Duración (horas)</b>	<b>Precio-hora</b>	<b>Precio T.</b>
<b>Experto en mecánica</b>	24	\$13.25	\$ 318
<b>Asistente</b>	24	\$ 6.65	\$ 159
<b>Consultoría profesional</b>	8	\$ 30	\$ 240
		<b>Total</b>	<b>\$ 717</b>

**Nota:** Costo de la ayuda externa contratada para el montaje e instalación

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

**4.1.5 Costos directos totales**

**Tabla 19.**

**Costos directos totales**

<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
<b>Costos de materiales que conforman la marmita</b>	1	\$2516
<b>Costos de materiales normalizados</b>	1	\$ 423.96
<b>Costos de máquina</b>	1	\$ 2880.53
<b>Costos de montaje e instalación</b>	1	\$717
	<b>Total:</b>	<b>\$ 6537.49</b>

**Nota:** Sumatoria de todos los costos directos obtenido

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

**4.2 Estudio de costos indirectos**

**4.2.1 Costos de materiales secundarios al construir la marmita**

Este costo de material es el complemento para la construcción de la marmita.

**Tabla 20.**

**Costos de materiales secundarios**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Electrodo 7018</b>	5 kg.	\$ 3.60	\$ 18
<b>Disco de corte</b>	6	\$ 2.60	\$ 15.56
<b>Disco de desbaste</b>	1	\$ 3.50	\$ 3.50
<b>Broca de concreto</b>	½ plg.	\$ 1.20	\$ 1.20
<b>Pintura</b>	2 galones	\$ 21.60	\$ 43.20
<b>Varillas de aporte Tig</b>	5 kg.	\$ 4.50	\$ 22.50
<b>Discos flap</b>	3	\$ 3.50	\$ 10.5
<b>Teflón</b>	2	\$ 0.40	\$ 0.80
<b>Permatex</b>	1	\$ 2.25	\$ 2.25
<b>Total</b>			<b>\$ 117.51</b>

**Nota:** Costos de todos los materiales que aportaron en la construcción de la marmita

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

#### **4.2.2 Costos varios**

Es el costo de materiales que intervinieron a lo largo del desarrollo del proyecto, es decir es el costo técnico – administrativo que se necesita para la correcta realización de dicho proyecto.

**Tabla 21.**

**Costos varios**

<b>Especificación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
<b>Internet</b>	30	\$0.50	\$ 15
<b>Impresiones</b>	200	\$ 0.15	\$ 30
<b>Transporte de materiales</b>	4	\$ 15	\$ 60
<b>Traslado de la marmita</b>	1	\$ 40	\$ 40
		<b>Total</b>	\$ 145

**Nota:** Son los costos para el desarrollo de la parte teórica, investigación y transporte

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

**4.2.3 Costos indirectos totales**

**Tabla 22.**

**Costos indirectos totales**

<b>Costo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo total</b>
<b>Costos de materiales secundarios que intervienen al construir la marmita</b>	1	\$ 117.51
<b>Costos varios</b>	1	\$ 145
	<b>Total:</b>	\$ 262.51

**Nota:** Sumatoria de todos los costos indirectos obtenidos

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

### 4.3 Costos totales

**Tabla 23.**  
**Costos totales**

Costo	Cifra	Costo total
Costos directos	1	\$ 6537.49
Costos indirectos	1	\$ 262.51
	<b>Total:</b>	\$ 6800

**Nota:** Sumatoria del costo total directo y costo total indirecto obtenido

**Elaborado por:** Casa-Taco, 2016

### 4.4 Estudio financiero

#### 4.4.1 Alcance de ingresos y egresos mensuales de la empresa

**Tabla 24.**  
**Alcance de ingresos**

Mes	Ingreso anterior	Ingreso actual	Diferencia de ingresos
<b>Septiembre</b>	\$ 50955.68	\$ 57701.15	\$ 6745.47
<b>Octubre</b>	\$ 29334.28	\$ 36098.30	\$ 6764.02
<b>Noviembre</b>	\$ 41862.87	\$ 48644.20	\$ 6781.33
<b>Diciembre</b>	\$ 38902.23	\$ 45694.40	\$ 6792.17
<b>Enero</b>	\$ 57321.02	\$ 64131.22	\$ 6810.20

