

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BATIDORA PARA
CREMAS MEDICINALES CON UNA CAPACIDAD DE 10 L/H PARA LA
“FUNDACIÓN FAMILIA SALESIANA”

AUTOR:
ROBERTO CARLOS NECPAS QUILO

TUTOR:
WILLIAM GUSTAVO DÍAZ DÁVILA

Quito, agosto del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo **Roberto Carlos Necpas Quilo**, con documento de identificación No **1725501751**, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BATIDORA PARA CREMAS MEDICINALES CON UNA CAPACIDAD DE 10 L/H PARA LA FUNDACIÓN FAMILIA SALESIANA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Roberto Carlos Necpas Quilo
C.I. 172550175-1

Quito, agosto del 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA BATIDORA PARA CREMAS MEDICINALES CON UNA CAPACIDAD DE 10 L/H PARA LA FUNDACIÓN FAMILIA SALESIANA”, realizado por Roberto Carlos Necpas Quilo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2019



William Gustavo Díaz Dávila

C.I. 040092618-4

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a Dios, a mis maravillosos padres y a mis increíbles hermanas que, con su gran ejemplo, apoyo y trabajo siempre me mostraron el camino correcto de lograr los objetivos en la vida.

Roberto Carlos Necpas Quilo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme a lo largo en el desarrollo de este proyecto, a mi padre Carlos, a mi madre Rosa, a mi hermana Deyse, Jessica y a cada uno de mis amigos que hicieron que la finalización de esta etapa en mi vida sea tan fructífera y gratificante.

Gracias a mi tutor Ing. William Díaz que con sus conocimientos y ayuda permitió que este proyecto llegue a buen recaudo.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a todos sus docentes del campus Kennedy, el Girón y Sur por los beneficiosos conocimientos, grandes experiencias compartidas a lo largo de mi formación profesional.

A la Fundación Familia Salesiana por permitirme aplicar los diferentes conocimientos en ingeniería en el proceso de elaboración de pomadas medicinales.

Roberto Carlos Necpas Quilo

ÍNDICE

Cesión de derechos de autor.....	i
Declaratoria de coautoría del docente tutor	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract	xiv
Introducción	1
Objetivos	2
Objetivo general	2
Objetivos Específicos.....	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Antecedentes Generales	3
1.2 Definición.....	4
1.3 Aceite Vegetal de Girasol	4
1.3.1 Girasol.....	5
1.3.2 Composición	5
1.3.3 Propiedades Físicas y Químicas	5
1.3.4 Aplicaciones Farmacéuticas	5
1.3.5 Usos	6
1.4 Cera de Abeja.....	6
1.4.1 Cera de abeja.....	6

1.4.2	Composición Química	6
1.4.3	Propiedades Físicas y Químicas	6
1.4.4	Aplicaciones Farmacéuticas	7
1.4.5	Usos	7
1.5	Aceite Esencial de Pino.....	7
1.5.1	Pino	7
1.5.2	Composición Química	8
1.5.3	Propiedades Físicas y Químicas	8
1.5.4	Aplicaciones Farmacéuticas	8
1.5.5	Usos	8
1.6	Aceite Esencial de Ciprés.....	8
1.6.1	Ciprés	8
1.6.2	Composición Química	9
1.6.3	Propiedades Físicas y Químicas	9
1.6.4	Aplicaciones Farmacéuticas	9
1.6.5	Usos	9
1.7	Aceite Esencial de Eucalipto.....	10
1.7.1	Eucalipto	10
1.7.2	Composición Química	10
1.7.3	Propiedades Físicas y Químicas	10
1.7.4	Aplicaciones Farmacéuticas	11
1.7.5	Usos	11
1.8	Aceite Esencial de Romero	11
1.8.1	Romero.....	11
1.8.2	Composición Química	12
1.8.3	Propiedades Físicas y Químicas	12
1.8.4	Aplicaciones Farmacéuticas	12

1.8.5	Usos	12
1.9	Aceite Esencial de Hierba Luisa	12
1.9.1	Hierba Luisa.....	12
1.9.2	Composición Química	13
1.9.3	Propiedades Físicas y Químicas	13
1.9.4	Aplicaciones Farmacéuticas	13
1.9.5	Usos	13
1.10	Formulación de las Cremas Medicinales	13
1.10.1	Formulación de las Cremas Medicinales	14
1.11	Materiales del Equipo	15
1.11.1	Acero Inoxidable 304.....	15
1.11.2	Acero Inoxidable 316.....	15
CAPÍTULO II		17
ALTERNATIVAS DE DISEÑO		17
2.1	Introducción	17
2.2	Definición Batidora.....	17
2.3	Presentación de alternativas	18
2.3.1	Alternativa 1: Mezcladora de Paletas	18
2.3.2	Alternativa 2: Batidora Planetaria.....	19
2.3.3	Alternativa 3: Batidora de Muñeca.....	19
2.4	Estudio de Alternativas	20
2.4.1	Alternativas de Batidoras.....	20
2.4.2	Parámetros de Selección	21
2.4.3	Ponderación de Criterios.....	21
2.4.4	Selección de la Batidora	22
CAPÍTULO III.....		24
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS		24

3.1	Características de la materia prima	25
3.2	RPM y potencia de la batidora	25
3.3	Capacidad de la batidora	25
3.4	Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia	26
3.4.1	Relación de Transmisión	27
3.4.2	Correa Trapecial	27
3.4.3	Poleas	28
3.4.4	Fuerza Ejercida por la Polea	29
3.5	Diseño del Eje Principal.....	29
3.5.1	Diagrama de cuerpo libre del eje	30
3.5.2	Diagrama de Fuerza Cortante (V), Momento Flector (M) y Torsión	31
3.5.3	Cálculo del Diámetro Mínimo	32
3.5.4	Determinación de la Geometría del Eje.....	33
3.6	Diseño del Volante.....	34
3.7	Diseño del Batidor.....	36
3.8	Diseño del Soporte Batidor	40
3.8.1	Fuerza en sección rectangular.....	42
3.8.1.1	<i>Fuerza del batidor</i>	42
3.8.1.2	<i>Fuerza sistema eje motriz</i>	42
3.8.2	Sección crítica.....	43
3.9	Diseño del Brazo Soporte Batidor.....	43
3.9.1	Fuerza en sección rectangular	45
3.9.2	Sección crítica.....	45
3.10	Diseño de Guía Soporte	47
3.11	Diseño de Columna de la máquina.....	49
	CAPÍTULO IV.....	53
	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	53

4.1	Generalidades.....	53
4.2	Costos directos	53
4.2.1	Costos Materiales directos	53
4.2.2	Costos Elementos normalizados	54
4.2.3	Costo maquinado de elementos	56
4.2.4	Costos montaje y pruebas	58
4.3	Costos indirectos	59
4.4	Costos de producción.....	59
4.5	Costos de ingeniería y diseño.....	60
4.6	Costo de imprevistos.....	60
4.7	Costos Totales	60
4.8	Viabilidad del proyecto.....	61
4.9	VAN, TIR Y Payback Period.....	62
4.9.1	Flujo de Caja.....	62
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	66
	Bibliografía	67
	ANEXOS.....	73
	TABLAS.....	74
	FOTOS	84
	PLANOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Crema medicinal.....	3
Figura 2. Crecimiento poblacional 1800-2018	4
Figura 3. Aceite vegetal de girasol.....	4
Figura 4. Girasol	5
Figura 5. Cera de abejas.....	6
Figura 6. Árbol de pino.....	7
Figura 7. Árbol de cipreses	9
Figura 8. Árbol de eucalipto	10
Figura 9. Romero	11
Figura 10. Planta <i>Cymbopogon citratus</i>	13
Figura 11. Empresa grupo salinas	14
Figura 12. Crema Curalipto, Curahongos, Curapres y Curabena	15
Figura 13. Batidora	17
Figura 14. Mezcladora de paletas	18
Figura 15. Batidora Planetaria	19
Figura 16. Batidora de Muñeca.....	20
Figura 17. Análisis de Resultados.....	22
Figura 18. Batidora de Cremas Medicinales.....	24
Figura 19. Eje motriz	30
Figura 20. Diagrama de Cuerpo Libre del Eje	30
Figura 21. Diagrama de Cortante (A), Momento Flector (B) y Torsión (C)	32
Figura 22. Geometría del eje.....	34
Figura 23. Volante.....	34
Figura 24. Volante con sus respectivas cargas.....	35
Figura 25. Batidor con su respectiva carga	37
Figura 26. Presión hidrostática para batidor	38
Figura 27. Análisis del eje del batidor	39
Figura 28. Soporte batidor	40
Figura 29. Soporte batidor con sus respectivas cargas.....	41
Figura 30. Sección rectangular soporte batidor	42
Figura 31. Brazo soporte batidor.....	43
Figura 32. Brazo soporte batidor y sus cargas	44

Figura 33. Sección rectangular brazo soporte batidor.....	44
Figura 34. Guía soporte.....	48
Figura 35. Fuerzas aplicadas en guía soporte	48
Figura 36. Conjunto motriz (rojo), caja (verde), motor (azul).....	50
Figura 37. Distribución geográfica de la hierba luisa	75
Figura 38. Características del Acero Inoxidable.....	76
Figura 39. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 18, pág. 69	77
Figura 40. Catálogo de bandas Optibelt, diagrama 2, pág. 74.....	78
Figura 41. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 28, pág. 84	79
Figura 42. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 10, pág. 43	80
Figura 43. Diseño en ingeniería mecánica, tabla A-20, pág. 1020	81
Figura 44. Diseño en ingeniería mecánica, tabla A-22, pág. 1023	82
Figura 45. Manual de diseño para la construcción con acero A.H.M.S.A.....	83
Figura 46. Proceso para calentar el aceite de girasol	85
Figura 47. Batido manual de las cremas medicinales	85
Figura 48. Construcción del batidor.....	86
Figura 49. Construcción sistema de transmisión de potencia	86
Figura 50. Construcción sistema de batido	87
Figura 51. Instalación sistema eléctrico.....	87
Figura 52. Construcción de la máquina finalizada.....	88
Figura 53. Entrega de máquina en Salinas - Bolívar.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población mundial.....	3
Tabla 2. Formulación cremas medicinales.....	14
Tabla 3. Ponderación de Criterios.....	21
Tabla 4. Valoración de Alternativas.....	22
Tabla 5. Producción cremas Medicinales (Actual).....	26
Tabla 6. Producción Cremas Medicinales (Planificada).....	26
Tabla 7. Masa de diferentes elementos conjunto motriz.....	46
Tabla 8. Materiales directos.....	54
Tabla 9. Elementos normalizados.....	55
Tabla 10. Maquinado de elementos.....	56
Tabla 11. Montaje y periodo de pruebas.....	58
Tabla 12. Costos Directos.....	59
Tabla 13. Costos indirectos.....	59
Tabla 14. Costos de producción.....	60
Tabla 15. Costos de ingeniería y diseño.....	60
Tabla 16. Costo de imprevistos.....	60
Tabla 17. Costos Totales.....	61
Tabla 18. Ingresos y Producción de la Fundación.....	62
Tabla 19. Flujo de caja.....	63

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina con capacidad de batir 10 l/h de pomadas medicinales para la “Fundación Familia Salesiana”, mediante una óptima selección de materiales y demás elementos que lo conforman, incentivando la producción nacional de este tipo de productos.

Para su desarrollo se ha dividido en cuatro capítulos.

El primer capítulo es un estudio teórico de las diferentes propiedades de los elementos que se usa en la producción de las cremas medicinales, iniciando con los elementos más comunes los cuales son la cera de abeja y el aceite vegetal de girasol, continuando con elementos específicos de cada pomada como son los diferentes aceites esenciales. El segundo capítulo describe las tres mejores alternativas de diseño, seleccionando sus principales ventajas y desventajas, para seleccionar la mejor alternativa en base a un adecuado análisis de sus principales características.

En el tercer capítulo en base a las propiedades recolectadas y analizadas en la primera parte se procede al diseño y selección de los mejores materiales para cada elemento que conforma la máquina tomando en cuenta las diferentes especificaciones de producción y normas sanitarias especificadas por Fundación Familia Salesiana para el presente proyecto.

Por último, se realizará un análisis económico y financiero enfocados en los costos del diseño, en los elementos normalizados, varias materias primas, así como en los diferentes costos de maquinado, mano de obra, ensamble, periodo de pruebas obteniendo un valor final, que es el valor de comercialización de la máquina.

ABSTRACT

The objective of this project is to design and build a machine with the capacity to beat 10 l / h of medicinal ointments for the "Salesian Family Foundation", through an optimal selection of materials and other elements that make it up, stimulating the national production of this type of products. For its development it has been divided into four chapters.

The first chapter is a theoretical study of the different properties of each of the elements used in the production of medicinal creams, starting with the most common elements which are bee wax and sunflower oil, continuing with specific elements of each ointment as are the different essential oils.

The second chapter describes the three best design alternatives, selecting their main advantages and disadvantages, to select the best alternative based on an adequate analysis of its main characteristics.

In the third chapter based on the properties collected and analyzed in the first part, we proceed to the design and selection of the best materials for each element that makes up the machine taking into account the different production specifications and sanitary standards specified by the Salesian Family Foundation for the present project.

Finally, an economic and financial analysis will be carried out focused on the design costs, on the standardized elements, various raw materials, as well as on the different costs of machining, labor, assembly, testing period obtaining a final value, which is the marketing value of the machine.

INTRODUCCIÓN

La industria farmacéutica con su elevado nivel de crecimiento que va de acorde con el crecimiento poblacional crea la necesidad de encontrar nuevas formas y fuentes para procesar sus compuestos, los cuales pueden estar en centros urbanos o en lugares alejados, con lo que diseñar y construir maquinaria se hace económicamente factible. Las máquinas batidoras son esenciales para una adecuada producción industrial de pomadas medicinales o cualquier otro compuesto con los costos accesibles en el mercado, su diseño y construcción se desarrollan con un gran nivel de eficiencia debido a su gran capacidad de adaptarse a los diferentes entornos en los cuales la máquina batidora podría trabajar adecuadamente.

Para lograr unos niveles óptimos de eficiencia en la máquina batidora y una adecuada combinación de los elementos es fundamental conocer la mejor aplicación de cada uno de los elementos que conforman el total de la mezcladora.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar y construir una máquina batidora para cremas medicinales con una capacidad de 10 litros/hora para la “Fundación Familia Salesiana”.

Objetivos Específicos

- Analizar la producción actual de cremas medicinales y sus derivados de la “Fundación Familia Salesiana” en donde se implementará el proyecto.
- Definir un diseño viable de la batidora para cremas medicinales en función de las necesidades de la “Fundación Familia Salesiana”.
- Comprobar la funcionalidad de la máquina batidora de acuerdo a las especificaciones establecidas.
- Realizar un análisis financiero del proyecto de diseño y construcción de una batidora para cremas medicinales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Generales

Las cremas medicinales son uno de los principales compuestos usados por la gente a lo largo de la historia, usado en aplicaciones como medicamentos debido a sus propiedades terapéuticas y analgésicas, como se observa en la figura 1.



Figura 1. Crema medicinal

Elaborado por: Roberto Necpas

Fundamentalmente las pomadas se componen de grasas como por ejemplo la grasa vegetal de girasol o la cera de abeja en diferentes proporciones y con el compuesto con el que se le da las propiedades que pueden ser diferentes aceites esenciales.

La producción de cremas medicinales tiene un incremento constante debido a que la población mundial creció ampliamente durante el último siglo.

A continuación, se encuentra la Tabla 1 del incremento de la población mundial con su respectivo gráfico, como se indica en la figura 2.

Tabla 1. Población mundial

Año	Población (millones)
1800	900
1850	1200
1900	1625
1950	2500
2000	6070
2018	7620

Elaborado por: Infolaso.com [1]

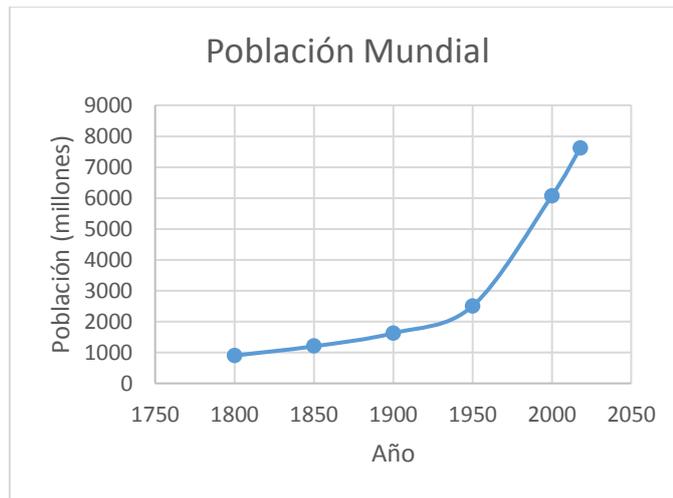


Figura 2. Crecimiento poblacional 1800-2018

Elaborado por: Roberto Necpas

1.2 Definición

Por definición las cremas son preparados semisólidos para la aplicación externa sobre la piel o las mucosas que comúnmente contienen elementos medicinales, aunque no siempre [2].

La definición de crema fue establecida en 1955. Las cremas tienen elementos oleosos, es decir bases vaselinadas, bases de emulsión, ya sea agua en aceite y las llamadas bases hidrosolubles [3].

1.3 Aceite Vegetal de Girasol

El aceite de girasol es un aceite de origen vegetal obtenido del prensado de las semillas de girasol, el producto final se lo observa en la figura 3.



Figura 3. Aceite vegetal de girasol

Elaborado por: Roberto Necpas

El aceite de girasol posee amplios beneficios para la salud como el proteger el sistema cardiovascular, previene la artritis, baja los niveles de colesterol saturados [4].

1.3.1 Girasol

El girasol es una planta de la familia de las asteráceas, crecen anualmente y es originaria de Norteamérica y Centroamérica principalmente [5], su principal característica es su tallo verde alargado y su flor con una forma similar al sol, como se lo observa en la Figura 4.



