



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL  
MOLDEADO DE CERA DE ABEJA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en  
Electromecánica

**AUTORA:**

Chiluisa Palomo Erika Alexandra

**TUTOR:**

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

**Latacunga – Ecuador**

**Septiembre 2020**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Chiluisa Palomo Erika Alexandra declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL MOLDEADO DE CERA DE ABEJA” siendo el Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Chiluisa Palomo Erika Alexandra

C.I. 055008256-4



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL MOLDEADO DE CERA DE ABEJA”**, de Chiluisa Palomo Erika Alexandra de la carrera Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Septiembre, 2020

El Tutor

Ing. Msc. Hector Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

CC: 050215089-9



## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, la postulante: **Chiluisa Palomo Erika Alexandra**, con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL MOLDEADO DE CERA DE ABEJA”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, septiembre del 2020

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

PhD.Ing. Torres Tamayo Enrique  
López Mg.  
CC: 175712194-0

---

**Lector 2**

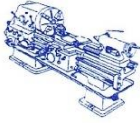
Ing. Luis Miguel Navarrete  
  
CC:180374728-4

---

**Lector 3**

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina  
CC:050284769-2

## AVAL DE CONFORMIDAD



### CONSTRUCCION DE MAQUINARIA J.W.

Ing. Jiménez Brito Washington Ramón

R.U.C. 0102794864001

CALIFICACION ARTESANAL No. 86321

Matriz: El Rosal - Av. Principal s/n (Panamericana Sur Km 9 ½)

Teléfono: 3 680 045 / 0999 741 423 - FAX: 3 680 004 - Quito - Ecuador

**Diseño de Maquinaria, CAD - CAM - CAE, Planos mecánicos, Diseño MEF, Selección de Materiales, Bases de datos industriales, Construcción, Mto. y Reingeniería, Servicio de torno - Fresa, Soldas Especiales, Prensa Hidráulica, Montaje e instalación en el sitio dentro y fuera de la ciudad**

### AVAL DE CONFORMIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tambillo, 24 de agosto del 2020

#### Presente.-

Yo, Ing. Washington Ramón Jiménez Brito MSc. con cédula de identidad N°0102794864, en calidad de propietario de la empresa CONSTRUCCION DE MAQUINARIA J.W. - CEMAIN, ubicado en la parroquia de Tambillo Barrio El Rosal, confirmo la realización del proyecto de investigación **“DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL MOLDEADO DE CERA DE ABEJA”**, por la estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Electromecánica; Srta. Chiluisa Palomo Erika Alexandra con C.C: 055008256-4.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente,

**CONSTRUCCION  
DE MAQUINARIA J.W.  
RUC: 0102794864001**

Ing. Washington Jiménez Msc  
GERENTE - PROPIETARIO



## AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más grande que tengo es a Dios por ser mi mayor guía para poder alcanzar mis objetivos trazados durante toda mi trayectoria estudiantil, y por permitirme tener unos padres que me dieron su apoyo incondicional a mi padre Neptali Chiluisa y mi madre Flor Palomo por confiar en mí y aconsejarme en cada instante de mi vida.

Agradezco infinitamente a mis dos hermanos Dayana y Alexis que con sus palabras me hacían sentir orgullosa de lo que soy y de lo que puedo llegar hacer que con esfuerzo y perseverancia podemos cumplir nuestros sueños.

A mi amigo y compañero de trabajo Ing. Rafael Salcedo que, con su experiencia y conocimientos, me motivaron para culminar con éxito todo el proceso.

A mis amigos y familiares quienes a través de sus consejos y sugerencias motivaron el deseo de cumplir cada objetivo trasado en la universidad.

Agradezco al Ing. M.sc. Hector Raúl Reinoso Peñaherrera MBA, por brindarme su conocimiento, experiencia y apoyo moral que me permitió culminar con éxito este proyecto de titulación.

Y por supuesto a mi querida Universidad por permitirme formarme como profesional, y darme la oportunidad de culminar mis estudios superiores.

*Erika Alexandra*



## **DIDICATORIA**

El presente trabajo de titulación dedico a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Neptali y Flor por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y que gracias a su apoyo incondicional me han enseñado a nunca rendirme, perseverar y ser constante en cada una de mis metas que me proponga, a mis hermanos Dayana y Alexis, por su confianza para poder culminar con éxito, y finalmente se lo dedico a toda mi familia por sus consejos para salir adelante.

*Erika Alexandra*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	ii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iii
AVAL DE CONFORMIDAD .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	ii
DIDICATORIA .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	iv
1 INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	3
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	3
2.2 Tipo de alcance.....	3
2.3 Área de conocimiento.....	3
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	3
2.5 Objeto de estudio y campo de acción .....	4
2.5.1 Objeto de estudio.....	4
2.5.2 Campo de acción .....	4
2.5.3 Beneficiarios.....	4
2.5.4 Palabras clave .....	4
2.6 Situación problémica y problema.....	4
2.6.1 Situación problémica .....	4



2.6.2	Problema.....	5
2.7	OBJETIVOS.....	5
2.7.1	Objetivo General .....	5
2.7.2	Objetivos Específicos .....	5
2.8	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	6
3	PROCESO DE DISEÑO DE RODILLOS GOFRADORES PARA MOLDEAR LA CERA DE ABEJA. ....	7
3.1	Introducción.....	7
3.2	ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES .....	7
3.2.1	Evolución de la fabricación de la cera de abeja .....	7
3.2.2	Industrialización de la cera de abeja.....	7
3.2.3	Recolección de la cera de abejas por el apicultor.....	7
3.2.4	Lavador y desamador de pescados varios para una fábrica de equipos de procesamientos de alimentos.....	8
3.2.5	Diseño de un equipo que permita retirar el opérculo de los cuadros de panales para el proceso de extracción de la miel de abeja .....	8
3.3	Descripción del objeto de estudio .....	9
3.3.1	Miel .....	9
3.3.2	Panal .....	9
3.3.3	Colmena.....	9
3.3.4	Ceras Naturales.....	9
3.3.5	Cera de abeja .....	10
3.3.6	Proceso productivo .....	13
3.4	Tipos de estampadora de cera de abeja .....	13
3.4.1	Estampado manual .....	13
3.1.	Detalles técnicos y geométricos de los rodillos moldeadores de cera de abeja	15
5.1.2.	Estampado automático .....	16

3.5	Cera estampada.....	18
3.5.1	Geometría de los alvéolos .....	18
3.5.2	Tamaños de los alvéolos.....	18
3.5.3	Proceso de moldeado de cera de abeja .....	20
3.6	Rodillo gofrador o Grafilador.....	20
3.6.1	Diferentes tipos de grabado .....	20
3.6.1.1	Rodillos en la parte Industrial .....	21
3.7	Proceso de laminado.....	22
3.7.1	Laminado.....	23
3.7.2	Principio de laminación.....	23
3.7.3	Deformación en la laminación .....	24
3.8	Materiales recomendados para procesamiento de alimentos .....	25
3.8.1	Materiales para Rodillos gofradores o grafiladores .....	25
3.9	Sistemas de transmisión de movimiento de los Rodillos gofradores .....	26
3.10	Materiales para sistema de trasmisión.....	28
3.11	Diseño.....	28
3.11.1	Etapas del diseño .....	28
3.12	Sistemas CAD/CAE .....	29
3.12.1	Análisis de elementos finitos (MEF).....	30
4	METODOLOGÍA .....	31
4.1	Introducción.....	31
4.2	Definición de requisitos (alcance).....	31
4.2.1	Metodología cualitativa y cuantitativa .....	32
4.3	Estructura funcional del sistema de rodillos gofradores .....	33
4.3.1	Selección del tipo de alvéolos .....	33
4.3.2	Dimensionamiento de la lámina y alvéolos.....	33
4.3.3	Características de la miel de abeja .....	35

4.3.4	Materiales recomendados para uso alimenticio.....	36
4.4	Diseño conceptual .....	36
4.4.1	Bosquejo para el estampado de cera de abeja .....	36
4.5	Diseño dimensional .....	37
4.5.1	Potencia requerida en el sistema .....	38
4.5.2	Diseño del eje para rodillos gofradores .....	39
4.5.3	Engranés del sistema de rodillos gofradores .....	41
4.5.4	Selección de la catalina .....	42
4.5.5	Rodamientos para el eje del rodillo .....	44
4.5.6	Cálculo de resortes .....	45
4.5.7	Cálculo del tornillo de regulación .....	46
4.5.8	Diseño de leva para el cortador vertical .....	48
4.5.9	Sistema hidráulico de enfriamiento .....	49
4.6	Diseño detallado .....	50
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	51
5.1	Introducción.....	51
5.2	Dimensionamiento de la cera de abeja .....	51
5.2.1	Selección de la alternativa para moldeado de cera de abeja.....	52
5.3	Potencia requerida en el sistema .....	52
5.3.1	Selección de elementos de control .....	53
5.4	Diseño del eje para el rodillo gofrador .....	53
5.5	Selección del sistema de transmisión .....	54
5.5.1	Selección de engranes .....	54
5.5.2	Selección de las catalinas (Sprockets).....	55
5.5.3	Selección de rodamientos .....	56
5.6	Selección de resortes .....	57
5.7	Cálculos del tornillo de regulación.....	57

5.8	Perdidas en el sistema de transmisión .....	57
5.9	Cálculo del diseño de la leva del cortador.....	58
5.10	Sistema hidráulico de enfriamiento .....	59
5.11	Análisis de elementos finitos.....	59
5.11.1	Comportamiento de la cera de abeja .....	59
5.11.2	Simulación del rodillo gofrador motriz .....	65
5.11.3	Análisis de Engranés .....	66
5.11.4	Análisis de la catalina.....	67
5.11.5	Análisis Estructural .....	68
5.12	Diagrama de Control del Sistema Eléctrico .....	69
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO .....	70
6.1	Materiales empleados en el sistema de rodillos gofradores .....	70
6.2	Costos de ingeniería .....	72
6.3	Análisis de producción .....	72
6.4	Análisis de impacto .....	74
6.4.1	Impactos tecnológicos .....	74
6.4.2	Impactos sociales.....	74
7	Conclusiones y recomendaciones.....	75
7.1	Conclusiones .....	75
7.2	Recomendaciones.....	75
8	REFERENCIAS .....	76
	ANEXOS .....	77
	PLANOS.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Ceras naturales: Vegetales y Animales .....	10
Figura 3. 2. Calidad de la cera de abeja.....	11
Figura 3. 3. Tipos de cera de abeja. ....	11
Figura 3. 4. Proceso productivo de la cera de abeja. ....	13
Figura 3. 5. Almacenamiento de la cera .....	13
Figura 3. 6. Lamina de cera .....	14
Figura 3. 7. Rodillo para Estampar / Rodillo Liso (Prelaminadora).....	14
Figura 3. 8. Máquina de grabado .....	14
Figura 3. 9. Estampadora de cera .....	15
Figura 3. 10. Lámina de cera estampada .....	16
Figura 3. 11. Tipos de estampadoras .....	16
Figura 3. 12. Máquina de panales de cera completamente automática .....	17
Figura 3. 13. Máquina de panales de cera semi- automática.....	17
Figura 3. 14. Alveólos .....	18
Figura 3. 15. Medida de la celda de cera de abeja.....	19
Figura 3. 16. Tamaño de celda .....	19
Figura 3. 17. Lados del panal de cera.....	19
Figura 3. 18. Proceso de moldeado.....	20
Figura 3. 19. Piramidal .....	21
Figura 3. 20. Piramidal Truncada .....	21
Figura 3. 21. PiramidalTruncada .....	21
Figura 3. 22. Rodillos en la parte industrial. ....	22
Figura 3. 23. Rodillos en la parte industrial .....	22
Figura 3. 24. Proceso de laminado (frío y caliente).....	23
Figura 3. 25. Proceso de laminación.....	23
Figura 3. 26. Esquema del proceso de laminado .....	23
Figura 3. 27. Deformaciones producidas en la laminación .....	24
Figura 3. 28. Doblado de los rodillos .....	24
Figura 3. 29. Arreglos de laminadores .....	25
Figura 3. 30. Características de los materiales .....	26
Figura 3. 31. Engranés rectos .....	27
Figura 3. 32. Engranés helicoidales.....	27

