

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de una centrifugadora de miel de tipo radial automática con un banco de decantación para los procesos de extracción y filtrado de apiarios provenientes de la provincia del Guayas

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

David Miguel Cando Tierra

Ángel Andrés Jaramillo Rodas

Guayaquil – ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por darnos salud y vida, a nuestros abuelos, a nuestros padres, familiares, amigos y a todos los que fueron nuestros profesores durante nuestro período académico en la ESPOL.

Este trabajo va dedicado a Rosa Vargas Vilema quien en vida fue una persona perseverante, trabajadora, este trabajo es en honor a ella.

DECLARACIÓN EXPRESA

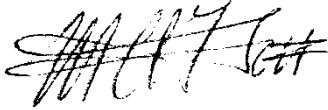
“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

David Miguel Cando Tierra

Ángel Andrés Jaramillo Rodas

MSc. Efraín Andrés Terán Calle

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



David Cando Tierra
Estudiante



Ángel Jaramillo Rodas
Estudiante



MSc. Efraín Terán Calle
Director

RESUMEN

El Ecuador tiene un alto potencial para el desarrollo de la apicultura no obstante, en la provincia del Guayas se ha evidenciado que los apicultores carecen de desarrollo tecnológico y técnico, lo cual se refleja en la baja producción de la miel de manera artesanal. Con respecto a lo mencionado, Ecuador es el menor productor de miel en Sudamérica. Por tal motivo se pretende mejorar la calidad de producción de miel en el país para que en un futuro pueda ser exportado.

A partir de lo antes mencionado, el proyecto se enfoca en diseñar una centrifugadora tipo radial automático y un banco de decantación para tecnificar la apicultura en la provincia del Guayas, con el fin de mejorar el proceso de extracción, y disminuir el tiempo de filtrado sin afectar las propiedades físicas y químicas de la miel.

Para el diseño del extractor de miel se analizaron varios diseños de extractores existentes en el mercado, además se estudiaron las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Posteriormente se seleccionó la mejor opción que nos permita una óptima producción. Con la finalidad de proceder al análisis, dimensionamiento y diseño del extractor de miel a partir de la capacidad requerida. Para el diseño del decantador fue necesario establecer el parámetro de temperatura adecuado para evitar que la miel no pierda sus propiedades medicinales manteniendo así el producto.

Por otra parte, para el diseño del extractor y el decantador, se ha seleccionado el acero inoxidable 304 (grado alimenticio), establecido por las normas sanitarias del Ecuador para el manejo de productos de consumo humano.

Cambiando la metodología de extracción de miel, a través del uso de un extractor radial se determinó que la capacidad de producción de miel aumentará con respecto a la producción obtenida por el método tradicional.

Palabras Claves: miel, extractor radial, decantador, apicultura.

ABSTRACT

Ecuador has a high potential for the development of beekeeping, but in the Guayas province, beekeepers lack technic and technological advancement which is reflected in the low production of artisan honey. In regards of what was mentioned, Ecuador is last in honey production in South America. For that motive, the objective is to improve the production quality of honey in the country so that it may be exported in the future.

The project focuses on designing an automatic radial type centrifuge and a decantation bank for modernizing beekeeping in the Guayas province, for the purpose of improving the extraction process, and reducing filtering time without affecting the physical and chemical properties of honey.

For the design of the honey extractor, the existing extractors were analyzed with their respective advantages and disadvantages. After that, the best option for production was selected, in order to proceed to the analysis, sizing and design for the honey extractor parting from the capacity required. For the design of the decanter, it was necessary to establish the adequate temperature parameter to prevent honey from losing its medicinal properties, keeping the product intact.

On the other hand, for the design of the extractor and decanter, the stainless steel grade 304 (food grade) has been selected, which has been established by the sanitary norms of Ecuador for the handling of products for human consumption.

Changing the methodology of honey extraction, through the use of a radial extractor, it was determined that the capacity for honey production will rise in comparison to the traditional method.

Key Words: honey, radial extractor, decanter, beekeeping.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII

CAPÍTULO 1

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Marco Teórico.....	2
1.3.1 La Apicultura	2
1.3.2 Instalaciones Apícolas	3
1.3.3 Producción Apícola en el Guayas	3
1.3.4 Normas aplicadas a la apicultura	4
1.3.5 La Miel	4
1.3.5.1 Composición química de la miel	4
1.3.6 Beneficios de la miel.....	5
1.3.7 La cera	5
1.3.8 La jalea real	5
1.3.9 Propóleos	5
1.3.10 Polen	6
1.3.11 Veneno	6

1.3.12 Proceso de extracción	6
1.3.13 Banco de decantación	8

CAPÍTULO 2

2.METODOLOGÍA DE DISEÑO	9
2.1 Matriz de decisión de los tipos de extracción de miel	9
2.2 Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel. Ventajas y Desventajas de los extractores propuestos	12
2.3 Matriz de decisión de los tipos de extractores radiales	16
2.3.1 Selección del tipo de extractor radial.....	16
2.3.1 Ventajas y Desventajas de los extractores propuestos	18
2.4 Matriz de decisión de los tipos de filtrado de la miel	20
2.5 Metodología de diseño	22
2.6 Diseño de Forma	23
2.6.1 Diseño de forma de la centrifugadora tipo radial automático.....	23
2.6.2 Diseño de forma del decantador de miel automático	24
2.7 Mecanismos de diseño de la centrifugadora tipo radial automática	24
2.7.1 Marco tipo Langstroth	24
2.7.2 Mecanismo de giro	25
2.7.3 Eje de transmisión.....	26
2.7.4 Sistema de transmisión.....	28
2.7.4.1 Bandas.....	28
2.7.4.1.1 Distancia entre centros de la polea.....	29
2.7.5 Tanque de la centrifugadora.....	30
2.7.6 Automatización.....	30
2.8 Materiales seleccionados para el diseño de la centrifugadora tipo radial automática	33
2.9 Diseño térmico del decantador.....	33
2.9.1 Balance de energía en la miel.....	34

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS	43
3.1 Cálculo de cantidad de miel por marco	43

CAPÍTULO 4

4. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	70
4.1 Conclusiones	70
4.2 Recomendaciones	71

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencia de la Producción
ASTM	American Society for Testing Materials
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
AISI	American Iron and Steel Institute

SIMBOLOGÍA

N*:	número de marcos
V*:	volumen total de miel
P*:	producción en dinero
°C:	grados centígrados
g:	gramo
cm ³ :	centímetro cúbico
W:	watts
m:	metro
K:	grados Kelvin
\$:	dólares
Kg:	Kilogramo
mm:	milímetro
S _y :	esfuerzo de fluencia
S _{ut} :	esfuerzo último de tensión
MPa:	Megapascal
S _e :	límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica
S' _e :	límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria
k _a :	factor de modificación de la condición superficial
k _b :	factor de modificación de tamaño
k _c :	factor de modificación de la carga
k _d :	factor de modificación de la temperatura
k _e :	factor de confiabilidad
k _f :	factor de modificación de efectos varios
D:	diámetro
N _f :	factor de seguridad a la fatiga
K _f :	factor de concentración de esfuerzo a la fatiga debido a flexión
M:	momento
K _{fsm} :	factor de concentración de esfuerzo a la fatiga debido a torsión
F _N :	fuerza normal
T:	torque
N:	newton
D _{p2} :	diámetro de la polea del eje conducido
F _B :	fuerza de flexión
D ₁ :	diámetro de la polea menor
D ₂ :	diámetro de la polea mayor
C _{max} :	distancia máxima

C_{\min} :	distancia mínima
in:	pulgada
ρ :	densidad
m:	masa
V:	volumen
A:	área
GPa:	Gigapascal
\dot{Q}_{ent} :	flujo de calor de entrada
\dot{Q}_{sal} :	flujo de calor de salida
ε :	emisividad

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Extractor tangencial.....	6
Figura 1.2 Extractor radial.....	7
Figura 1.3 Extractor de alto rendimiento.....	7
Figura 2.1 Metodología de diseño.....	22
Figura 2.2 Metodología de diseño.....	23
Figura 2.3 Diseño de forma de la centrifugadora tipo radial automático.....	23
Figura 2.4 Diseño de forma del decantador de miel automático.....	24
Figura 2.5 Marco langstroth.....	25
Figura 2.6 Mecanismo de giro.....	25
Figura 2.7 Mecanismo de giro.....	28
Figura 3.1 Marco desoperculado.....	42
Figura 3.2 Mecanismo de giro.....	43
Figura 3.3 Desplazamiento del mecanismo de giro.....	44
Figura 3.4 Desplazamiento del mecanismo de giro.....	44
Figura 3.5 Desplazamiento del mecanismo de giro.....	45
Figura 3.6 Base del tanque.....	46
Figura 3.7 Base del tanque.....	47
Figura 3.8 Simulación del desplazamiento de la estructura.....	47
Figura 3.9 Simulación del esfuerzo de Von mises.....	48
Figura 3.10 Simulación del factor de seguridad.....	48
Figura 3.11 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión.....	54
Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión.....	55
Figura 3.13 Diagrama de fuerza cortante y momento flector.....	54
Figura 3.14 Diagrama tipo escalera del circuito de control.....	60
Figura 3.15 Diagrama del circuito de fuerza.....	61
Figura 3.16 Diagrama del circuito de fuerza.....	64
Figura 3.17 Diagrama de fuerza del decantador.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1	Propiedades físicas de la miel..... 8
Tabla 2.1	Parámetros de comparación..... 9
Tabla 2.2	Comparación pareada..... 10
Tabla 2.3	Valor de parámetros..... 11
Tabla 2.4	Peso de parámetros..... 11
Tabla 2.5	Matriz de decisión de los tipos de extracción de miel..... 12
Tabla 2.6	Ventajas y Desventajas de los extractores de miel de abeja..... 13
Tabla 2.7	Parámetros de comparación..... 13
Tabla 2.8	Comparación pareada..... 14
Tabla 2.9	Valor de parámetros..... 14
Tabla 2.10	Peso de parámetros..... 15
Tabla 2.11	Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel..... 16
Tabla 2.12	Ventajas y Desventajas de los extractores de miel de abeja..... 17
Tabla 2.13	Parámetros de comparación..... 17
Tabla 2.14	Comparación pareada..... 18
Tabla 2.15	Valor de parámetros..... 18
Tabla 2.16.	Peso de parámetros..... 19
Tabla 2.17	Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel..... 20
Tabla 2.18	Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel..... 21
Tabla 2.19	Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel..... 26
Tabla 2.20	Propiedades del acero inoxidable..... 30
Tabla 2.21	Partes del tablero de control..... 31
Tabla 2.22	Datos de la miel..... 33
Tabla 2.23	Dimensiones del recipiente de la miel..... 34
Tabla 2.24	Dimensiones del recipiente del agua..... 34
Tabla 2.25	Propiedades del aire evaluadas en la temperatura de película..... 37
Tabla 2.26	Datos de la transferencia de calor por radiación..... 40
Tabla 3.1	Factor de servicio..... 50
Tabla 3.2	Selección del tipo de correas..... 51
Tabla 3.3	Capacidad de transmisión por canal (en hp)..... 52
Tabla 3.4	Selección de polea conductor..... 52
Tabla 3.5	Selección de polea conducida..... 53
Tabla 3.6	Resultados del diseño térmico del decantador..... 62
Tabla 3.7	Características de operación del decantador..... 62
Tabla 3.8	Equipos y materiales que conforman el decantador..... 63

Tabla 3.9	Costo de materiales de Centrifugadora.....	66
Tabla 3.10	Costo de materiales para Sistema Automático de Centrifugadora.....	67
Tabla 3.11	Costo de materiales para Sistema Automático de Banco de Decantación.....	68
Tabla 3.12	Costo de Mano de Obra.....	68
Tabla 3.13	Costo total de Diseño y Construcción de la Centrifugadora.....	69
Tabla 3.14	Costo total de Diseño y Construcción del Banco de Decantación.....	69

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Plano de la centrifugadora tipo radial automático

PLANO 2 Plano de mecanismo de giro

PLANO 3 Estructura metálica de la centrifugadora tipo radial automática

PLANO 4 Plano de eje de transmisión y dimensiones del mecanismo giro

PLANO 5 Plano del decantador de miel

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de una centrifugadora de miel de tipo radial automática con un banco de decantación para los procesos de extracción y filtrado de apiarios provenientes de la provincia del Guayas, diseñado con el fin de ayudar a los apicultores de mediana y pequeña producción. Para la obtención de miel de manera más rápida y con menos pérdidas al momento de la extracción de miel.

1.1 Descripción del Problema

En nuestro país existe un alto potencial para el desarrollo de la apicultura, estimándose una proyección aproximada de 200.000 colmenas de abejas con la posibilidad de ser producidas según el MAGAP; sin embargo, solo se han registrado 19.000 colmenas establecidas en el territorio ecuatoriano. Esta situación es el resultado de una serie de limitaciones que existen en los diferentes procesos de producción apícola, entre las cuales se destaca el escaso desarrollo tecnológico y la falta de conocimiento técnico para el respectivo manejo de factores de influencia en las labores de extracción y filtrado de miel.

Se ha evidenciado que dentro de la provincia del Guayas se carece de desarrollo tecnológico para la producción apícola viéndose directamente reflejado en las máquinas manuales que se utilizan para la extracción y filtrado de la miel, encontrándose manufacturadas de acero al carbono por lo que tienden a presentar agentes corrosivos que contamina el producto y perjudica la salud humana. Debido a que las máquinas utilizadas son manuales durante la extracción, la lámina de cera se rompe debido a un movimiento brusco generado en la manivela. La mayoría de los apicultores para el proceso de filtración utilizan el método de separación natural, que

consiste en un tanque o recipiente de plástico el cual va contener la miel filtrada que pasa primeramente por un cedazo, por lo tanto no se eliminan todas las impurezas en el proceso productivo de la miel. Por esta razón, se hace necesario evaluar tecnologías que servirán para disminuir o minimizar la contaminación, para entregarle al consumidor un producto de buena calidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- a) Diseñar una centrifugadora de tipo radial automática con un banco de decantación para la producción de miel.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Analizar la mejor alternativa de solución para el proceso de centrifugación y decantación de la miel.
- b) Diseñar una máquina centrifugadora automática utilizando análisis de diseño mecánico.
- c) Simular una máquina centrifugadora automática a través del software Autodesk Inventor para analizar deformación y seguridad del equipo.
- d) Diseñar un banco de decantación por medio del análisis de diseño térmico.

1.3 Marco Teórico

En la sección se presenta un breve resumen referente a la apicultura, características de la miel, proceso de extracción y filtrado de la miel que se aplican en el Ecuador.

1.3.1 La Apicultura

La apicultura es una práctica que conlleva el cuidado de las abejas para obtener beneficios directos (miel, polen, propóleos, cera) e indirectos (polinización de las plantas). Una definición completa sería “la ciencia aplicada que estudia la abeja melífera y que mediante el uso de tecnología se

obtienen beneficios económicos. La apicultura es una rama de la zootecnia que representa una gran fuente de riqueza por los múltiples beneficios que se pueden obtener a través de la explotación artesanal o industrial (Miguel Quilambaqui, 2016).

Además de proporcionarnos miel como producto principal, con la apicultura también se puede producir polen, cera, jalea real, propóleos y veneno de abejas y se pueden obtener ingresos adicionales en la venta de núcleos y colmena (García, 2005).

1.3.2 Instalaciones Apícolas

En el Ecuador existen granjas apícolas en la región costa y sierra en las ciudades de Guayaquil, Quito e Ibarra, en cuales estas dos últimas se obtienen la mayor producción nacional de miel de acuerdo al catastro realizado por el MAGAP.

Por la biodiversidad de flora que posee nuestro país, la miel que se produce en los distintos lugares posee cualidades únicas de cada región, como son: color, aroma y sabor.

En referente a las instalaciones apícolas en la provincia del Guayas, se conoce que este sector no cumple con las debidas normas de higiene con las que deben ser tratadas la miel.

1.3.3 Producción Apícola en el Guayas

De acuerdo al último censo realizado por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD) en el año 2014, y actualizado en el año en curso nos indica los siguientes valores:

Apicultores	18
Colmenas	957

Con estos datos la producción actual de la provincia del Guayas es:

Número de marcos (N *) = 9570 marcos

Volumen total de miel (V *) = 23925 litros

Producción en dinero (P *) = 358875 \$

De acuerdo a los datos anteriores, podemos llegar a la conclusión de que en la provincia del Guayas, van a existir 9570 marcos (N*) de los cuales se van a extraer un total de 23925 litros (V*), y por dicho volumen se tendrá un valor de 358875 dólares.

1.3.4 Normas aplicadas a la apicultura

La Norma INEN 2913, dice que para la miel se conserve por un mayor tiempo líquida se la somete a un choque térmico elevado (78-82 °C), aunque por un tiempo reducido (2-3 minutos), en el cual se destruye la mayor parte de estructuras cristalinas iniciales que favorecen la total o parcial cristalización de la miel, pero la norma INEN 1572 establece que con el uso de calor moderado (la temperatura de la miel no deberá superar los 40 °C) hasta cuando quede libre de cristales visibles, por lo cual las propiedades medicinales de la miel no se afectarían.

1.3.5 Miel

La miel es el néctar que las abejas traen desde las flores y procesan dentro de la colmena, agregándole sustancias propias y elaborando su humedad. La tarea de convertir el néctar en miel la llevan a cabo las abejas en la colmena (Chacón, 2014).

1.3.5.1 Composición de la miel

La miel se compone principalmente azúcares (glucosa y fructosa): 80%, vitaminas y proteínas: 2% y agua: 18% (Miguel Quilambaqui, 2016).

1.3.6 Beneficios de la miel

La miel es un excelente cicatrizante y antiinflamatorio, posee propiedades antibacteriales y antisépticas, mejora la digestión de los seres humanos, refuerza el sistema inmunológico, contiene vitaminas, minerales, antioxidantes y aminoácidos. Es un efectivo depurador de la sangre, disminuye los dolores musculares, regula el ritmo cardíaco, rejuvenece la piel, fortalece el cabello y reduce el acné (Miguel Quilambaqui, 2016).