Figura 4. Girasol

Elaborado por: Mi Jardín [6]

1.3.2 Composición

Por cada 200 g de aceite se tiene esta composición: grasas saturadas 10,3 g, ácido palmítico 5,9 g, ácido esteárico 4,8 g, grasas monosaturadas 19,5 g, ácido oleico 19,5 g, grasas poliinsaturadas 65,7 g, ácido linoleico 65,7 g, entre otros.

1.3.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite vegetal de girasol posee las propiedades descritas a continuación [7]:

Densidad a 25 °C	0,915 – 0,919 [g/ml]
Índice de refracción	1,472 – 1,474
Índice de saponificación	188 – 194 [mg]

1.3.4 Aplicaciones Farmacéuticas

Tiene aplicaciones medicinales, protectoras y nutritivas evitando la aparición de arrugas y la deshidratación excesiva de la piel, aporta ácidos grasos omega 6 los cuales son necesarios para mantener un adecuado funcionamiento del corazón.

1.3.5 Usos

El aceite de girasol es usado principalmente para la producción de aceite refinado para consumo humano, el cual puede ser utilizado como aderezo para las ensaladas y como aceite de cocina.

1.4 Cera de Abeja

La cera es producida por las abejas que la segregan como líquido a través de sus glándulas cereras. Al contacto con el aire la cera se endurece y forma pequeñas escamillas de cera [8].

1.4.1 Cera de abeja

La cera de abeja natural es de color amarillo oscuro, es el material que las abejas usan para construir sus nidos, como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Cera de abejas

Elaborado por: Miel Sabinares Arlanza [9]

1.4.2 Composición Química

Los componentes principales de la cera de abeja son en (%): monoesteres 35%, hidrocarburos 14%, diesteres 14%, ácidos libres 12%, hidróxido poliésteres 8%, sin identificar 6%, hidróxidos monoesteres 4%, triesteres 3%, ácidos poliestericos 2%, ácidos estéricos 1%, alcoholes libres 1% [10].

1.4.3 Propiedades Físicas y Químicas

La cera de abeja posee las propiedades descritas a continuación [11]:

Estado físico	Sólido
Punto de fusión	62 - 65 [°C]
Punto de evaporación	250 [°C]
Densidad (a 15 °C)	0,958 – 0,970 [mg/m3]

1.4.4 Aplicaciones Farmacéuticas

La cera de abeja posee propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes por lo cual es muy utilizada en productos farmacéuticos. Elemento usado para la fabricación de cremas y pomadas como base grasa y espesante.

1.4.5 Usos

La cera de abeja tiene una amplia gama de usos que van desde el tradicional uso en la medicina hasta usos como la fabricación de adornos ornamentales.

Usado en la producción de componentes electrónicos, en obras de arte, en betunes para la limpieza del calzado, en la industria papelera, en la fabricación de velas, en la industria textil, en la confitería [10].

1.5 Aceite Esencial de Pino

El aceite esencial de pino es una mezcla de monoprenos, hidrocarburos terpénicos y alcoholes terpénicos cíclicos derivados de la destilación de la madera de varias especies de pino, en especial del *Pinus Sylvestris* [12].

1.5.1 Pino

El pino es un árbol perenne con una altura promedio de 25 metros, debido a su amplia variedad de especies es utilizado para diferentes actividades forestales, construcción, carpintería, agricultura y en la industria medicinal [13].

Los pinos crecen por arriba de los 800 metros sobre el nivel del mar por lo cual crean bosques principalmente en el área norte de Europa, Asia y Norteamérica, el pino se lo observa en la Figura 6.



Figura 6. Árbol de pino

Elaborado por: Botanical Online [13]

1.5.2 Composición Química

El aceite esencial de pino está compuesto por alcoholes terpénicos cíclicos más hidrocarburos terpénicos con trazas de ésteres. Un factor importante para conocer la composición química del aceite de pino es conocer la edad de árbol y la parte exacta de la cual se extrae la esencia.

1.5.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite esencial de pino posee las propiedades descritas a continuación [14]:

Estado físico	Líquido
Punto de Inflamación	82 [°C]
Punto de ebullición	153 – 175 [°C]
Densidad a 20 °C	0,9487 [g/ml]

1.5.4 Aplicaciones Farmacéuticas

Es valioso para la industria farmacéutica por ser un poderoso anti inflamatorio, expectorante, cuidar de la piel, agente anti viral, capacidad anti oxidante, es recomendable su uso en pequeñas cantidades en tratamientos de aromaterapia.

1.5.5 Usos

El aceite esencial de pino es utilizado por poseer un agradable aroma y un alto poder desinfectante, adecuado para la elaboración de solventes de resinas, para pinturas, en desinfectantes, limpiadores y sanitizadores industriales y domésticos.

1.6 Aceite Esencial de Ciprés

El aceite esencial de ciprés por sus propiedades ha sustituido a varios productos industrializados al no tener efectos adversos por ser un producto natural. El aceite posee propiedades antiespasmódicas, antirreumáticas, antisépticas, astringentes, cicatrizantes, diuréticas, sedantes, insecticidas, tónicas y vasoconstrictoras [15].

1.6.1 Ciprés

El ciprés es un árbol de grandes dimensiones, crece de forma común en las regiones mediterráneas. La especie *Cupressus* comprende unas 20 especies de coníferas que alcanzan una altura entre los 25 y 45 metros, como se ilustra en la Figura 7.



Figura 7. Árbol de cipreses

Elaborado por: Botanical Online [16]

1.6.2 Composición Química

El aceite esencial de ciprés se compone de diferentes elementos como el sabinol (alcohol), furfural (aldehído), acetato de terpenilo (éster), canfeno, cimeno, pineno y silvestreno (terpenos).

1.6.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite esencial de ciprés posee las propiedades descritas a continuación:

Estado Físico	líquido
Densidad	0.857 – 0.892 [g/ml]
Punto de Inflamación	35 [°C]

1.6.4 Aplicaciones Farmacéuticas

El aceite esencial de ciprés se usa para la elaboración de productos que contrarrestan el sudor excesivo, las varices, resfriados, celulitis, menopausia, mejora el aspecto de las pieles maduras y opacas [17].

1.6.5 Usos

El aceite de ciprés es ampliamente utilizado en la industria de los cosméticos en tratamientos reductores, en lociones de afeitado y colonias [18].

Usado en productos para repeler insectos, en aromatizante de productos naturales de limpieza, en desinfectantes con aplicaciones en el hogar.

1.7 Aceite Esencial de Eucalipto

El aceite esencial de eucalipto es el aceite que se obtiene de la destilación de las hojas secas del árbol de eucalipto, con propiedades curativas.

El aceite de eucalipto posee variadas propiedades entre las cuales tenemos diuréticas, antiparasitaria, espasmódica, expectorante, antiviral, analgésica, antibacteriana, antirreumática, antiinflamatoria y anti febril.

1.7.1 Eucalipto

El eucalipto es un árbol originario de Australia y Tasmania. El árbol de eucalipto con un crecimiento anual promedio de 4 metros puede llegar a medir más de 60 metros de altura [19], como se indica en la Figura 8.



Figura 8. Árbol de eucalipto

Elaborado por: Ecuador Forestal [20]

Cuenta con 700 especies de las cuales alrededor de 500 producen aceites esenciales. El aceite de eucalipto a nivel industrial se obtiene principalmente de estas cuatro especies de árboles: *Eucalyptus Polybractea*, *Eucalyptus Globulus*, *Eucalyptus Radiata* y del *Eucalyptus Citriodora* [21].

1.7.2 Composición Química

Los elementos químicos que lo componen son la piperitona, aromadendreno, globulol, b – pineno, limoneno, epiglobulol, terpineno – 4 – ol, 1,8 – cineol, a – pineno, a – felnadreno, mirtenal, pinocarvona, mirceno, criptona, alcohol iso – valerianico, alcohol iso – amílico, viridiflorol, alcohol monoterpénico [22].

1.7.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite esencial de eucalipto posee las siguientes propiedades [23]:

Estado físico

líquido

Punto inicial de ebullición	175 [°C]
Punto de inflamación	53 [°C]
Densidad	0,915 [<i>g/cm</i> ³]

1.7.4 Aplicaciones Farmacéuticas

Sirve para combatir la caída del cabello y controla la caspa, reduce el nivel de azúcar en la sangre, normaliza la función de las glándulas sebáceas, elimina los dolores articulares de la artritis, alivia el resfriado, bronquitis y la pulmonía [17].

1.7.5 Usos

Es usado para aromatizar y desinfectar habitaciones, alejando así los malos olores, usado como repelente contra insectos, ácaros y garrapatas [21]. Usado comúnmente como fragancia en perfumes, cosméticos, en enjuagues bucales, linimentos, pasta de dientes, desodorantes, etc.

1.8 Aceite Esencial de Romero

El aceite de romero se extrae principalmente de la especie *Rosmarinus Officinalis*. Es un aceite diáfano y muy fluido, que tiene un sabor aromático y canforáceo además de un olor muy penetrante [24]. Posee propiedades analgésicas, expectorales, antibacterianas, antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, anticatarral, anti infecciosas, anti fúngicas [25].

1.8.1 Romero

El romero es un arbustillo o mata leñosa, crece en campos, laderas pedregosas y entre las rocas siendo muy frecuente en las sierras del litoral [26], como se observa en la Figura 9.



Figura 9. Romero

Elaborado por: Crocus [27]

1.8.2 Composición Química

Tiene como componentes químicos el canfeno, 1,8 – cineol, a- pineno, alcanfor, borneol, acetato de bornilo, limoneno, b – pineno. El análisis del aceite de romero cultivado en el Sahara Argelino estaba compuesto principalmente con el 1,8 – cineol (29.5 %), 2 – etil – 4,5 – dimetilfenol (12 %) y alcanfor (11.5 %) [25].

1.8.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite esencial posee las propiedades descritas a continuación [24] [28]:

Estado físico	líquido
Densidad a 20 °C	0,898 – 0,916 [g/ml]
Punto de ebullición	166 [°C]

1.8.4 Aplicaciones Farmacéuticas

Es utilizado para la elaboración de productos para el tratamiento de la caspa, para enjuagues bucales, fortalecer el sistema inmunológico, tratamiento de problemas respiratorios, para reducir la caída del cabello, alivia dolores musculares y de articulaciones, mitiga el acné, acelera la cicatrización de las heridas [29].

1.8.5 Usos

Es utilizado en la industria de los cosméticos, también en champús, acondicionadores, lociones, perfumes, aceites de baño, en la producción de aromatizantes, velas. Utilizado en la cocina como un aderezo en ensaladas.

1.9 Aceite Esencial de Hierba Luisa

El aceite de hierba luisa se extrae principalmente de la especie *Cymbopogon citratus*. Es un aceite muy fluido, que tiene un sabor aromático además de un olor muy característico a limón. Es de uso muy popular en medicina gracias a sus amplias propiedades antisépticas, estimulantes, antibacterianas y desodorantes.

1.9.1 Hierba Luisa

La hierba luisa de nombre científico *Cymbopogon citratus* es una especie muy conocida del género *Cymbopogon*, planta nativa de Asia, África y América y cultivada en muchos otros lugares, como se observa en la TABLA ANEXO 1.

Es una hierba alta de rápido crecimiento, con hojas largas y perfumadas con un aroma a limón, crece a una altura de 1 metro [30], como se ilustra en la Figura 10.



Figura 10. Planta *Cymbopogon citratus*

Elaborado por: Academic Press [31]

1.9.2 Composición Química

Se compone principalmente de elementos como myrcene, limonene, citronellal, linalool, atrimesol, nerol, neral, geraniol, geranial, carveol, geranyl acetate, caryophellene, cris-verbenol, entre otros compuestos químicos [30].

1.9.3 Propiedades Físicas y Químicas

El aceite esencial de romero posee las siguientes propiedades [32]:

Estado físico	líquido
Densidad a 20 °C	0,895 [g/ml]
Punto de inflamación	89 [°C]

1.9.4 Aplicaciones Farmacéuticas

Es utilizado en el tratamiento de ciertas enfermedades, afecciones y síntomas [33] [34] [35] como: infecciones bacterianas, diarrea, infecciones por hongos, ansiedad, hiperglucemia, trastorno menstrual, dolores articulares, reumatismo.

1.9.5 Usos

Ampliamente usado por su sabor y fragancia para la elaboración de té, en la aromaterapia, usado para conservar frescos los alimentos por un mayor tiempo [31]. Usado también como repelente de insectos, principalmente de los mosquitos, por el contrario, atrae a las abejas.

1.10 Formulación de las Cremas Medicinales

Las fórmulas de las diferentes cremas medicinales están desarrolladas por la Fundación Familia Salesiana y Empresa Grupo Salinas, empresa que las crearon con las proporciones exactas y con las especificaciones para cumplir con los registros sanitarios pertinentes; como se lo observa en la Figura 11.



Figura 11. Empresa grupo salinas

Elaborado por: Ecoequator [36]

1.10.1 Formulación de las Cremas Medicinales

La crema Curapino, Curapres, Curalipto, Curabena y Curahongos son productos con consistencia semisólida, firme y suave, elaborados de aceite vegetal de girasol, cera de abeja y aceite esencial de pino, ciprés, eucalipto, romero y hierba luisa. La formulación de las diferentes cremas medicinales es la especificada en la siguiente tabla.

Tabla 2. Formulación cremas medicinales

FORMULACIÓN CREMAS MEDICINALES			
No.	Ingredientes	Cantidad	
		(gr)	Porcentaje
1	Aceite de girasol	9,61	83%
2	Cera de abeja	1,69	13%
3	Aceites esenciales diferentes	0,50	4%
Peso Neto (gr)		11,80	100%

Elaborado por: Fundación Familia Salesiana

El producto final de las diferentes cremas medicinales las podemos ver en las siguientes figuras.



Figura 12. Crema Curalipto, Curahongos, Curapres y Curabena

Elaborado por: Fundación Familia Salesiana

1.11 Materiales del Equipo

El acero inoxidable es una aleación de gran oposición a la corrosión, teniendo en cuenta al cromo y otros metales que lo compone, tiene mucha simpatía por el oxígeno y reacciona creando una capa inhibidora, previniendo la corrosión del hierro [37]. Esta película protectora puede ser afectada por distintos tipos de ácidos, finalizando con el hierro oxidado.

Varias clases de acero inoxidable poseen además varios elementos aleantes; los más importantes son el níquel y el molibdeno, como se lo visualiza en TABLA ANEXO 2.

1.11.1 Acero Inoxidable 304

El acero inoxidable 304 es el acero de mayor circulación en el mercado de los inoxidables austénicos. Recocido, es principalmente no magnético y se vuelve magnético al trabajarse en temperatura ambiente.

Las aleaciones 304 simbolizan una eficiente conjugación de oposición a la corrosión y sencillez de fabricación [38].

1.11.2 Acero Inoxidable 316

El acero inoxidable 316 es una aleación compuesto principalmente de cromo níquel austenítico [39] que incluye molibdeno, esto aumenta la resistencia a la corrosión general, incrementa la resistencia a picaduras de soluciones de iones de cloruro y suministra más resistencia a temperaturas altas.

Suministra una buena oposición a las picaduras y gran fortaleza a la mayoría de los químicos empleados.

El acero inoxidable 304 es el material utilizado para construir los diferentes elementos de sujeción de la olla.

El acero inoxidable 316 es el material utilizado para construir la olla y los demás elementos que van a estar en contacto directo con las diferentes cremas medicinales.

CAPÍTULO II

ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 Introducción

El diseño y construcción de una máquina batidora de cremas medicinales se basa en la mejor selección de entre 3 alternativas, el diseño escogido debe cumplir con todos los requerimientos de producción y especificaciones con la finalidad de poder determinar el mejor diseño y la adecuada construcción del mismo.

2.2 Definición Batidora

Una batidora es una máquina que permite batir, mezclar y amasar alimentos de diferentes texturas a diferentes velocidades dependiendo del proceso y del producto final que se desea obtener, tal como se indica en la Figura 13.



Figura 13. Batidora

Elaborado por: Kitchenaid [40]

Las partes son el tazón donde va ubicado el elemento a procesar, también lo componen los batidores o aspas que dependiendo de la cantidad de producto varían en su forma

y aplicación, el motor y los engranajes dan el control de la velocidad y por último diferentes aditamentos especiales.

2.3 Presentación de alternativas

A lo largo del siguiente capítulo se describirán las tres mejores alternativas de diseño, seleccionando sus principales ventajas y desventajas, para seleccionar la mejor alternativa en base a un adecuado análisis de sus principales características.

2.3.1 Alternativa 1: Mezcladora de Paletas

Esta alternativa trata de una mezcladora de paletas la cual es efectivo para la mezcla de productos viscosos, pastosos, con grumos y de alto contenido de humedad, tal como se observa en la Figura 14.

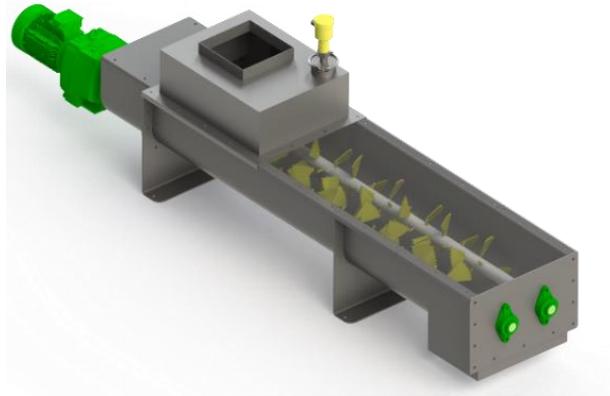


Figura 14. Mezcladora de paletas

Elaborado por: Sodimate [41]

Máquina usada comúnmente en la producción de concentrado de frutas y verduras, pastas, embutidos, quesos [42].

