

DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE
LA POMADA CALENDAE A BASE DE EXTRACTO NATURAL DE CALÉNDULA

DIANA MARCELA ARÉVALO GIRALDO
DARWIN ALEJANDRO MONROY GARCÍA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2017

DESARROLLO DE LA INGENIERÍA CONCEPTUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE
LA POMADA CALENDAE A BASE DE EXTRACTO NATURAL DE CALÉNDULA

DIANA MARCELA ARÉVALO GIRALDO
DARWIN ALEJANDRO MONROY GARCÍA

Proyecto integral de grado presentado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO

Director
LUIS HERNÁN VELÉZ H.
Ingeniero Químico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2017

Nota de aceptación

Presidente del Jurado
Ing. Fernando Moreno

Jurado 1.
Ing. Alexander López

Jurado 2
Ing. Edubiel Salcedo

Bogotá D.C., Agosto 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

DR. JAIME POSADA DÍAS

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA. GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Postgrado

DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

DR. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

ING. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

ING. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

DEDICATORIA

Principalmente quiero agradecer a Dios por darme la vida y su amor infinito cada día. Le agradezco a mi mamá Beatriz Giraldo por ser el cimiento de la construcción de mi vida profesional, porque soy consciente de su esfuerzo para darme la educación. A mi papá Oliver Arévalo por enseñarme la disciplina y la puntualidad. A mi hermanito Camilo porque es mi motor y mi motivo para salir adelante. A mis abuelitos por su apoyo incondicional. A mis tías por aportar su granito de arena para formarme como una persona de bien, llena de sueños y metas por cumplir. Agradezco a Federico por estar siempre conmigo, por no dejar que me rindiera jamás. A mi familia y amigos por estar tan pendientes de mí y apoyarme cuando más lo necesitaba.

Diana M. Arévalo Giraldo

DEDICATORIA

Este trabajo de grado resulto del esfuerzo y constancia, mis triunfos y trabajos son dedicados especialmente a Dios, que es quien no me dejo decaer en la desesperación y el miedo e inculco en mí los mejores pensamientos para creer en mi potencial y hacerme crecer como persona y como profesional.

De igual forma, esta dedicatoria es para mi mayor inspiración a seguir adelante, la cual es mi familia, mi hermosa madre Adriana García, mi gran padre Wilson Monroy y mi bello hermano Julián Monroy, sin ellos todo esto no sería posible, me ofrecieron los recursos y el apoyo necesario para el desarrollo de este trabajo, ese amor incondicional de familia fomentado por ellos, fue el que me motivo y me hizo luchar por mis sueños insaciablemente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A nuestros padres, los cuales nos brindaron el apoyo incondicional para el desarrollo de este proyecto, mediante la motivación y el amor recibido por ellos se pudo encontrar la inspiración para la elaboración de este trabajo.

A Fernando moreno, ingeniero químico, el cual nos colaboró con la elaboración del trabajo, nos brindó del tiempo y sus conocimientos para seguir un correcto desarrollo del proyecto.

A Luis Velez, por su apoyo y guía en la elaboración del trabajo. Brindándonos su conocimiento y comprensión.

A Felipe correa, ingeniero químico, El cual nos aportó de su amplio conocimiento y opiniones para la elaboración del proyecto.

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	23
1. GENERALIDADES	25
1.1 CALENDAE	25
1.2 LA CALÉNDULA	26
1.2.1 Descripción morfológica de la CALÉNDULA (<i>Calendula officinalis</i>)	26
1.2.2 Principales componentes químicos de la caléndula	27
1.3 LA FITOTERAPIA	29
1.3.1 Extracto oleoso de caléndula.	29
1.4 MACERACIÓN	30
1.4.1 Maceración en frío	30
1.4.2 Maceración con calor.	30
1.5 POMADA	30
1.5.1 Pomadas oleosas.	31
2. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO	32
2.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	32
2.1.1 Aceite de almendras.	32
2.1.1.1 Pruebas de pH	32
2.1.1.2 Densidad	32
2.1.2 Caléndula	33
2.1.3 Cera de abejas	34
2.2 LAS MACERACIONES	35
2.2.1 Maceración a temperatura ambiente	35
2.2.1.1 Maceración a temperatura ambiente	36
2.2.1.2 Maceración a temperatura ambiente	36
2.2.2 Maceración en calor	36
2.2.2.1 Maceración en calor con flor fresca	36
2.2.2.2 Maceración en calor con flor seca .	36
2.3 Filtración	36
2.4 Pruebas	37
2.4.1 Análisis por pH	37
2.4.2 Análisis por densidad.	37
2.4.3 Análisis organoléptico	38
2.4.4 Análisis de resultados.	39
2.5 ESTANDARIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN	40
3. CONDICIONES DE PROCESO	45
3.1 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	46

3.2	MACERACIÓN	47
3.2.1	Temperatura de maceración	48
3.2.2	Tiempo de maceración	48
3.2.3	Tiempo de enfriamiento del macerado.	49
3.3	FILTRACIÓN	49
3.4	MEZCLADO	51
3.4.1	Temperatura de mezclado	52
3.4.2	Tiempo de mezclado	52
3.5	ENFRIAMIENTO Y SOLIDIFICACIÓN	53
3.5.1	Tiempo de solidificación	53
4.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO Y DISEÑO DE PLANTA	55
4.1	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	55
4.2	INGENIERÍA CONCEPTUAL, NATURALEZA DEL PROCESO Y SELECCIÓN DEL MATERIAL	55
4.2.1	Balances de materia	56
4.2.1.1	Balances de materia a nivel laboratorio	57
4.2.1.2	Balance de materia para la producción de 500 pomadas	59
4.2.2.1	Requisitos y selección para los equipos del proceso	63
4.2.3	Dimensionamiento de equipos	66
4.2.3.1	Dimensionamiento del tanque de macerado	66
4.2.3.2	Dimensionamiento del tanque de mezclado	72
4.2.3.3	Dimensionamiento del sistema de agitación	76
4.2.4	Selección de los equipos y herramientas	88
4.2.4.1	Acondicionamiento de materias primas	88
4.2.4.2	Maceración	89
4.2.4.3	Enfriamiento	89
4.2.4.4	Filtración	89
4.2.4.5	Mezclado	89
4.2.4.6	Envasado	89
4.2.4.7	Enfriamiento.	89
4.2.4.8	Tapado y sellado	90
4.3	DISEÑO DE PLANTA	90
4.3.1	Zona 1 o de producción	91
4.3.1.1	Zona de carga y descarga.	91
4.3.1.2	Almacenamiento y acondicionamiento de materias primas.	91
4.3.1.3	Zona de producción	91
4.3.1.4	Zona de sellado y etiquetado	91
4.3.1.5	Laboratorio.	92
4.3.2.	Zona 2 o administrativa	92
4.3.2.1	Zona administrativa	92
4.3.2.2	Zona de descanso	92

5.	ANÁLISIS DE COSTOS	93
5.1	COSTOS DE PRODUCCIÓN O VARIABLES	93
5.2	COSTOS FIJOS O DE INVERSIÓN	94
5.3	INGRESOS	95
6.	CONCLUSIONES	96
7.	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	98
	ANEXOS	99

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Diseño general del proceso de producción de calendae.	25
Ilustración 2. Morfología de la caléndula (caléndula officinalis)	27
Ilustración 3. Muestras de material vegetal seco y fresco para las pruebas organolépticas	34
Ilustración 4. Vista con la lupa de una de las muestras del análisis organoléptico.	34
Ilustración 5. Trozos de cera de abejas.	35
Ilustración 6. Tubos de ensayo con el aceite de almendras (1), mac. 1 (2), mac. 2 (3), mac. 4 (4) y mac. 3 (5).	38
Ilustración 7. Proceso de formulación de la pomada	40
Ilustración 8. Diagrama de flujo en bloques para la elaboración de la pomada	45
Ilustración 9. Análisis para condicionamiento de materias primas	46
Ilustración 10. Proceso de maceración	48
Ilustración 11. Proceso de filtración	50
Ilustración 12. Proceso de mezclado	51
Ilustración 13. Proceso de enfriamiento y solidificación	53
Ilustración 14. Balance de materia a nivel laboratorio (macerado)	57
Ilustración 15. Balance a nivel laboratorio (filtración)	58
Ilustración 16. Balance de materia a nivel laboratorio (mezclado)	59
Ilustración 17. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (mezclado)	60
Ilustración 18. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (filtración)	61
Ilustración 19. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (macerado)	62
Ilustración 20. Tanque cilíndrico vertical	64
Ilustración 21. Agitador tipo turbina	65
Ilustración 22. Serpentín helicoidal	66
Ilustración 23. Dimensiones básicas del tanque de macerado	72
Ilustración 24. Viscosidades de aceites animales y vegetales	74
Ilustración 25. Dimensiones básicas del tanque de mezclado	76
Ilustración 26. Dimensiones para el sistema de mezclado con agitación	76
Ilustración 27. Proporciones básicas de los agitadores.	77
Ilustración 28. Dimensiones básicas del agitador	78
Ilustración 29. Dimensiones básicas del serpentín	87
Ilustración 30. Plano de la planta	90
Ilustración 31. Sello principal de calendae	92
Ilustración 32. Información del producto	92

Ilustración 33. Proceso de macerado en el laboratorio	100
Ilustración 34. Proceso de filtración en el laboratorio	101
Ilustración 35. Proceso de mezclado en el laboratorio	102
Ilustración 36. Nomograma para la predicción de la viscosidad en líquidos a 1 atm	103
Ilustración 37. Dimensiones de tubería de acero (ips)	104
Ilustración 38. Valores aproximados de los coeficientes totales para diseño	105
Ilustración 39. Plano en 2d planta	106
Ilustración 40. Plano en 3d planta	107
Ilustración 41. Cotización activos fijos homecenter	108
Ilustración 42. Cotización activos fijos y costos mensuales general supply	109
Ilustración 43. Cotización activos fijos electro agroindustria s.a.s.	110
Ilustración 44. Cotización activos fijos industrias beyfor	110
Ilustración 45. Cotización activos fijos quimibermul	111
Ilustración 46. Cotización activos fijos indemetal s.a.s.	112
Ilustración 47. Cotización de la pomada de caléndula en vitalya	113
Ilustración 48. Formato de encuesta	114

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Análisis organoléptico del aceite y las cuatro maceraciones.	39
Cuadro 2. Prueba de calidad #1: resistencia a cambios de temperatura ambiental.	42
Cuadro 3. Datos de las personas encuestadas	43
Cuadro 4. Parámetros de estudio de la materia prima.	47
Cuadro 5. Variables de control para el proceso de maceración	49
Cuadro 6. Variables del proceso de filtración	51
Cuadro 7. Variables proceso de mezclado	52
Cuadro 8. Características de la etapa de enfriamiento/solidificación	54
Cuadro 9. Dimensiones tanque cilíndrico vertical para macerado 1.	72
Cuadro 10. Dimensiones tanque cilíndrico vertical para mezclado 2	75
Cuadro 11. Resultados obtenidos en el dimensionamiento.	82
Cuadro 12. Costos de arriendo y servicios.	94
Cuadro 13. Total de costos variables.	94
Cuadro 14. Valores de los activos fijos por cotización.	95
Cuadro 15. Costo total inicio del proyecto.	95

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Compuestos identificados en plantas de caléndula porcentajes en base seca	28
Tabla 2. Cálculo de densidad para el aceite y las diferentes maceraciones	38
Tabla 3. Tiempo de solidificación de 7 muestras diferentes de cera de abejas	41
Tabla 4. Prueba de calidad #2: resistencia a la temperatura corporal.	43
Tabla 5. Resultados de la prueba de calidad #2: resistencia a la temperatura corporal	44
Tabla 6. Balance de materia global del proceso para la producción de 500 pomadas	63
Tabla 7. Tensión máxima admisible en función de la temperatura para el acero inoxidable (asme)	71
Tabla 8. Proporciones básicas del sistema de agitación	77
Tabla 9. Dimensiones para el diseño del sistema de calentamiento	83
Tabla 10. Dimensiones para el diseño del sistema de calentamiento	86
Tabla 11. Costos de materias primas e insumos	93
Tabla 12. Costos de mano de obra	93

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
GRAFICA 1. Tiempo de solidificación para diferentes cantidades de cera de abejas en relación a 50ml de extracto	41

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Calculo de masa del aceite	32
Ecuación 2. Calculo de la densidad	33
Ecuación 3. Balance de materia	57
Ecuación 4. Calculo del volumen de mezcla	66
Ecuación 5. Calculo de volumen de tanque mínimo	67
Ecuación 6. Calculo volumen del tanque real	68
Ecuación 7. Relación diámetro con altura	68
Ecuación 8. Calculo de diametro	68
Ecuación 9. Calculo del porcentaje de volumen ocupado	69
Ecuación 10. Calculo de temperatura de diseño	70
Ecuación 11. Calculo del espesor del cilindro	70
Ecuación 12. Calculo densidad de la mezcla	73
Ecuación 13. Calculo viscosidad de la mezcla	74
Ecuación 14. Calculo del número de reynolds	78
Ecuación 15. Calculo para la potencia del agitador	79
Ecuación 16. Ecuación diferencial, proceso por lotes y estado inestable	80
Ecuación 17. Calculo de temperatura de salida del fluido calefactor	80
Ecuación 18. Calculo de longitud del serpentín	81
Ecuación 19. Parámetros básicos del serpentín	81
Ecuación 20. Calculo del diámetro interno del serpentín	82
Ecuación 21. Calculo del diámetro interno y hélice del serpentín	83
Ecuación 22. Determinación de la velocidad de flujo con reynolds	84
Ecuación 23. Calculo del área total del cilindro	85
Ecuación 24. Calculo del número de vueltas real del serpentín	85
Ecuación 25. Calculo de la altura mínima del cilindro	86
Ecuación 26. Calculo de calor transferido	87

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Documentación fotográfica de los procesos de laboratorio	100
Anexo B. Tablas de apoyo para cálculo	103
Anexo C. Planos de planta	106
Anexo D. Cotizaciones	108
Anexo E. Encuesta	114

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

g: gramos
cm: centímetros
%: porcentaje
pH: potencial de hidrogeno
ml: mililitros
°C: grados Celsius
°K: grados Kelvin
°F: grados Fahrenheit
m: metro
atm: atmosfera
mm: milímetro
mol: molécula
mpa: mega pascales
s: segundo
rpm : revoluciones por minuto
rps: revoluciones por segundo
Kg: kilo gramo
W: watts
T: temperatura
MLDT: media térmica logarítmica
U: coeficiente global de diseño
L: longitud
N: número de vueltas teórico del serpentín
n: número de vueltas real del serpentín
plg: pulgada
cp: capacidad calorífica
J: julios
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
OMS: Organización Mundial de la Salud
CODEX: normas internacionales de los alimentos

GLOSARIO

ACEITE DE ALMENDRAS: se caracteriza por su alto contenido de ácidos grasos insaturados, tales como el aceite y el ácido linoleico, los cuales ofrecen alta tolerancia cutánea, Es utilizado como agente extractante de los principios activos de la planta de caléndula en el proceso de maceración.

CALÉNDULA: es una planta cultivada en cualquier época de año donde sus flores cumplen con los requisitos establecidos para su uso como planta medicinal debido a sus propiedades terapéuticas contenidas en sus componentes principales como lo son terpenos, flavonoides y saponoides los cuales presentan propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes y calmantes.

CERA DE ABEJAS: es utilizada ampliamente para fines terapéuticos para la elaboración de ungüentos, pomadas, cremas y jabones. Es un aceite base, el cual posee propiedades bacteriostáticas, emolientes, antiinflamatorias y cicatrizantes, se emplea con el fin de excipiente graso para mezclarse con el aceite de caléndula con el fin de ofrecer consistencia, forma, sabor o incorporar el principio activo.

EXTRACTO: es la sustancia que se extrae de la planta seca la cual de manera concentrada posee sus propiedades características, se obtienen mediante la separación de porciones biológicamente activas presente en los tejidos de las plantas.

FITOTERAPIA: es el tratamiento o prevención de enfermedades mediante el uso de plantas con propiedades medicinales o curativas

MACERACIÓN: es una extracción sólido-líquida en la que los compuestos solubles del sólido en el líquido pasan a hacer parte de este.

OLEATO: son aceites que han tomado las propiedades de una determinada planta mediante la maceración durante un tiempo determinado, se pueden utilizar como aceites de masajes, removedores de maquillaje, se puede añadir a cremas para el rostro y el cuerpo. Es el aceite que después de la maceración posee los principios activos de la caléndula por la transfusión de propiedades entre aceite y planta.

PLANTA FRESCA: es la flor cortada recientemente sin ningún proceso de secado y con una humedad relativamente alta.

PLANTA SECA: es la flor que después de ser cortada pasa por un proceso de secado ya sea al sol o en secadores.

POMADA O UNGÜENTO: es una sustancia destinada para ser aplicada en la piel compuesta principalmente por aceites lo que la diferencia de las cremas por no

contener agua, se utiliza en cosmética y en medicina según el fin deseado y el compuesto activo que le otorgue sus cualidades.

PRINCIPIOS ACTIVOS: es aquella sustancia con actividad farmacológica extraída de un organismo vivo y que es capaz de prevenir, tratar o curar una enfermedad u otro tipo de trastorno de salud.

PRODUCTO FITOTERAPEUTICO: es el producto con fines medicinales del cual su actividad terapéutica está dada solamente por los principios activos de una planta medicinal.

SOLVENTE: en los productos Fitoterapéuticos, se conoce como solvente a aquella sustancia en la cual se realiza la extracción del principio activo de la planta y la cual al final de la extracción cambia sus propiedades tomando así las medicinales.

TECNIFICACIÓN: es dotar de procedimientos técnicos modernos a las actividades o ramas de producción que no los empleaban. En busca de mejorar los procesos.

RESUMEN

CalenDae es un producto natural a base de extracto de caléndula el cual tiene propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes, calmantes y nutritivas. Se clasifica como un producto fitoterapéutico el cual presenta un auge actualmente en el mercado y por ende una demanda que se debe satisfacer. En la actualidad la producción de pomadas a base de extracto de caléndula ha sido de manera artesanal llevando al presente trabajo al estudio del desarrollo de la ingeniería conceptual el cual contempla la parte de experimentación y análisis en donde se estandarizó la formulación de la pomada por medio de análisis organoléptico y morfológico y se establecieron las especificaciones de las condiciones de proceso, Por otro lado, con lo obtenido experimentalmente se pudo establecer la selección y dimensiones de los equipos principales en el proceso en donde se llevó a cabo las consideraciones y cálculos requeridos con el fin de determinar el diseño de planta, Por último se hizo el análisis de costos para establecer la inversión requerida para la ejecución del proyecto.

El Desarrollo de la ingeniería conceptual para la producción de la pomada CalenDae permite identificar el potencial que ha venido tomando fuerza en los productos fitoterapéuticos, Por lo tanto, se establece en el presente trabajo de grado una propuesta para la ejecución de la ingeniera en un proceso ancestral el cual viene de tres generaciones atrás, la cual permite considerables oportunidades de utilización de los recursos naturales y de mercado.

Palabras claves: Caléndula, fitoterapeutico, pomada, extracto, maceración, tecnificación.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los productos fitoterapéuticos han tomado gran importancia en Colombia, debido a que, existe un interés particular por el campo científico de obtener pruebas sobre su utilidad y posibilidades comerciales. De igual manera ha llamado la atención por parte de los consumidores; ya que estos productos fitoterapéuticos han dejado a un lado el consumo excesivo de productos farmacéuticos. Esto gracias a sus propiedades medicinales a base de extractos de plantas naturales, porque se consideran productos menos tóxicos y sin efectos secundarios. Debido a que Colombia es uno de los países más ricos a nivel de biodiversidad y en cada una de sus regiones se fomenta el uso de estas plantas medicinales se puede determinar que estas condiciones permiten divisar el potencial para el desarrollo y aprovechamiento de estos recursos naturales, además tiene diversas aplicaciones y exitosa comercialización.¹

CalenDae es una micro empresa familiar creada hace más de tres años la cual se basa en una receta familiar para hacer una pomada natural que tiene propiedades como la cicatrización, antiinflamatorias, ayuda a disminuir la quemaduras y el ardor que estas causan, entre otros. Desde hace algunos años la elaboración de pomada de caléndula se ha realizado de manera artesanal, dando a entender la falta en el diseño técnico y equipos adecuados para su producción y por ende una desigualdad en las características por cada producto terminado.

Lo anterior da como evidencia un claro reto para el uso de los conocimientos y capacidades que tiene un ingeniero químico para afrontar la tecnificación del proceso de preparación de la pomada a base de caléndula, ya que se evidencian diferentes oportunidades para la implementación del diseño conceptual que abarque el aprovechamiento de los recursos naturales, su formulación, relación de materias primas, uniformidad del producto, caracterización química, estándares de calidad y estudio de análisis de costos.

¹ crece demanda de productos naturales en el mundo. (2006). *Dinero*.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la ingeniería conceptual para la producción de la pomada CalenDae a base de extracto natural de caléndula.

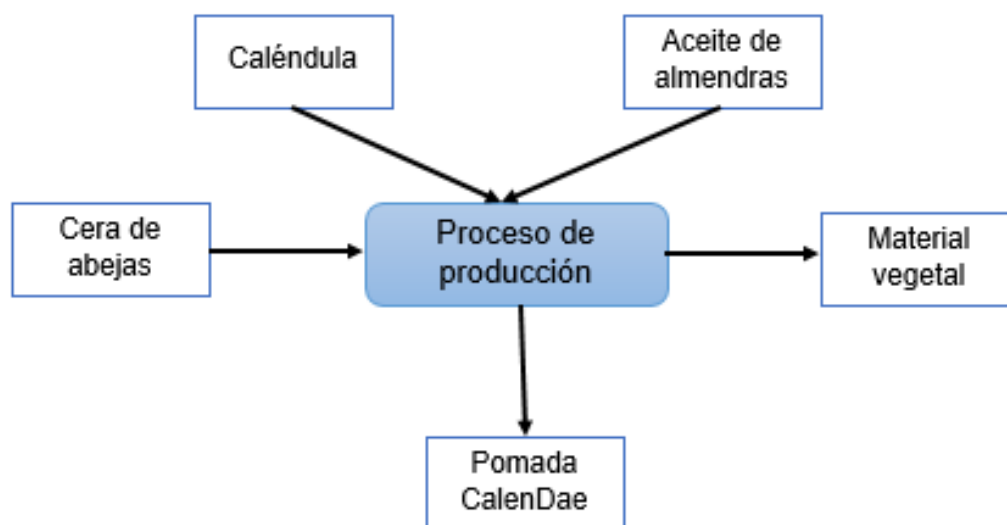
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estandarizar la formulación de la pomada que cumpla con las normas de calidad.
- Establecer las condiciones generales del proceso.
- Determinar las especificaciones técnicas del proceso y el diseño de planta.
- Realizar el análisis de costos del proyecto.

