



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN
ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta Indica*)
Y ALOE VERA (*Aloe barbadensis*) PARA PROBLEMAS EN LA PIEL**

Ana Eloisa Márquez Donis

Asesorado por la Inga. Brenda Lisseth Pur Peláez

Coasesorado por la Licda. Gladys Eugenia González Corado

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN
ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta Indica*)
Y ALOE VERA (*Aloe barbadensis*) PARA PROBLEMAS EN LA PIEL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANA ELOISA MÁRQUEZ DONIS

ASESORADO POR LA INGA. BRENDA LISSETH PUR PELÁEZ
COASESORADO POR LA LICDA. GLADYS EUGENIA GONZÁLEZ CORADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte Gracia
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

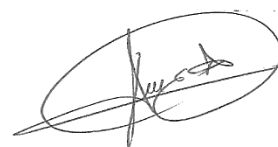
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo
EXAMINADOR	Ing. Adrian Antonio Soberanis Ibañez
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma Ramos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN
ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta Indica*)
Y ALOE VERA (*Aloe barbadensis*) PARA PROBLEMAS EN LA PIEL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha noviembre de 2013.



Ana Eloisa Márquez Donis

Guatemala, 20 de abril 2015.

Ing. Víctor Monzón
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente hago constar que he aprobado el trabajo de graduación de la estudiante de Ingeniería Química Ana Eloisa Márquez Donis, quien se identifica con número de carnet 200718844 que lleva por título "**Diseño de una marmita para la fabricación de una emulsión aceite en agua con extractos de Neem (*Azadirachta Indica*) y aloe vera (*Aloe barbadensis*) para problemas en la piel.**"

En mi calidad de asesora, me permito comunicarle que el tema fue revisado y aprobado, por lo cual considero procedente someterlo a su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, atentamente,



Ing. Qco. Brenda Pur
Colegiado 1555

Brenda Lisseth Pur Peláez
Ingeniera Química
• Colegiado 1,555

Guatemala, 20 de abril 2015.


Ing. Víctor Monzón
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente hago constar que he aprobado el trabajo de graduación de la estudiante de Ingeniería Química Ana Eloisa Márquez Donis, quien se identifica con número de carnet 200718844 que lleva por título **“Diseño de una marmita para la fabricación de una emulsión aceite en agua con extractos de Neem (*Azadirachta Indica*) y aloe vera (*Aloe barbadensis*) para problemas en la piel.”**

En mi calidad de asesora, me permito comunicarle que el tema fue revisado y aprobado, por lo cual considero procedente someterlo a su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, atentamente,


Licenciada Gladys González
Química Farmacéutica
Colegiado 1986

Licda. Gladys E. González C.
Química Farmacéutica
Colegiado No. 1986



Guatemala, 18 de agosto de 2015.
Ref. EIQ.TG-IF.052.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **058-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Ana Eloisa Márquez Donis**.
Identificada con número de carné: **2007-18844**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta Indica*) Y ALOE VERA (*Aloe barbadensis*) PARA PROBLEMAS EN LA PIEL

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por la Ingeniera Química: **Brenda Lisseth Pur Peláez**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Dinna Lissette Estrada Moreira
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.147.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ANA ELOISA MÁRQUEZ DONIS** titulado: "**DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (AZADIRACHTA INDICA) Y ALOE VERA (ALOE BARBADENSIS) PARA PROBLEMAS EN LA PIEL**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale

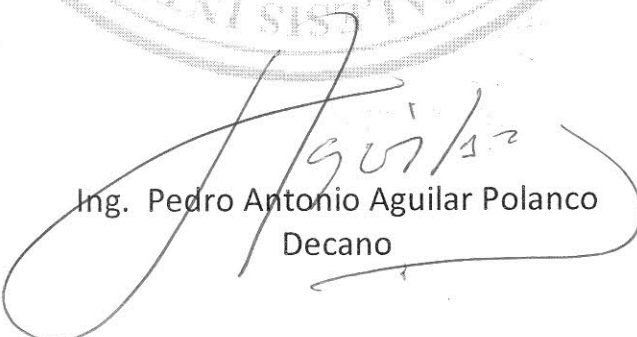




DTG. 428.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA MARMITA PARA LA FABRICACIÓN DE UNA EMULSIÓN ACEITE EN AGUA CON EXTRACTOS DE NEEM (*Azadirachta Indica*) Y ALOE VERA (*Aloe barbadensis*) PARA PROBLEMAS DE LA PIEL**, presentado por la estudiante universitaria: **Ana Eloisa Márquez Donis**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, sabiduría y ser el pilar que me permitió alcanzar esta meta.
Virgen María	Por no abandonarme nunca y ser mi intercesora.
Mis padres	Oscar Márquez y Cristina Donis, por su apoyo y amor incondicional, por ser mi ejemplo a seguir y por guiarme siempre por el buen camino.
Mis hermanas	Guadalupe e Isabel Márquez, por su apoyo, cariño y por nunca dejarme sola en los momentos difíciles.
Mis abuelos	Petrona Alegría, Concepción Donis y Matilde Márquez (q. e. p. d.), por su cariño y consejos. En especial a Zoila Angélica Estrada, por su amor, consejos, apoyo y por orar siempre por mí.
Mis tíos	Por sus consejos, apoyo y ánimos que me dieron durante toda mi carrera.

Mis amigos

Por todas esas desveladas y experiencias que vivimos juntos, por su amistad y cariño incondicional. En especial a Sara Cajas y Elisa Bonilla, por ser como hermanas para mí.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por permitirme alcanzar mi sueño y darme la oportunidad de ser una profesional.

Mis asesoras

Inga. Brenda Pur y Licda. Gladys González, por su apoyo, esfuerzo, conocimiento y tiempo que me brindaron.

Mi amigos del trabajo

Por su cariño, amistad y apoyo en todo momento. En especial a Mariana Cruz, Joel Gamarro y Julio Catalán.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Diseño de equipo	3
2.1.1. Selección de material	4
2.1.2. Naturaleza del diseño	6
2.2. Proceso de diseño	7
2.2.1. Macroanálisis.....	8
2.2.2. Microanálisis	9
2.2.3. Búsqueda de alternativas	10
2.2.4. Selección preliminar	11
2.2.5. Desarrollo del modelo.....	14
2.2.6. Evaluación económica	15
2.2.7. Presentación técnica	16
2.3. Marmita.....	16
2.3.1. Funcionamiento	16
2.4. Tipos de marmita	17

2.4.1.	Marmita de vapor con chaqueta	17
2.4.2.	Marmita con chaqueta sencilla	18
2.4.3.	Marmita a gas.....	18
2.4.4.	Marmita industrial	19
2.5.	Acero inoxidable.....	19
2.5.1.	Clasificación del acero inoxidable	20
2.5.2.	Aleaciones.....	21
2.5.3.	Clases de acero inoxidable	21
2.5.4.	Aceros inoxidables martensíticos	22
2.5.5.	Aceros inoxidables ferríticos.....	23
2.5.6.	Aceros inoxidables austeníticos	23
2.5.7.	Aceros inoxidables dúplex.....	25
2.5.8.	Aceros inoxidables endurecibles por precipitación	25
2.6.	Soldadura TIG (<i>tungsten inert gas</i>).....	26
2.7.	<i>Azadirachta Indica</i> (NEEM)	28
2.7.1.	Aplicaciones	29
2.7.2.	Propiedades	30
2.8.	<i>Aloe barbadensis</i> (aloe vera)	31
2.8.1.	Aplicaciones	32
2.8.2.	Propiedades	32
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
3.1.	Variables	35
3.1.1.	Independientes.....	35
3.1.2.	Dependientes	35
3.1.3.	Variables de diseño	35
3.1.4.	Delimitación de campo de estudio.....	36
3.1.5.	Recurso humano	36

3.2.	Recursos materiales disponibles	36
3.2.1.	Recursos materiales	36
3.3.	Técnica cuantitativa	36
3.4.	Diseño experimental	37
3.5.	Recolección y ordenamiento de la información	39
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	39
3.7.	Dimensionamiento	39
3.7.1.	Cálculo del volumen de la emulsión	40
3.7.2.	Cálculo de la altura de la marmita	40
3.7.3.	Determinación del espesor de la marmita	43
3.7.4.	Determinación del agitador	43
3.7.5.	Cálculo del número de Reynolds	44
3.7.6.	Cálculo de la potencia requerida	45
3.7.7.	Cálculo de la altura de la chaqueta	46
3.7.8.	Selección de la trampa de vapor	46
4.	RESULTADOS	49
4.1.	Dimensionamiento de la marmita	49
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	53
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES	57
	BIBLIOGRAFÍA	59
	APÉNDICES	61
	ANEXOS	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Limitaciones del diseño	6
2.	Diagrama de las etapas de diseño	8
3.	Método de la caja negra para macroanálisis	9
4.	Método de la caja negra para microanálisis	10
5.	Método del árbol de alternativas	11
6.	Soldadura TIG	28
7.	Diagrama de flujo del diseño	38
8.	Curva A de la potencia requerida	45
9.	Diseño marmita enchaquetada	50
10.	Diámetros del tanque y chaqueta	51
11.	Vista aérea de la marmita	52

TABLAS

I.	Clasificación del acero inoxidable	22
II.	Clasificación de gases para soldadura	26
III.	Datos del proceso	49
IV.	Datos de diseño	49
V.	Caracterización de la marmita	50
VI.	Accesorios de la marmita	51

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
Cp	Calor específico
H	Calor latente
Q	Carga de condensado
cm	Centímetro
ρ	Densidad
ΔT	Diferencia de temperatura
G	Galones
°C	Grados centígrados
g	Gramo
g	Gravedad
Sg	Gravedad específica
h	Hora
Kg	Kilogramo
Lb	Libra
m	Masa
m	Metro
m³	Metro cúbico
N_p	Número de potencia
N_{Re}	Número de Reynold
π	Pi
Plg	Pulgadas
R	Radio externo

r	Radio interno
rpm	Revoluciones por minuto
t	Tiempo
n	Velocidad
μ	Viscosidad
v	Volumen

GLOSARIO

Acero inoxidable	Es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene un mínimo de aproximadamente 10 % de cromo en peso.
Adiabático	Es el sistema que no intercambia calor con su entorno.
Agitador de pala	Es un agitador radial compuesto de paletas que giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando el líquido radial y tangencialmente.
Baffles	Son láminas verticales de metal unidas a la pared del tanque, que se encargan de reducir los vórtices de líquido y por lo tanto mejoran la mezcla en el fluido.
Barómetro	Instrumento que mide la presión atmosférica.
Bomba	Se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías.
Calor	Es la diferencia de temperaturas entre un cuerpo y otro.

Calor latente	Energía requerida por cierta sustancia para cambiar de fase, el cual no se manifiesta por un cambio de temperatura.
Calor sensible	Es la energía que recibe un cuerpo para aumentar su temperatura sin que afecte su estructura molecular y su estado.
Condensado	Producto de cambio de fase de una sustancia, de estado gaseoso a líquido.
Corrosión	Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.
Eficacia	Capacidad de un equipo de realizar la función para la que fue diseñado.
Eficiencia	Relación entre la energía útil y la energía invertida.
Energía	Capacidad para realizar un trabajo.
Entalpia	Magnitud termodinámica, cuya variación expresa una medida de la cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema.
Entropía	Medida de energía que se pierde en un sistema por la tendencia molecular del mismo hacia el desorden.

Equilibrio	Ausencia de cambio en cualquier característica de un sistema, a través del tiempo.
Estado estacionario	Es un sistema que se encuentra en estado estacionario si sus propiedades no varían con el tiempo.
Marmita	Olla de metal con una tapa que se utiliza a nivel industrial para procesar alimentos y en las industrias farmacéuticas a través del intercambio térmico de vapor.
Manómetro	Es un instrumento de medición para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados.
Motor	Es la parte sistemática de un equipo capaz de transformar algún tipo de energía en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.
Operabilidad	Nivel de facilidad o dificultad que representa el manejo de determinado equipo.
Trampa de vapor	Es un tipo de válvula automática que filtra el condensado (vapor condensado) y gases no condensables sin dejar escapar el vapor.
Válvula de control	Son válvulas que se utilizan para limitar o regular el flujo.

Volumen específico

Volumen total ocupado por unidad de masa.

RESUMEN

La fabricación de una emulsión aceite y agua a nivel industrial requiere de un diseño adecuado del equipo a emplear. Debido a las características de la emulsión de neem y aloe vera tales como la cantidad que se requiere producir y la temperatura a la que se desea trabajar, se eligió diseñar una marmita enchaquetada. Previamente fue necesario conocer las características fisicoquímicas deseadas en la emulsión.

La realización del diseño de la marmita enchaquetada para la fabricación de una emulsión dermatológica fue una combinación de la aplicación de conceptos teóricos ingenieriles, características fisicoquímicas de la emulsión y especificaciones de operación.

Como resultado final se obtuvo un plano en las cuales se especifica las partes, dimensiones y accesorios que la marmita necesita para operar y fabricar la emulsión. El costo de inversión inicial es de Q 104 938,00 con una producción por *batch* de 150 Kg y una eficiencia térmica de 80 %.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño de una marmita enchaquetada para la elaboración de una emulsión aceite en agua.