Ventajas

Las principales ventajas de la mezcladora de paletas son:

- Disponibilidad de materiales en el mercado nacional
- Seguridad de operación satisfactoria
- Mayor durabilidad del equipo

Desventajas

- Su construcción representa un nivel medio de complejidad
- Los costos de construcción son elevados
- Mantenimientos constantes

- Dificultad en la limpieza del equipo

2.3.2 Alternativa 2: Batidora Planetaria

Esta alternativa trata de una batidora planetaria, el nombre planetario proviene del funcionamiento utilizado en el equipamiento, que bate el producto en el sentido de rotación de los planetas, tal como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Batidora Planetaria

Elaborado por: Maquinarias Cobo [43]

Las batidoras planetarias son ideales para la producción en pastelería, etc.

Ventajas

Las principales ventajas de la batidora planetaria son:

- Disponibilidad de materiales en el mercado nacional
- Seguridad de operación satisfactoria
- Costo de construcción adecuado a las necesidades
- Mayor durabilidad del equipo

Desventajas

- Su construcción representa un nivel medio de complejidad
- Mantenimientos constantes

2.3.3 Alternativa 3: Batidora de Muñeca

Esta alternativa es una batidora de muñeca caracterizada por batir productos de carácter blando y líquido, dependiendo de la aplicación varía su velocidad, con cuerpo compacto, robusto y diferentes accesorios, como se indica en la Figura 16.



Figura 16. Batidora de Muñeca

Elaborado por: Buscaglia [44]

Ventajas

Las principales ventajas de la batidora planetaria son:

- Disponibilidad de materiales en el mercado nacional
- Seguridad de operación satisfactoria
- Costo de construcción apropiado a las necesidades
- Mayor durabilidad del equipo
- Fácil limpieza
- Puede variar de velocidad

Desventajas

- Su construcción representa un nivel medio de complejidad
- Mantenimientos constantes
- Consumo moderado de electricidad

2.4 Estudio de Alternativas

De las tres opciones o alternativas de batidoras, se determinarán los factores necesarios para la selección del equipo más factible para la Fundación Familia Salesiana, tales como capacidad de la máquina, costo de fabricación, seguridad de uso, facilidad de construcción, facilidad de operación, mantenimiento, vida útil.

La batidora con la mayor puntuación será la seleccionada, debido a que cumple de mejor manera los requerimientos señalados.

2.4.1 Alternativas de Batidoras

Alternativa 1.- Mezcladora de paletas

Alternativa 2.- Batidora planetaria

Alternativa 3.- Batidora de Muñeca

2.4.2 Parámetros de Selección

Los parámetros de selección son los siguientes:

- **Capacidad de la máquina:** volumen de producción de la máquina debe superar los 10 litros por lote de producción
- **Costo de fabricación:** costos de fabricación de la máquina no deben superar los USD 4000.
- **Seguridad de uso:** grado de seguridad de operación del equipo debe ser alta.
- **Facilidad de construcción:** el proceso de construcción de la maquina no debe ser complejo.
- **Facilidad de operación:** nivel de complejidad en el uso del quipo debe ser adecuado con el manual
- **Mantenimiento:** tiempo y costos para el mantenimiento del equipo debe ser adecuados
- **Vida útil:** tiempo de duración del equipo con un uso diario debe ser no menor a los 5 años
- **Funcionalidad:** satisface las necesidades de producción de batido de cremas medicinales

2.4.3 Ponderación de Criterios

Al estudiar las opciones para cubrir los requerimientos del equipo se propone un método de ponderación, en donde el valor más alto se toma como la opción más adecuada y el valor más bajo como la opción menos apropiada para el diseño y construcción de la máquina.

En la siguiente tabla se muestra los valores de ponderación de criterios en una escala del 1 al 10.

Tabla 3. Ponderación de Criterios

Calificación	Ponderación
9, 10	Muy Satisfactorio
6, 7 , 8	Satisfactorio
3, 4, 5	Adecuado
1, 2	Inadecuado

Elaborado por: Roberto Necpas

La valoración de las diferentes alternativas tomadas en cuenta para el diseño y construcción se encuentra descritas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Valoración de Alternativas

Criterios	F.	Alt 1			Alt 2			Alt 3		
	Ponderación	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	F. P.	F. P.	F. P.	F. P.	F. P.	
Capacidad de la máquina	8	6	8	8	4,8	6,4	6,4			
Costo de fabricación	7	9	4	6	6,3	2,8	4,2			
Seguridad de uso	8	5	8	8	4	6,4	6,4			
Facilidad de construcción	9	6	5	7	5,4	4,5	6,3			
Facilidad de operación	9	6	7	7	5,4	6,3	6,3			
Mantenimiento	7	4	6	7	2,8	4,2	4,9			
Vida útil	8	5	8	6	4	6,4	4,8			
Funcionalidad	10	6	7	8	6	7	8			
Total					38,7	44	47,3			

Elaborado por: Roberto Necpas

2.4.4 Selección de la Batidora

De acuerdo con los resultados de la tabla 6 se observa que la mayor puntuación es para la alternativa 3, con un total de 47,3 puntos, el cual se trata de la batidora de muñeca que cuenta con las mejores características, tal como se indica en la Figura 17.

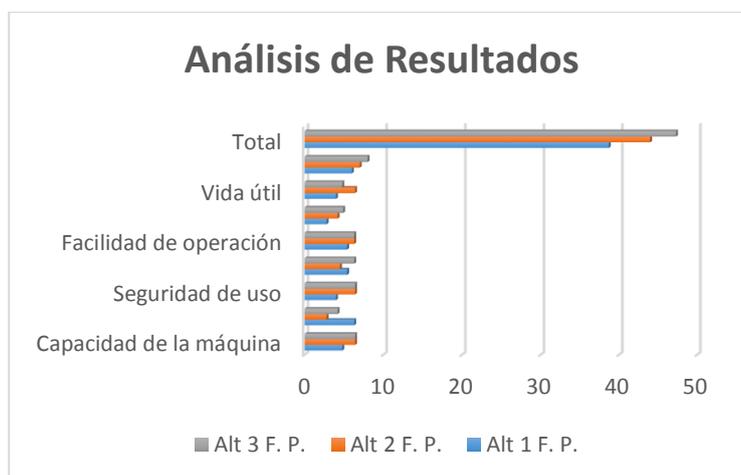


Figura 17. Análisis de Resultados

Elaborado por: Roberto Necpas

El tipo de batidora correspondiente a la alternativa 3 es el que tiene las mejores características para satisfacer las necesidades de la empresa Fundación Familia Salesiana, el cual será implementado en el proceso de producción de las diferentes cremas medicinales, permitiendo así un incremento en los niveles de producción.

CAPITULO III
DISEÑO Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS

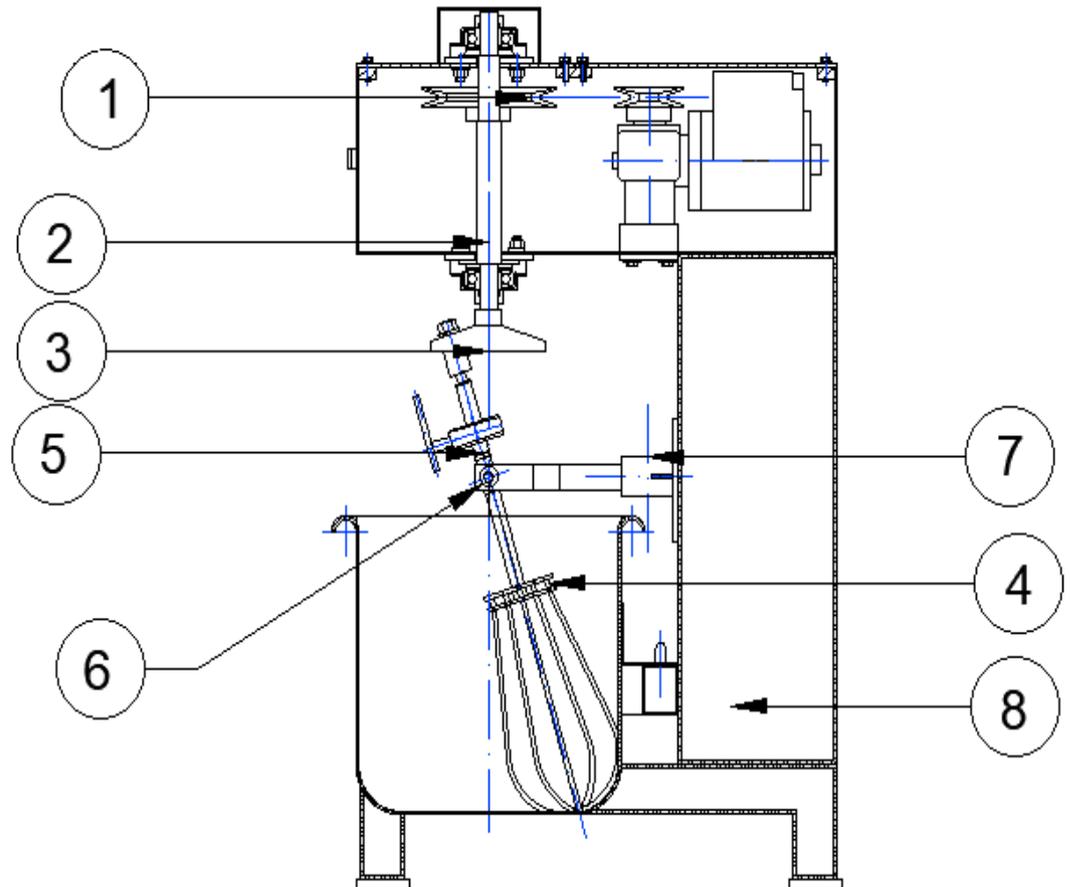


Figura 18. Batidora de Cremas Medicinales

Elaborado por: Roberto Necpas

1	Sistema de transmisión
2	Eje principal
3	Volante
4	Batidor
5	Soporte batidor
6	Brazo soporte batidor
7	Guía soporte
8	Columna máquina

En este capítulo, luego de haber analizado las diferentes alternativas presentadas sobre máquinas batidoras como opción para procesar las cremas medicinales, se procede al diseño de los diferentes componentes que constituyen la máquina, además de la debida selección de elementos normalizados que se pueden conseguir en el mercado nacional.

3.1 Características de la materia prima

La materia prima necesaria para la producción de las cremas medicinales se clasifica en dos grupos, conformado por materia prima básica y específica.

La materia prima básica, son los elementos que están de base en las cremas.

A una temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) se tienen los siguientes datos:

- Densidad Aceite Girasol $0.918 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Densidad Cera Abeja $0.93 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

La materia prima específica, son elementos que dan diferentes características.

A una temperatura ambiente ($20 \pm 5^\circ\text{C}$) se tienen los siguientes datos:

- Densidad Aceite Pino $0.948 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Densidad Aceite Ciprés $0.88 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Densidad Aceite Eucalipto $0.91 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Densidad Aceite Romero $0.9 \text{ [kg/m}^3\text{]}$
- Densidad Aceite Hierba Luisa $0.97 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

3.2 RPM y potencia de la batidora

Las RPM necesarias para el proceso de batido se calculó en base a tres visitas a la planta con RPM de 80, 77, 81 y al realizar un promedio entre los tres valores tomados.

$$RPM = \frac{rpm_1 + rpm_2 + rpm_3}{3}$$

$$RPM = 79.33$$

Para la potencia necesaria se toma en cuenta la oposición del fluido y los demás elementos móviles de la máquina a moverse se seleccionó un motor reductor de 0.5 HP, analizado en la sección 3.7.

$$P = 0.5 \text{ HP}$$

3.3 Capacidad de la batidora

La incorporación de una batidora en la producción permitirá incrementar la producción de las cremas en un 112,5 % y reducir los tiempos de elaboración desde las 7 horas actuales hasta las 4 horas planificadas.

La producción actual de cremas medicinales en la Fundación Familia Salesiana se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Producción cremas Medicinales (Actual)

PRODUCCIÓN ACTUAL			
FORMULACIÓN DE CREMAS			
No.	Ingredientes	Cantidad	Porcentaje
1	Aceite de Girasol (ml)	4000,00	83%
2	Cera de Abeja (ml)	697,67	13%
3	Aceite Esencial (ml)	200,00	4%
Total (ml)		4897,67	100%

Elaborado por: Fundación Familia Salesiana

El diseño del volumen se basará en el incremento planificado, el cual prevé pasar de una producción actual de 4897,67 ml a una producción planificada de 10407,56 ml. La producción planificada de cremas medicinales en la Fundación Familia Salesiana se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Producción Cremas Medicinales (Planificada)

PRODUCCIÓN PLANIFICADA			
FORMULACIÓN DE CREMAS			
No.	Ingredientes	Cantidad	Porcentaje
1	Aceite de Girasol (ml)	8500.00	83%
2	Cera de Abeja (ml)	1482,56	13%
3	Aceite Esencial (ml)	425,00	4%
Total (ml)		10407,56	100%

Elaborado por: Fundación Familia Salesiana

3.4 Diseño del Sistema de Transmisión de Potencia

El sistema de transmisión seleccionado para esta aplicación es el de banda poleas, el cual es frecuentemente utilizado por su fácil mantenimiento, bajo costo de instalación y su gran capacidad de absorber las cargas.

La velocidad del motor reductor es un valor tomado durante la preparación de dos lotes de diferentes cremas medicinales en la fábrica de Fundación Familia Salesiana.

Los datos necesarios para la selección adecuada de bandas y poleas son:

- Velocidad de entrada (motor reductor) 120 [rpm]

- Velocidad de salida (eje motriz) 80 [rpm]
- Motor monofásico 110 [V]
- Potencia del motor reductor 0.5 [hp]

3.4.1 Relación de Transmisión

La relación de transmisión para el sistema de banda y poleas se calcula del mismo modo que se lo hace con los sistemas de engranajes, estableciéndose como la relación entre la polea conductora y la polea conducida, también entre el diámetro de la polea motriz y el diámetro de la polea arrastrada, donde:

$$n_1 = \text{velocidad de giro polea motriz (rpm)} : \quad 120 \text{ [rpm]}$$

$$n_2 = \text{velocidad de giro polea arrastrada (rpm)} : \quad 80 \text{ [rpm]}$$

$i = \text{relación de transmisión}$

$$i = \frac{n_1}{n_2} \tag{1}$$

Empleando la ecuación (1), se obtiene que:

$$i = \frac{120 \text{ rpm}}{80 \text{ rpm}}$$

$$i = 1.5$$

3.4.2 Correa Trapecial

El uso de un motor reductor es la mejor opción para esta aplicación debido a la principal característica de la maquina son bajas rpm y que el compuesto a ser mezclado no presenta gran resistencia al movimiento ya que es líquido.

La banda es el elemento que transfiere el movimiento del motor reductor al eje motriz, por lo cual su adecuada selección es de vital importancia.

Para la selección de la banda es necesario conocer el valor de las horas de trabajo diario, que tipo de transmisión es, y el factor de carga adecuado para la aplicación, con un tiempo de trabajo diario de media hora y con un tipo de transmisión ligera, el valor del factor de carga C_2 es de 1.1, ver TABLA ANEXO 3.

La selección del perfil de la correa se realiza con la potencia calculada obteniéndose del producto de la potencia transmitida por la correa por el factor de carga C_2 y con la velocidad de giro de la polea arrastrada.

$$P_B = P \times C_2 \tag{2}$$

Donde,

$$P = \text{Potencia transmitida por la correa (kW)} : \quad 0,373 \text{ [kW]}$$

$P_B = \text{Potencia calculada (kW)}$

$C_2 = \text{Factor de carga : } 1,1$

Empleando la ecuación (2), se obtiene que:

$$P_B = 0,4103 \text{ [kW]}$$

Con los datos de la potencia calculada y con la velocidad de giro de la polea, seleccionamos de acuerdo al diagrama de la TABLA ANEXO 4 el perfil de la correa SPZ, pero el perfil de correa SPA es de mayor comercialización en el mercado nacional, por lo cual el perfil de correa seleccionado es el SPA.

3.4.3 Poleas

La selección de la polea motriz se lo realiza con los datos como la potencia del motor, la velocidad de giro de la polea motriz y el perfil de la correa.

El valor del diámetro de referencia de la polea pequeña en este caso es la motriz, se obtiene interpolando los datos de la potencia del motor reductor con los datos de la velocidad de giro de la polea motriz y seleccionando el diámetro de referencia de 125 mm del cuadro del TABLA ANEXO 5.

La polea grande o polea arrastrada se obtiene del producto de la relación de transmisión con el valor del diámetro de la polea pequeña.

$$d_{d2} = d_{d1} \times i \quad (3)$$

Donde,

$d_{d2} = \text{diámetro de referencia polea arrastrada (mm)}$

$d_{d1} = \text{diámetro de referencia polea motriz (mm) : } 125 \text{ [mm]}$

$i = \text{relación de transmisión : } 1,5$

Empleando la ecuación (3), se obtiene que:

$$d_{d2} = 187,5 \text{ [mm]}$$

El resultado del diámetro de la polea arrastrada es de 187,5 mm valor con el cual se selecciona una polea de 180 mm de diámetro en la TABLA ANEXO 6 que es un valor ya normalizado para poleas.