Figura 3. 33. Engranés cónicos.....	27
Figura 3. 34. Poleas dentadas .....	27
Figura 3. 35. Polea tipo V .....	27
Figura 3. 36. Catalina o sprockets .....	27
Figura 3. 37. Materiales para el Sistema de Transmisión.....	28
Figura 3. 38. Etapas del diseño.....	29
Figura 3. 39. Análisis de Sistemas CAD/CAE .....	29
Figura 4. 1. Metodología cualitativa y cuantitativa.....	32
Figura 4. 2. a) Lámina Langstroth    b) Lámina tejida por las abejas    c) Peso de una lámina estándar .....	34
Figura 4. 3. Sistema de rodillos gofradores .....	36
Figura 4. 4. Componentes del sistema de rodillos .....	38
Figura 4. 5. Rodillo gofrador .....	39
Figura 4. 6. Catalina tipo “Buje Taper” .....	43
Figura 4. 7. Catalina con barrenos calibrados.....	43
Figura 4. 8. Tornillo regulador .....	46
Figura 4. 9. Leva método gráfico .....	48
Figura 5. 1. Dimensión de la cera de abeja.....	51
Figura 5. 2. Eje diseñado .....	53
Figura 5. 3. Engrane helicoidal recto.....	54
Figura 5. 4. Buje Taper .....	55
Figura 5. 5. Rodamientos de bolas .....	56
Figura 5. 6. Desarrollo de leva mediante método gráfico .....	58
Figura 5. 7. Proceso de moldeado de cera en el software ANSYS.....	59
Figura 5. 8. Diagrama eléctrico .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Propiedades físicas .....	12
Tabla 3. 2. Rango de densidades para la cera de abeja.....	12
Tabla 3. 3. Tamaño de rodillos .....	15
Tabla 3. 4. Funcionamiento maquina automática.....	17
Tabla 3. 5. Funcionamiento máquina semiautomática. ....	17
Tabla 3. 6. Proceso de moldeo de la lámina de cera.....	20
Tabla 3. 7. Tipos de grabado .....	21
Tabla 3. 8. Sistema de transmisión de engranes .....	27
Tabla 3. 9. Sistemas de transmisión con bandas y cadenas.....	27
Tabla 4. 1. Variables de entrada y salida de proceso de laminado.....	31
Tabla 5. 1. Dimensionamiento de la cera de abeja .....	52
Tabla 5. 2. Cálculo del motor .....	52
Tabla 5. 3. Descripción de los elementos de control.....	53
Tabla 5. 4. Características de la punta del rodillo .....	53
Tabla 5. 5. Dimensiones del eje.....	54
Tabla 5. 6. Características de los engranes .....	54
Tabla 5. 7. Parámetros del piñón .....	55
Tabla 5. 8. Características de los sprockets .....	55
Tabla 5. 9. Resultados para la selección de las catalinas.....	56
Tabla 5. 10. Dimensiones de los rodamientos .....	56
Tabla 5. 11. Carga estatica equivalente de un rodamiento .....	56
Tabla 5. 12. Resultados para el dimensionamiento de los resortes .....	57
Tabla 5. 13. Resultados del tornillo de regulación .....	57
Tabla 5. 14. Eficiencia en el sistema de transmisión.....	58
Tabla 5. 15. Perdidas en el sistema de transmisión .....	58
Tabla 5. 16. Resultados del sistema hidráulico de enfriamiento .....	59
Tabla 5. 17 Selección de la bomba periférica.....	59
Tabla 5. 18. Comportamiento de la cera de abeja (propiedades) .....	61
Tabla 5. 19. Mallado de la lámina de cera de abeja.....	62
Tabla 5. 20. Parámetros de frontera -Velocidad de entrada y salida.....	64
Tabla 5. 21. Simulación rodillo gofrador motriz.....	65
Tabla 5. 22.Análisis de elementos finitos de engranes.....	66

Tabla 5. 23. Análisis de la catalina .....	67
Tabla 5. 24. Simulación estructural .....	68





## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

#### TITULO: “DISEÑO DEL SISTEMA DE RODILLOS GOFRADORES PARA EL MOLDEADO DE CERA DE ABEJA”

**Autora:**

**Chiluisa Palomo Erika Alexandra**

### RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de rodillo gofradores para moldear la cera de abeja, con la finalidad de que los apicultores accedan al producto que es importante para ellos. El proyecto utiliza metodología cuantitativa en el diseño dimensional, comparando entre si diferentes alternativas de diseño y la solución más adecuada para el mismo y experimental para determinar el tamaño de la lámina y del alvéolo, ya que por medio de estas se obtendrán datos y resultados en el sistema.

Además, al momento de realizar el diseño de los rodillos gofradores se emplearán software aplicados a la ingeniería los cuales serán SolidWork en su versión estudiantil, este nos ayudará en el diseño y modelado de los mismos, teniendo en cuenta que se realizará una mejora en la parte de los alvéolos y automatizar el sistema, también ANSYS FLUENT para un análisis CAE.

Mediante la utilización de un software CAD se realizará un análisis de deformación, esfuerzos, que se presenten en los rodillos gofradores y sus componentes, además un estudio de carga en la estructura del diseño. Se simula el comportamiento de la cera de abeja, con el uso de un software CAE para su respectiva validación, teniendo en cuenta que se debe emplear en la parte de ingeniería antes de realizar cualquier proceso manufacturado.

**Palabras clave:** Alvéolos, deformación, moldear cera de abeja, rodillo gofrador.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**

**TITLE: “DESIGN THE ENGRAVING ROLLER SYSTEM FOR MOLDING BEEWAX ”**

**Author:**

**Chiluisa Palomo Erika Alexandra**

**ABSTRACT**

Designing a system of engraving rollers to mold the beeswax was the objective of this research, in order for beekeepers to access the product that is important to them, The research uses quantitative methodology in the dimensional design, comparing between different design alternatives and the most appropriate solution, and experimental to determine the plate size and the alveolus, since through these data and results will be obtained in the system.

In addition, when designing the engraving rollers, software applied to engineering will be used, which will be SolidWork in the student version, this will help in the design and modeling of them, taking into account that an improvement will be made in the part of the alveoli and automate the system, also ANSYS FLUENT for a CAE analysis.

Using CAD software, a deformation analysis will be performed, efforts, which are presented in the embossing rollers and their components, in addition to a load study on the design structure. The beeswax behavior is simulated, with CAE software use for its respective validation, taking into account that it must be used in the engineering part before any manufactured process.

**Keywords:** Alveoli, deformation, beeswax molding, embossing roller.



## AVAL DE TRADUCCIÓN

## **1 INFORMACIÓN BÁSICA**

### **Propuesto por:**

Chiluisa Palomo Erika Alexandra

### **Tema aprobado:**

Diseño del sistema de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja.

### **Carrera:**

Ingeniería en Electromecánica

### **Director del proyecto de titulación:**

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

### **Equipo de trabajo**

#### **Tutor**

Nombres: Héctor Raúl  
Apellidos: Reinoso Peñaherrera  
Cedula de identidad: 0502150899  
Correo electrónico: [hector.reinoso@utc.edu.ec](mailto:hector.reinoso@utc.edu.ec)

#### **Ponente 1:**

Nombre: Chiluisa Palomo Erika Alexandra  
Cédula de Ciudadanía: 0550082564  
Correo electrónico: [erika.chiluisa4@utc.edu.ec](mailto:erika.chiluisa4@utc.edu.ec)

#### **Lugar de ejecución:**

Empresa CEMAIN ubicada en, Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Tambillo, Barrio El Rosal.

#### **Tiempo de duración del proyecto:**

2020 - 2020

**Fecha de entrega:**

Septiembre - 2020

**Línea (s )y sublíneas de investigación a la que se asocia el proyecto:**

**Líneas de investigación:** Procesos industriales.

**Sub línea de investigación:** Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

**Tipo de propuesta tecnológica:**

Diseño del sistema de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja.

## **2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 Título de la propuesta tecnológica**

Diseño del sistema de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja.

### **2.2 Tipo de alcance**

Análisis computarizado CAD/CAE

### **2.3 Área de conocimiento**

Según la norma CINE – UNESCO establece las áreas y sub áreas de estudio[1], en el caso del presente proyecto de propuesta tecnológica, está ligado al sector de estudio de “Ingeniería, industria y construcción”, a la sub área de Ingeniería (Dibujo técnico, mecánica, electricidad, electrónica, energía, ingeniería de procesos) y a la sub área de Industria..

### **2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de rodillo gofradores para moldear la cera de abeja, con la finalidad de que los apicultores accedan al producto que es importante para ellos. El proyecto utiliza metodología cuantitativa en el diseño dimensional, comparando entre si diferentes alternativas de diseño y la solución más adecuada para el mismo y experimental para determinar el tamaño de la lámina y del alvéolo, ya que por medio de estas se obtendrán datos y resultados en el sistema.

Además, al momento de realizar el diseño de los rodillos gofradores se emplearán software aplicados a la ingeniería los cuales serán SolidWork en su versión estudiantil, este nos ayudará en el diseño y modelado de los mismos, teniendo en cuenta que se realizará una mejora en la parte de los alvéolos y automatizar el sistema, también ANSYS FLUENT para un análisis CAE.

Mediante la utilización de un software CAD se realizará un análisis de deformación, esfuerzos, que se presenten en los rodillos gofradores y sus componentes, además un estudio de carga en la estructura del diseño. Se simula el comportamiento de la cera de abeja, con el uso de un software CAE para su respectiva validación, teniendo en cuenta que se debe emplear en la parte de ingeniería antes de realizar cualquier proceso manufacturado.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Laminado de cera de abeja.

### **2.5.2 Campo de acción**

Diseño de máquinas, mecanismos, materiales, sistemas de transmisión de potencia, análisis de elementos finitos (MEF).

### **2.5.3 Beneficiarios**

- **Directos:** Empresa CEMAIN
- **Indirectos:** Apicultores

### **2.5.4 Palabras clave**

Alvéolos, deformación, moldear cera de abeja, rodillo gofrador.

## **2.6 Situación problemática y problema**

### **2.6.1 Situación problemática**

Como lo establece el Ministerio de Agricultura (2018)[2] “El desarrollo de la industria apícola es importante en la agricultura, ya que de esta actividad es posible extender varios servicios, como es la polinización de los cultivos, además de la producción de miel, cera de abejas, entre otros derivados de esta industria.

Actualmente en el Ecuador, la industria apícola ha tenido en los últimos años un crecimiento en su participación de mercado por la demanda de miel a sus clientes, lo que ha hecho necesario que los productores busquen diversas alternativas para abastecerse de láminas de cera, que facilita el trabajo de las abejas en la producción de la misma, teniendo en cuenta que el proceso es artesanal y no automático, si se llegara a importar una máquina automatizada al país representaría un costo elevado al apicultor.