Específicos

1. Elaborar el desarrollo del diseño de una marmita con las especificaciones establecidas.
2. Desarrollar un plano en los cuales se especifique las partes, dimensiones y materiales de la marmita a través del diseño.
3. Determinar el monto total de la inversión inicial para el equipo diseñado y la vida útil del mismo.

Hipótesis

Es posible diseñar una marmita enchaquetada para la elaboración de una emulsión dermatológica con una capacidad de 150 Kg.

- Hipótesis nula

El diseño de la marmita es óptimo para la elaboración de producto cosmético.

- Hipótesis alternativa

El diseño de la marmita no es óptimo para la elaboración de producto cosmético.

INTRODUCCIÓN

Todos los diseños comienzan por una necesidad percibida. En el diseño de un equipo industrial, el objetivo es la necesidad pública de fabricar un producto o realizar un proceso, creando una oportunidad comercial, según lo previsto por la organización de ventas y de mercado.

Del proceso de diseño depende en gran parte el grado de confiabilidad y eficiencia que se obtiene del equipo al final. Dicho proceso no puede hacerse de manera improvisada, sino que debe realizarse mediante un método genérico, lógico y completo, que permita observar el problema de una manera global y finalmente llegar a elegir la mejor opción.

El diseñador empieza con un objetivo específico o una necesidad del cliente en mente, y mediante el desarrollo y evaluación de diseños posibles, consigue la mejor manera de alcanzar aquel objetivo.

Durante este trabajo se realizó una investigación de conceptos, datos y ecuaciones para el diseño de una marmita enchaquetada, de donde se obtuvo el plano en donde se detallan las dimensiones y accesorios de la misma.

1. ANTECEDENTES

Una marmita es una olla de metal con una tapa que se utiliza a nivel industrial para procesar alimentos y sirve en las industrias farmacéuticas a través del aprovechamiento de una carga térmica. La creación de esta olla a presión se le adjudica al francés Denis Papin, quien tuvo la oportunidad de ser el asistente de grandes inventores europeos durante los siglos XVIII y XIX, aprendiendo las propiedades del vapor.

Esta marmita consistía básicamente en dos ollas, una dentro de la otra, provista de una válvula de seguridad y una tapadera muy ajustada, que incrementaba la presión interna del vapor, elevando el punto de ebullición del líquido de cocción. Podía hacer hervir el agua a una temperatura más alta de lo normal permitiendo la cocción rápida de alimentos a altas presiones. Cocinaba más rápido que las ollas convencionales de aquella época, aunque inicialmente fue creada para la extracción de grasas de los huesos. Esta olla dispone de una válvula de seguridad inventada también por Papin, la cual no se comercializó hasta el siglo XX.

En 1919, se concede la primera patente de lo que se denominó “olla express” a Jose Alix Martínez de Zaragoza, España. Así aparece con el número de patente 71143 en el Boletín Oficial de Propiedad Industrial que se publicó el 16 de noviembre de 1919. Pero la primera patente reconocida en la historia de olla marmita se concedió en Francia, en 1948, cuando M. Devedjian fabricó un modelo de cocción rápida al que llamó “*cocotte minute*”.

Años después en 1952, George Laverne perfeccionó el invento con un nuevo modelo de ollas de gran capacidad (hasta 300 litros) que llevaban un sistema de cierre especial. Este modelo tuvo un gran éxito y fue muy popular en Francia.

Al año siguiente, en 1953, salió a la luz “la supercochote” fabricada por los hermanos Lescure. En 1954, la patente de esta marmita se comercializa en España con el nombre de “SEB-MAGEFESA” y las ollas se fabrican por montones. A partir de 1978, las ollas a presión se hacen cada vez más completas y rápidas, perfeccionando los mecanismos de cierre y de seguridad, proporcionando así una mayor presión y una cocción más rápida. Lo que más ha evolucionado es la válvula.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Diseño de equipo

El diseño se define como el proceso previo de configuración mental en búsqueda de una solución en cualquier campo. Diseñar requiere principalmente consideraciones mentales o estéticas. Lo cual necesita numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la elaboración definitiva del equipo. Diseñar comprende la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos.

El diseño es una fase fundamental para toda evaluación económica, ya que permite visualizar el proyecto de una manera clara y global. A través de un diseño preliminar de un equipo se pueden obtener datos tanto de costos fijos como de costos variables. Ya que con el diseño se define tanto la capacidad del equipo como el material y la mano de obra que se necesitará para construir el mismo. Asimismo, el diseño adecuado del equipo es indispensable para obtener mayores eficiencias y menores costos de operación.

La fase de diseño de un equipo es un proceso complejo que se debe dividir en varias etapas. Inicialmente es necesario observar el problema al que se desea dar solución, que en este caso el problema es la temperatura a la que se desea fabricar la emulsión que es de 75 °C, para posteriormente ir definiendo variables, criterios, requisitos y limitaciones. Y de esta manera seguir una secuencia lógica de pasos para finalmente poder llegar al diseño adecuado.

Como en cualquier proceso de diseño, el primer paso es observar el problema a resolver como un todo, para poder comprenderlo y posteriormente plantear una solución adecuada al mismo. Cuando ya se tiene un esquema mental de cuál o cuáles son las soluciones más viables al problema planteado, es necesario evaluar varias posibles opciones, equipos en este caso, para solucionar la situación de la manera más eficaz y al menor costo posible.

En el diseño de una marmita, es necesario evaluar qué tipo de marmitas existen en la industria y determinar cuál es el adecuado para las condiciones de proceso que se necesitan y para la fabricación de la emulsión. Existen diversos tipos que se mencionan más adelante, sin embargo, la marmita enchaquetada es la más utilizada en el proceso de fabricación de emulsiones.

En el diseño de equipo se debe tomar en cuenta otro factor como los accesorios. Las bridas son los elementos que conectan el cuerpo de la marmita con las tuberías de alimentación y descarga. También es importante tomar en cuenta los accesorios de medición y de operación, los cuales permiten el control de las condiciones en la que trabajará la marmita. Entre estos equipos se pueden mencionar el manómetro y termómetro, los cuales permiten llevar un monitoreo continuo de las condiciones a la cual opera la marmita.

2.1.1. Selección de material

La corrosión es la causa principal del deterioro de los equipos de la industria química. La mayoría de destrucciones pueden prevenirse escogiendo adecuadamente los materiales dentro de una gama muy amplia que dispone el Ingeniero. Entre ellos se encuentran una gran variedad de metales, plásticos, materiales cerámicos y pinturas.

En las plantas que operan en continuo, las pérdidas en producción debido a deterioros por corrosión son tan costosas que justifican los materiales más costosos. Mientras en las instalaciones más sencillas puede ser más económico seleccionar materiales de menor costo y programar limpiezas frecuentes de los equipos para prevenir la corrosión.

Para la selección del material a utilizar en los distintos equipos dentro de una planta es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

- Tamaño de planta
- Condiciones de trabajo
- Especificaciones fisicoquímicas de la emulsión
- Tipo de corrosión
- Adecuada información de los materiales que se puedan escoger
- Características frente a la corrosión
- Aspectos económicos

Para asegurar la solución más económica en problemas de corrosión, es necesario estudiar el tipo de corrosión que tiene lugar y conocer las condiciones a las que opera el equipo, tanto las normales como los posibles casos circunstanciales; como en paradas o puestas en marcha.

El acero inoxidable 304 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.

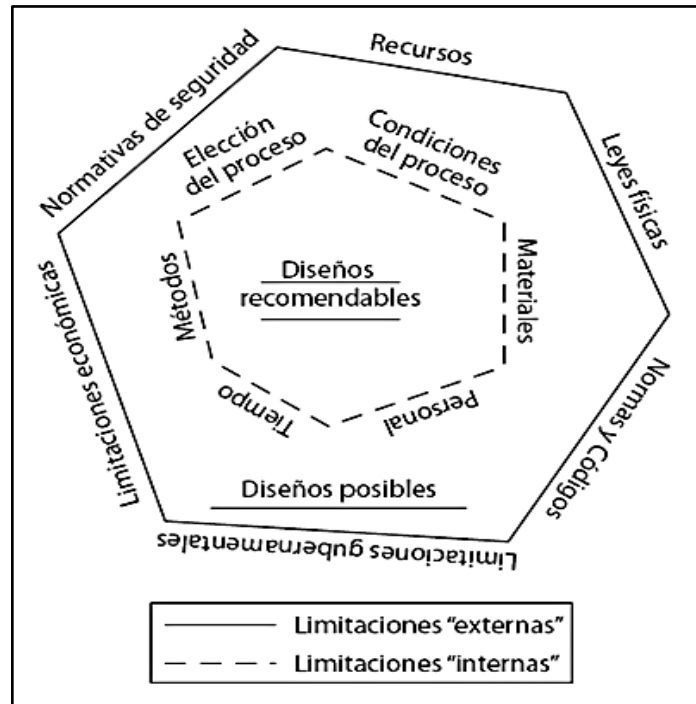
La resistencia a la corrosión es excelente, excediendo al tipo 302 en una amplia variedad de ambientes corrosivos incluyendo productos de petróleo calientes o con vapores de combustión de gases. Tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870 °C y en servicio continuo hasta 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.

2.1.2. Naturaleza del diseño

Los aspectos económicos son importantes en el diseño de un equipo, ya que el equipo debe generar beneficios tanto económicos como operacionales a una organización, para que pueda ser aprobada su fabricación.

El tiempo será también una limitación. El tiempo disponible para completar un diseño limitará normalmente el número de diseños alternativos que se puedan considerar.

Figura 1. **Limitaciones del diseño**



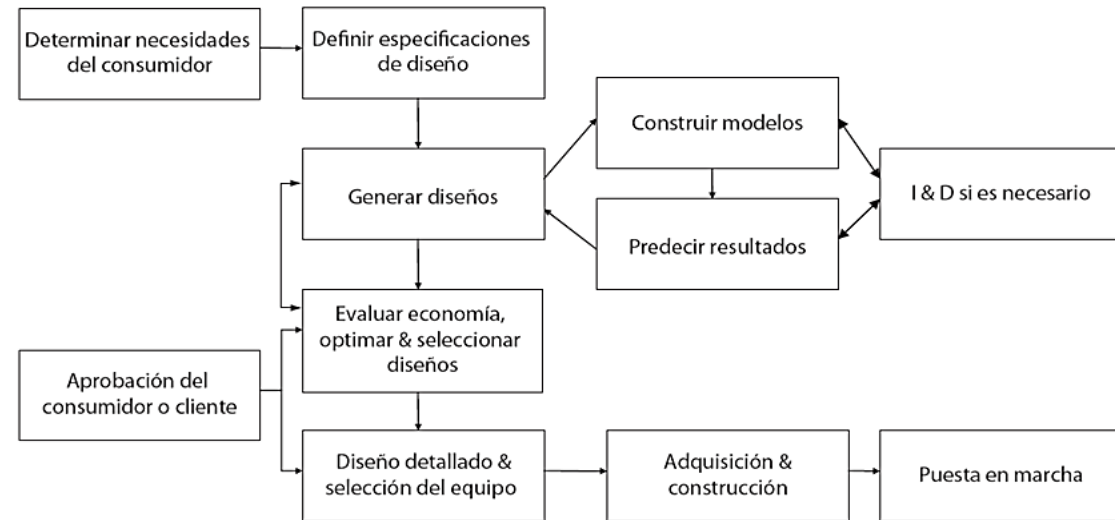
Fuente: SINOTT, Ray.; TOWLER, Gavin. *Diseño en ingeniería química*. p. 18.

2.2. **Proceso de diseño**

El diseño de un equipo es un proceso que se puede dividir en varias etapas. Es necesario inicialmente observar el problema al que se desea dar solución como un todo para posteriormente ir definiendo variables, criterios, requisitos y limitaciones. Y de esta manera seguir una secuencia lógica de pasos para finalmente poder llegar al diseño adecuado.

En la figura 2 se muestra un diagrama de las etapas en el desarrollo de un diseño, desde la identificación inicial del objetivo hasta el diseño final.

Figura 2. Diagrama de las etapas de diseño



Fuente: SINOTT, Ray.; TOWLER, Gavin. *Diseño en ingeniería química*. p. 18.

Si se sigue de una manera adecuada cada una de las partes del proceso de diseño deberá llegarse finalmente a la presentación técnica de un equipo diseñado de manera óptima para el problema y el sistema planteado inicialmente.

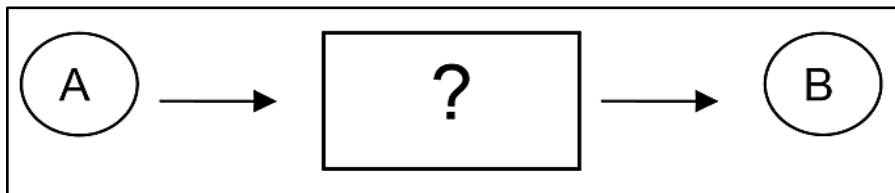
2.2.1. Macroanálisis

Esta etapa del diseño consiste en realizar un análisis del problema que se desea resolver. A través del macroanálisis se determina la situación actual y a la situación a la que se deberá llegar al resolver el problema. Esta etapa permite visualizar la situación de una manera general sin necesidad de entrar en detalles sobre cómo se solucionará el problema, lo que permite ampliar mucho más las posibilidades y no limitarse únicamente a las dos o tres alternativas más comunes.