1.3.7 Cera

Es la sustancia segregada por las glándulas cereras de las abejas obreras. La cera recién producida de las abejas es de color blanco y puede adquirir tonalidades diferentes que oscilan del amarillo al marrón en función del tiempo y del contacto con polen, propóleos y restos del nido. La cera es la primera producción de la colonia y sin ella la colonia no puede organizarse (BUXADÉ, 1997).

1.3.8 Jalea Real

La jalea real constituye la alimentación exclusiva de las larvas hasta el tercer día de su existencia, hasta el quinto día para las larvas destinadas a ser futuras reinas y hasta el final de su existencia para las reinas. Esta diferencia de alimentación es la que originara que, de un mismo huevo, se desarrolle una reina u otras abejas (BUXADÉ, 1997).

1.3.9 Propóleos

El propóleos es el exudado resinoso que las abejas recolectan de las plantas, principalmente de árboles y arbustos. Las abejas utilizan el propóleos a modo de cemento para fijar partes móviles, tapar fisuras o grietas de la colmena, también es utilizado para envolver materia orgánica en descomposición (cadáveres de pequeños animales, etcétera) eliminando la posibilidad de contagio a la colonia de abejas (BUXADÉ, 1997).

1.3.10 Polen

Las abejas recolectan granos de polen de las flores para alimentar a las larvas y a las abejas jóvenes. Las abejas recogen el polen y lo aglutinan con secreciones salivares y néctar, para formar granos pequeños, que transporten a la colmena en el tercer par de patas (BUXADÉ, 1997).

1.3.11 Veneno

Es el líquido almacenado en la vejiga conectado al aguijón en donde las abejas la emplean en su defensa. La picadura de la abeja es dolorosa para los mamíferos y resulta mortal para los pequeños enemigos de la abeja (BUXADÉ, 1997).

1.3.12 Proceso de Extracción

La extracción hace salir la miel de los panales desoperculados utilizando la fuerza centrífuga (Jean-Prost, 2007). Existen de diferentes tamaños y modelos, se deberá elegir de acuerdo a la necesidad. Hay tangenciales, radiales y de alto rendimiento, con motor y sin él.

Los de alta producción tienen mayor capacidad de extracción con respecto a los extractores radiales y tangenciales. A continuación se detalla cada uno de los tipos de extractores.

Extractor tangencial.

Está diseñado para contener de dos a cuatro cuadros de miel. Para emplear este extractor, los panales desoperculados se colocan dentro, descansando contra la jaula que soporta al panal y evita que sea desgarrado del marco cuando la jaula está girando (Hooper, 1976).



Figura 1.1 Extractor tangencial

Fuente: FARLI S. A, 2016

Extractor radial

En este tipo de extractor se ubican los paneles en las hendijas dispuestas como los rayos de una rueda, radiando desde el centro. Con un extractor de este tipo se extraen ambos lados de los panales al mismo tiempo (Hooper, 1976).



Figura 1.2 Extractor radial

Fuente: FARLI S. A, 2016

Extractor de alto Rendimiento

En este extractor de gran rendimiento existen desde 4 series de 30 cuadros con separador Hoffman giran alrededor de un eje horizontal (Jean-Prost, 2007). Son utilizados para media y alta producción.



Figura 1.3 Extractor de alto rendimiento

Fuente: Albiz, 2016

Proceso de Filtración

Proceso consistente en la limpieza física de la miel, que se efectúa haciendo pasar a ésta por filtros de nylon de uso alimentario, de manera que no permanezcan impurezas físicas en la miel, pero sin afectar a su contenido natural de polen.

1.3.13 Banco de decantación

El banco de decantación es utilizado para el proceso de filtrado, el sistema de calentamiento asegura una separación rápida de partículas provenientes del proceso de extracción, el sistema es llenado con agua para asegurar una transferencia de calor óptima.

Tabla 1.1 Propiedades físicas de la miel

Propiedades	Descripción
Densidad	El valor varía dependiendo del contenido de agua o la madurez de la miel, está en un intervalo ($1.410-1.435 \frac{g}{cm^3}$).
Viscosidad	Va depender de la temperatura a la cual es sometida la miel, mayor a $35^{\circ}C$ va ser menos viscosa y cuando la temperatura es menor a los $14^{\circ}C$ esta se cristaliza.
Conductividad térmica	Es 14 veces menor conductor que el agua ($0.04 \frac{W}{m \cdot K}$).
Punto de congelación	Al bajar la temperatura la miel se cristaliza, pero el agua que está dentro de la miel solo ocurre al llegar a la temperatura de -1.42 y $-1.53^{\circ}C$.

Fuente: (Espinoza, 1997)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En este capítulo se detalla la selección de cada uno de los diferentes tipos de extracción de miel que existe para posteriormente seleccionar el extractor adecuado, se describe la metodología de diseño que llevaremos a cabo, el cual permitirá obtener el diseño de forma del extractor de miel, que contendrá el diseño del eje, los rodamientos, la transmisión, los soportes estructurales exterior e interior, la selección del motor y su mecanismo de giro, además se diseñara el decantador para una rápida filtración

2.1 Matriz de decisión de los tipos de extracción de miel

Los tipos de extracción de miel que existen son por gravedad, aplastamiento y por fuerza centrífuga, para la selección correcta de uno de los tipos de extracción de miel mencionados, evaluaremos diversos criterios con el fin de seleccionar la mejor opción para la extracción de miel.

Para la toma de decisión utilizamos el método de Comparaciones Pareadas, que consiste en los parámetros de comparación para la mejor selección de la alternativa se consideran los planteados en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Parámetros de comparación

Número	Parámetro
1	Capacidad de extracción
2	Tiempo de extracción
3	Contacto con la miel
4	Reutilización de los marcos de cera
5	Costo

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el valor del peso que tendrá cada uno de los parámetros, procedemos a comparar la importancia de cada parámetro con respecto a los demás, esto se realiza para todos los parámetros antes indicados.

En la tabla 2.2, se muestran la comparación hecha entre todos los parámetros, al escoger una variable y compararla con otra determinamos de manera ideal cuál de las dos tiene mayor importancia, esto se realiza con todas las variables.

Tabla 2.2 Comparación pareada

Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B
Capacidad de extracción	x	x	Tiempo de extracción	-	x	Contacto con la miel	-	-	Reutilización de los marcos de cera	x	x
Tiempo de extracción	-	-	Contacto con la miel	x	-	Reutilización de los marcos de cera	x	x	Costo	-	-
Capacidad de extracción	-	x	Tiempo de extracción	x	x	Contacto con la miel	x	x			
Contacto con la miel	x	-	Reutilización de los marcos de cera	-	-	Costo	-	-			
Capacidad de extracción	-	-	Tiempo de extracción	x	x						
Reutilización de los marcos de cera	x	x	Costo	-	-						
Capacidad de extracción	x	x									
Costo	-	-									

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.3, se muestran el valor total de cada uno de los parámetros que fueron pareados.

Tabla 2.3 Valor de parámetros

Parámetros	1	2	3	4	5	Total
1	1	2	1	0	2	6
2	0	1	1	2	2	6
3	1	1	1	0	2	5
4	2	0	2	1	2	7
5	0	0	0	0	1	1
					total	25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.4, presentan los valores en porcentaje de los parámetros que fueron pareados, el porcentaje se lo obtuvo dividiendo el total de la variable por el total obtenido de la suma de las variables.

Tabla 2.4 Peso de parámetros



Parámetros	Peso %
Capacidad de extracción	24
tiempo de extracción	24
Contacto con la miel	20
Reutilización de los marcos de cera	28
Costo	4

Fuente: Elaboración propia

- Capacidad de extracción (24%), máxima capacidad de extracción de miel que puede extraerse de un marco desoperculado.
- Tiempo de extracción (24%), menor tiempo de extracción de miel para una mayor producción.

- Contacto con la miel (20%), disminución del contacto del hombre con la miel durante el proceso de extracción.
- Reutilización de los marcos de cera (28%), disminución de daño provocado durante el proceso de extracción.
- Costo (4%), menor utilización de recursos para la obtención de miel.

Tabla 2.5 Matriz de decisión por cada equipo de extracción de miel

Criterio	Tipos de extracción		
	Gravedad 	Aplastamiento 	Fuerza centrífuga 
Capacidad de extracción (24%)	15	19	24
Tiempo de extracción (24%)	5	10	24
Contacto con la miel (20%)	10	15	18
Reutilización de los marcos de cera (28%)	5	5	28
Costo (4%)	4	4	1
Total (100%)	39	53	95

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.5, se puede observar que la mejor opción para la extracción de miel se da con la aplicación de la fuerza centrífuga, este tipo de extracción es ideal para extraer toda la miel de los marcos desoperculados, además disminuye el contacto del hombre con la miel por tal motivo tiende a presentar menor cantidad de agentes contaminantes, además las láminas de cera no se rompen y pueden ser reutilizadas para una posterior cosecha.

2.2 Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel

Ventajas y Desventajas de los extractores propuestos

En la tabla 2.6, se muestran las ventajas y desventajas que existen entre los dos extractores tanto para el tangencial como el tipo radial.

Tabla 2.6 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de extractores de miel

Tipos de extractores	Ventajas	Desventajas
Tangencial	<ul style="list-style-type: none">• Extraen la miel por completo.	<ul style="list-style-type: none">• Son diseñados para sostener de dos a cuatro cuadros de miel.• Baja capacidad de producción.
Radial	<ul style="list-style-type: none">• Se extraen ambos lados de los panales al mismo tiempo.• Alta capacidad de producción.• Es automático.	<ul style="list-style-type: none">• Costo• Es utilizado en apiarios medianos y grandes.

Fuente: (Jean-Prost, 2007)

Los tipos de extractores de miel que existen son de tipo tangencial y radial, para la selección correcta de uno de los tipos de extractores de miel, evaluaremos diversos criterios con el fin de seleccionar la mejor alternativa para la extracción de miel.

Para la toma de decisión utilizamos el método de Comparaciones Paredadas, utilizando los siguientes parámetros se realizara la comparación. Los cuales se los representa en la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Parámetros de comparación

Número	Parámetro
1	Funcionalidad
2	Capacidad de extracción
3	Proceso de manufactura
4	Mantenimiento
5	Costo

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el valor del peso que tendrá cada uno de los parámetros, procedemos a comparar la importancia de cada parámetro con respecto a los demás, esto se realiza para todos los parámetros a considerar.

Tabla 2.8 Comparación pareada

Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B
Funcionalidad	x	-	Capacidad de extracción	x	x	Proceso de manufactura	x	x	Mantenimiento	x	x
Capacidad de extracción	-	x	Proceso de manufactura	-	-	Mantenimiento	-	-	Costo	-	-
Funcionalidad	x	x	Capacidad de extracción	x	x	Proceso de manufactura	-	-			
Proceso de manufactura	-	-	Mantenimiento	-	-	Costo	x	x			
Funcionalidad	x	x	Capacidad de extracción	x	x						
Mantenimiento	-	-	Costo	-	-						
Funcionalidad	x	x									
Costo	-	-									

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.8, se muestran la comparación hecha entre todos los parámetros, al escoger una variable y compararla con otra determinamos de manera ideal cuál de las dos tiene mayor importancia, esto se realiza con todas las variables.

En la tabla 2.9, se muestran el valor total de cada uno de los parámetros que fueron pareados.

Tabla 2.9 Valor de parámetros

Parámetros	1	2	3	4	5	Total
1	1	1	2	2	2	8
2	1	1	2	2	2	8
3	0	0	1	2	0	3
4	0	0	0	1	2	3
5	0	0	2	0	1	3
					total	25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.10, se muestran los valores en porcentaje de los parámetros que fueron pareados, el porcentaje se lo obtuvo dividiendo el total de la variable por el total obtenido de la suma de las variables.

Tabla 2.10 Peso de parámetros



Parámetros	Peso %
Funcionalidad	32
Capacidad de extracción	32
Proceso de manufactura	12
Mantenimiento	12
Costo	12

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los criterios a considerar para seleccionar la mejor alternativa:

- Funcionalidad (32%), fácil encendido y apagado de la máquina, no debe romper las láminas de cera durante la extracción.
- Capacidad de extracción (32%), extracción de toda la miel de los marcos desoperculados.
- Proceso de manufactura (12%), tiempo de fabricación rápido, sin piezas mecánicas muy complejas.
- Mantenimiento (12%), diseño de fácil mantenimiento sin mecanismos muy complejos.
- Costo (12%), bajo costo va estar al alcance de cualquier apicultor.

Tabla 2.11 Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel

Criterio	Tipos de extracción	
	Alternativa A Tangencial	Alternativa B Radial
		
Funcionalidad (32%)	15	30
Capacidad de extracción (32%)	15	30
Proceso de manufactura (12%)	8	10
Mantenimiento (12%)	7	10
Costo (12%)	10	8
Total (100%)	55	88

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.11, se presenta la mejor opción para extraer la miel siendo la alternativa B que representa al extractor tipo radial. Este tipo de extractor es automático, el cual me permite extraer toda la miel de los marcos desoperculados sin mucho esfuerzo, disminuyendo de esta manera el tiempo de extracción y mejorando la producción de miel.

2.3 Matriz de decisión para seleccionar el tipo de extractor radial

Los extractores de miel de tipo radial que existen son de tipo vertical y horizontal, para la selección correcta de uno de los tipos de extractores de miel, evaluaremos diversos criterios con el fin de seleccionar la mejor alternativa.

2.3.1 Selección del tipo de extractor radial

Para el extractor radial, a continuación se plantean las dos alternativas a analizar.

Alternativa A.- Extractor radial tipo vertical.

Alternativa B.- Extractor radial tipo horizontal.

Las ventajas y desventajas de los tipos de extractores se muestran a continuación:

Tabla 2.12 Ventajas y Desventajas de los extractores de miel de abeja

Tipos de extractores radiales	Ventajas	Desventajas
Vertical	<ul style="list-style-type: none">• Extraen la miel de todos los panales desoperculados.• Menor tiempo de extracción• No se rompen los panales desoperculados.	<ul style="list-style-type: none">• Media capacidad de producción.• Son diseñados para albergar menos de 80 panales desoperculados.
Horizontal	<ul style="list-style-type: none">• Extraen la miel de todos los paneles desoperculados.• Puede ser cargado y descargado rápidamente y cómodamente.	<ul style="list-style-type: none">• Alta capacidad de producción• Son diseñados para albergar más de 80 panales desoperculados.

Fuente: (Jean-Prost, 2007)

Para la selección de la alternativa se utilizó el método de Comparaciones Pareadas, utilizando los siguientes parámetros se realizara la comparación. Siendo estos:

Tabla 2.13 Parámetros de comparación

Número	Parámetro
1	Funcionalidad
2	Capacidad de extracción
3	Proceso de manufactura
4	Mantenimiento
5	Costo

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el valor del peso que tendrá cada uno de los parámetros, procedemos a comparar la importancia de cada parámetro con respecto a los demás, esto se realiza para todos los parámetros a considerar.

En la tabla 2.14, se muestran la comparación hecha entre todos los parámetros, al escoger una variable y compararla con otra determinamos de manera ideal cuál de las dos tiene mayor importancia, esto se realiza con todas las variables.

Tabla 2.14 Comparación pareada

Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B	Parámetros	A	B
Funcionalidad	x	-	Capacidad de extracción	x	x	Proceso de manufactura	x	x	Mantenimiento	x	x
Capacidad de extracción	-	x	Proceso de manufactura	-	-	Mantenimiento	-	-	Costo	-	-
Funcionalidad	x	X	Capacidad de extracción	x	x	Proceso de manufactura	-	-			
Proceso de manufactura	-	-	Mantenimiento	-	-	Costo	x	x			
Funcionalidad	x	X	Capacidad de extracción	x	x						
Mantenimiento	-	-	Costo	-	-						
Funcionalidad	x	X									
costo	-	-									

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.15, se muestran el valor total de cada uno de los parámetros que fueron pareados.

Tabla 2.15 Valor de parámetros

Parámetros	1	2	3	4	5	Total
1	1	1	2	2	2	8
2	1	1	2	2	2	8
3	0	0	1	2	0	3
4	0	0	0	1	2	3
5	0	0	2	0	1	3
					total	25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.16, se muestran los valores en porcentaje de los parámetros que fueron pareados, el porcentaje se lo obtuvo dividiendo el total de la variable por el total obtenido de la suma de las variables.

Tabla 2.16 Peso de parámetros



Parámetros	Peso %
Funcionalidad	32
Capacidad de extracción	32
Proceso de manufactura	12
Mantenimiento	12
Costo	12

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los criterios a considerar para seleccionar la mejor alternativa:

- Funcionalidad (32%), Debe ser automático, seleccionar correctamente las rpm para que no se rompan las láminas de cera durante la extracción.
- Capacidad de extracción (32%), La máquina debe tener una capacidad de 20 marcos y se debe extraer toda la miel de los marcos desoperculados.
- Proceso de manufactura (12%), tiempo de fabricación rápida, sin piezas mecánicas muy complejas.
- Mantenimiento (12%), diseño de fácil mantenimiento sin mecanismos muy complejos.
- Costo (12%), bajo costo va estar al alcance de cualquier pequeño y mediano apicultor.

Tabla 2.17 Matriz de decisión de los tipos de extractores de miel

Criterio	Tipos de extracción	
	Alternativa A Radial vertical 	Alternativa B Radial horizontal 
Funcionalidad (32%)	32	28
Capacidad de extracción (32%)	28	20
Proceso de manufactura (12%)	12	10
Mantenimiento (12%)	10	8
Costo (12%)	10	8
Total (100%)	92	74

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.17, se puede observar que el mayor puntaje se obtiene con la alternativa A, que representa al extractor radial tipo vertical, este extractor es utilizado en pequeños y medianos apicultores para una obtención de miel mucho más rápida, además existe menos contacto con el producto ya que no hay la necesidad de dar la vuelta a los marcos desoperculados a la hora de realizar la extracción.