**Nota:** Ingresos obtenidos de la Corporación Casa

**Fuente:** Corporación Casa, 2016

**Tabla 25.**

**Alcance de egresos**

<b>Mes</b>	<b>Egreso anterior</b>	<b>Egreso actual</b>	<b>Diferencia de egresos</b>
<b>Septiembre</b>	\$ 569622.6	\$ 566327.98	\$ 3294.62
<b>Octubre</b>	\$ 293365.68	\$ 289946.82	\$ 3418.86
<b>Noviembre</b>	\$ 485449.2	\$ 481967.32	\$ 3481.88
<b>Diciembre</b>	\$ 415280.52	\$ 411968.61	\$ 3311.91
<b>Enero</b>	\$ 655185.72	\$ 651938.54	\$ 3247.18

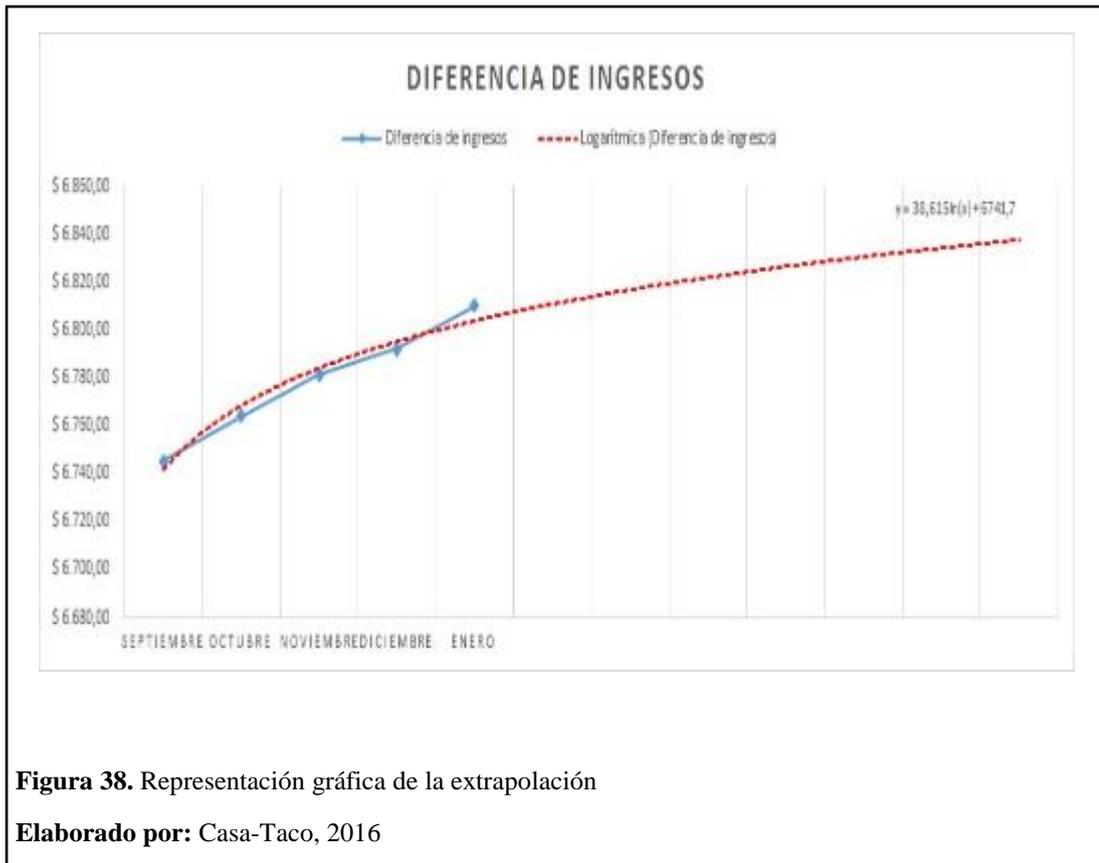
**Nota:** Egresos obtenidos de la Corporación Casa