Obtenidos los valores de los diámetros de las poleas, se debe calcular si con los valores seleccionados se obtiene una velocidad adecuada para la aplicación, la cual se calcula de la relación de diámetros la polea arrastrada sobre la polea motriz, para conocer si la velocidad del eje motriz es el adecuado se divide la velocidad del motor reductor para la relación de los diámetros.

$$n_{2vorh} = \frac{n_1}{\frac{d_{d3}}{d_{d1}}} \quad (4)$$

Donde,

n_{2vorh} = frecuencia de rotación de la máquina (rpm)

d_{d3} = diámetro de referencia polea arrastrada seleccionada (mm)

: 180 [mm]

d_{d1} = diámetro de referencia polea motriz (mm) : 125 [mm]

Empleando la ecuación (4), se obtiene que:

$$n_{2vorh} = 83,33 \text{ [rpm]}$$

3.4.4 Fuerza Ejercida por la Polea

La fuerza ejercida por la polea arrastrada sobre el eje motriz es un dato fundamental para el diseño en la batidora, para su cálculo se debe conocer el número de correas necesarias para la aplicación, también la tensión estática mínima por correa y el factor de montaje necesario para que los valores calculados sean adecuados para el funcionamiento del equipo.

$$S_a \approx 2 \times T \times \text{sen} \frac{\beta}{2} \times z \times m_f \quad (5)$$

Donde,

S_a = fuerza estática sobre el eje (N)

T = tensión estática mínima por correa (N) : 266,53 [N]

β : arco de abrazo (° grados) : 173.82 °

z = número de correas: 1

m_f = factor de montaje: 1,3

Empleando la (5), se obtiene que:

$$S_a = 691,97 \text{ [N]}$$

3.5 Diseño del Eje Principal

En el diseño del eje motriz se debe conocer los elementos que componen la flecha, como son los cojinetes, poleas y engranajes, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas, así como de los respectivos diagramas de momento cortante, momento flector y torsión, como se indica en la Figura 19.

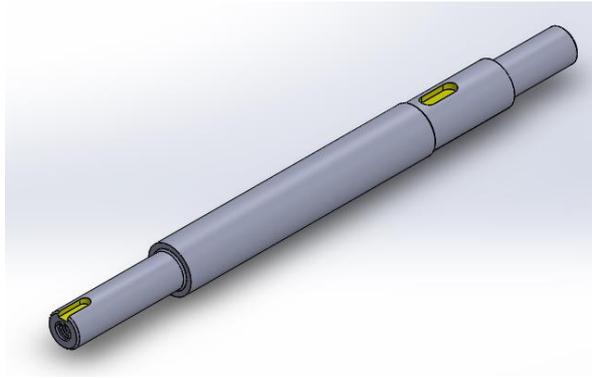


Figura 19. Eje motriz

Elaborado por: Roberto Necpas

Para el diseño de un elemento es importante conocer en que material se va a fabricar y sus propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, seleccionando el acero AISI 1018 CD, ver TABLA ANEXO 7.

$$S_{ut} = 440 \text{ [MPa]} \quad (64 \text{ [kpsi]})$$

$$S_y = 370 \text{ [MPa]} \quad (54 \text{ [kpsi]})$$

La geometría del eje es un factor muy importante, por lo general es de sección transversal circular y de forma escalonada ya sea ascendente o descendente.

3.5.1 Diagrama de cuerpo libre del eje

En el diagrama de cuerpo libre del eje motriz es el que se visualiza en la Figura 20:

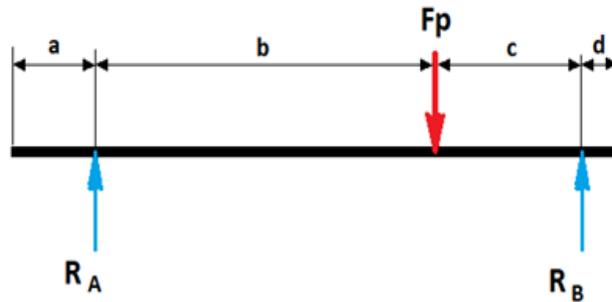


Figura 20. Diagrama de Cuerpo Libre del Eje

Elaborado por: Roberto Necpas

Dónde:

$$a = 57 \text{ [mm]}, b = 183 \text{ [mm]}, c = 60 \text{ [mm]}, d = 30 \text{ [mm]} \text{ y } F_p = S_a = 691,97 \text{ [N]}.$$

Realizando una sumatoria de fuerzas y de momentos se obtiene:

$$R_A = 170,865 \text{ [N]}$$

$$R_B = 521,135 \text{ [N]}$$

3.5.2 Diagrama de Fuerza Cortante (V), Momento Flector (M) y Torsión

Las siguientes figuras muestran los diagramas de fuerza cortante (V), el diagrama del momento flector (M) y el diagrama de torsión del eje, en los cuales se visualizar el momento flector máximo.

El momento máximo se obtiene del producto de la fuerza efectuada por la polea en el eje por la distancia en el cual se une con el volante.

$$M_{max} = F_p \times d \quad (6)$$

Donde:

$$M_{max} = \text{momento máximo [N - m]}$$

$$F_p = \text{fuerza de la polea [N]} : 692 \text{ [N]}$$

$$d = \text{distancia de contacto con la polea [m]} : 0,183 \text{ [m]}$$

Empleando la ecuación (6), se obtiene como resultado un momento máximo de:

$$M_{max} = 126,636 \text{ [N - m]}$$

El torque se calcula de la relación de la potencia con la velocidad angular del motor reductor por el factor calculado de la relación de transmisión.

$$T = \frac{Pot}{\omega} \times i \quad (7)$$

Donde:

$$T = \text{torque [N - m]}$$

$$Pot = \text{potencia [W]} : 372,85 \text{ [W]}$$

$$\omega = \text{velocidad del motor reductor [rad/s]} : 12,566 \text{ [rad/s]}$$

$$i = \text{relación de transmisión} : 1,5$$

Empleando la ecuación (7), se obtiene como resultado un torque de:

$$\text{torque} = 44.505 \text{ [N - m]}$$

El momento máximo y el torque se puede visualizar en la Figura 21:

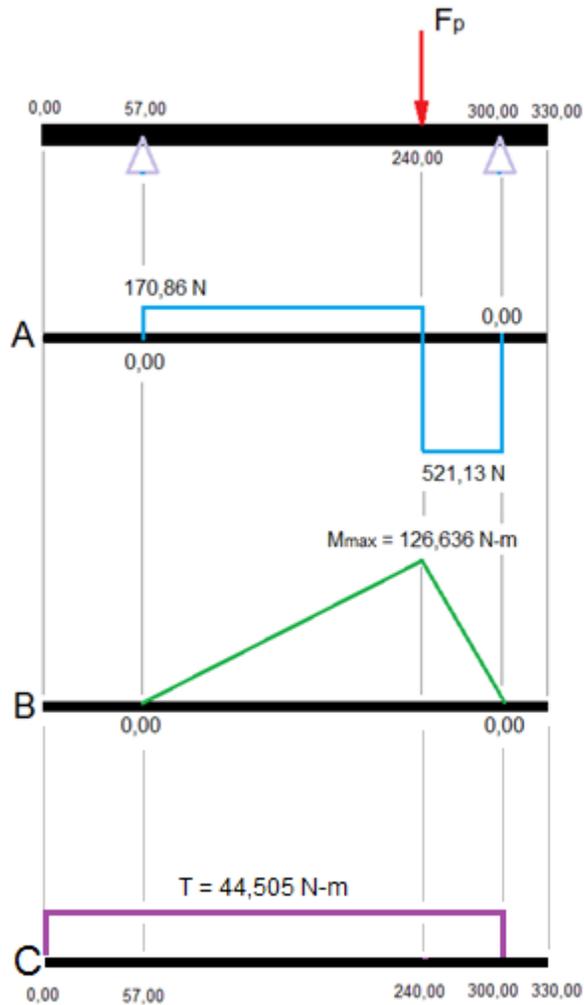


Figura 21. Diagrama de Cortante (A), Momento Flector (B) y Torsión (C)

Elaborado por: Roberto Necpas

3.5.3 Cálculo del Diámetro Mínimo

El diámetro mínimo del eje para la batidora se determina con un cálculo basado en datos como esfuerzo equivalente que resulta del producto de la resistencia a la fluencia por un factor de 0,6. Para calcular el diámetro mínimo se calcula el esfuerzo por torsión con valores como el torque, el momento polar de inercia y el diámetro [45].

$$\tau = \frac{T \times r}{J} \quad (8)$$

Donde:

τ : *esfuerzo por torsión* [N/m^2]

T : *torque* [$N - m$]: 44,505 [$N - m$]

r : *radio* [m]

J : *momento polar de inercia* [m^4]

Para calcular el diámetro mínimo se calcula el esfuerzo por flexión con valores como el torque, el momento polar de inercia y el diámetro.

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} \quad (9)$$

Donde:

σ : *esfuerzo por flexión* [N/m^2]

M : *momento* [$N - m$]: 126,636 [$N - m$]

c : *distancia del eje neutro al extremo* [m]

I : *momento de inercia* [$kg m^2$]

El diámetro se obtiene despejándolo de la siguiente ecuación con los valores del esfuerzo a flexión y esfuerzo a torsión que están en función del diámetro.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] \quad (10)$$

El esfuerzo admisible es el producto de la resistencia a la fluencia del material por un factor de 0,6.

$$[\sigma] = 0,6 \times S_y \quad (11)$$

Donde:

$[\sigma]$ = *esfuerzo admisible* [MPa]

S_y = *resistencia a la fluencia* [MPa]: 370 [MPa]

Empleando la ecuación (11) se obtiene que:

$$[\sigma] = 222 \text{ [MPa]}$$

Aplicando la ecuación (8) y (9) en la ecuación (10), se despeja el diámetro preliminar, su validez dependerá si el esfuerzo equivalente es menor al esfuerzo admisible aplicando la misma. Empleando la ecuación (10), se obtiene que:

$$d = 18.24 \text{ [mm]}$$

3.5.4 Determinación de la Geometría del Eje

La determinación de la geometría del eje, es decir los cambios de sección del eje, se diseña tomando en cuenta el tipo de apoyo a trabajar en el punto A y B. En el punto A y B, para cumplir las restricciones, se opta por una chumacera que sujete al eje en el cambio de sección de los dos extremos del eje, por lo que la geometría del eje es ilustrada en la Figura 22.

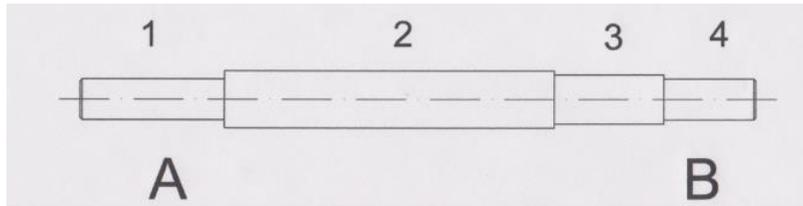


Figura 22. Geometría del eje

Elaborado por: Roberto Necpas

Se determina el valor de diámetro más adecuado para la sección crítica del eje motriz empleando las ecuaciones (8), (9) y la ecuación (10).

El valor del diámetro para el eje motriz es:

$$d = 26 \text{ [mm]}$$

3.6 Diseño del Volante

En el diseño del volante se debe conocer los elementos que componen y hacen posible el movimiento del volante, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas y su posterior diseño a torsión y diseño a flexión, se debe calcular como un eje hueco, tal como se lo visualiza en la Figura 23.

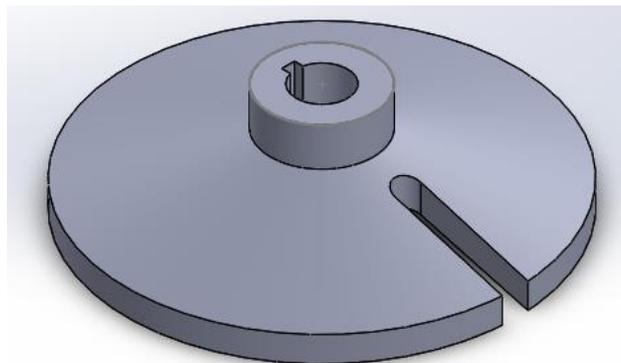


Figura 23. Volante

Elaborado por: Roberto Necpas

Para el diseño de un elemento es importante conocer en que material se va a fabricar y cuáles son sus propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación se seleccionó el acero AISI 1018 CD, ver TABLA ANEXO 7.

$$S_{ut} = 440 \text{ [MPa]} \quad (64 \text{ [kpsi]})$$

$$S_y = 370 \text{ [MPa]} \quad (54 \text{ [kpsi]})$$

El volante al estar conectado directamente con el eje y tener que transmitir el movimiento al soporte del batidor esta principalmente sometido a torsión por lo que para el diseño final del volante el diseño a flexión es de un valor despreciable, tal como se lo visualiza en la Figura 24.

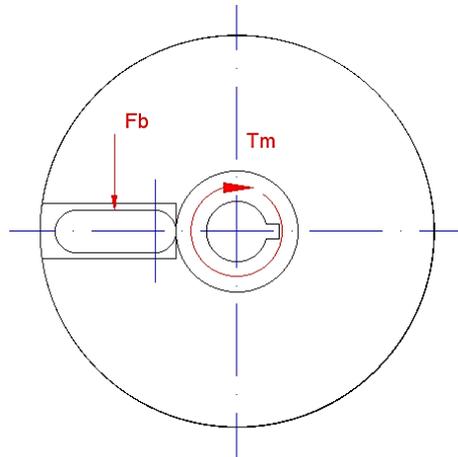


Figura 24. Volante con sus respectivas cargas

Elaborado por: Roberto Necpas

El valor del torque con el cual se va a empezar a diseñar el volante es el mismo que está trabajando en el eje motriz, por lo cual el valor del torque en el punto de contacto del eje con el volante es de:

$$T = 44,5 [N - m]$$

Conocido el valor del torque se calcula el valor de la fuerza que soporta el volante durante el movimiento con la siguiente fórmula:

$$T = F \times d \tag{13}$$

Donde:

$$T = \text{torque eje motriz} [N - m]: \quad 44,5 [N - m]$$

$$F = \text{fuerza aplicada} [N]$$

$$d = \text{distancia del eje motriz con el soporte batidor} [m]: \quad 0,024 [m]$$

Despejando la fuerza y empleado la ecuación (13), se obtiene que:

$$F = 1011,36 [N]$$

Con el resultado de la fuerza se calcula el esfuerzo por torsión, para luego compararlo con el esfuerzo por torsión admisible, verificando así si el diseño del volante es

adecuado. El esfuerzo por torsión admisible es el producto de la resistencia a la fluencia por un factor de 0,4.

$$[\tau] = 0,4 \times S_y \quad (14)$$

Empleando la ecuación (14), se obtiene que el esfuerzo por torsión admisible es:

$$[\tau] = 148 \text{ [MPa]}$$

Para calcular el esfuerzo por torsión del volante se emplea la ecuación (8), teniendo en cuenta que el elemento es una sección circular hueca, para el cual el momento polar de inercia (J) se calcula con la siguiente ecuación:

$$J = \frac{\pi}{32} \times (D^4 - d^4) \quad (15)$$

Donde:

$$D = \text{diámetro exterior [mm]}: 40 \text{ [mm]}$$

$$d = \text{diámetro interior [mm]}: 20 \text{ [mm]}$$

Empleando la ecuación (15), se obtiene que el momento polar de inercia en el volante es:

$$J = 235\,619,44 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Con el valor del momento polar de inercia y con el torque aplicado en la sección circular hueca, se calcula el esfuerzo por torsión del volante con la ecuación (8), obteniendo que:

$$\tau = 4,53 \text{ [MPa]}$$

Cumplíndose el criterio:

$$\tau \leq [\tau]$$

3.7 Diseño del Batidor

Para el diseño del batidor es importante conocer en que material se va a fabricar y cuáles son sus propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación que va a estar en contacto directo con químicos se seleccionó el acero INOX 304, ver TABLA ANEXO 8.

$$S_{ut} = 568 \text{ [MPa]} \quad (82.4 \text{ [kpsi]})$$

$$S_y = 276 \text{ [MPa]} \quad (40.0 \text{ [kpsi]})$$

El batidor se compone de diferentes elementos que en su conjunto logran realizar el proceso de batido, las aspas están en contacto directo con el compuesto, por lo cual para su adecuado diseño se empleará el concepto de “Presión en un Fluido Estático”, tal como se lo visualiza en la Figura 25.

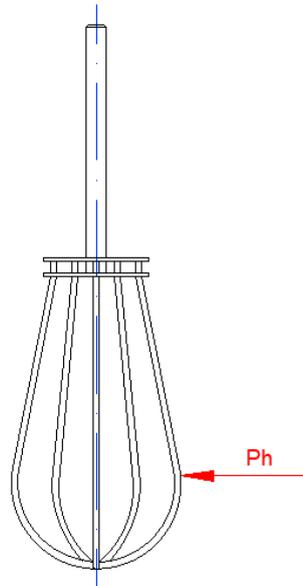


Figura 25. Batidor con su respectiva carga

Elaborado por: Roberto Necpas

La presión en un fluido estático, también conocido como presión hidrostática se define como la fuerza que un fluido en reposo puede llegar a producir, es decir que se trata de la presión que experimenta un elemento por el solo hecho de estar sumergido en un líquido [46].

$$P_h = \rho \times g \times h \quad (16)$$

Donde:

$$\rho = \text{densidad del fluido [kg/m}^3\text{]: } 939 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$g = \text{aceleración de la gravedad [m/s}^2\text{]: } 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$h = \text{profundidad del fluido [m]: } 0,250 \text{ [m]}$$

La presión en un fluido estático no depende de la forma de la masa total o del área de la superficie del líquido, depende únicamente de la profundidad del fluido, su densidad y la aceleración de la gravedad [47].

La altura del fluido podría incrementarse hasta los 236 mm, incrementando la producción de las cremas medicinales hasta los 17 litros, elevando el volumen de

unidades hasta los 1000 envases por lote de producción, tal como se lo visualiza en la Figura 26.

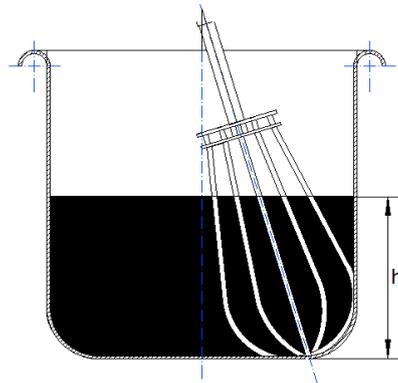


Figura 26. Presión hidrostática para batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

De las diferentes densidades de los diferentes compuestos a producir por Fundación Familia Salesiana, para el diseño se selecciona el compuesto con mayor densidad, siendo el más denso el aceite esencial de hierba luisa.