Esta etapa también permite delimitar el problema de una manera adecuada. Cabe mencionar, que uno de los principales objetivos de la etapa del macroanálisis es determinar si el problema planteado vale la pena o no ser resuelto, pues si el problema no vale la pena ser resuelto se estará ahorrando mucho tiempo y esfuerzo con esta etapa.

Para realizar el macroanálisis se utiliza el método de la caja negra. Este método consiste en definir en un estado A la situación en la que se encuentra el sistema en la actualidad y en un estado B la situación a la que se desea llegar. Ambas situaciones se conectan entre sí mediante un recuadro en el cual no se colocan datos.

Figura 3. **Método de la caja negra para macroanálisis**



Fuente: elaboración propia.

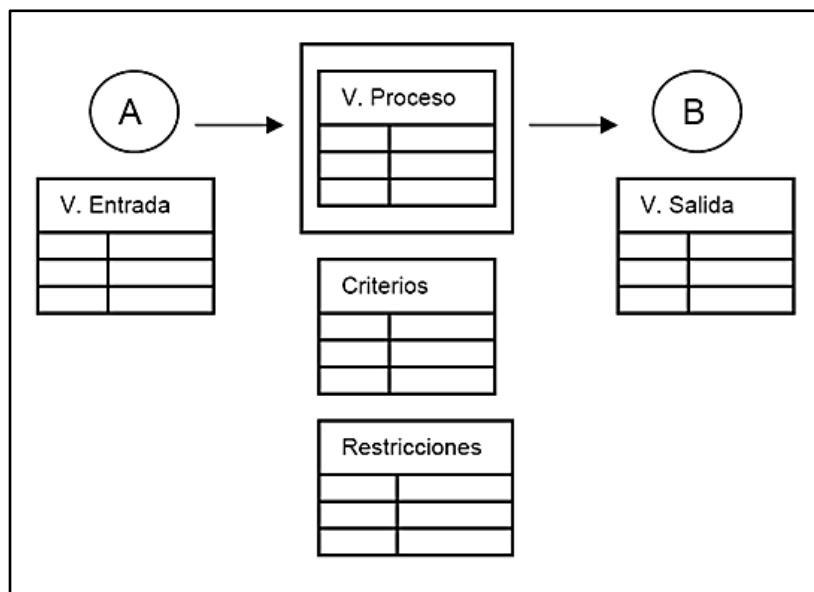
2.2.2. **Microanálisis**

Durante la etapa de microanálisis se toma como base la etapa 1. La diferencia es que aquí debe procederse a especificar valores de las variables de entrada, variables de salida, variables de proceso, criterios y restricciones.

Las restricciones son limitaciones impuestas por aspectos de tipo económico, legal, cultural, entre otras.

Esta etapa del proceso del diseño conlleva un estudio y conocimiento previo del sistema para el cual se está diseñando, para poder así definir condiciones con un pleno conocimiento del sistema que se estudia. Es importante que todo el equipo atienda las necesidades de operación de la fábrica. Además, debe tenerse mucho cuidado de no imponer restricciones innecesarias que puedan limitar la búsqueda de alternativas.

Figura 4. **Método de la caja negra para microanálisis**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

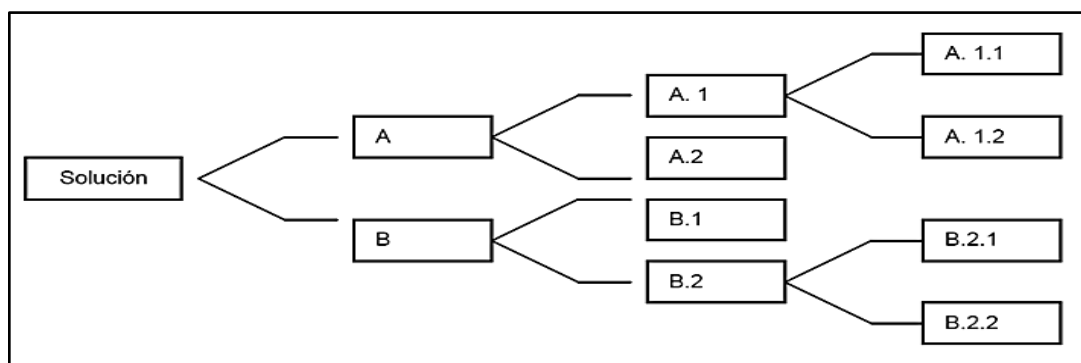
2.2.3. **Búsqueda de alternativas**

Tras haber definido todas las variables que afectan en el proceso estudiado y delimitado los valores de las mismas, se puede proceder a realizar una búsqueda de todos aquellos equipos que pueden ayudar a solucionar el problema planteado inicialmente. Es importante que durante esta búsqueda de

alternativas se busque la mayor cantidad y diversidad de opciones posibles, no solo aquellas que sean más comunes; sino cualquier alternativa que pueda ayudar a solucionar el problema y que cumpla con las especificaciones establecidas.

El método más común para realizar la búsqueda de alternativas es mediante el método de árbol de alternativas. Este método permite ordenar todas aquellas opciones dentro de sus respectivas clases y subclases. De esta forma se puede visualizar de una manera adecuada todas las opciones que se poseen para su posterior delimitación.

Figura 5. **Método del árbol de alternativas**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

2.2.4. Selección preliminar

Durante la selección preliminar de alternativas se eligen únicamente aquellas que son más viables y se eliminan todas las que no lo son. Para realizar esta selección es muy importante tener un amplio conocimiento y experiencia en el tema. La evaluación de alternativas puede requerir una serie

de decisiones en las cuales el resultado de una etapa es importante para la siguiente etapa en la toma de decisiones. Cuando es posible definir claramente cada alternativa económica y se desea considerar explícitamente el riesgo, es útil realizar la evaluación utilizando un árbol de decisiones, el cual incluye:

- Más de una etapa de selección de alternativas
- La selección de una alternativa en una etapa conduce a otra etapa

Es importante mencionar que para la selección preliminar se deben tomar en cuenta distintos criterios, entre los más importantes se puede mencionar:

- **Economía:** este criterio permite escoger aquellas alternativas que constituyen menores costos de inversión y operación. Durante esta etapa se pueden realizar análisis económicos preliminares, o bien se pueden escoger las alternativas basadas en la teoría o experiencia, ya que posteriormente se hará una evaluación económica detallada de cada una de las alternativas seleccionadas.
- **Operabilidad:** este criterio se refiere al nivel de facilidad o dificultad que representa el manejo de determinado equipo. Los equipos preferentes son aquellos que no requieren de mayor especialización técnica del personal.
- **Mantenibilidad:** es preferible seleccionar aquellos equipos cuyo diseño no posea demasiados ángulos rectos, ya que estos dificultan la limpieza y mantenimiento del mismo. Además, aquellas opciones que implican mayor cantidad de partes móviles sujetas a desgastes, también implican mayores costos y mayor tiempo de mantenimiento.

- Seguridad personal: en este criterio deben evaluarse todos aquellos posibles riesgos que el equipo puede representar para el operario. Es preferible elegir aquellos equipos que constituyan un menor riesgo.
- Seguridad ambiental: consiste en considerar los riesgos pueden generar al ambiente. Entre estos riesgos se pueden mencionar emisión de gases, efluentes líquidos, ruido, calor, entre otros.
- Versatilidad: en este rubro se considera si alguna o varias de las alternativas evaluadas son útiles para diversos fines. Es preferible el diseño de un equipo que cumpla con varias funciones a la utilización de dos o más equipos que realizan una única función, ya que esto implica un menor costo de inversión y de operación.
- Confiabilidad: es sumamente importante que los equipos elegidos sean confiables, es decir que posean una probabilidad baja para fallar durante su funcionamiento. Hoy en día existen muchas industrias en las que se trabaja la mayor parte del día, y una falla inesperada en el equipo implicaría una pérdida de tiempo que no había sido contemplada, la cual conllevaría a una reducción en la producción y por lo tanto en las ganancias de la empresa. Además, la falta de confiabilidad en un equipo implica también un riesgo para operarios y demás trabajadores.
- Compatibilidad: la compatibilidad es la adaptabilidad de las alternativas evaluadas al equipo ya existente. Es importante tomar en cuenta que los equipos nuevos deben adaptarse al sistema y no al revés, pues esto implicaría una pérdida innecesaria de dinero.

- Eficacia: es importante que aunque se busca las alternativas más económicas, seguras y versátiles, se debe buscar antes que todo que las alternativas cumplan de una manera adecuada y óptima con la función para la cual se están diseñando.
- Elegancia: este criterio consiste en la selección de las opciones más simples e inteligentes. No es conveniente la utilización de metodologías complicadas cuando se puede obtener los mismos resultados con un diseño más sencillo.

2.2.5. Desarrollo del modelo

La selección preliminar de alternativas deberá llegar a tener dos o tres posibles opciones de equipos, los cuales serán los más viables para el sistema que se está evaluando. De estas alternativas deberá procederse a realizar un diseño propiamente dicho con las variables, criterios y restricciones previamente establecidas.

El diseño detallado tiene que ver con la especificación de detalles algorítmicos, representaciones concretas de datos, interconexiones entre funciones y estructuras de datos. El punto de inicio para el diseño detallado es una estructura arquitectónica a la que se van a adicionar detalles y representaciones concretas de datos. Es en esta etapa del diseño en donde se deben utilizar una serie de ecuaciones de diseño, mediante las cuales se interrelacionan todas las variables de entrada y así obtener una serie de variables de salida, para posteriormente poder generar un bosquejo preliminar de cada uno de los equipos seleccionados.

Una especificación adecuada durante el diseño preliminar detallado, minimiza el número de errores e imperfecciones durante el funcionamiento de los equipos, aumentando así la confiabilidad y reduciendo el riesgo. Al final de esta etapa de diseño se deberá llegar a poder definir de una manera más específica el sistema:

- Dimensiones
- Materiales
- Partes

2.2.6. Evaluación económica

Uno de los aspectos a evaluar en el diseño de todo equipo es el aspecto económico, debido a que a través de estas evaluaciones se puede determinar la rentabilidad del proyecto, además, permite elegir la mejor alternativa a utilizar. El estudio económico determina los costos totales en que incurrirá el proyecto, clasificándolos en costos de producción, administración, de ventas, financieros, entre otros.

Ayuda mucho en el estudio económico, el desarrollo del punto de equilibrio, ya que presenta una idea de los costos, ingresos por ventas y costos total con base en el nivel de producción. Otro elemento importante a determinar aquí es la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR), la cual dependerá de las fuentes de financiamiento.

Finalmente, el estudio económico debe señalar los estados de resultados de forma, fundamentalmente el estado de ganancias y pérdidas y el balance general, pero es indispensable y será con el que se hará la evaluación económica el flujo neto de efectivo proyectado.

2.2.7. Presentación técnica

Esta es la parte del diseño de equipo en la que se resume y condensa los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso. Por lo general estos datos se presentan en un documento formal en el cual se especifican los resultados y los medios que se utilizaron para llegar a los mismos.

Una parte fundamental de la presentación técnica es la selección del equipo que finalmente deberá ser construido. Dicha selección deberá ir acompañado de un plano o maqueta a escala que especifique las dimensiones a las que se llegó mediante los algoritmos.

2.3. Marmita

Es un recipiente metálico hermético, con tapa atornillada, en el que la presión interna del vapor, contribuye eficientemente a la cocción de los alimentos, así como en la elaboración de productos cosméticos y farmacéuticos. La marmita, no permite la salida de aire o líquido por debajo de una presión establecida. Debido a que el punto de ebullición del agua aumenta al incrementarse la presión, la temperatura en la marmita sube por encima de los 100 °C, lo que hace que el producto aumente su temperatura más rápidamente.

2.3.1. Funcionamiento

El mecanismo de funcionamiento de la marmita u olla de presión es simple. La olla básicamente tiene:

- Un recipiente de metal con tapa

- Un regulador de presión
- Una o más válvulas de alivio de presión
- Un empaque sellador de hule

Cuando se cierra herméticamente la tapa, la presión en su interior se va incrementando, a medida que la temperatura aumenta. Esta presión en la marmita es la que impide la ebullición. La mayoría de las marmitas llegan a temperaturas de 112 y los 118 °C.

En condiciones normales, un resorte o muelle mantiene la válvula cerrada. A medida que la marmita se calienta, la presión interior aumenta y empuja la espita o canilla de la válvula hacia el exterior hasta que queda libre, lo que permite la salida del aire y la presión. Existe una válvula de seguridad tarada a una presión superior. Si la temperatura interior y la presión son demasiado altas, esta válvula funciona automáticamente dejando escapar la presión.

2.4. Tipos de marmita

Dependiendo de sus componentes existen diferentes tipos de marmitas que se utiliza dentro de la industria, los cuales se describen a continuación.

2.4.1. Marmita de vapor con chaqueta

Consiste básicamente en una cámara de calentamiento conocida como camisa o chaqueta de vapor, que rodea el recipiente donde se coloca el material que se desea calentar.