**Fuente:** Corporación Casa, 2016

**4.4.2 Recuperación de la inversión**

Para calcular el mes de la recuperación de la inversión, se realiza una extrapolación de la diferencia de ingresos y con la ayuda de la siguiente formula:

$$y = 38.615 \ln(x) + 6741.7$$



Al aplicar la formula tenemos:

$$y = 38.615 \ln(6) + 6741.7$$

$$y = 6810.88$$

Por lo tanto la inversión se recupera en el sexto mes que es febrero con un valor de \$ 6810.88

**Tabla 26.**  
**Recuperación de inversión**

<b>Mes</b>	<b>Ingreso neto</b>	<b>Egreso neto</b>	<b>Recuperación de inversión</b>
<b>Septiembre</b>	\$ 3450.85	\$ 2340.98	\$ 1109.87
<b>Octubre</b>	\$ 3345.16	\$ 2275.11	\$ 1070.05
<b>Noviembre</b>	\$ 3299.45	\$ 2189	\$ 1110.45
<b>Diciembre</b>	\$ 3480.26	\$ 2280.03	\$ 1200.23
<b>Enero</b>	\$ 3563.02	\$ 2422.86	\$ 1140.16
<b>Febrero</b>	\$ 3620.15	\$ 2440.03	\$ 1180.12
<b>Total:</b>			\$ 6810.88

**Nota:** Ingresos y Egresos obtenidos de la Corporación Casa

**Fuente:** Corporación Casa, 2016

#### 4.4.3 Calculo de la tasa mínima atractiva de retorno

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

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

Por lo que  $i$  es el premio de riesgo e  $f$  índice de inflación.

Para encontrar el TMAR se toma los datos de los indicadores económicos que da a conocer el Banco Central del Ecuador.

## Indicadores económicos

**Banco Central  
del Ecuador**



▶ <u>Deuda Externa Pública como % del PIB (Diciembre 2015):</u>	<u>20.40%</u>
▶ <u>Inflación Anual (Septiembre-2016/Septiembre-2015):</u>	<u>1.30%</u>
▶ <u>Inflación Mensual (Septiembre-2016):</u>	<u>0.15%</u>
▶ <u>Tasa de Desempleo Urbano a Septiembre-30-2016:</u>	<u>6.68%</u>
▶ <u>Tasa de interés activa (Octubre - 2016):</u>	<u>8.71%</u>
▶ <u>Tasa de interés pasiva (Octubre - 2016):</u>	<u>5.75%</u>
▶ <u>Barril Petróleo (WTI 19-Oct-16)1:</u>	<u>51.60USD</u>

**Figura 39.** Indicadores económicos para el cálculo

**Fuente:** (B.C.E, 2017)

Dónde:

$i$  (Premio de riesgo) = 20.40 %

$f$  (Índice de inflación) = 1.30 %

$$TMAR = 0.204 + 0.013 + 0.204 * 0.013$$

$$TMAR = 0.219$$

$$TMAR = 21.9 \%$$

#### 4.4.4 Valor actual neto (VAN)

Permite determinar si el proyecto es rentable tomando en cuenta los siguientes parámetros:

VAN > 0 el proyecto es rentable

VAN = 0 el proyecto es aceptable, pero con ganancia mínima

VAN < 0 el proyecto no es rentable

La ecuación del VAN es:

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

Donde:

Financiación preliminar del plan ( $I_o = \$ 6800$ )

Movimientos venideros ( $F_t$ )

Tarifa de regreso ( $r = 21.9 \%$ )