2.4 Matriz de decisión para determinar el filtrado de miel

Los tipos de filtrado que se puede realizar a la miel es por separación natural o por calentamiento; el primero método se utiliza un cedazo para la limpieza de miel, en el segundo método se realiza un proceso de calentamiento para posteriormente tamizar el producto (miel) con el fin de eliminar las impurezas.

A continuación se muestran los criterios a considerar para seleccionar la mejor alternativa:

- Tiempo de filtrado (30%), menor tiempo para de esta manera obtener una rápida y mayor producción.
- Capacidad de filtrado (30%), mayor filtrado por cada ciclo de trabajo.
- Control de temperatura (20%), para que de esta manera la miel no pierda sus propiedades químicas.
- Proceso de manufactura (10%), tiempo de fabricación rápida, sin piezas mecánicas muy complejas.
- Costo (10%), bajo costo para la utilización de los apicultores.

Tabla 2.18 Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel

Criterio	Tipos de extracción	
	Alternativa A Separación Natural 	Alternativa B Calentamiento 
Tiempo de filtrado (30%)	20	30
Capacidad de Filtrado (30%)	20	30
Proceso de manufactura (20%)	10	15
Control de temperatura (10%)	5	10
Costo (10%)	10	5
Total (100%)	65	90

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2.18, se puede observar que el mayor puntaje se obtiene en la alternativa B correspondiente al filtrado por calentamiento, en este tipo de filtrado por calentamiento el calor que se libera del fondo de la cuba calienta la miel y ayuda a subir de una manera rápida las impurezas microscópicas provenientes durante el proceso de extracción.

2.5 Metodología de diseño

Para cumplir con el diseño y fabricación de la centrifugadora tipo radial automático debemos seguir las etapas de diseño, el cual está comprendido desde los mecanismos de diseño (mecanismos de giro, eje, soportes estructurales, diseño del tanque), sistema de transmisión y automatización hasta el ensamblaje total del extractor. La metodología de diseño se detalla en la Figura 2.1.

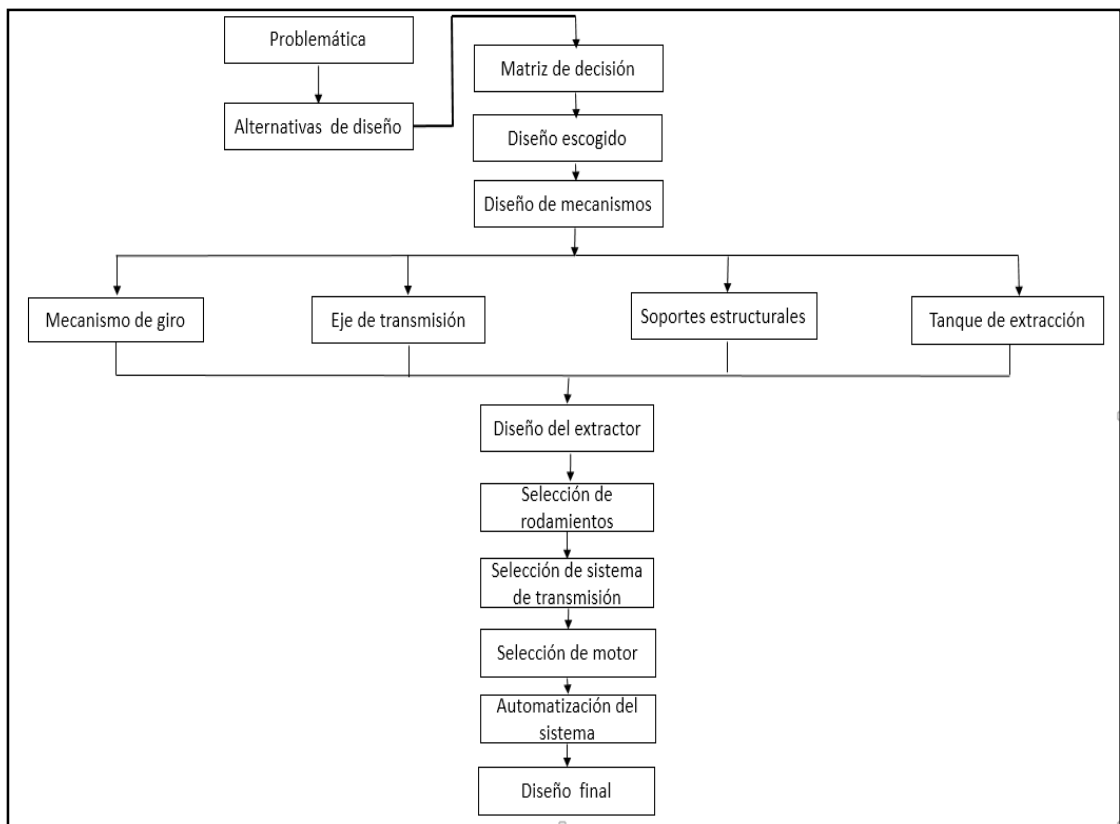


Figura 2.1 Metodología de diseño

Fuente: Elaboración propia

Para cumplir con el diseño y fabricación del banco de decantación automático debemos seguir las etapas de diseño, el cual está comprendido desde el diseño térmico, mecánico hasta la automatización. La metodología de diseño se detalla en la Figura 2.2.

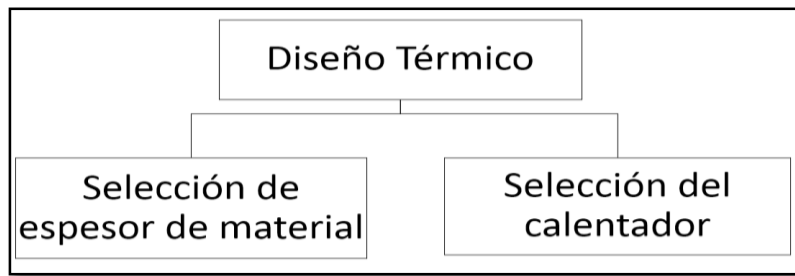


Figura 2.2 Metodología de diseño

Fuente: Elaboración propia

2.6 Diseño de Forma

2.6.1 Diseño de forma de la centrifugadora tipo radial automático

En la figura 2.3, se muestra el diseño de forma de la centrifugadora tipo radial automático, en el cual se indican los componentes principales a diseñar, a continuación se detalla cada uno de ellos:

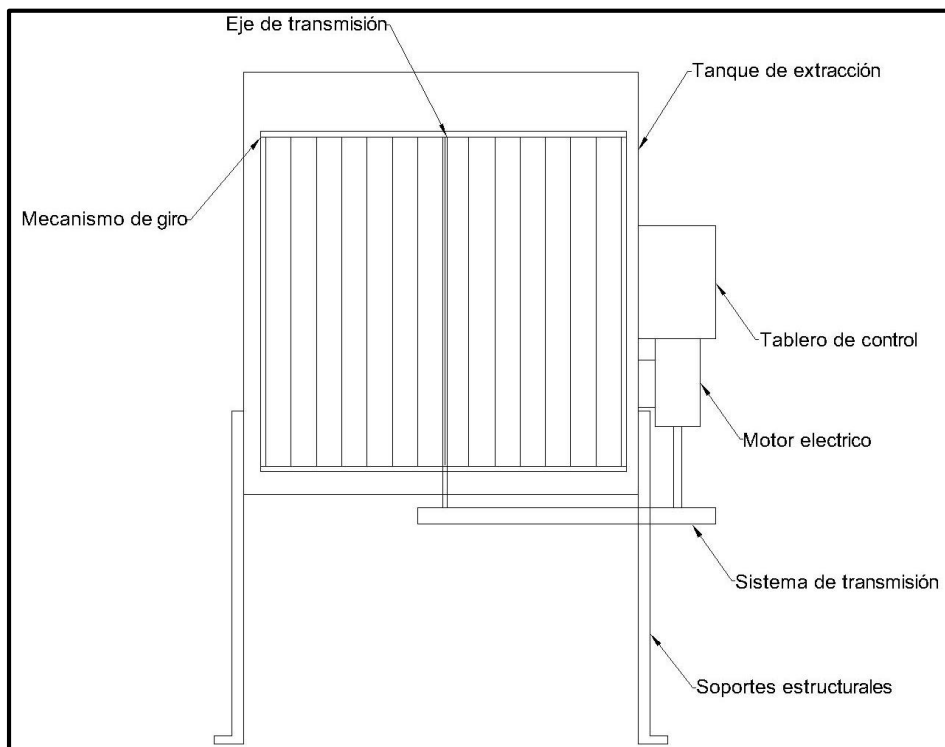


Figura 2.3 Diseño de forma de la centrifugadora tipo radial automático

Fuente: Elaboración propia

- **Mecanismo de giro:** Es aquel que está diseñado para soportar los marcos desoperculados.
- **Eje de transmisión:** Es el componente mecánico que servirá para transmitir el par y torsión al mecanismo de giro.
- **Soportes estructurales:** Es aquel que soportara todos los elementos que pertenecen al extractor radial.
- **Sistema de transmisión:** Es el encargado de transmitir la potencia del motor hasta el mecanismo de giro.
- **Tanque de extracción:** Es aquel que servirá para almacenar la miel.
- **Tablero de control:** Es el encargado de controlar el encendido, apagado y la velocidad del motor.

2.6.2 Diseño de forma del decantador de miel automático

En la figura 2.4, se muestra el diseño de forma del decantador de miel automático, en el cual se indican los componentes principales a diseñar, a continuación se detalla cada uno de ellos:

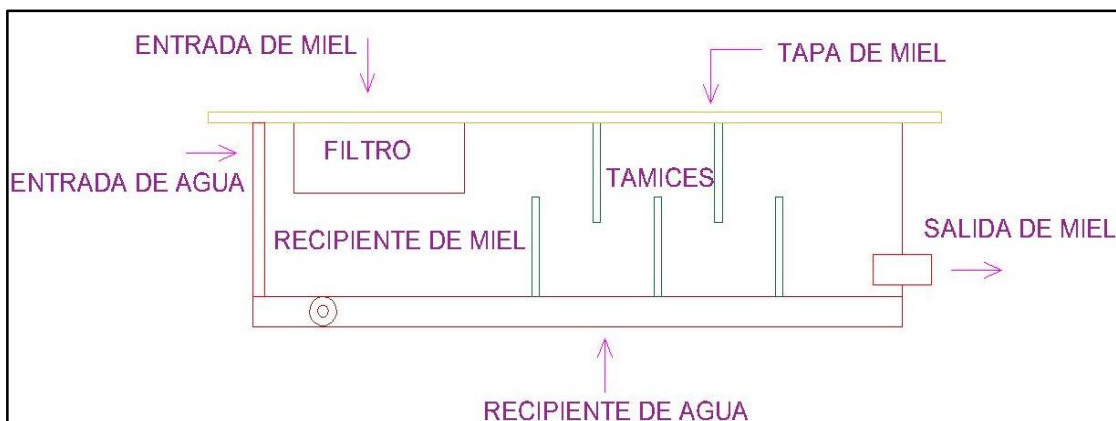


Figura 2.4 Diseño de forma del decantador de miel automático

Fuente: Elaboración propia

2.7 Mecanismos de diseño de la centrifugadora tipo radial automática

2.7.1 Marco tipo Langstroth

Para el diseño de la centrifugadora tipo radial es importante considerar las medidas del marco estándar apícola, debido a que esta es la base para el dimensionamiento del sistema de extracción. Se usará un marco tipo Langstroth con las siguientes dimensiones, el lado de mayor tamaño mide 482 mm x 31 mm

x 20 mm, el lado opuesto mide 446 mm x 18 mm x 10 mm y los costados tienen una medida de 231 mm de largo con 10 mm de espesor. A continuación se muestra el marco a utilizar.

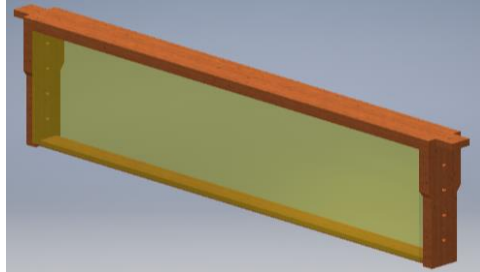


Figura 2.5 Marco Langstroth

Fuente: Elaboración propia

2.7.2 Mecanismo de giro

El mecanismo de giro debe estar fabricado de acero inoxidable AISI 304 de uso alimenticio el cual sostendrá los 20 marcos tipos Langstroth cargados de miel, cada marco tiene una cantidad de miel que va desde 2 hasta 3 litros dependiendo de los espacios que tengan los marcos dentro de la colmena. El peso de cada marco es de aproximadamente 3,59 kg, el mecanismo debe estar diseñado para soportar un peso de 71 kg.

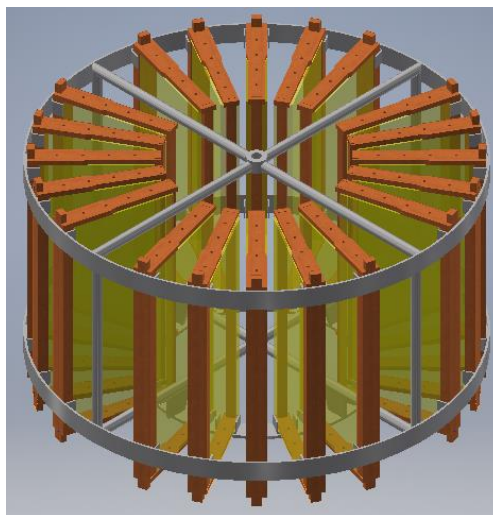


Figura 2.6 Mecanismo de giro

Fuente: Elaboración propia

2.7.3 Eje de transmisión

El eje de la centrifugadora está sometido a una carga de compresión y de torsión, el material utilizado para el eje es el acero AISI 304 (Apéndice E), en donde:

$$S_y = 276 \text{ Mpa} \quad (\text{ec. 1})$$

$$S_{ut} = 568 \text{ Mpa} \quad (\text{ec. 2})$$

Análisis de resistencia a la fatiga del eje

Para el análisis del límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de centrifugadora utilizaremos la siguiente ecuación:

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S'_e \quad (\text{ec. 3})$$

Fuente: (Nisbett, 2008)

Donde:

k_a = factor de modificación de la condición superficial

k_b = factor de modificación de tamaño

k_c = factor de modificación de la carga

k_d = factor de modificación de la temperatura

k_e = factor de confiabilidad

k_f = factor de modificación de efectos varios

S'_e = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria (MPa)

S_e = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica (MPa)

Factor de superficie K_a

En la tabla 2.19, se selecciona el acabado superficial por maquinado o laminado en frío en donde el factor a es 4.51 MPa y exponente b es -0.265.

Tabla 2.19 Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel

Acabado Superficial	Factor a		Exponente B
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.7	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

Fuente: Elaboración propia

En donde el factor de superficie se lo obtiene con la siguiente ecuación:

$$k_a = a S_{ut}^b \quad (\text{ec. 4})$$

Factor de tamaño K_b

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual (Nisbett, 2008):

$$k_b = 1$$

Factor de tamaño K_c

El factor de carga es a flexión y a torsión, por lo tanto $k_c = 1$

Factor de tamaño K_d

Las temperaturas de operación están a la temperatura ambiente, por lo tanto:

$$k_d = 1$$

Factor de tamaño K_e

Se escogerá una confiabilidad del 90% el cual posee una variación de transformación de 1.288. A continuación se muestra la ecuación para encontrar K_e .

$$k_e = 0.897$$

Valores preliminares de diseño K_t

Se considera aquí las discontinuidades geométricas encontradas con más frecuencia en ejes de transmisión de potencia (Mott, 2006), a continuación se muestran valores asumidos para la obtención de nuestros diámetros.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{para flexion } K_t = 3 \\ \text{para torsion } K_t = 2.6 \\ \text{para cuñero y polea } K_t = 3.5 \end{array} \right.$$

$$D = \left[\frac{32 * N_f}{\pi} * \sqrt{\left(K_f \frac{M}{S_e}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

N_f = factor de seguridad a la fatiga

K_f = factor de concentracion de esfuerzo a la fatiga debido a flexion

M = momento

S_e = resistencia a la fatiga

K_{fsm} = factor de concentracion de esfuerzo a la fatiga debido a torsión

T = torsión

S_y = límite de fluencia elástico

2.7.4 Sistema de transmisión

Dentro del sistema de transmisión se localiza el conjunto banda y polea, la cual se empleara para transmitir la potencia del eje conductor al eje conducido de la centrifugadora.

2.7.4.1 Bandas

En la figura 2.9 se ilustra el diagrama de cuerpo libre de una polea y un tramo de banda, en donde F_1 representa el lado tenso y F_2 el lado holgado, la diferencia de estas dos fuerzas representa la fuerza neta que está relacionada con el par de torsión de la polea. La suma de F_1 y F_2 representa la fuerza de flexión del eje de transmisión.

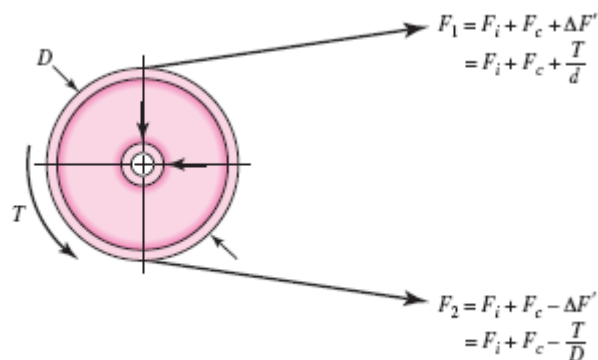


Figura 2.7 Mecanismo de giro

Fuente: (Nisbett, 2008)

A continuación se muestran las fórmulas que se utilizaron para encontrar la fuerza neta y la fuerza de flexión.

Fuerza normal

$$F_N = \frac{2T}{D_p2}$$

Donde,

T: Torque ejercido en la banda [N-m]

D_{p2}: Diámetro de la polea del eje conducido [m]

F_N: Fuerza normal [N]

Fuerza de flexión

$$F_B = 1,5 F_N$$

Donde,

F_B: Fuerza de flexión [N]

F_N: Fuerza normal [N]

Estas fuerzas servirán para el análisis respectivo de los esfuerzos que está sometido el eje.