1. GENERALIDADES

Para poner en marcha un proyecto y crear un producto como lo es la pomada CalenDae es importante conocer cada una de las materias primas en especial la caléndula que le da los principios activos y consigo los beneficios a la pomada, además del aceite de almendras y la cera de abejas que aportan otras importantes cualidades al producto. Después de un grupo de operaciones unitarias para la transformación de estas tres materias primas en el producto deseado también se tiene un residuo vegetal como se puede apreciar en la ilustración 1. En este capítulo se encuentran las definiciones básicas para entender el producto y sus beneficios.

Ilustración 1. Diseño general del proceso de producción de CalenDae.



1.1 CALENDAE

CalenDae es una micro empresa creada hace tres años a partir de un saber ancestral, el cual fue pasado de Ana Rosa Rojas a su hija, quien a la vez se lo entregó a su nieta Diana Arévalo, quien vio en la pomada de Caléndula una oportunidad de negocio. Decidiendo así empezar a producirla y venderla.

Su producto principal es una pomada fitoterapéutica a base de extracto natural de caléndula, la cual se comercializa desde el año 2012 en algunos sectores de Bogotá, en las localidades de Suba y Barrios Unidos especialmente en unas escuelas de fútbol, este producto se encuentra en una presentación de 15g y cuenta con algunas características organolépticas que permiten la identificación del extracto.

Es un producto que se realiza de manera artesanal y su formulación está dada hace tres generaciones, dicha formulación no es concreta ya que la pomada no cuenta con cantidades exactas para sus ingredientes, solo cuenta con un saber ancestral que es aprendido de manera completamente empírica y no ha tenido hasta el momento algún tipo de estudio sobre su proceso, formulación y poder curativo. La producción actual es de 50 pomadas mensuales y no satisface la demanda, esto se debe a que la obtención del extracto toma 40 días al realizarse por solvente en frío.

1.2 LA CALÉNDULA

Las caléndulas o margaritas (*Caléndula*) son un género de un medio centenar de especies de hierbas anuales, nativas de la región mediterránea y el Asia Menor. Son hierbas de escasa altura de aproximadamente 30cm. de alto, con hojas espirales simples de entre 5 y 20cm. de largo. Las flores son discoidales, amarillas a naranja intenso, y muy vistosas. La *Caléndula* viene siendo utilizada como un remedio natural para tratar pequeñas dolencias y problemas epidérmicos como pueden ser las quemaduras de sol, golpes, magulladuras, y arañazos, por nombrar algunos. En el pasado esta planta herbácea fue utilizada incluso para sanar vastas dolencias, tales como fiebres, úlceras e infecciones de la piel. Las lociones y otras preparaciones tópicas de la *Caléndula* (tinturas, ungüentos, cremas, gargarismos) de elaboración artesanal, se siguen utilizando todavía extensamente en Europa, especialmente en tratamientos lento-curativos de la piel. Muchas de estas formulaciones tópicas se pueden encontrar hoy en farmacias, para-farmacias y herboristerías de los Estados Unidos.²

Actualmente los especialistas centran sus aplicaciones en su uso tópico, como puede ser eccemas, erupciones, úlceras, quemaduras, pieles agrietadas, picaduras de insectos, inflamaciones y otras lesiones cutáneas. Los compuestos activos primarios de la hierba incluyen triterpenos (antiinflamatorios) y flavonoides. Recientes estudios de investigación en laboratorio indican que los pétalos de la *Caléndula* tienen propiedades anti-bacterianas y antivirus, anti-inflamatorias, astringentes y antisépticas, y pueden incluso ofrecer acciones inmuno-estimulantes. También se han demostrado los beneficios de *caléndula* en la curación de heridas por quemaduras. No se conocen claramente los componentes responsables de estos efectos, aunque algunos estudios sugieren que los flavonoides de la planta podrían contribuir a sus propiedades cicatrizantes.

1.2.1 Descripción morfológica de la CALÉNDULA (*Calendula officinalis*) La *Caléndula*, también comúnmente llamada Maravilla, Botón de oro, entre otros, es una planta que crece espontáneamente en el campo y en diferentes lugares del planeta. Es herbácea, anual, con flores amarillas como se puede apreciar en la ilustración 2. Su floración dura casi todo el año, cerrándose de noche y abriéndose

² Valdés, L., & Piquet, R. (1999). *Calendula officinalis*. *Revista Cubana de farmacia*, 188-194.

al amanecer. Tiene una altura promedio que oscila entre los 30-50cm, su tallo es semi-erecto, angular y ramificado y sus hojas son alternas, lanceoladas y sésiles; sus capítulos o inflorescencias van desde los 3cm hasta los 5cm de ancho, amarillos o anaranjados, con una corona de 15-20 lígulas. Sus frutos son encorvados, provistos casi todos de alas membranosas o púas dorsales. Desprende un olor generalmente desagradable y tiene un gusto amargo.³

Ilustración 2. Morfología de la caléndula (*Caléndula officinalis*)



Fuente: Herbario de la universidad pública de navarra

1.2.2 Principales componentes químicos de la caléndula Las flores de caléndula presentan un amplio espectro de tipos de compuestos químicos, lo cual está en concordancia con la diversidad de acciones farmacológicas que presenta la planta. Según estudios químicos, la caléndula posee carotenoides, flavonoides, triterpenos, saponinas, ácidos fenólicos, taninos, coumarinas, polisacáridos, sustancias pectídicas, hemicelulosas, aceite esencial, etc.⁴

³ Cáceres, A.(1996). Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala. ed. Universitaria. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala. pp 5,66,61,108-111

⁴ Valdés, L., & Piquet, R. (1999). *Calendula officinalis*. *Revista Cuba*

Tabla 1. Compuestos identificados en plantas de caléndula porcentajes en base seca

COMPONENTE	NOMBRE DEL COMPONENTE	% DE COMPUESTO EN LAS PLANTAS DE CALÉNDULA
1	Saponicas triterpénicas	2
2	Terpenos	4.8
3	Flavonoides	0.3-0.8
4	Aceite esencial	0.2
5	Mucilagos	15
6	Carotenoides	0.017- 0.078
7	Taninos	10.4
8	Polisacáridos solubles en agua	14.75
9	Péptidos	9.6
10	Hemicelulosa	5.92

Fuente: Acosta de la Luz, L., Rodríguez Ferradá, C. (2001). Instructivo técnico de *Calendula officinalis*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*.

“Entre los compuestos más investigados dado su interés farmacológico están los carotenoides y los flavonoides. Se encuentran entonces contenidos de 0.017 y 0.078 % de carotenoides totales en las flores liguladas y en los receptáculos respectivamente, y de los compuestos específicamente identificados se encuentran a, b, y g -caroteno, violaxantina, rubixantina, citroxantina, flavocromo, flavoxantina, galenina, luteína, licopeno, valentioxantina, auroxantina, microxantina, 5.6 epoxicaroteno, b-zeacaroteno, mutatoxantina y lutein epóxido. En relación con los flavonoides se plantea generalmente un contenido de 0.33% y 0.8% de flavonoides totales en las flores liguladas y receptáculos respectivamente, y en los compuestos identificados se encuentran isorhamnetina 3-O glicósido, isorhamnetina, rutinósido, isorhamnetina neohesperidósido, quercetina glucósido, calendoflosido, calendoflavosido, calendoflavobiosido, narcisina, isoquercetina, quercetina, rutosido y kaemferol. 3 Otros compuestos de altísima importancia son los triterpenos, compuestos que han sido identificados por diversos investigadores. Dentro de estos se encuentra principalmente calendulosido. Otros como 3,16,21 trihidroxiursaeno, el ursadiol, los heliantriol A0 B1, B2 y C, el loliolido, el 3,16,28 trihidroxi olean- 12-eno, el 3,16,22 trihidroxi tarax-20-eno, el 3,16,30 trihidroxi tarax-20-eno, también participan en la composición”.⁵

⁵ Acosta de la Luz, L., Rodríguez Ferradá, C. and Sánchez Govín, E. (2001). Instructivo técnico de *Caléndula officinalis*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, [online] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962001000100006&lng=en&nrm=iso&ignore=.html

1.3 LA FITOTERAPIA

La fitoterapia viene del griego *fyton*, 'planta', 'vegetal' y *therapeia*, 'terapia'. Conocida también como herbolaria es la ciencia del uso extractivo de plantas medicinales o sus derivados con fines terapéuticos, para prevención o tratamiento de patologías.

El conocimiento de las propiedades terapéuticas de las plantas es un verdadero desafío para la ciencia moderna: día a día se suman importantes investigaciones clínicas y se descubren o confirman numerosos efectos benéficos, muchos de ellos ya conocidos por culturas milenarias. Las plantas, en todo el mundo, no sólo han sido nuestra principal fuente de alimentación y medicinas, sino la fuente de muchas oportunidades de negocio.⁶

La Fitoterapia moderna, se basa en el conocimiento de la Farmacología, y considera los aspectos farmacodinámicos de los medicamentos basados en plantas medicinales, aunque tiene su punto de origen en el conocimiento ancestral y la experiencia de prueba y error heredada de las pasadas generaciones.

El uso de plantas como recurso terapéutico natural se remonta a tiempos muy remotos. Hoy en día la ciencia confirma la presencia en ellas de compuestos químicos con acciones farmacológicas, denominados principios bioactivos, que constituyen muchas veces los ingredientes primarios utilizados por laboratorios farmacéuticos como punto de partida en el desarrollo de formas comerciales que serán patentadas para su uso terapéutico. Pero también se pueden usar los recursos vegetales con propiedades medicinales para la preparación de extractos estandarizados de plantas o de sus órganos o partes y son denominados fitofármacos.⁷

1.3.1 Extracto oleoso de caléndula. El Extracto Oleoso de Caléndula se obtiene por inmersión de las flores en medio oleoso, lo que permite la extracción de todos los principios activos liposolubles. En la composición de este extracto se destacan los pigmentos flavónicos, carotenos, alcoholes triterpénicos y aceites esenciales. Dentro de los flavonoides, se destacan los isorhamnetín-glucósidos y también se han hallado quercetín-3-O-glucósido y quercetín-3-O- 50 glucorhamnósido. El aceite esencial presente en el extracto está formado principalmente por mentona, isomentona, g-terpineno, cadineno, a y b-ionona y cariofileno. Los extractos de caléndula officinalis, y en particular los de sus flores, muestran un amplio espectro de acciones farmacológicas, entre las que sobresalen: antibacteriana, antiinflamatoria y cicatrizante, de ahí la gran importancia de estos extractos en la cosmetología moderna.

⁶ Castillo, E.; Martínez, I. 2007. Manual de fitoterapia. Elsevier Doyma

⁷ M.A. Morales S. et al., Clinical use of the Ginkgo biloba extract. Revista de Fitoterapia (España) 1(2): 95-105, 2000.

1.4 MACERACIÓN

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido, donde la materia prima posee una serie de compuestos solubles en el líquido de extracción que son los que se pretende extraer. El proceso de maceración genera dos productos que pueden ser empleados dependiendo las necesidades de uso, el sólido ausente de esencias o propio extracto. La naturaleza de los compuestos extraídos depende de la materia prima empleada, así como del líquido de extracción⁸

Existen dos métodos de maceración de acuerdo a la temperatura, en frío y caliente.

1.4.1 Maceración en frío Consiste en sumergir el producto a macerar en un recipiente con cantidad suficiente de solvente para cubrir totalmente lo que se desea macerar. Esto se lleva a cabo por un lapso prolongado de tiempo, dependiendo de la materia prima que se vaya a macerar. Las ventajas de la maceración en frío consisten en la utilización de equipos simples que requieren mínimas cantidades de energía y en la capacidad de extraer la mayoría de las propiedades de lo que se macera (dependiendo el solvente), prácticamente en su totalidad sin alterarla por efectos de temperatura. Sin embargo, se necesitan periodos de tiempo mucho más extensos para lograr una extracción adecuada.⁹

1.4.2 Maceración con calor El proceso consiste en el contacto entre las fases, el producto a macerar y el solvente; con la diferencia de la variación de la temperatura, en este caso pueden variar las condiciones de la maceración. El tiempo que se desea macerar varía mucho de la maceración en frío ya que al utilizar calor se acelera el proceso, La desventaja de la maceración en calor es que no logra extraer totalmente pura la esencia del producto, ya que regularmente destruyen algunas propiedades, es decir, muchas veces se trata de compuestos termolábiles que se ven afectados por la temperatura, además de que se requiere equipos más sofisticados que permitan el control de temperatura, sin mencionar el consumo energético que dicho proceso implica. No obstante, los periodos de tiempo se reducen favorablemente.¹⁰

1.5 POMADA

Las pomadas son forma de dosificación farmacéutica para uso externo, de consistencia blanda y aceitosa que se fija bien a la piel y mucosas. La pomada libera sus principios activos de forma transdérmica con el fin de curar diversas afecciones de la piel o de protegerla. Consta de los principios activos y de una base que puede ser de 4 tipos:

- Oleosa.

⁸ Fernaroli's, G.(1975)Handbook of flavor ingredients, Volumen 1.New York:CRC Press

⁹ Fernaroli's, G.(1975)Handbook of flavor ingredients, Volumen 1.New York:CRC Press

¹⁰ PRONALEN. 1995. EXTRACTOS VEGETALES DE GRAN PUREZA Y RIQUEZA.

- Absorbente.
- Hidrosoluble (gel)
- Emulsiva (leches y cremas).

1.5.1 Pomadas oleosas La base oleosa más empleada es la vaselina y con menor frecuencia el petrolato o vaselina amarilla, también se usan aceites vegetales o minerales. La consistencia de estos excipientes puede incrementarse, por ejemplo, en regiones con altas temperaturas, añadiendo cera blanca, cera amarilla, cera de abejas o esperma de ballena. Las pomadas, a pesar de su escaso o nulo contenido en agua, pueden actuar como refrescantes si contienen almidón.

Cuando se busca una base absorbente a la vaselina se le añade lanolina que es capaz de absorber hasta dos veces su peso en agua, permitiendo incorporar por tanto sustancias hidrosolubles a la pomada. Suelen añadirse agentes estabilizantes como aceite de ricino hidrogenado, sílice apirogénica y jabones de aluminio, zinc y magnesio. Con ello se mejoran considerablemente los caracteres organolépticos y la termoestabilidad.¹¹

¹¹ Revista natural alternative, cristian perez, 2016 citado en línea
“<http://www.hierbitas.com/preparacion/Pomadas.htm>”

2. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

En la actualidad el producto no cuenta con una formulación definida lo que hace que no mantenga un aspecto y calidad concretos, en este proyecto se busca dar una formulación que cumpla con estándares de calidad y que haga de CalenDae un producto definido. En este capítulo se presentan los estudios realizados desde la obtención del extracto hasta la definición de las cantidades de las materias primas necesarias para la pomada deseada.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Previo a la experimentación para la obtención de la pomada de caléndula, se debe tener en cuenta las condiciones actuales de las materias primas para un correcto uso y selectividad de material. Debido a que se debe llegar a establecer las características iniciales de la materia prima con el fin de constituir las condiciones uniformes para estandarizar su preparación, a continuación, se muestra el análisis macroscópico y organoléptico para las correspondientes materias primas:

2.1.1 Aceite de almendras El aceite de almendras se usa como solvente de extracción, este toma el principio activo de la planta, en este caso la caléndula y con él sus propiedades curativas. Es posible usar aceites como el de oliva virgen, ajonjolí entre otros pero se utiliza el de almendras, gracias a que posee un aroma dulce y fuerte a nuez que permite apreciar si la extracción si se realizó por que pierde esa propiedad y toma un aroma a caléndula.

2.1.1.1 Pruebas de pH La prueba de pH que se le realiza al aceite de almendras se hace para comparar los extractos y determinar si existe algún cambio en el potencial de hidrogeno. Debido a que al trabajar con el extracto de origen natural tiende a ser atacado por microorganismos. Esta prueba se realizó con cintas de pH marca universal y arrojo un resulta de aproximadamente 6.

2.1.1.2 Densidad Para el cálculo de la densidad se usó un picnómetro Brixco de 25ml y una balanza marca Digital Scale7 con una precisión de 0.01g y una capacidad máxima de 200g obteniendo los siguientes resultados

Volumen: 23.813ml

Peso picnómetro vacío: 17.15g

Peso de picnómetro con aceite: 38.56g

Ecuación 1. Calculo de masa del aceite

$$\text{Masa de Aceite} = \text{Picnómetro con aceite} - \text{picnómetro vacío}$$

$$38.82\text{g} - 17.15\text{g} = 21.67\text{gramos de aceite}$$

Ecuación 2. Calculo de la densidad

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

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

$$\text{Densidad} = 21.67\text{g} / 23.813\text{ml} = 0.91\text{g/ml}$$

Al comparar este resultado con los valores dados en la bibliografía donde aparece que la densidad del aceite de almendras varía entre 0.917 y 0.92 g/ml.¹² Se puede apreciar que en la experimentación el valor concuerda con lo esperado y que se encuentra en los rangos dados por importantes entidades como lo son la CODEX (0.9 a 0.96 g/ml a 20°C) o la FAO o OMS (0.910-0.916 g/ml)¹³. Lo cual asegura que los resultados en las densidades en los extractos no serán erróneos.

2.1.2 Caléndula Mediante un análisis macroscópico se pudo analizar la morfología de la planta de caléndula, la cual posee tallos erguidos de aproximadamente 15cm de altura, con hojas alternas y alargadas, sus flores son de color naranja con su respectivo capítulo o disco floral. Para el estudio de las flores frescas o húmedas de caléndula se utilizaron 3 flores elegidas de manera aleatoria a las cuales se cortó su tallo hasta llegar a 4cm como se puede apreciar en la ilustración 3. Se determinó que las 3 flores mantenían color naranja encendido y el aroma característico de la caléndula. Lo primordial de este análisis consiste en la selección de las flores en buen estado para separar de las flores dañadas por diferentes circunstancias que puedan alterar el proceso de extracción de los principios activos. Para la experimentación se utilizaron además de las flores frescas unas ya secas las cuales solo tuvieron el análisis de su color el cual fue anaranjado pálido con algunas hojas de color amarillo opaco y se determinó un olor desagradable, debido a que ya había tenido el proceso de secado el cual altera su morfología original.

¹² RONQUILLO, D. J. (1851). Diccionario de materia mercantil, industrial y agrícola. En D. J. RONQUILLO, *Diccionario de materia mercantil, industrial y agrícola* (pág. 33). Barcelona: Biblioteca de la Abadía de Montserrat.

¹³ Jennifer J. Lafont, M. S. (2011). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). *informacion tecnologica*, 51-58

Ilustración 3. Muestras de material vegetal seco y fresco para las pruebas organolépticas



Las pruebas macroscópicas se realizaron con ayuda de una lupa con un aumento angular de 2 como se puede apreciar en la ilustración 4.

Ilustración 4. Vista con la lupa de una de las muestras del análisis organoléptico.



2.1.3 Cera de abejas La cera de abejas es utilizada para dar consistencia a la hora de formar la pomada de caléndula, debido a que luego de fundirse se solidifica a temperatura ambiente. Para el experimento se utilizó la cera de abejas blanca o alba, la cual aporta propiedades hidratantes a la pomada. Al inicio se detalló su color blanquecino, sólida a temperatura ambiente, e inodoro como se ve en la ilustración 5. Esta cera no debe calentarse a fuego directo ni en exceso porque podría quemarse y perder su funcionalidad por lo cual es importante calentar hasta su punto de fusión que según Gustav Heess,¹⁴ se encuentra entre 61 y 65°C.

¹⁴Gustav Heess, S.L. (19 de julio de 2013). CERA DE ABEJAS BLANCA Ph. Eur. Santa Perpetua de Moguda, Barcelona, España.

Ilustración 5. Trozos de cera de abejas.



2.2 LAS MACERACIONES

La maceración es el paso más importante en la elaboración de CalenDae por que permite asegurar una pomada de calidad que contenga los principios activos y con ellos todas las propiedades curativas de la caléndula, CalenDae se realiza con extracto natural de caléndula el cual se obtiene en una extracción en frío la cual tiene una duración de 40 días, en presencia de la luz solar, dicha extracción se realiza en recipientes de vidrio de 350ml donde las flores frescas de caléndula son sumergidas en el aceite de almendras que realiza el trabajo de solvente de extracción. En este capítulo de formulación del proyecto se busca realizar una caracterización tanto de las materias primas como del extracto obtenido. Se emplearán tres maceraciones más, dos son en calor manejando una temperatura y tiempos determinados, usando flor fresca y seca. Y la otra se realizará con el método usado hasta ahora (maceración en frío) pero con el material vegetal seco.

2.2.1 Maceración a temperatura ambiente La maceración a temperatura ambiente o maceración en frío se realizó en frascos de vidrio de 350ml de la siguiente manera:

- Se selecciona el material vegetal para cada una de las maceraciones.
- Se introduce el material vegetal en los recipientes de vidrio.
- Se agregan 320ml del solvente de extracción en este caso aceite de almendras.
- Se tapa perfectamente cada recipiente.
- Estos frascos son colocados en un estante donde reciben el rayo de luz solar aproximadamente 6 horas diarias.
- Cada 10 días son agitados durante 3 minutos, pero no se deben destapar.
- Cuando cumplen 40 días de maceración se deben destapar y dejar reposar media hora antes de pasar a la filtración.

2.2.1.1 Maceración a temperatura ambiente con flor fresca Este es el método que se utiliza actualmente para la producción de CalenDae, para esta maceración se necesitan 24g de flor fresca la cual debe tener menos de tres días desde su cosecha, se utilizan únicamente los pétalos para evitar que en el momento posterior a la extracción donde es necesario filtrar la sustancia, tenga un color amarillo homogéneo y se ha comprobado con el tiempo en CalenDae que si se realiza la extracción con otras partes de la planta, en el momento de la filtración en el líquido que se obtiene se puede apreciar una pigmentación verde que no se homogeneiza .

2.2.1.2 Maceración a temperatura ambiente con flor seca Para esta maceración se utiliza una tercera parte de lo que se debe usar si fuera material vegetal fresco en este caso se usaron 8g de caléndula seca, en esta extracción también solo se usan los pétalos ya el secado solo favorece la concentración en esa parte de la planta y las demás partes como tallo y hojas se descomponen liberando un olor desagradable y un pigmento que alteraría la calidad del producto final.

2.2.2 Maceración en calor La maceración en calor se realiza en un beaker de vidrio de 600ml marca Brixco de la siguiente manera:

- Se selecciona el material vegetal para cada una de las maceraciones.
- Se introduce el material vegetal en los recipientes de vidrio.
- Se agregan 500ml del solvente de extracción en este caso aceite de almendras.
- Se ponen al baño maría durante una hora controlando una temperatura del aceite entre 60-80°C.
- Se deja reposar en el mismo recipiente media hora antes de pasar a la filtración.

2.2.2.1 Maceración en calor con flor fresca Para esta maceración se necesitan 30g de flor fresca la cual tiene las consideraciones dichas en el numeral 2.2.1.1.

2.2.2.2 Maceración en calor con flor seca Para esta maceración se utiliza una tercera parte de lo que se debe usar si fuera material vegetal fresco en este caso se usaron 10g de caléndula seca. Del mismo modo que en la maceración en frío con caléndula seca solo se utilizan los pétalos de la flor.