Cabe recalcar que la cera de abeja es muy importante para la producción de miel ya que esto puede variar mucho en sus tamaños como es una lámina de 415x195, posee 2776 alvéolos de 5.4mm la misma que produce 1 kg de miel de abeja, mientras que una lámina de 415x195mm tiene 3173 alveolos de 5.05mm esta tiene una producción de un 13% en cuanto a lo anterior, viéndose favorecida a la parte de producción de miel.

## **2.6.2 Problema**

En el país la producción de cera de abeja se da de forma artesanal, la misma que al obtener el producto no es de calidad y no posee un buen control en lo que respecta a sus dimensiones (tamaño de la celda, longitud, espesor), existiendo una irregularidad en los alvéolos al no utilizar máquinas laminadoras que me permitan realizar un proceso de mejor calidad superficial en lo que respecta a la fabricación, y la producción de miel.

## **2.7 OBJETIVOS**

### **2.7.1 Objetivo General**

Diseñar el sistema de rodillos gofradores para moldear la cera de abeja.

### **2.7.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información acerca del proceso de laminado de cera de abeja, a través de una investigación bibliográfica, para una adecuada delimitación de la investigación.
- Diseñar un sistema rodillos gofradores mediante un software computacional, para moldear la cera de abeja con los respectivos parámetros mecánicos.
- Verificar los resultados de diseño y comportamiento de la fluidez de la cera a través de los rodillos gofradores con el uso de un sistema CAE.



## 2.8 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Objetivos	Actividades	Resultados de la actividad	Descripción de la actividad
Recopilar información acerca del proceso de laminado de cera de abeja, a través de una investigación bibliográfica, para una adecuada delimitación de la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Indagar en libros y en la web sobre el proceso de moldeado de cera de abeja.</li> <li>-Analizar lo diferentes procesos de moldeado de cera.</li> <li>-Revisión de trabajos precedentes acorde al tema del proyecto.</li> <li>-Visitas a las principales empresas procesadoras de miel y cera de abeja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe acerca de rodillos gofradores que intervienen en el proceso de laminado de cera.</li> <li>-Tablas sobre valores relativos para tamaños de alveolos</li> <li>-Seleccionar la configuración de los sistemas y métodos que conforman la máquina y procesos de laminado de cera de abeja.</li> </ul>	-Investigación documental y de campo.
Diseñar un sistema rodillos gofradores mediante un software computacional para moldear la cera de abeja con los respectivos parámetros mecánicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manejo del software SolidWorks para el diseño de los rodillos.</li> <li>-Obtención de las dimensiones para moldear la cera de abeja.</li> <li>- Efectuar un análisis de deformación, esfuerzos, momentos que se presenten en los rodillos gofradores</li> <li>-Análisis de factibilidad del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar el software apropiado en el diseño de estructura y de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja.</li> <li>-Simulación a través del software computacional.</li> <li>-El alcance productivo en el tamaño de la lámina de cera.</li> <li>-Viabilidad del proyecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigar como dimensionar correctamente un sistema de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja.</li> <li>-Utilización del software Solidwork.</li> <li>- Tabla VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).</li> </ul>
Verificar los resultados de diseño y comportamiento de la fluidez de la cera a través de los rodillos gofradores con el uso de un sistema CAE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Indagación del software computacional para verificar su comportamiento</li> <li>-Realizar la simulación del comportamiento de cera de abeja en un software ANSYS FLUENT.</li> <li>-Análisis del comportamiento del fluido en el proceso de moldeado de cera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Demostración del proceso de moldeado de cera.</li> <li>-Comprobación de su funcionalidad en el software.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Investigación documental.</li> <li>-Cálculo y uso de software ANSYS FLUENT.</li> <li>-Planos y simulaciones.</li> </ul>

### **3 PROCESO DE DISEÑO DE RODILLOS GOFRADORES PARA MOLDEAR LA CERA DE ABEJA.**

#### **3.1 Introducción**

En el presente capítulo se detallará la teoría bibliográfica necesaria para entender los conceptos basados en el proceso de elaboración de cera de abeja, los mismos que se utilizarán en el desarrollo del proyecto, teniendo en consideración que desde ese punto se orientará los siguientes temas de manera clara en cuanto a la propuesta tecnológica.

#### **3.2 ANÁLISIS DE TRABAJOS PRECEDENTES**

##### **3.2.1 Evolución de la fabricación de la cera de abeja**

El siguiente documento indica la manera que fue evolucionando la parte de laminado de cera de abeja, ya que los apicultores intentaron encontrar la forma de ayudar a las abejas con la producción de cera y la miel, pero los resultados fueron insignificantes hasta que en 1844 Deauvoys en donde invento el cuadro móvil completo para cada uno de los panales de la colmena. En 1852, Langstroth patentó en Estados Unidos la colmena de la cual derivarían los otros modelos de colmenas de cuadros modernas.

En 1875, A.I. Root construyó en Estados Unidos la primera máquina estampadora de cilindros metálicos, de la cual derivarían las máquinas actuales [3].

##### **3.2.2 Industrialización de la cera de abeja**

El documento nos indica que la cera de abeja tiene una excelente demanda en el mercado mundial, que existen más de 300 industrias que la usan, las industrias de cosméticos y farmacéuticas son los principales consumidores, representando el 70% del mercado mundial y utilizan cera de primera clase que no puede ser sobre calentada. Considera también que otro de los consumidores más importantes son las industrias del sector apícola. Los apicultores, con el objetivo de facilitar la tarea a las abejas, proveen estas con láminas de cera prensada, fijándolas e introduciéndolas en los cuadros del interior de la colmena [4].

##### **3.2.3 Recolección de la cera de abejas por el apicultor**

En el documento se evidencia cuán importante es la cera estampada para un apicultor, la cual es una lámina con un moldeado de hexaedros para ofrecer una guía en los marcos que se colocan en las alzas melarias, en donde el excedente de cera se funde y se solidifica en bloques que

suelen comercializarse con la industria cosmética y farmacéutica, o para artesanía y otros fines[5].

#### **3.2.4 Lavador y desamador de pescados varios para una fábrica de equipos de procesamientos de alimentos**

Esta investigación fue realizada por José Barreto que en su trabajo plantea el diseño de un equipo lavador y descamador de pescado, el equipo está diseñado consta de varios conjuntos y subconjuntos como lo son el conjunto de la mesa descamadora, conjunto del rodillo descamador, conjunto extremo simple y motriz de la cinta transportadora, subconjunto del protector inferior y superior de los motoredutores, conjunto soporte principal, conjunto cinta transportadora superior, conjunto cinta transportadora del equipo lavador, conjunto cajón del lavado y el Conjunto de tuberías para equipo lavador [6].

Este documento posee la información suficiente para formar las bases del diseño de los rodillos[6].

#### **3.2.5 Diseño de un equipo que permita retirar el opérculo de los cuadros de panales para el proceso de extracción de la miel de abeja**

Esta investigación fue realizada por Aquiles Briceño y Juan Campos Barreto, un diseño que permite retirar el opérculo de cuadros de paneles para el proceso de extracción de miel de abeja [7].

La información recopilada de trabajos previos ha sido relacionados al tema, donde se encuentran orientadas al ámbito productivo, con enfoque en proyectos de industrialización de los procesos, pues, hasta el momento el país no cuenta con un documento específico de información técnica científica sobre maquinaria de rodillos para el laminado de cera de abeja.

### **3.3 Descripción del objeto de estudio**

Este proceso se centraliza en el proceso de moldeo de cera de abeja para lo cual sus diferentes procesos sirven como base conceptual para sustentar y desarrollar el problema. Como priorización al control de sus dimensiones (tamaño de la celda, longitud, espesor), para obtener el análisis, así como, el principio de funcionamiento de los rodillos gofradores para el proceso de moldeo de cera.

#### **3.3.1 Miel**

La Norma INEN 1572, define a la miel es una sustancia dulce natural producida por abejas a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vivas de las plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure.[8]

##### **3.3.1.1 Factor de calidad**

Según, la Norma CODEX STAN 12 está destinado a todas las mieles producidas por las abejas *Apis mellifera*, la misma que no deberá contener ninguna materia, sabor, aroma o mancha objetables que hayan sido absorbidas en materias extrañas durante su procesamiento y almacenamiento.[9]

#### **3.3.2 Panal**

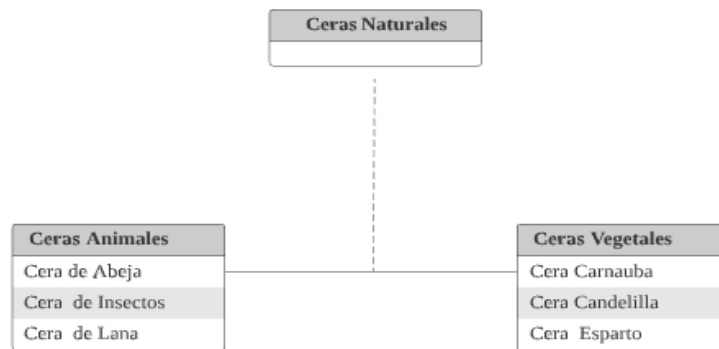
Es una estructura formada por celdillas de cera que comparten paredes en común construida por las abejas obreras para contener sus larvas y acoplar miel y polen dentro de la colmena.[10]

#### **3.3.3 Colmena**

La colmena es el lugar en donde vivirán, se alimentarán y podrán reproducirse, todo el panal están constituida por obreras, la abeja reina y obreras donde podemos encontrar diferentes tipos de colmenas como muestra en el (**Anexo I – Tabla 1**).

#### **3.3.4 Ceras Naturales**

Las ceras naturales se clasifican en cera vegetal o animal, ya que mayoritariamente podemos encontrar ya sea en las plantas o en los mismos animales que producen ceras con composiciones extremadamente complejas. Hay animales que segregan ceras a través de glándulas y las plantas que producen cera en sus tejidos, en pequeñas cantidades.



**Figura 3. 1.** Ceras naturales: Vegetales y Animales

**Fuente:**[11]

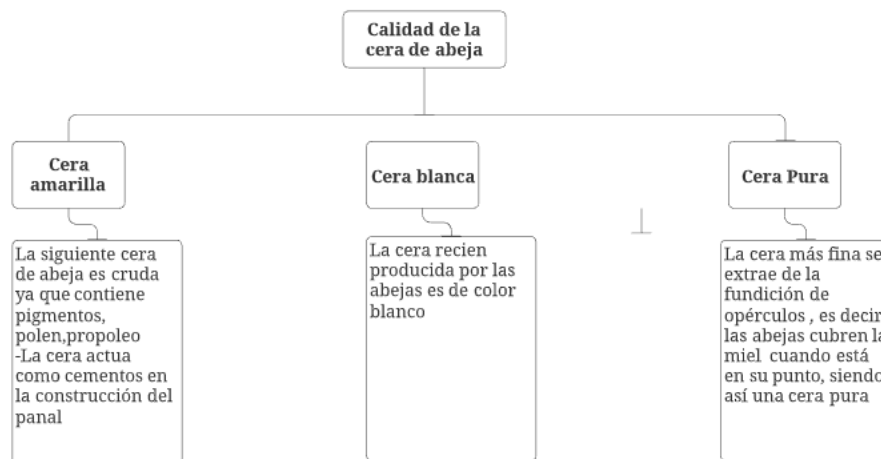
### 3.3.5 Cera de abeja

Cera secretada de glándulas situadas en el abdomen de las abejas, que estas amasan para construir los panales [12].

La abeja doméstica, productora de miel es llamada *Apis mellífera* la misma que realiza un trabajo específicamente dentro de una colmena [11]. La cera de abeja es un producto final de metabolismo de la abeja mellífera ya que es una mezcla de sustancias grasas, ésteres o éteres sales, es decir alcohol combinado con ácido graso, pero ambos de elevado número de átomos de carbono en la cadena.