2.7.4.1.1 Distancia entre centros de la polea

La distancia máxima en la que puede operar una banda tipo V, se lo encuentra con la siguiente ecuación:

$$C_{max} = 1.5 (D_1 + D_2)$$

Donde,

D₁: Diámetro de la polea menor

D₂: Diámetro de la polea mayor

C_{max}: Distancia máxima

La distancia mínima en la que puede operar una banda tipo V, se lo encuentra con la siguiente ecuación.

$$C = 0.7 (D_1 + D_2)$$

Donde,

D_1 : Diámetro de la polea menor

D_2 : Diámetro de la polea mayor

C_{min} : Distancia mínima

La longitud que tiene la banda tipo V, se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C}$$

Donde,

D_1 : Diámetro de la polea menor

D_2 : Diámetro de la polea mayor

C : Distancia entre centros

2.7.5 Tanque de la centrifugadora

El tanque está diseñado para almacenar en su interior la miel durante la centrifugación, como la miel es un producto alimenticio, el tanque está fabricado de acero inoxidable AISI 304 el cual posee excelentes propiedades para el conformado y el soldado, las propiedades del acero inoxidable son:

Tabla 2.20 Propiedades del acero inoxidable


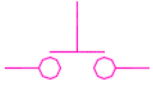
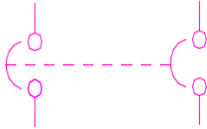
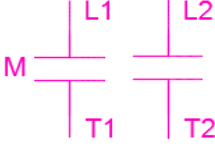






Resistencia a la fluencia (S_y)	276 MPa
Resistencia ultima a la tensión (S_{ut})	568 MPa
Elongación	30 %
Módulo de elasticidad	200 GPa
Densidad	7800 kg/m ³







Fuente: (Nisbett, 2008)

2.7.6 Automatización

Para el diseño del tablero de control de la centrifugadora, se utilizaron componentes eléctricos, como se muestra en la tabla 2.21.

Tabla 2.21 Partes del tablero de control

Partes del tablero de control	
Descripción	Simbología
Pulsador de paro	
Pulsador de arranque	
Breaker 2 polos	
Contactador	
Bobina	
Contacto N.O	
Contacto N.C	
Relé térmico	
Contacto N.C	
Contacto N.O	

Temporizador "Temporizado al cierre"	
Contacto N.O	
Motor 220 V	
Relé auxiliar	
Contacto N.O	
Luz piloto	

Fuente: Elaboración propia

A continuación se describe la función que cumple cada parte que conforma el tablero de control.

Pulsador de paro: Sirve para desenergizar todo el circuito.

Pulsador de arranque: Sirve para energizar todo el circuito.

Breaker de 2 polos: Protege el circuito eléctrico contra una sobre intensidad de corriente o un cortocircuito.

Contacto: Componente electromecánico que tiene por objeto establecer o interrumpir el paso de la de corriente.

Bobina: Al energizar la bobina permite el paro de la corriente de L1, L2 a T1 y T2 respectivamente.

Contacto N.O: Se cierra al energizar la bobina.

Contacto N.C: Se abre al energizar la bobina.

Relé térmico: Protege al circuito eléctrico contra sobrecarga.

Contacto N.C: Se abre el contacto cuando hay sobrecarga.

Contacto N.O: Se cierra el contacto cuando hay sobrecarga.

Temporizador "temporizador al cierre": Empieza a contar una vez energizado el mismo.

Contacto N.O: Se abre el contacto una vez que ha finalizado el tiempo de conteo al que ha sido programado.

Motor: Convierte la energía mecánica en eléctrica.

Relé auxiliar: Tiene contactos que soportan una corriente pequeña y sirve para circuitos de control.

Contacto N.O: Se cierra el contacto cuando se energiza la bobina del relé auxiliar.

Luz piloto: Sirve para visualizar el estado de un circuito.

2.8 Materiales seleccionados para el diseño de la centrifugadora tipo radial automática

Los materiales usados para la construcción de la centrifugadora están constituidos por:

Acero inoxidable

El acero inoxidable AISI 304 es el material utilizado para máquinas de uso alimenticio por sus buenas propiedades anticorrosivas, a continuación se describen los productos utilizados para el diseño de la centrifugadora:

- Tubo rectangular 50 x 100 x 3 mm (ver Apéndice A)
- Platina 75 x 3mm (ver Apéndice B)
- Plancha de 1220 x 2840 x 3mm de espesor (ver Apéndice C)
- Eje de $\frac{3}{4}$ in y 2 in (ver Apéndice D)

2.9 Diseño térmico del decantador

A continuación se presentan los datos con los que se realizaron los cálculos de la transferencia de calor hacia la miel.

Tabla 2.22 Datos de la miel

T_{final}	$T_{inicial}$	Masa (m)
50 °C	25 °C	72 kg

Fuente: Elaboración Propia

Se definió una geometría preliminar de los recipientes de la miel y del agua a calentar, tal como se muestra en las tablas 2.23 y 2.24. Cabe recalcar que debido a que se está calentando un alimento, se escogieron planchas de Acero Inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor para formar ambos recipientes.

Tabla 2.23 Dimensiones del recipiente de la miel

Altura	Ancho	Largo
300mm	300mm	900mm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. 24 Dimensiones del recipiente del agua

Altura	Ancho	Largo
150mm	300mm	900mm

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar los cálculos de la transferencia de calor, se asumió que el nivel de agua en el recipiente sería de aproximadamente 120 mm, con lo que se calculó la cantidad de agua a calentar con la ecuación 1:

$$m_{\text{agua}} = (0.12\text{m} \times 0.3 \times 0.9) \times \rho_{\text{agua}} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde: $\rho_{\text{agua}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Reemplazando datos:

$$m_{\text{agua}} = 33 \text{ kg}$$

2.9.1 Balance de energía en la miel

Considerando la transferencia de calor transiente en un volumen de control que engloba a la miel, se planteó la ecuación 2:

$$Q_{\text{ent } 1} - \dot{Q}_{\text{sal } 1} = \Delta E_{\text{miel}} \quad (\text{ec. 2})$$

Fuente: (Cengel, 2010)

Donde:

\dot{Q}_{ent1} : Es el flujo de calor que gana la miel al ser calentada a través de la base de acero inoxidable [W]

\dot{Q}_{sal1} : Es el flujo de calor que pierde la miel debido a la convección y radiación entre las paredes externas de su recipiente con el aire circundante y los alrededores, respectivamente. [W]

ΔE_{miel} : Es la energía que permanece dentro de los confines del volumen de control elegido. [W]

Al haber considerado el significado de cada término, se expresó de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_{ent1} - \sum \bar{h}A(T_s - T_{\infty}) - \sum \varepsilon \sigma A(T_s^4 - T_{alr}^4) = \frac{m_{miel} c_{p_{miel}} \Delta T_{miel}}{t} \quad (ec. 3)$$

Donde:

\bar{h} : Coeficiente convectivo entre las paredes externas del recipiente de la miel y el aire ambiente [$W/m \cdot k$]

A: Área de cada pared del recipiente [m^2]

ε : Emisividad de las planchas de Acero Inoxidable 304

σ : Constante de Stefan-Boltzmann

T_s : Temperatura superficial exterior de las paredes del recipiente de la miel (K)

T_{alr} : Temperatura de los alrededores (K)

t: Tiempo de calentamiento (seg.)

Cabe recalcar que se estimó un tiempo de calentamiento de 4800 segundos para que la miel alcance la temperatura deseada (Valle, 2015).

Para el flujo de calor que entra al volumen de control, se asumió que el calor que transfiere el agua hacia la miel tiene unas pérdidas totales del 20%, debido a la transferencia de calor hacia la base del recipiente de la miel y la pérdida de calor a través de las paredes de dicho recipiente (Incropera, 1999). Por lo tanto, considerando un volumen de control que contenga al agua:

$$\dot{Q}_{ent\ 2} - \dot{Q}_{sale\ 2} = \Delta E_{agua} \quad (ec. 4)$$

Donde:

$\dot{Q}_{ent\ 2}$: Es el flujo de calor que gana el agua al ser calentada a través de resistencias eléctricas [W]

$\dot{Q}_{sal\ 2}$: Es el flujo de calor que cede por conducción hacia la base del recipiente de la miel sumado a la pérdida de energía debido a la convección y radiación entre las paredes externas de su recipiente con el aire circundante y los alrededores, respectivamente. [W]

ΔE_{agua} : Es el cambio de energía dentro de los confines del volumen de control elegido a través del tiempo. [W]

$$\dot{Q}_{ent\ 1} = \frac{0.8 \text{ Energía proporcionada por el agua}}{t} \quad (ec. 5)$$

Reemplazando en la ecuación 3:

$$0.8 \frac{E_{agua}}{t} - \sum \bar{h}A(T_s - T_{\infty}) - \sum \varepsilon \sigma A(T_s^4 - T_{alr}^4) = \frac{m_{miel} c_{p_{miel}} \Delta T_{miel}}{t} \quad (ec. 6)$$

Debido a que se consideró el uso de lana de vidrio como aislante, se asumió un valor de $T_s = 30^{\circ}\text{C} = 303\text{ K}$ en todo el ciclo de calentamiento. Asimismo, se asumió que $T_{\infty} = 25^{\circ}\text{C}$ y que $T_{alr} = 298\text{K}$. A continuación, se prosiguió con los cálculos de transferencia de calor por convección.

Convección en las paredes del recipiente de la miel:

Dado que hay aire con movimiento despreciable alrededor del decantador, se asumió que existe convección natural en todas las paredes del mismo (Incropera, 1999). Considerando la pared horizontal (tapa):

$$\bar{N}_{uL} = 0.54R_{aL}^{1/4}; \quad 10^4 \leq R_{aL} \leq 10^7 \quad (ec. 7)$$

Donde:

R_{aL} : Número de Rayleigh

\bar{N}_{uL} : Número de Nusselt promedio

La fórmula del Número de Rayleigh se expresó en la ecuación 8:

$$R_{aL} = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L^3}{\nu\alpha} \quad (\text{ec. 8})$$

Donde:

β : Es el coeficiente volumétrico de expansión térmica del aire evaluado en la temperatura de película [K^{-1}].

L : Longitud característica de la placa [m].

ν : Es la viscosidad cinemática del aire evaluada en la temperatura de película [m^2/seg].

α : Es el coeficiente de difusión térmica del aire evaluada en la temperatura de película [m^2/seg].

La temperatura de película se calculó de la siguiente manera (Incropera, 1999):

$$T_p = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (\text{ec. 9})$$

Reemplazando:

$$T_p = 27.5 \text{ }^\circ\text{C} = 300.5 \text{ K}$$

De la tabla A.4 del libro Incropera 4^{ta} Edición se obtuvieron los siguientes datos mostrados en la tabla 2.25.

Tabla 2.25 Propiedades del aire evaluadas en la temperatura de película

Propiedad	Valor
B	0.00327 K ⁻¹
A	22.5x10 ⁻⁶ m ² /seg
N	15.89 x10 ⁻⁶ m ² /seg
k	0.026 W/m.k
P _r	0.706

Fuente: Elaboración Propia

La longitud característica de la cara horizontal se calculó con la ecuación 10:

$$L = \frac{A_s}{P} \quad (\text{ec. 10})$$

Donde A_s es el área de la placa y P su correspondiente perímetro.

$$L = \frac{A_s}{P} = \frac{0.9 \times 0.3}{2(0.9 + 0.3)}$$

$$L = 0.12 \text{ m}$$

Reemplazando datos:

$$R_{aL} = 774428 \quad (\text{ec. 11})$$

Entonces, de la ecuación 7:

$$\bar{N}_{uL} = 16.02$$

Por definición del Número de Nusselt:

$$\bar{h} = \frac{k_{\text{aire}}}{L} \bar{N}_{uL} \quad (\text{ec. 12})$$

Reemplazando:

$$\bar{h}_1 = 0.09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Considerando las paredes verticales (Incropera, 1999):

$$\bar{N}_{uL} = 0.68 + \frac{0.670R_{aL}^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0.492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}} \quad (\text{ec. 13})$$

La longitud L de la ecuación de Rayleigh es igual a la altura del recipiente (L = 0.3m). Por lo tanto:

$$R_{aL} = 12.1 \times 10^6$$

De la ecuación 13, con L = 0.3m:

$$\bar{N}_{uL} = 33.79$$

De la ecuación 12:

$$\bar{h}_2 = 2.93 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Con los valores de “ \bar{h} ” encontrados, se calculó el flujo de calor total que se pierde por la convección con la ecuación 14. Para las 5 caras:

$$\dot{Q}_{\text{convección total}} = 1[\bar{h}_1 A_1 (T_s - T_\infty)] + 2[\bar{h}_2 A_2 (T_s - T_\infty)] + 2[\bar{h}_2 A_3 (T_s - T_\infty)] \quad (\text{ec. 14})$$

Siendo:

$$A_1 = 0.9 * 0.3 = 0.27\text{m}^2$$

$$A_2 = 0.3 * 0.3 = 0.09\text{m}^2$$

$$A_3 = 0.9 * 0.3 = 0.27\text{m}^2$$

Reemplazando:

$$\dot{Q}_{\text{convección total}} = 20.7 \text{ W}$$

Radiación hacia los alrededores

Considerando las mismas áreas calculadas en la sección anterior, se calculó el flujo de calor total por radiación hacia los alrededores, utilizando la ecuación 15 (Incropera, 1999).

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \sum \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{alr}}^4) \quad (\text{ec. 15})$$

Siendo la emisividad del acero AISI 304: $\varepsilon = 0.17$ (Cengel, 2010). En la tabla 2.26 se detallan todos los datos utilizados en la ecuación 15.

Tabla 2.26 Datos de la transferencia de calor por radiación

σ	Emisividad ε	T_{alr}	T_s	A_1	A_2	A_3
$5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$	0.17	298 K	303 K	0.27 m ²	0.09 m ²	0.27 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando estos valores se obtuvo:

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = 10.22 \text{ W}$$

Retomando la ecuación 6, siendo $c_{p_{\text{miel}}} = 3,7 \text{ KJ/kg.K}$ y $t = 4800$ segundos:

$$0.8 \frac{E_{\text{agua}}}{t} - \sum \bar{h}A (T_s - T_{\infty}) - \sum \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{alr}}^4) = \frac{m_{\text{miel}} c_{p_{\text{miel}}} \Delta T_{\text{miel}}}{t}$$

$$E_{\text{agua}} = 8544217 \text{ J}$$

Para verificar si se requiere que el agua se convierta en vapor supercalentado para calentar a la miel, se utilizó la ecuación 16.

$$E_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} c_{p_{\text{agua}}} \Delta T_{\text{agua}} \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde $c_{p_{\text{agua}}} = 4178 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$ y $m_{\text{agua}} = 33 \text{ kg}$

Reemplazando:

$$\Delta T_{\text{agua}} = 63.12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Por lo tanto, la temperatura a la que debe ser calentada es:

$$T_{\text{final}} = T_{\text{inicial}} + \Delta T_{\text{agua}} \quad (\text{ec. 17})$$

$$T_{\text{final}} = 25^\circ\text{C} + 63.12^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{final}} = 89.12^\circ\text{C}$$

Esto significa que el agua no debe cambiar de fase para proporcionar la energía requerida a la miel.

Por lo tanto, para un tiempo de calentamiento de 1 hora y 20 minutos (4800 segundos), el agua debe recibir un flujo de calor de:

$$\dot{Q}_{\text{agua}} = \frac{E_{\text{agua}}}{t_{\text{calentamiento}}} \quad (\text{ec. 18})$$

$$\dot{Q}_{\text{agua}} = 1.78 \text{ KW}$$

Al emplear resistencias eléctricas para realizar el calentamiento del agua, se utilizó una eficiencia típica de estos artefactos para estimar el consumo eléctrico del decantador. (Narváez, 2015)

Eficiencia de la resistencia calentadora: $\eta = 90\%$

Entonces:

$$P_{\text{el\u00e9ctrica}} = \frac{\dot{Q}_{\text{agua}}}{\eta}$$

$$P_{\text{el\u00e9ctrica}} = 1.96 \text{ KW}$$

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Cálculo de cantidad de miel por marco

Por cada marco se extrae de 2-3 litros, por lo que nosotros cogemos el promedio que es de 2.5 litros, la densidad de la miel es de $1420 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$, a continuación procedemos a obtener el peso de la miel.

$$\delta_{\text{miel}} = \frac{m_{\text{miel}}}{V_{\text{miel}}}$$

$$m_{\text{miel}} = \delta_{\text{miel}} * V_{\text{miel}}$$

$$m_{\text{miel}} = 1420 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.0025 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{miel}} = 3.55 \text{ kg}$$

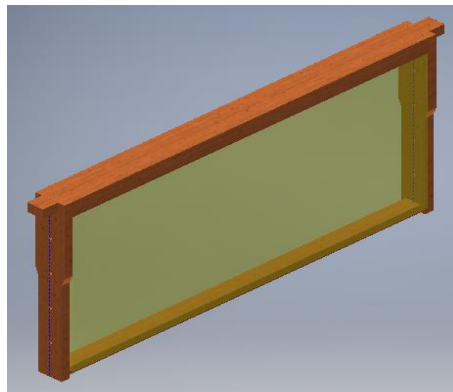


Figura 3.1 Marco desoperculado

Fuente: Elaboración Propia

Cada marco tiene un peso de 3.55 kg, a continuación se procede a calcular el peso total de la miel para 20 cuadros.

$$m_{\text{miel total}} = 3.55 \text{ kg} * 20 \text{ cuadros}$$

$$m_{\text{miel total}} = 71 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{miel}} = m_{\text{miel total}} * g$$

$$W_{\text{miel}} = 71 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{miel}} = 696.51 \text{ N}$$

Cálculo del mecanismo de giro

En la figura 3.2, se muestra el mecanismo de giro que está diseñado para soportar 71 kg de miel, mediante el programa de inventor obtuvimos la masa del mecanismo de giro y su respectiva inercia.

$$I_{\text{mecanismo de giro}} = 9.88 \text{ Kg. m}^2$$

$$m_{\text{total}} = (m_{\text{miel total}} + m_{\text{mecanismo de giro}}) = 113.94 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{total}} = (m_{\text{miel total}} + m_{\text{mecanismo de giro}}) * g$$

$$W_{\text{total}} = 113.94 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{total}} = 1116.6 \text{ N}$$

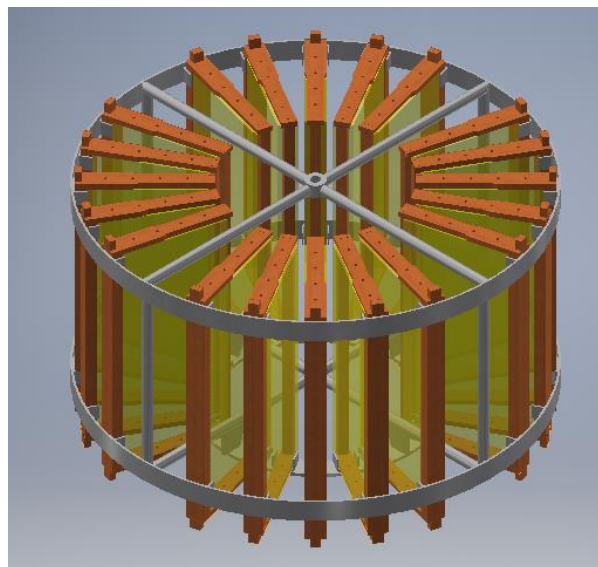


Figura 3.2 Mecanismo de giro

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.3, se muestra la simulación del mecanismo de giro, en donde se obtiene un valor máximo de 0.29 mm en la zona roja. Por lo tanto, el diseño del mecanismo de giro es correcto y no presentara problemas por las cargas aplicadas.