Cantidad de meses ( $t = 5$ )

**Tabla 27.**

#### Flujos futuros

Meses	Inversión	Ingresos	Egresos	Flujos futuros
<b>0</b>	-\$ 6800		(\$ 6800)	(\$ 6800)
<b>1</b>		\$ 6745.47	-\$ 3294.62	\$ 3450.85
<b>2</b>		\$ 6764.02	-\$ 3418.86	\$ 3345.16
<b>3</b>		\$ 6781.33	-\$ 3481.88	\$ 3299.45
<b>4</b>		\$ 6792.17	-\$ 3311.91	\$ 3480.26
<b>5</b>		\$ 6810.20	-\$ 3247.18	\$ 3563.02

**Nota:** Costos futuros es la diferencia de los ingresos y egresos de la Corporación Casa

**Fuente:** Corporación Casa

$$VAN = -6800 + \frac{3450.85}{(1 + 0.219)^1} + \frac{3345.16}{(1 + 0.219)^2} + \frac{3299.45}{(1 + 0.219)^3} + \frac{3480.26}{(1 + 0.219)^4} + \frac{3563.02}{(1 + 0.219)^5}$$

$$VAN = \$ 3003.42$$

Por lo tanto \$ 3003.42 > 0 esto significa que el proyecto es rentable.

#### 4.4.5 Tasa interna de retorno (TIR)

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

En este caso encontramos dos VAN que se aproximen al cero tanto positivo como negativo y mediante prueba y error se calcula la TIR que debe ser mayor a la TMAR para que el proyecto sea viable.

$$VAN = -6800 + \frac{3450.85}{(1 + 0.4)^1} + \frac{3345.16}{(1 + 0.4)^2} + \frac{3299.45}{(1 + 0.4)^3} + \frac{3480.26}{(1 + 0.4)^4} + \frac{3563.02}{(1 + 0.4)^5}$$

$$VAN = 142.44$$

$$VAN = -6800 + \frac{3450.85}{(1 + 0.5)^1} + \frac{3345.16}{(1 + 0.5)^2} + \frac{3299.45}{(1 + 0.5)^3} + \frac{3480.26}{(1 + 0.5)^4} + \frac{3563.02}{(1 + 0.5)^5}$$

$$VAN = -878.45$$

Mediante prueba y error tenemos:

$$VAN = -6800 + \frac{3450.85}{(1 + 0.41236)^1} + \frac{3345.16}{(1 + 0.41236)^2} + \frac{3299.45}{(1 + 0.41236)^3} \\ + \frac{3480.26}{(1 + 0.41236)^4} + \frac{3563.02}{(1 + 0.41236)^5}$$

$$VAN = 0.062 \approx 0$$

El valor de 0.41236 es el que se aproxima más a 0.

Por lo tanto la TIR es de 41.236 % que es mayor a la TMAR de 21.9%, esto quiere decir que el plan de trabajo es factible y cumple con el objetivo del inversionista.

## Conclusiones

- Con el empleo del nuevo sistema para la cocción del chocho, en cada carga de 500 kg se redujo el tiempo de cocción de 40 a 25 minutos.
- El sistema de desplazamiento ayudo a reducir los tiempos de producción en un 30% mejorando la capacidad productiva de la empresa.
- Al incrementar el sistema de aireado del agua en la tina de des alcalinizado en intervalos de 6 horas se redujo el tiempo de producción en 2 días.
- Al utilizar la marmita diseñada, se logró bajar los costos de producción en el consumo de combustible en un 15%.
- En análisis realizados al chocho posteriores a la instalación del equipo se determinó que hubo una reducción de coliformes totales de  $(42 \times 10^3$  a  $96 \times 10^2$ ) UFC/g y también se redujo Mohos y levaduras de  $(42 \times 10^3$  a  $28 \times 10^3$ ) UPM/g.

## **Recomendaciones**

-Se recomienda la instalación de un ablandador para el agua de la caldera ya que los minerales presentes en el vapor de agua pueden reducir la vida útil de la marmita.