El panal es construido con un diseño hexagonal regular para aprovechar al máximo la superficie, así en un panal natural se encuentran 825 celdillas por decímetro cuadrado, por otro lado la cera es prefabricado por el apicultor con el fin de proporcionar una resistencia estructural en el panal y sobre todo para ahorrar tiempo a las abejas en la construcción del mismo y que éstas dediquen más tiempo a la producción de miel, se estima que una abeja produce 1 g. de cera por cada 8g. de miel[11].

La calidad de la cera toma su valor a partir de su pureza y color como indica la Fig.3.2.

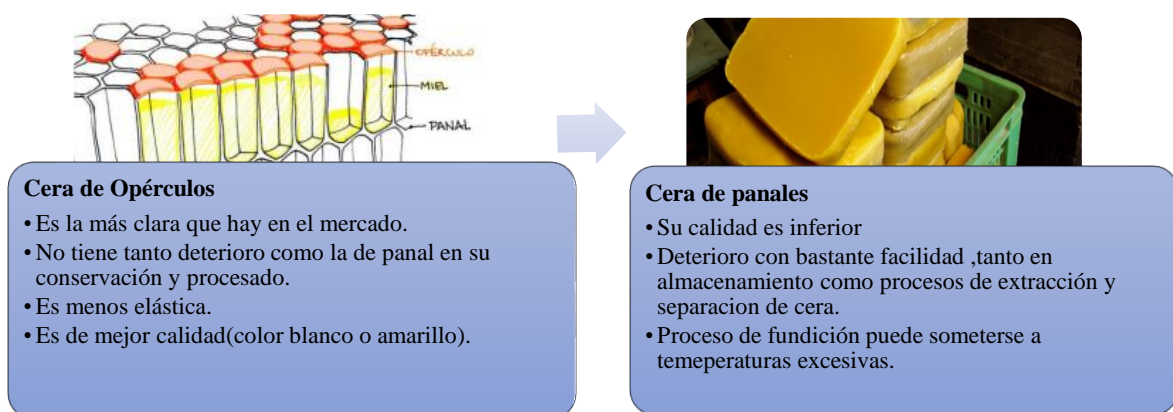


**Figura 3. 2.** Calidad de la cera de abeja

La salud de las abejas forma una parte fundamental para que las colonias se mantengan en un medio de buenas prácticas agrícolas, con énfasis en la prevención de enfermedades en la colmena.

Para un mejor manejo de las colmenas se establece el uso de normativas para la renovación periódica de la cera de abejas, se considera el reglamento de la producción orgánica agropecuaria en el ecuador (acuerdo no. 302)[13]

### 3.3.5.1 Tipos de cera de abeja



**Figura 3. 3.** Tipos de cera de abeja.

### 3.3.5.2 Características Físico-químicas

El establecimiento y determinación de los principales parámetros físicos químicos nos permiten caracterizarla y de esta forma detectar posibles adulteraciones [14].

### ✓ Propiedades físicas

La cera es de olor agradable parecido a la miel y un sabor peculiar. Se derrite a una temperatura variable entre los 61 y 63°C y tiene un peso específico que oscila entre 0.96 y 0.97 g/cm<sup>3</sup>. Considerando su ductilidad, el punto de fusión de la cera de abejas es superior al de las otras sustancias clasificadas como ceras.[15]

**Tabla 3. 1.** Propiedades físicas

Propiedad	Valor
Densidad relativa a 15°C	0,958-0,970 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad a 100°C	20mPa
Punto de fusión	Rango de 61-66°C
Punto de solidificación	62-83°C
Punto de ebullición	Superior a los 430°C
Punto de inflamación	Superior a los 180°C
Insoluble	Agua
Conductividad térmica	0.25W/mK
Calor específico	0.82Kcal/Kg°C
Plasticidad	Alrededor de 32°C
Constante dieléctrica	2,4

Fuente:[16]

A continuación, la siguiente tabla indica los valores medios y rangos de los parámetros físicos medidos en cera de abejas blancas, amarillas y puras [4].

**Tabla 3. 2.** Rango de densidades para la cera de abeja.

Parámetros	Cera blanca		Cera amarilla		Cera pura	
	Media	Rango	Media	Rango	Valores comunes	Datos propios
Densidad[g/mL]	0,936	0,920-0,947	0,934	0,921-0,957	0,96	0,920-0,957

Fuente:[4]

### ✓ Propiedades químicas

La cera de abeja está compuesta por una mezcla principalmente de ésteres e hidrocarburos de cadena larga, con una gran resistencia al agua de color amarillo que se intensifica con el contacto con las abejas, polen, miel y el propóleo[16]. Ver en el (Anexo I – Figura 1).

### 3.3.5.3 Propiedades eléctricas de la cera de abeja

La cera de abeja es un material polimérico, en su mayoría, excepcionales aislantes desde el punto de vista eléctrico. Las tablas de las propiedades físicas se presentan en el (Anexo I-Figura 2 y 3), respectivamente [17].

### 3.3.6 Proceso productivo

Se detalla el aprovechamiento de la cera tanto productivo, industrial.



Figura 3. 4. Proceso productivo de la cera de abeja.

### 3.4 Tipos de estampadora de cera de abeja

Los principales tipos de estampado son de forma manual, automáticas y semiautomáticas

#### 3.4.1 Estampado manual

Para iniciar con el proceso de estampado manual se requiere de la materia prima como es la cera, la máquina de base manual moldea la cera de abeja a partir del siguiente proceso.

1. En la figura 3.5. representa la cera de abeja en estado sólido la misma que se debe convertir en estado líquido a 63-65°C este proceso se lo realiza para limpiar la cera y posteriormente reutilizada.



Figura 3. 5. Almacenamiento de la cera

Fuente: [4]



2. Una vez obtenida la cera líquida se introduce una superficie lisa en el recipiente el cual nos permitirá solidificar a la cera para obtener láminas planas, teniendo en cuenta que se debe sumergir de dos a tres veces para obtener un espesor aproximado, la misma se despegará del molde y mantener las mismas en el agua a una temperatura de 35°C.[18].



**Figura 3. 6.** Lamina de cera

**Fuente:** [4]

- 2.1. La siguiente máquina manual se puede hacer uso para realizar una lámina lisa

Este equipo permite procesar la propia cera para transformarla en hojas nuevas de cera estampada. La planta se compone de un rodillo liso y uno para estampar. La siguiente máquina realiza el proceso en un solo trabajo en donde se recicla la cera de abeja para ser procesada.[19]



**Figura 3. 7.** Rodillo para Estampar / Rodillo Liso (Prelaminadora)

**Fuente:** [20]

3. Hacer uso de una máquina de rodillos manuales



**Figura 3. 8.** Máquina de grabado

**Fuente:** [21]

### 3.1. Detalles técnicos y geométricos de los rodillos moldeadores de cera de abeja

En el proceso detallado anteriormente se apreció que la maquina es importante en la producción de cera, mismo que cumplen con sus dimensiones estándar.

La tabla 3.3 nos muestra los tamaños de máquinas de laminado.

**Tabla 3. 3.** Tamaño de rodillos

N°	Largo de los rodillos (mm)	Diámetro de los rodillos	Peso neto(kg)	Aprox. Brutokg	Medidas aprox. Del cajón en cm. Largo x ancho x alto
I	270	85	55	70	65-38-39
II	320	85	60	75	70-38-39
III	360	85	67	80	75-38-39
IV	450	85	80	100	85-38-39
IVa	480	85	84	105	90-38-39
V	550	85	98	118	95-38-39

**Fuente:** [3]

4. Los mismos que están compuestos por una estructura principal, por una manilla para su accionamiento y rodillos de plomo, es importante el uso de agua jabonosa, con la finalidad que al momento de ser introducida en los mismos esta no tienda a presentarse una ruptura y se posteriormente realice el estampado correspondiente.



**Figura 3. 9.** Estampadora de cera

**Fuente:**[22]

5. Finalmente, obtenemos las láminas de cera estampadas, las cuales llevan el grabado por lado y lado de la lámina permitiendo que de esta forma se cuente con la base para la fundación de la nueva colmena, ya que sobre estas laminas la abeja obrera construirá las celdillas, que posteriormente servirán para depositar la miel y las crías.



**Figura 3. 10.** Lámina de cera estampada

**Fuente:** [23]

### 5.1.1.1. Alternativas de moldeado

A partir de los rodillos, se ensamblan las máquinas estampadoras de cera, por medio de las cuales se obtienen las láminas estampadas, lo que permite al apicultor armar las colmenas tipo Langstroth, Dadant, Layens, Oksman.



**Figura 3. 11.** Tipos de estampadoras

**Fuente:**[24]

### 5.1.2. Estampado automático

A continuación, se detalla el proceso de laminado de cera de abeja, tanto de una máquina automática como semiautomática.

**Tabla 3. 4.** Funcionamiento maquina automática

La siguiente máquina realiza el proceso en un solo trabajo en donde se recicla la cera de abeja para ser procesada.

- ✓ La cera limpia de impurezas es fundida
- ✓ Se deja caer chorros de cera fundida para ser llevada a los rodillos grabado, los mismos que giran en direcciones contrarias

Están refrigerados por un chorro de agua jabonosa, que favorece el desprendimiento de la cera después. Se forma así un lienzo de cera estampada de grosor graduable (separando más o menos los rodillos) y que es arrastrada hacia una mesa de corte, en la que se colocan las cuchillas de manera que salgan láminas del tamaño prefijado. Este mecanismo de fabricación da láminas más rígidas, que se rompen fácilmente en frío.[4]



**Figura 3. 12.** Máquina de panales de cera completamente automática

**Fuente:** [20]

**Tabla 3. 5.** Funcionamiento máquina semiautomática.

La cera fundida forma primero un rodillo liso, que después se pasa a la máquina impresora de los hexágonos y a la mesa de corte. Esta cera es más flexible que la anterior, aguantando golpes sin romperse cuando hace frío.[4]



**Figura 3. 13.** Máquina de panales de cera semi-automática

**Fuente:** [20]

### 3.5 Cera estampada

La cera estampada son láminas de 2 o 3 milímetros de espesor, misma que necesita de maquinaria especializada para imprimir la forma de hexágonos, a partir de los cuales la abeja construirá las celdas que utilizará para cría o para depósito de miel y polen.

Existe maquinaria específica donde primero se funde la cera, en forma de lámina continua, la cual es estampada posteriormente por el paso entre rodillos que le imprimen las celdas. Esta misma maquinaria existe para ser utilizada en forma manual o automatizada cuando el proceso se torna industrial.[10]

#### 3.5.1 Geometría de los alvéolos

##### Detalle del alveolo

- ✓ Forma: pirámide de tres techos de base hexagonal[3]



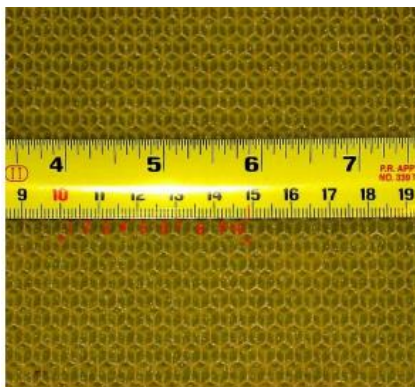
**Figura 3. 14.** Alvéolos

**Fuente:** [3]

#### 3.5.2 Tamaños de los alvéolos

Un compartimiento hexagonal de cera, la unidad básica de un panal. Cada abeja melífera se desarrolla en un alvéolo. La miel y el polen son almacenados en sus alvéolos.[25]

Las Apis Mellifera hacen unos panales de 4.7 a 4.9 milímetros de diámetro por celda y aproximadamente 0.25 mm y las Apis Mellifera europeas hacen sus panales entre 5 a 6 milímetros. Hay aproximadamente alrededor de 750 a 950 celdas/dm<sup>2</sup> para el tipo de colmena Dadant, para el tipo Langstroth 1050 celdas/dm<sup>2</sup>. Una colmena Langstroth puede contener de 1.8 a 3.8 kg de miel, la cera necesaria para producir 7100 celdas solamente es de 100 g. Entonces para un kilogramo de cera se tiene 71000 celdas y 1 billón de celdas para la construcción de 2.5 m<sup>2</sup> [10].