El calentamiento se puede realizar de dos formas diferentes, una que consiste en hacer circular el vapor a cierta presión por la cámara de calefacción,

en cuyo caso el vapor es suministrado por una caldera. Esta es denominada marmita de vapor. Otra manera es calentar el agua que se encuentra en la cámara de calefacción por medio de resistencias eléctricas. Esta es la denominada marmita eléctrica.

Usualmente la marmita tiene forma semiesférica y puede estar provista de agitador mecánico y un sistema de volteo para facilitar la salida del producto. Se pueden encontrar dos tipos de marmitas según sea abierta o cerrada. En la abierta el producto es calentado a presión atmosférica, mientras que en la cerrada se emplea vacío. El uso de vacío facilita la extracción de aire del producto por procesar y permite hervirlo a temperaturas menores que las requeridas a presión atmosférica, lo que evita o reduce la degradación de aquellos componentes que son sensibles al calor, favoreciendo la conservación de las características organolépticas, con lo que se obtienen productos de mejor calidad.

2.4.2. Marmita con chaqueta sencilla

En este tanque (marmita con chaqueta sencilla) se efectúa la agitación final de la mezcla. Construidas en acero inoxidable o acero al carbono. Presión de diseño hasta 50 psi. Con aislamiento en lana de fibra de vidrio y lámina en acero inoxidable.

2.4.3. Marmita a gas

Las marmitas a gas llevan quemador tipo atmosférico, automático, con sistema de seguridad de llama, encendido electrónico y ducto para la evacuación de gases. Incluyen controles de presión y como accesorios adicionales consta de un sistema de agitación: desde 20 hasta 180 rpm, un

sistema de volcamiento para descarga de material y controles como son: manómetros, válvula de seguridad y registros para drenaje.

Esta construida en acero inoxidable tiene menor pérdida de temperatura por un mejor aislamiento del cuerpo de la marmita. Modelo a gas de calor indirecto, es decir trabaja con doble camisa en donde circula vapor. Tiene válvula de seguridad para la presión, control de calor y niveladores de agua.

2.4.4. Marmita industrial

Marmita redonda para fundir que tiene un crisol de acero inoxidable (calibre 18) y casco (calibre 20) que facilita la limpieza del mismo. Se puede elegir el modelo de 6 o el de 12 cuartos de galón. Incluye un soporte para montaje de banco ajustable y para trabajo pesado que se ajusta a cualquiera de los dos tamaños. El control de la temperatura dual permite una temperatura independiente para la olla (0-350°) y para la válvula (1-10°).

2.5. Acero inoxidable

El acero inoxidable es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene un mínimo de aproximadamente 10 % de cromo en peso. Este es, pues, uno de los mayores adelantos tecnológicos en la historia de la metalurgia: el descubrimiento del verdaderamente limpio acero inoxidable.

El proceso de fabricación inicia con la fusión de hierro, chatarra y ferroaleaciones de acuerdo al grado de acero inoxidable a preparar; continúa con la refinación del acero para eliminar impurezas y reducir el contenido de carbono; posteriormente el acero líquido se cuela en continuo, se corta en

planchones y se forman los rollos rolados en caliente. El proceso finaliza con el molino de laminación en frío, recocido y limpieza.

2.5.1. Clasificación del acero inoxidable

Existen varios grupos o familias de aceros inoxidables, y cada uno contiene un número específico de tipos con características distintas. Con el objetivo de entender la nomenclatura, es necesario establecer que la estructura interna de los metales está compuesta de un arreglo entre los átomos que forma una red espacial y que para su estudio se ha llamado estructura cristalina.

El hierro existe en tres formas cristalinas que son: alfa, gama y delta en diferentes y específicas temperaturas, desde la temperatura ambiente y hasta el punto de fusión. Los límites específicos que definen estas formas alotrópicas varían con el contenido de carbono, y las estructuras cristalinas varían de acuerdo con su capacidad para disolver el carbono. Ferrita es el cristal centrado en el cuerpo con una capacidad muy limitada de disolver carbono; austenita es la forma gama (γ -austenita) y es un cristal centrado en la cara con alta capacidad de disolver carbono.

Ferrita cambia a austenita a temperaturas que disminuyen desde 910 °C conjuntamente con el incremento de carbono y el enfriamiento lento permite un gradual y ordenado regreso a ferrita. Sin embargo, cuando la aleación Fe-C es enfriada rápidamente, el carbono queda fuera de la solución y produce una estructura acicular llamada martensita, la cual es muy dura. Estos tres términos —martensita, ferrita y austenita— son también las descripciones de las tres principales familias de aceros inoxidables.

2.5.2. Aleaciones

Debido a que los metales puros presentan propiedades mecánicas pobres, rara vez tienen aplicaciones industriales. Sin embargo, se ha desarrollado una gama muy amplia de aleaciones con propiedades específicas, adecuadas para aplicaciones industriales particulares. En términos generales, las aleaciones son mezclas de un metal base, el cual está presente en mayor proporción y otros u otros elementos (metálicos o no metálicos), mismos que influyen en las propiedades de la aleación.

2.5.3. Clases de acero inoxidable

El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco diferentes familias; cuatro de estas corresponden a las particulares estructuras cristalinas formadas en la aleación: austenita, ferrita, martensita, y dúplex (austenita más ferrita); mientras que la quinta familia son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadas más en el tipo de tratamiento térmico usado que en la estructura cristalina.

Tabla I. **Clasificación del acero inoxidable**

Clase	Clasificación AISI	Ejemplos de especificaciones
Martensíticos	SERIE 400	410, 420, 431
Ferríticos		409, 430, 434
Austeníticos	SERIES 200 y 300	304, 304L, 321, 316
Dúplex	Se usa el nombre comercial	329, 2205
Endurecibles por precipitación		17-4 PH, 15-5 PH 17-7 PH, 15-7 MO

Fuente: artículo de aceros inoxidables de la empresa Tecniaceros.

2.5.4. Aceros inoxidables martensíticos

Los aceros inoxidables martensíticos son la primera rama de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Fueron los primeros que se desarrollaron industrialmente y representan una porción de la serie 400 AISI.

Sus características son las siguientes:

- Moderada resistencia a la corrosión.
- Son endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza.
- Son magnéticos.
- Debido al alto contenido de carbono y a la naturaleza de su dureza, es de pobre soldabilidad.
- Después de ser tratados para endurecimiento, generalmente son utilizados en procesos de maquinado y formado en frío.

2.5.5. Aceros inoxidables ferríticos

Estos aceros inoxidables de la serie 400 AISI mantienen su estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión.

Sus características son las siguientes:

- Resistencia a la corrosión de moderada a buena, la cual se incrementa con el contenido de cromo y en algunas aleaciones de molibdeno.
- Endurecidos moderadamente por trabajo en frío; no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico.
- Las aleaciones ferríticas son magnéticas.
- Su soldabilidad es pobre por lo que generalmente se limitan las uniones por soldadura a calibres delgados.
- Usualmente se les aplica un tratamiento de recocido con lo que obtienen mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión.
- Debido a su pobre dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío.

2.5.6. Aceros inoxidables austeníticos

Los aceros inoxidables austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión.

Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia a la corrosión.

- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico.
- Excelente soldabilidad.
- Excelente factor de higiene y limpieza.
- Formado sencillo y de fácil transformación.
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas, bajas temperaturas (criogénicas) previniendo la fragilización, y altas temperaturas (hasta 925 °C).
- Son esencialmente no magnéticos. Pueden ser magnéticos después de que son tratados en frío. El grado de magnetismo que desarrollan después del trabajo en frío depende del tipo de aleación de que se trate.

Los aceros austeníticos se dividen en dos categorías:

Serie 300 AISI. Aleaciones cromo-níquel. Serie 200 AISI. Aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno.

Serie 300 AISI. Es la más extensa y son aleaciones Cr-Ni. El níquel es un elemento estabilizador o formador sustitucional de austenita, y se emplea con este propósito en un porcentaje de 4 a 37 %. La serie 300 AISI mantiene alto contenido de níquel y hasta 2 % de manganeso. También pueden contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son utilizados para conferir ciertas características, como podría ser el prevenir en las estructuras soldadas la corrosión en la región cercana a la soldadura. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados.

Serie 200 AISI. Son aleaciones Cr-Mn-N y representan la más reciente adición a la familia austenítica. Contienen menor cantidad de níquel (hasta 7 %) y mantienen la estructura austenítica con altos niveles de nitrógeno. El manganeso de 5 a 20 % es necesario en estas aleaciones bajas en níquel para

aumentar la solubilidad del nitrógeno en la configuración austenítica, además de prevenir la transformación a martensita. La adición de nitrógeno también incrementa la resistencia mecánica.

2.5.7. Aceros inoxidables dúplex

Los aceros inoxidables dúplex son los de más reciente desarrollo; son aleaciones cromo-níquelmolibdeno que forman una mezcla de cantidades aproximadamente iguales de austenita y ferrita.

Sus características son las siguientes:

- Son magnéticos.
- No pueden ser endurecidos por tratamiento térmico.
- Buena soldabilidad.
- La estructura dúplex mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro.

2.5.8. Aceros inoxidables endurecibles por precipitación

Este tipo de aceros inoxidables se desarrolló a escala industrial después de la Segunda Guerra Mundial, como una alternativa para elevar las características de resistencia mecánica mediante tratamientos térmicos de envejecimiento. Estos aceros se denominan “endurecibles por precipitación” o PH (*precipitation hardening*) y ofrecen una alternativa a los aceros inoxidables austeníticos cuando se desee asociar elevadas características mecánicas y de maquinabilidad.

2.6. Soldadura TIG (*tungsten inert gas*)

Basados en la Norma ASME/ANSI B16.25, se encontró que el método adecuado para la soldadura de acero inoxidable es del tipo GTAW o TIG (Tungsten inert gas).

Este un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presente en la atmósfera. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II. **Clasificación de gases para soldadura**

TIPO DE GAS	APLICACIONES
Argón	Aceros inoxidables, cobre, aceros al carbono y mayor parte de aluminios
Argón puro	Titanio, tántalo, circonio
95 % Argón y 5 % Hidrógeno	Aceros al carbono, aceros inoxidables y corte por plasma
Helio	Metales que sean buenos conductores de calor (cobre, aluminio)
Argón y Helio	Cobre de grandes espesores

Fuente: Norma ASME/ANSI B16.25. p. 18.

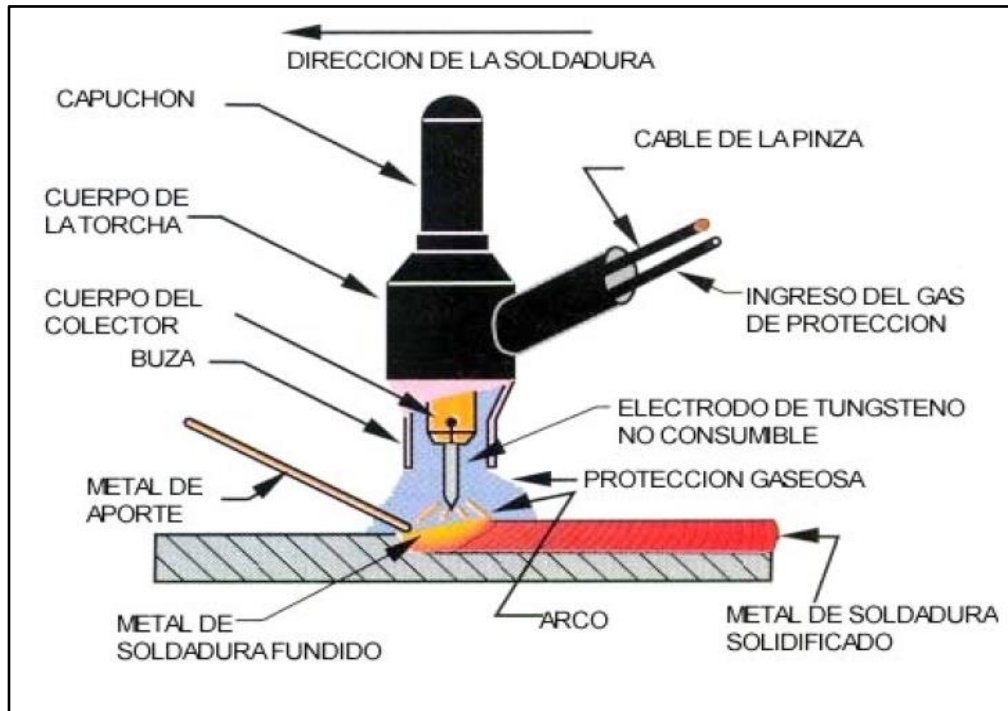
La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera.

Se está generalizando el uso de la soldadura TIG sobre todo en aceros inoxidable y especiales, debido a las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, destacándose por ello la soldadura al arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (TIG).

Características y ventajas del sistema TIG:

- No se requiere de fundente y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura.
- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco.
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión.
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible.
- Sin proyecciones, chispas o humo.
- Muy buen acabado y presentación.

Figura 6. Soldadura TIG



Fuente: Norma ASME/ANSI B16.25. p. 23.

2.7. *Azadirachta Indica* (NEEM)

Azadirachta Indica, comúnmente llamado neem en Latinoamérica, margosa o lila india, es un árbol perteneciente a la familia Meliaceae, originario de la India y de Birmania, que solo vive en regiones tropicales y subtropicales.