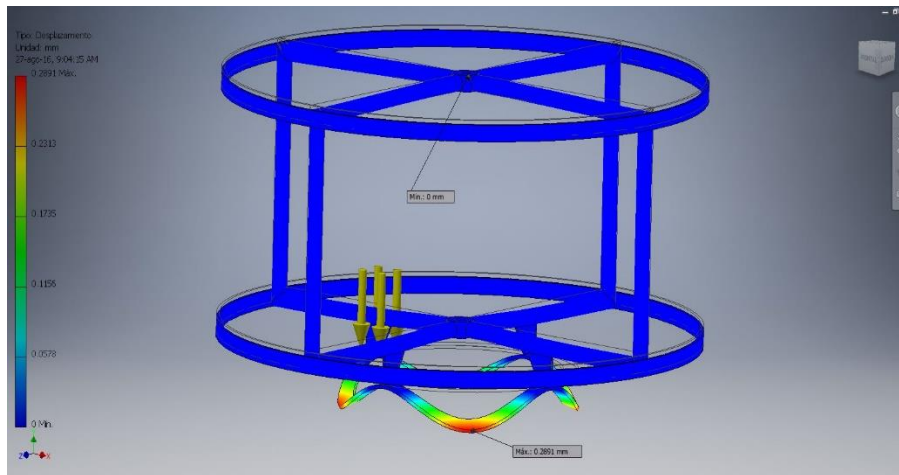


Figura 3.3 Desplazamiento del mecanismo de giro

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.4, se muestra la simulación para el factor de seguridad muestra un valor mínimo de 6.65. Por lo tanto se puede decir que el mecanismo de giro que se diseñó para soportar un peso de 696.51 N si satisface la carga simulada.

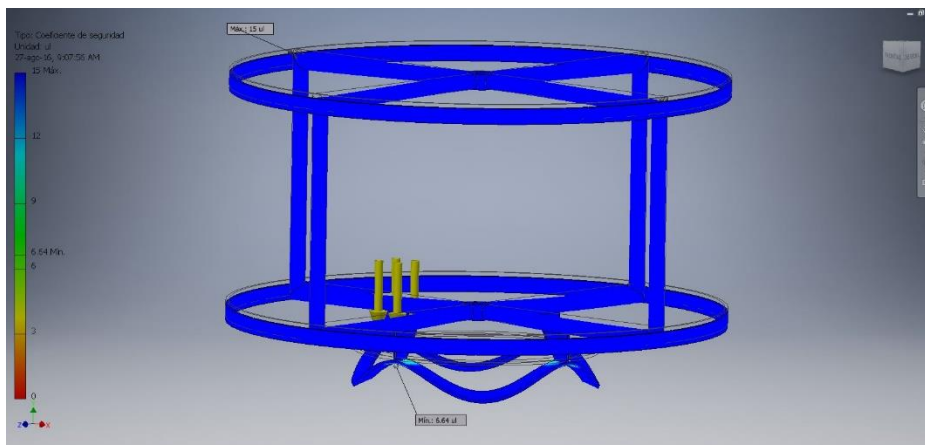


Figura 3.4 Desplazamiento del mecanismo de giro

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.5, se muestra la simulación del mecanismo de giro en cual se considera la carga axial y el par de torsión que intervienen en el proceso de

centrifugación, en donde el factor de seguridad mínimo del mecanismo de giro es de 1.52 en la zona verde.

Por lo tanto se puede decir que el diseño del mecanismo si soportará las cargas aplicadas.

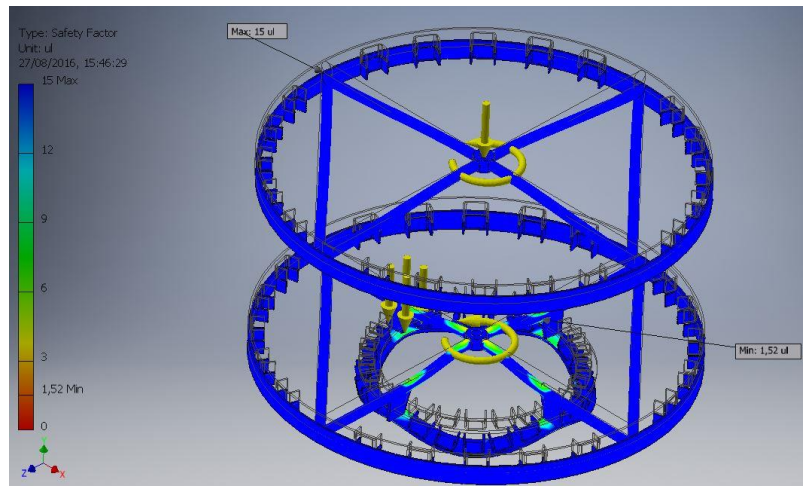


Figura 3.5 Desplazamiento del mecanismo de giro

Fuente: Elaboración Propia

Tanque del extractor

Calculo de la base del tanque

Para una posterior fabricación, es necesario conocer el radio de la base del tanque y el ángulo de inclinación necesaria para el desplazamiento de la miel.

$$R_{\text{cono}} = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{tank}}}{2}\right)^2 + (H)^2}$$

$$R_{\text{cono}} = \sqrt{\left(\frac{901}{2}\right)^2 + (173,6)^2}$$

$$R_{\text{cono}} = 482,7 \text{ mm}$$

$$\sin \beta = \frac{H}{R_{\text{cono}}}$$

$$\beta = 21^\circ$$

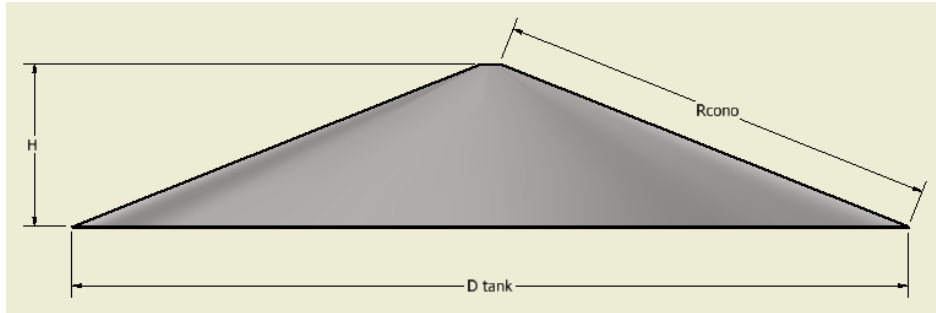


Figura 3.6 Base del tanque

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra el tanque y la base del extractor, el cual tiene las siguientes dimensiones:

- Altura del tanque = 650 mm
- Diámetro del tanque = 900 mm
- Material de acero inoxidable AISI 304 de espesor 1.5 mm

$$W_{\text{tanque}} = m_{\text{ac}} * g$$

$$W_{\text{tanque}} = 22 \text{ kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{tanque}} = 215.82 \text{ N}$$

$$W_{\text{cono}} = m_{\text{cono}} * g$$

$$W_{\text{cono}} = 8.22 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W_{\text{cono}} = 80.63 \text{ N}$$

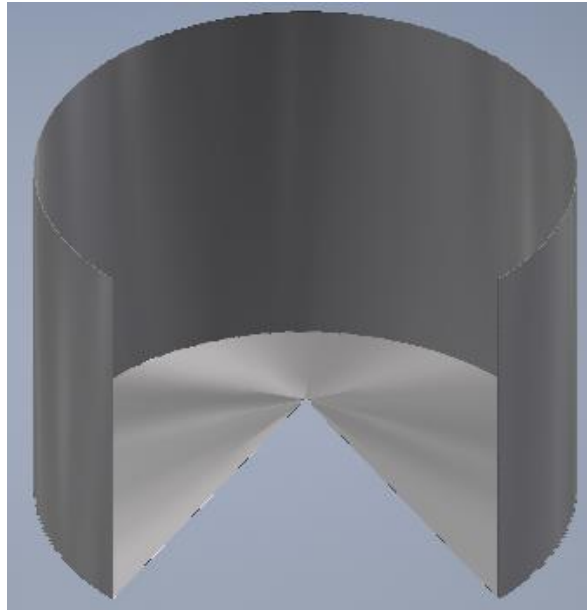


Figura 3.7 Base del tanque

Fuente: Elaboración Propia

Soportes estructurales

Desplazamiento

En la figura 3.8, se puede observar que el desplazamiento provocado por la carga axial y el par de torsión que intervienen en la estructura tienen un valor máximo de 0.1379 mm en el área sombreada de color verde. Por lo tanto este desplazamiento es pequeño y no afectará a la estabilidad de la estructura.

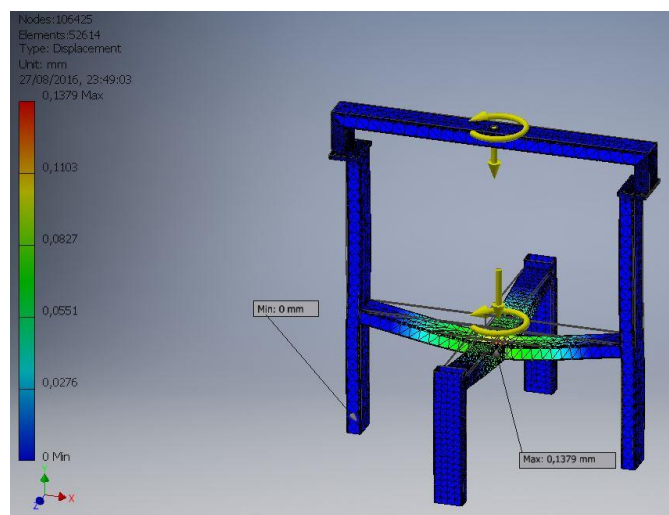


Figura 3.8 Simulación del desplazamiento de la estructura

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.9, se puede observar las tensiones provocadas por la fuerza axial y el par de torsión más el peso del tanque del extractor, la simulación muestra que la estructura metálica del extractor de perfil 50x100x3 mm soporta sin ningún problema todo el peso de la centrifugadora, el esfuerzo de tensión máximo es de 60.31 MPa. Por lo tanto, las deformaciones son admisibles debido a que el esfuerzo de tensión máximo no supera el esfuerzo último a la tensión.

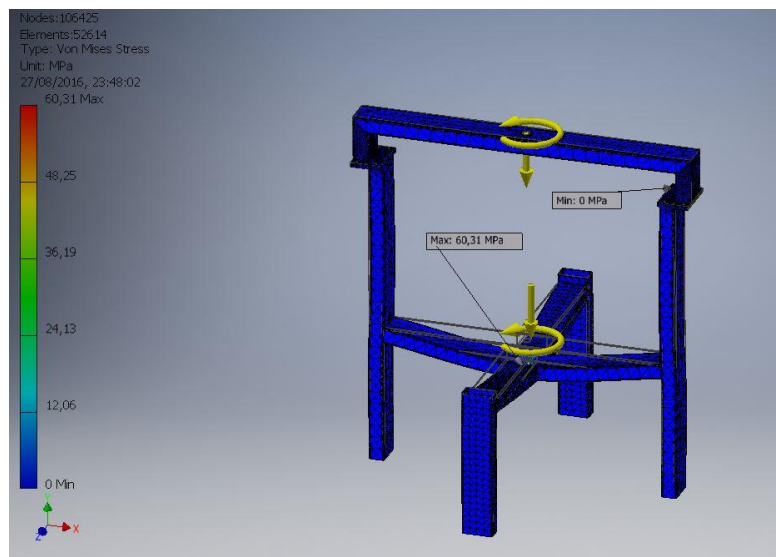


Figura 3.9. Simulación del esfuerzo de Von mises

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.10, se puede observar que el factor de seguridad mínimo es de 3.43. Por lo tanto el diseño de la estructura del extractor es estable y podrá soportar las fuerzas que actúan sobre el mismo.

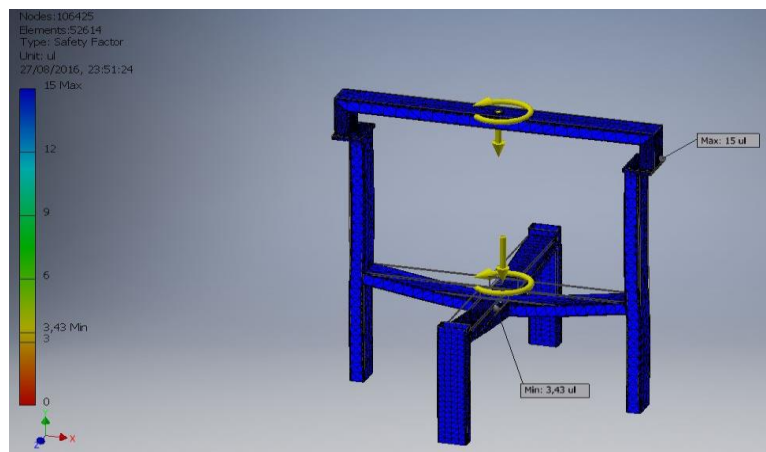


Figura 3.10 Simulación del factor de seguridad

Fuente: Elaboración Propia

Selección del motor

Análisis Dinámico

Para obtener la aceleración del centrifugado se utilizara un tiempo de cinco segundos, el cual es el tiempo estimado para vencer la inercia del sistema de extracción y alcanzar los 186 RPM que servirá para la extracción de miel.

$$\alpha = \frac{w}{t} = \frac{186 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}}{5 \text{ seg}} = 3.89 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

$$\alpha = 3.89 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2}$$

Cálculo del torque

$$T = I \cdot \alpha = (9.88 \text{ kg m}^2) \left(3.89 \frac{\text{rad}}{\text{seg}^2} \right)$$

$$T = 38.43 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Con el valor del par de torsión, se procede a calcular la potencia del motor que se necesitará para el proceso de centrifugación.

$$P = T \cdot N_1$$

$$P = (38.43)(19.48)$$

$$P = 748.6 \text{ watts}$$

$$P \approx 1 \text{ Hp}$$

Banda y polea

Para alcanzar las revoluciones que necesita el extractor de miel tipo radial automático es necesario utilizar un conjunto reductor. A continuación se detalla la selección de banda y polea para nuestra máquina.

Motor eléctrico de 1 HP

$$N_1 = 900 \text{ RPM}$$

$$N_2 = 186 \text{ RPM}$$

Potencia de Diseño

Comparamos nuestro extractor con los tipos de máquinas o equipos de servicio intermitente para determinar el factor de servicio. Los de servicio intermitente son aquellas máquinas que operan menos de 12 horas al día.

Tabla 3.1 Factor de servicio

Tipos de máquinas o equipos	Servicio intermitente	Servicio normal	Servicio continuo
Agitadores para equipos	1.1	1.2	1.3
Sopladores y aspiradoras			
Transportadores de trabajo ligero			
Ventiladores de hasta 10 Hp			

Fuente: Manual poleas en V Intermecc

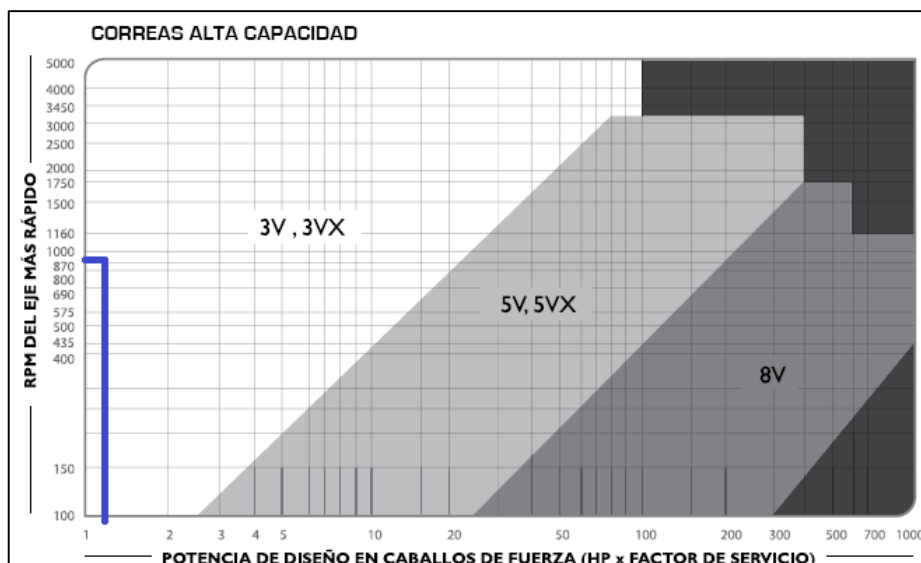
$$F_s = 1,1$$

$$P_d = 1 \text{ Hp} \times 1,1$$

$$P_d = 1.1 \text{ Hp}$$

De la tabla 3.2, se selecciona el eje más rápido (900 RPM) y la potencia de diseño (1.1 Hp) para la selección del tipo de banda. Las bandas 3V son la mejor opción por su alta durabilidad.