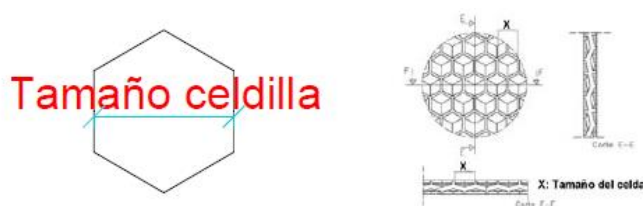


**Figura 3. 15.** Medida de la celda de cera de abeja

**Fuente:**[10]

Las láminas de cera para nuestras colmenas o bien las maquinas estampadoras o laminadoras de rodillos nos dan el tamaño de celdilla o alvéolos. Otras veces nos dan la densidad de alvéolos por decímetro cuadrado. En función de tamaño de la celdilla podemos saber la densidad de alvéolos en un  $dm^2$  por medio de una sencilla fórmula matemática, ver (**Anexo I – Figura 4**).

[26].

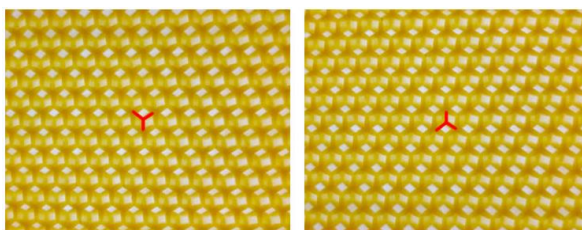


**Figura 3. 16.** Tamaño de celda

**Fuente:**[26]

Además, existen diversos tipos de celdillas para la elaboración de cera de abeja, como se observa en el (**Anexo I – Figura 5**).

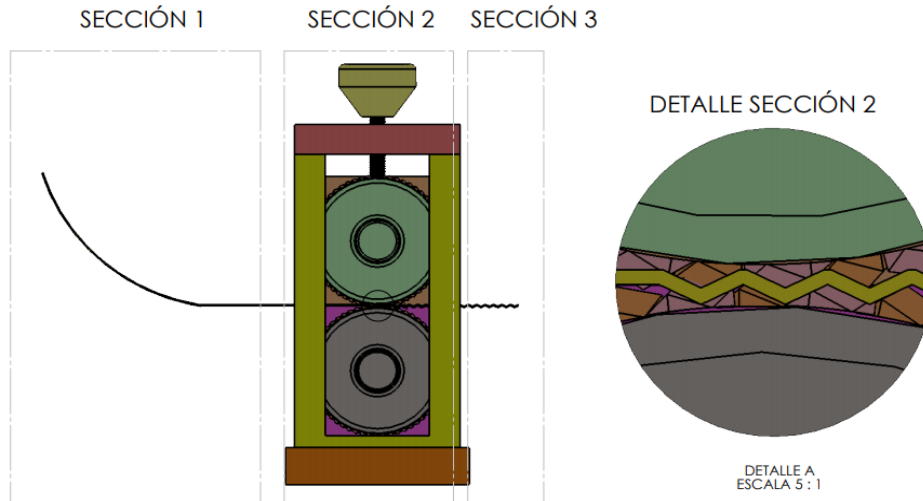
La construcción de las celdillas es simultánea en las dos caras del panel, por un lado, forma una << Y >> mientras si se gira el panel al otro lado se puede ver una << Y >> invertida como muestra la fig. 3.17



**Figura 3. 17.** Lados del panel de cera

### 3.5.3 Proceso de moldeado de cera de abeja

El moldeado de cera es el proceso en el cual tiende a pasar por rodillos que estampan hexágonos en láminas, mismos que cumplen con las siguientes variables para la fabricación de las mismas, como se muestra en la Figura 3.18.



**Figura 3. 18.** Proceso de moldeado

**Tabla 3. 6.** Proceso de moldeado de la lámina de cera

Variables del moldeado de cera		
Sección 1	Sección 2	Sección 3
Velocidad de entrada	Moldeado de cera	Velocidad de salida
Temperatura de entrada	Compensación en la altura	Temperatura de salida
	Fuerza de laminado	Tiempo

### 3.6 Rodillo gofrador o Grafilador

Un rodillo de gofrado puede tener dimensiones muy pequeñas, también puede alcanzar dimensiones significativas y pesar hasta 25 toneladas[27]

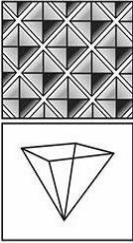
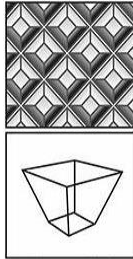
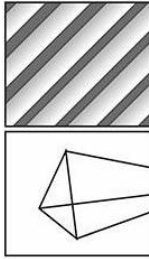
Los materiales utilizados para la fabricación de rodillos deben ser resistentes mecánicamente y resistentes al desgaste[28]

#### 3.6.1 Diferentes tipos de grabado

El método mecánico consiste en grabar las celdillas con una moleta de acero en un torno especial, esto garantiza que los alveolos tengan dimensiones controlables, repetibles y con un diseño que permita la remoción total del material que deposita y elimina la unión que resulta en la incisión química.[29]

Los siguientes tipos de grabado tienen estas características:

**Tabla 3. 7.** Tipos de grabado

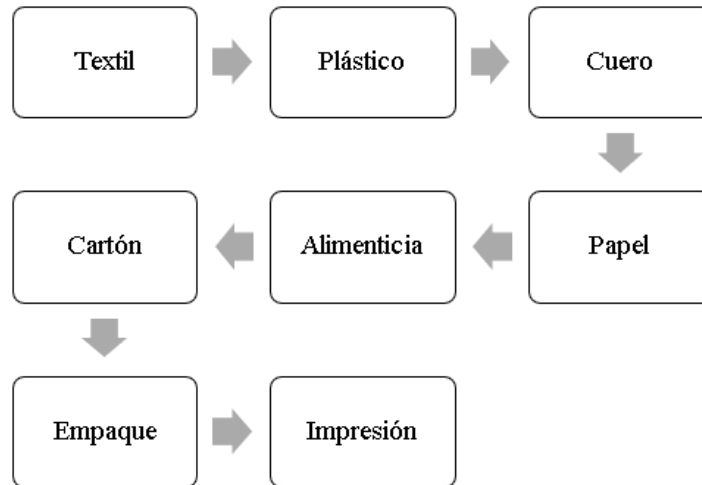
 <p><b>Figura 3. 19.</b> Piramidal</p> <p><b>Fuente:</b> [29]</p>	 <p><b>Figura 3. 20.</b> Piramidal Truncada</p> <p><b>Fuente:</b> [29]</p>	 <p><b>Figura 3. 21.</b> Piramidal Truncada</p> <p><b>Fuente:</b> [29]</p>
<p><b>Piramidal</b></p> <p>Este grabado es el que se utiliza en las rotativas flexográficas que usan un rodillo de caucho para retirar el exceso de tinta de las celdas, de allí es tomado por los clichés y éstos lo aplican a la banda de material que se está imprimiendo [29].</p>	<p><b>Piramidal Truncada</b></p> <p>Este es el grabado más común en las cabezas recubridoras por rotograbado, su hueco tiene la forma de una pirámide invertida con el tronco cortado que facilita la transferencia del material a la banda por recubrir. Versatilidad, el uso de esta celda ha crecido con el empleo del rodillo raspador y los sistemas de cuchillas dosificadoras [29].</p>	<p><b>Trihelicoidal</b></p> <p>Este grabado, no tiene celdas propiamente dichas sino ranuras que recorren la superficie del rodillo en forma helicoidal. Se utiliza para depósitos pesados de materiales coloreados. La celda Trihelicoidal es una línea ininterrumpida inscrita en un ángulo recto de 45 grados con respecto al eje del rodillo, principalmente usado en aplicaciones de recubrimientos de fluidos viscosos [29].</p>

### 3.6.1.1 Rodillos en la parte Industrial

Los rodillos industriales representan el corazón de muchas máquinas, y son vitales para la calidad de los productos fabricados. De esta forma, y a pesar de que muchas de estas compañías son subsidiarias de sofisticadas y bien establecidas empresas, la distancia en que se encuentran de los Fabricantes Originales (OEM) puede colocarlos en serias desventajas en lo que se refiere al reemplazo o reparación de los rodillos.[30]

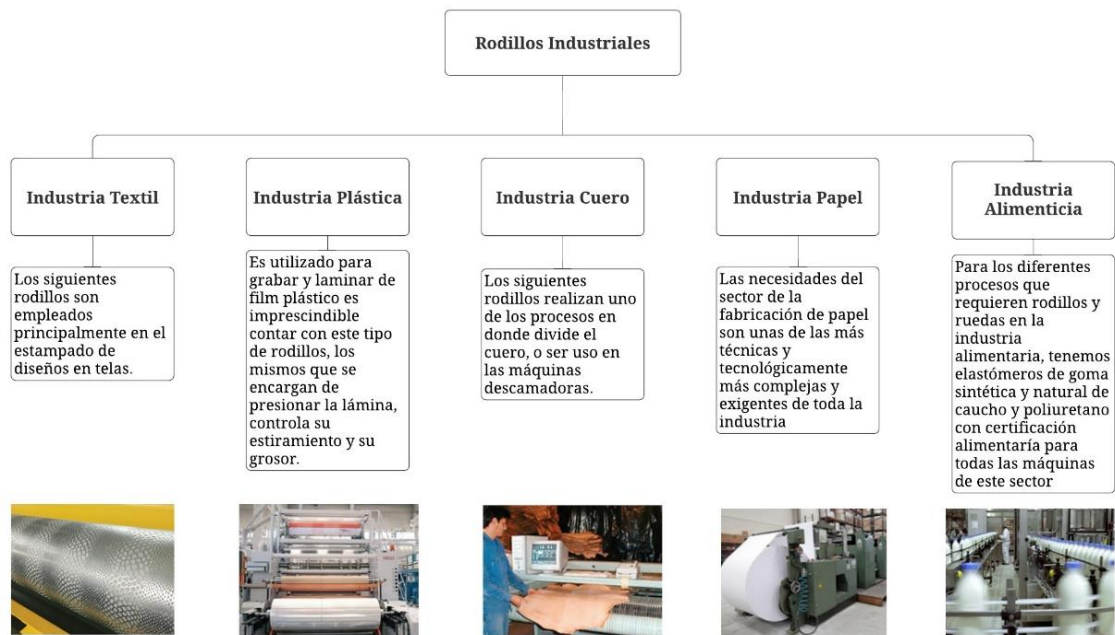
En la figura 3.22 se observa que los rodillos poseen diferentes formas que son empleadas en varias industrias.