2.3 FILTRACIÓN

Se realizó una filtración mecánica por gravedad para obtener el extracto sin ninguna partícula sólida procedente de la maceración que pueda afectar tanto en las pruebas como en el producto final.

2.4 PRUEBAS

Para analizar las 4 extracciones descritas en la sección 2.2 es necesario la realización de algunas pruebas como lo son el pH, la densidad y organolépticas. Con el fin de asegurar la calidad de la pomada CalenDae, para realizar dichas pruebas es necesario que no se confunda producto fitoterapéutico tradicional (CalenDae se encuentra en esta clasificación) con las preparaciones farmacéuticas con base en plantas medicinales. Entre los aspectos tratados para este producto se encuentra que no hay necesidad de estudios clínicos previos, se deduce de la experiencia por su uso a lo largo del tiempo¹⁵. Con lo dicho por este decreto y sabiendo que al ser un producto fitoterapéutico que toma los principios activos directamente de la planta y no contiene principios activos aislados. Se puede considerar que todo el material de la planta medicinal o su preparación constituyen la sustancia activa. Y al ser un producto que no tiene igualdad de un lote al otro, aunque se mantenga una formulación exacta, se puede establecer que no es determinante el uso de pruebas como la espectrofotometría, pues esta prueba daría resultados sobre un lote, pero no asegura que todas las pomadas mantengan los mismos porcentajes de los componentes extraídos de la caléndula. Con el fin de simplificar la explicación y hacerla más clara, Se usarán las siguientes convenciones:

- Maceración 1: maceración a temperatura ambiente con flor fresca
- Maceración 2: maceración a temperatura ambiente con material vegetal seco
- Maceración 3: maceración en calor con flor fresca
- Maceración 4: maceración en calor con material vegetal seco

2.4.1 Análisis por pH se realizó una prueba de pH a cada una de las maceraciones del mismo modo que se hizo en el numeral 2.1.1.1, y se llegó a la conclusión que tanto el aceite de almendras como las diferentes maceraciones mantienen un pH aproximado de 6. Quien tiende hacia la acidez lo cual favorece la elaboración de un producto de uso tópico al estar en un pH similar a las secreciones cutáneas¹⁶.

2.4.2 Análisis por densidad Los resultados de las densidades de las diferentes maceraciones se compararán con el aceite de almendras puro como se puede apreciar en la tabla 2. En busca de una demostración de los cambios físicos que realiza la extracción en el solvente puro. Para este análisis se utilizó un picnómetro Brixco con un volumen de 23.813 ml y un peso de 17.15g y se realizó el cálculo para las cuatro maceraciones del mismo modo que se efectuó anteriormente para el aceite de almendras.

¹⁵ decreto 2266. (15 de Julio de 2004). Colombia

¹⁶ *Facultad de ciencias naturales y ciencias de la salud*. (Agosto de 2010). Obtenido de universidad nacional : <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tecnofarma/wp-content/uploads/2010/08/Pomadas.pdf>

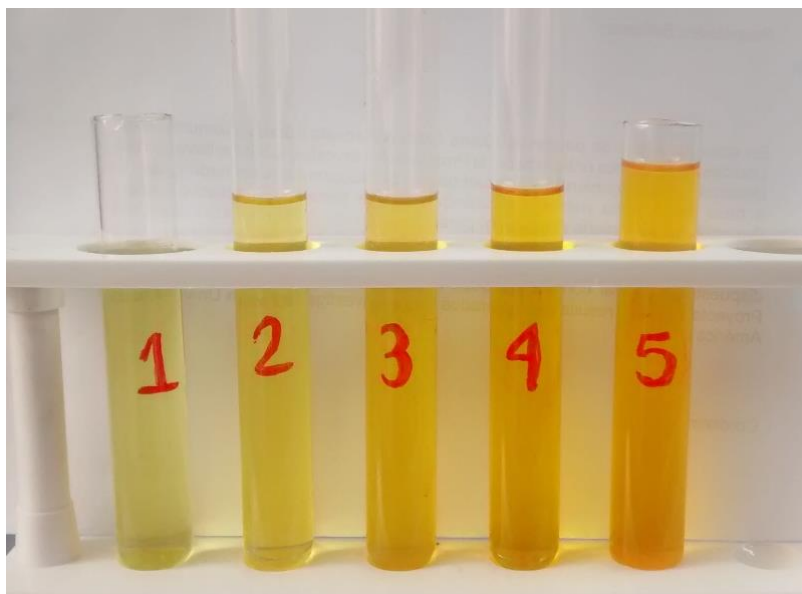
Tabla 2. Cálculo de densidad para el aceite y las diferentes maceraciones.

Sustancia	Picnómetro lleno	Masa	Densidad
aceite de almendras	38.82	21.67	0.910
maceración 1	38.8	21.65	0.909
maceración 2	38.9	21.75	0.913
maceración 3	38.79	21.64	0.908
maceración 4	38.82	21.67	0.910

Los datos que se dan en esta tabla se utilizan más adelante en el análisis de resultados

2.4.3 Análisis organoléptico Para realizar este análisis se utilizarán tres de los cinco sentidos los cuales serán el tacto, el olfato y la vista. El oído y el gusto aunque estaban haciendo parte de la experimentación al no estar tapados no son tomados en cuenta por que no dan un apoyo al análisis ya que ni es un producto consumible ni emite un sonido apreciable. Este análisis igual que los dos anteriores se realizarán tomando como sustancia de referencia el aceite de almendras puro. En la ilustración 6. Se pueden observar las 5 sustancias (aceite de almendras puro y las maceraciones 1, 2, 3 y 4 de izquierda a derecha). Y en el cuadro 1. Los resultados obtenidos.

Ilustración 6. Tubos de ensayo con el aceite de almendras (1), Mac. 1 (2), Mac. 2 (3), Mac. 4 (4) y Mac. 3 (5).



Cuadro 1. Análisis organoléptico del aceite y las cuatro maceraciones.

Tubo	Sustancia	Color	Aroma
1	aceite de almendras	amarillo claro traslucido	dulce a nuez
2	maceración 1	amarillo claro o cobalto	dulce con un leve olor a caléndula
3	maceración 2	amarillo estándar	dulce con un leve olor a caléndula
4	maceración 4	amarillo cromo	dulce con un leve olor a caléndula
5	maceración 3	amarillo oscuro u ocre	dulce con un leve olor a caléndula

Como se puede apreciar en la tabla anterior la organización no está dada por las maceraciones si no por el número del tubo de ensayo, buscando así una mayor claridad en un análisis complejo como es el organoléptico en el caso del cambio de tonalidad.

2.4.4 Análisis de resultados En los dos primeros análisis (pH y densidad) no se aprecia ningún cambio significativo entre el aceite puro y las maceraciones lo cual nos indica que la extracción además de tomar los principios activos de la planta no altera las propiedades fisicoquímicas del aceite permitiendo así que este siga siendo una buena sustancia para uso tópico; porque tiende a ser ácido, es de consistencia líquida y menos denso que el agua.

En realidad, el análisis más importante para decir si una maceración se realizó o no, es el análisis organoléptico ya que este nos permite percibir la transformación tanto en olor como en color del aceite. En dicho análisis se pudo apreciar que el mayor cambio en las dos cualidades lo tiene la muestra 5, esta maceración toma un color café oscuro y un olor que se torna un poco amargo a caléndula, mostrando así que el solvente ahora contiene los principios activos y consigo algunas características de la caléndula. Para una mejor apreciación de dicho cambio se organizaron y se marcaron los tubos desde el aceite puro hasta el de mayor cambio organoléptico.

Para CalenDae es más importante un producto con calidad que un producto económico por lo cual para este análisis no se tuvo en cuenta que la relación flor fresca flor seca es de 3 a 1.

La extracción seleccionada como la mejor fue la maceración 3 (maceración en calor con flor fresca) con esta se trabajará de aquí en adelante.

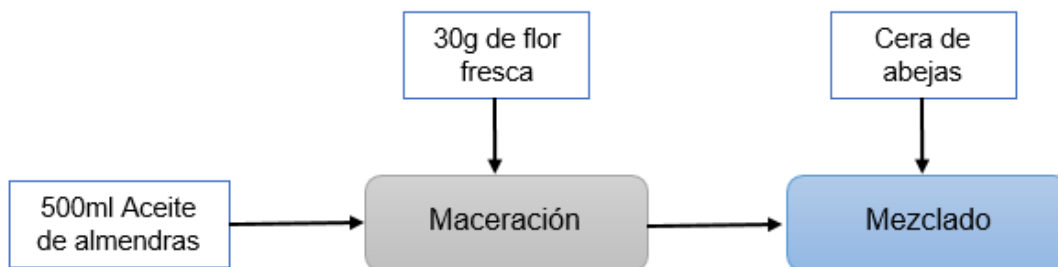
2.5 ESTANDARIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN

Para establecer un proceso constante y uniforme a la hora de la elaboración de la pomada de caléndula, se tiene como primer criterio el determinar la relación que deben tener las materias primas con respecto a la cantidad y calidad del producto deseado, con el fin de fabricar una pomada con un patrón determinado.

Se pudo establecer que las relaciones a estandarizar son las de caléndula/aceite de almendras del proceso de maceración y extracto/cera de abejas del proceso de mezclado.

Una vez definido que el extracto con las mejores características el cual fue el obtenido en la maceración 3 y relación de materia (30g de flor de caléndula fresca por cada 500ml de aceite de almendras), la única relación de materia prima por definir es la de la cera de abejas con respecto al extracto como se ve en la ilustración 7. Para esta formulación con respecto al mezclado, se tuvo como referencia la relación ya establecida entre extracto/cera de abejas el cual es 100 a 150gr de cera de abeja por 500ml de extracto para la obtención de la pomada CalenDae, seguido a esto se trabajó con diferentes relaciones para comparar y escoger la mejor teniendo en cuenta parámetros como la textura de la pomada y el tiempo de solidificación después del mezclado gracias a la función de la cera de abejas.

Ilustración 7. Proceso de formulación de la pomada



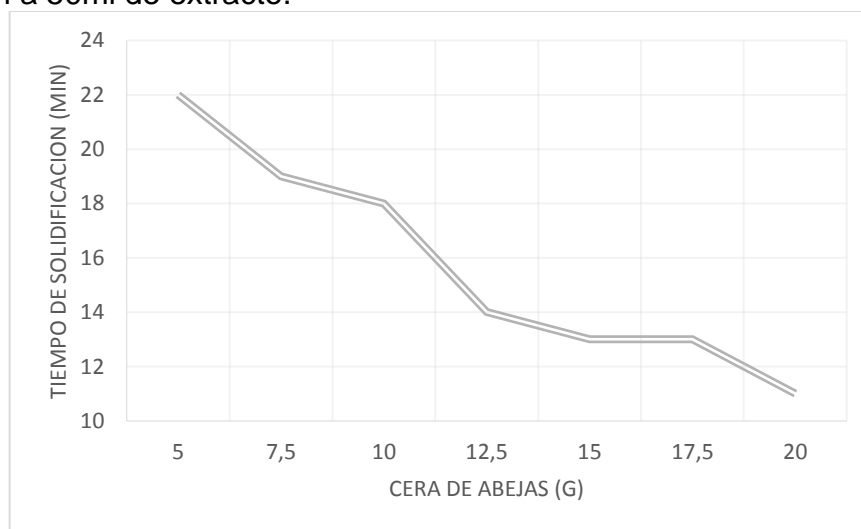
Con la selección del extracto que tenía las mejores condiciones se pudo establecer diferentes relaciones extracto/cera de abejas manteniendo constante la cantidad de extracto la cual fue de 50ml y variando la cantidad de cera de abejas desde 5g a 20g, las relaciones que se tomaron para la experimentación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Tiempo de solidificación de 7 muestras diferentes de cera de abejas.

Cera de abejas (gr)	Extracto (ml)	Tiempo solidificación(minutos)
5	50	22
7.5	50	19
10	50	18
12.5	50	14
15	50	13
17.5	50	13
20	50	11

Las anteriores relaciones de cera de abejas/extracto se utilizaron para el proceso de mezclado, concluyendo el tiempo y teniendo una homogeneización uniforme en la mezcla, se determinaron los parámetros para la selección de la mejor relación los cuales son el tiempo de solidificación y resistencia a la temperatura corporal siendo el segundo el de mayor importancia. En la gráfica 1. Se puede apreciar que a partir de 12.5g el tiempo de solidificación es 4 minutos menor, lo cual es importante para que el tiempo de producción de CalenDae sea el estrictamente necesario.

Grafica 1. Tiempo de solidificación para diferentes cantidades de cera de abejas en relación a 50ml de extracto.



Como se dijo anteriormente el parámetro más relevante será la calidad, consistencia y resistencia de la pomada a cambios en la temperatura ambiente ya sea por cambio

climático, por llevar la pomada a otro piso térmico, o por cargarla en un bolso lo cual no le permite un ambiente controlado, así como al contacto corporal ya que es una sustancia que se comercializa en estado sólido pero que es de uso tópico lo que hace necesario que al contacto con la temperatura del cuerpo se funda y sea de fácil aplicación. Para analizar este parámetro se realizaron 2 pruebas propuestas por CalenDae, la primera en el laboratorio la cual es el cambio de temperatura ambiental de 17 a 35°C y una prueba de calidad realizada tomando las opiniones de 5 personas de sexo, edades y contextura diferente como se explicará más adelante, y se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 4 y 5.

La primera prueba de calidad propuesta por CalenDae, se realiza para probar la resistencia del producto a cambios de temperatura ambiente, tomando en cuenta que en cualquier momento puede estar expuesto a este fenómeno, esta prueba se realizó en una caja rectangular de volumen 0.045m³ de cartón a la cual se le hizo un agujero de 7cm de diámetro por el costado derecho de la caja en el cual se introdujo aire caliente para realizar un ambiente controlado a mayor temperatura, en el lado contrario de la caja se realizó un agujero para introducir una parte del termómetro en el cual se lograra medir la temperatura. En el costado donde se introdujo el termómetro y dentro de la caja completamente cerrada se situaron las 7 muestras anteriores. Se llevó hasta 35°C la temperatura y se inspeccionaron las muestras obteniendo el resultado del cuadro 2.

Cuadro 2. Prueba de calidad #1: resistencia a cambios de temperatura ambiental.

Muestra	Cant. Cera (g)	Resultado	Consideraciones
1	5	NA	su consistencia se ve alterada con pequeños cambios de temperatura
2	7.5	NA	su consistencia se ve alterada con pequeños cambios de temperatura
3	10	A	resistente a cambios de temperatura ambiente
4	12.5	A	resistente a cambios de temperatura ambiente
5	15	A	resistente a cambios de temperatura ambiente
6	17.5	A	resistente a cambios de temperatura ambiente
7	20	A	resistente a cambios de temperatura ambiente

Existen dos resultados NA (no aprueba) y A (aprueba) los cuales se presentan en la columna 3. Estos resultados se dan según el estado de las muestras al pasar por esta prueba, si la muestra sigue manteniendo una apariencia sólida a la vista y al

ser sometida a una inclinación de 90° no se presenta vertimiento de esta, se le da un resultado de aprobación de lo contrario esta muestra no aprueba los parámetros de calidad.

La segunda prueba de calidad se realizó con el fin de conocer la opinión de los clientes acerca de la consistencia deseada de la pomada. Para esta se tomó la opinión de 5 personas de sexo y edades diferentes como se muestra en el cuadro 3. Los nombres de las personas encuestadas no son relevantes en este trabajo.

Cuadro 3. Datos de las personas encuestadas

Persona	Sexo	Edad
1	masculino	18
2	femenino	23
3	masculino	45
4	femenino	50
5	femenino	37

A estas cinco personas se les pidió que se probaran la consistencia de las 7 muestras y la calificaran de la siguiente manera:

NA: la muestra no es de su agrado ya sea porque su consistencia es demasiado blanda lo que causa que se unte más de lo necesario, o que sea demasiado dura y no sea fácil tomar una cantidad de la pomada para aplicársela.

A: la muestra es de su agrado ya que toma la cantidad necesaria para aplicarse.

Tabla 4. Prueba de calidad #2: resistencia a la temperatura corporal.

Muestra	Cant. cera (g)	P1	P 2	P 3	P 4	P 5	Total A
1	5	NA	NA	NA	NA	NA	0
2	7.5	NA	NA	NA	NA	A	1
3	10	A	NA	A	NA	A	3
4	12.5	A	A	A	A	A	5
5	15	NA	A	A	A	A	4
6	17.5	NA	NA	NA	NA	NA	0
7	20	NA	NA	NA	NA	NA	0

Tabla 5. Resultados de la prueba de calidad #2: resistencia a la temperatura corporal.

Muestra	Cant. Cera (g)	Resultado	Consideraciones
1	5	NA	no resiste la temperatura corporal y se funde completamente
2	7.5	NA	no resiste la temperatura corporal y se funde completamente
3	10	NA	no resiste la temperatura corporal y se funde completamente
4	12.5	A	se funde con la temperatura corporal sin perder consistencia
5	15	A	se funde con la temperatura corporal sin perder consistencia
6	17.5	NA	no se funde con la temperatura corporal
7	20	NA	no se funde con la temperatura corporal

El formato de encuesta se encuentra en el anexo E, se recomienda para estudios próximos realizar una encuesta a una cantidad mayor de personas para asegurar mayor claridad y satisfacción de los resultados.

Como resultado de la aplicación de las diferentes pruebas se puede apreciar que las muestras 4 y 5 aprobaron los dos parámetros de calidad por lo cual la formulación se encuentra entre estas cantidades de cera de abejas. Se seleccionó la relación de 12.5gr de cera de abejas por 50ml de extracto oleoso con un tiempo de solidificación de 14 minutos gracias a que con menor cantidad de cera de abejas cumple con los requisitos de calidad de CalenDae.

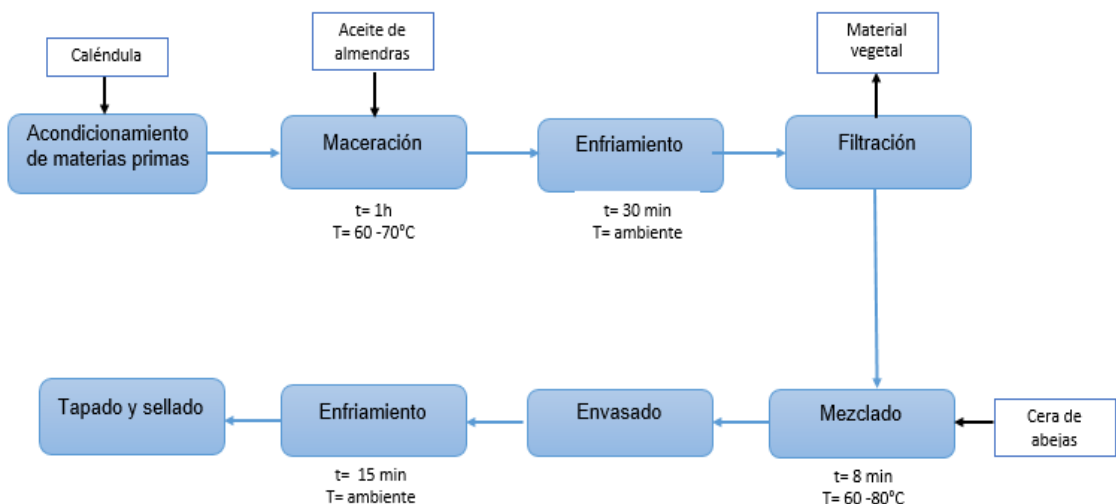
3. CONDICIONES DE PROCESO

Según los requerimientos para la elaboración de la pomada a base de extracto de caléndula, se determina la influencia de las variables que puedan alterar el proceso con el fin de establecer las mejores condiciones para la obtención de un producto uniforme y de calidad. Para tecnificar el proceso es conveniente determinar los diferentes parámetros que determinan el funcionamiento del proceso, los datos obtenidos a nivel laboratorio corresponde a las medidas de las variables en un proceso ya establecido como lo es el proceso para la producción de CalenDae, Esto, Con el fin de poder establecer un proceso con un control de dichas variables para dejar a un lado el procedimiento artesanal y empírico con el que se venía ejecutando.

Mediante la elaboración de la pomada se identificaron ciertas variables denominadas críticas para el proceso, ya que al no tener un control sobre ellas alteran significativamente el proceso, Dentro de las variables críticas se encuentra la temperatura, el tiempo (agitación, enfriamiento y solidificación), pH y relación con respecto a la cantidad de materia a trabajar, esta última se determinó en el capítulo 2 donde se estandarizo la formulación de la pomada.

Por otro lado, se determinó las operaciones unitarias que incluye el proceso, las cuales están relacionadas con el control de las variables, Estas operaciones unitarias tienen como objetivo modificar las condiciones de la materia prima para los requerimientos del proceso. En la ilustración 8. Se muestra el diagrama de flujo en bloques para la elaboración de la pomada, con las operaciones unitarias necesarias para la transformación de las materias en un producto terminado.

Ilustración 8. Diagrama de flujo en bloques para la elaboración de la pomada

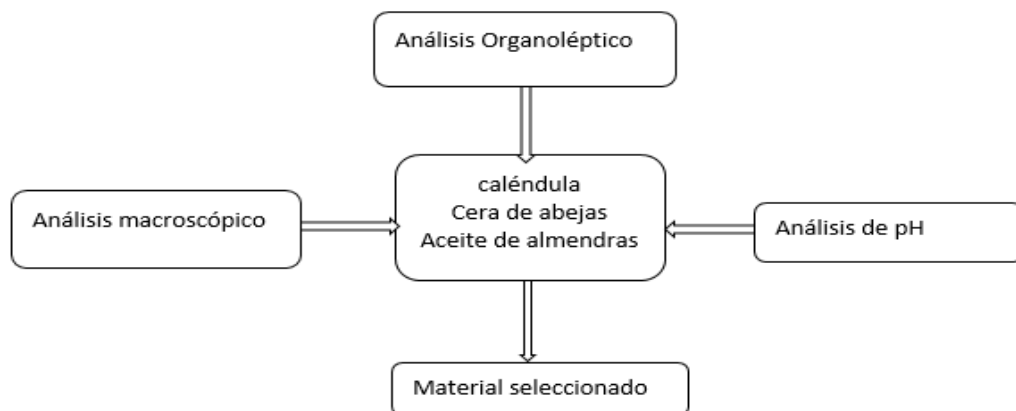


Mediante la elaboración de la pomada se pudo establecer las etapas principales del proceso: acondicionamiento de las materias primas, la maceración, la filtración, el mezclado y el enfriamiento/solidificación. Para cada una de las operaciones unitarias se establecieron las condiciones del proceso.

3.1 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En esta etapa inicial del proceso se determinó los parámetros de calidad que debe presentar la materia prima como lo son las flores de caléndula, aceite de almendras y cera de abejas, como se vio en el capítulo anterior se realizó el estudio macroscópico y organoléptico de estas.