Tabla 3.2 Selección del tipo de correas



Fuente: Manual poleas en V Intermecc

Relación de velocidad

La relación de velocidad nos permitirá encontrar el diámetro de la polea conducida.

$$RV = \frac{\text{RPM del motor}}{\text{RPM del extractor}} = \frac{N1}{N2} = \frac{900 \text{ RPM}}{186 \text{ rpm}} = 4.8$$

Selección de la polea conductora o polea matriz

De la tabla 3.3, ubicamos la potencia de 1.10 Hp por canal para obtener nuestro diámetro exterior de la polea motriz en milímetros, en el cual obtenemos un diámetro exterior de 70 mm.

Tabla 3.3 Capacidad de transmisión por canal (en HP)

Capacidad de transmisión por canal (en HP)					
RPM del eje más rápido	Diámetro exterior de la polea motriz (en milímetros)				
	65	67	70	75	80
800	0.73	0.86	0.99	1.16	1.30
870	0.78	0.92	1.06	1.24	1.38
900	0.80	0.95	1.10	1.28	1.42
950	0.84	0.99	1.14	1.34	1.50
1000	0.87	1.03	1.20	1.40	1.55

Fuente: Manual poleas en V Intermecc

$$1.10 \frac{\text{Hp}}{\text{canal}} \times 1 \text{ canal} = 1.10 \text{ Hp}$$

De la tabla 3.4, selecciono la polea con referencia PQ 1-3V70 el cual es un canal para perfil 3V de 70 mm de diámetro.

Tabla 3.4 Selección de polea conductor

1 CANAL									
Ancho (F) = 17,5 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueso máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.0	50	PQ 1-3V50	JA	25,4	1	27	50	T1	0,6
2.2	55	PQ 1-3V55	JA	25,4	1	27	50	T1	0,7
2.3	60	PQ 1-3V60	JA	25,4	1	27	50	T1	0,8
2.5	65	PQ 1-3V65	JA	25,4	1	27	50	T1	0,8
2.6	67	PQ 1-3V67	JA	25,4	1	27	50	T1	0,9
2.8	70	PQ 1-3V70	JA	25,4	1	27	50	T1	0,9
3.0	75	PQ 1-3V75	JA	25,4	1	27	50	T1	1,0
3.1	80	PQ 1-3V80	JA	25,4	1	27	50	T1	1,0
3.3	85	PQ 1-3V85	JA	25,4	1	27	50	T1	1,1
3.6	90	PQ 1-3V90	SH	34,9	1-3/8	33	70	T1	1,3

Fuente: Manual poleas en V Intermecc

Cálculo de la polea conducida

$$RV = \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = RV \times D_1$$

$$D_2 = (4.8) \times (70 \text{ mm})$$

$$D_2 = 336 \text{ mm}$$

De la tabla, selecciono la polea de referencia PQ 1-3V320 el cual es un canal para perfil 3V de 320 mm de diámetro.

Tabla 3.5 Selección de polea conducida

1 Canal Ancho (F)= 17.5 mm									
Diámetro exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar (d)		Longitud del buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
11	280	PQ 1-3V280	SK	54	2-1/8	50	100	T3	10.6
11.5	300	PQ 1-3V300	SK	54	2-1/8	50	100	T3	11.2
12.5	320	PQ 1-3V320	SK	54	2-1/8	50	100	T3	12
12.7	330	PQ 1-3V330	SK	54	2-1/8	50	100	T3	12.7
14	355	PQ 1-3V355	SK	54	2-1/8	50	100	T3	13.5

Fuente: Manual poleas en V Intermec

Cálculo de la distancia entre centros

Distancia Máxima

$$C = 1.5 (D_1 + D_2) = 1.5 (320 + 70) = 585 \text{ mm}$$

Distancia mínima

$$C = 0.7 (D_1 + D_2) = 0.7 (320 + 70) = 273 \text{ mm}$$

Cálculo de la longitud de la correa

$$L_p = 2C + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4c}$$

$$L_p = 2(400 \text{ mm}) + \frac{\pi(390)}{2} + \frac{(250)^2}{4(400)}$$

$$L_p = 1452 \text{ mm}$$

Eje de transmisión

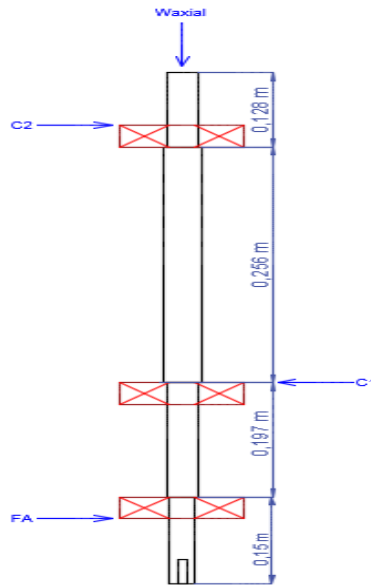


Figura 3.11 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

Fuente: Elaboración propia

La diferencia entre F_1 y F_2 se relaciona con el par de torsión de la polea.

$$F_1 - F_2 = \frac{2T}{D_{p2}} = \frac{(2)(38.43)}{0.32} = 240.19 \text{ N}$$

Fuerza de flexión del eje de transmisión

$$F_A = 1.5 F_N$$

$$F_A = 1.5 (240.19 \text{ N})$$

$$F_A = 360.3 \text{ N}$$

A continuación se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

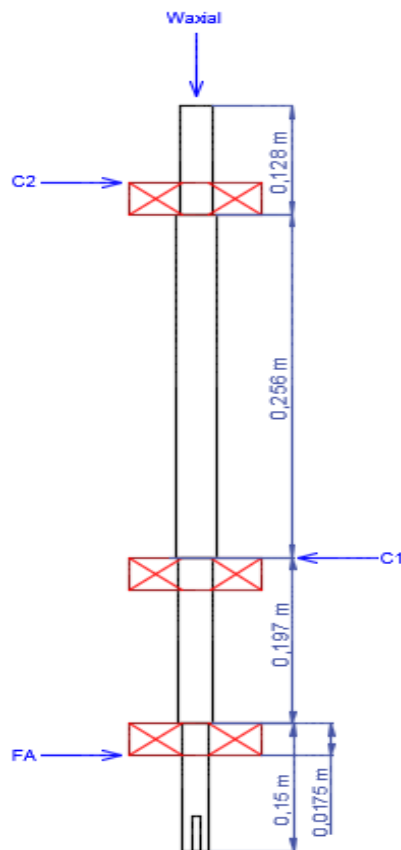


Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre del eje de transmisión

Fuente: Elaboración propia

$$\sum M_C = 0$$

$$-(C_2 * 0.534) + (0.2145 * F_A) = 0$$

$$C_2 = 144 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$C_2 - C_1 + F_A = 0$$

$$C_1 = C_2 + F_A$$

$$C_1 = 144 \text{ N} + 360 \text{ N} = 504 \text{ N}$$

Diagrama de fuerza cortante y momento flector

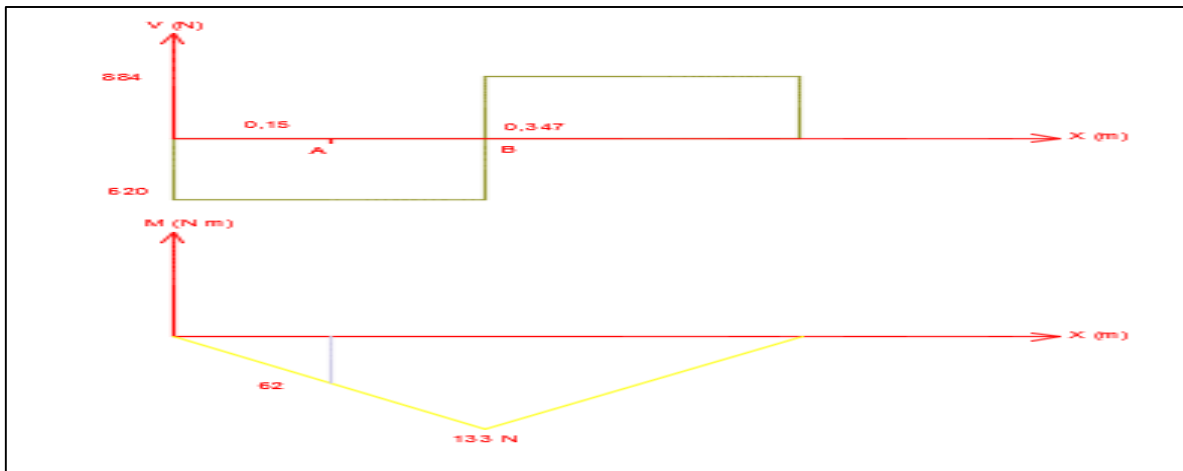


Figura 3.13 Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Fuente: Elaboración propia

Acero inoxidable AISI 304

$$S_y = 276 \text{ Mpa}$$

$$S_{ut} = 568 \text{ Mpa}$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad S_{ut} \leq 1400 \text{ Mpa.}$$

$$S_e' = 0.5 (568 \text{ Mpa})$$

$$S_e' = 284 \text{ Mpa}$$

Factor de superficie

$$K_a = a S_{ut}^b$$

$$a = 4.51 \text{ y } b = -0.265$$

$$K_a = 4.51 S_{ut}^{-0.265}$$

$$K_a = 0.84$$

Factor de confiabilidad

La confiabilidad es del 90%.

$$K_e = 1 - 0.08 Z_a$$

$$K_e = 1 - 0.08 (1.288)$$

$$K_e = 0.897$$

Límite de Resistencia a la fatiga

$$S_e = (284\text{Mpa}) * (0.84) * (1) * (1) * (1) * (0.897)$$

$$S_e = 213.98\text{Mpa}$$

Punto A

Para el punto A, el par de torsión es constante y tiene un valor de 51.67 N·m, el factor de concentración de esfuerzo a la fatiga debido a flexión se calcula con la ecuación.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.58(3.5 - 1)$$

$$K_f = 1 + 1.45$$

$$K_f = 2.45$$

Para el punto A (K_f) es igual a (K_{fsm}).

$$D = \left[\frac{32 * N_f}{\pi} * \sqrt{\left(K_f \frac{M}{S_e}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{\left(2.45 \frac{54}{213.98 \times 10^6}\right)^2 + 0.75 \left(2.45 \frac{38.43}{276 \times 10^6}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_a = 24 \text{ mm}$$

Punto B

Para el punto B, el par de torsión es constante y el momento flexionante es máximo en este punto, los factores de concentración de esfuerzo por fatiga debido a torsión y flexión son:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.58(3 - 1)$$

$$K_f = 1 + 1.16$$

$$K_f = 2.16$$

$$K_{fsm} = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fsm} = 1 + 0.58(2.6 - 1)$$

$$K_{fsm} = 1.928$$

$$D = \left[\frac{32 * N_f}{\pi} * \sqrt{\left(K_f \frac{M_{max}}{S_e}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{\left(2 \frac{124.9}{213.98 \times 10^6}\right)^2 + \frac{3}{4} \left(1.8 \frac{38.43}{276 \times 10^6}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_b = 29 \text{ mm}$$

Punto C

En este punto solo existe un par de torsión constante, el factor de concentración de esfuerzo por fatiga debido a torsión se calcula con:

$$K_{fsm} = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fsm} = 1 + 0.58(2.6 - 1)$$

$$K_{fsm} = 1.928$$

$$D = \left[\frac{32 * N_f}{\pi} * \sqrt{\frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{32 * 4}{\pi} * \sqrt{\frac{3}{4} \left(1.928 \frac{38.43}{276 \times 10^6}\right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 17 \text{ mm}$$

Punto D

El eje está sometido a una carga axial y a un par de torsión constante, despreciamos la carga axial debido a que los esfuerzos son relativamente pequeños en comparación con el esfuerzo flexionante.

$$K_{fsm} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

$$K_{fsm} = 1 + 0.58(2.6 - 1)$$

$$K_{fsm} = 1.928$$

$$D = \left[\frac{32 * N_f}{\pi} * \sqrt{\frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{\frac{3}{4} \left(1.928 \frac{38.43}{276 \times 10^6} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_d = 17 \text{ mm}$$

A continuación, se muestran los diámetros seleccionados para la fabricación del eje de transmisión.

$$\left\{ \begin{array}{l} D_a = 25.4 \text{ mm} \\ D_b = 30 \text{ mm} \\ D_c = 38.10 \text{ mm} \\ D_d = 30 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Factor de seguridad

$$N_A = \frac{D_a^3 * \pi}{\sqrt{\left(k_f \frac{M}{S_e} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T}{S_y} \right)^2 * 32}}$$

$$N_A = \frac{(0.0254)^3 * \pi}{\sqrt{\left(2 \frac{124.9}{213.98 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(1.928 \frac{38.43}{276 \times 10^6} \right)^2 * 32}}$$

$$N_A = \frac{0.000051}{\sqrt{1.55 \times 10^{-12} + 3.13 \times 10^{-12}}}$$

Diagrama del circuito de fuerza

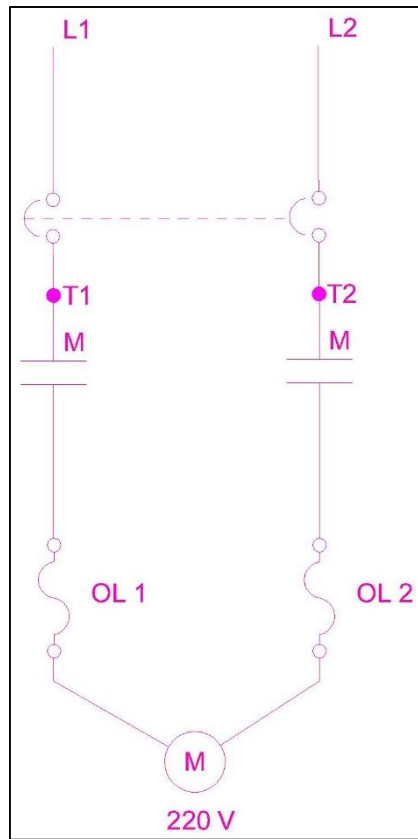


Figura 3.15 Diagrama del circuito de fuerza

Fuente: Elaboración propia

Funcionamiento:

- Para que arranque el motor se necesita que:

1.- El breaker este en la posición on.

2.- La tapa esté cerrada.

- Una vez pulsado el botón de arranque entra en funcionamiento el motor.

- El motor se para si se pulsa el botón de paro, o se abre la tapa, o hay una sobrecarga, o cuando termina el ciclo de la centrifugadora.

Resultados del diseño del decantador

Tabla 3.6 Resultados del diseño térmico del decantador

Variable	Valor
Dimensiones del recipiente de agua	900x150x300 mm
Temperatura final del agua	89.1°C
Temperatura final de la miel	50°C
Potencia calorífica necesaria (para el agua)	1.78 KW

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.6 se muestran los datos obtenidos en el análisis de la transferencia de calor en la miel, siendo el más relevante que el agua sólo requiere llegar a una temperatura de 89.1°C para consecuentemente, calentar la miel hasta los 50°C. Esto significa que no se incurriría en un gasto considerablemente mayor en utilizar vapor supercalentado, dado que no se requiere tanta energía para elevar la temperatura de la miel hasta el valor antes mencionado, como sucede en otras aplicaciones.

Tabla 3.7 Características de operación del decantador

Características principales	Detalle
Tiempo de calentamiento	80 minutos
Capacidad	Hasta 72 kg de miel
Cantidad de agua necesaria	33 kg

Fuente: Elaboración Propia

Con la cantidad de agua mostrada en la tabla 3.7, se determinó que el proceso de calentamiento duraría aproximadamente 80 minutos, siendo un tiempo apropiado para que la miel conserve sus propiedades como producto final.

Tabla 3.8 Equipos y materiales que conforman el decantador

Características principales	Detalle
Resistencias calentadoras	1 Resistencia tubular de 2 KW
Planchas de acero inoxidable AISI 304	2 planchas de 120x240x 3mm de espesor
Espesor de la lana de vidrio (aislante)	25mm

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.8 se muestran los componentes y materiales seleccionados para conformar el decantador, considerándose para su selección la facilidad de su adquisición en el mercado local. Con la potencia eléctrica calculada en el capítulo 2, se cotizó con un proveedor local el modelo y la cantidad de resistencias tubulares para realizar el calentamiento del agua, determinándose que se utilizaría 1 resistencia tubular de 2 KW.

Debido al contacto con el agua y la miel, se decidió utilizar el acero inoxidable “Grado Alimenticio” AISI 304 para los recipientes del agua y de la miel, siendo un espesor apropiado el de 3mm, debido a que no hay esfuerzos considerables sobre las planchas.