**Figura 3. 22.** Rodillos en la parte industrial.

**Fuente:** [29]



**Figura 3. 23.** Rodillos en la parte industrial

**Fuente:** [29], [31], [32]

### 3.7 Proceso de laminado

Hoy en día, la laminación es el medio más económico para reducir la sección transversal de un material, y tiene por esto un gran campo de aplicaciones tanto en frío como en caliente. Algunas de sus características y limitaciones son:[33]

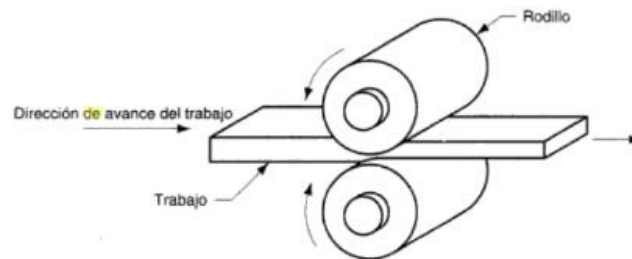
Laminación en frío	Laminación en caliente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen acabado superficial</li> <li>• Buen control dimensional</li> <li>• Bajo porcentaje de reducción posible. Se hace necesario un recocido para aliviar tensiones por deformación plástica en frío (acritud)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de altos porcentajes de reducción</li> <li>• Deficiente acabado superficial</li> <li>• Limitado control dimensional</li> <li>• Menores cargas de deformación</li> </ul>

**Figura 3. 24.** Proceso de laminado (frío y caliente)

**Fuente:** [33]

### 3.7.1 Laminado

El laminado es un proceso de deformación volumétrica en el que se reduce el espesor inicial del material trabajado, mediante las fuerzas de compresión que ejercen dos rodillos sobre la pieza/material de trabajo [34].

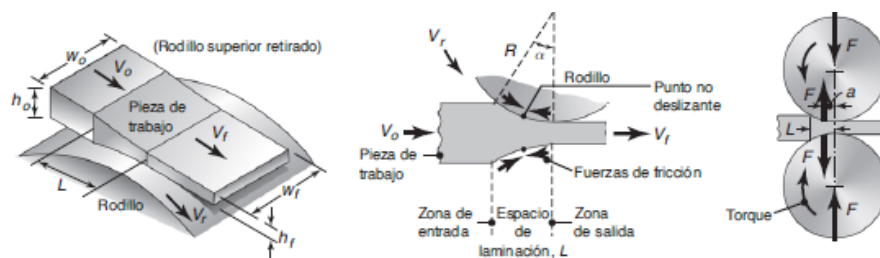


**Figura 3. 25.** Proceso de laminación

**Fuente:** [34]

### 3.7.2 Principio de laminación

Su principio es deformar una masa metálica mismos que pasan entre dos rodillos superpuestos, que giran en sentido inverso, puede hacerse de forma caliente o frío.



**Figura 3. 26.** Esquema del proceso de laminado

**Fuente:** [35]

Los rodillos aplican presión sobre la cinta plana para reducir su espesor, lo que produce una fuerza de laminado ( $F$ ) como se muestra en la Fig 3.26 [35].

### 3.7.3 Deformación en la laminación

Las deformaciones existentes en la laminación por medio de cilindros son:

Recalcado a la entrada	Laminación en caliente
<ul style="list-style-type: none"> <li>Las fuerzas normales y de reacción de los cilindros producen en este una especie de recalcado, que se traduce en un aumento de la sección de la pieza inmediatamente detrás de la sección de contacto con los cilindros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La deformación máxima tiene lugar en el plano que pasa por los ejes de los dos cilindros.</li> <li>Dilatación a la salida: al salir el material de los cilindros y cesar sobre la presión que estos ejercían, aumenta su espesor debido a la elasticidad del material.</li> </ul>

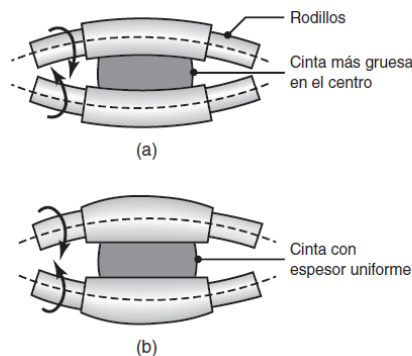
**Figura 3. 27.** Deformaciones producidas en la laminación

**Fuente:** [33]

#### 3.7.3.1 Consideraciones geométricas

Los rodillos tienden a sufrir varios cambios al momento de realizar la laminación esto debido a las fuerzas que actúan sobre ellos.

Sucede con una viga recta que se flexiona con carga transversal, las fuerzas de laminado tienden a doblar los rodillos elásticamente durante la laminación como indica en la figura 3.28, como era de esperarse, cuanto mayor sea el módulo elástico del material del rodillo, menor será su deflexión.



**Figura 3. 28.** Doblado de los rodillos

**Fuente:** [35]

### 3.7.3.2 Arreglos de laminadores

La unidad básica a través de la cual se realiza el proceso se denomina caja de laminación. Está constituida por el bastidor, chumaceras, medios de accionamiento y sistemas de ajuste de la apertura de los rodillos, así como de otros elementos auxiliares tales como las guías de entrada y salida. Estos arreglos se designan o clasifican de acuerdo con el número y disposición de los rodillos, se tiene entonces:[33]

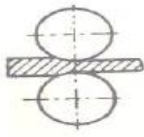
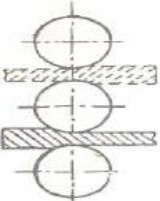
Disposición de los cilindros	Nombre de la caja	Empleo
<p>FIG. 1</p> 	Dúo	<p>a) Laminadores reversibles para laminar perfiles grandes (blooms), vigas y carriles y chapas gruesas.</p> <p>b) Trenes de gran producción para laminar semiproductos y secciones.</p> <p>c) Laminadores de bandas (método antiguo).</p> <p>d) Laminadores de reducción en frío para bandas estrechas y anchas.</p>
<p>FIG. 2</p> 	Trío	<p>a) Para laminar vigas, carriles, semiproductos, lingotes, y otras formas.</p> <p>b) Para laminar perfiles en pequeños tonelajes.</p>

Figura 3. 29. Arreglos de laminadores

Fuente:[3]

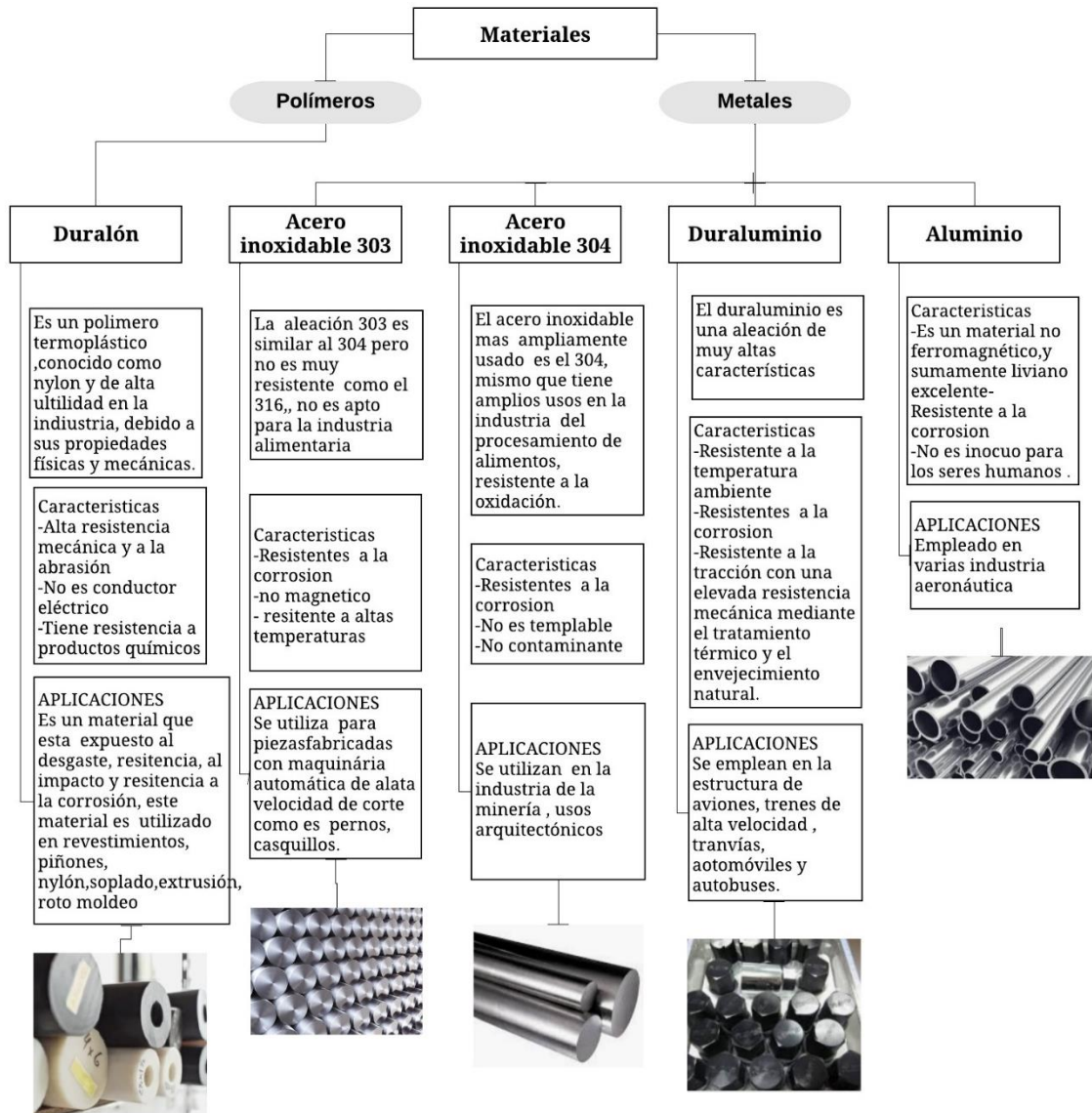
### 3.8 Materiales recomendados para procesamiento de alimentos

Materiales recomendados para procesamiento de alimentos donde es importante la inocuidad se refiere la existencia de peligros asociados a los alimentos en el momento de su consumo (ingestión por los consumidores)[36].

#### 3.8.1 Materiales para Rodillos gofradores o grafiladores

La elección del material es muy importante debido a que este se lo debe seleccionar de acuerdo a la aplicación, funcionalidad y utilidad, estos son los siguientes, duralón, inoxidable 303-304,

duraluminio, aluminio. A continuación, podemos establecer las principales propiedades de los



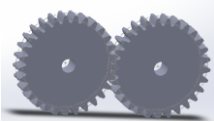


materiales seleccionados en el (Anexo I – Tablas 2, 3, 4, 5).

**Figura 3. 30.** Características de los materiales




### 3.9 Sistemas de transmisión de movimiento de los Rodillos gofradores

Por lo generar en la transmisión de rodillos gofradores se emplean mecanismo de engranajes y poleas debido a que estos producen un torque elevado y son rígidos, existen de varios tipos los cuales son rectos, cónicos, helicoidales, mientras que las poleas son dentadas, tipo V y Catalinas o sprockets.