Ilustración 9. Análisis para acondicionamiento de materias primas



Mediante la ilustración 9. Se pueden observar los análisis previos que se estudiaron para las materias primas, con el fin de tener un material seleccionado con las características uniformes para cada elaboración de la pomada. En esta etapa de acondicionamiento de materias primas la variable significativa fue el pH, el cual debe presentarse entre un valor de 5 a 6 debido ya que será un producto con fines para la piel y por lo tanto un valor de pH alto puede producir resequedad en contacto con la piel; Como se indicó en el numeral 2.4.1. Este acondicionamiento se hizo a temperatura ambiente, y se pudo establecer las cantidades iniciales para la relación caléndula-aceite de almendras.

El cuadro 4, contiene los parámetros a estudiar que deben tener las materias primas para la elaboración de la pomada, dichos parámetros se obtuvieron de un documento sobre el estudio de la calidad de las pomadas¹⁷

¹⁷ AULTON. (s.f.). *administracion de farmacos por via trasdermica*.

Cuadro 4. Parámetros de estudio de la materia prima.

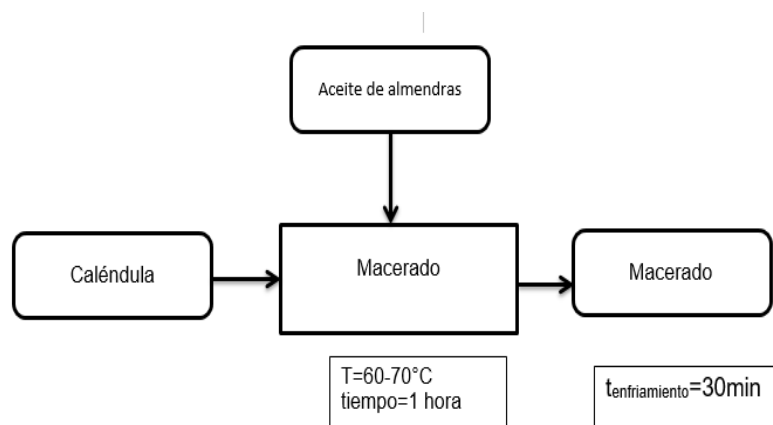
Parámetro	Valor
pH	pH neutro o ligeramente ácido entre 5 a 6
Análisis macroscópico	En buen estado sin alteraciones por degradación del material con el fin de tener una estabilidad química y microbiológica para asegurar una buena conservación
Análisis organoléptico	Poseer características organolépticas agradables (color, olor)
Tolerancia	No presentar alergia o irritación

3.2 MACERACIÓN

Es la operación unitaria fundamental del proceso en la cual se extrae los principios activos de la planta mediante el aceite de almendras con el fin de tener un macerado. Las condiciones de operación en esta etapa se ven fundamentadas por la influencia de variables como lo son la temperatura, el tiempo de maceración y de enfriamiento, y la relación entre caléndula-aceite de almendras. En el anexo A1 se contempla el control de temperatura en la experimentación hecha en el laboratorio

En la ilustración 10. Se especifica el diagrama de flujo del proceso de macerado, se muestra las variables que se midieron y controlaron, las entradas de las materias primas y por ende la salida del macerado después del proceso.

Ilustración 10. Proceso de maceración



3.2.1 Temperatura de maceración La temperatura constituye una variable de control en la maceración en calor; Debido a que si no es controlada puede causar daños irreversibles en la materia prima y por consiguiente al producto terminado. Con referencia al aceite de almendras esta temperatura de macerado no puede sobrepasar temperaturas mayores de 100°C; Ya que reduce la cantidad de los principios activos eliminando las propiedades características de la planta medicinal. Teniendo en cuenta los factores anteriores se determinó que la temperatura a la hora de la maceración en calor debe controlarse dentro de un rango de 60-70°C¹⁸. Este rango constituye un manejo adecuado de la temperatura pues el proceso por debajo de este se torna lento a la hora de que el aceite extraiga los principios activos de la planta y por encima de 70°C puede afectar el contenido de principios activos por degradación del material vegetal.

3.2.2 Tiempo de maceración Para un proceso de maceración se tiene en cuenta el tiempo; En donde la planta medicinal, En este caso la caléndula, Está en contacto con el aceite de almendras, Donde el aceite de almendras toma el papel de agente extractante para que retenga la mayor cantidad de principios activos.

Por medio de la maceración en calor se pudo determinar el tiempo necesario en donde el aceite de almendras extrae las propiedades de la caléndula. Se estipuló que el tiempo adecuado es de una hora; Debido a que al entrar en presencia de temperaturas mayores a la ambiental acelera el proceso de extracción de los principios activos hacia el aceite de almendras, en comparación al método en frío el

¹⁸ LONDOÑO, C. Y. (2011). APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA CALENDULA (Calendula officinalis) MEDIANTE LA PRODUCCION DE UN GEL DESINFLAMATORIO A PARTIR DE CELULOSA. santiago de cali, colombia.

proceso presenta un tiempo menor, pero es conveniente pues si se deja por mucho más tiempo en contacto con el calor se puede degradar la planta y por ende perder los principios activos.¹⁹

3.2.3 Tiempo de enfriamiento del macerado Después de obtener el macerado por el método en calor, se debe estipular un tiempo de enfriamiento del macerado con el fin de que se retengan la mayor cantidad de propiedades fitoterapéuticas en el aceite, Se dio un tiempo de 30 minutos de enfriamiento a temperatura ambiente para proseguir con el proceso de filtración permitiendo así que durante el enfriamiento el solvente siguiera extrayendo algunos principios activos de la planta.

Para esta etapa del proceso de la maceración, mediante el proceso de elaboración de la pomada ejecutado, se determinaron las variables que se deben controlar y que proporcionan una calidad al producto terminado.

En el cuadro 5. Se muestran los parámetros que se determinaron durante la elaboración de la pomada en el laboratorio para el macerado:

Cuadro 5. Variables de control para el proceso de maceración

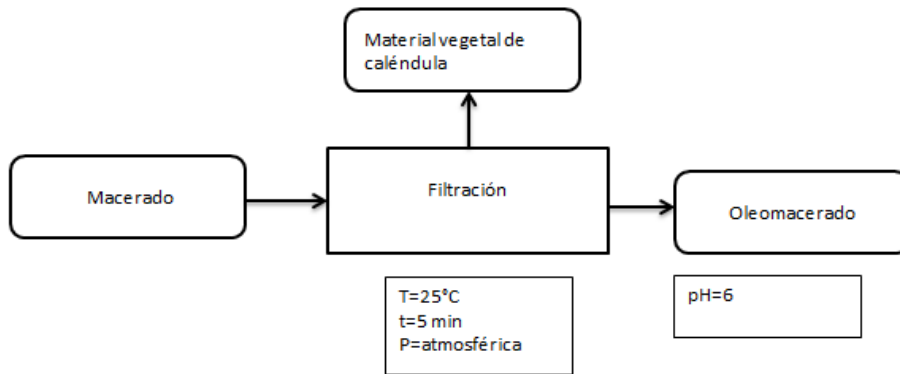
Variable	Macerado seleccionado
Relación Caléndula/aceite	30g / 500ml
Temperatura de maceración	60 – 70 °C
Tiempo de macerado	1 h
Tiempo de enfriamiento	30 min

3.3 FILTRACIÓN

El proceso de filtración consiste en separar las plantas de caléndula del macerado con el aceite de almendras el cual ha tomado las propiedades fitoterapéuticas. Este aceite después de la filtración se le denomina oleomacerado u oleato. En esta etapa de la filtración se pudo establecer que la variable de control es el tiempo que demora la separación del material vegetal con el aceite. En el anexo A2 se puede observar la etapa de filtración hecha en el laboratorio.

¹⁹ SENA, S. d.. *INTRODUCCION A LA INDUSTRIA DE LOS ACITES ESENCIALES DE PLANTAS MEDICINALES Y AROMATICAS.*

Ilustración 11. Proceso de filtración



El proceso de filtración comprende la separación del aceite oleoso con el material vegetal con el fin de obtener un bagazo fino de oleomacerado u oleato como se muestra en la ilustración 11. Especificando las variables a controlar para la etapa de filtración, Se determinó una temperatura ambiente que corresponde a 25°C, Se evaluó un tiempo de filtración de 5 minutos, El cual puede variar conforme a la morfología y posición del material vegetal, Por otro lado se tuvo en cuenta la presión atmosférica y la gravedad debido a que es la fuerza impulsora para el paso del aceite por el material vegetal y el filtro, Por último se estableció el pH del oleomacerado que se presentó en un rango de 5 a 6.

3.3.1 Tiempo de filtración El tiempo de filtración hace referencia al tiempo en el que se demora separar los elementos sólidos del líquido. Esta variable fue estudiada para determinar los tiempos de operación del proceso, Con el fin de garantizar una producción uniforme, Pues el proceso es discontinuo debido a que no presenta entradas ni salidas continuas de materia.

Se determinó un tiempo filtración teniendo en cuenta que puede haber irregularidades por el hecho de manejar material vegetal no uniforme en su morfología impidiendo el paso del aceite, Este tiempo de filtración mediante la elaboración de la pomada se estableció de 5 minutos, El cual fue el tiempo en que se demoró la separación de la fase sólida con la líquida.

Las variables que fueron medidas y controladas para el desarrollo adecuado del proceso se puede observar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Variables del proceso de filtración

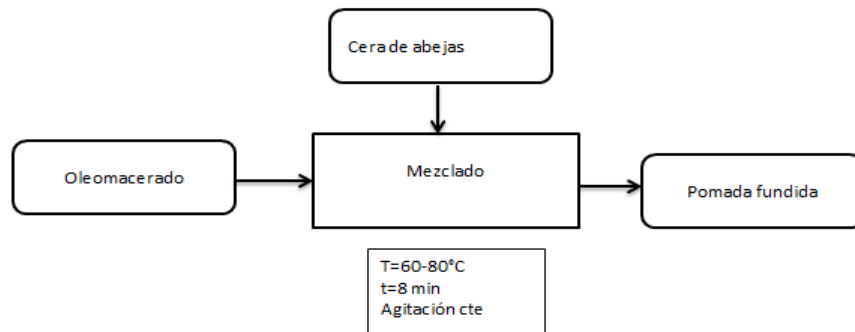
Variable	Oleomacerado
Temperatura	25 °C
Presión	presión atmosférica
Tiempo de filtración	5 minutos
pH	6

3.4 MEZCLADO

Esta etapa del proceso inicia con la obtención de las materias primas esenciales para su correcto desarrollo, por una parte del bagazo fino del oleomacerado obtenido de la filtración y por otro lado la cera de abejas previamente estudiada y seleccionada. En el anexo A3 se evidencia el proceso de mezclado en el laboratorio efectuado.

En este proceso el objetivo fundamental es la mezcla del oleomacerado con la cera de abejas para obtener una mezcla uniforme, las variables que se especificaron en esta operación unitaria fueron la relación de materia prima de oleomacerado/cera de abejas (determinado en capítulo 2), temperatura de mezclado y el tiempo de mezclado, Cabe aclarar que en el proceso se trabajó con agitación con el fin de acelerar el proceso de fundición de la cera y por lo tanto su mezclado con el oleato, en la ilustración 12 se muestra el diagrama de proceso de la etapa del mezclado.

Ilustración 12. Proceso de mezclado



3.4.1 Temperatura de mezclado La temperatura del mezclado integra una variable a controlar en el proceso y va influenciada por dos factores.

El primero por el riesgo que existe de trabajar con temperaturas cercanas a 100°C que puede provocar la degradación de los principios activos del oleato, el segundo factor corresponde a la temperatura de fundición de la cera de abejas la cual no es constante debido a que su composición varía levemente según su origen. Mediante la experimentación y por referencias bibliográficas este punto de fusión esta entre 62 a 65°C.²⁰

Por lo tanto, se mantuvo una temperatura en un rango de 60-80°C con el fin de garantizar una perfecta homogenización, mejorar los tiempos de operación y evitar los efectos secundarios de la pérdida de propiedades por las altas temperaturas.

3.4.2 Tiempo de mezclado Hace referencia al tiempo que se demora la mezcla para lograr la homogenización, en donde no se puede evidenciar la presencia de dos sustancias.

Esta medida se realizó con el fin de establecer los tiempos de operación de todo el proceso para estimar una producción, el tiempo que se demoró la mezcla en presentar una sola fase fue de 8 minutos, esta medida es corta debido a la función que tiene la presencia de calor, acelerando así la homogenización.

Para una mejor comprensión de las variables que se determinaron como fundamentales de control y medida para el proceso de mezclado se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Variables proceso de mezclado

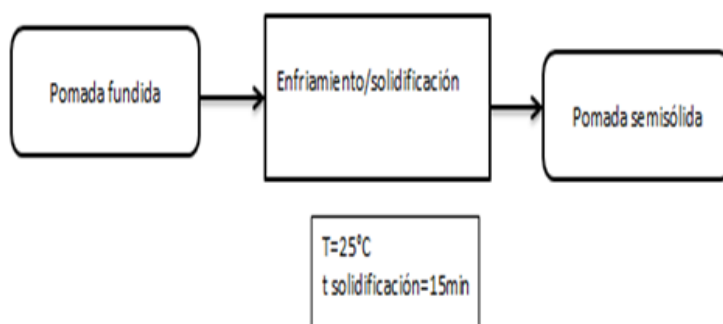
Variable	Valor
Relación oleomacerado/cera de abejas	500ml/125g
Temperatura	60-70°C
Tiempo	8 minutos
Agitación	60 rpm

²⁰ Medici, S. (s.f.). *Cera de Abeja: Composición, Características físico-químicas, Control de calidad y exigencias del mercado externo*. Obtenido de <http://www.noticiasapicolas.com.ar/cera.htm>

3.5 ENFRIAMIENTO Y SOLIDIFICACIÓN

En esta etapa final del proceso el objetivo principal es obtener una pomada con las características de consistencia deseadas, después de que terminó el proceso de mezclado se debe adicionar inmediatamente la mezcla en los contenedores de 25 gr para su enfriamiento y posterior solidificación. En la ilustración 13 se muestra el diagrama de proceso con las variables que se midieron para obtener el producto terminado.

Ilustración 13. Proceso de enfriamiento y solidificación



El enfriamiento consiste en el proceso de disminución de la temperatura del mezclado que esta entre 60-80°C a la temperatura ambiente con el fin de que la cera de abejas permita ofrecerle a la mezcla de pomada fundida una consistencia sólida, Esta dependerá de la cera de abejas debido a que al estar combinada con aceites tiene la ventaja de cambiar su plasticidad (cambio de forma y conservarla de manera permanente) sin que sus componentes se separen al enfriar, En el momento de que la cera llegue a la temperatura ambiente se solidificara, siendo ideal para obtener una pomada semisólida.

En esta etapa del proceso se pudo determinar que la variable con mayor influencia es el tiempo de solidificación, El cual va desde el momento en que se vierte la mezcla en los recipientes para su distribución y se deja enfriar a temperatura ambiente hasta que toma una consistencia sólida. El proceso se manejó a temperatura ambiente, y se pudo evidenciar que la relación oleomacerado/cera de abejas determina el tiempo en que se demora la solidificación y por ende la consistencia sólida que debe tener el producto terminado.

3.5.1 Tiempo de solidificación El tiempo de solidificación consiste en el tiempo en que se demora la mezcla en solidificarse, Va determinada por la cantidad de cera de abejas que tenga la mezcla, es decir se tiene una relación inversamente

proporcional entre tiempo de solidificación y cantidad de cera de abejas, Esto gracias a su propiedad de plasticidad.

Dependiendo la relación entre cera de abejas y oleomacerado se determinó que el tiempo adecuado de solidificación fue de 14 minutos debido a que en este tiempo se obtiene una pomada con características de consistencia y brillo como se pudo evidenciar en el cuadro 8.

Las variables y características que se evidenciaron en esta etapa del proceso se muestran a continuación:

Cuadro 8. Características de la etapa de enfriamiento/solidificación

Variable	Valor
Temperatura	25 °C
Tiempo de solidificación	14 min
Estado	Semisólido

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROCESO Y DISEÑO DE PLANTA

En este capítulo del trabajo se utilizarán las condiciones que fueron obtenidas en el anterior para realizar la ingeniería conceptual del proceso de producción, esta incluye el diseño de las máquinas principales y el diseño de la planta con respecto a las normas ASME

Es necesario recordar cada una de las etapas identificadas en el proceso que se apreciaron en la ilustración 8, puesto que se darán las pautas para el diseño de cada una de las operaciones en el orden de realización de la producción.

Otro aspecto importante para iniciar con este capítulo es tener en cuenta la capacidad de producción que se va a manejar, la cual permita determinar las cantidades de materias primas y las dimensiones de sus correspondientes equipos.

4.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

CalenDae en la actualidad tiene una capacidad de producción de aproximadamente 200 unidades mensuales, la cual por el auge e interés por los productos fitoterapéuticos crea una producción que no satisface la demanda actual, por lo tanto, se dispone de un proyecto de expansión del producto para aumentar su producción con respecto a la necesidad del consumidor.

Teniendo esto claro se tomará una base de cálculo de una producción mensual de 2000 pomadas de 15gr cada una. Las cuáles serán producidas en cuatro lotes de 500 unidades cada uno; los lotes se realizarán un día a la semana con el fin de disminuir el gasto de energía por servicios auxiliares que se necesitan para la producción establecida.

4.2 INGENIERÍA CONCEPTUAL, NATURALEZA DEL PROCESO Y SELECCIÓN DEL MATERIAL

Contempla la tecnología o instrumentos que se implementarán en el proceso y el dimensionamiento de los equipos principales los cuales comprenden las etapas de la maceración, la filtración y el mezclado.

Para la selección de los equipos necesarios para el proceso se debe entender la naturaleza del proceso, se sabe que para la producción de un producto es necesario llevar a cabo una serie de operaciones físicas y químicas que acondicionen la materia y agreguen valor para obtener un producto final, para el proceso de producción de las pomadas no se contempla las operaciones químicas debido a que es un proceso netamente físico, tales operaciones físicas son las principales para

la obtención de la pomada, Estas son la maceración, la filtración y el mezclado. Cabe aclarar que el proceso es de tipo batch o por lotes debido a que durante el proceso no se tienen entradas o salidas continuas de materia con respecto al tiempo, Por lo tanto, los balances de materia se encuentran en estado estacionario.

El material de construcción para los equipos es de suma importancia; Debido a que al ser un proceso donde se obtiene un producto con fines para la aplicación externa de la piel de las personas es necesario tener un material que no sea alterado por las condiciones del ambiente de trabajo para que no haya cambios en la composición del producto. Por lo cual se seleccionó el acero inoxidable AISI 316L debido a que es un material que responde a las exigencias del proceso como lo es la resistencia a la corrosión por su contenido de cromo y molibdeno, el cual al reaccionar con el aire o el agua forman una capa pasivadora en la superficie que rechaza las sustancias agresivas, su temperatura de trabajo es la adecuada para el proceso por su resistencia a altas temperaturas, Y por la higiene que este material posee ha sido un material seleccionado por diferentes industrias químicas, ya que el acero inoxidable en contacto con las sustancias a trabajar no reacciona desfavoreciendo la composición de estas y por ende del producto terminado.²¹

4.2.1 Balances de materia Para el estudio de la ingeniería conceptual para el proceso, Se establecieron los balances de materia, tanto a nivel de laboratorio, como para la producción propuesta, Con el objetivo de obtener la capacidad de los equipos involucrados en el proceso para su posterior dimensionamiento.

Inicialmente se tuvo como referencia la formulación y lo hecho a nivel laboratorio, Con el fin de establecer una base de cálculo para la producción deseada, Manteniendo las proporciones entre materias primas que se han venido utilizando para la producción de CalenDae. El balance de materia se realizó para las operaciones unitarias principales las cuales son el macerado, el filtrado y por último el mezclado.

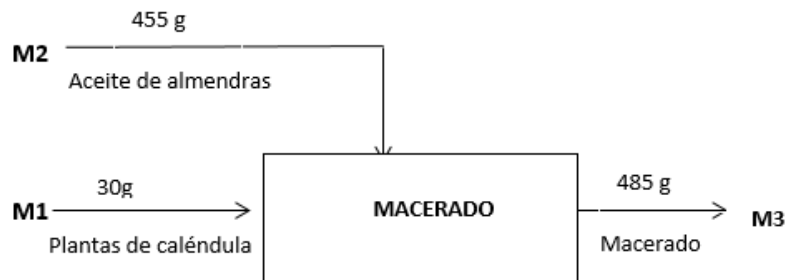
Los cálculos para los balances de materias obtenidos se presentan en estado estacionario debido a que el proceso es por lotes y sus flujos másicos permanecen constantes con relación al tiempo.

²¹kaiser+kraft. (s.f.). ACERO INOXIDABLE: UNA MATERIA PRIMA CON NUMEROSAS VENTAJAS.

4.2.1.1 Balances de materia a nivel laboratorio Para comenzar se tuvo como referencia la formulación y las medidas que se tomaron a nivel laboratorio para los tres procesos relevantes.

- ❖ **Macerado** El balance para el macerado se puede apreciar en la ilustración 14. Con los valores obtenidos en el laboratorio.

Ilustración 14. Balance de materia a nivel laboratorio (macerado)



El correspondiente cálculo para el balance de materia se muestra a continuación:

Ecuación 3. Balance de materia

$$m \text{ entrada} = m \text{ salida}$$

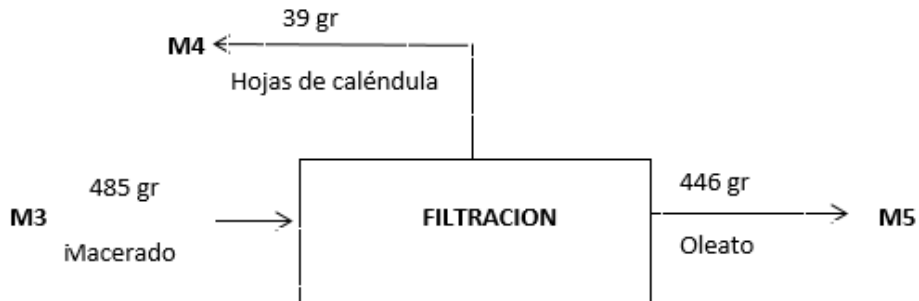
Fuente: KERN, Donald Q. Procesos de transferencia de calor editorial continental S.A México, 1997

$$\begin{aligned}
 M1 + M2 &= M3 \\
 30 \text{ gr} + 455 \text{ gr} &= M3 \\
 M3 &= 485 \text{ gr de macerado}
 \end{aligned}$$

La cantidad de macerado que sale en este proceso es la corriente de entrada para la posterior filtración, Donde el objetivo es separar la parte sólida que corresponde a las plantas de caléndula con el aceite que ha extraído los principios activos.

- ❖ **Filtración** El balance para la filtración se puede apreciar en la ilustración 15. Con los valores obtenidos en el laboratorio.