-Para optimizar de una forma adecuada la eficiencia térmica de la marmita, se recomienda que la presión no deberá bajar de los 50 psi (presión de diseño).

-En cuanto al momento de realizar posteriores estudios acerca de la marmita, hay que tener presente el aprovechamiento térmico de dicho equipo, mejorando el diseño del aislante con futuros materiales más eficientes, para reducir las pérdidas de calor.

-Los equipos presentan un adecuado funcionamiento sin embargo se recomienda la implementación de instrumentos digitales para un mejor control de temperatura y presión de vapor.

## Referencias

- B.C.E. (Octubre de 2017). *bce.fin.ec*. Obtenido de <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/754>
- Cengel, Y., & Boles, M. (2009). *Termodinámica*. México, D.F., Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México, D.F., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Fitsa Tank. (07 de Marzo de 2016). *fitsa.mx*. Obtenido de <http://www.fitsa.mx/toriesferica>
- Infinitto News. (02 de Enero de 2013). *infinitto.com*. Obtenido de <http://www.infinitto.com/index.php/salud/cuerpo/1835-el-chocho-un-alimento-inmejorable-en-hierro-calcio-y-fosforo>
- INIAP, I. N. (2008). *Programa Nacional de Leguminosas*. Quito, Ecuador. Obtenido de [http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Conferencia\\_de\\_Chocho.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Conferencia_de_Chocho.pdf)
- Karlekar, B., & Desmond, R. (1994). *Transferencia de Calor*. México D.F, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Loja, N., & Orellana, S. (2012). *Propuesta gastronómica de aplicación innovadora del chocho*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/1569/1/tgas32.pdf>
- Revista El Agro. (04 de Agosto de 2014). *revistaelagro.com*. Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/el-cultivo-del-chocho-y-el-clima-en-ecuador/>

- Rodríguez, A. (2009). *EVALUACIÓN "IN VITRO" DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS ALCALOIDES DEL AGUA DE COCCIÓN DEL PROCESO DE DESAMARGADO DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)*. Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/219/1/56T00193.pdf>
- Silva, M. (2013). *DISEÑO DE PLANTA AGROINDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UN ALIMENTO FUNCIONAL TIPO CEREAL DE DESAYUNO A BASE DE HARINA DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*), AMARANTO (*Amaranthus sp.*), CON TRIGO (*Triticum vulgare*) Y AVENA (*Avena Sativa*)*. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/718/1/UDLA-EC-TIAG-2013-03.pdf>
- Velásquez, A. (08 de Febrero de 2011). *es.scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/11300037/Diseno-y-calculo-de-Tanques-de-Almacenamiento>
- Villacrés, E., Peralta, E., Cuadrado, L., Revelo, J., Abdo, S., & Aldáz, R. (2009). *PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS ALCALOIDES DEL CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*)*. Quito: Grafistas. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/ALCALOIDES%20DEL%20CHOCHO.pdf>
- Weisstein, E. (18 de Agosto de 2016). <http://mathworld.wolfram.com/>. Obtenido de <http://mathworld.wolfram.com/TorisphericalDome.html>

# ANEXOS

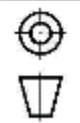
## Anexo 1: Fórmulas para el cálculo y diseño del fondo de la marmita

Curso Básico de Calderería.  
Depósito Horizontal.

Jesús del Pino Salas (Madrid 2015)  
www.Delineanteindustrial.com



Formato Origin:  
DIN-A4  
Fecha: 01.08.2015



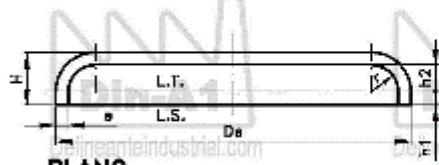
### + FONDOS:

El fondo es una tapa de grandes dimensiones. Dependiendo de la presión interna del equipo será más esférico o más plano. A mayor presión más esférico.