Árbol de rápido crecimiento que puede alcanzar 15 a 20 metros de altura y raramente 35 a 40 m. Tiene abundante follaje todas las temporadas del año, pero en condiciones severas se deshoja, incluso casi completamente. El ramaje es amplio, y puede alcanzar de 15 a 20 m de diámetro ya desarrollado.

El árbol del neem tiene una notable resistencia a la sequía. Normalmente sobrevive en zonas con condiciones subáridas a subhúmedas, con una pluviometría entre 400 y 1 200 mm. Puede desarrollarse en regiones con una precipitación inferior a los 400 mm, pero en ambos casos el desarrollo depende de la cantidad de agua subterránea.

El neem puede desarrollarse en diferentes tipos de suelo, pero sobrevive mejor en sustratos bien drenados, profundos y arenosos (con un pH de 6,2 a 7). Vive en regiones con una temperatura anual de entre 21 y 32 °C, puede tolerar muy altas temperatura, pero no tolera temperaturas menores de 4 °C, porque se deshoja y puede morir. Como especie oriunda de zonas tropicales y subtropicales, el árbol demanda mucha luz y temperaturas entre 26 y 36 °C, prefiriendo suelos profundos y suelos del tipo loam o arenosos, aceptando también cierto grado de salinidad.

2.7.1. Aplicaciones

Todas las partes del árbol son utilizadas para preparar diferentes remedios y el aceite del neem es usado para preparar cosméticos (champú, bálsamos, jabón y cremas). Además del uso medicinal, los árboles de neem se cultivan para disminuir la desertificación y se cree es un buen absorbente del dióxido de carbono.

La pulpa tiene fama en la India como generador de gas metano.

La planta como fertilizante orgánico es superior al estiércol vacuno, porcino o de otra fuente. También, como abono orgánico es apreciada por sus propiedades insecticidas y repelentes, especialmente contra ciertos insectos como las termitas o comejenes y los dañinos nemátodos. Mezclada

con urea para abonar el suelo, da buenos resultados y actúa como biocida. No solamente la planta sirve como abono orgánico. Las hojas verdes constituyen un fertilizante excelente y barato.

2.7.2. Propiedades

La corteza es tónico amargo, estimulante, astringente. El fruto es purgante. Las hojas y el aceite de las semillas son antisépticos y antiparasitario.

Como planta medicinal se emplea para:

- Soriasis: se utiliza el aceite de las semillas y el extracto de las hojas del neem, disminuye la comezón y el dolor.
- Diabetes: por vía oral extracto de neem reduce los requerimientos de insulina entre un 30 y 50 % a las personas que son insulino dependientes.
- Sida: se han reportado resultados de pruebas *in vitro* para prevenir el sida.
- Cáncer: polisacáridos y limonoides se han encontrado en la corteza, hojas y aceite de neem, lo cual reduce los tumores y el cáncer.
- Afecciones cardiacas: controla las arritmias cardiacas y también retrasa la coagulación de la sangre.
- Herpes: existen pruebas en Alemania que demuestran que los extractos del neem son tóxicos al virus del herpes.
- Trastornos dentales: de igual manera, en Alemania se ha encontrado que el extracto del neem previene las caries entre otros trastornos dentales.
- Dermatología: es efectivo contra el acné, salpullido, caspa.
- Alergias: inhibe reacciones alérgicas cuando se aplica externamente.
- Úlceras: el extracto del neem acelera la cicatrización de lesiones gástricas y duodenales.

- Encefalitis: acerca de esto se sabe que en Japón ayudó cuando hubo un brote en niños.
- Control natal (hombres): existen pruebas en la India y en los Estados Unidos de que los extractos del neem reducen la fertilidad en monos sin inhibir la libido o la producción de los espermatozoides.
- Control natal (mujeres): se utiliza como lubricante vaginal el aceite del neem.
- Hepatitis: en Estados Unidos se ha demostrado que es efectivo contra el virus que causa la hepatitis b.
- Hongos: el neem es tóxico para los hongos que atacan a los humanos como la cándida, el que causa el pie de atleta y de la boca.
- Malaria: las hojas tienen un ingrediente activo el cual es tóxico a la malaria.
- Parásitos externos: el neem mata muy rápido parásitos externos.
- Repelente de insectos: hay estudios que demuestran que un componente del neem es más efectivo que los químicos.

2.8. *Aloe barbadensis* (aloe vera)

Aloe vera también conocido como sábila, sávila, aloe de Barbados o aloe de Curazao, entre otros, es una planta suculenta de la subfamilia Asphodeloideae dentro de la familia Xanthorrhoeaceae.

Arbusto acaule o con tallo corto cubierto de hojas, estolonífero, con tallo de hasta 30 cm, erecto, sin rebrotes laterales. Las hojas miden 40–50 por 5–8 cm y son densamente agrupadas en una roseta basal de hasta 20 hojas dentadas solo en el margen, con dientes de unos 2 mm.

2.8.1. Aplicaciones

El aloe se cultiva como planta decorativa, para usos medicinales, en cosmética e incluso para la alimentación en algunos países africanos. En algunos lugares popularmente suele llamarse aloe vera o aloe maculata. Si bien este último puede tener propiedades medicinales similares, a nivel farmacéutico es importante una correcta identificación de la especie.

Actualmente, hay más de 250 diversas variedades reconocidas de aloe, de las cuales, solamente tres o cuatro tienen características curativas o medicinales significativas. La más potente de estas, rica en vitaminas, minerales, aminoácidos y enzimas es aloe vera.

En cosmética se usa cada vez más. La mayoría de los fabricantes responsables extraen y purifican los extractos evitando los componentes más irritantes; también, actualmente, se usa de forma directa mediante procedimientos domésticos muy rudimentarios, dando lugar a productos que pueden causar irritación (dermatitis, eccema) o reacciones alérgicas (urticaria).

2.8.2. Propiedades

El principio activo está formado por el jugo desecado de las células secretoras de las hojas. El olor es característico y fuerte, mientras que el sabor es amargo y desagradable. De las hojas básicamente se obtienen dos compuestos:

- Gel: que es la porción mucilaginoso del parénquima tisular o mesófila situado en el centro de las hojas. Las plantas más expuestas al sol fabrican menos pulpa y más látex. De la pulpa se extrae un gel brillante y

amargo, que se obtiene por extrusión de la parte interna de las hojas. Debe eliminarse previamente todo el contenido de antraquinonas que se ubican en la epidermis de las hojas. Si este proceso no se realiza, el látex se oxida y coge una tonalidad marrón fácilmente. La fragilidad de algunos constituyentes del gel hace que sea necesario estabilizar el material reciente obtenido y preservarlo de la contaminación bacteriana. El aloe vera también tiene propiedades contra la psoriasis.

- Acíbar o látex: es el zumo cuajado, resultado de la incisión de las hojas, es un sólido cristalino de color marrón y muy amargo, llamado acíbar (del griego: "jugo del aloe"). Se localiza en las células pericíclicas situadas cerca de los haces conductores inmediatamente por debajo de la epidermis, entre el parénquima clorofítico y el mucilaginoso. En general, se obtiene dejando fluir el líquido que sale de las hojas cortadas transversalmente y depositándolo de este modo en un recipiente mezclado con pulpa.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Para determinar los objetivos establecidos, a continuación se describen las variables involucradas en la obtención de los resultados de investigación.

3.1.1. Independientes

- Presión en la marmita
- Temperatura
- Velocidad de agitación
- Velocidad de entrada de agua

3.1.2. Dependientes

- Velocidad de salida de mezcla

3.1.3. Variables de diseño

- Altura de la marmita
- Diámetro
- Enchaquetado
- Altura del agitador

3.1.4. Delimitación de campo de estudio

- Industria: cosméticos
- Proceso: elaboración de emulsiones
- Equipo: marmita
- Alternativa evaluada: marmita enchaquetada

3.1.5. Recurso humano

- Desarrollador del proyecto: Ana Eloisa Márquez Donis
- Asesor: Inga. Qca. Brenda Lisseth Pur Peláez
- Coasesor: Licda. Gladys Eugenia González Corado

3.2. Recursos materiales disponibles

Para la realización de este trabajo de investigación solo se utilizaron recursos materiales.

3.2.1. Recursos materiales

- AutoCAD 2009
- Microsoft Visio

3.3. Técnica cuantitativa

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos, se desarrolló una técnica cuantitativa dentro de la investigación.

3.4. Diseño experimental

El diseño de la marmita enchaquetada se llevó a cabo a partir de las características y propiedades de la formulación de una emulsión aceite en agua con extractos de aloe vera (*Aloe barbadensis*) y extracto de neem (*Azadirachta Indica*) para problemas en la piel.

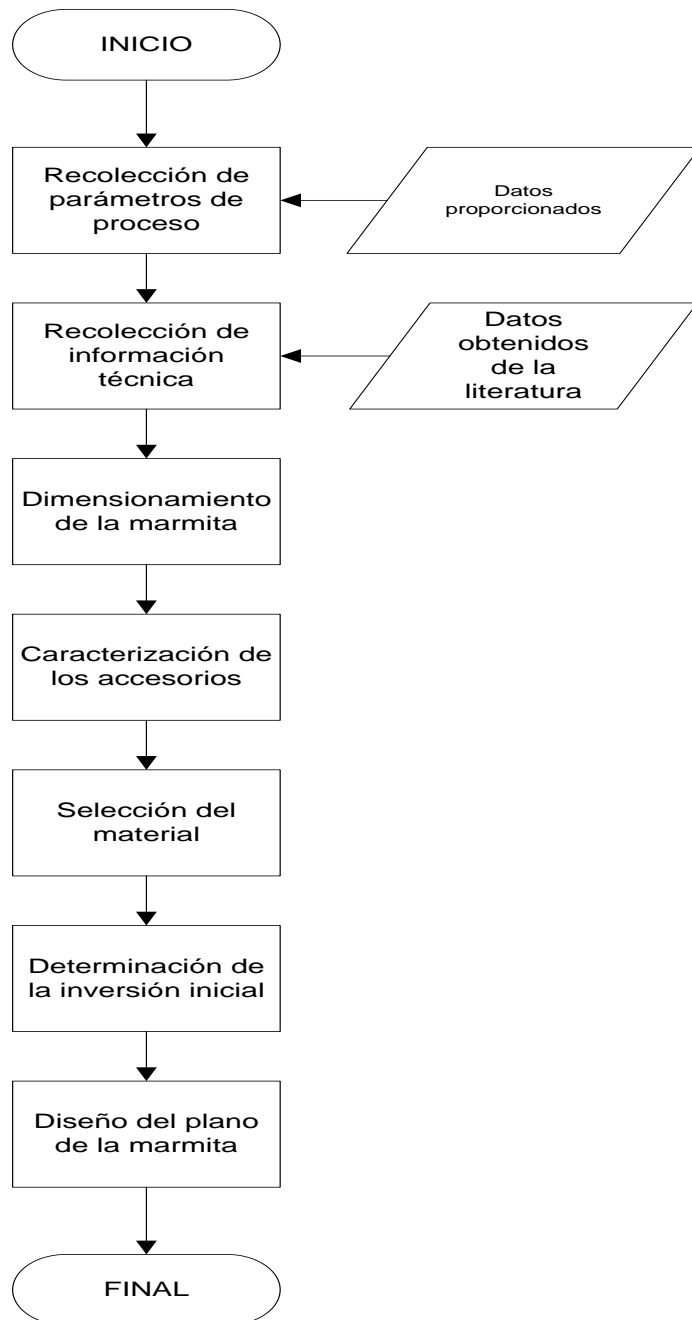
El dimensionamiento se realizó de acuerdo a las necesidades y especificaciones para los cuales se desea elaborar la emulsión y con base en las propiedades fisicoquímicas de la materia prima a utilizar. Asimismo se llevó a cabo todo el proceso de selección del material y diseño del equipo en planos con sus partes y dimensiones.

La emulsión aceite en agua se utilizará para hidratar, humectar, suavizar, restaurar, quitar manchas y cicatrices en la piel pero sobre todo para curar la psoriasis.

Especificaciones

- Olor: olor característico
- Color: blanco
- Apariencia: semisólida
- pH: 5,5 – 6,5
- Densidad: 850 Kg/m³
- Viscosidad: 20 000 cP

Figura 7. Diagrama de flujo del diseño



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

3.5. Recolección y ordenamiento de la información

Para la recolección de datos se consultó al personal interesado en el diseño de la marmita, de donde se obtuvo la cantidad de emulsión que se procesará, también se recopiló la información necesaria de las condiciones ambientales, eficiencias y capacidad máxima a la que se trabajaría.

Asimismo, se consultó a una empresa dedicada al diseño y fabricación de equipos industriales, donde se obtuvo información sobre los materiales más utilizados, más resistentes y económicos. De acuerdo a la información obtenida se determinó que el material más conveniente para el diseño de la marmita es el acero inoxidable AISI 304.

3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Durante esta etapa se utilizó toda la información proveniente de la literatura, esto facilitó el procesamiento de datos e interpretación de los resultados obtenidos al final del proceso de investigación. Durante esta etapa se realizó una compilación de las ecuaciones matemáticas y ecuaciones de diseño que se utilizaron en el desarrollo del modelo.