Empleando la ecuación (16), se obtiene que la presión hidrostática del fluido en el batidor es de:

$$P_h = 2171,72 \left[\frac{kg}{m s^2} \right]$$

Con el valor de la presión hidrostática, conociendo que la definición de presión es fuerza sobre área, se puede calcular el valor de la fuerza ejercida del líquido sobre el batidor, por lo cual el siguiente valor a calcular es del área sobre el cual actúa la presión hidrostática, para poder conocer la fuerza.

$$F_b = P_h \times A_p \tag{17}$$

Donde:

$F_b =$ fuerza del batidor [N]

$P_h =$ presión hidrostática [$kg/m s^2$]: 2171,72 [$kg/m s^2$]

$A_p =$ área proyectada del batidor [m^2]

El área sobre el cual actúa la presión hidrostática se define como área proyectada del batidor.

$$A_p = A_a + A_s \tag{18}$$

Donde:

$A_p =$ área proyectada [m^2]

$$A_a = \text{área de las aspas [m}^2\text{]}$$

$$A_s = \text{área del soporte [m}^2\text{]}$$

El área de las aspas que están en contacto con el compuesto es el área rectangular proyectada de la varilla de acero inoxidable multiplicada por las cuatro aspas que componen el batidor, por lo que el área total de las aspas es:

$$A_a = 0,01052 \text{ [m}^2\text{]}$$

El área del soporte es el área del elemento que mantiene unidas todas las aspas, es el área proyectada por los dos cilindros que mantienen unidas a todas las aspas, el área total de los soportes es:

$$A_s = 0,00048 \text{ [m}^2\text{]}$$

Empleando la ecuación (18), se obtiene que el área proyectada total del batidor es:

$$A_p = 0,011 \text{ [m}^2\text{]}$$

Calculados los valores del área proyectada y la presión hidrostática, se emplea la ecuación (17), se obtiene que el valor de la fuerza del batidor es:

$$F_b = 23,89 \text{ [N]}$$

El eje del batidor se lo analiza como una viga en voladizo utilizando la fuerza de oposición que presenta el líquido al movimiento del batidor y la distancia del seguro del batidor que es de 115 mm, tal como se indica en la Figura 27.

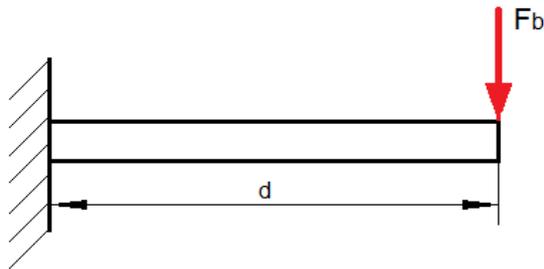


Figura 27. Análisis del eje del batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

La fuerza aplicada al eje no produce torsión, por lo cual el eje solo se debe diseñar por el esfuerzo a flexión, utilizando el momento producido por la fuerza del batidor.

El momento producido por la fuerza del batidor es:

$$M = 2747,35 \text{ [N - mm]}$$

Empleando la ecuación (9), se obtiene que:

$$\sigma = 8,29 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo a flexión admisible del acero Inoxidable 304 es el resultado de la resistencia a la fluencia por un factor de 0,6, obteniendo como esfuerzo a flexión admisible:

$$[\sigma] = 165,6 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

3.8 Diseño del Soporte Batidor

En el diseño del soporte batidor se debe conocer los elementos que componen y hacen posible el movimiento del soporte batidor, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas y su posterior diseño a flexión.

Para el diseño de un elemento es importante conocer en que material se va a fabricar y cuáles son sus propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación se seleccionó el acero AISI 1018 CD, ver TABLA ANEXO 7.

$$S_{ut} = 440 [MPa] \quad (64 [kpsi])$$

$$S_y = 370 [MPa] \quad (54 [kpsi])$$

$$[\sigma] = 222 [MPa]$$

El soporte batidor se ilustra en la Figura 28.

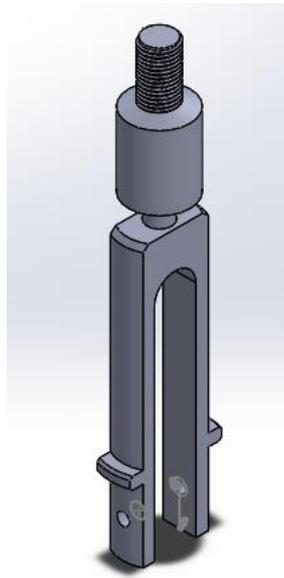


Figura 28. Soporte batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

Las fuerzas que actúan en el soporte batidor y por lo cual únicamente se lo debe diseñar a flexión son las fuerzas que efectúan el motor en el eje y se transmite al volante que está en contacto con el soporte batidor y la fuerza que se opone al movimiento del batidor, por lo cual se lo va a analizar individualmente.

Las fuerzas que actúan en el soporte batidor y por lo cual únicamente se lo debe diseñar a flexión se ilustran en la Figura 29.

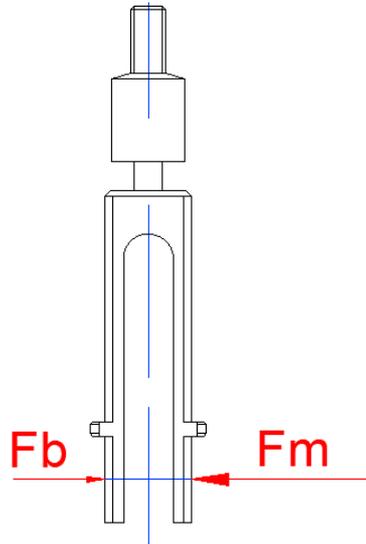


Figura 29. Soporte batidor con sus respectivas cargas

Elaborado por: Roberto Necpas

Para diseñar el soporte batidor se selecciona el momento de inercia de una sección rectangular, que es la sección crítica del elemento.

El momento de inercia para la sección rectangular se calcula con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \quad (19)$$

Donde:

$I =$ momento de inercia [mm^4]

$b =$ base [mm]: 20 [mm]

$h =$ altura [mm]: 15 [mm]

La base es de 20 mm y la altura de la sección rectangular del soporte batidor donde se aplica la fuerza es de 15 mm, tal como se ilustra en la Figura 30.

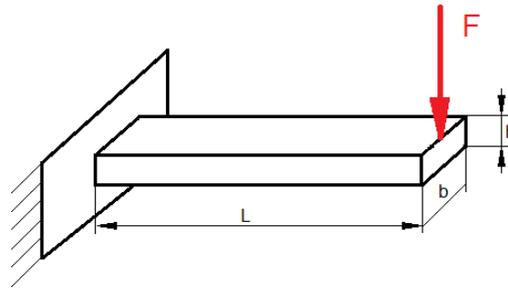


Figura 30. Sección rectangular soporte batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

Empleando la ecuación (19) se obtiene que el momento de inercia es de:

$$I = 5625 [mm^4]$$

3.8.1 Fuerza en sección rectangular

3.8.1.1 Fuerza del batidor

El esfuerzo a flexión producido por la fuerza que se opone al movimiento del batidor se calcula con la fuerza calculada en la sección 3.6 y con el momento de inercia de la sección en donde aplica la fuerza, para el diseño aplicaremos toda la fuerza a una de las dos secciones.

Empleando el concepto de esfuerzo a flexión de la ecuación (9), se obtiene que:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I}$$

$$\sigma = \frac{2747,35 [N \text{ mm}] \times 7,5 [mm]}{5625 [mm^4]}$$

$$\sigma = 3,66 [MPa]$$

Cumplíndose el criterio:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

3.8.1.2 Fuerza sistema eje motriz

El esfuerzo a flexión producido por la fuerza que efectúa el eje motriz en el volante que se conecta al soporte batidor se calcula con la fuerza calculada en la sección 3.5 y con el momento de inercia de la sección en donde aplica la fuerza, para el diseño se aplica toda la fuerza a una de las dos secciones.

Empleando el concepto de esfuerzo a flexión de la ecuación (9), se obtiene que:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I}$$

$$\sigma = \frac{151704 [N mm] \times 7,5 [mm]}{5625 [mm^4]}$$

$$\sigma = 202,27 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

3.8.2 Sección crítica

El esfuerzo a flexión producido por la fuerza del eje motriz no solamente afecta a la sección rectangular, también afecta la sección en donde se une la sección hexagonal con la parte en contacto directo con el batidor. El esfuerzo por flexión aplicado a una sección circular se describe en la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{32 \times M}{\pi \times d^3} \quad (20)$$

Donde:

$$M = \text{momento [N mm]}; \quad 40454,4 [N mm]$$

$$d = \text{diámetro [mm]}; \quad 12,7 [mm]$$

Empleando la ecuación (20), se obtiene que:

$$\sigma = \frac{32 \times 40454,4 [N mm]}{\pi \times (12,7 mm)^3}$$

$$\sigma = 201,17 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

3.9 Diseño del Brazo Soporte Batidor

En el diseño del brazo soporte batidor se debe conocer los diferentes elementos que están en contacto y hacen posible el movimiento del brazo soporte batidor, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas y su posterior diseño a torsión y flexión, tal como se observa en la Figura 31.

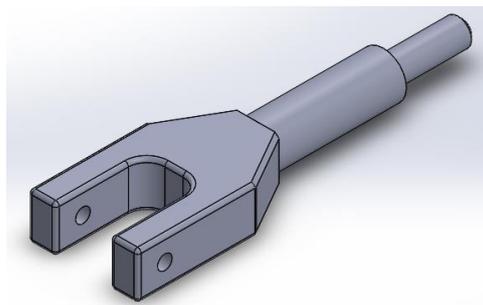


Figura 31. Brazo soporte batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

Para el diseño del brazo soporte batidor es importante conocer en que material se va a fabricar y cuáles son sus diferentes propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación se seleccionó el acero AISI 1018 CD, ver TABLA ANEXO 7.

$$S_{ut} = 440 [MPa] \quad (64 [kpsi])$$

$$S_y = 370 [MPa] \quad (54 [kpsi])$$

$$[\sigma] = 222 [MPa]$$

Las fuerzas que actúan en el brazo soporte batidor son la fuerza que efectúa el soporte batidor por el movimiento del eje motriz, el peso del conjunto motriz y el torque producido por el movimiento del sistema de batido, el diseño será a torsión y a flexión, analizando una sección rectangular, tal como se ilustra en la Figura 32.

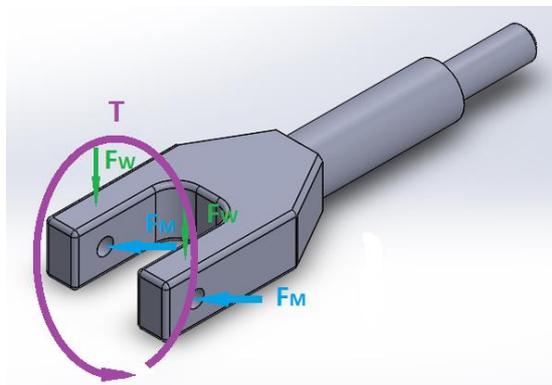


Figura 32. Brazo soporte batidor y sus cargas

Elaborado por: Roberto Necpas

El momento de inercia para la sección rectangular se calcula con la ecuación (19), teniendo como base 25,4 mm y con una altura de 15 mm, tal como se ilustra en la Figura 33, se obtiene que:

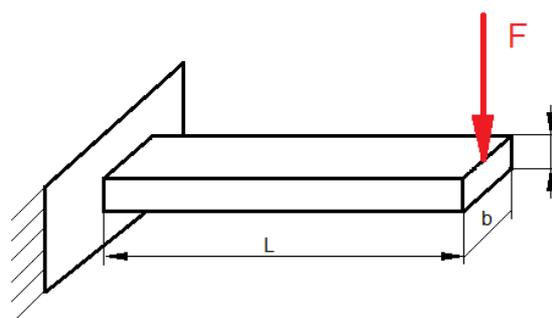


Figura 33. Sección rectangular brazo soporte batidor

Elaborado por: Roberto Necpas

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I = 7142,75 [mm^4]$$

3.9.1 Fuerza en sección rectangular

El esfuerzo a flexión producido por la fuerza del sistema motriz se calcula con la fuerza calculada en la sección 3.5 y con el momento de inercia de la sección en donde aplica la fuerza, para el diseño se aplica toda la fuerza a una de las dos secciones.

Empleando el concepto de esfuerzo a flexión de la ecuación (9), se obtiene que:

$$\sigma = \frac{M \times c}{I}$$

$$\sigma = \frac{151704 [N \text{ mm}] \times 7,5 [mm]}{7143,75 [mm^4]}$$

$$\sigma = 159,27 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma \leq [\sigma]$$

3.9.2 Sección crítica

El esfuerzo a flexión producido por la fuerza que efectúa el sistema motriz se calcula con la fuerza calculada en la sección 3.5 y con el peso del sistema motriz.

El esfuerzo a flexión total se calcula con la sumatoria del esfuerzo producido en el eje X que es el efectuado por el sistema motriz y el esfuerzo producido en el eje Y que es efectuado por el peso del sistema motriz.

$$\sigma_{total} = \sigma_x + \sigma_y \quad (21)$$

Donde:

$$\sigma_{total} = \text{esfuerzo total a flexión [MPa]}$$

$$\sigma_x = \text{esfuerzo a flexión en el eje X [MPa]}$$

$$\sigma_y = \text{esfuerzo a flexión en el eje Y [MPa]}$$

Empleando el concepto de la ecuación (20), se obtiene que para la fuerza del sistema motriz del eje X el valor del esfuerzo a flexión es de:

$$\sigma_x = \frac{151704 [N \text{ mm}] \times 32}{\pi \times (22 [mm])^3}$$

$$\sigma_x = 145,12 [MPa]$$

Para realizar el cálculo del esfuerzo a flexión en el eje Y, es necesario calcular el peso del sistema motriz, el cual es la sumatoria de los pesos de cada uno de los elementos, conocidas las densidades de los diferentes elementos, se calcula el volumen y posteriormente la masa del objeto.

$$m = \rho \times v \quad (22)$$

Donde:

$$m = \text{masa [kg]}$$

$$\rho = \text{densidad [kg/m}^3\text{]}$$

$$v = \text{volumen [m}^3\text{]}$$

Empleando la ecuación (22) se obtiene la masa de los diferentes elementos, los que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Masa de diferentes elementos conjunto motriz

Elemento	Densidad (kg/m3)	Volumen (m3)	Masa (kg)
Polea 125mm (n)			1,4
Polea 180 mm (n)			2,1
Eje motriz	7870	0,000203	1,59
Volante	7870	0,000229	1,8
Soporte batidor	7870	0,000049	0,3856
Brazo soporte batidor	7870	0,00033	2.6
Batidor	7930	0,0001058	0,84
		Masa Total	10,7156

Elaborado por: Roberto Necpas

(n) = elemento normalizado

Para obtener la fuerza que aplica el conjunto motriz en el brazo soporte batidor, se multiplica la masa total por la gravedad, obteniendo una fuerza de:

$$F = 105 N$$

Empleando la ecuación (20), se obtiene que:

$$\sigma = \frac{32 \times M}{\pi \times d^3}$$

$$\sigma_y = \frac{32 \times 15752 [N \text{ mm}]}{\pi \times (22 [mm])^3}$$

$$\sigma_y = 15 [MPa]$$

Empleando la ecuación (21), se obtiene que el valor del esfuerzo a flexión total es de:

$$\sigma_{total} = \sigma_x + \sigma_y$$

$$\sigma_{total} = 160,18 [MPa]$$

El esfuerzo a torsión para calcular el esfuerzo equivalente, se obtiene con un valor del torque de 151,704 N m, el cual se aplica en la ecuación de esfuerzo a torsión para una sección circular.

$$\tau = \frac{16 \times T}{\pi \times d^3} \quad (23)$$

Donde:

$$\tau = \text{esfuerzo a torsión [MPa]}$$

$$T = \text{torque [N m]: } 151,704 [N \text{ m}]$$

$$d = \text{diámetro [m]: } 0,022 [m]$$

Empleando la ecuación (23), con un diámetro de 22 mm, se obtiene que el esfuerzo a torsión es de:

$$\tau = 72,6 [MPa]$$

Empleando el concepto de esfuerzo equivalente de la ecuación (10), se obtiene que:

$$\sigma_{eq} = 203,64 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma_{eq} \leq [\sigma]$$

3.10 Diseño de Guía Soporte

En el diseño de la guía soporte se debe conocer los diferentes elementos que están en contacto, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas y su posterior diseño a flexión.

Para el diseño de un elemento es importante conocer en que material se va a fabricar y cuáles son sus propiedades, las más importantes son la resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación se seleccionó el acero AISI 1018 CD, ver TABLA ANEXO 7.

$$S_{ut} = 440 [MPa] \quad (64 [kpsi])$$

$$S_y = 370 \text{ [MPa]} \text{ (54 [kpsi])}$$

$$[\sigma] = 222 \text{ [MPa]}$$

Se debe tomar en cuenta que para el análisis se debe calcular como un eje hueco, como se indica en la Figura 34.