Los fondos que más he utilizado en mis proyectos han sido los Klopper y los Korbogen.

De = diámetro exterior del depósito.  
Di = diámetro interior del depósito.  
e = Espesor de la chapa.  
H = Longitud total del fondo.  
V(h2) = Volumen interior al h1

h1 = Distancia entre la línea técnica (L.T.)  
y final o línea de soldadura (L.S.).  
R = Radio interior de la esfera grade.  
r = Radio interior del challán.  
Dd = Diámetro desarrollo chapas



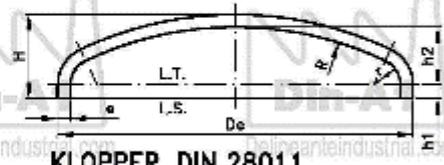
#### PLANO

$$h2 = r$$

$$H = r + h1 + e$$

$$Dd = De + r + 2 \times h1$$

$$V(h2) = 0,75 \times (Di)^2 \times h2$$



#### KLOPPER DIN.28011

$$R = De$$

$$r = 0,1 \times De$$

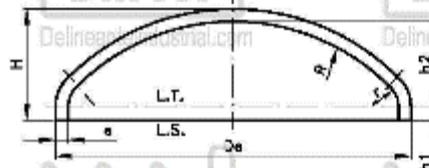
$$h1 = 3,5 \times e$$

$$V(h2) = 0,1(Di)^3$$

$$h2 = 0,1935 \times De - 0,455 \times e$$

$$H = h2 + h1 + e$$

$$Dd = 1,11 \times De + 1,85 \times h1$$



#### KORBBOGEN DIN.28013

$$R = 0,8 \times De$$

$$r = 0,154 \times De$$

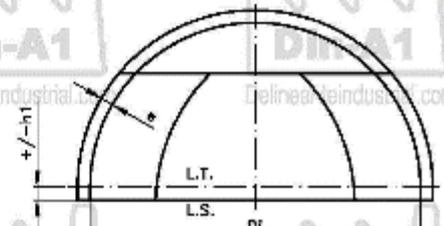
$$h1 = 3 \times e$$

$$h2 = 0,255 \times De - 0,635 \times e$$

$$H = h2 + h1 + e$$

$$Dd = 1,16 \times De + 2 \times h1$$

$$V(h2) = 0,1286(Di)^3$$



#### SEMIESFERICO

$$R = 0,5 \times Di$$

$$h1 = \text{SEGUN DEMANDA}$$

$$V(h2) = 0,2618(Di)^3$$

El fondo tipo plano se suele utilizar para equipos de baja presión o atmosféricos.

El fondo Klopper se suele utilizar para equipos a presión. Son los que más se utilizan por calidad y precio.

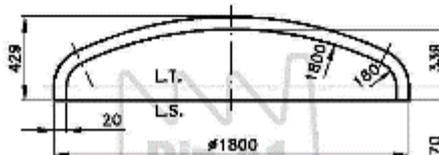
El fondo Korbogen se suele utilizar para equipos de alta presión y son mucho más caros de fabricar que los Klopper.

El fondo semiesférico se suele utilizar para equipos de alta presión y depósitos de gas.

Para conformar o curvar una chapa con forma esférica se necesita una máquina especial que pocas talleres de calderería la tienen. Así que normalmente se encargan a talleres especializados en la fabricación de estas piezas.

Nosotros dibujaremos un plano para encargarlo a uno de esos taller y más adelante veremos como dibujar el plano. Pero para este plano dibujaremos el fondo que nos piden (Klopper DIN.28011) con las medidas máximas y sin detallar.