**Tabla 3. 8.** Sistema de transmisión de engranes

<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>		
<b>Tipo de polea</b>	<b>Características Descripción</b>	<b>Gráfico</b>
<b>Engranes rectos</b>	-Los engranes cilíndricos rectos son de tipo simple y corriente -Utilizados para pequeñas y medianas velocidades.	 <b>Figura 3. 31.</b> Engranes rectos
<b>Engranes de dientes helicoidales</b>	Se caracterizan por que los dientes se generan sobre una hélice o helicoide del cilindro base, en vez de estar sobre una generatriz y ser rectos [37]	 <b>Figura 3. 32.</b> Engranes helicoidales
<b>Engranes cónicos dientes rectos</b>	El engrane cónico permite transmitir movimiento en ejes perpendiculares, mismos que son utilizados para diferentes aplicaciones, podemos encontrar con dientes rectos, son fáciles tanto para su diseñar como fabricarlos, su relación de velocidad es constante y estable, no produce empuje axial y la desventaja que son ruidosos, producen vibraciones [38]	 <b>Figura 3. 33.</b> Engranes cónicos

**Tabla 3. 9.** Sistemas de transmisión con bandas y cadenas

<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>		
<b>Tipo de polea</b>	<b>Características Descripción</b>	<b>Gráfico</b>
<b>Poleas dentadas</b>	Mantienen las mismas propiedades que los engranajes, es decir, que evitan el patinamiento y mantienen una exactitud en la relación de transmisión. Las poleas dentadas garantizan una relación de transmisión constante al disminuir el riesgo de deslizamiento sobre la polea. [38]	 <b>Figura 3. 34.</b> Poleas dentadas
<b>Poleas tipo V</b>	Utilizadas para la transmisión de potencia en maquinaria Industrial. Buena eficiencia mecánica, su operación es silenciosa y suave[38]	 <b>Figura 3. 35.</b> Polea tipo V
<b>Catalinas o sprockets</b>	Tiene la capacidad de transmitir, potencias mayores empleando cadenas de múltiples hileras empleado para producir fuerza elevadas. [38]	 <b>Figura 3. 36.</b> Catalina o sprockets

### 3.10 Materiales para sistema de transmisión

En la figura 3.34 se indica las características de diversos materiales empleados en la construcción de sistemas de transmisión.



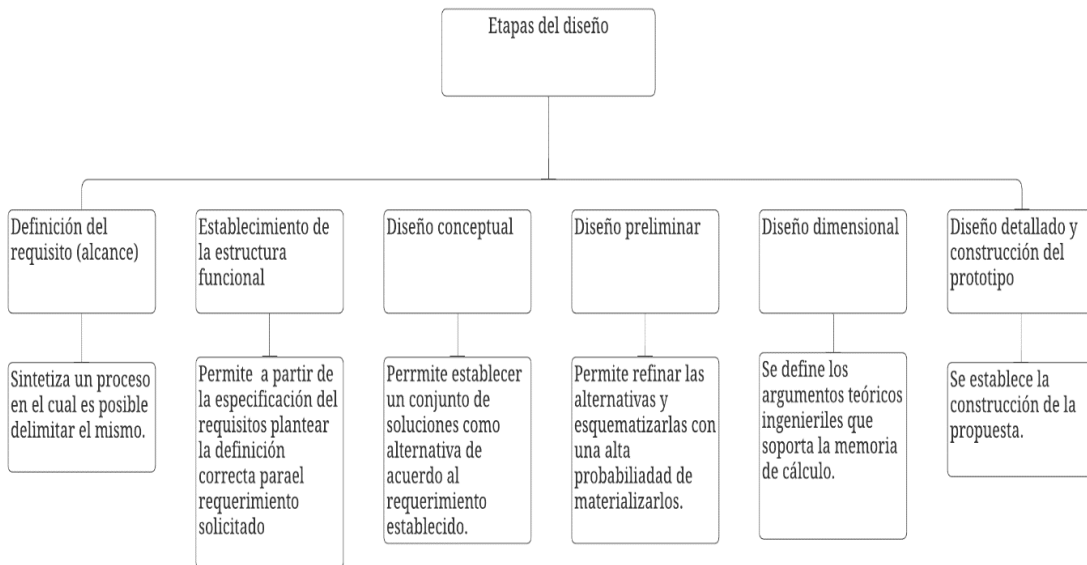
Figura 3. 37. Materiales para el Sistema de Transmisión

### 3.11 Diseño

En la actualidad el diseño es muy importante ya que nos permite realizar la modelación, análisis ingenieril mediante herramientas computacionales como son CAD – CAM – CAE (Computer Aided Design, Computer Aided Machine, Computer Aided Engineering), por medio de ellos existen ventajas como la interactividad y facilidad de crear nuevos diseños, manufacturar piezas o componentes y realizar un análisis completamente de procesos mecánicos o de máquinas en sí. Esto nos permite realizar un estudio anticipado de los mismos para diagnosticar su viabilidad.

#### 3.11.1 Etapas del diseño

Las etapas del diseño hacen como referencia a un trayecto que debe seguir el diseñador pues cumple un rol muy importante en el primer filtro en la creación de la idea, pueden proponer, seleccionar la mejor opción da solución a un problema o necesidad, toma decisiones dentro del proceso del diseño. A continuación, se muestra las Etapas de Diseño [39].

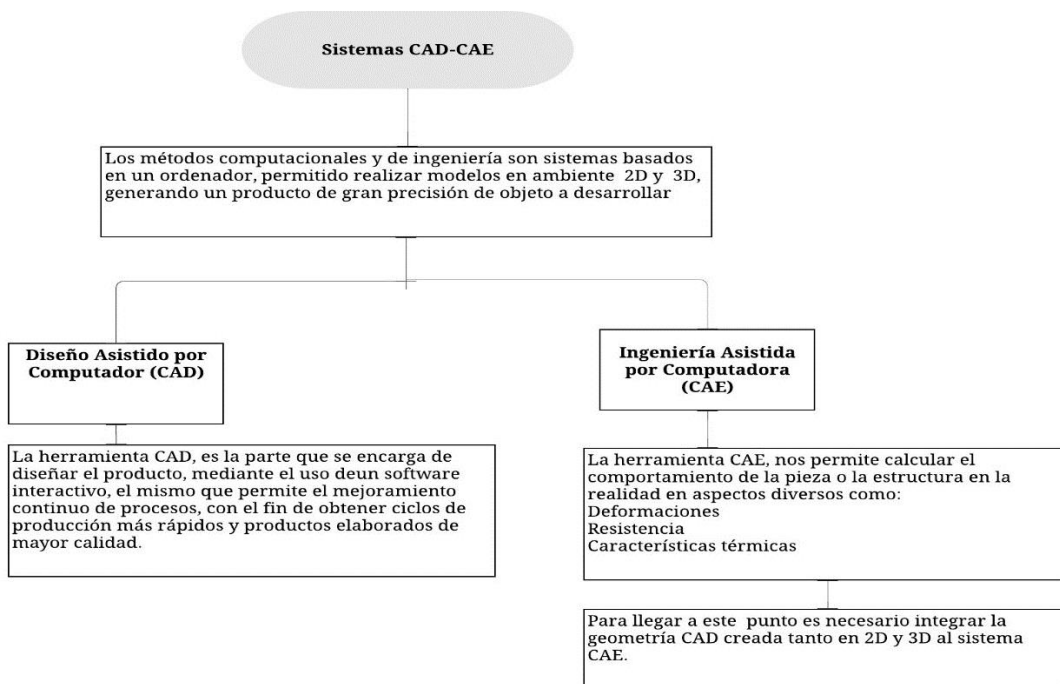


**Figura 3. 38.** Etapas del diseño

**Fuente:**[39]

### 3.12 Sistemas CAD/CAE

Dentro del conjunto de herramientas para el análisis y diseño, la simulación juega un papel fundamental en el área de procesos mecánicos o de máquinas en sí, mejorando la calidad de los productos y proyectos.



**Figura 3. 39.** Análisis de Sistemas CAD/CAE



### **3.12.1 Análisis de elementos finitos (MEF).**

Normalmente, las herramientas CAE trabajan con el Método de Elementos Finitos, un potente método de cálculo de ayuda al diseño, pero que en ningún caso sustituye al conocimiento del funcionamiento de la pieza o sistema que se está diseñando[40].

Centrándose en procesos de manufactura se utiliza el método de elementos finitos para desarrollar el análisis de una estructura o modelado, mismo que se emplea la técnica de mallado de elementos sencillos para representar la pieza. El sistema utiliza dicha representación para determinar características impuestas por determinadas condiciones de trabajo, por ejemplo, esfuerzos y deformaciones, con el fin de predecir su funcionamiento en el producto final[39]

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Introducción

El presente capítulo, se consideró un enfoque cuantitativo para determinar e identificar los requisitos de laminadoras para formar alvéolos en la lámina de cera de abeja, y cualitativa mediante el desarrollo de ecuaciones, misma que será posible desarrollar diversas etapas del diseño.

La información necesaria e indispensable para la realización del diseño provino principalmente de fuentes primarias y secundarias, realizando posteriormente el análisis de las mismas. Las fuentes primarias fueron proporcionadas por empresas dedicadas a la apicultura. Las fuentes secundarias nos proporcionaron información de suma importancia, que fue recolectada en fuentes como libros, tesis, documentales, artículos, internet, etc.

### 4.2 Definición de requisitos (alcance)

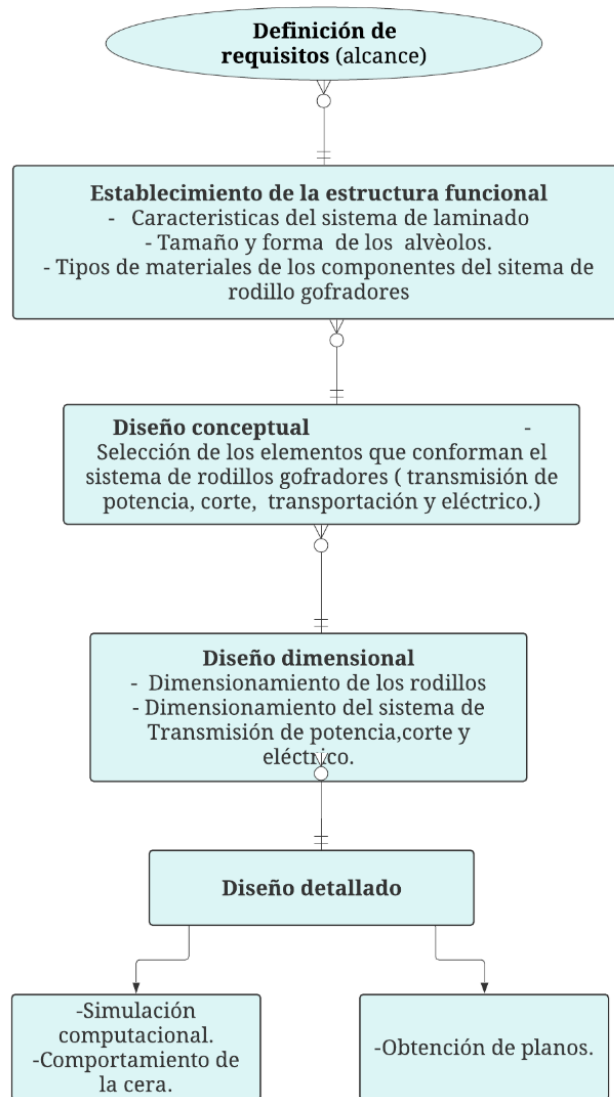
Establecer las variables de entrada y de salida, para determinar el análisis estático y dinámico de una máquina laminadora de cera de abeja. Además, se analizará el comportamiento de la misma, como se indica en la tabla 4.1.

**Tabla 4. 1.** Variables de entrada y salida de proceso de laminado

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS (LAMINADORA DE CERA)</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	<b>UNIDADES</b>
Capacidad en el ancho de moldeado	<i>mm</i>
Velocidad de entrada del motriz	<i>RPM</i>
Calibración de espesor	<i>mm</i>
Peso del sistema de gofrado	<i>kg</i>
Densidad de la cera	$\frac{gr}{mm^3}$
Peso de la cera	<i>gr</i>
Tipo de materiales de la laminadora	

#### 4.2.1 Metodología cualitativa y cuantitativa

En la presente metodología, se utilizará principalmente métodos cualitativos y cuantitativos inmersos en el presente proceso de moldeo de cera de abeja que se detalla a continuación, en la siguiente figura.