3.7. Dimensionamiento

Para el desarrollo del dimensionamiento de la marmita enchaquetada se utilizaron las deducciones del libro de McCabe del capítulo 9 para un tanque enchaquetado. A partir de las condiciones establecidas se procedió al cálculo de las dimensiones que debe tener la marmita.

3.7.1. Cálculo del volumen de la emulsión

Para obtener el volumen de la emulsión se utiliza la siguiente ecuación:

$$M = 150 \text{ Kg}$$

$$\rho = 850 \text{ Kg/m}^3$$

Con la fórmula de densidad $\rho = \frac{m}{v}$ de donde se despeja el volumen

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

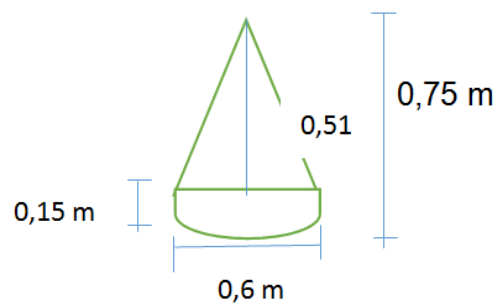
$$V = \frac{150 \text{ Kg}}{850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,176 \text{ m}^3$$

Para obtener el volumen de la marmita se le agrega un exceso del 25 %

$$V_T = 0,176 * 1,25 = 0,221 \text{ m}^3$$

3.7.2. Cálculo de la altura de la marmita

Respecto al sector esférico



- Volumen del sector esférico

$$V_{sector\ esférico} = \frac{2}{3} \pi R^2 h \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

R^2 = radio de la esfera (m)

h = altura de sector cónico (m)

$$V_{sector\ esférico} = \frac{2}{3} \pi (0,6)^2 (0,15) = 0,11\ m^3$$

- Volumen del cono

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi r^2 h \quad (\text{Ecuación 3})$$

En donde:

r^2 = radio del cono (m)

h = altura del cono (m)

$$V_{cono} = \frac{1}{3} \pi (0,3)^2 (0,51) = 0,048\ m^3$$

- Volumen del casquete esférico

$$V_{casquete} = V_{sector} + V_{cono} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$V_{casquete} = 0,11 - 0,056 = 0,057\ m$$

- Calculando el volumen solo del cilindro

$$V_{cilindro} = V_{Total} - V_{casquete} \text{ (Ecuación 5)}$$

$$V_{cilindro} = 0,221 - 0,057 = 0,164 \text{ m}^3$$

- Calculando la altura del cilindro

$$V_{cilindro} = \pi r^2 h \text{ (Ecuación 6)}$$

En donde:

r^2 = radio del cilindro (m)

h = altura del cilindro (m)

$$h = \frac{V_{cilindro}}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0,164}{\pi(0,3)^2} = 0,579 \text{ m}$$

- Altura total de la marmita

$$h_{marmita} = h_{cilindro} + h_{cono} \text{ (Ecuación 7)}$$

$$h_{marmita} = 0,579 + 0,15 = 0,73 \text{ m}$$

3.7.3. Determinación del espesor de la marmita

Diámetro de la chaqueta = 0,60 m (24 Plg)

De acuerdo a la tabla núm. 11 del libro de Kern para un diámetro exterior de 24", el diámetro interior será de 23,25", con espesor de 0,75".

El espacio entre el tanque y la chaqueta será de 2"

Diámetro del tanque = 0,56 m (22 Plg)

De acuerdo a la tabla núm. 11 del libro de Kern para un diámetro exterior de 22", el diámetro interior será de 21,25", con espesor de 0,75"

3.7.4. Determinación del agitador

De acuerdo a la producción deseada se utilizará un "agitador de pala" ya que gira a bajas y moderadas velocidades impulsando el líquido radial y tangencial.

Datos del rodete de pala

- Longitud del rodete: 50 - 80 % del diámetro interior del tanque (usando el 80 %)
Longitud de la pala: $(0,8) (0,6 \text{ m}) = 0,48 \text{ m}$
- Ancho de la pala: $1/6 - 1/10$ de la longitud de la marmita (usando $1/10$)
Ancho de la pala: $(1/10) (0,73 \text{ m}) = 0,073 \text{ m}$ (7,3 cm)

- Placas deflectoras
Ancho de las placas: 1/10 – 1/12 del diámetro interior del tanque (usando el 1/12)
Se colocarán 4 placas deflectoras
Ancho de cada placa: $(1/12) \cdot (0,6 \text{ m}) = 0,05 \text{ m}$

3.7.5. Cálculo del número de Reynolds

Datos (a $T = 75 \text{ °C}$)

$D = 0,4 \text{ m}$ (1,31 ft)

$\rho = 974,7 \text{ Kg/m}^3$ (60,85 Lb/ft³)

$\mu = 0,378 \text{ e}^{-3} \text{ Kg/m-s}$ (0,015 Lb/ft-s)

$g = 32,17 \text{ ft/s}^2$

$n =$ revoluciones por segundo (asumiendo 150 rpm)

$n = 150 \text{ rpm}$ (2,5 r/s)

$$N_{Re} = \frac{nD^2\rho}{\mu} \quad (\text{Ecuación 8})$$

En donde

$n =$ velocidad (r/s)

$D =$ diámetro de la marmita (ft)

$\rho =$ densidad (Lb/ft³)

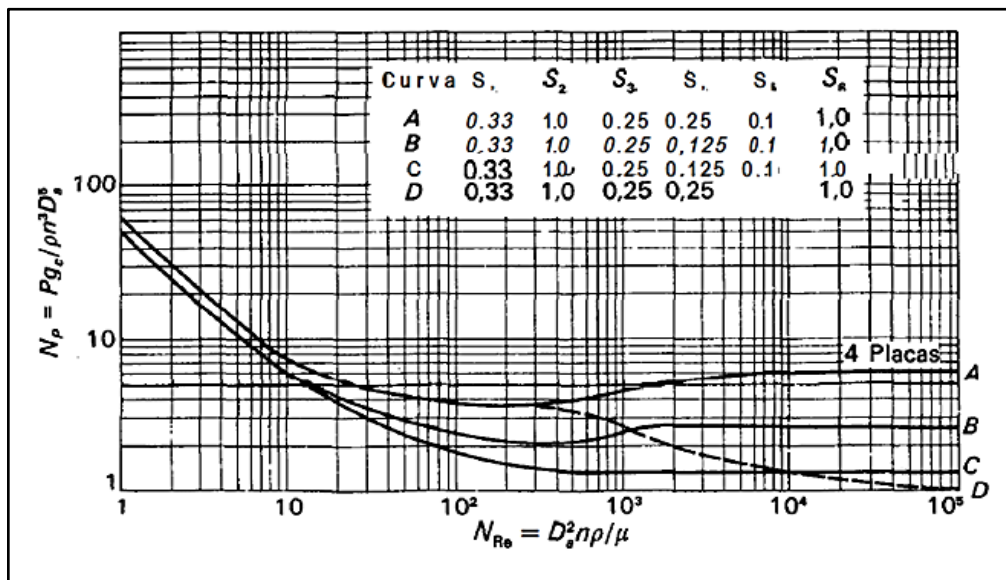
$\mu =$ viscosidad (Lb/ft-s)

$$N_{Re} = \frac{(2,5)(1,31)^2(60,85)}{(0,015)} = 1,74 \text{ e}4$$

3.7.6. Cálculo de la potencia requerida

Para un $N_{Re} = 1,74 \times 10^4$ para 4 placas, el $N_p = 6$ “El número de potencia N_p es análogo a un factor de fricción o a un coeficiente de rozamiento. Es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del rodete y la fuerza inercial. La fuerza inercial, a su vez, está relacionada con el flujo de cantidad de movimiento correspondiente al movimiento global del fluido”.

Figura 8. Curva A de la potencia requerida



Fuente: MCCABE, Warren. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. p. 259.

$$P = \frac{N_p n^3 D^5 \rho}{g_c} \quad (\text{Ecuación 9})$$

En donde:

N_p = número de potencia (adimensional)

n = velocidad (r/s)

D = diámetro de la marmita (ft)

ρ = densidad (Lb/ft³)

g_c = gravedad (ft/s²)

$$P = \frac{(6)(2,5)^3(1,31)^5(60,85)}{(32,17)} = 684,13 \text{ ft} - \text{Lb}/_s \text{ (1,24 hp)}$$

3.7.7. Cálculo de la altura de la chaqueta

La altura de la chaqueta debe empezar 6 cm (0,06 m) abajo del recipiente interior.

3.7.8. Selección de la trampa de vapor

$$Q = \frac{G * s_g * C_p * \Delta T * 8,3}{H * t} \text{ (Ecuación 10)}$$

En donde:

G = galones a calentar

S_g = gravedad específica del líquido (Lb/ft³)

C_p = calor específico del líquido (Btu/Lb-°F)

H = calor latente del vapor (BTU/Lb)

Q = carga de condensado (Lb/h)

t = tiempo (h)

ΔT = diferencia de temperatura (°F)

$$Q = \frac{(27)(1)(1)(95,4)(8,3)}{(889,43)^{(1/3)}} = 72,11 \text{ Lb/h}$$

Se multiplica por 3 porque es el factor de seguridad

$$Q = (72,11)(3) = 216,33 \text{ Lb/h}$$

De acuerdo a las especificaciones de los catálogos de Armstrong la trampa será la siguiente:

- Nombre: cubeta invertida
- Número de modelo: serie 800
- Máxima presión de trabajo: 250 Psia @ 450 °F
- Conexiones de la tubería: entrada 1/2" y salida 3/4"
- Tamaño del orificio: 1/8"

4. RESULTADOS

4.1. Dimensionamiento de la marmita

De acuerdo a una serie de ecuaciones, se obtuvieron los siguientes resultados de dimensión de la marmita enchaquetada y la caracterización de la misma.

Tabla III. Datos del proceso

Descripción	Dato
Temperatura de operación	75 °C
Presión de operación	38,59 KPa
Capacidad de producción	150 Kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Datos de diseño

Descripción	Medida
Altura de la marmita	73 cm
Diámetro de la chaqueta	60 cm
Diámetro del tanque	55 cm
Altura de las piernas de soporte	70 cm

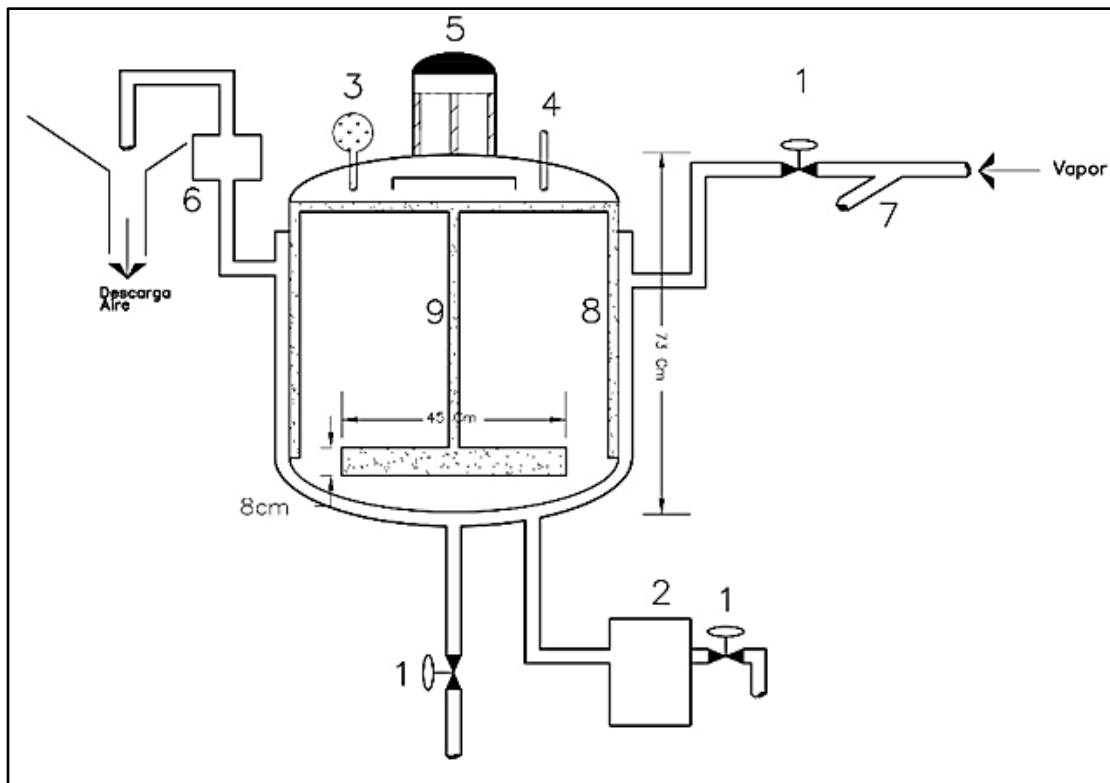
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Caracterización de la marmita**

Descripción	Dato
Capacidad de operación	150 Kg
Vida útil estimada	10 años
Inversión inicial	Q 104 938,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Diseño de marmita enchaquetada**



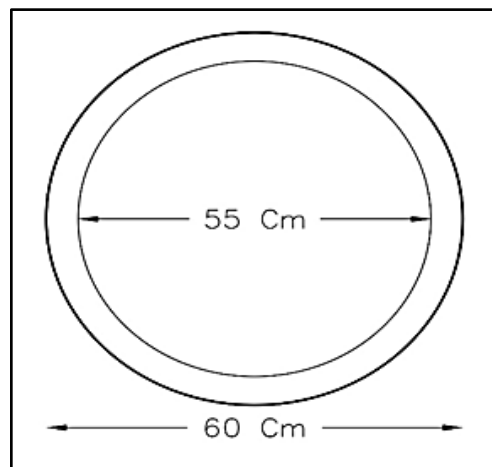
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Tabla VI. **Accesorios de la marmita**

Núm.	Descripción
1	Válvula de control
2	Trampa de vapor cubeta invertida
3	Manómetro
4	Termómetro
5	Motor con reductor de velocidad
6	Venteador termostático de aire
7	Filtro
8	Baffles
9	Agitador de pala

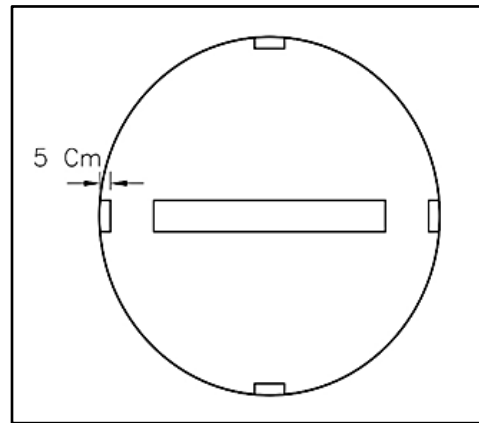
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Diámetros del tanque y chaqueta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Vista aérea de la marmita**



Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se realizó el diseño de una marmita para la fabricación de una emulsión aceite en agua de acuerdo a las especificaciones dadas por una empresa interesada en la operabilidad de la marmita.