Según la tabla del fabricante:



#### KLOPPER DIN.28011

## Anexo 2: Informe de resultados del agua de pozo



**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo R 101024  
Página 7 de 2

<p><b>NOMBRE:</b> CORPORACIÓN CASA  <b>DIRECCIÓN:</b> Latacunga  <b>MUESTRA:</b> Agua de pozo  <b>CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA:</b> Líquido incoloro  <b>ANÁLISIS:</b> Físico Químico  <b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 29 de abril del 2016  <b>FECHA DE TOMA DE MUESTRA:</b> 29 de abril del 2016  <b>LOCALIZACIÓN:</b> Latacunga  <b>ENVASE:</b> Polietileno  <b>REFERENCIA:</b> 161824  <b>FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:</b> 29 de abril - 2 de mayo del 2016  <b>MUESTREO POR:</b> El Cliente  <b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b> 25°C - 30%HR</p>	<p><b>LABORATORIO:</b> LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO	RESULTADO	Unidad	METODO	Limites
pH (20°C)	7.69		APHA 4500 H <sup>+</sup> B	6 - 9
COLOR	0	UTC	Visual	Hasta 5
TURBEDAD	0	NTU	Nefelométrico	Hasta 3
CONDUCTIVIDAD	613	µS/cm	APHA 2510	Hasta 500
BÓXIDO DE CARBONO	10.29	mg/l	APHA 4500D	Hasta 5
CARBONATOS	24.86	mg/l	Volumétrico	Hasta 120
BICARBONATOS	223.74	mg/l	Volumétrico	Hasta 250
CLORUROS	27.38	mg/l	APHA 4500- Cl <sup>-</sup> B	Hasta 350
MANGANESO	0.00	mg/l	APHA 3500- Mn B	Hasta 0.4
HIERRO TOTAL	0.13	mg/l	APHA 3500-Fe B	Hasta 0.3
MAGNESIO	19.74	mg/l	APHA 3500-Mg B	Hasta 150
CALCIO	50.10	mg/l	APHA 3500-Ca B	Hasta 200
NITRITOS	0.02	mg/l	APHA 4500 NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> B	Hasta 1
SULFATOS	114.22	mg/l	APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E	Hasta 400
FOSFATOS	0.05	mg/l	APHA 4500-P C	Hasta 0.3
SODIO	53	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 115
POTASIO	5	mg/l	Electrodo selectivo	Hasta 300
ALCALINIDAD	248.60	mg/l	APHA 2320B	Hasta 250
DUREZA TOTAL (Como CaCO <sub>3</sub> )	206.00	mg/l	APHA 2340C	Hasta 300
DUREZA CARBONATADA (Como CaCO <sub>3</sub> )	206.00	mg/l	Cálculo	
DUREZA NO CARBONATADA (Como CaCO <sub>3</sub> )	0.00	mg/l	Cálculo	
SOLIDOS TOTALES (a 105°C)	384	mg/l	APHA 2540B	Hasta 1500
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a 105°C)	328	mg/l	APHA 2540C	Hasta 500
SOLIDOS SUSPENDIDOS (a 105°C)	56	mg/l	APHA 2540D	
INDICE DE LANGELIER (a 25°C)	+0.13		Cálculo	+ 0.50

*Cecilia Luján*  
 Dra. Cecilia Luján  
**GERENTE GENERAL**

El presente informe solo es válido 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 REGISTRO SANITARIO**

Análisis físico, químico, microbiológico, sensorial de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros.  
 Av. Pérez Guerrero Oe 21-11 y Versalles - Of. 12 B - 2do. Piso - Telefax: 2563-225 / 2235-404 / 3214-333 / 3214-363 Cel.: 0909590-412  
 e-mail: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / ceciliatlujan@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec  
[www.labolab.com.ec](http://www.labolab.com.ec) Quito - Ecuador