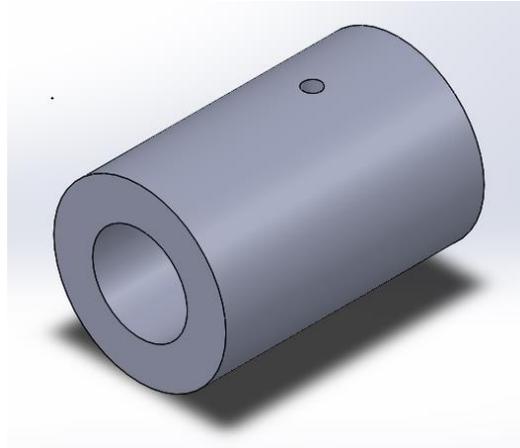


Figura 34. Guía soporte

Elaborado por: Roberto Necpas

Las fuerzas que actúan en la guía soporte son la fuerza que efectúa el soporte batidor por el movimiento del eje motriz y el peso del conjunto motriz, se lo va a analizar individualmente y el diseño del brazo soporte batidor será a flexión.

El esfuerzo a flexión total se calcula con la sumatoria del esfuerzo producido en el eje X que es el efectuado por el sistema motriz y el esfuerzo producido en el eje Y que es efectuado por el peso del sistema motriz, tal como se ilustra en la Figura 35.

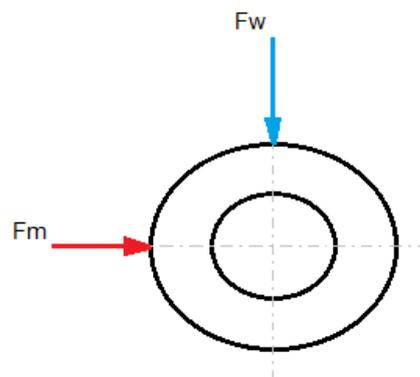


Figura 35. Fuerzas aplicadas en guía soporte

Elaborado por: Roberto Necpas

Para calcular el esfuerzo a flexión de una sección circular hueca se emplea la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{32 \times M \times D}{\pi (D^4 - d^4)} \quad (24)$$

Donde:

$\sigma =$ *esfuerzo a flexión* [MPa]

$M =$ *momento* [N mm]: 101145 [N mm]

$D =$ *diámetro exterior* [mm]: 40 [mm]

$d =$ *diámetro interior* [mm]: 22 [mm]

Empleando la ecuación (24), se obtiene que para la fuerza del sistema motriz del eje X el valor del esfuerzo a flexión es de:

$$\sigma = \frac{32 \times M \times D}{\pi (D^4 - d^4)}$$

$$\sigma_x = \frac{101145 [N \text{ mm}] \times 32 \times 40 [mm]}{\pi \times (40^4 - 22^4)[mm^4]}$$

$$\sigma_x = 24,8 [MPa]$$

Empleando la ecuación (32), se obtiene que para la fuerza ejercida por el peso del eje Y el valor del esfuerzo a flexión es de:

$$\sigma = \frac{32 \times M \times D}{\pi (D^4 - d^4)}$$

$$\sigma_y = \frac{22050 [N \text{ mm}] \times 32 \times 40 [mm]}{\pi \times (40^4 - 22^4)[mm^4]}$$

$$\sigma_y = 4 [MPa]$$

Empleando la ecuación (29), se obtiene que el valor del esfuerzo a flexión total es de:

$$\sigma_{total} = 28,8 [MPa]$$

Cumpléndose el criterio:

$$\sigma_{total} \leq [\sigma]$$

3.11 Diseño de Columna de la máquina

En el diseño de la columna se debe conocer los diferentes elementos que están en contacto, con estos elementos se puede realizar el análisis de fuerzas y su posterior diseño a flexión.

Para el diseño de un elemento es importante conocer la función del elemento, en que material se va a fabricar y cuáles son sus propiedades, las más importantes son la

resistencia a la tensión y la resistencia a la fluencia, para esta aplicación estructural se seleccionó el acero AISI A 36, ver TABLA ANEXO 9.

$$S_{ut} = 400 - 550 \text{ [MPa]}$$

$$S_y = 250 \text{ [MPa]}$$

$$[\sigma] = 150 \text{ [MPa]}$$

$$\rho = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Las diferentes cargas a las que están sometida la columna de la batidora son tres, el peso del conjunto motriz, el peso de la caja donde se aloja la mayoría del sistema motriz y el motor reductor, el último peso es del motor reductor, tal como se ilustra en la Figura 36.

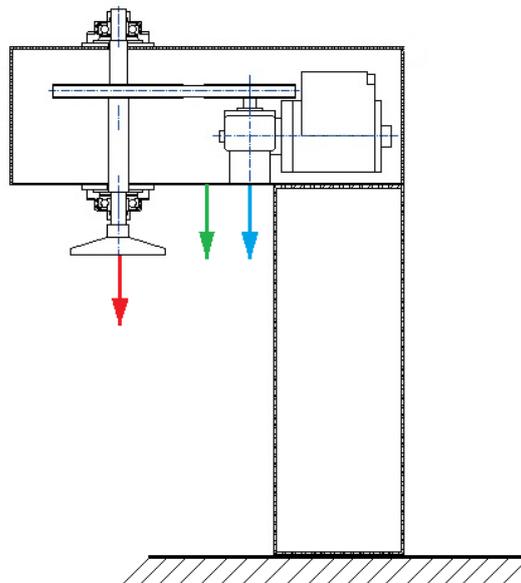


Figura 36. Conjunto motriz (rojo), caja (verde), motor (azul)

Elaborado por: Roberto Necpas

Para calcular los diferentes pesos de los diferentes elementos es necesario conocer las diferentes densidades para calcular sus pesos, esfuerzos y momentos. El cálculo de la columna a torsión no se lo realiza ya que es insignificante su valor debido al poco peso que presentan los diferentes elementos. Para el cálculo del esfuerzo a flexión se necesita el peso y el valor de la gravedad.

Empleando la ecuación (22), se obtiene que el peso de la caja es:

$$m = \rho \times v$$

$$W_{caja} = 12 \text{ [kg]}$$

Con la gravedad se obtiene que la fuerza ejercida por la caja es de:

$$F_{caja} = 117,6 [N]$$

El peso del conjunto motriz calculado en la sección 3.8.2 para el cálculo de la columna se le adiciona la masa de las dos chumaceras, ver TABLA ANEXO 9, las cuales están en contacto directo con el conjunto motriz, dando un peso total de:

$$W_{conj. motriz} = 12,0656 [kg]$$

La fuerza ejercida por el conjunto motriz se obtiene multiplicando la masa del conjunto motriz por la gravedad, obteniendo una fuerza de:

$$F_{conj. motriz} = 118,24 [N]$$

El motor reductor posee una masa de 5 kg y una fuerza de 49 N.

Los diferentes momentos que se producen por las fuerzas generadas por el sistema motriz, la caja del sistema motriz y el motor reductor.

$$M_{motor} = 5880 N mm$$

$$M_{caja} = 21168 N mm$$

$$M_{conj. motriz} = 36063,2 N mm$$

Empleando la ecuación (9) los diferentes esfuerzos a flexión efectuados por los momentos producidos por el conjunto motriz, por la caja y por el motor reductor son de:

$$\sigma_{motor reductor} = 0,76 [MPa]$$

$$\sigma_{caja} = 8,24 [MPa]$$

$$\sigma_{conj. motriz} = 15,86 [MPa]$$

También se usa la definición de esfuerzo que es la relación de la presión sobre el área en el cual se aplica la presión.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (25)$$

Donde:

$$\sigma = \text{esfuerzo axial [MPa]}$$

$$P = \text{presión [N]: } 284,84 [N]$$

$$A = \text{Área [mm}^2\text{]: } 531 [mm^2]$$

Empleando la ecuación (25) se obtiene que el esfuerzo a compresión de la columna se obtiene un valor de:

$$\sigma = \frac{117,6 + 49 + 118,24 \text{ N}}{531 \text{ mm}^2}$$
$$\sigma = 0,53 \text{ MPa}$$

Para calcular el valor total del esfuerzo a compresión al cual está sometido la columna se suman todos los valores de los esfuerzos calculados.

$$\sigma_{total} = \sigma_{motor \text{ reductor}} + \sigma_{caja} + \sigma_{conj. \text{ motriz}} + \sigma \quad (26)$$

Empleando la ecuación (26) se obtiene que el valor total del esfuerzo a compresión:

$$\sigma_{total} = 25,39 \text{ [MPa]}$$

Cumpléndose el criterio

$$\sigma_{total} \leq [\sigma]$$

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

4.1 Generalidades

En este capítulo se determinará el análisis económico del proyecto, el cual tiene por objetivo determinar los recursos económicos necesarios para todas las etapas iniciando por la investigación del proyecto, análisis de las alternativas de diferentes máquinas, el diseño, la construcción, el ensamble, el periodo de pruebas en vacío y con producto. El análisis económico del proyecto se lo realizará tomando en cuenta los costos directos y los costos indirectos.

4.2 Costos directos

En el análisis económico del proyecto los costos directos de fabricación son todos aquellos costos que corresponden a:

- Materiales directos
- Elementos normalizados
- Maquinado de elementos
- Montaje y pruebas

4.2.1 Costos Materiales directos

Los materiales directos son los elementos como insumos o materiales necesarios para la fabricación de la máquina.

En la tabla 14 se describen los diferentes precios unitarios y totales de todos los materiales correspondientes a materia prima.

Tabla 8. Materiales directos

MATERIALES DIRECTOS							
ITEM	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT.	COSTO			
				UNIT.	TOTAL		
				(USD)	(USD)		
1	Eje Ø 6 x 85	(mm) AISI 1018	1	0,23	0,23		
2	Eje Ø 12,7 x 250	(mm) AISI 1018	1	1,05	1,05		
3	Eje Ø 20 x 70	(mm) AISI 1018	1	0,39	0,39		
4	Eje Ø 30 x 515	(mm) AISI 1018	1	7,44	7,44		
5	Eje Ø 45 x 65	(mm) AISI 1018	1	2,11	2,11		
6	Eje Ø 65 x 210	(mm) AISI 1018	1	13,56	13,56		
7	Eje Ø 150 x 50	(mm) AISI 1018	1	24,17	24,17		
8	Eje Ø 20 x 200	(mm) INOX 316	1	3,07	3,07		
9	Eje Ø 5 x 530	(mm) INOX 316	4	1,16	4,64		
10	Tubo Cuadr. 60 x 40 x 3; 2600	(mm) A - 36	1	12,21	12,21		
11	Plancha 80 x 160 x 3	(mm) INOX 304	1	5,93	5,93		
12	Plancha 930 x 640 x 2,5	(mm) INOX 316	1	106,51	106,51		
13	Plancha 80 x 160 x 3	(mm) INOX 316	1	7,43	7,43		
14	Plancha 120 x 50 x 4	(mm) A - 36	1	1,08	1,08		
15	Plancha 1000 x 2000 x 3	(mm) A - 36	1	87,42	87,42		
16	Plancha 150 x 400 x 6	(mm) A - 36	1	4,89	4,89		
17	Plancha 180 x 100 x 8	(mm) A - 36	1	2,53	2,53		
18	Plancha 25,4 x 82 x 10	(mm) A - 36	1	0,59	0,59		
19	Oxicorte 100 x 80 x 30	(mm) A - 36	1	4,61	4,61		
				TOTAL	289,86		

Elaborado por: Roberto Necpas y Aceros industriales H. G. B.

4.2.2 Costos Elementos normalizados

Los elementos normalizados son materiales que no necesitan ser sometidos a un proceso de maquinado.

En la tabla 15 se describen los diferentes precios unitarios y totales de todos los materiales correspondientes a elementos normalizados.

Tabla 9. Elementos normalizados

ELEMENTOS NORMALIZADOS				
ITEM	MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	
			UNIT.	TOTAL
			(USD)	(USD)
1	Mango seguro	2	2,48	4,96
2	Prisionero Allen 6X12 (mm)	8	0,11	0,88
3	Perilla plástica tipo flor	1	8,53	8,53
4	Tuerca hexagonal de seguridad	2	0,15	0,30
5	Arandela plana	2	0,05	0,10
6	Cableado 5 m.	1	15,67	15,67
7	Chumacera 1/2 pulgada	2	29,87	59,74
8	Chaveta	2	0,33	0,66
9	Polea 6 plg. SPA 1 canal	1	6,39	6,39
10	Polea 3 plg. SPA 1 canal	1	2,97	2,97
11	Banda trapecial SPA	1	2,81	2,81
12	Motorreductor 0,5 Hp	1	492,80	492,80
13	Perno hexagonal plano 1/4 X 1plg.	26	0,15	3,90
14	Arandela de presión	28	0,99	27,72
15	Perno hexagonal plano 3/8 X	8	0,22	1,76
16	Enchufe	1	3,39	3,39
17	Botonera	2	0,23	0,46
18	Relé térmico	1	16,55	16,55
19	Regatón de 2 plg.	4	2,24	8,96
20	Cocineta eléctrica 110 v	1	55,00	55,00
21	Luz piloto	1	2,27	2,27
			TOTAL	715,82

Elaborado por: Roberto Necpas

4.2.3 Costo maquinado de elementos

El maquinado de los diferentes elementos representa la mano de obra empleada para la construcción de la batidora para pomadas

En la tabla 16 se describen los diferentes precios unitarios y totales de todos los materiales correspondientes a elementos normalizados

Tabla 10. Maquinado de elementos

MAQUINADO DE ELEMENTOS					
ITEM	Piezas	Trabajo a realizar	COSTO HORA (USD)	HORAS	COSTO TOTAL (USD)
1 RECIPIENTE					
1.1	base recipiente olla	doblado	16,67	3	50,00
		soldado	15,00	2	30,00
1.2	cuerpo recipiente	soldado	30,00	2	60,00
1.3	orejas olla	doblado	10,00	1	10,00
		soldado	10,00	1	10,00
1.4	Seguro	perforado	15,00	1	15,00
1.5	eje	torneado	14,00	5	70,00
1.6	Mango	cortado	5,00	2	10,00
		soldado	20,00	1	20,00
2 SISTEMA MOTRIZ					
2.1	Eje de aspa Inox	soldado	6,67	3	20,00
		doblado	5,00	2	10,00
2.2	soporte de aspa inox	perforado	15,00	2	30,00
		soldado	20,00	1	20,00
2.3	Eje batidor Inox	soldado	15,00	2	30,00
2.4	Eje brazo	torneado	5,00	4	20,00
		soldado	5,00	1	5,00
2.5	Placa brazo	soldado	20,00	1	20,00
2.6	Seguro eje	torneado	6,67	3	20,00
		soldado	10,00	1	10,00

2.7	Placa soporte eje	soldado	15,00	1	15,00
-----	-------------------	---------	-------	---	-------

SISTEMA DE

3 TRANSMISIÓN

3.1	Volante eje	torneado	3,33	6	20,00
		fresado	5,00	2	10,00
3.2	Eje motriz	torneado	2,50	8	20,00

CAJA SISTEMA DE

4 TRANSMISIÓN

4.1	Plancha de acero para base	doblado	5,00	4	20,00
		perforado	8,00	1	8,00
		soldado	5,00	2	10,00
4.2	tapa de acero	perforado	2,67	3	8,00
4.3	soporte chumacera	perforado	4,00	1	4,00

5 BASTIDOR

5.1	Plancha de acero para cuerpo	doblado	5,00	2	10,00
		soldado	5,00	1	5,00
5.2	Plancha de acero refuerzo	soldado	15,00	1	15,00
5.3	Tubo brazos sujeción olla	cortado	1,50	2	3,00
		soldado	4,50	2	9,00
		perforado	3,00	1	3,00

6 BASE MÁQUINA

6.1	Soporte en tubo cuadrado	cortado	1,67	3	5,00
		soldado	1,67	3	5,00
6.2	Plancha soporte	doblado	2,33	3	7,00
		Soldado	1,50	2	3,00

7 SISTEMA ELÉCTRICO

7.1	Instalación de sistema eléctrico	Instalación y comprobaci ón de	6,25	16	100,00

sistema
eléctrico

8 PINTURA

8.1	Pintura al horno color hueso	Pulido	2,50	8	20,00
		Pintado	7,50	8	60,00
				TOTAL	118 820,00

Elaborado por: S.M.I.

4.2.4 Costos montaje y pruebas

El montaje es el ensamblaje de los diferentes elementos que componen la totalidad de la batidora. El periodo de prueba es el proceso necesario para comprobar el adecuado funcionamiento de todos los componentes de la batidora.

En la tabla 17 se describen los diferentes elementos y costos correspondientes al proceso de montaje y periodo de prueba.

Tabla 11. Montaje y periodo de pruebas

MONTAJE Y PERIODO DE PRUEBAS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	MONTAJE	168,00
2	MATERIALES PARA PRUEBA	190,40
3	OPERARIO PARA PRUEBAS	33,60
TOTAL		410,00

Elaborado por: Roberto Necpas y S.M.I.

En la tabla 18 se describen los costos totales directos empleados en la fabricación de la batidora.

Tabla 12. Costos Directos

COSTOS DIRECTOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Materiales directos	289,86
2	Elementos normalizados	715,82
3	Mano de obra	820,00
4	Montaje y periodo de pruebas	410,00
TOTAL		2235,68

Elaborado por: Roberto Necpas

4.3 Costos indirectos

Los costos indirectos de fabricación en el proyecto corresponden a los rubros realizados para la fabricación de la batidora y que influyen de manera indirecta.

En la tabla 19 se describen los diferentes elementos y costos correspondientes a los costos indirectos realizados.

Tabla 13. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
MATERIALES DE		
1	OFICINA	123,00
TRANSPORTE		
2	MÁQUINA	134,00
3	ALIMENTACIÓN	39,00
4	HOSPEDAJE	41,00
5	MOVILIZACIÓN	62,00
TOTAL		399,00

Elaborado por: Roberto Necpas

4.4 Costos de producción

En la tabla 20 se describen los costos directos e indirectos empleados para la fabricación de la batidora.

Tabla 14. Costos de producción

COSTOS DE PRODUCCIÓN		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	COSTOS DIRECTOS	2235,68
2	COSTOS INDIRECTOS	399,00
	TOTAL	2634,68

Elaborado por: Roberto Necpas

4.5 Costos de ingeniería y diseño

En la tabla 21 se describen los costos de ingeniería y diseño empleados para la fabricación de la batidora.