Ilustración 15. Balance a nivel laboratorio (filtración)



Para el cálculo de la cantidad del oleato se consideró la siguiente ecuación de balance:

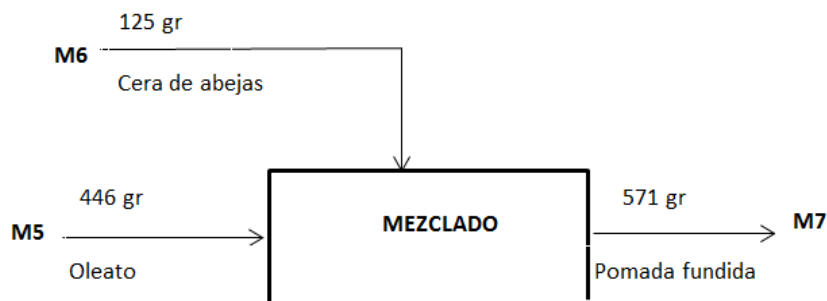
$$\begin{aligned} m \text{ entrada} &= m \text{ salida} \\ M3 &= M5 + M4 \\ 485 \text{ gr} - 39 \text{ gr} &= M5 \\ M5 &= 446 \text{ gr de oleato} \end{aligned}$$

Con la medición del peso de las hojas de caléndula después de filtrar, se pudo determinar la cantidad de aceite absorbida por parte del material vegetal el cual fue de 9g de sobrepeso con respecto a la cantidad de caléndula inicial, este valor es un factor de incertidumbre debido a que depende de la morfología de la planta de caléndula, por lo tanto, Esta relación se tuvo en cuenta para el balance para la producción que se desea.

Con el cálculo de la cantidad de oleato se prosigue al proceso de mezclado. Donde el oleato es la corriente de entrada junto con la cera de abejas.

- ❖ **Balance de materia mezclado** El balance para el mezclado se puede apreciar en la ilustración 16. Con los valores obtenidos en el laboratorio.

Ilustración 16. Balance de materia a nivel laboratorio (mezclado)



Se tomó en cuenta el siguiente balance para el cálculo de la corriente de salida del mezclado y por ende del producto de todo el proceso.

$$\begin{aligned} m \text{ entrada} &= m \text{ salida} \\ M5 + M6 &= M7 \\ 446 \text{ gr} + 125 \text{ gr} &= M7 \\ M7 &= 571 \text{ gr de pomada fundida} \end{aligned}$$

Estos 571 gramos de pomada fundida se distribuyeron en contenedores de 15 gramos de capacidad, Obteniendo una producción de 38 pomadas de 15g.

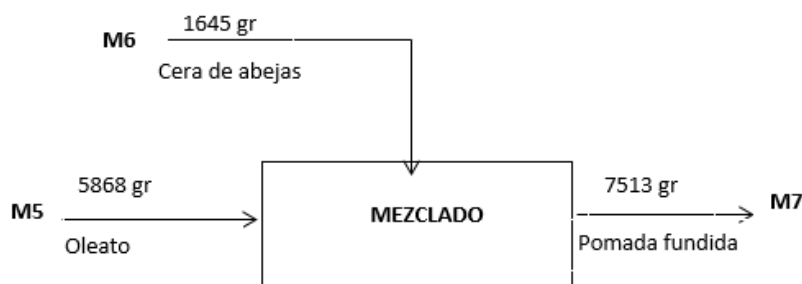
4.2.1.2 Balance de materia para la producción de 500 pomadas con respecto al balance a nivel de laboratorio, Se tiene en cuenta la relación que existe entre el número de pomadas producidas con la cantidad de pomada fundida al final del proceso, Pues con esta relación se establecerá la base de cálculo.

Los balances para la producción de 500 pomadas tendrán en cuenta las tres operaciones unitarias principales del proceso, el balance se efectúa con respecto a la producción deseada, Por lo tanto, se comenzó desde el mezclado hasta el macerado.

Se sabe que con 571g de pomada fundida se obtienen 38 pomadas, entonces al hacer el cálculo mediante una relación se tiene que para la producción de 500 pomadas se necesita de 7513g de pomada fundida.

- ❖ **Mezclado** El balance del mezclado se puede apreciar en la ilustración 17. Con el valor de M7 necesario para la producción deseada y el cálculo de los demás obtenidos por regla de tres.

Ilustración 17. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (mezclado)



Se tuvo en cuenta el siguiente cálculo para el posterior balance de materia, Donde se toma como base de cálculo la cantidad de materia que se necesita para la producción de 500 pomadas

$$x = 500 \text{ pomadas} * \frac{571 \text{ gr}}{38 \text{ pomadas}} = 7513 \text{ gr de pomada fundida}$$

Donde x Se calculó teniendo de un valor de 7513g para la obtención de 500 pomadas, con este mismo procedimiento se pudo encontrar las cantidades necesarias para los balances de materia como se muestra a continuación.

$$x = 7513 \text{ gr de pomada fundida} * \frac{125 \text{ gr de cera}}{571 \text{ gr de pomada fundida}} = 1645 \text{ gr de cera}$$

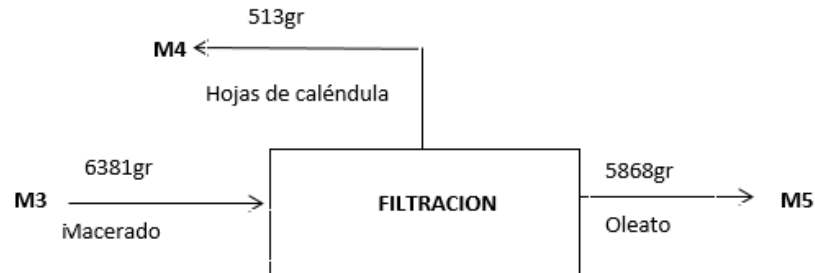
Donde la cantidad que se necesita de cera de abejas para 7513g de pomada fundida es de 1645g, con estos datos se prosigue a hacer el respectivo balance de materia.

$$\begin{aligned} m \text{ entrada} &= m \text{ salida} \\ M5 + M6 &= M7 \\ 7513 \text{ gr} - 1645 \text{ gr} &= M5 \\ M5 &= 5868 \text{ gr de oleato} \end{aligned}$$

Con respecto al procedimiento de cálculo mostrado, se calculó las cantidades necesarias para que satisfagan el balance de materia en las dos operaciones unitarias restantes.

- ❖ **Filtración** El balance de la filtración se puede apreciar en la ilustración 18. Con el valor de M5 obtenido en el balance del mezclado.

Ilustración 18. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (filtración)



Para la etapa de la filtración se tuvo en cuenta los siguientes cálculos y relaciones de materia con respecto a los balances a nivel laboratorio.

$$x = 5868 \text{ gr de oleato} * \frac{485 \text{ gr macerado}}{446 \text{ gr de oleato}} = 6381 \text{ gr macerado}$$

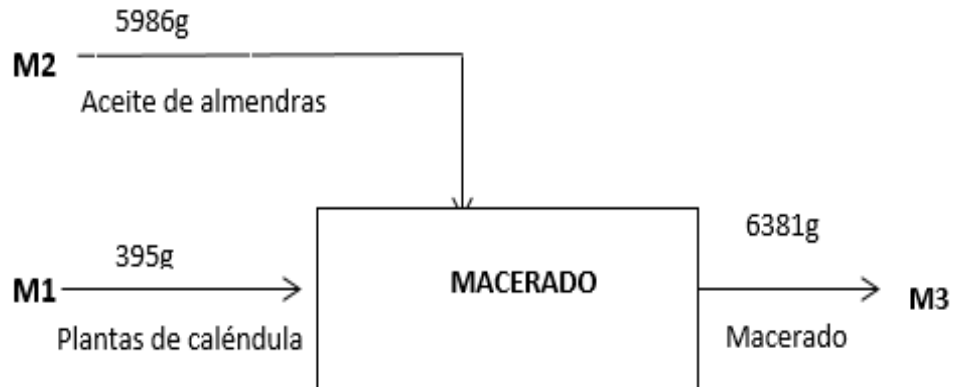
Determinando el valor de x , se pudo encontrar la cantidad necesaria de macerado con respecto a lo que se producirá de oleato, esta cantidad x es de 6381gr de macerado para la obtención de 5868gr de oleato después de la filtración. El balance de materia para el cálculo de las hojas de caléndula retirada se muestra a continuación.

$$\begin{aligned} m \text{ entrada} &= m \text{ salida} \\ M3 &= M5 + M4 \\ 6381 \text{ gr} - 5868 \text{ gr} &= M4 \\ M4 &= 513 \text{ gr de hoja de caléndula} \end{aligned}$$

La cantidad retirada de caléndula después de filtrado se almacenará para una producción alternativa a este proceso.

- ❖ **Macerado** El balance del macerado se puede apreciar en la ilustración 19. Con el valor de M3 obtenido en el balance de la filtración.

Ilustración 19. Balance de materia para la producción de 500 pomadas (Macerado)



Para la última etapa del balance a escala la cual corresponde al macerado se tuvo en cuenta los siguientes cálculos

$$x = 6381 \text{ gr macerado} * \frac{30 \text{ gr de calendula}}{485 \text{ gr macerado}} = 395 \text{ gr de calendula}$$

Donde x es la cantidad de caléndula en gramos que se necesita para producir 6381 g de macerado la cual tiene un valor de 395g de caléndula para el proceso inicial de macerado, con esta corriente M1 y la corriente M3 se realiza el balance de materia para determinar la cantidad M2.

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{m \text{ entrada} = m \text{ salida}} \\
 & \mathbf{M1 + M2 = M3} \\
 & \mathbf{6381 \text{ gr} - 395 \text{ gr} = M2} \\
 & \mathbf{M2 = 5986 \text{ gr de aceite de almendras}}
 \end{aligned}$$

Con esta corriente M2 queda determinado la cantidad que se necesita de aceite de almendras y por ende queda culminado el balance de materia para la producción deseada con las corrientes y cantidades necesarias para producir 500 pomadas. Estos cálculos son necesarios para el dimensionamiento de los equipos a utilizar; Ya que se necesitan las capacidades de materia que entran y salen en los correspondientes equipos.

Tabla 6. Balance de materia global del proceso para la producción de 500 pomadas

Compuesto	Entrada	Salida
Cera de abejas	1645 gr	-----
Caléndula	395 gr	513 gr
Aceite de almendras	5986 gr	-----
Pomada fundida	-----	7513 gr
Total	8026 gr	8026 gr

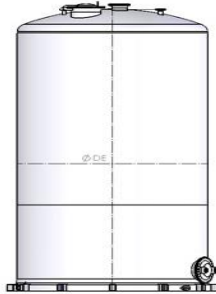
4.2.2.1 Requisitos y selección para los equipos del proceso Según las exigencias de cada etapa del proceso ; Se evaluaron los requisitos para la selección de los equipos a utilizar, Para el macerado se contempla el proceso por el cual con ayuda del calor el aceite de almendras extrae los principios activos de las hojas de caléndula, con respecto a las condiciones de proceso para el macerado es necesario de un tanque de almacenamiento que contenga la mezcla y un sistema de calentamiento que mantenga la temperatura en un nivel entre 60 a 70°C; Para el proceso de mezclado se contempla la homogenización de la mezcla entre el oleato y la cera de abejas, para este proceso es necesario de un tanque de almacenamiento que contenga la mezcla, un sistema de agitación constante y un sistema de calentamiento para la facilidad de la mezcla y para la fundición de la cera de abejas. La selección de los equipos se hará con respecto a los siguientes aspectos

- Geometría de almacenamiento
- Sistema de agitación
- Sistema de calentamiento

❖ **Geometría de almacenamiento** La geometría de almacenamiento de las mezclas seleccionada es la de forma cilíndrica en posición vertical como se ve en la ilustración 20. Debido a que se requiere disponibilidad de espacio en las instalaciones de la planta, por lo cual la forma cilíndrica vertical es adecuada para no ocupar mucho espacio. Los tanques cilíndricos son ideales para contener líquidos o gases por tiempos prolongados a presión atmosférica, por lo tanto al ser un proceso por lotes es conveniente que los tiempos de almacenamiento sean relativamente grandes mientras se adecua el proceso posterior, Otra ventaja que presenta la geometría cilíndrica vertical es su facilidad para la limpieza; Debido a que por su geometría no presenta acumulación de material en sitios remotos que pueden ser vértices como lo pueden tener otras geometrías. Por otro lado, Los sistemas tanto de

calentamiento como de agitación se presentan y están ajustados principalmente para geometrías cilíndricas siendo esta ideal para el desarrollo del proceso.

Ilustración 20. Tanque cilíndrico vertical



Fuente: Aguamarket

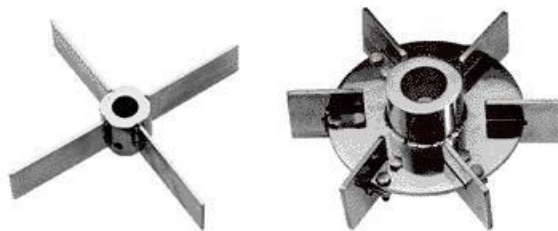
- ❖ **Sistema de agitación** El sistema de agitación seleccionado para el proceso fueron los agitadores mecánicos, entre sus tipos fue seleccionado el agitador de tipo turbina (ilustración 21) con cuatro palas de mezcla, Este sistema de agitación tiene como objetivo permitir la mezcla de líquidos miscibles, como lo es la cera fundida y el oleato, y por otro lado, Mejorar la transferencia de calor debido a que la agitación hace que la transmisión de calor sea homogénea por toda la mezcla.

Este tipo de agitador es adecuado para el proceso ya que trabaja en un amplio rango de viscosidades desde 0,5 centipoises hasta aproximadamente 15000 centipoises²² permitiendo que la mezcla de cera de abejas y oleato, Que pueden llegar a ser viscosas, Experimenten la agitación y por ende intercambien material en distintas localizaciones para fomentar la homogeneidad entre los componentes, Por último los agitadores de tipo turbina ofrecen corrientes intensas destruyendo la masa de líquido estancado en el tanque, como lo puede llegar a ser la cera de abejas la cual si llegase a quedar estancada implica problemas de limpieza posteriores para el tanque.²³

²²IPROCOMSA. (s.f.). MEZCLA DE LIQUIDOS:AGITACION RAPIDA.

²³ Ruiz, C. L. (17 de julio de 2009). *slideshare*. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/guest6d731e/agitacion-1735401>

Ilustración 21. Agitador tipo turbina



Fuente: Portal laboratorios virtuales de procesos químicos

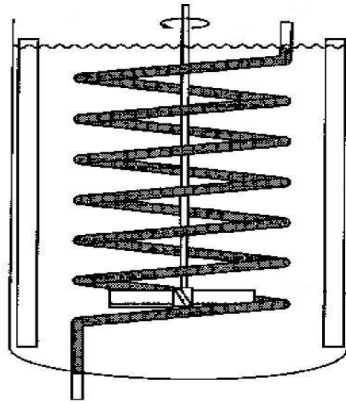
- ❖ **Sistema de calentamiento** Entre los sistemas de calentamiento que existen en la actualidad se seleccionó el serpentín, El cual es un intercambiador de calor donde se utiliza tubos que se doblan en forma helicoidal y se sumergen en el contenido del recipiente como se puede ver en la ilustración 22.²⁴

El intercambiador de calor en forma de serpentín representa unas de los métodos de sistema de calentamiento más eficientes y baratos en el mercado; Debido a que los materiales para su construcción son tubos de materiales abundantes que pueden ser de cobre, acero, o aleaciones de níquel-cromo. Se instalan con frecuencia en cilindros verticales en el cual puede presentar agitación o no.

El serpentín resulta conveniente para el proceso de calentamiento del contenido del macerado y el mezclado, debido a que resulta más económico por su construcción con materiales abundantes en el mercado haciendo que su selección no esté condicionada por el equipo sino por el criterio del diseñador, es más eficiente su transferencia de calor con respecto al enchaquetado para calentamiento moderados debido a que el serpentín se encuentra en contacto directo con la mezcla y la chaqueta presenta un contacto indirecto por las paredes del tanque, su instalación se adecua a la forma cilíndrica vertical de los tanques a utilizar, y su limpieza tiene mayor facilidad que el enchaquetado debido a que el acceso a el interior de la camisa es complicado.

²⁴ Donald Q.kern,Procesos de transferencia de calor,CIA.EDITORIAL CONTINENTAL,S.A.V.,MEXICO

Ilustración 22. Serpentín helicoidal



Fuente:(Coker, 2001)

4.2.3 Dimensionamiento de equipos Para el dimensionamiento de los equipos se tiene en cuenta lo hecho previamente en los balances de materia para saber la capacidad de materia que entrara al equipo y también el tipo de equipo seleccionado dependiendo de los requisitos de las operaciones unitarias. Se debe tener en cuenta un factor de sobre diseño el cual estará contemplado en la parte del dimensionamiento de los tanques. Al ser un proceso en el cual la cantidad de materia final facilita una producción alta, se manejará unidades de gramos y centímetros para una mejor comprensión.

4.2.3.1 Dimensionamiento del tanque de macerado Para la etapa del macerado es necesario tener la cantidad de masa de mezcla total y su correspondiente densidad, con el fin de calcular el volumen ocupado por la mezcla. Para la determinación del volumen se tiene en cuenta la fórmula de la densidad, despejando el volumen queda como la siguiente ecuación

Ecuación 4. Calculo del volumen de mezcla

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

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

Dónde:

M : Masa total de la mezcla en gramos

ρ : Densidad de la mezcla en gr/cm^3

V: Volumen de la mezcla en cm^3

Para la masa total de la mezcla se tiene en cuenta la cantidad de materia que entra al macerado por parte de las hojas de caléndula y el aceite de almendras. Según la tabla 14 se puede contemplar las entradas de materia en el proceso del macerado.

$$\begin{aligned} M_{\text{calendula}} &= 395 \text{ gr} \\ M_{\text{aceite de almendras}} &= 5986 \text{ gr} \end{aligned}$$

La masa total que entra al tanque será la suma entre la masa de las hojas de caléndula con la masa del aceite de almendras

$$M_{\text{macerado}} = 6381 \text{ gr}$$

Para la densidad del macerado se contempla una aproximación a la densidad del aceite de almendras, debido a que la relación de las hojas de caléndula esta en 1/15 con respecto al aceite de almendras, teniendo en el macerado más cantidad de aceite de almendras y por lo tanto el comportamiento con respecto a la densidad será mayoritario por el aceite de almendras.

El valor de la densidad del aceite de almendras es de 0.910 gr/cm^3 y por lo tanto será la densidad tanto del macerado como del oleato respectivamente. Reemplazando los valores en la ecuación 4 se calculó el volumen del macerado

$$V = \frac{6381 \text{ gr}}{0.910 \text{ gr/cm}^3} = 7012,09 \text{ cm}^3$$

Con el volumen del macerado y el del mezclado se contempló un factor de sobrediseño del 15%, Para calcular el volumen mínimo del tanque con la ecuación 5. Este factor de sobrediseño se da con el fin de garantizar un espacio libre entre la altura del líquido con respecto a la altura del tanque para que el sistema no presente problemas con pérdidas del líquido contenido.²⁵

Ecuación 5. Calculo de volumen de tanque mínimo

$$V_{\text{tanque min}} = \frac{V_{\text{mezcla}}}{(1 - 0,15)}$$

Fuente: INDUSTRAY, Manual de calculo

²⁵ industray, v. (s.f.). manual de calculo.

Dónde:

$V_{tanque\ min}$ =volumen del tanque mínimo en cm^3

V_{mezcla} =volumen de la mezcla en cm^3

Al sustituir los valores se tiene un valor de volumen de tanque mínimo de 8249.56 cm^3 con este valor del tanque el cual incluye el sobrediseño se calcularon las dimensiones del tanque cilíndrico vertical, la estimación del diámetro y la altura se determinaron con la siguiente expresión, La cual constituye al cálculo del volumen del tanque real

Ecuación 6. Calculo volumen del tanque real

$$V_{Tanque} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$$

Fuente: INDUSTRAY, Manual de calculo

Donde V_{Tanque} corresponde al volumen real del tanque, D es el diámetro del tanque y H la altura del tanque. Teniendo en cuenta la relación entre el diámetro y la altura del tanque²⁶:

Ecuación 7. Relación diámetro con altura

$$\frac{H}{D} = 2$$

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

El cálculo del diámetro se determinó de la siguiente expresión

Ecuación 8. Calculo de diámetro

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{Tanque}}{2 \cdot \pi}}$$

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

• ²⁶ PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

Sustituyendo el valor del tanque mínimo en la ecuación (8), Se calcula el diámetro

$$D = 17,4cm$$

Mediante la relación (7), se obtiene la altura del tanque

$$H = 2 \times 17,4cm = 34,8cm$$

Luego de tener las dimensiones del tanque cilíndrico se prosigue a normalizarlas para tener medidas estándar, por lo tanto, Se fija 17 cm de diámetro y 35 cm de altura.

Se continuó con la determinación del volumen del tanque real, mediante la ecuación (6)

$$V_{Tanque} = 8906,41cm^3$$

Seguidamente se calcula el porcentaje de volumen ocupado por la mezcla con respecto al tanque con la siguiente ecuación

Ecuación 9. Calculo del porcentaje de volumen ocupado

$$\%Volumen\ ocupado = \frac{\frac{V_{Mezcla}}{N^{\circ} Tanques}}{V_{Tanque,real}} \times 100$$

Fuente: INDUSTRAY, Manual de calculo

Dónde:

V_{Mezcla} : Volumen de la mezcla (cm^3).

$N^{\circ} Tanques$: Número de tanques (1).

$V_{Tanque,real}$: Volumen real del tanque (cm^3).

Sustituyendo los valores

$$\%Volumen\ ocupado = 78\%$$

El porcentaje ocupado por la mezcla es conveniente, debido a que existe un espacio libre del 22% del tanque total, con el fin de que no se presenten perdidas del contenido del tanque.

Para el cálculo del espesor del tanque cilíndrico se tuvo en cuenta la temperatura de diseño y el tipo de acero inoxidable, el cual es AISI 316L, debido a que al

presentar en su composición molibdeno aumenta su cualidad a la resistencia a la corrosión, este tipo de acero inoxidable es el conveniente para construcciones en procesos netamente químicos donde su prioridad es impedir el fenómeno de la corrosión que afecte a el contenido y por ende al producto, por prevención y por ley en procesos donde el producto es destinado al contacto con la piel se debe utilizar acero inoxidable 316L²⁷. Cabe aclarar que las dimensiones obtenidas son según la normatividad ASME.

La temperatura de operación en el macerado esta entre 60 y 70°C, por lo tanto se tomó el promedio el cual es de 65°C, con el fin de determinar la temperatura de diseño con la siguiente ecuación²⁸

Ecuación 10. Calculo de temperatura de diseño

$$T_{Diseño} = T_{Operacion} + 20^{\circ}C$$

Fuente: INDUSTRAY, Manual de calculo

Reemplazando el valor de la temperatura de operación se tiene una temperatura de diseño de 85°C.

El espesor del cuerpo cilíndrico se calcula con la siguiente expresión²⁹

Ecuación 11. Calculo del espesor del cilindro

$$T_c = \frac{P_c \times R}{S \times E - 0,6 \times P_c} + C.A$$

Fuente: INDUSTRAY, Manual de calculo

Dónde :

- T_c : Espesor del cilindro (mm).
- P_c : Presión interna del cilindro (1 atm).
- R: Radio interno del cilindro (mm).
- S: Esfuerzo del material (atm).