**Anexo 3:** toma de temperatura en la cocción y fabricación de la marmita





## Anexo 3: propiedades del acero inoxidable A 304

### ACERO INOXIDABLE 304 (UNS S30400)

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

**2. Normas involucradas:** ASTM A 276

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

**4. Propiedades físicas:** Densidad 7.8 g/cm<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>)

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

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

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

**NOTA:**

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





**INFORME DE ENSAYO N° 114801**

**TIPO MUESTRA:** declarada por el cliente como: **CHOCHO PRUEBA DE MEJORA**

**CÓDIGO LABORATORIO:** 114801-1

**TIPO DE PRODUCTO:** CHOCHO PRUEBA DE MEJORA

**CLIENTE:** CORPORACION CASA

**DIRECCION:** BARRIO SAN PEDRO / TANCUCHO - LATACUNGA

**CONDICION LLEGADA Y TIPO DE ENVASE:** EMPAQUE PLASTICO SELLADO

**NÚMERO DE LOTE:** NO

**FECHA RECEPCION:** 16/06/03

**FECHA INICIO ENSAYO:** 16/06/03

**CONTENIDO DECLARADO:** NO

**CONTENIDO ENCONTRADO:** NO

**FECHA DE ELABORACION:** NO

**FECHA DE CADUCIDAD:** NO

**CONDICIONES AMBIENTALES DE LLEGADA DE LA MUESTRA:** Temperatura 4 ° C

**FORMA DE CONSERVACION:** REFRIGERACION

**MUESTREO:** ES RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE

ESPECIFICACIONES SEGUN NORMA INEN 2380

ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	METODO	UNIDAD	RESULTADO	VALORES
Recuento de Aerobios	SEMM-MB AEROBIOS (INEN 1529-5)	UFC/g	21 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup> - 18 x 10 <sup>2</sup>
Coliformes totales	SEMM-MB COLIFORMES (AOAC 991.14)	UFC/g	96 x 10 <sup>2</sup>	10 - 10 <sup>2</sup>
Mohos y Levaduras	SEMM-MB MOHOS Y LEVADURAS (INEN 1529-10)	UPM/g	28 x 10 <sup>2</sup>	0 - 5 x 10 <sup>2</sup>
E. coli	M. INTERNO (INEN 1529-8)	---	PRESENCIA	Ausencia
E. coli O157 H7 *	M. INTERNO (AOAC 2000.13)	UFC/g	AUSENCIA	Ausencia

NS: No solicita el cliente/ ND: No declara.

\* Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación de SAE y A2LA\*

Datos tomados del cuaderno de Microbiología 90 pág. 85A

\*Las observaciones que se indican a continuación están FUERA del alcance de acreditación del SAE y A2LA\*

**OBSERVACIONES TÉCNICAS:** El producto, en los ensayos Microbiológicos superan el límite máximo permitido. Con excepción de E. coli O157 que cumple con las especificaciones indicadas.

**INCERTIDUMBRE:**

PARAMETRO MICROBIOLÓGICO	INCERTIDUMBRE	
AEROBIOS	Usem 5.14; A+ (3g Colono) UH (Potencia) (2.4)	La incertidumbre expandida reportada está basada en una distribución típica multiplicada por un factor de cobertura k=2, proporcionando un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.
COLIFORMES Y E. COLI	Usem 5.06; A+ (3g Colono) UH (Potencia) (2.4)	
MOHOS Y LEVADURAS	Usem 5.13; A+ (3g Colono) UH (Potencia) (2.4)	

Los resultados expresados arriba tienen validez solo para la muestra analizada en condiciones específicas ni siendo extensivo a cualquier otro.

El laboratorio no se responsabiliza por la representatividad de la muestra respecto a su origen y sitio del cual fue tomada.

Este informe no será reproducido, excepto en su totalidad con la aprobación del Director Técnico.

\* Tiempo de almacenamiento de lotes: Cinco años a partir de la fecha de ingreso de la muestra.

Atentamente,

Dr. Mónica Viquez  
Directora de Calidad  
Directora Técnica (E)

16/06/03  
FECHA EMISION

Página 1 de 1

Tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio a perecibles: 8 días calendario; Muestras no perecibles: 30 días calendario. Si desea repetición de algún parámetro, se debe generar una solicitud en el periodo de