Tabla 15. Costos de ingeniería y diseño

Costo de Producción	2634,68
Costo de ingeniería y diseño (20%)	526,94

Elaborado por: Roberto Necpas

4.6 Costo de imprevistos

En la tabla 22 se describen los costos de imprevistos empleados para la fabricación de la batidora.

Tabla 16. Costo de imprevistos

Costo de Producción	2634,68
COSTO DE IMPREVISTOS (5%)	131,73

Elaborado por: Roberto Necpas

4.7 Costos Totales

Los costos totales de la batidora se determinaron sumando los costos de producción, ingeniería - diseño y los costos de imprevistos.

En la tabla 23 se describen los costos totales empleados para la fabricación de la batidora.

Tabla 17. Costos Totales

COSTOS TOTALES		
ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)
1	Costos de Producción	2634,68
2	Costos de ingeniería y diseño	526,94
3	Costos de imprevistos	131,73
TOTAL		3293,35

Elaborado por: Roberto Necpas

4.8 Viabilidad del proyecto

Para ver la viabilidad de un proyecto se debe observar varios factores entre los cuales encontramos los siguientes.

El valor del equipo al final de su vida útil (Salvamento), valor que se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = 10 \% x I \quad (27)$$

Donde:

$S = \text{Salvamento}$

$I = \text{Inversión}$

Empleando la ecuación (27) se obtiene que:

$$S = 10\% x 3293,35$$

$$S = 329,335$$

La depreciación de la máquina, valor que se calcula con la siguiente ecuación:

$$D_{\text{anual}} = \frac{I - S}{V} \quad (28)$$

Donde:

$S = \text{Salvamento}$

$I = \text{Inversión}$

$V = \text{Vida útil (10 años)}$

Empleando la ecuación (28) se obtiene que:

$$D_{anual} = \frac{3293,35 - 329,335}{10}$$

$$D_{anual} = 296,40$$

4.9 VAN, TIR Y Payback Period

Para el cálculo del TIR se considera la tasa efectiva referencial máxima del Banco Central del Ecuador.

Para los diferentes cálculos se realiza la siguiente tabla en la cual se obtiene el ingreso de la Fundación por la producción de cremas con la batidora.

Tabla 18. Ingresos y Producción de la Fundación

PRODUCCIÓN MÍNIMA MENSUAL	
DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDADES
Trabajo máquina (día)	1 horas
Producción	10 l/h
Días laborables (mes)	12 días
Producción mensual	120 l/mes
Crema medicinal (1 unidad)	13 gr
INGRESO ANUAL DE FUNDACIÓN	
DESCRIPCIÓN	VALOR UNIDADES
Costo por 1 crema medicinal	1,25 USD
Unidades mensuales	3080
Ingreso mensual	3850 USD
Ingreso anual	138600 USD

Elaborado por: Roberto Necpas

4.9.1 Flujo de Caja

El flujo de caja es un valor esencial para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Payback Period.

El cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se lo hace con la siguiente fórmula:

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^n \frac{Q_j}{(1+k)^j} \quad (29)$$

Donde:

$A =$ *Inversión Inicial*

$Q =$ *Flujo de Caja Anual*

$k = \text{Interés Anual}$

Tabla 19. Flujo de caja

Descripción	Valor		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	(mes)	Símbolo					
Inversión		I	3293,4				
Ingreso Anual		Ia			Ia		
Ventas mensuales	3850		46200,0	49434,0	52894,4	56597,0	60558,8
Egreso anual		Ea			Ea		
Mantenimiento	30		360,0	378,0	396,9	416,7	437,6
Materia prima	3126,13		37513,6	38639,0	39798,2	40992,1	42221,9
Consumo eléctrico	2,88		34,6	35,6	36,7	37,8	38,9
Operario	400		4800,0	4944,0	5092,3	5245,1	5402,4
Imprevistos	100		1200,0	1236,0	1273,1	1311,3	1350,6
Salvamento		S	329,3				
Depreciación anual		Danual	296,4	296,4	296,4	296,4	296,4
Evaluación proyecto					5 años		
Ingreso Total			46200,0	49434,0	52894,4	56597,0	60558,8
Egreso Total			44533,9	45529,0	46893,5	48299,4	49747,8
Total			1666,1	3905,0	6000,8	8297,6	10811,0

Elaborado por: Roberto Necpas

Empleando la ecuación (29) se obtiene que:

$$VAN = 16986.21$$

El cálculo del TIR selo realiza con la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum_{j=1}^n \frac{Fn_j}{(1+i)^j} \quad (30)$$

Donde:

$Fn = \text{Flujo neto anual}$

$i = \text{Interés anual}$

$j = \text{Tiempo de flujo de caja}$

Empleando la ecuación (30) se obtiene que:

$$TIR = 103 \%$$

El cálculo del Payback Period se lo realiza con la siguiente fórmula:

$$\textit{Payback Period} = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Primer flujo caja Anual}} \quad (31)$$

Empleando la ecuación (31) se obtiene que:

$$\textit{Payback Period} = \frac{3293.4}{1666.1}$$
$$\textit{Payback Period} = 1.97 \text{ años}$$

CONCLUSIONES

La forma propuesta de la máquina, así como su diseño se comprobó en las pruebas, los resultados son la reducción del tiempo de producción de 7 horas a 4 horas, la capacidad de la máquina de 10 litros por hora, por lo cual es perfectamente viable para cumplir con las necesidades de la Fundación Familia Salesiana.

En función del análisis de la producción actual de cremas y la producción esperada de cremas la producción tendrá un incremento de 112 % llegando a una producción de 10.4 litros por lote con la implementación de la máquina batidora.

En base al estudio de alternativas de diseño viable se seleccionó la batidora de muñeca al obtener un total de 57 puntos cumpliendo las especificaciones de dimensiones, mantenimiento, volumen de producción haciéndola apta para el batido de cremas medicinales.

En el periodo de pruebas de dos semanas se comprobó la funcionalidad de la máquina de acuerdo a las especificaciones de capacidad de 10 l/h, de tipos de materiales como el acero Inox. 304 y 316, espacio de trabajo y eléctricas de 110V detalladas por Fundación Familia Salesiana.

En el análisis de costos se determinó que el costo de la batidora es de 2980 USD, teniendo un VAN de 16986.1 y un TIR de 103% lo que hace rentable su diseño y construcción.

RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros y para mejorar el proceso de batido de pomadas se recomienda la implementación de poleas de diferentes diámetros en el proyecto dependiendo de la aplicación, lo cual permitirá utilizar el proyecto en otras aplicaciones.

Se recomienda analizar la implementación de un sistema de dosificación de producto, un sistema de sellado para tecnificar completamente la producción de pomadas medicinales por parte de Fundación Familia Salesiana.

La máquina tiene la suficiente capacidad para incrementar a futuro su producción hasta los 15 litros por lote de las diferentes cremas medicinales.

La máquina deberá ser operada únicamente por personal capacitado por Fundación Familia Salesiana, así como su mantenimiento debe ser realizado por un técnico debidamente calificado.

Bibliografía

- [1] Infolaso.com, «Evolución Población Mundial,» 01 07 2013. [En línea]. Available: <https://www.infolaso.com/evolucion-poblacion-mundial.html>. [Último acceso: 25 05 2018].
- [2] G. A. R., Remington: Farmacia, nVolume 1, Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003.
- [3] A. R. Gennaro, Remington Farmacia, Tomo 2, Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003.
- [4] La Guía de las Vitaminas, «Aceite de Girasol: Beneficios, Propiedades, Usos y Peligros.,» [En línea]. Available: <https://laguiadelasvitaminas.com/propiedades-y-caracteristicas-del-aceite-de-girasol/>. [Último acceso: 20 05 2018].
- [5] Wikipedia, «Helianthus annuus,» Wikipedia, 2018. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Helianthus_annuus. [Último acceso: 25 06 2018].
- [6] Mi Jardín, «¿Cómo y cuándo plantar girasoles?,» Mi Jardín Revista Online, [En línea]. Available: <https://www.mijardin.es/ornamentales/flores/girasoles/como-cuando-plantar-girasol/>. [Último acceso: 30 05 2018].
- [7] A. Bailey, Aceites y grasas industriales, Barcelona: Reverté S. A., 1984.
- [8] FAO, «La cera de abejas - Un producto útil y valioso,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/008/y5110s/y5110s07.htm#TopOfPage>. [Último acceso: 21 05 2018].
- [9] Miel Sabinas Arlanza, «Usos de la cera de abeja,» [En línea]. Available: <http://www.mielarlanza.com/es/contenido/?iddoc=98>. [Último acceso: 02 06 2018].

- [10] V. M. Centelles, «La Cera de Abeja,» Botanical-Online SL, 09 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.botanical-online.com/cosmetica/cera-abeja-caracteristicas-usos>. [Último acceso: 20 08 2018].
- [11] J. Morgan, S. Townley, G. Kemble y R. Smith, «Measurement of physical and mechanical properties of beeswax,» *Materials Science and Technology*, vol. 18, p. 463, 2012.
- [12] EcuRed, «Aceite de pino,» [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Aceite_de_pino. [Último acceso: 25 05 2018].
- [13] Botanica Online SL, «Pino, árbol,» [En línea]. Available: <https://www.botanical-online.com/pino.htm>. [Último acceso: 25 05 2018].
- [14] XIQUIM S.A., «Hoja de datos de seguridad de productos,» [En línea]. Available: http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Aceite_de_pino.pdf. [Último acceso: 26 06 2018].
- [15] W. Sellar, Guía de Aceites Esenciales, Volume 9, Madrid: EDAF, 2009.
- [16] Botanical Online SL, «Características del ciprés,» [En línea]. Available: <https://www.botanical-online.com/cipres.htm>. [Último acceso: 30 05 2018].
- [17] L. Ananieva y V. Novelli, Aceites esenciales para la salud y belleza: Segunda parte, Tektime, 2017.
- [18] bioBeauty, «Aceite de ciprés,» [En línea]. Available: <https://beauty.biotrendies.com/aceites-esenciales/cipres>. [Último acceso: 27 05 2018].
- [19] Ecuador Forestal, «Ficha Técnica N. 10 : Eucalipto,» [En línea]. Available: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [20] Ecuador Forestal, «Fiche Técnica No. 10: Eucalipto,» Eje comunicaciones, 22 10 2012. [En línea]. Available: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas->

- de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-10-eucalipto/. [Último acceso: 05 06 2018].
- [21] Dr. Joseph Mercola, «Aceite de Eucalipto: Extraordinario Aceite Esencial,» Mercola, [En línea]. Available: <https://articulos.mercola.com/aceites-herbales/aceite-de-eucalipto.aspx>. [Último acceso: 27 05 2018].
- [22] M. C. García Vallejo, E. Cadhía Fernández y E. Conde Arias, «Composición Química del Aceite Esencial de Eucalyptus Rudis Endl.,» de *Congreso Forestal Español*, Lourizán, 1993.
- [23] Carl Roth, «Ficha de datos de seguridad,» 25 01 2017. [En línea]. Available: https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/5/SDB_5337_ES_ES.pdf. [Último acceso: 27 05 2018].
- [24] J. Liebig, *Tratado de Química Orgánica*, Tomo 3, Madrid: Imprenta del Diccionario Geográfico, 1848.
- [25] Dr. Joseph Mercola, «Aceite de Romero: Le Esencia del Bienestar,» Mercola, [En línea]. Available: <https://articulos.mercola.com/aceites-herbales/aceite-de-romero.aspx>. [Último acceso: 28 05 2018].
- [26] C. Obón de Castro y D. Rivera Núñez, *Las plantas medicinales de nuestra región*, Murcia: Editorial Regional de Murcia, 1991.
- [27] Crocus, «Rosmarinus officinalis,» [En línea]. Available: https://www.crocus.co.uk/plants/_/rosmarinus-officinalis/classid.2000025233/#prettyPhoto. [Último acceso: 30 06 2018].
- [28] Gran Velada, «Aceite Esencial de Romero,» [En línea]. Available: <https://www.granvelada.com/es/aceites-esenciales/129-donde-comprar-aceite-esencial-de-romero-proveedor.html>. [Último acceso: 29 05 2018].
- [29] eco agricultor, «Aceite esencial de romero, propiedades y usos medicinales,» [En línea]. Available: <https://www.ecoagricultor.com/aceite-esencial-de-romero-propiedades-y-usos-medicinales/>. [Último acceso: 30 05 2018].

- [30] L. O. A., O. A. L. , A. N. O. y A. I. A., «Cymbopogon citratus,» de *Medicinal Spices and Vegetables from Africa*, Dschang, Academic Press, 2017, pp. 397 - 423.
- [31] A. Mansurah A., A. Abdulmalik S. y J. Bolanle D., «Lemongrass (Cymbopogon spp.) Oils,» de *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, Zaria, Academic Press, 2016, pp. 509 - 516.
- [32] Luch Essence, «Ficha de Datos de Seguridad. Producto Lemongrass,» 21 05 2018. [En línea]. Available: http://www.lluce.com/es/productos/Pages/OpenDocuments.aspx?artNumber=100232600&type=3&template=01613QQQL_ESP_L1_V13.doc&outFileName=100232600_ESP_L1_V13.pdf&productName=LEMONGRASS%20INDIA%20AE&reachNumber=---/--. [Último acceso: 13 12 2018].
- [33] Tablet Wise, «Lemon Grass in Spanish,» [En línea]. Available: <https://www.tabletwise.com/medicine-es/lemon-grass.> [Último acceso: 12 12 2018].
- [34] S. Gagan, K. Maninderjit, D. Falgun y S. Richa, «Pharmacognostic Standarization of Cymbopogon citratus (dc.) stapf leaves,» *Pharmacognosy Journal*, vol. 4, n° 29, pp. 19 - 25, 2012.
- [35] M. R. Soto Vásquez, P. A. Alvarado García, L. E. Rosales Cerquin y J. Cerna Castillo, «Efecto del Aceite Cymbopogon Citratus en los niveles de ansiedad de estudiantes de educación secundaria,» *In Cresendo*, vol. 8, n° 1, pp. 22 - 28, 2017.
- [36] Salinerito, «Salinerito,» [En línea]. Available: <http://www.salinerito.com/>. [Último acceso: 15 06 2018].
- [37] Wikipedia, «Acero Inoxidable,» Wikipedia, 19 05 2018. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Acero_inoxidable. [Último acceso: 28 08 2018].

- [38] NKS de Mexico, «Acero Inoxidable 304 y 304L,» NKS, 2018. [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/>. [Último acceso: 01 09 2018].
- [39] NKS, «Aceros Inoxidables 316 y 316L,» NKS de Mexico, 2018. [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>. [Último acceso: 02 09 2018].
- [40] Mercado Libre, «Batidora Kitchenaid Professional 600 Mixer,» Mercado Libre México, [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-551094908-batidora-kitchenaid-professional-600-mixer-_JM?quantity=1&variation=32081968698. [Último acceso: 20 07 2018].
- [41] Sodimate, «Mezclador MBV,» [En línea]. Available: <http://www.sodimateiberica.com/mezclador-mbv/>. [Último acceso: 23 06 2018].
- [42] C. A. Rengifo Mera y M. P. Benalcázar Díaz, Diseño y simulación de una máquina mezcladora - amasadora para preparar 12 KG/H de pasta alimenticia, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [43] Maquinarias Cobo, «Batidora Planetaria 12 litros Cobo,» [En línea]. Available: <http://www.maquinariascobo.com.ar/producto/batidora-planetaria-12-litros-cobo-bp-12/>. [Último acceso: 24 06 2018].
- [44] Buscaglia, «Batidora a Muñeca 20/36 litros,» [En línea]. Available: <https://www.buscaglianet.com/batidoras/a-mano/2036-litros/>. [Último acceso: 22 06 2018].
- [45] R. Budynas y K. Nisbett, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, México D. F.: McGraw-Hill Interamericana, 2008.
- [46] Definición DE, «Definición de Presión Hidrostática,» [En línea]. Available: <https://definicion.de/presion-hidrostatica/>. [Último acceso: 19 01 2019].

- [47] Hyperphysics, «Presión en fluido estático,» [En línea]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pflu.html>. [Último acceso: 20 01 2019].
- [48] Carbone Stainless Steel, «Ficha técnica del acero inoxidable,» [En línea]. Available: <https://www.empresascarbone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>. [Último acceso: 12 10 2018].
- [49] Optibelt, Manual técnico para transmisión por correas trapeciales, Hoxter.
- [50] A. H. M. S. A., Manual de diseño para la construcción con acero A.H.M.S.A., Monclova, 2013.