²⁷ARMAGARD. (s.f.). Acero Inoxidable 304 Versus 316, ¿Cuál Es Mejor? Armagard, El Especialista En Armarios Para PC Lo Investiga.

²⁸ industray, v. (s.f.). manual de calculo.

²⁹ industray, v. (s.f.). manual de calculo.

E: Factor de soldadura (0.85).
 C.A.: Tolerancia de corrosión (2 mm).

El valor de S corresponde al esfuerzo del material el cual depende de la temperatura de diseño la cual es 85°C, la cual corresponde a 185°F, y por otro lado al grado del material el cual es AISI 316L, El valor de S se determina con la siguiente figura:

Tabla 7. Tensión máxima admisible en función de la temperatura para el acero inoxidable (ASME)

Especificación		VALORES MAXIMOS PERMITIDOS DE TENSIONES EN ACEROS DE ALTA PRESION					
		Multiplicar por 1000 para obtener psi temperatura °F					
numero	grado	-20a					
		100	200	300	400	500	600
SA-240	304	18,8	17,8	16,6	16,2	15,9	15,9
SA-240	304L	15,7	15,7	15,3	14,7	14,4	14
SA-240	316	18,8	18,8	18,4	18,1	18,0	17,0
SA-240	316L	15,7	15,7	15,7	15,5	14,4	13,5

Fuente: Industroy, Manual de cálculo, (norma ASME)

Utilizando la tabla 7 y teniendo claro el grado del material(316L) y su temperatura de diseño (185 °F), Se tiene el esfuerzo del material S el cual corresponde a 15.7, El cual se multiplica por 1000 para tener un esfuerzo del material en psi y luego se convierte en unidades de atmosferas, Este valor de S corresponde a 1068.3222 atm, reemplazando en la ecuación 11 y teniendo en cuenta que el radio corresponde al del tanque del macerado se calculó el espesor.

$$T_c = 2.09 \text{ mm}$$

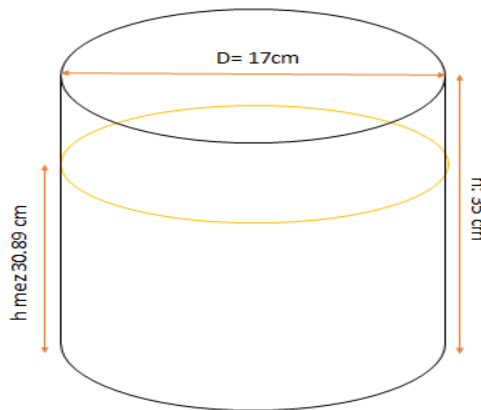
Los resultados obtenidos fueron redondeados para tener cantidades estándar, los cuales se muestran en el cuadro 9

Cuadro 9. Dimensiones tanque cilíndrico vertical para macerado 1.

Volumen de mezcla	7012 cm ³
Volumen de tanque mínimo	8250 cm ³
Diámetro	17 cm
Altura	35 cm
Volumen del tanque real	8906 cm ³
%volumen ocupado	78%
Espesor	2.09 mm

Las dimensiones básicas para el cilindro en el proceso de macerado se muestran en la ilustración 23.

Ilustración 23. Dimensiones básicas del tanque de macerado



4.2.3.2 Dimensionamiento del tanque de mezclado

El diseño del tanque de mezclado presenta el mismo procedimiento efectuado en el dimensionamiento del tanque de macerado. En esta etapa para la determinación de la densidad de la mezcla se tiene en cuenta la sumatoria de densidades de cada especie con respecto a su fracción molar, la densidad de la mezcla está regida por la siguiente ecuación

Ecuación 12. Calculo densidad de la mezcla

$$\rho_{Mezcla} = \sum x_i * \rho_i$$

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

En donde la densidad del oleato es aproximada a la densidad del aceite de almendra la cual es 0.910 gr/cm^3 , Y la densidad de la cera de abejas corresponde a 0.96 gr/cm^3 , para las fracciones molares se tuvo en cuenta la formula molecular para encontrar su correspondiente peso, Con el fin de convertir las cantidades de masa en cantidades molares, Los pesos y estructura molecular se muestra a continuación

Oleato \longrightarrow $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ Donde su peso molecular es 106.12 gr/mol

Cera de abejas \longrightarrow $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COO}(\text{CH}_2)_{29}-\text{CH}_3$ Donde su peso molecular es 677.2 gr/mol

Con los pesos moleculares calculados se pasó de cantidades másicas a cantidades molares con respecto a las corrientes de entradas en el mezclado

$$5868 \text{ gr oleato} \times \frac{1 \text{ mol de oleato}}{106.12 \text{ gr/mol}} = 55.3 \text{ moles de oleato}$$

$$1645 \text{ gr cera} \times \frac{1 \text{ mol de cera}}{677.2 \text{ gr/mol}} = 2.4 \text{ moles de cera}$$

Teniendo los valores de las moles que entran al proceso se prosiguió al cálculo de sus fracciones molares

$$X_{oleato} = \frac{55.3 \text{ moles oleato}}{57.7 \text{ moles totales}} = 0.96$$

$$X_{cera} = \frac{2.4 \text{ moles cera}}{57.7 \text{ moles totales}} = 0.04$$

Calculada las fracciones molares para cada componente y teniendo las densidades de cada especie se calculó la densidad de la mezcla, reemplazando los valores en la ecuación 12. Se tiene una densidad de la mezcla de 0.912 gr/cm^3

Para determinar la viscosidad de la mezcla se tuvo en cuenta la viscosidad del oleato que es aproximada a la viscosidad del aceite de almendras y la viscosidad de la cera de abejas líquida debido a que al trabajar a 60°C , la cera se funde y se

presenta en estado líquido, la cera de abejas posee una viscosidad alrededor de los 15mPa* s a 60°C.³⁰

Para la viscosidad del aceite de almendras se optó por la utilización de un nomograma para la predicción de las viscosidades de líquidos a diferentes temperaturas, primero se tuvo en cuenta la ilustración 24 la cual muestra las coordenadas X y Y para el aceite de almendras aporta las coordenadas X y Y para el uso del nomograma que se encuentra en el anexo B1.

Ilustración 24. Viscosidades de aceites animales y vegetales

	Acido No	Gravedad especifica 20/4°C	X	Y
Almendra	2,85	0,9188	6,9	28,2

Fuente: Donald Q. Kern, Procesos de transferencia de calor, CIA.EDITORIAL CONTINENTAL, S.A.V., MEXICO

Teniendo en cuenta que para el aceite de almendra el eje X corresponde a 6,9 y el eje Y a 28,2, Se ubican las coordenadas en el nomograma para la predicción de la viscosidad de líquidos a 1 atm se muestra en el anexo B1, Por lo tanto, Teniendo establecidas las coordenadas y la temperatura la cual fue de 65°C, se determinó la viscosidad la cual fue de 18 centipoises, para el aceite de almendras.

Para el cálculo de la viscosidad de la mezcla se tuvo en cuenta que esta no presente interacciones fuertes entre sus componentes, Debido a que el proceso no presenta reacciones químicas siendo un proceso netamente físico. Así que se asume que la viscosidad es aditiva, Entonces se empleó una regla de mezclado en donde se tiene en cuenta las viscosidades de los componentes puros y sus correspondientes fracciones molares³¹, Entre las reglas de mezclado se utilizaron las de Arrhenius logarítmico³²

Ecuación 13. Calculo viscosidad de la mezcla

$$\log \mu_{mezcla} = \sum x_i \log \mu_i$$

Fuente: Arrhenius, 1887

³⁰HEESS, G. (19 de 07 de 2013). Cera de abejas blanca ph.Eur.

³¹ (Krisnangkura, 2006)

³² (Arrhenius, 1887)

Dónde

μ_{mezcla} = viscosidad de la mezcla en g/cm*s

x_i = fracciones molar del componente i en la mezcla

μ_i = viscosidad de cada componente en g/cm*s

Reemplazando los correspondientes valores en la ecuación 13

$$\log \mu_{mezcla} = x_{oleato} \log \mu_{oleato} + x_{cera\ de\ abejas} \log \mu_{cera\ de\ abejas}$$

$$\log \mu_{mezcla} = (0,96 \times \log (0,18)) + (0,04 \times \log (0,15))$$

$$\mu_{mezcla} = 0,178 \text{ g/cm*s}$$

Teniendo la cantidad de masa total la cual es de 7513g y determinada la densidad de la mezcla 0.912gr/cm³ se ejecutó el mismo procedimiento de diseño mostrado anteriormente en el macerado.

Se tiene en cuenta que el tanque presenta un sistema de agitación lo cual es conveniente que el recipiente no esté lleno en su totalidad ya que se puede presentar perdidas del fluido por el movimiento originado del agitador, así que se tiene en cuenta un espacio de más del 15% del volumen total del tanque.

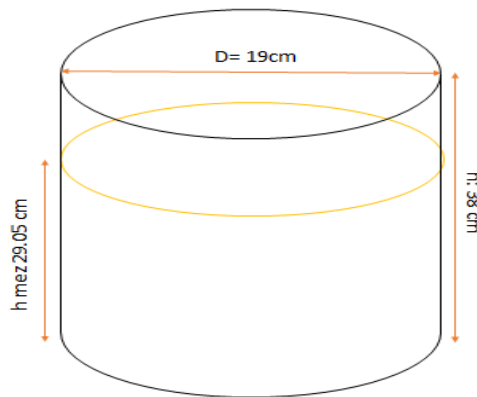
Las dimensiones calculadas se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10. Dimensiones tanque cilíndrico vertical para mezclado 2

Volumen de mezcla	8238 cm ³
Volumen de tanque mínimo	9692 cm ³
Diámetro	19 cm
Altura	38 cm
Volumen del tanque real	10774 cm ³
%volumen ocupado	76%

El tanque con sus dimensiones básicas se muestra en la ilustración 25

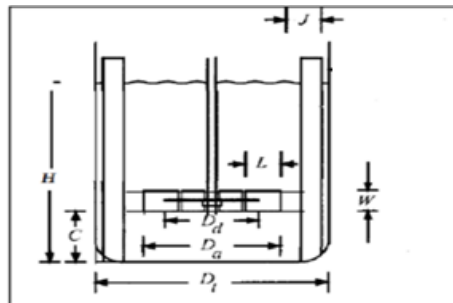
Ilustración 25. Dimensiones básicas del tanque de mezclado



4.2.3.3 Dimensionamiento del sistema de agitación

El sistema de agitación es calculado principalmente con respecto al tanque de mezclado debido a que se espera tener el contenido con la presencia de una sola fase. Con base al diámetro del tanque del mezclador se diseñó el sistema de agitación conforme a las siguientes dimensiones mostradas en la ilustración 26 ³³

Ilustración 26. Dimensiones para el sistema de mezclado con agitación



Fuente: Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

Para calcular las dimensiones mostradas en la ilustración 26, se dispone de las proporciones básicas de cálculo con respecto al diámetro del tanque de mezclado presentadas en la ilustración 27.

³³ Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

Ilustración 27. Proporciones básicas de los agitadores.

Proporciones Básicas		
$\frac{D_a}{D_t}$ = 0.3 a 0.5	$\frac{H}{D_t} = 1$	$\frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5} \frac{D_d}{D_a}$ = $\frac{2}{3}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$

Fuente: Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

En donde D_a , D_t , H , C , W , D_d , L y J se mostraron en la ilustración 26

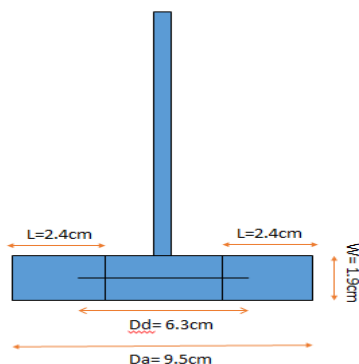
El diámetro del tanque de mezclado D_t corresponde a 19cm, reemplazándolo en las proporciones mostradas en la ilustración 27, se tienen las siguientes proporciones básicas para el agitador que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Proporciones básicas del sistema de agitación

C	Distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor	$C = \frac{1}{3} \times D_t$	6.3 cm
D_a	Diámetro de la pala	$D_a = 0,5 \times D_t$	9.5 cm
w	Grosor de la pala	$W = \frac{1}{5} \times D_a$	1.9 cm
J	Ancho de las placas deflectoras	$J = \frac{1}{12} \times D_t$	1.6 cm
D_d	Diámetro de la hélice	$D_d = \frac{2}{3} \times D_a$	6.3 cm
L	Longitud de la pala	$L = \frac{1}{4} \times D_a$	2.4 cm

Las proporciones básicas del agitador calculadas se muestran en la ilustración 28

Ilustración 28. Dimensiones básicas del agitador



Teniendo determinadas las dimensiones del agitador se efectuó el cálculo de la potencia de este con la siguiente expresión para el cálculo del número de Reynolds

Ecuación 14. Calculo del número de Reynolds

$$\text{Remez} = \left[\frac{n * (D2) * \rho}{\mu} \right]$$

Fuente: PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

Dónde:

Remez: Número Reynolds

μ : Viscosidad mezcla

Da: Diámetro agitador

ρ : Densidad mezcla

n: Revoluciones por segundo

Con el propósito de determinar el número de Reynolds se determina las revoluciones por segundo en el cual mediante la elaboración de la pomada se determinó que eran 60rpm en el momento del mezclado por lo tanto las revoluciones por segundo corresponden a 1.

Reemplazando los valores de la ecuación 14, se determinó un número de Reynolds de 462,40; Por lo tanto, El movimiento del fluido se encuentra en un régimen laminar, Debido a que se trabaja con viscosidades relativamente altas del orden de 0,178gr/cm*s impidiendo el movimiento del fluido

Para la potencia del agitador se tuvo como referencia la siguiente expresión

Ecuación 15. Calculo para la potencia del agitador

$$P = K_L * n^3 * D_a^5 * \rho$$

Fuente: Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

Dónde:

KL: Constante para tanques con agitador tipo turbina de disco con 4 palas planas: 60³⁴

N: Revoluciones por segundo: 1 rps

Da: Diámetro agitador: 0.095 m

ρ : Densidad mezcla: 912 Kg/m³

Con los datos propuestos y utilizando la ecuación (15) se obtuvo una potencia del agitador de 0.42 W que equivale a 5.46E-4 HP

4.2.3.4 Dimensionamiento del serpentín Para el diseño del sistema de calentamiento se toma en cuenta que el sistema se presenta como un proceso por lotes con agitación, debido a que no existe entrada ni salida continua de materia y su diferencia de temperatura no es constante por lo tanto el proceso en cuestión de energía se encuentra en un estado inestable donde se emplean diferencias de temperatura con respecto a la variación de la temperatura³⁵

Un sistema por lotes y en estado inestable se caracteriza por que el flujo de calor, la temperatura o ambos varían con el tiempo en un punto fijo para trabajar en un sistema de calentamiento por lotes se dispone de las siguientes suposiciones:

- U es constante para el proceso y en toda la superficie
- El flujo de líquido es constante
- Calores específicos son constantes para el proceso
- El medio calefactor o enfriador tiene una temperatura de entrada constante
- La agitación produce temperatura uniforme en el tanque
- No hay cambios parciales de fase
- Las pérdidas de calor son despreciables

³⁴ Diseño mecánico de equipos; Noé bautista, Ariadna Martínez; Instituto tecnológico de Orizaba

³⁵ Donald.Q.Kern. (s.f.). *procesos de transferencia de calor*. CIA.EDITORIAL CONTINENTAL,S.A DE C.V,MEXICO.

Según los casos que presenta el calentamiento de líquidos en procesos por lotes se trabajó con el serpentín en tanque con un medio calefactor no isotérmico, en donde se presenta una razón de flujo constante W y una T_1 de entrada determinada pero una temperatura de salida T_2 para el medio calefactor el cual en el proceso es agua.³⁶

Las ecuaciones que se trabajan en este estado son las siguientes

Ecuación 16. Ecuación diferencial, proceso por lotes y estado inestable

$$\frac{dQ}{d\theta} = M_c \frac{dt}{d\theta} = WC(T_1 - T_2) = UA\Delta t$$

Fuente: Donald.Q.Kern. *procesos de transferencia de calor*

En donde

$\frac{dQ}{d\theta}$: Flujo de calor con respecto al tiempo en J/s

W : Es la razón de flujo constante del fluido calefactor no isotérmico en gramos/s

C : La capacidad calorífica del fluido calefactor en J/gramo°C

T_1 : Temperatura fija de entrada del fluido calefactor en °C,

T_2 : Temperatura de salida variable del fluido calefactor en °C

U : Coeficiente global de transferencia de calor en J/ s cm²

A : Área de transferencia de calor en cm²

La diferencia de temperatura está regida por la MLDT donde se despeja la T_2 la cual es una de las variables incógnitas del sistema

Ecuación 17. Calculo de temperatura de salida del fluido calefactor

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{UA/Wc}}$$

Fuente: Donald.Q.Kern. *procesos de transferencia de calor*

³⁶ Donald.Q.Kern. (s.f.). *procesos de transferencia de calor*. CIA.EDITORIAL CONTINENTAL,S.A DE C.V,MEXICO

Teniendo en cuenta las ecuaciones que rigen el comportamiento energético del proceso, se continuo con la determinación de W y U con el fin de encontrar la temperatura de salida del fluido calefactor

Para calcular la cantidad de masa que se necesita para el serpentín se necesita del cálculo de las dimensiones de este, por lo tanto, Se dispuso a determinar las proporciones básicas necesarias para el serpentín

La longitud del serpentín (L) para (N) vueltas³⁷

Ecuación 18.Calculo de longitud del serpentín

$$L = N\sqrt{(2\pi r)^2 + P^2}$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fASFATO dicalcico y grasa a partir de hueso de res

Dónde *N* es el Número teórico de vueltas del serpentín, *r* es el Radio medio del serpentín en metros, *P* es el Espacio entre cada vuelta del serpentín, medido de centro a centro en metros.

Para encontrar la longitud del serpentín es necesario calcular los siguientes parámetros con sus respectivas ecuaciones³⁸

Ecuación 19. Parámetros básicos del serpentín

$$r = \frac{D_H}{2}$$

$$D_H = B + 2d_o$$

$$B = C - 4d_o$$

$$P = 1,5d_o$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fASFATO dicalcico y grasa a partir de hueso de res

³⁷ Maria, A. R. (Agosto de 2003). OBTENCIÓN DE OSEINA, FASFATO DICALCICO Y GRASA A PARTIR DE HUESO DE RES EN LA EMPRESA “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA”. Manizales, Colombia

³⁸ Maria, A. R. (Agosto de 2003). OBTENCIÓN DE OSEINA, FASFATO DICALCICO Y GRASA A PARTIR DE HUESO DE RES EN LA EMPRESA “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA”. Manizales, Colombia

Dónde:

B: diámetro externo del cilindro interno (m)

C: diámetro interno del cilindro externo (m)

D_H : diámetro medio de la hélice (m)

d_o : diámetro externo del serpentín (m)

P : Espacio entre cada vuelta del serpentín, medido de centro a centro (m).

Teniendo en cuenta que el diámetro del tanque agitado es de 19cm, El cual corresponde a 7.5plg, que se aproximó a 8plg, mediante el anexo B2 el cual muestra las dimensiones de tubería de acero (IPS) para un diámetro externo de 8plg, se tiene un diámetro interno de 7.625plg, por otro lado se dispone de un diámetro externo de serpentín (d_o) de 3cm reemplazando los valores en las ecuaciones se tuvieron los siguientes resultados

Cuadro 11. Resultados obtenidos en el dimensionamiento.

C(cm)	19.4
B(cm)	7.4
D_H (cm)	13.4
r(cm)	6.7
P(cm)	4.5

Para calcular el diámetro interno del serpentín se tiene en cuenta la relación que existe entre el diámetro interno y externo el cual es de 1.2

Ecuación 20. Calculo del diámetro interno del serpentín

$$D = \frac{d_o}{1,2}$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fásfato dicalcico y grasa a partir de hueso de res

$$D = 2.5cm$$

Para el cálculo de los diámetros interno y externo de la hélice del serpentín se utilizó las siguientes expresiones

Ecuación 21. Cálculo del diámetro interno y hélice del serpentín

$$D_{H1} = D_H - d_o$$

$$D_{H2} = D_H + d_o$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fosfato dicalcico y grasa a partir de hueso de res

$$D_{H1} = 13,4 - 3 = 10.4\text{cm}$$

$$D_{H2} = 13,4 + 3 = 16.4\text{cm}$$

Con los parámetros establecidos se calcula la longitud del serpentín en función de N usando la ecuación 18

$$L = N\sqrt{(2 * \pi * 6.7)^2 + 4.5^2} = N42.33 \text{ cm}$$

Las dimensiones requeridas para el diseño del sistema de calentamiento se muestran en la tabla 20 los cuales sus resultados están en función del número de vueltas teórico del serpentín N.

Tabla 9. Dimensiones para el diseño del sistema de calentamiento.

Volumen ocupado por el serpentín(cm³)	$V_c = \frac{\pi}{4} * d_o^2 * L$	N 299.21cm ³
Volumen ocupado por el anulo(cm³)	$V_a = \frac{\pi}{4} * (C^2 - B^2)PN$	N 1136.63 cm ³
Volumen disponible para el flujo de fluido en el anulo(cm³)	$V_f = V_a - V_c$	N 837.42 cm ³
Diámetro equivalente(cm)	$D_e = \frac{4V_f}{\pi * d_o * L}$	8.4 cm

Por el anulo fluye el fluido calefactor que en este proceso es agua, el cual estará en un régimen laminar por lo tanto el número de Reynolds se trabajó con un valor de 1000, debido a que la temperatura de entrada del agua al serpentín es de 90°C, se determinó su viscosidad a tal temperatura la cual es de 0.000315 kg/m.s³⁹ con el fin de determinar la velocidad del flujo con la siguiente ecuación

Ecuación 22. Determinación de la velocidad de flujo con Reynolds

$$G_s = \frac{M}{\frac{\pi}{4} ((C^2 - B^2) - (D_{H2}^2 - D_{H1}^2))} = \frac{N_{Re} * \mu}{D_e}$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fásfato dicalcico y grasa a partir de hueso de res

Donde M es el flujo másico, G_s es la velocidad de masa del fluido, μ es la viscosidad del agua y D_e el diámetro equivalente, Utilizando la siguiente expresión para el cálculo de la velocidad de la masa del fluido

$$G_s = \frac{N_{Re} * \mu}{D_e} = \frac{1000 * 0.000315 \text{ kg/m.s}}{0.084\text{m}} = 3.75 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$$

Se calculó el flujo macizo teniendo la velocidad de masa del fluido y utilizando los valores de C, B, D_{H1} y D_{H2} en metros como se muestra en la siguiente expresión

$$M = G_s * \frac{\pi}{4} ((C^2 - B^2) - (D_{H2}^2 - D_{H1}^2))$$

$$M = 0.048 \text{ kg/s} \quad (23)$$

El valor del flujo másico es convertido a gramos y aproximado a 49 gr/s, Para facilidades de cálculos térmicos.