En la tabla III se observan los datos de proceso a los cuales se diseñó la marmita enchaquetada, a partir de esos datos se elaboró el diseño con una capacidad de 150 Kg de emulsión.

En la tabla IV se observan las dimensiones de la marmita que se obtuvieron a partir del desarrollo del equipo y de las ecuaciones utilizadas, todo el diseño se llevó a cabo con un 25 % más para que tuviera una mejor capacidad y eficiencia a bajas y altas temperaturas.

Como se observa en la figura 9, la altura de la marmita es de 73 cm de acuerdo a la cantidad de producción de emulsión, sin embargo, tiene la capacidad de producir o realizar cualquier lixiviación u otro producto. El diámetro del tanque es de 55 cm y el diámetro de la chaqueta de 60 cm, ambos con un espesor de 0,75" como se observa en la figura 10. Cuenta con 4 piernas de soporte de 70 cm cada una con un ángulo de 90° entre ellas.

Como se observa en la figura 9, la marmita enchaquetada cuenta con 3 válvulas de control, una donde se regula el vapor a ingresar, otra en la salida del producto y otra en la salida del condensado, tiene una trampa de vapor de cubeta invertida, número de modelo: serie 800 con una máxima de presión de

250 psi a 450 °F con capacidad para una carga de condensado de 216,33 Lb/h.

También cuenta con un manómetro para medir la presión y un termómetro para medir la temperatura sobre la tapadera. El motor de la marmita es de 1,24 hp y cuenta con un reductor de velocidad. Posee un ventilador termostático de aire que ayuda a descargarlo. En la entrada de vapor tiene un filtro que ayuda a atrapar todo tipo de suciedad que pudiera llevar el vapor al ingresar a la chaqueta.

La marmita tiene 4 baffles de 5 cm cada una como se observa en la figura 10, que ayudará a evitar que el mezclado gire como un sólido rígido y que la mezcla tenga una mejor distribución y transferencia de calor. Tiene un agitador de pala de 45 cm de longitud y 8 cm de ancho y se encuentra 6 cm arriba del fondo del tanque, estas giran a bajas y moderadas velocidades impulsando el líquido radial y tangencial.

En la tabla V se observa la caracterización de la marmita en donde se observó que esta tendrá una capacidad de producción de 150 Kg con una vida útil de 10 años de acuerdo al material utilizado y una inversión de Q 104 938,00.

CONCLUSIONES

1. Las dimensiones de la marmita enchaquetada con capacidad de 150 Kg de producción es de 73 cm de altura, 60 cm de ancho de la chaqueta y 55 cm de ancho del recipiente interno.
2. Las dimensiones del agitador de pala para una velocidad de 150 rpm es de 45 cm de longitud y 8 cm de ancho.
3. La altura de las piernas de soporte es de 70 cm con un ángulo de 90° entre cada una de ellas.
4. El material que se usará es el acero inoxidable AISI 304.
5. El costo de inversión es de Q 104 938,00.

RECOMENDACIONES

1. Al momento de llevar a cabo el desarrollo del diseño se deben considerar todos los factores que se verán involucrados tanto operacionales, como los industriales y ambientales.
2. Realizar análisis económicos preliminares de acuerdo a las alternativas obtenidas para escoger aquella alternativa que constituirá un menor costo de inversión y operación.
3. Evaluar todas las alternativas no solo en lo económico sino evaluar aquellas que cumplan de una manera adecuada y óptima la función para la cual se está diseñando.
4. Para que la marmita funcione a las mejores condiciones será necesario hacerle la limpieza adecuada a modo de evitar manchas en el equipo u otro tipo de daño.
5. Es necesario estar monitoreando las condiciones a las cuales se está operando la marmita para detectar si existe alguna anormalidad y poder tomar acciones correctivas en el momento.
6. El agua que se debe utilizar tiene que pasar por el tratamiento adecuado para eliminar la dureza y la alcalinidad antes de ser utilizada en producción.

7. Se debe trabajar el equipo a la capacidad que fue hecho, porque al superar esa cantidad podría presentar problemas de funcionamiento dando de baja el equipo a un corto plazo.

8. El costo del diseño de la marmita se realizó con base en los costos actuales nacionales.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE CHINCHILLA, Krelly Carlota. *Diseño de un condensador barométrico tipo bandeja perforada sencilla para un sistema de evaporación*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 176 p.
2. GEANKOPLIS, Christie. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3a ed. México: Continental, 1998. 1024 p.
3. KERN, Donald Q. *Procesos de transferencia de calor*. México: Continental, 1999. 980 p.
4. MCCABE, Warren. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4a ed. España: McGraw-Hill, 1991. 1114 p.
5. PERRY, Robert, H.; GREEN, Don W. *Manual del ingeniero químico*. 7a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1997. 1862 p.
6. POSADAS, Orlando. *Elegancia en el diseño*. Guatemala: Centro de Innovación Tecnológica CENIT, 2008. 2 p.
7. SINOTT, Ray.; TOWLER, Gavin. *Diseño en ingeniería química*. 5a ed. Barcelona: Reverté, 2012. 1274 p.

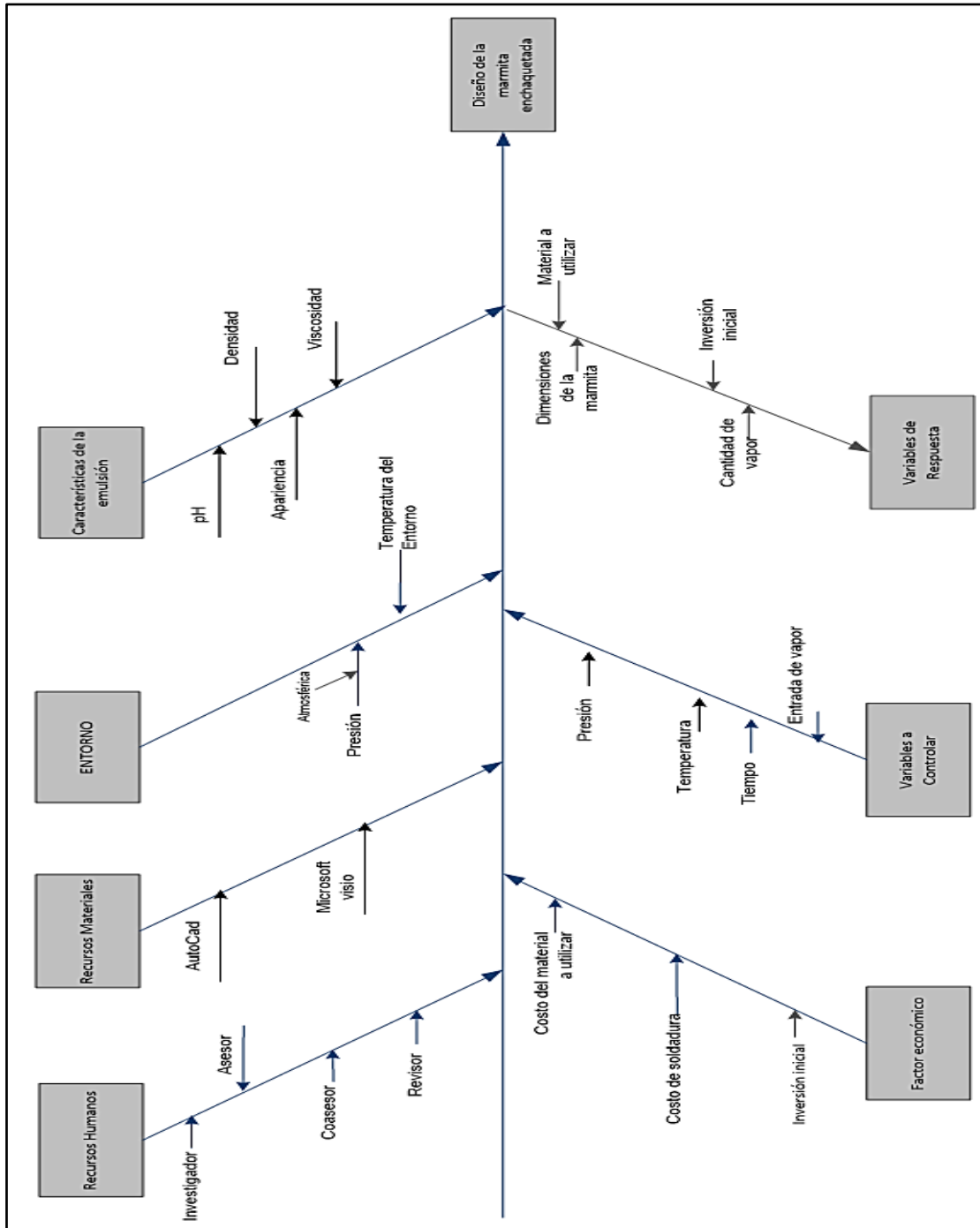
APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**

Area de Estudio	Cursos	Temas particulares
Area de Química	Química 3 Química 4 Química orgánica 1 Química orgánica 2	Nomenclatura química Propiedades de la materia Mezclas Métodos analíticos Compuestos orgánicos
Area de Operaciones Unitarias	Balace de Masa y Energía Flujo de fluidos Transferencia de calor Transferencia de masa Transferencia de masa en unidades continuas	Balace de masa y energía en los equipos de producción. Pérdidas de energía por calor Transferencia de calor por conducción, convección y radiación Transferencia de masa
Area de Operaciones complementarias	Operaciones unitarias complementarias Procesos Químico Industriales Diseño de equipo Ingeniería Económica 3	Mezcladores Proceso Sistemas de calidad Ecuaciones de diseño Proceso de diseño Criterios de diseño Selección de materiales
Area de Fisicoquímica	Fisicoquímica	Propiedades fisicoquímicas

Fuente: elaboración propia.

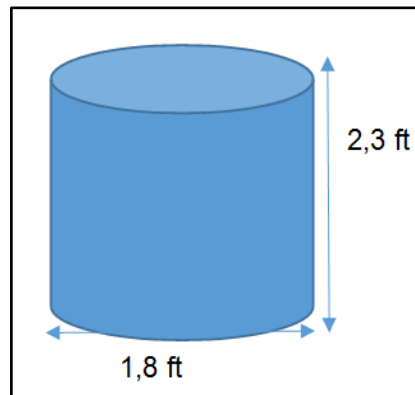
Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia, con programa Visio.

Apéndice 3. Análisis de costeo

Figura 3.1. Cuerpo de la marmita



Fuente: elaboración propia.