Diagrama del circuito de control del decantador

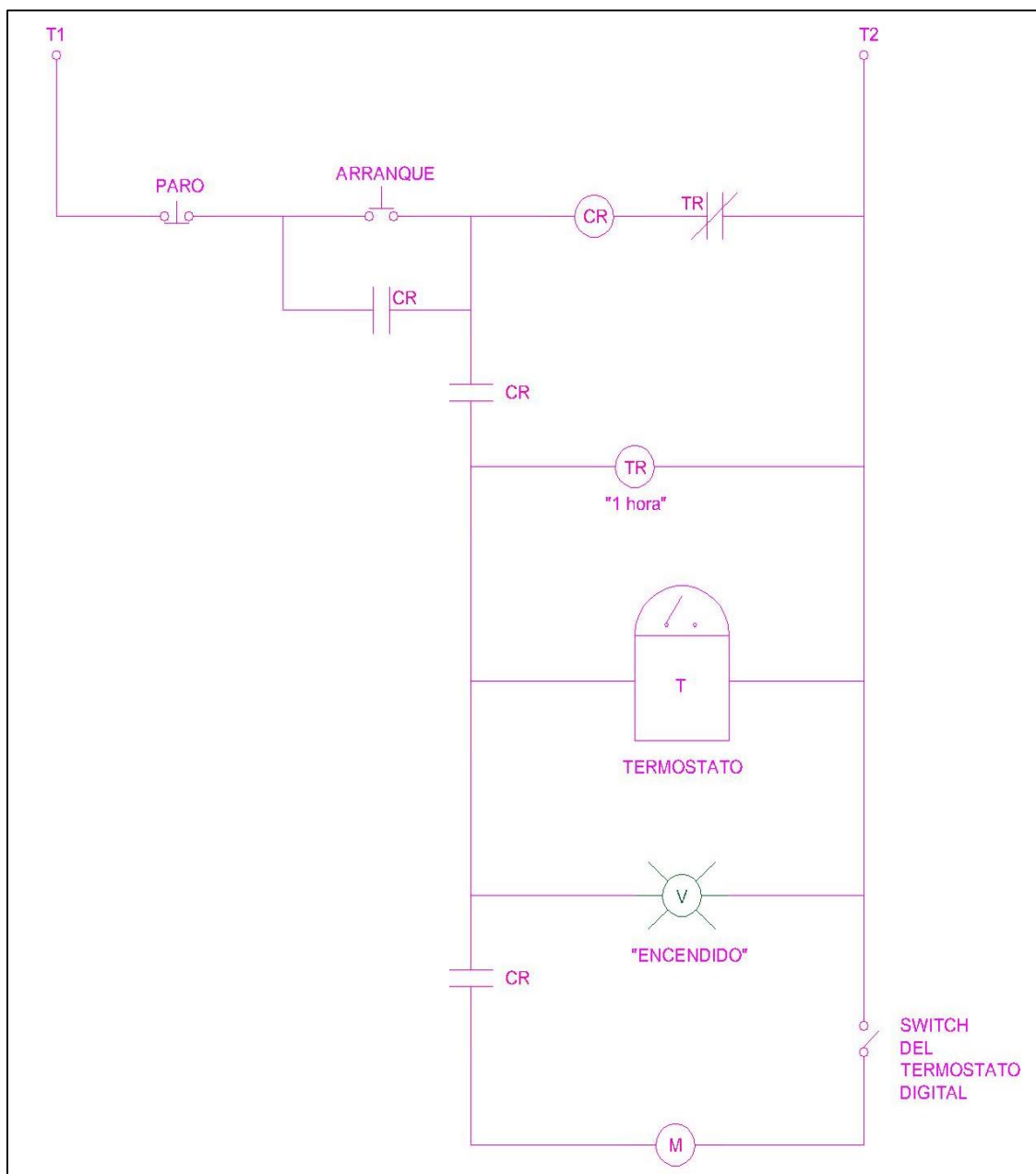


Figura 3.16 Diagrama del circuito de fuerza

Fuente: Elaboración Propia

Diagrama de fuerza del decantador

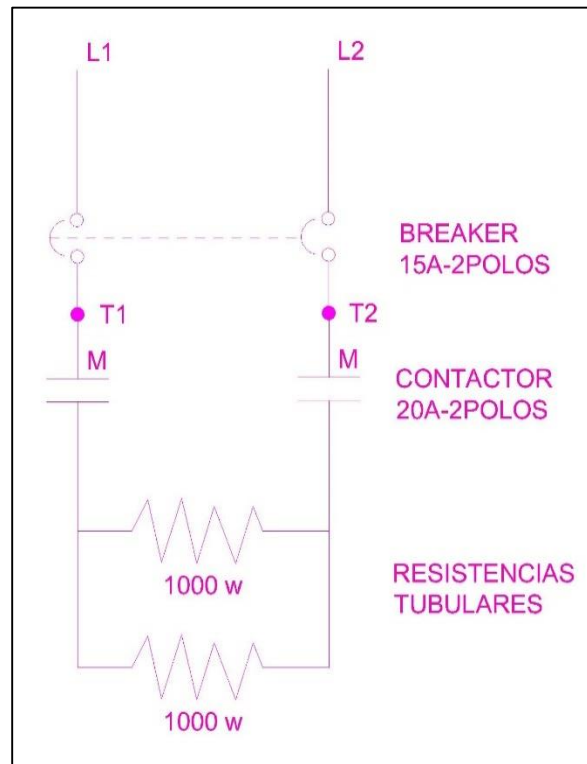


Figura 3.17 Diagrama de fuerza del decantador

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de costo

En esta sección se presentan los costos que se generan para la construcción de la centrifugadora tipo radial y el banco de decantación.

Costo de materiales

En la tabla 3.9, se detallan los materiales que se requieren para el respectivo funcionamiento de la centrifugadora y el banco de decantación automático.

Tabla 3.9 Costos de Materiales de Centrifugadora y Banco de decantación

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Plancha de acero inoxidable 2840mmx1220mmx3mm	1	220	220
Tapa de acero inoxidable	1	15	15
Agarradera de acero inoxidable	1	5.50	5.50
Tubo rectangular 50 x 100 x 3 mm de acero galvanizado, 6 metros	1	45	45
Platina de acero inoxidable 75 x 3 mm X 6m	1	25	25
Correa trapezoidal	1	12	12
Polea V de 250 mm	1	7.50	7.50
Polea V de 70 mm	1	3.25	3.25
Rodamiento de bolas con contacto angular	2	30	60
Chumacera	2	15	30
Arandelas Planas	16	0.10	1.6
Tornillos y pernos ISO comerciales hexagonales métricos	4	0.15	0.60
Tuerca gruesa	8	0.15	1.2
Tornillos de cabeza hexagonal	4	0.25	1
Placas de acero inoxidable de 150 x 150 x 6 mm	2	3.30	6.6
Eje de acero inoxidable de 2 in, 6m	1	60	60
Plancha de acero de inoxidable 1220mmx2400mmx3mm	1	190	190
		TOTAL	684.25

Fuente: Varios proveedores locales

Costo total de los materiales necesarios para la construcción de la centrifugadora y banco de decantación es 684.25 dólares.

Costos de materiales para el sistema automático de centrifugadora radial

A continuación en la tabla 3.10, se muestran los materiales que se utilizaron para el sistema automático de la centrifugadora.

Tabla 3.10 Costo de Materiales para sistema automático de la Centrifugadora

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Pulsador de paro	1	2	2
Pulsador de arranque	1	2	2
Breaker de 2 polos	1	10	10
Contactador, bobina, contacto N.O, contacto M.C.	1	25	25
Relé térmico, contacto N.C, contacto N.O.	1	15	15
Temporizador, contacto N.C.	1	37	37
.Motor	1	150	150
Relé auxiliar, contacto N.O.	1	15	15
Luz piloto	1	2	2
Total			258

Fuente: Varios proveedores locales

Para la implementación del sistema automático de la centrifugadora se genera un gasto de 258 dólares.

Costos de materiales para el sistema automático del banco de decantación

En la tabla 3.11, se muestran los materiales que se utilizaron para el sistema automático del banco de decantación.

Tabla 3.11 Costo de Materiales para Sistema Automático de banco de decantación

Descripción	Cantidad	Valor Unitario USD	Valor Total USD
Breaker de 2 polos	1	10	10
Contactador, bobina, contacto N.O, contacto N.C.	1	25	25
Temporizador, contacto N.C.	1	37	37
Termostato digital.	1	80	80
Resistencia eléctrica (1000 W)	2	70	140
Pulsador de arranque	1	2	2
Pulsador de paro	1	2	2
Luz piloto	1	2	2
Total			298

Fuente: Varios proveedores locales

El costo para la automatización del banco de decantación es de 298 dólares.

Costos de mano de obra

A continuación en la tabla 3.12, se muestra el costo de mano de obra para la construcción de la centrifugadora y banco de decantación.

Tabla 3.12 Costo de Mano de Obra

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por hora USD	Valor USD
Tornero	8	horas	2	16
Soldador	12	horas	2	22
Ayudante	45	horas	1.70	76.5
Rolado de plancha	1.5	horas	12	18
Plegado de plancha	2	horas	10	20
			Total	152.5

Fuente: Varios proveedores locales

Costo total de diseño y construcción de la centrifugadora y banco de decantación

En la tabla 3.13, se detalla el costo total para la construcción de la centrifugadora.

3.13 Costo total de diseño y construcción de la centrifugadora

Concepto	Costos USD
Costo de materiales para la centrifugadora	494.25
Mano de obra	121.5
Costo de diseño	450
Costo de material eléctrico	258
Total	1323.75

Fuente: Elaboración propia

El costo total para la construcción de la centrifugadora es de 1323.75 dólares.

En la tabla 3.14, se detalla el costo total para la construcción del banco de decantación.

3.14 Costo total de diseño y construcción del banco de decantación

Concepto	Costos USD
Costo de materiales para el banco de decantación	190
Mano de obra	118.5
Costo de diseño	450
Costo de material eléctrico	298
Total	1056.5

Fuente: Elaboración propia

El costo total para la construcción de la centrifugadora es de 1056.5 dólares.

Dando un valor total conjunto de aproximadamente 2400 dólares.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Habiendo concluido el diseño detallado de la centrifugadora y el decantador, es pertinente detallar las siguientes conclusiones y recomendaciones en relación a las experiencias adquiridas en este proyecto.

4.1 Conclusiones

Luego de analizar los métodos de extracción de la miel se demostró que el más óptimo es por centrifugación radial, ya que permite la extracción por ambos lados del panal en un tiempo menor, lo que a su vez permite aumentar la producción.

El tipo de extractor que se diseñó cumple con todas las normas técnicas de uso alimenticio, el cual ayudara al sector apícola Ecuatoriano a darle un valor agregado a su producto para que pueda ser exportado.

Con una correcta selección de la velocidad de rotación de la centrifugadora se pudo garantizar que la lámina de cera no se destruirá, la centrifugadora es automática por lo que se puede graduar el tiempo de extracción, cada ciclo de trabajo dura 5 minutos y se podrá extraer aproximadamente 50 litros de miel.

Mediante el software de inventor se pudo realizar las respectivas simulaciones del eje de transmisión, estructura metálica y mecanismo de giro. Todos los mecanismos mostraron desplazamientos muy pequeños y factores de seguridad altos, el cual hace de nuestro diseño una maquina segura para el uso de las personas sin preparación técnica.

Con el banco de decantación propuesto es posible filtrar la miel de una manera rápida sin dañar las propiedades físicas de la miel. La temperatura máxima que la miel que alcanza en el banco de decantación es de 50 °C. Cuando el fluido alcanza esa temperatura el sistema de control lo sensará y

apagará las resistencias generadoras de calor. Este tipo de banco de decantación es más eficiente en el momento de filtrar la miel, porque ahorra tiempo y a su vez se acelera la producción.

4.2 Recomendaciones

El mecanismo de giro debe trabajar a la velocidad de rotación adecuada (<250 rpm), como se observa en el capítulo 2, para que de esta manera los panales no se destruyan.

Se debe utilizar acero inoxidable AISI 304 (grado alimenticio), para que de esta manera no se afecte la inocuidad del producto.

Se debe realizar una limpieza adecuada cada cierto tiempo (semanal), tanto de la centrifugadora como también del banco de decantación. De esta manera cada equipo puede realizar la operación de forma óptima.

Las instalaciones de las colmenas deben ser ubicadas con una flora muy abundante alrededor de ellas, además de tener el debido cuidado ya que existen enfermedades que afectan a las abejas.


Tener en cuenta que al alzar la tapa de la centrifugadora, esta se va a paralizar y no continuará con la extracción de miel.


BIBLIOGRAFÍA

- BUXADÉ, C. (1997). ZOOTECNIA BASES DE PRODUCCION ANIMAL. Madrid, España: Aedos s.a.
- Cengel, Y. (2010). Termodinámica, 6 edición. Mc Graw Hill.
- Chacón, L. F. (2014). Producción de la miel de abeja. Sucre-Bolivia: TUPAC KATARI.
- Espinoza, J. (1997). LA CASA DE LAS ABEJAS - MANUAL DE APICULTURA (Vol. Primera edición). QUITO, ECUADOR: Ediciones Abya - Yala.
- García, Á. P. (2005). Descubra el poder de la miel: cocina, belleza y salud. Buenos Aires: Grupo Imaginador.
- Hooper, T. (1976). LAS ABEJAS Y LA MIEL - Guía para el apicultor (Vol. TERCERA EDICION). Buenos Aires, Argentina: El ATENEO.
- Incropera, F. P. (1999). Fundamentos de Transferencia de Calor. Prentice Hall.
- Jean-Prost, P. (2007). Apicultura Conocimiento de la abeja Manejo de la Colmena (Vol. Cuarta edición). Madrid, España: Ediciones Mundi - Prensa.
- Miguel Quilambaqui, P. (2016). PROGRAMA MIEL DE ABEJA FIMCP (Vol. 1). Guayaquil, ECUADOR : ESPOL.
- Mott, R. L. (2006). Diseño de elementos de de máquinas (cuarta ed.). Mexico: PEARSON.
- Narváez. (2015). Resistencias Electricas Narvaez. Obtenido de <http://narvaez.anundos.com/resistencia-calefactora-de-inmersion-para-aguas-sanitarias-7500-9237/>
- Nisbett, R. G. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (Octava ed.). Mexico D.F.: Industria Editorial Mexicana.

Apéndice A

Tubo rectangular






DIPAC[®]

PRODUCTOS DE ACERO

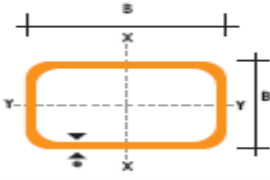
TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-X			EJES Y-Y			
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ⁴	W cm ³	I cm ⁴	
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	296,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



Fuente: Dipac Catálogo de aceros

Apéndice B

Platinas



DIPAC[®]

PRODUCTOS DE ACERO



PLATINAS

EN ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales



DIMENSIONES		PESO		AREA
mm		kg/m	kg/6m	cm ²
a	e			
12	3	0.28	1.70	0.36
12	4	0.38	2.45	0.48
12	6	0.57	3.40	0.72
19	3	0.45	2.68	0.57
19	4	0.60	3.58	0.76
19	6	0.89	5.37	1.15
25	3	0.59	3.53	0.75
25	4	0.79	4.71	1.00
25	6	1.18	7.07	1.50
30	3	0.71	4.24	0.90
30	4	0.94	5.65	1.20
30	6	1.41	8.47	1.80
30	9	2.12	12.71	2.70
30	12	2.83	16.95	3.60
38	3	0.89	5.37	1.15
38	4	1.19	7.16	1.52
38	6	1.79	11.40	2.28
38	9	2.69	16.11	3.42
38	12	3.58	21.48	4.56
50	3	1.18	7.08	1.50
50	4	1.58	9.42	2.00
50	6	2.26	14.16	3.00
50	9	3.53	21.20	4.50
50	12	4.71	28.26	6.00
65	6	3.06	18.37	3.90
65	9	4.59	27.55	5.85
65	12	6.12	36.73	7.80
75	6	3.53	21.20	4.50
75	9	5.30	31.80	6.75
75	8	7.07	28.26	9.00
75	12	7.07	42.39	9.00
100	6	4.71	28.26	6.00
100	8	7.07	37.68	9.00
100	9	7.07	43.00	9.00
100	12	9.42	58.00	12.00
120	12	67.82	67.82	14.40
150	15	105.88	105.88	22.50
150	20	145.44	145.00	30.00



Fuente: Dipac Catálogo de aceros

Apéndice C

Plancha



PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301

ESPEORES	desde 0.40-1.5mm
-----------------	------------------

DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Norma: AISI 201

Especificaciones Generales

ACERO INOXIDABLE

Fuente: Dipac Catálogo de aceros

Apéndice D

Ejes



EJES Acero Inoxidable



Especificaciones Generales

Calidad AISI 304

Descripción Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intersticial hasta 300°C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones Industrias alimenticias, cerveceras, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental etc....

Longitud 6 m

Composición Química						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

Dimensiones			
Diámetro			
3/16"			
1/4"			
5/16"			
3/8"			
1/2"			
5/8"			
3/4"			
1"			
1 1/4"			
1 1/2"			
2"			
2 1/2"			
3"			
3 1/2"			
4"			
5"			
6"			



EJES

Fuente: Dipac Catálogo de aceros

Apéndice E

Tabla de materiales

Tabla A-22

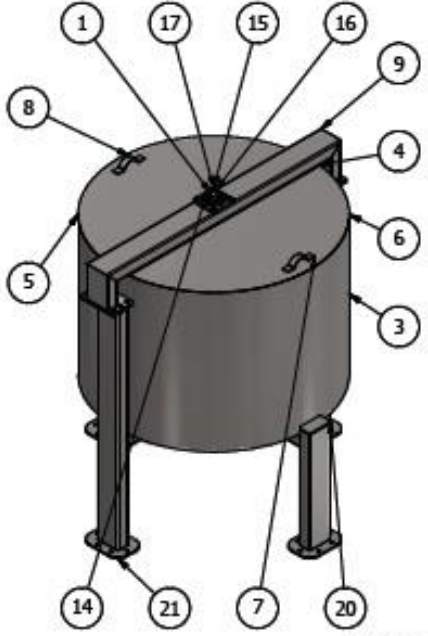
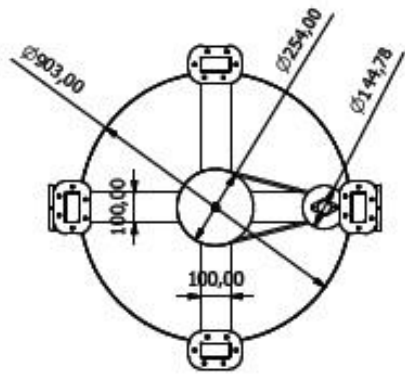
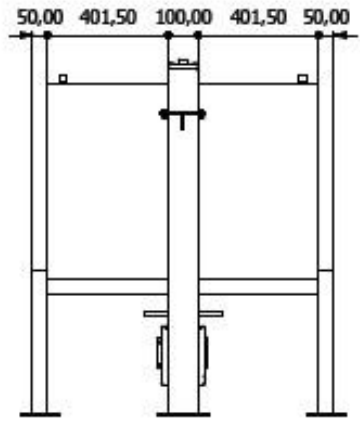
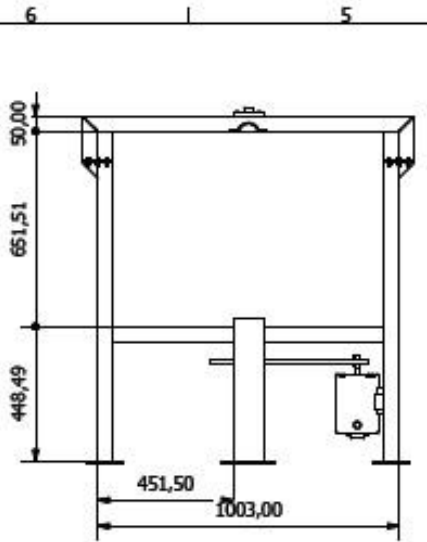
Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales* Fuente: J. Dato, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Fluencia		Resistencia (a la tensión)		Resistencia a la deformación, exponente m	Resistencia a la fractura K_{Ic}
			S_y (MPa)	S_y (kpsi)	S_u (MPa)	S_u (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 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) [†]	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	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 catálogos de especificaciones de compra. La deformación por fatiga puede variar hasta un 100% del valor listado.