El área de transferencia de calor fue calculada con las dimensiones del tanque de mezclado, en donde su diámetro corresponde a 19cm, su altura de 38cm y el espesor de 2.10mm, se consideró el área total del cilindro, debido a que el serpentín está sumergido en todo el tanque cilíndrico

³⁹vaxasoftware. (s.f.). viscosidad dinamica del agua a varias temperaturas.

Ecuación 23. Calculo del área total del cilindro

$$A = \pi(Di + 2x)Ht$$

Fuente: Donald.Q.Kern. *procesos de transferencia de calor*

$$A = \pi(19 \text{ cm} + 2 (0.21\text{cm}))(38 \text{ cm}) = 2318.37\text{cm}^2$$

Determinada el área de transferencia de calor, se dispuso con del número real de vueltas que debe hacer el serpentín con la siguiente expresión

Ecuación 24. Calculo del número de vueltas real del serpentín

$$N = \frac{A}{\pi * d_o * \left(\frac{L}{N}\right)}$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fASFATO dICALCICO y grasa a partir de hueso de res

Reemplazando los valores en la ecuación 24 se tiene el número de vueltas teórico del serpentín

$$N = 5,8$$

El número de vueltas real(n), Es el número entero siguiente al número teórico de vueltas por lo tanto el serpentín requiere de 6 vueltas⁴⁰.

La altura mínima requerida para 6 vueltas del serpentín se calcula con la ecuación 25

40 Maria, A. R. (Agosto de 2003). OBTENCIÓN DE OSEINA, FASFATO DICALCICO Y GRASA A PARTIR DE HUESO DE RES EN LA EMPRESA “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA”. Manizales, Colombia.

Ecuación 25. Calculo de la altura mínima del cilindro

$$H = np + d_o$$

Fuente: “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA” obtención de oseina, fásfato dicalcico y grasa a partir de hueso de res

Reemplazando los correspondientes valores en la ecuación 25

$$H = 30\text{cm}$$

La altura mínima del tanque para las 6 vueltas del serpentín es adecuada debido a que la altura real del tanque es de 38cm, por lo tanto, es conveniente la ejecución del sistema de calentamiento por parte del serpentín en el tanque cilíndrico.

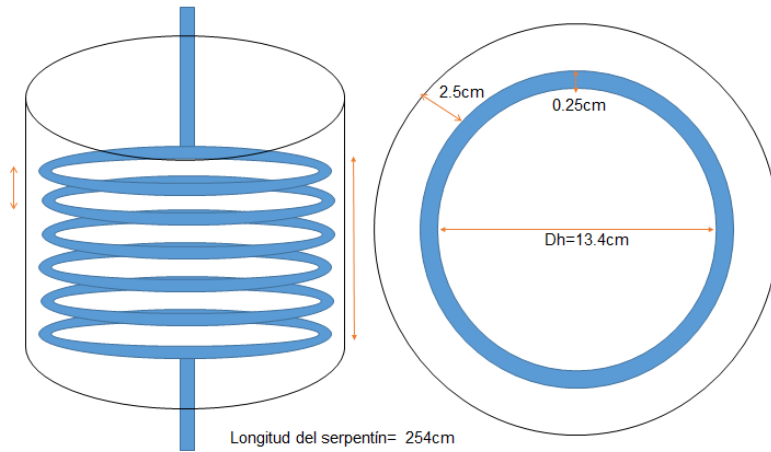
Las dimensiones obtenidas para el serpentín se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Dimensiones para el diseño del sistema de calentamiento.

Longitud serpentín(cm)	$L = N\sqrt{(2\pi r)^2 + P^2}$	254 cm
Volumen ocupado por el serpentín(cm³)	$V_c = \frac{\pi}{4} * d_o^2 * L$	1800m ³
Volumen ocupado por el anulo(cm³)	$V_a = \frac{\pi}{4} * (C^2 - B^2)PN$	6820 cm ³
Volumen disponible para el flujo de fluido en el anulo(cm³)	$V_f = V_a - V_c$	5020cm ³
Diámetro equivalente(cm)	$D_e = \frac{4V_f}{\pi * d_o * L}$	8,4 cm
Grosor del serpentín(cm)	$x = \frac{(d_o - D)}{2}$	0,25 cm

Las dimensiones básicas del serpentín se muestran en la ilustración 29

Ilustración 29. Dimensiones básicas del serpentín



Para la determinación del coeficiente de transferencia de calor para el serpentín, se dispuso de los estudios de Colburn donde se ha tabulado los resultados de los coeficientes de transferencia de calor global para diferentes sistemas en los cuales se sacan algunas generalizaciones, La mezcla a calentar es una mezcla orgánica, por lo cual se analizó el anexo B3 en donde se obtienen valores aproximados de los coeficientes totales para diseño ⁴¹

Se toma en cuenta que el sistema presenta un fluido caliente que es agua y un fluido frío el cual corresponde la mezcla orgánica. La mezcla orgánica se clasifica como sustancia orgánica pesada debido a que su viscosidad es mayor de 1 centipoises, por lo tanto al mirar el anexo B3 se toma un valor promedio de Ud de 33 $Btu/(h)(pie^2)(^{\circ}F)$ El cual considera un factor de obstrucción total de 0.003

Para la determinación de la temperatura de entrada del fluido calefactor se cuenta con un sistema que suministra energía como lo es una estufa eléctrica la cual debe suministrar la energía requerida para calentar el agua de 15°C, a 90°C, la energía requerida para calentar el agua se muestra a continuación con la ecuación de calor.

Ecuación 26. Calculo de calor transferido

$$Q = m_{agua} C_p \Delta t$$

Fuente: Donald.Q.Kern. *procesos de transferencia de calor*

⁴¹Donald.Q.Kern. (s.f.). *procesos de transferencia de calor*. CIA.EDITORIAL CONTINENTAL,S.A DE C.V,MEXICO

Donde el Cp del agua se trabajara como 4,186 J/gramo°C, La masa del agua corresponde a 49g y se sabe que se desea calentar el agua de 15 a 90°C, Reemplazando en la ecuación 26

$$Q = 14755,65 J$$

Para la determinación de la temperatura de salida del fluido calefactor se tomó en cuenta que se trata de un sistema donde esta disminuye entregándole calor al fluido de interés en el tanque, La cual al inicio era de 25 °C, realizando las correspondientes conversiones de unidades para el coeficiente global de transferencia de calor.

$$33 \frac{Btu}{h \cdot pie^2} \rightarrow 0.010 \frac{J}{s \cdot cm^2}$$

Se Calcula T₂ con la ecuación (17) reemplazando los correspondientes valores determinados anteriormente.

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{\frac{U A}{W c}}}$$

$$25 + \frac{90 - 25}{e^{0,010 * 2318,37 / 49 * 4,186}} = 83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Es evidente la disminución de la temperatura del fluido calefactor debido a que el agua al fluir por el serpentín ofrece calor a la mezcla contenida en el cilindro, la disminución no es notoria debido a que las cantidades de materia y dimensiones no son abundantes, por lo tanto, el espacio y tiempo recorrido del agua por el serpentín no es prolongado haciendo que no presente cambios significativos de temperatura.

4.2.4 Selección de los equipos y herramientas es importante aclarar que existen algunos procesos que no necesitan de una maquinaria para realizarse, pero si algunos elementos o herramientas que permitan su realización o seguridad e higiene.

4.2.4.1 Acondicionamiento de materias primas Para el acondicionamiento de materias primas es necesario tener claros los parámetros dados en los numerales 2.1.1.2 y 2.2.1.1 Los cuales especifican el tipo de planta y de corte necesario para que esta haga parte del proceso.

Este proceso tiene varias partes la primera es cortar las ramas de las plantas aproximadamente hasta unos 5cm de la flor para esta actividad se usará una tijera de jardinería manual y unos guantes de jardinería.

Para desprender las hojas de la caléndula no es necesario una herramienta corto punzante debido a que solo se necesita halarlas y se desprenden fácil. Por lo cual para esta operación solo es necesario tener la materia prima y el uso de guantes de nitrilo que son delicados para que no maltraten las hojas además de proteger la mano y la contaminación de la planta.

La cera de abejas viene en bloque grande por lo cual es importante cortarla en trozos pequeños que permitan una mejor fusión y mezcla para este aparte de los guantes de jardinería es necesaria una herramienta de corte en caliente.

4.2.4.2 Maceración para la maceración solo se necesita del tanque y las materias primas, las dimensiones del tanque y sus especificaciones se hallaron en los numerales 4.2.2 y 4.2.3. y un control de temperatura.

4.2.4.3 Enfriamiento El enfriamiento se realiza en el mismo tanque de la maceración, pero apagado en busca de que llegue a la temperatura ambiente en un tiempo mayor, lo que permite más tiempo de contacto entre el solvente y planta.

4.2.4.4 Filtración Para la filtración es importante tener claro que esta debe ser a gravedad para prevenir la precipitación de un pigmento verde el cual suelta la planta al ser presionada. En la actualidad se usa una malla de filtración ASTM 18, la cual tiene un diámetro de un milímetro y un área de contacto de 0.1 m². Esta funciona para el proceso, por lo cual se ha decidido que no se cambiará la apertura, solamente se comprara una con el área del tanque de maceración, para disminuir la altura de la torta húmeda y aumentar así el contacto torta-malla, además, se adaptara como una tapa hermética con un caucho especial, el cual no se verá afectado por que la operación es a temperatura ambiente.

4.2.4.5 Mezclado las dimensiones del tanque y sus especificaciones se hallaron en los numerales 4.2.2 y 4.2.3. se necesita de un control de temperatura y de movimiento para asegurar que sean siempre 60 rpm y 65 °C como se vio en el capítulo 3.

4.2.4.6 Envasado Para el envasado se usará un embudo de acero inoxidable con un diámetro en la abertura superior de 22cm y un diámetro de abertura inferior de 0.5cm este envasado se realizará directamente del tanque de mezclado a los envases en los cuales se vende el producto para evitar así desperdicio mayor de sustancia recordando que esta mezcla es sólida al alcanzar la temperatura ambiente.

4.2.4.7 Enfriamiento Para el enfriamiento no es necesaria la refrigeración es el simple contacto de la sustancia con el ambiente el que realiza la trasferencia de calor. Este proceso como se nombró en el numeral 3.5.1 solo necesita de 14 minutos para garantizar la consistencia deseada de la pomada.

4.2.4.8 Tapado y sellado para este proceso no es necesario ningún equipo, solo se utilizan guantes de nitrilo para disminuir la contaminación en el producto, las tapas son transparentes para apreciar la pomada sin necesidad de destaparlas y se rotula con los datos de la empresa, de contenido y fecha de vencimiento para asegurar al cliente la compra de un producto en buen estado.

Para la fecha de vencimiento se calcula dos años a partir de la fecha de expedición, no quiere decir que en este tiempo la pomada pierda sus propiedades, pero a partir de esa fecha empieza a presentar unos cambios en su textura y pierde poco a poco su resistencia a la temperatura corporal o ambiente.

4.3 DISEÑO DE PLANTA

Teniendo claro el diseño de maquinarias es importante realizar el diseño o distribución de planta para este tenemos que tener claridad de la distribución en el diagrama de flujo y la relación con otras partes de la planta. Para evitar accidentes o tiempos muertos en la producción.

Para realizar un diseño de planta es necesario tener claro el lugar donde se instalará dicha planta en este proyecto se partirá de que es un lugar con todas las necesidades como fácil acceso al lugar, con los servicios de luz y agua, y con el espacio requerido para almacenamiento, laboratorio de análisis, parqueadero, zona de carga y descarga, oficina administrativa y de ventas, áreas de descanso y de alimentación. Como se puede apreciar en la ilustración 30.

Ilustración 30. Plano de la planta



En este plano o diseño general de la planta se puede apreciar en más detalle en el anexo C. Las líneas amarillas demarcan las entradas principales y en el plano los ángulos de 90° muestran las puertas que hay en la planta para el acceso entre un lugar y otro. Este esquema se divide en dos zonas.

4.3.1 Zona 1 o de producción es la que está en color blanco y la cual contiene todos los procesos que hacen parte de la producción de la pomada como lo son la zona de carga y descarga, almacenamiento y acondicionamiento de materias primas, la zona de producción, zona de sellado y etiquetado y el laboratorio.

4.3.1.1 Zona de carga y descarga esta tiene una entrada en la parte frontal de la planta con una entrada que permite la entrada del camión en el cual llegan las materias primas y sale el producto terminado, además, esta zona tiene espacio para guardar un carro y una moto por si es necesario. Tiene un estante para organizar las cajas que ya están listas para ser enviadas a los clientes.

4.3.1.2 Almacenamiento y acondicionamiento de materias primas en esta zona se realiza el corte de las plantas de caléndula además del almacenamiento de la cera de abejas y el aceite el cual se realiza en un organizador en el cual se tiene separadas las materias primas en las cantidades exactas para que solo sea ingresarlas al proceso. A parte del organizador cuenta con una mesa, sillas y una caneca para depositar únicamente el sobrante de las plantas de caléndula lo cual se devuelve a los proveedores de la caléndula. Para ellos es un residuo valioso para usar como abono.

4.3.1.3 Zona de producción es la parte fundamental de la planta incluye 3 operaciones unitarias esenciales como lo son: el macerado, la filtración y el mezclado. Esta además de ser la parte fundamental es la de mayor riesgo en seguridad por el manejo de temperaturas hasta de 80°C por lo cual se encuentra separada de las demás actividades. En esta zona tenemos el calentador del agua que ingresara al serpentín, el tanque de mezclado y macerado, el filtro y medidores de temperatura para su control.

4.3.1.4 Zona de sellado y etiquetado el producto lleva dos sellos uno que lo idéntica al llevar la marca la cual está en la parte de arriba como se ve en la ilustración, y en su parte posterior la información relevante del producto y es sellado con una cinta que permite a los clientes tener la seguridad de un producto completo y seguro.

Ilustración 31. Sello principal de CalenDae



Ilustración 32. Información del producto

Contenido 15 gr

Composición: aceite de almendras, cera de abejas y extracto natural de caléndula.

Instrucciones de uso: aplicar directamente sobre la piel en la zona afectada.

Advertencias: si observa alguna reacción desfavorable, suspensa su uso.

Producto no toxico

4.3.1.5 Laboratorio el laboratorio hace parte del proceso porque es el que asegura la calidad con la que se está realizando el producto. Este está en constante trabajo ya que es bueno hacer verificación en todas las partes del proceso, desde las materias primas hasta que esta sellada la pomada.

4.3.2. Zona 2 o administrativa aquí se encuentran el resto de actividades que logran que CalenDae sea una empresa productiva. Como la parte administrativa o de ventas y los lugares para que los empleados puedan tomar una pausa activa o descanso.

4.3.2.1 Zona administrativa está compuesta por 3 escritorios el de la secretaria y los dos de ventas para empezar. En este sitio tiene un baño para clientes y empleados. Estos espacios cuentan con computador, teléfonos y demás elementos necesarios para su funcionamiento.

4.3.2.2 Zona de descanso cuenta con un baño, una mesa y un microondas para que los trabajadores puedan consumir sus alimentos. Este espacio está dado para que cada uno pueda tomar sus horas de almuerzo y en comodidad. Además de otros espacios en los que necesiten salir del estrés y tomar una pausa activa.

5. ANÁLISIS DE COSTOS

Para el análisis de costos son varios parámetros los que se deben tener en cuenta como lo son los costos de inversión o fijos y los variables o de proceso. Para hallar el costo total para arrancar con la primera producción y lo necesario para iniciar del segundo mes en adelante.

5.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN O VARIABLES

Son aquellos que representan un gasto mensual. Entre ellos se encuentran el lugar con los servicios públicos, materias primas e insumos, la papelería y el sueldo de los empleados.

En la tabla 11. Se encuentran los costos mensuales de materias primas calculados por kilogramos y el valor de los insumos que en este caso son los frascos y los sellos para la identificación de cada una de las 2000 pomadas.

Tabla 11. Costos de materias primas e insumos.

Materias primas			
kg	Producto	Valor kg	Total
5,986	Aceite de almendras	\$5.945,17	\$35.587,7876
1,645	Cera de abejas	\$8.093,22	\$13.313,3469
0,395	Caléndula	\$31.897,92	\$12.599,6784
Insumos			
Cant.	Producto	Valor unit	Total
2000	envase pomo x 20g	\$384	\$768.000
2000	stikers x2	\$41,66	\$83.320
Total			912820,813

En la tabla 12. Se pueden apreciar los costos de la mano de obra que en este caso son el salario de los tres empleados con sus prestaciones de ley. Este valor aumenta según la ley cada año y es un costo variable porque es necesario tenerlo en cuenta cada mes.

Tabla 12. Costos de mano de obra.

Trabajador	Cargo	Sueldo	Prestaciones	Total
1	ingeniero químico	\$1'400.000	600000	2000000
2	ingeniero químico	\$1'400.000	600000	2000000
3	Secretaria	\$900.000	450000	1350000

En el cuadro 12 se encuentra el costo de arriendo este costo se obtuvo buscando en una página web llamada metro cuadrado la cual es un conjunto de apartamentos casas y oficinas para arrendar o comprar. Se tomó este valor gracias a que era un lugar que contaba las especificaciones de espacio y en una buena ubicación en Bogotá como lo es chapinero central. Y los costos de luz y energía no son un valor exacto son solamente el promedio de los recibos en este lugar. Pero no podemos saber con exactitud cuál es el costo ni cuanto cambiara entre un mes y otro.

Cuadro 12. Costos de arriendo y servicios.

Arriendo	\$1'350.000
Energía	\$150.000
Agua	\$100.000

Los costos de papelería se muestran en el ANEXO C en la cotización de General Supply SAS pero solo son los que tienen un * (asterisco) al final del producto. Estos costos tienen un valor de \$293.930.

Para hallar el total se suman los resultados anteriores como se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Total de costos variables.

Costo	Valor
Materia prima e insumos	\$912.821
Costos de mano de obra	\$5.350.000
Costo de arriendo y servicios	\$1.600.000
Papelería	\$293.930
Total	\$8.156.751

5.2 COSTOS FIJOS O DE INVERSIÓN

Los costos fijos son los que en teoría se pagan solo una vez ya que no se tiene en cuenta que todo tiene una vida útil. Entre estos se encuentra la maquinaria y herramientas de trabajo, los muebles y enseres. Estas cotizaciones se realizaron en diferentes empresas (Anexo C), y en el cuadro 14 se muestra el valor de estos activos en cada cotización y su respectivo anexo.

Cuadro 14. Valores de los activos fijos por cotización.

Ilustración	Nombre de la empresa cotizante	Costo cotización
41	Homecenter	\$2.882.000
42	General Supply	\$4.899.825
43	Electro Agroindustria	\$648.550
44	Industrias Beyfor	\$1.142.400
45	Quimibermul	\$296.303
46	Indemetal	\$5.033.700

En la cotización realizada por General Supply SAS es la única en la que se encuentran tanto costos fijos como variables por lo cual se marcaron con un * (asterisco), al final del producto los que son de costo variable para no sumarlos en esta parte y si se involucraron en el numeral anterior.

El total de los costos fijos o de inversión es \$14.902.778

Ya teniendo el valor de los costos fijos y variables solo queda sumarlos para obtener el valor total para iniciar el proceso de producción del primer mes.

Cuadro 15. Costo total inicio del proyecto.

costos fijos	\$14.902.778
costos variables	\$8.156.751
Total	\$23.059.529

5.3 INGRESOS

Los ingresos mensuales se obtienen multiplicando la cantidad de pomadas (2000) por el costo unitario (\$5.000). Lo cual da un valor de \$10'000.000 de pesos mensuales. A este valor se le restan los costos variables (\$8.156.751) y ese 1'843.249 restantes son los que se usaran para hacer el pago de los activos fijos. Para cumplir por completo ese pago y teniendo claro que el pago se realiza a los dos socios inversionistas los cuales reciben al final en valor exacto de la inversión sin intereses, el tiempo que tomaría completarlo es de 8 meses aproximadamente.

Para hacer este análisis es importante aclarar que el precio de cada pomada de 15g es de \$5.000. Este valor se obtuvo luego de un análisis de los precios en el mercado como el de la empresa Vitalya.com que vende la pomada de caléndula en la presentación de 10g por \$5.900 como se puede apreciar en el anexo D7. Entre otras pequeñas empresas como Natuell fharma, farmalisto, Naturar, entre otras. Con las cuales se entraría a competir.

6. CONCLUSIONES

- En Colombia la normatividad para los productos fitoterapéuticos es escasa y esta actividad no está regulada de la mejor manera, al no tener parámetros fijos de las cualidades y cantidades que debe poseer un producto de esta clase para salir a la venta.
- Las características organolépticas de la pomada priman para CalenDae al momento de definir si el producto tiene buena calidad y los parámetros de estas características al no estar regidos por la ley son los propuestos por la misma empresa.
- Mediante la elaboración de la pomada CalenDae, se determinó y se controló las variables en el proceso que condicionan la calidad del producto terminado. Tanto el control de temperatura, El pH, y los tiempos de operación se establecieron en las diferentes operaciones unitarias, para la tecnificación del proceso que venía siendo netamente artesanal y empírico.
- Las condiciones que se establecieron para el proceso, van fundamentadas hacia el cuidado de las materias primas, como lo son la caléndula, el aceite de almendras y la cera de abejas, ya que una falta de control de estas condiciones, puede afectar irreversiblemente el proceso y por ende las propiedades de la pomada CalenDae.
- Por medio del balance de materia hecho en el laboratorio, Se realizó el balance de materia con respecto a una producción establecida de 500 pomadas semanales de 15 gramos, La cual se consideró como base de cálculo para determinar la capacidad de materia que entra a cada etapa del proceso para su posterior dimensionamiento.
- Conforme a la naturaleza del proceso, se establecieron las exigencias y requisitos necesarios para la selección de los equipos a utilizar, se determinó que la forma cilíndrica vertical es apta para la geometría de almacenamiento, un agitador tipo turbina para el sistema de agitación y el serpentín como sistema de calentamiento.
- Mediante la producción establecida como base de cálculo de 500 pomadas de 15 gramos y contemplando el proceso como tipo batch o por lotes y de estado inestable, se dispuso de los correspondientes cálculos y estimaciones para la determinación de las dimensiones básicas necesarias de los equipos seleccionados.
- El proyecto es viable, al obtener ganancias desde el primer mes que aunque se usen para pagar la deuda del capital para iniciar. Es importante aclarar que CalenDae es un producto que se está empezando a distribuir así que las ganancias del primer mes que se nombraron anterior mente son en el caso de que se vendan todos los productos de los 4 lotes mensuales. De lo contrario como toda empresa empieza a ver ganancias cuando alcanza el equilibrio financiero, como el que se plantea en este trabajo.