ANEXOS

TABLAS

Tabla Anexo 1. Distribución geográfica del *Cymbopogon citratus* alrededor del mundo, Medicinal spices and vegetables from Africa, analizado en la sección 1.9.1

Continent	Country	References	
Asia	Bangladesh	Chowdury et al. (2015)	
	China	Yang and Lei (2005)	
	India	Jeong et al. (2009)	
	Indonesia	Muchtaridi and Subarnas (2011)	
	Japan	Abe et al. (2003)	
	Malaysia	Tajidin et al. (2012)	
	Nepal	Singh et al. (1980)	
	North Korea	Ho-Dzun et al. (1997)	
	Pakistan	Mirza et al. (2005)	
	Philippines	Balboa and Lim-Sylianco (1995)	
	Sri Lanka	Jayasinha (2001)	
	Thailand	Detpiratmongkol et al. (2005)	
	Vietnam	Nham (1993)	
	Africa	Algeria	Boukhatem et al. (2013)
Angola		Soares et al. (2013a,b)	
Benin		Bossou et al. (2013)	
Burkina Faso		Bassolé et al. (2011)	
Cameroon		Ntonga et al. (2014)	
Cote d'Ivoire		Kouame et al. (2015)	
Democratic Republic of Congo		Cimanga et al. (2002)	
Egypt		Hanaa et al. (2012)	
Ethiopia		Abegaz et al. (1983)	
Ghana		Nyarko et al. (2012)	
Kenya		Matasyoh et al. (2011)	
Mali		Sidibé et al. (2001)	
Nigeria		Adeneye and Agbaje (2007)	
Tanzania		Santos et al. (2013)	
Togo		Koba et al. (2009)	
Zambia		Chisowa et al. (1998)	
Zimbabwe		Kazembe and Chauruka (2012)	
Europe		Italy	Berteza et al. (2003)
		United Kingdom	Humphrey (1973)
North America	Canada	Nanon et al. (2014)	
	Costa Rica	Pohl (1972)	
	Cuba	Tapia et al. (2007)	
	Mexico	Berlin et al. (1974, 1977)	
	Panama	Covich and Nickerson (1966)	
	Saint Lucia	Graveson (2012)	
	Trinidad and Tobago	Clement et al. (2015)	
	United States of America	Rozzi et al. (2002)	
South America	Argentina	Hilgert (2001)	
	Bolivia	Moore et al. (2007)	
	Brazil	Costa et al. (2011)	
	Colombia	Olivero-Verbel et al. (2010)	
	Peru	Leclercq et al. (2000)	
	Venezuela	Gonzalez et al. (2008)	
Australia and Oceania	Australia	Beech (1990)	
	Papua New Guinea	Wossa et al. (2004)	

Figura 37. Distribución geográfica de la hierba luisa

Elaborado por: Academic Press [31]

Tabla Anexo 2. Tabla de Características del Acero Inoxidable, Ficha Técnica del Acero Inoxidable Carbone Stainless Steel, analizado en la sección 1.11

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300		
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10⁶ C⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	1398/1454	1371/1398	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A₅) MIN	(%)	≥ 45		
	RESILIENCIA KCUL / KVL	(J/cm²)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C	(N/mm²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C	(N/mm²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ₁/10³/t (N/mm²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD		MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%	45%	
	EMBUTICIÓN		MUY BUENA	BUENA	

* Son aceptables tolerancias de un 1%

Figura 38. Características del Acero Inoxidable

Elaborado por: Carbone Stainless Steel [48]

Tabla Anexo 3. Factor de servicio, manual técnico para transmisiones por correas trapeciales Optibelt, analizado en la sección 3.4.2

Ejemplos de máquinas de trabajo	Ejemplos de máquinas motrices					
	Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)			Factor de carga c_2 para funcionamiento diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16	hasta 10	más de 10 hasta 16	más de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, cintas transportadoras (para material ligero), ventiladores y bombas hasta 7,5 kW	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Cizallas, prensas, transportadoras de cadenas y de cinta (para material pesado), tamices vibratorios, generadores y dinamos, amasadoras, máquinas herramienta (tornos y esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadoras de carga pesada, expulsores (transportadoras helicoidales, de placas, de cangilones, de palas), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria de elaboración de papel, bombas de pistones, bombas draga, sierras alternativas, molinos de martillos.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calandrias, mezcladoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para la madera.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Figura 39. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 18, pág. 69

Elaborado por: Optibelt [49]

Tabla Anexo 4. Correas trapeciales de alto rendimiento, manual técnico para transmisiones por correas trapeciales Optibelt, analizado en la sección 3.4.2

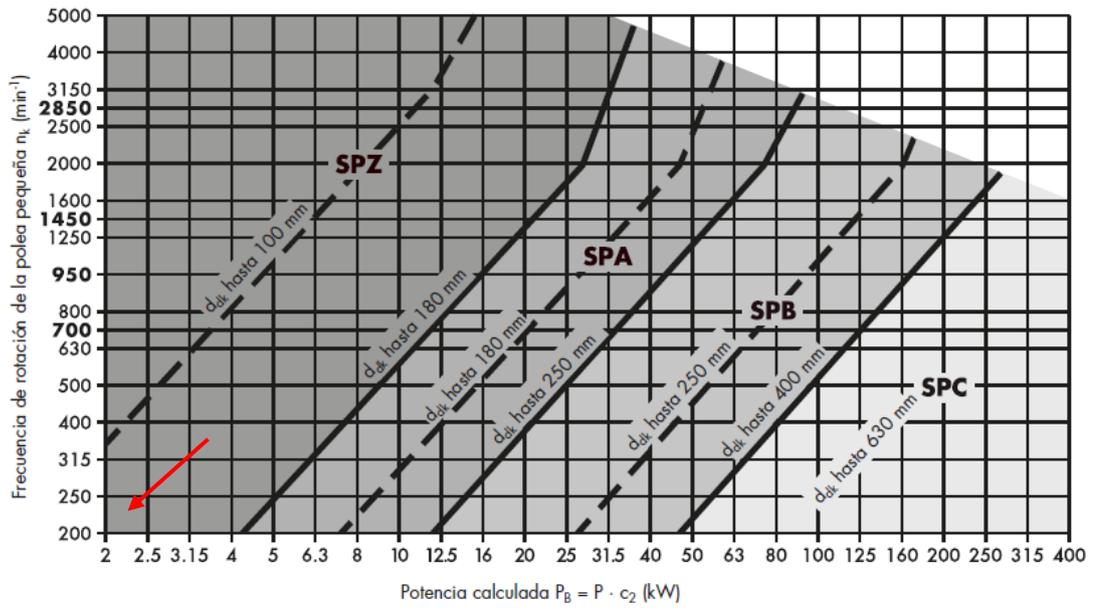


Figura 40. Catálogo de bandas Optibelt, diagrama 2, pág. 74.

Elaborado por: Optibelt [49]

Tabla Anexo 5. Valores de potencia Optibelt perfil SPA, manual técnico para transmisiones por correas trapeciales Optibelt, analizado en la sección 3.4.3

Poleas	v (m/s)	n _k (min ⁻¹)	Diámetro de referencia de la polea pequeña d _{dk} (mm)														
			90	100	112	118	125	132	140	150	160	180	200	224	250	280	315
5	700		1.17	1.55	1.99	2.21	2.47	2.72	3.01	3.37	3.73	4.44	5.14	5.97	6.85	7.86	9.01
	950		1.49	1.98	2.57	2.86	3.20	3.53	3.91	4.39	4.86	5.78	6.70	7.78	8.92	10.21	11.68
	1450		2.04	2.76	3.62	4.04	4.53	5.02	5.57	6.25	6.92	8.24	9.52	11.02	12.58	14.30	16.18
	2850		3.14	4.40	5.88	6.60	7.43	8.23	9.13	10.21	11.25	13.21	14.97	16.81	18.43	19.78	20.57
	100		0.23	0.30	0.37	0.40	0.43	0.49	0.54	0.60	0.65	0.77	0.89	1.03	1.18	1.35	1.55
	200		0.42	0.54	0.68	0.75	0.83	0.91	1.00	1.11	1.22	1.45	1.67	1.94	2.22	2.55	2.92
	300		0.59	0.76	0.96	1.07	1.18	1.30	1.43	1.60	1.76	2.09	2.41	2.80	3.21	3.68	4.23
	400		0.75	0.97	1.24	1.37	1.52	1.67	1.85	2.06	2.28	2.70	3.12	3.63	4.16	4.78	5.49
	500		0.90	1.17	1.50	1.66	1.85	2.03	2.25	2.51	2.77	3.30	3.81	4.43	5.09	5.84	6.70
	600		1.04	1.36	1.75	1.94	2.16	2.38	2.63	2.95	3.26	3.87	4.48	5.21	5.98	6.86	7.88
	700		1.17	1.55	1.99	2.21	2.47	2.72	3.01	3.37	3.73	4.44	5.14	5.97	6.85	7.86	9.01
	800		1.30	1.72	2.23	2.47	2.76	3.05	3.38	3.78	4.19	4.99	5.77	6.71	7.70	8.82	10.11
	900		1.43	1.90	2.45	2.73	3.05	3.37	3.74	4.19	4.64	5.52	6.39	7.43	8.52	9.76	11.17
	1000		1.55	2.06	2.68	2.98	3.34	3.69	4.09	4.58	5.07	6.04	7.00	8.12	9.32	10.66	12.18
	1100		1.66	2.23	2.90	3.23	3.61	4.00	4.43	4.97	5.50	6.55	7.59	8.80	10.09	11.53	13.15
1200		1.77	2.38	3.11	3.47	3.88	4.30	4.76	5.34	5.92	7.05	8.16	9.46	10.84	12.37	14.08	
1300		1.88	2.54	3.31	3.70	4.15	4.59	5.09	5.71	6.33	7.54	8.72	10.10	11.55	13.17	14.96	
1400		1.99	2.69	3.52	3.93	4.40	4.87	5.41	6.07	6.72	8.01	9.26	10.72	12.25	13.93	15.79	
1500		2.09	2.83	3.71	4.15	4.65	5.15	5.72	6.42	7.11	8.47	9.79	11.32	12.91	14.66	16.56	
1600		2.19	2.97	3.91	4.37	4.90	5.43	6.02	6.76	7.49	8.91	10.29	11.89	13.54	15.34	17.29	
1700		2.28	3.11	4.09	4.58	5.14	5.69	6.32	7.09	7.86	9.34	10.78	12.44	14.14	15.99	17.95	
1800		2.37	3.24	4.27	4.78	5.37	5.95	6.61	7.42	8.21	9.76	11.25	12.97	14.71	16.59	18.56	
1900		2.46	3.37	4.45	4.98	5.60	6.20	6.89	7.73	8.56	10.17	11.71	13.47	15.25	17.14	19.10	
2000		2.54	3.50	4.62	5.18	5.82	6.45	7.16	8.03	8.89	10.55	12.14	13.94	15.75	17.65	19.57	
2100		2.62	3.62	4.79	5.37	6.03	6.69	7.42	8.33	9.22	10.93	12.56	14.39	16.22	18.11	19.98	
2200		2.70	3.74	4.95	5.55	6.24	6.92	7.68	8.61	9.53	11.29	12.95	14.81	16.65	18.52	20.32	
2300		2.78	3.85	5.11	5.73	6.44	7.14	7.93	8.89	9.83	11.63	13.32	15.20	17.04	18.87	20.58	

Figura 41. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 28, pág. 84

Elaborado por: Optibelt [49]

Tabla Anexo 6. Surtido estándar metal Optibelt poleas acanaladas trapeciales, manual técnico para transmisiones por correas trapeciales Optibelt, analizado en la sección 3.4.3

Correas trapeciales Perfil	Denominación ISO	-	Y	-	Z	A	B	-	C	-	D	E	Datum diameter d_d		Tolerancia de concetricidad y planitud
	DIN 2215	5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40	mín.	máx.	
Correas trapeciales estrechas Perfil	DIN 7753 parte 1 e ISO 4184	-	-	-	SPZ	SPA	SPB	-	SPC	-	-	-	mín.	máx.	
Diámetro de referencia d_d	20,0												20,0	20,4	0,2
	22,0												22,0	22,4	
	25,0												25,0	25,4	
	28,0	28,0											28,0	28,4	
	31,5	31,5											31,5	32,0	
	35,5	35,5											35,5	36,1	
	40,0	40,0	40	40									40,0	40,6	
	45,0	45,0	45	45									45,0	45,7	
	50,0	50,0	50	50									50,0	50,8	
	56,0	56,0	56	56									56,0	56,9	
	63,0	63,0	63	63		63							63,0	64,0	
						67	67						67,0	68,0	
	71,0	71,0	71	71		71							71,0	72,1	
	80,0	80,0	80	80		80							80,0	81,3	
				85		85							85,0	86,3	
		90,0	90	90		90	90						90,0	91,4	
				95		95	95	90					95,0	96,4	
		100,0	100	100		100	100	95					100,0	101,6	
				106		106	106	100					106,0	107,6	
		112,0	112	112		112	112	106					112,0	113,8	
			118		118	118	112					118,0	119,9		
	125,0	125	125		125	125	118					125,0	127,0		
			132		132	132	125					132,0	134,1		
			140		140	140	132					140,0	142,2		
			150		150	150	140	140*				150,0	152,4		
			160		160	160	150	150*				160,0	162,6		
							160	160*							
		180	180		180	180	160	160*					170,0	172,7	
			190		190	190	170	170*					180,0	182,9	
			200		200	200	180	180*					190,0	193,0	
					212	212	200	200*					200,0	203,2	
					224	224	212	212*					212,0	215,4	
							224	224*					224,0	227,6	
								225					225,0	228,6	
								236					236,0	239,8	
				250	250	250	236	236*					250,0	254,0	
							250	250*	250				265,0	269,0	

Figura 42. Catálogo de bandas Optibelt, tabla 10, pág. 43

Elaborado por: Optibelt [49]

Tabla Anexo 7. Resistencias mínimas a la tensión y a la fluencia de algunos aceros, diseño en ingeniería mecánica de Shigley, analizado en la sección 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Figura 43. Diseño en ingeniería mecánica, tabla A-20, pág. 1020

Elaborado por: Richard Budynas [45]

Tabla Anexo 8. Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales, diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, analizado en la sección 3.7

Número	Material	Condición	Fluencia S_y		Última S_u		Resistencia a la fractura, σ_f		Coeficiente σ_u	Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura ϵ_f
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) [†]	620 (90.0)	0.25	1.05			
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) [†]	992 (144)	0.14	0.49			
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) [†]	758 (110)	0.24	0.85			
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (22.0)	1 580 (23.0)	2 380 (34.5)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81			
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (25.0)	1 930 (21.0)	2 340 (34.0)	1 760 (255) [†]	0.048	0.43			
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) [†]	1 410 (205)	0.51	1.16			
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) [†]	1 270 (185)	0.45	1.67			
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) [†]	620 (90)	0.28	0.10			
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) [†]	689 (100)	0.15	0.18			
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) [†]	882 (128)	0.13	0.18			

[†]Los valores se tomaron de uno o dos cálculos que pueden obtenerse e usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%. Ver elemento.

Figura 44. Diseño en ingeniería mecánica, tabla A-22, pág. 1023

Elaborado por: Richard Budynas [45]

Tabla Anexo 9. Esfuerzos en aceros estructurales, manual de diseño para la construcción con acero A. H. M. S. A., analizado en la sección 3.11

Nomenclatura		F _y (3)		F _u (4)	
NMX (1)	ASTM (2)	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
B-254	A36	250	2 530	400 a 550	4 080 a 5 620
B-99	A529	290	2 950	414 a 585	4 220 a 5 975
B-282	A242	290	2 950	435	4 430
		320	3 235	460	4 710
		345	3 515	485	4 920
B-284	A572	290	2 950	414	4 220
		345	3 515	450	4 570
		414	4 220	515	5 270
		450	4 570	550	5 620
	A992	345	3 515	450 a 620	4 570 a 6 330
B-177	A53	240	2 460	414	4 220
B-199	A500 (5)	320	3 235	430	4 360
B-200	A501	250	2 530	400	4 080
	A588	345 (6)	3 515 (6)	483 (6)	4 920 (6)
	A913	345 a 483 (7)	3 515 a 4 920 (7)	448 a 620 (7)	4 570 a 6 330 (7)

- (1) Norma Mexicana.
- (2) American Society for Testing and Materials.
- (3) Valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.
- (4) Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión. Cuando se indican dos valores, el segundo es el máximo admisible.
- (5) ASTM especifica varios grados de acero A500, para tubos circulares y rectangulares.
- (6) Para perfiles estructurales; para placas y barras, ASTM especifica varios valores, que dependen del grueso del material.
- (7) Depende del grado; ASTM especifica grados 50, 60, 65 y 70.

Figura 45. Manual de diseño para la construcción con acero A.H.M.S.A

Elaborado por: A. H. M. S. A. [50]

FOTOS



Figura 46. Proceso para calentar el aceite de girasol

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 47. Batido manual de las cremas medicinales

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 48. Construcción del batidor

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 49. Construcción sistema de transmisión de potencia

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 50. Construcción sistema de batido

Elaborado por: Roberto Necpas

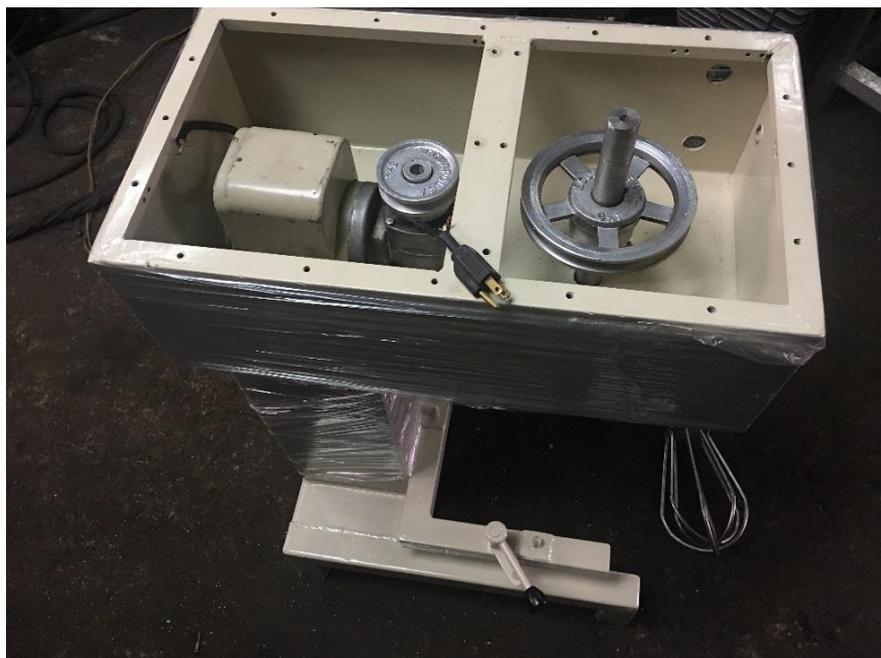


Figura 51. Instalación sistema eléctrico

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 52. Construcción de la máquina finalizada

Elaborado por: Roberto Necpas



Figura 53. Entrega de máquina en Salinas - Bolívar

Elaborado por: Roberto Necpas

PLANOS