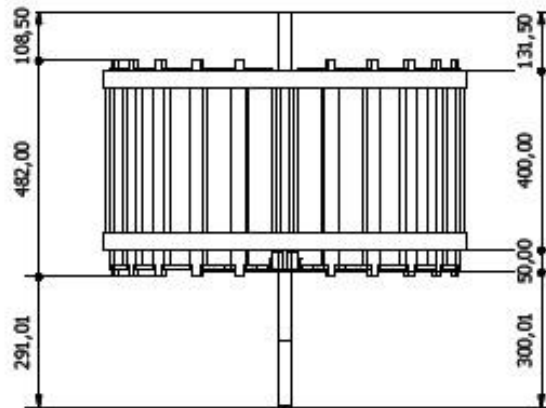
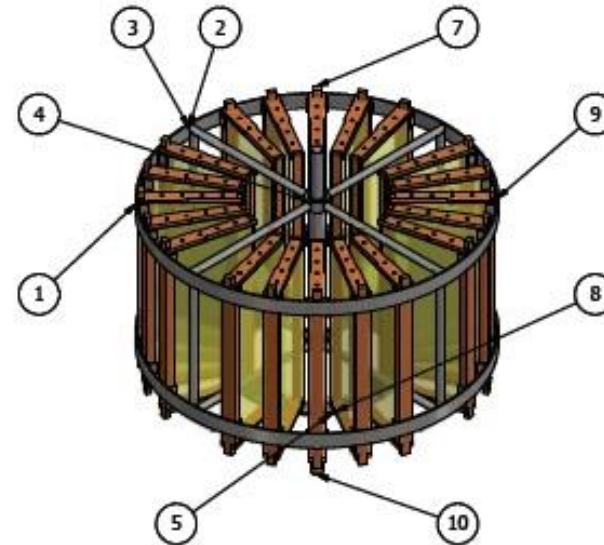
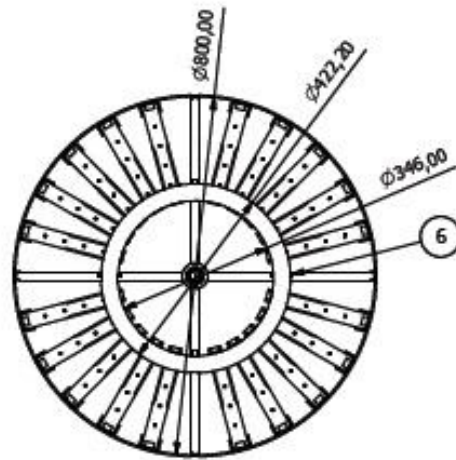
Fuente: (Nisbett, 2008)

PLANOS



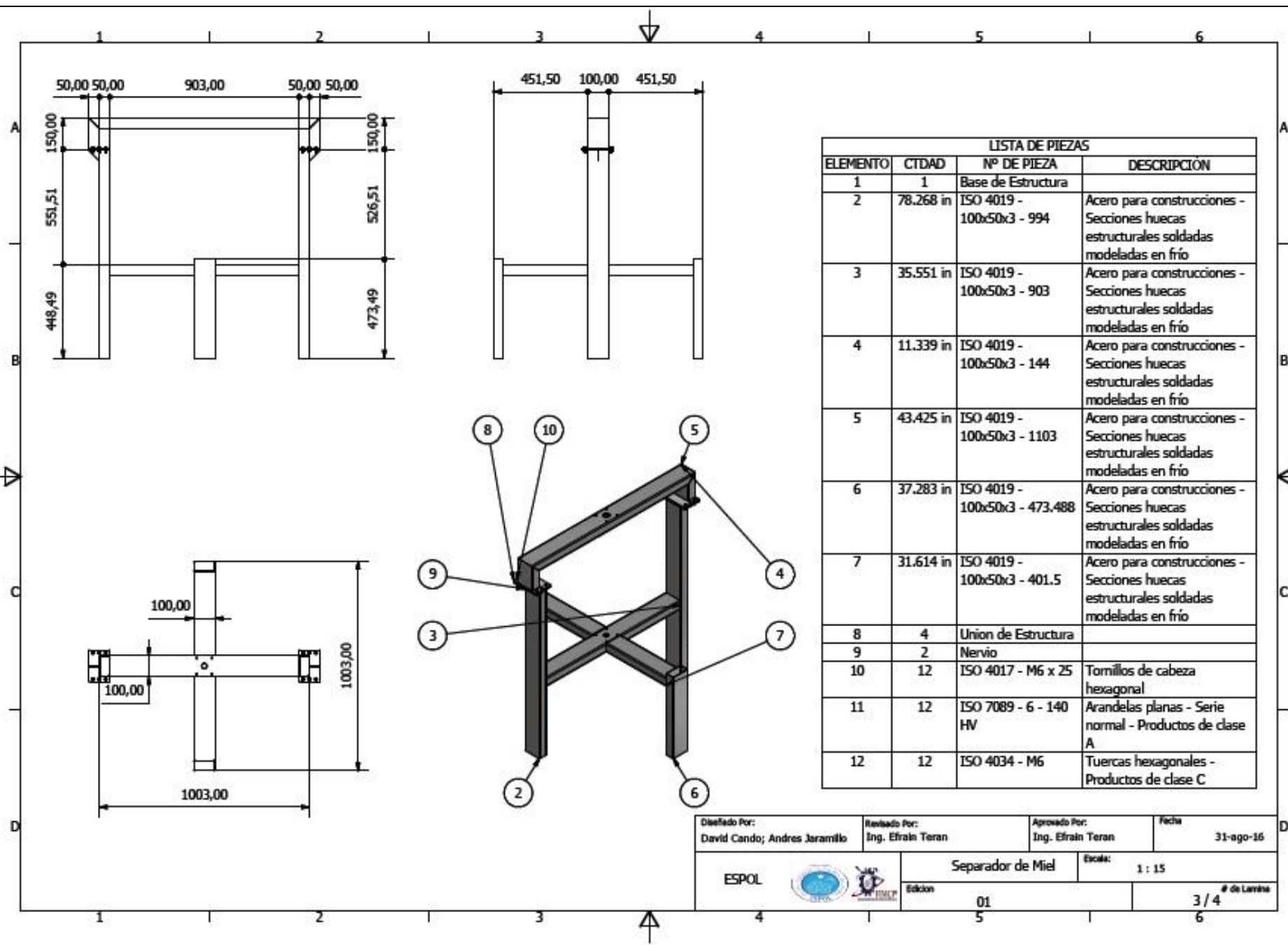
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Separador	
2	1	Base de la Carcaza	
3	1	Carcaza	
4	1	Tapa	
5	1	Tapa 2	
6	1	Tapa 2 MIR	
7	1	Agarradera	
8	1	Agarradera MIR	
9	1	Estructura	
10	1	34LY1371_frame-10.96-N	34LY1371_frame - Baldor Motors
11	1	Correa trapezoidal	
12	1	Polea ranurada1	
13	1	Polea ranurada2	
14	2	PN-87/M-86160 - 7206 30 x 62 x 16	Rodamientos de rodillos - Rodamiento de bolas con contacto angular
15	2	Chumacera	
16	16	ISO 7089 - 6 - 140 HV	Arandelas planas - Serie normal - Productos de clase A
17	4	A5 1111 - M6 x 80	Tornillos y pernos ISO comerciales hexagonales métricos
18	8	ISO 4161 - M6	Tuercas hexagonales con valona - Tuerca gruesa
19	4	ISO 4017 - M6 x 60	Tornillos de cabeza hexagonal
20	2	Tapas de Estructura	
21	4	Soportes de Estructura	

Diseñado Por: David Cando; Andres Jaramillo		Revisado Por: Ing. Efraín Teran		Aprobado Por: Ing. Efraín Teran		Fecha 31-ago-16	
ESPOL		Separador de Miel		Escala: 1/15		# de Lámina 1 / 4	
Edición 01							



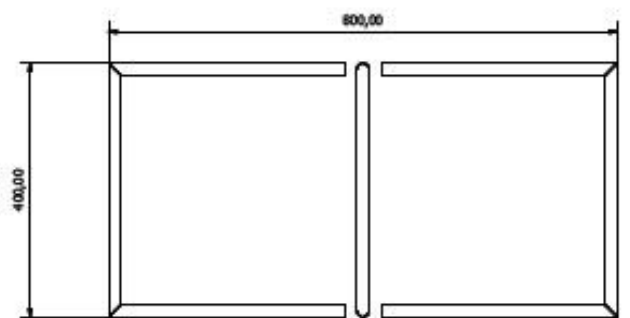
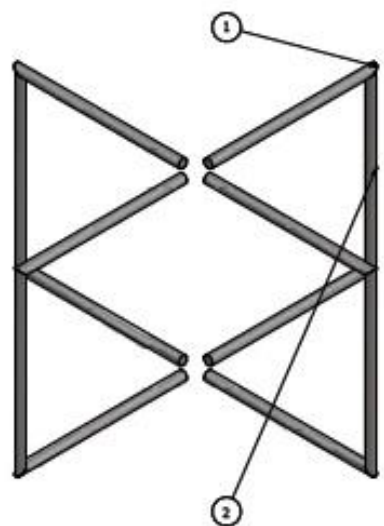
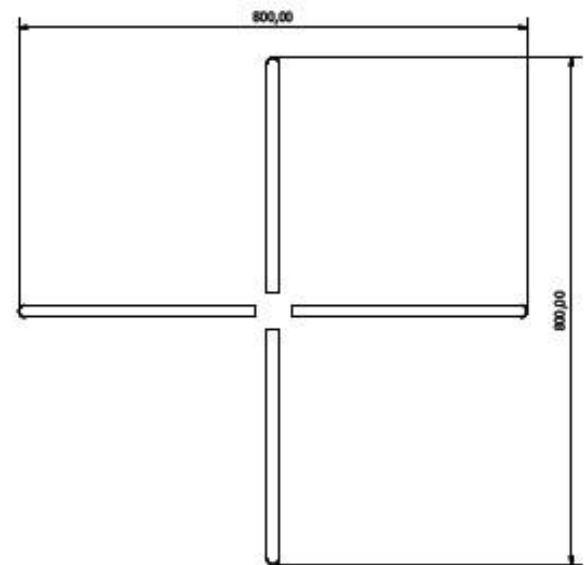
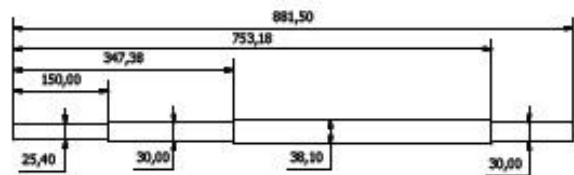
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	Varilla	
2	2971.400	ANSI/AISC Acero laminado - 3/4-14.623	Barras redondeadas
3	1600.000	ANSI/AISC Acero laminado - 3/4-15.748	Barras redondeadas
4	2	Soporte del Eje	
5	1	Plancha 1	
6	4	Plancha 2	
7	20	Panel de Abejas	
8	20	C 2	
9	40	C 1	
10	1	Eje	

Diseñado Por: David Cando; Andres Jaramillo		Revisado Por: Ing. Efraim Teran		Aprobado Por: Ing. Efraim Teran		Fecha 31-ago-16	
			Separador de Miel		Escala: 1 : 10		# de Láminas 2 / 4
Edición 01			5		6		



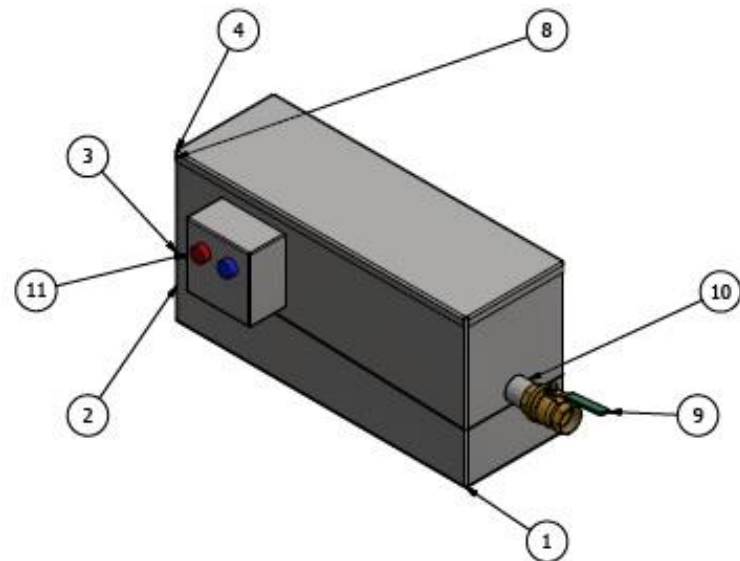
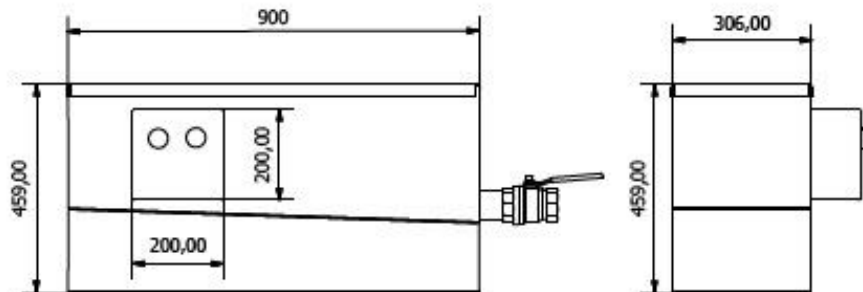
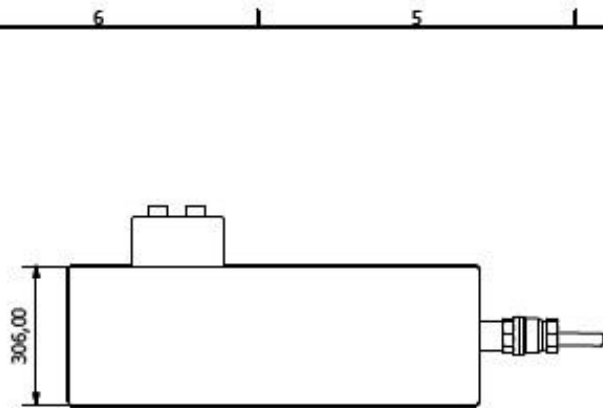
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base de Estructura	
2	78.268 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 994	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
3	35.551 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 903	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
4	11.339 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 144	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
5	43.425 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 1103	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
6	37.283 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 473.488	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
7	31.614 in	ISO 4019 - 100x50x3 - 401.5	Acero para construcciones - Secciones huecas estructurales soldadas modeladas en frío
8	4	Union de Estructura	
9	2	Nervio	
10	12	ISO 4017 - M6 x 25	Tornillos de cabeza hexagonal
11	12	ISO 7089 - 6 - 140 HV	Arandelas planas - Serie normal - Productos de clase A
12	12	ISO 4034 - M6	Tuercas hexagonales - Productos de clase C

Diseñado Por: David Cando; Andres Jaramillo		Revisado Por: Ing. Efraín Teran		Aprobado Por: Ing. Efraín Teran		Fecha 31-ago-16	
		Separador de Miel		Escala: 1 : 15		# de Lámina 3 / 4	
		Edición 01					




LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2971.400	ANSI/AISC Acero laminado - mm 3/4-14.623	Barras redondeadas
2	1600.000	ANSI/AISC Acero laminado - mm 3/4-15.748	Barras redondeadas

Elaborado por: David Cardo; Andrea Jaramila	Revisado por: Ing. Efraín Torres	Aprobado por: Ing. Efraín Torres	Fecha 31-ago-16
ESPOL	Separador de Miel		Hoja: 1 / 5
	Número: 01		Nº de Lámina: 4 / 4



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Base	
2	1	Carcasa (Agua) - Decantador	
3	1	Base 2	
4	1	Carcasa - Decantador	
5	1	Plancha 1	
6	1	Plancha 2	
7	1	Plancha 3	
8	1	Tapa	
9	1	Válvula de bola de latón XV520P de Parker XV520P-32	Válvula de bola de latón
10	1	Tubo	
11	1	Control	

Diseñado Por: David Cando; Andres Jaramillo	Revisado Por: Ing. Efrain Teran	Aprobado Por: Ing. Efrain Teran	Fecha 31-ago-16
ESPOL 		DECANTADOR Edición 01	Escala: 1 : 10 # de Lamina 1 / 1