7. RECOMENDACIONES

- Para estudios próximos se recomienda realizar la encuesta a una cantidad mayor de personas para asegurar una mejor claridad y satisfacción de los resultados.
- Realizar un estudio de un producto fitoterapéutico que aproveche las cualidades de otra de las plantas encontradas en el Vademecum Colombiano.
- Las condiciones de proceso establecidas llegan a una fundamentación netamente teórica, se recomienda efectuar técnicas como la espectroscopia U.V para la determinación y cuantificación de los principios activos de la caléndula, antes y después de que entren en contacto con temperaturas elevadas, con el fin de evaluar la pérdida de los principios activos.
- Con el fin de establecer la cantidad exacta de aceite de almendras absorbida por parte de las hojas de caléndula después del macerado y retiradas del filtrador, es conveniente realizar técnicas de espectroscopia UV, puesto que ayudara a identificar y cuantificar la cantidad de aceite de almendras absorbido por las hojas de caléndula, para establecer con mayor exactitud los balances de materia sin tener factores de incertidumbre en la etapa de la filtración.
- Las hojas de caléndula retiradas del filtrado pueden ser estudiadas y evaluadas para establecer un proceso alterno o de recuperación, con el fin de garantizar el máximo uso de las materias primas del proceso.
- Se recomienda realizar este estudio para una producción mayor en busca de hacer mayor las ventas y ganancias de este producto
- Se recomienda realizar un análisis de mercado y financiero exhaustivo para tener con claridad los valores de demanda y oferta.

BIBLIOGRAFÍA

INDUSTRAY, Manual de cálculo

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentación. Presentación de Tesis, trabajos de grado, trabajos de investigación. NTC 1486 sexta actualización. Bogotá D.C. El instituto, 2008

Referencias Documentales para fuentes de información electrónica.

NTC 4490. Bogotá: 2008. P 2

KERN, Donald Q. Procesos de transferencia de calor editorial continental S.A México, 1997

LONDOÑO, (2011). Aprovechamiento agroindustrial de la caléndula (*calendula officinalis*) mediante la producción de un gel desinflamatorio a partir de celulosa. Santiago de Cali, Colombia

MARIA Arbolea, Obtención de oseína, fásfato dicalcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “PRODUCTOS ALIMENTICIOS DON RAFA LTDA”, Manizales, Colombia

NOE BAUTISTA, ARIADNA MARTINEZ, Diseño mecánico de quipos, Instituto tecnológico de Orizaba

PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. McGraw Hill. 1999

Referencias Bibliográficas. Contenido, Forma y estructura. NTC 5613.2008

ANEXOS

ANEXO A

DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA DE LOS PROCESOS DE LABORATORIO

Ilustración 33. Proceso de macerado en el laboratorio



Ilustración 34. Proceso de filtración en el laboratorio



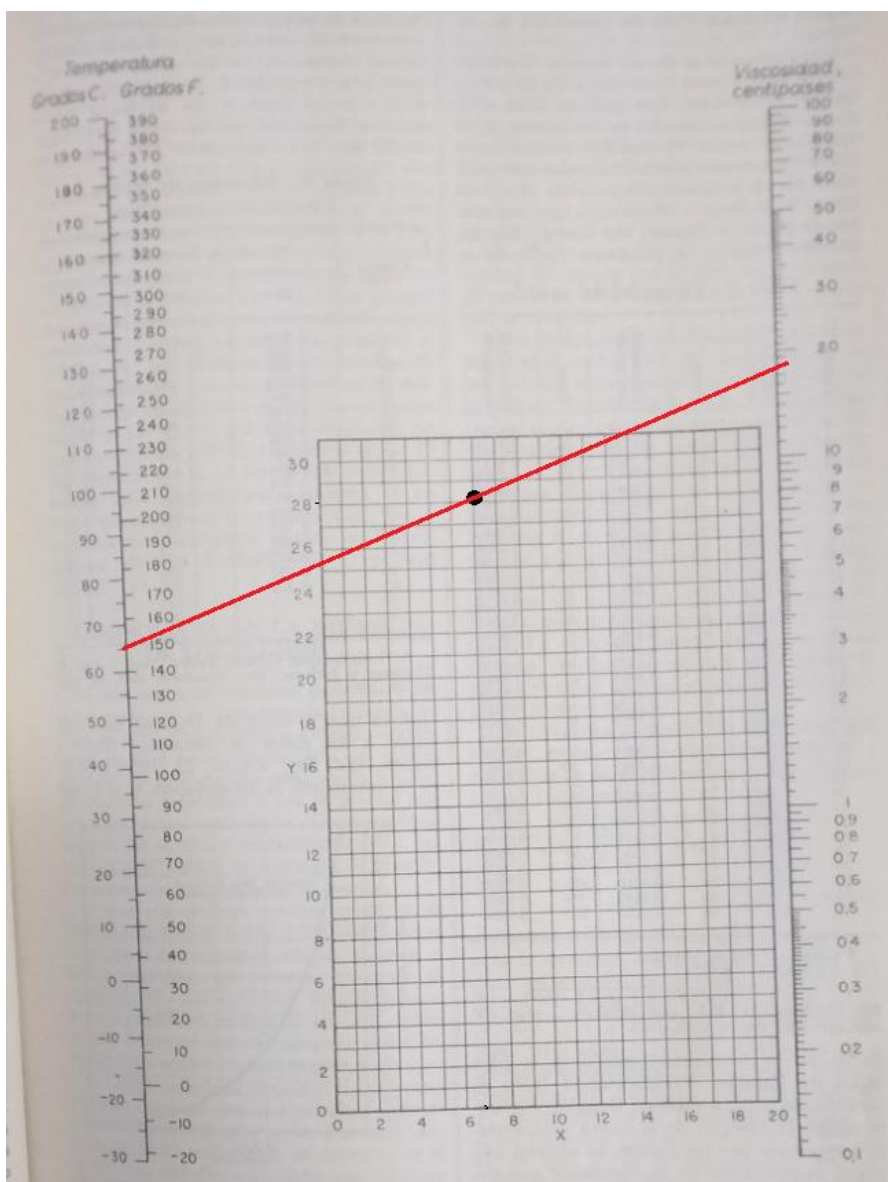
Ilustración 35. Proceso de mezclado en el laboratorio



ANEXO B

TABLAS DE APOYO PARA CÁLCULO

Ilustración 36. Nomograma para la predicción de la viscosidad en líquidos a 1 atm



Fuente: viscosidad de líquidos. (Perry, "chemical engineers handbook" 3a. ed., McGraw-Hill book company, inc, new york, 1950)

Ilustración 37. Dimensiones de tubería de acero (IPS)

A P E N D I C E

TABLA 11. DIMENSIONES DE TUBERIA DE ACERO (IPS) 949

Tamaño nominal del tubo, IPS plg	DE, plg	Cédula No.	DI, plg	Área de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lineal, pies ² /pie		Peso por pie lineal, lb de acero
					Exterior	Interior	
1/8	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.070	0.25
		80†	0.215	0.036			
1/4	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072			
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141			
1/2	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235			
3/4	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432			
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718			
1 1/4	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28			
1 1/2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76			
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95			
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23			
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61			
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5			
6	6.625	40*	6.065	28.9	1.734	1.590	19.0
		80†	5.761	26.1			
8	8.625	40*	7.981	50.0	2.258	2.090	28.6
		80†	7.625	45.7			
10	10.75	40*	10.02	78.8	2.814	2.62	40.5
		60	9.75	74.6			
12	12.75	30	12.09	115	3.338	3.17	43.8
14	14.0	30	13.25	138	3.665	3.47	54.6
16	16.0	30	15.25	183	4.189	4.00	62.6
18	18.0	20‡	17.25	234	4.712	4.52	72.7
20	20.0	20	19.25	291	5.236	5.05	78.6
22	22.0	20‡	21.25	355	5.747	5.56	84.0
24	24.0	20	23.25	425	6.283	6.09	94.7

* Comúnmente conocido como estándar.
 † Comúnmente conocido como extragrueso.
 ‡ Aproximadamente.

Fuente: procesos de transferencia de calor donald kern

Ilustración 38. Valores aproximados de los coeficientes totales para diseño

TABLA 8. VALORES APROXIMADOS DE LOS COEFICIENTES TOTALES PARA DISEÑO. LOS VALORES INCLUYEN UN FACTOR DE OBSTRUCCION TOTAL DE 0.003 Y CAIDA DE PRESION PERMISIBLE DE 5 A 10 LB/PLG² EN LA CORRIENTE QUE CONTROLE

Enfriadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Metanol	Agua	250-500 ⁴
Amoniaco	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Agua	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras ¹	Agua	75-150
Sustancias orgánicas medias ²	Agua	50-125
Sustancias orgánicas pesadas ³	Agua	5- 75
Gases	Agua	2- 50
Agua	Salmuera	100-200
Sustancias orgánicas ligeras	Salmuera	40-100
Calentadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Vapor de agua	Agua	200-700 ⁴
Vapor de agua	Metanol	200-700 ⁴
Vapor de agua	Amoniaco	200-700 ⁴
Vapor de agua	Soluciones acuosas:	
Vapor de agua	menos de 2.0 cp	200-700
Vapor de agua	Más de 2.0 cp	100-500 ⁴
Vapor de agua	Sustancias orgánicas ligeras	50-100
Vapor de agua	Sustancias orgánicas medias	100-200
Vapor de agua	Sustancias orgánicas pesadas	6-60
Vapor de agua	Gases	5-50 ⁶
Intercambiadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 ⁴
Soluciones acuosas	Soluciones acuosas	250-500 ⁴
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas ligeras	40-75
Sustancias orgánicas medias	Sustancias orgánicas medias	20-60
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas pesadas	10-40
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas ligeras	30-60
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas pesadas	10-40

FUENTE: Procesos de transferencia de calor, Donald Q. Kern tabla 8

CONSIDERACIONES PARA EL USO DE LA TABLA 8

- Las sustancias orgánicas ligeras son fluidos con viscosidades menores de 0,5 centipoises e incluyen benceno, tolueno, acetona, Etanol, Metil-etil-cetona, keroseno y nafta
- Las sustancias orgánicas medias tienen viscosidades de 0,5 a 1,0 centipoises e incluyen Kerosén, strawoil, gasoil caliente, aceite de absorbedor caliente y algunos crudos
- Sustancias orgánicas pesadas tienen viscosidades mayores de 1,0 centipois e incluyen gasoil frío aceites lubricantes, petróleo combustible, petróleo crudo reducido, breas y asfaltos
- Factor de obstrucción de 0,001
- Caída de presión de 20 a 30 lb/plg²
- Estas tasas están influenciadas grandemente por la presión de operación

ANEXO C PLANOS DE LA PLANTA

Ilustración 39. Plano en 2D planta



Realizado en Floor Planner link: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/fp-export/exports/2d/fc237421737631db29b35a390059eb7652e4d93c.png>

Ilustración 40. Plano en 3D planta



REALIZADO EN FLOOR PLANNER link : <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/fp-export/exports/3d/project/48829151/48829151-top.png>

ANEXO D COTIZACIONES

Ilustración 41. Cotización activos fijos Homecenter



Bogotá D.C., 07 de Junio de 2017

Señores.

GENERAL SUPPLY S.A.S

Ciudad

Asunto: Cotización No. **99-68070**

En atención a su requerimiento realizado en nuestro canal de Servicio de Ventas Telefónicas, nos permitimos enviarle la cotización de los productos solicitados. Gracias por preferirnos.

COTIZACION DE MERCANCIA

DOCUMENTO NO VALIDO PARA ENTREGA DE MERCANCIA			
ALMACEN:	VENTA A DISTANCIA BOGOTA	DIRECCION:	CRA 68D NO 80 - 70
NUMERO:	99-68070	CIUDAD:	BOGOTA, D.C.
CLIENTE:	GENERAL SUPPLY SAS	DIRECCION CLIENTE:	CL 152 A # 109 - 44 AP 202
TELEFONO:	3202748754 - 6921040	FAX:	
CEDULA/NIT:	9000482958	E-MAIL:	dianis_2424@hotmail.com
ASESOR:	LUIS EDUARDO VARGAS AGUIRRE	CONTACTO:	
OBSERVACIONES:			

PRODUCTOS DE LA COTIZACION						
Código	Producto	Precio	Cant	Precio Total	Dcto Total	Total Neto
55630	CARRO CARGA PLEGABLE 80Kg REDLINE	97.900	1	97.900	0	97.900
142069	ESCRITORIO 1CAJ 1GAV NAPOLES 74x120x50cm WENGUE	219.900	1	219.900	0	219.900
299753	ESCRITORIO C/PUERTA 75X120X50cm CARAMELO	154.900	2	309.800	0	309.800
298027	ESTANTERIA METAL C/TORNILLOS 180X90X30CM 5N GRIS	134.900	4	539.600	0	539.600
271235	GUANTE INGENIERO VAQUETA PROPACK 5 PARES REDLINE	47.900	1	47.900	0	47.900
251343	HORNO MICROONDAS 0.7 INOX	217.900	1	217.900	0	217.900
68885	LAVAMANOS COLGAR ACUACER BLANCO	52.900	1	52.900	0	52.900
282893	LAVAPLATO MARACAIBO 100X50CM IZQUIERDO	102.900	1	102.900	0	102.900
310088	SET X2 PAPELERAS PEDAL 10LT NO RECICLABLE+PAPEL	39.900	2	79.800	0	79.800
258549	SILLA ESCRITORIO C/BRAZOS NEGRA	154.900	3	464.700	0	464.700
157336	SP CANECA PLAST RECT C/TAP ORIF PAPEL CART 20lt G	32.900	1	32.900	0	32.900
308850	SP SILLA COMEDOR MORADA	89.900	3	269.700	0	269.700
70410	TANQUE No.2 65 lt AZUL	26.900	1	26.900	0	26.900
298835	VD COMBO SUPER ECONOMICO CON PEDESTAL COLOR BONE	209.900	2	419.800	0	419.800
Subtotal Productos			24	2.882.600	0	2.882.600

SERVICIO DE TRANSPORTE						
Código	Producto	Precio	Cant	Precio Total	Dcto Total	Total Neto
314636	SERVICIO DE TRANSPORTE FACTOR 1	39.800	1	39.800	0	39.800

Subtotal Transportes			1	39.800	0	39.800
-----------------------------	--	--	---	--------	---	--------

TOTALES DE LA COTIZACION						
Subtotal			25	2.922.400	0	2.922.400
Rte Fuente						0
Rte ICA						0
TOTAL						2.922.400

COMPRA POR TELÉFONO 01 8000 12 7373
Línea gratuita nacional, celular o fijo

*Lo soñamos,
Juntos lo hacemos*

Ilustración 42. Cotización activos fijos y costos mensuales General Supply

		<h1 style="text-align: center;">GENERAL SUPPLY</h1> <h2 style="text-align: center;">OFFICE S.A.S.</h2>			
NIT. 900048295-8		Vendedor: John Fredy Romero	FECHA: COTIZACIÓN:	01/08/2017 3083	
Cant.	PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	IVA	VALOR IVA
1	PAD MOUSE CON GEL COLOR NEGRO	9000	9000	19	1710
3	AGENDA DIARIA ELIXIR*	18500	55500	19	10545
2	Tijera Podadora Manual Para Floristeria Eiskars	90000	180000	19	34200
3	CALCULADORA WINGO 12 DIGITOS ZM837B ESCR	15100	45300	19	8607
3	RESALTADOR BIC MANAUS AMARILLO*	1100	3300	19	627
1	MESA REDONDA 80 cm NEGRA	170000	170000	19	32300
4	Silla de Oficina K-LINE 8003 Negra	80000	320000	19	60800
2	DISPENSADOR PAPEL HIGIENICO JUMBO	29600	59200	19	11248
2	PAP. HIG. JUMBO FAMILIA BCO 250 MT HS*4*	24500	49000	19	9310
2	JABON FAM. LIQUIDO P/MANOS SUAVE 475 ml*	11000	22000	19	4180
4	TOALLA PEQ. PARA MANOS*	2000	8000	19	1520
2	AMBIENT. BRIZZE 360 ml. MANZANA, CANELA*	6000	12000	19	2280
1	ESFERO BIC CRISTAL NEGRO CAJA X 12*	4000	4000	19	760
1	LIMPIAVIDRIOS PIDON *	24200	24200	19	4598
1	BOTIQUIN	27000	27000	19	5130
1	DESINFECTANTE PARA PISOS FLORAR X 20litros*	32000	32000	19	6080
1	Teléfono Inalámbrico Panasonic ConteTGC363 X3	300000	300000	19	57000
1	DETERGENTE MULTIUSOS LIMON X 20 litros*	33000	33000	19	6270
1	ESCOBA NYLON SUAVE*	4000	4000	19	760
2	GUANTES AMARILLOS TALLA 8	3500	7000	19	1330
3	PC All in One HP 20-C018 A4 19.5" Blanco	1000000	3000000	19	570000
TOTAL			4384500		
IVA			829255		
TOTAL PAGAR			5193755		

Ilustración 43. Cotización activos fijos Electro Agroindustria S.A.S.



cant.	productos	valor	valor con IVA	total
1	Bomba Barnes 1/2 HP	180000	214200	214200
1	moto reductor 90W 60 rpm	365000	434350	434350
			total	648550
			IVA	123224,5

electroagroindustrial@gmail.com - Cel.: 316 866 8447
 CARRERA 24 No. 7 - 85 - 93 • Tel.: 566 4105 - 247 6933 - Bogotá, D.C.

Ilustración 44. Cotización activos fijos Industrias Beyfor



NIT. 900398300-8

PUNTO DE FABRICA

Tel. 7537596



COTIZANTE Darwin Alejandro Monroy Garcia

NIT 1073511468

CANTIDAD	PRODUCTO	PRECIO	IVA	TOTAL
1	CALENTADOR ELECTRICO AC. 304 C20 1600 CM3 TERMOSTATO	\$960000	\$182400	\$1142400

TOTAL 1142400,0

Ilustración 45. Cotización activos fijos Quimibermul

QUIMIBERMUL				
NIT. 41897842-3				
CANT.	PRODUCTO	IVA	PRECIO	VALOR
2	VASO PRECIPITADO 250 ml	19	7327,59	14655,18
1	VASO PRECIPITADO 600 ml	19	9482,76	9482,76
5	TUBO DE ENSAYO FLAMEABLE MEDIANO	19	1724,14	8620,7
1	GRADILLA PLASTICA PEQ.	19	5630,45	5630,45
1	VIDRIO RELOJ 80 mm	19	4741,38	4741,38
1	VIDRIO RELOJ 100 mm	19	6465,52	6465,52
1	PIPETA GRADUADA 10 ml	19	6034,48	6034,48
1	PIPETEADOR DE CREMALLERA	19	32000,54	32000,54
1	TERMOMETRO LAB. HASTA 200°C	19	15948,28	15948,28
1	PICNOMETRO 20 ml	19	17672,41	17672,41
1	CINTA pH ROLLO	19	21551,72	21551,72
1	GUANTES DE NITRILO CAJA X 100 pcs	19	18500	18500
30	TAPA BOCAS 3 FILTRO	19	500	15000
1	GRAMERA	19	120000	120000
			TOTAL	296303,42

Ilustración 46. Cotización activos fijos Indemetal S.A.S.


		Carrera 29 No. 8-71 Teis (+571) 3702505 - (+571) 2018592 Movil 318 5863796 E-mail: indemetal@outlook.com Bogotá - Colombia Skype INDEMETAL S.A.S		COTIZACION No. 1555	
DIANA MARCELA AREVALO					
NIT:		1 019.079.476		CONTACTO: 3202748754	
CIUDAD		BOGOTÁ		FECHA DE EMISION: 08/06/2017	
TELEFONO / FAX:				FECHA DE VENCTMIE 23/06/2017	
VALIDEZ		15 DIAS CALENDARIO		LUGAR DE ENTREGA NUESTRAS INSTALACIONES	
FORMA DE PAGO		50 % ORDEN DE COMPRA SALDO CONTRA ENTREGA			
ASESOR COMERCIAL/VENDEDOR		MANUEL HERNANDEZ			
ITEM	DESCRIPCION	CANT.	VR. UNITARIO	VR. TOTAL	
1	Tanque con serpentín Diam 19 cm x 38 cm alto Ainox cal 14 316 capacidad 11 litros.	1	780.000,00	780.000,00	
2	Tanque con serpentín Diam 17 cm x 35 cm alto Ainox cal 14 316 capacidad 9 litros	1	650.000,00	650.000,00	
3	Mesas de 160 x 160 x 90 de altura Ainox cal 18 304 con tubo cuadrado 1 1/2"	2	1.200.000,00	2.400.000,00	
4	Tamiz Diam 17 cm con perforación de 1mm	1	250.000,00	250.000,00	
5	Ajitador eje 5/8 con aleta 3/16 x 5 cm x 5 cm	1	150.000,00	150.000,00	
6				0,00	
7				0,00	
8				0,00	
9				0,00	
10				0,00	
11				0,00	
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19				0,00	
			SUB- TOTAL :		4.230.000,00
			DESCUENTO %		0,00
			BASE IVA:		4.230.000,00
			IVA 19%:		803.700,00
			TOTAL:		5.033.700,00
ELABORO:		ALEJANDRA FERIA PACHECO			

Ilustración 47. Cotización de la pomada de caléndula en Vitalya

POMADA CALÉNDULA X 10GRS NATURFAR

Sea el primero en opinar sobre este producto



- Presentación: Pote por 10 grs.
- Uso terapéutico: Cicatrizante y antiinflamatorio.
- Dosis: Aplicar sobre el área afectada tres veces al día.
- Composición: Cada 100 g contiene extracto oleoso de flores de caléndula (Caléndula officinalis) 18 mL.

\$ 5.900

Disponibilidad: Disponible

FUENTE: VITALYA.COM LINK: <http://vytalia.com/pomada-calendula-x-10grs-naturfar-piel-sistema-digestivo-bogota-vytalia.html>

ANEXO E
ENCUESTA

Ilustración 48. Formato de encuesta


CalenDae

Pruebas de resistencia a la temperatura corporal

NA: la muestra no es de su agrado ya sea porque su consistencia es demasiado blanda lo que causa que se unte más de lo necesario, o que sea demasiado dura y no sea fácil tomar una cantidad de la pomada para aplicársela.

A: la muestra es de su agrado ya que toma la cantidad necesaria para aplicarse.

SEXO	EDAD	M.1	M.2	M.3	M.4	M.5	M.6	M.7
masculino	18							
femenino	23							
masculino	45							
femenino	50							
femenino	37							


 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES




Nosotros **Diana Marcela Arévalo Giraldo** y **Darwin Alejandro Monroy García** en calidad de titulares de la obra **Desarrollo de la ingeniería conceptual para la producción de la pomada CalenDae a base de extracto natural de caléndula**, elaborada en el año **2016**, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	X
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	

Licencias completas: http://co.creativecommons.org/?page_id=13

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a sus autores.

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

AUTORIZAMOS	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	X	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	X	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaremos, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		X

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los 19 días del mes de Agosto del año 2017.

LOS AUTORES:

Autor 1

Nombres	Apellidos
Diana Marcela	Arévalo Giraldo
Documento de identificación No	Firma
1019079476	

Autor 2

Nombres	Apellidos
Darwin Alejandro	Monroy García
Documento de identificación No	Firma
1073511468	