1. Determinación del área de la lámina

Dimensiones de la lámina = 4*8 ft

$$\text{Área} = 4ft * 8ft = 32ft^2$$

2. Determinación del peso de la lámina

$$\text{Volumen} = 32 ft^2 * 0,04165 ft = 1,3328 ft^3$$

$$\text{Peso} = 0,0377 m^3 * 7\,900 \text{ Kg}/m^3 = 297,83 \text{ Kg}$$

3. Determinación del costo por lámina

4.

$$1 \text{ lámina} = Q 12 454,00$$

5. Determinación del número de láminas

$$\text{Área} = \pi(1,8 \text{ ft})(2,3 \text{ ft}) = 13,01 \text{ ft}^2$$

$$\text{Número de láminas} = \frac{32 \text{ ft}^2}{13,01 \text{ ft}^2} = 2,5$$

$$\text{Número de láminas} = 3$$

A este se le suma la cantidad de láminas utilizadas para la fabricación de la chaqueta.

$$\text{Número de láminas en total} = 5$$

6. Determinación del costo de materia prima

$$\text{Costo total} = (5)(Q 12 454) = Q 62 270,00$$

7. Determinación del costo de soldado

$$\text{Metros lineales soldados} = (1,8 \cdot 2) + (4 \cdot 5) = 23,6 \text{ ft} / 3,28 = 7,19 \text{ m}$$

$$\text{Costo por línea de soldado} = 7,19 \text{ m} \cdot Q 1 200 = Q 8 628,00$$

$$\text{Costo por unión} = \frac{1,8(\pi) \text{ ft}}{3,28 \text{ m}} = 5,65 \text{ m} \cdot 4 = 22,6 \text{ m} \cdot Q 400 = Q 9 040,00$$

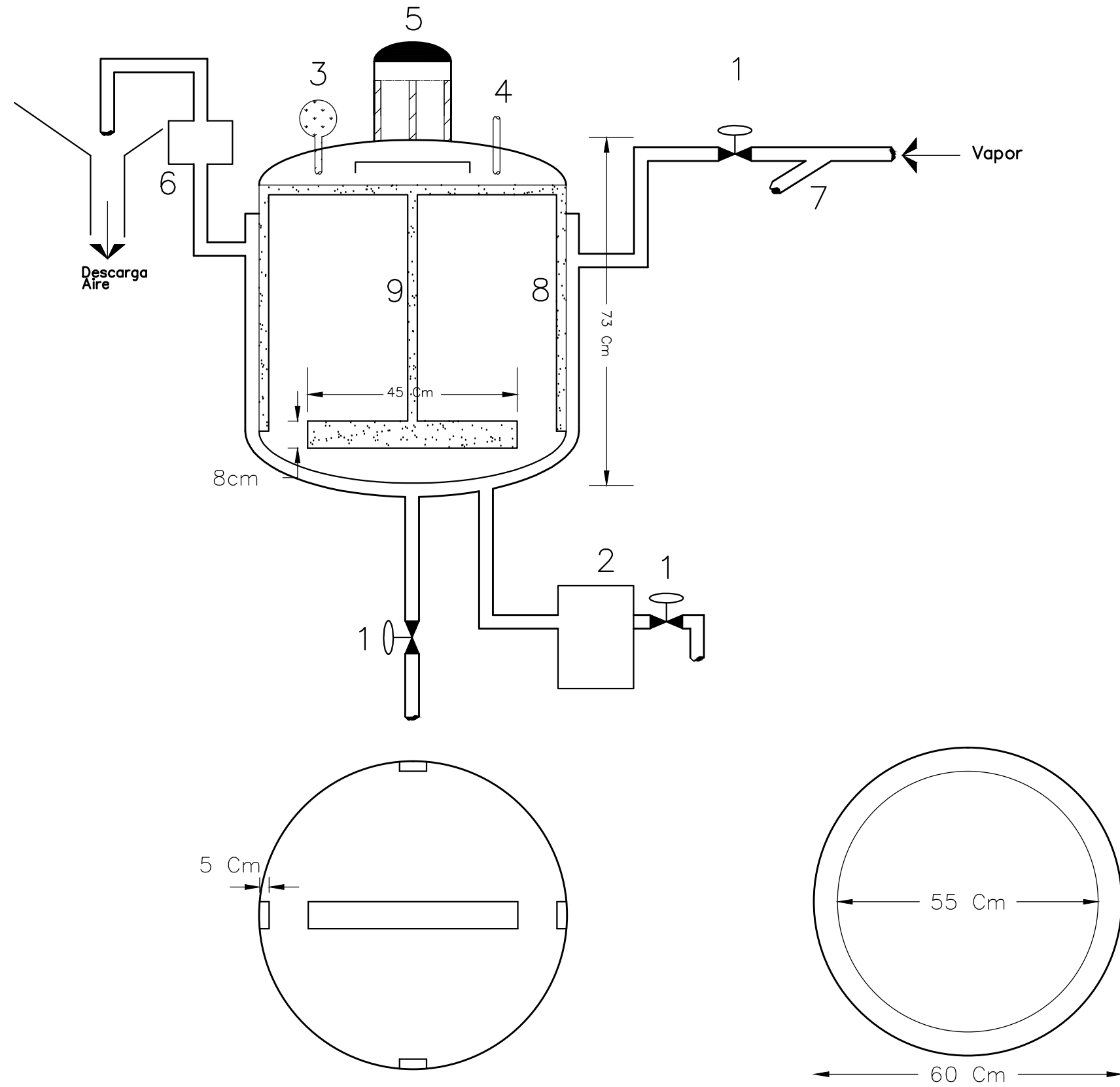
8. Determinación del Rolado

Costo de Rolado = Q 5 000/lámina * 5 láminas = Q 25 000,00

9. Costo de la marmita

Costo total de la marmita = Q 104 938,00

Apéndice 4. **Diseño una marmita enchaquetada**



1. Válvula de control
2. Trampa de vapor cubeta invertida
3. Manómetro de presión
4. Termómetro
5. Motor
6. Venteador termostático de aire
7. Filtro
8. Bafles
9. Agitador de pala

DIAGRAMA ESQUEMATICO

SIN ESCALA

 TESIS Ingeniería Química Diseñó: Ana Eloisa Márquez Donis Calculó: Ana Eloisa Márquez Donis Dibujó: Ana Eloisa Márquez Donis	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería	
	Proyecto: Diseño de una marmita enchaquetada	Magnitud: -----
	Ubicación: Guatemala Guatemala	Escala: sin escala
	Contenido: Plano esquemático	Fecha: 2015
F. _____		Hoja: 1 / 1

ANEXOS

Anexo 1. Propiedades del acero inoxidable AISI 304

Tabla 1.1. Propiedades del acero

Tipo AISI		304 / 304 L
Composición química	C %	0,07 / 0,030 máx.
	Mn %	2,00 máx.
	Si %	1,00 máx.
	Cr %	18,00 a 20,00
	Ni %	8,00 a 10,50 / a 12,00
	Mo %	

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.2. Propiedades eléctricas del acero

Tipo AISI		304 / 304 L
Permeabilidad magnética recocido		Paramagnético 1,008
Resistividad eléctrica a 20 °C	(? x m)	0,72

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.3. **Propiedades físicas del acero**

Tipo AISI			304 / 304 L
Densidad		(Kg/dm ³)	7,9
Módulo de elasticidad		(N/mm ²)	193,000
Calor específico a 20 °C		(J/Kg°K)	500
Conductividad térmica	(W/m °K)	A 100°C	16
		A 500°C	21
Coeficiente medio de expansión térmica	(x 10 ⁻⁶ /°C)	0 / 100°C	17,30
		0 / 300°C	17,80
		0 / 500°C	18,40
		0 / 700°C	18,80
Intervalo de fusión		(°C)	1 398-1 454

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.4. **Propiedades mecánicas del acero a 20 °C**

Tipo AISI			304 / 304 L
Dureza Brinell	Recocido	HB	130-150 / 125-145
	Trabajo en frío	HB	180-330
Dureza Rockwell	Recocido	HRB	70-88 / 70-85
	Trabajo en frío	HRC	10-35
Resistencia a la tracción	Recocido	Rm (N/mm ²)	500-700 / 500-680
	Trabajo en frío		700-1180
Límite elástico	Recocido	Rp (N/mm ²)	195-340 / 175-300
	Trabajo en frío		340-900
Elongación en 50 mm	Recocido	A (%)	65-50
	Trabajo en frío		50-10
Resistencia al impacto		KCUI (J/cm ²)	160
		KVI (J/cm ²)	180

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.5. **Propiedades mecánicas del acero a altas temperaturas**

Tipo AISI			304 / 304 L
Límite elástico 0,2 %, mínimo	Rp (N/mm ²)	A 300 °C	125 / 115
		A 400 °C	97 / 98
		A 500 °C	93 / 88
Límite de fluencia (N/mm ²)		A 550 °C	68 / 59
		A 600 °C	42 / 36
		A 700 °C	14,5 / 10,5
		A 800 °C	4,9 / 3,9

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.6. **Propiedades térmicas del acero**

Tipo AISI			304 / 304 L
Recocido			Enfriado rápido desde 1008-1120
Temple		(°C)	no templable
Forja	Comienzo	(°C)	1 200
	Finalización	(°C)	925
Temperatura máxima de operación	Servicio continuo	(°C)	840
	Servicio intermitente	(°C)	925

Fuente: Normas ASTM.

Tabla 1.7. **Propiedades varias del acero**

Tipo AISI	304 / 304 L
Soldabilidad	Muy buena
Maquinado	Bueno
Embutibilidad	Muy buena

Fuente: Normas ASTM.

Anexo 2. **Fórmula de emulsión**

Tabla 2.1. **Fórmula**

Fase	Materia prima	Función	Rango de uso (porcentaje)
A	Agua desionizada	Diluyente	CSP
	EDTA tetra sódico	Estabilizador	0,05-0,5
	Glicerina	Hidratante	2,00-5,00
	Preservantes	preservante	0,05-0,2
B			
	Base	Base	3,00-8,00
	Vitamina E	Antioxidante	1,00-5,00
	Caléndula	Cicatrizante	1,00-5,00
	Colágeno	Reafirma la piel	1,00-5,00
	Aceite de oliva	Humectante	1,00-3,00
	Pantenol	Vitamina	1,00-3,00
C			
	Extracto de Neem	Regenerador de la piel	1,00-5,00
	Extracto de Aloe Vera	Suavizante	1,00-5,00
	Fragancia	Aromatizante	0,25-0,5

Fuente: Normas ASTM.

Anexo 3. Especificaciones

EDTA tetrasódico

- Aspecto y olor: líquido amarillo claro, ligero olor amoniac
- Punto de ebullición: 224,6 °F (107,0 °C)
- Punto de inflamación: no aplicable
- Punto de fusión: <0°F (-18 °C)
- pH: ~11.5(solución 1 %); 13,5 (puro)
- Solubilidad en agua: miscible
- Peso específico: 1,25 a 1,33 (agua=1)
- Presión de vapor: igual que el del agua
- Densidad de vapor: igual que el del agua
- Viscosidad: 20 mPa.s @ 20 °C

Glicerina

- Aspecto: líquido aceitoso transparente
- Olor: inodoro
- Solubilidad: miscible en agua
- Peso específico: 1,26 @ 20 °C/4 °C
- pH: neutra al tornasol
- Punto de ebullición: 290 °C (554 °F)
- Punto de fusión: 18 °C (64 °F)
- Densidad de vapor: 3,17
- Presión de vapor (mmHg): 0,0025 @ 50 °C (122 °F)

Metilparaben

- Apariencia: polvo cristalino blanco, de olor débil
- Gravedad específica: 1,36
- Punto de ebullición: 275 °C
- Punto de fusión: 127 °C
- Presión de vapor (mmHg): 0,5 (113 °C)
- Solubilidad: Levemente soluble en agua (0,1-1 %) (2,5 g/L– 25 °C), muy ligeramente soluble en agua caliente, soluble en alcohol y éter, ligeramente soluble en benceno y tetracloruro de carbono

Propilparaben

- Apariencia: polvo cristalino blanco, de olor débil
- Gravedad específica: 1,063/102 °C
- Punto de ebullición: 133 °C
- Punto de fusión: 95-98 °C
- Presión de vapor (mmHg): 0,5 (122 °C)
- pH: 6-7
- Solubilidad: Levemente soluble en agua (0,04 g/mL– 25 °C), muy ligeramente soluble en agua caliente, soluble en alcohol y éter, ligeramente soluble en benceno y tetracloruro de carbono

Vitamina E

- Apariencia: líquido oleoso, viscoso, incoloro
- Punto de fusión: 26,5 – 27,5 °C
- Densidad: 0,952 – 0,966 g/mL
- Solubilidad: Prácticamente insoluble en agua, fácilmente soluble en acetona, en etanol anhidro y en aceites grasos

Caléndula

- Apariencia: líquido límpido, anaranjado
- Punto de fusión: 26,5 – 27,5 °C
- Densidad: 0,952 – 0,966 g/mL
- Solubilidad: Prácticamente insoluble en agua, fácilmente soluble en acetona, en etanol anhidro y en aceites grasos

Colágeno

- Apariencia: líquido incoloro
- Densidad: 1,020 – 1,021 g/mL
- pH (directo): 3,30 – 4,30
- Solubilidad: insoluble en cloroformo y soluble en agua con turbidez, en alcohol floclula

Aceite de oliva

- Apariencia: líquido transparente
- Color: amarillo, amarillo-verdoso
- Olor: olor característico
- Densidad: 0,909 – 0,918 g/mL
- Solubilidad: prácticamente insoluble en etanol

Pantenol

- Apariencia: líquido incoloro, muy viscoso
- Densidad: 1,2 g/mL
- pH (directo): 4 - 7
- Solubilidad: fácilmente soluble en agua y en etanol

Extracto de Neem (*Azadirachta Indica*)

- Estado físico: líquido
- Apariencia y olor: líquido color café, olor agradable
- Concentración: *Azadirachta* 0,4 %
- Punto de inflamación: 137 °F
- Densidad: 1,060 g/mL
- Solubilidad: soluble en agua

Extracto de Aloe Vera (*Aloe barbadensis*)

- Apariencia: gel líquido incoloro
- pH (directo): 3,5 – 4,0
- Solubilidad: soluble en agua y etanol