**Figura 4. 1.** Metodología cualitativa y cuantitativa

**Fuente:** Propia

#### **4.2.1.1 Metodología cualitativa**

Mediante ecuaciones será posible desarrollar diversas etapas que conforman el sistema de rodillos gofradores. Para una mayor facilidad se plantea el uso de tablas, que permitirá una valoración numérica, mediante la cual se analizan sus características para si respectiva selección.

#### **4.2.1.2 Metodología cuantitativa.**

Permite identificar cualidades y atributos que identifican los requisitos de laminadoras de cera de abeja, para formar alvéolos en las mismas, a través de este método se definirán las características.

### **4.3 Estructura funcional del sistema de rodillos gofradores**

El sistema de rodillos poseerá la forma de los alveolos que necesitan las abejas para realizar sus distintos trabajos, como por ejemplo la elaboración de miel, recolección de polen, crías de obreros, zánganos, etc.

#### **4.3.1 Selección del tipo de alvéolos**

Las celdillas o alvéolos son empleadas y formadas por las abejas especialmente para la fabricación de miel, por lo que la más empleada es la de forma vertical por el motivo de que conserva mejor la temperatura interna a un valor de 40 grados centígrados, seguida de la horizontal por su resistente a fisuras, sin olvidar que la inclinada y de roseta por lo general no se utilizan, se la observa en el (**Anexo I – Figura 5**).

#### **4.3.2 Dimensionamiento de la lámina y alvéolos**

Mediante el uso de la metodología de campo y experimental, se las aplicó en la empresa apícola “JA BEE MIEL”, para determinar el tamaño de la lámina y el alvéolo que existe en la localidad de Cotopaxi, se utilizó un calibrador digital pie de rey para medir su distancia, y una balanza digital para su peso, como se indica en la figura 4.2.



a)



b)



c)

**Figura 4. 2.** a) Lámina Langstroth b) Lámina tejida por las abejas c) Peso de una lámina estándar

#### 4.3.2.1 Cálculo del espesor de la cera de abeja

Se procede a calcular el espesor de la cera aplicando las ecuaciones del (Anexo II – Tabla 1).

**Ecuación 4. 1.** Cálculo del espesor de la cera

$$\rho = \frac{m}{A \cdot e} \quad (4.1)$$

Dónde:

$\rho$ : densidad; ( $g/mm^3$ )

$m$ : masa; ( $g$ )

$A$ : Areas; ( $mm^2$ )

$e$ : espesor; ( $mm$ )

#### 4.3.2.2 Cálculo para determinar el área de la celdilla

Para calcular el área de la celdilla se empleará la siguiente ecuación.

**Ecuación 4. 2.** Cálculo del área de la celdilla de la lámina de cera

$$A = \frac{(3x (\text{Tamaño celdilla})^2)}{(4x \cos 30^\circ)} \quad (4.2)$$

Dónde:

*A*: Área de un hexagono; ( $mm^2$ )

#### 4.3.2.3 Cálculo para analizar el comportamiento de la cera moldeada

Para el análisis del comportamiento de la cera como fluido se aplicará la ecuación de Bernoulli, como se establece a continuación, en el (**Anexo II – Tabla 2**).

**Ecuación 4.3.** Cálculo para el comportamiento de la cera en los rodillos

$$P_1 + \frac{1}{2} \delta v_1^2 + \delta gh_1 = P_2 + \frac{1}{2} \delta v_2^2 + \delta gh_2 \quad (4.3)$$

Dónde:

*P*: presión; ( $Pa$ )

*v*: velocidad; ( $m/s$ )

$\rho$ : densidad; ( $g/mm^3$ )

*h*: altura; ( $mm$ )

#### 4.3.3 Características de la miel de abeja

La miel de abeja tiene muchos beneficios para la salud, tales como antiséptica, edulcorante tonificante, calmante, laxante. Además, posee propiedades curativas y es un excelente energizante, por lo que es un producto natural consumible por el ser humano.

Sin embargo, como lo mencionado en la entrevista realizada a la apícola “JA BEE MIEL”, por cada lámina de 2775 alveolos de 5,4mm se produce 1 litro de miel. Puesto que el uso adecuado de la cera estampada tiene muchas ventajas, facilitando el retiro de la miel de las alzas, ahorrando por lo menos la mitad de la miel y una gran parte del trabajo de las abejas en la construcción de los panales.

#### 4.3.4 Materiales recomendados para uso alimenticio

Debido a que la miel es un producto de consumo para las personas, se analizarán materiales que en sus características sean inocuos, resistentes a la corrosión, no tóxicos, y de fácil limpieza, los mismos se los mencionó en la Figura 3.32.

Además, deberá ser de un material capaz de no causar daño alguno a las personas que consuman el producto. Puesto que van a estar en contacto directo con el alimento cumpliendo con las normas ISO 22000 correspondiente al Sistema de Gestión de Inocuidad de los Alimentos. [36]

#### 4.4 Diseño conceptual

Se utilizará una tabla de valoración cuantitativa para definir parámetros de ingeniería que deberá poseer la laminadora de cera de abeja, al momento de realizar su correspondiente diseño y material, para lo cual se seleccionará la mejor alternativa de diseño, como se observa en el (Anexo II – Tabla 3).

##### 4.4.1 Bosquejo para el estampado de cera de abeja

La figura 4.3, indica los sistemas que conforman para realizar el estampado de cera de abeja, los cuales son, rodillos gofradores, estructura, sistemas de transmisión y corte.

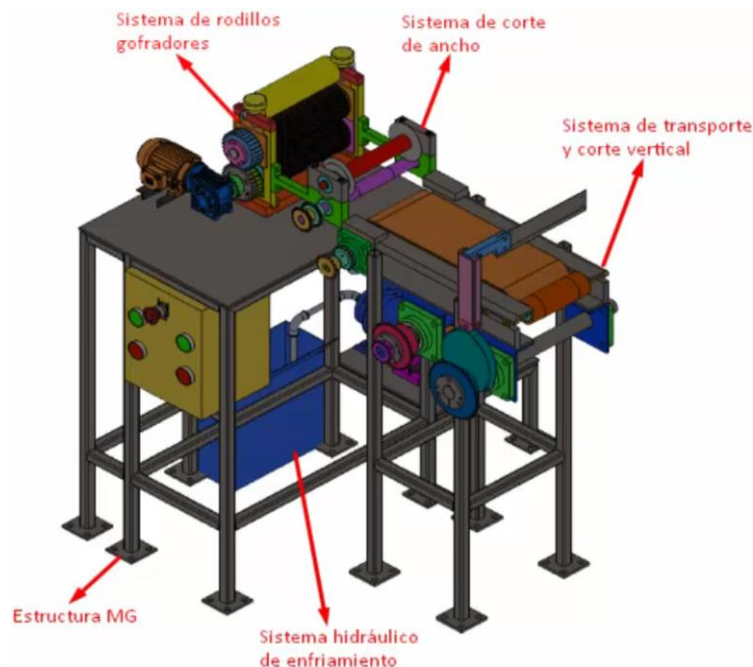


Figura 4. 3. Sistema de rodillos gofradores

#### **4.4.1.1 Medidas de los rodillos gofradores**

Los rodillos gofradores deberán poseer la capacidad de estampar en cuanto a su ancho una cera de abeja de las dimensiones que se mencionaron anteriormente en la figura 4.1, teniendo en cuenta que son de alta calidad.

#### **4.4.1.2 Sistema de transmisión**

La estampadora contará con un sistema de transmisión rígida, por lo que se emplearán engranajes, mismo que servirá para dar movimiento a los rodillos, teniendo en cuenta que poseerán una relación de 1, para que el sistema funcione sincronizado.

#### **4.4.1.3 Sistema de corte**

Para obtener cera de alta calidad, se hará uso de un sistema de corte el mismo que nos permitirá dar las dimensiones correctas de la lámina de cera de abeja, sus dimensiones son 195x415 mm, este constará con una relación de transmisión conectadas a las cuchillas para dar la medida de ancho y un mecanismo de leva para dar la longitud.

#### **4.4.1.4 Sistema hidráulico de enfriamiento**

Para el siguiente sistema proporciona agua a los rodillos para que la cera al momento que pase por el proceso de moldeado no se adhiera y formen alvéolos.

#### **4.4.1.5 Estructura**

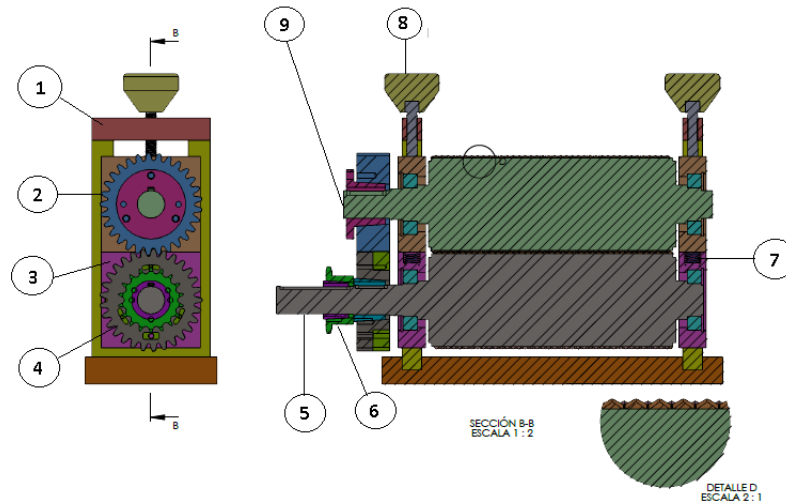
Será la encargada de soportar todo el peso de los componentes que conformarán la estampadora de cera de abeja.

### **4.5 Diseño dimensional**

Mediante la utilización de un sistema de ecuaciones nos permitirá que a través de la teoría se podrá consolidar el dimensionamiento de los rodillos, transmisión de potencia, corte y sistema eléctrico.

En la Fig. 4.4, se indican varios componentes que conforman el sistema de rodillos gofradores para su funcionamiento.





**Figura 4. 4.** Componentes del sistema de rodillos

1. Estructura 2. Piñón conducido 3. Piñón conductor 4. Cajera 5. Rodillo motriz 6. Catalina 7. Resorte  
8. Tornillo regulador 9. Rodillo conducido

Además, en este apartado del proyecto tecnológico, se detallan todos los pasos que se deben tener en cuenta al momento de realizar los cálculos correspondientes para los distintos componentes mecánicos mencionados en la figura 4.4, teniendo en consideración que se partirá desde la potencia que va a poseer el sistema.

#### 4.5.1 Potencia requerida en el sistema

El diseño de rodillos gofradores contará con una parte eléctrica, la misma que nos permitirá automatizar el sistema, esta poseerá un motor eléctrico y reductor. Además, tendrá diferentes elementos de control tales como contactores y relés térmicos.

Para el cálculo de la potencia requerida en el sistema, se procederán a utilizar las ecuaciones del (Anexo II – Tabla 4), debido que será esencial para el seleccionar el motor eléctrico trifásico.

**Ecuación 4.4.** Cálculo de torque

$$T = F * r \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Dónde:

*T*: Torque; (N \* m)

*F*: Fuerza; (N)

*r*: radio; (mm)

A continuación, se determinará la potencia del eje motriz por lo que se utilizará la ecuación 4.5 para dicho fin.

**Ecuación 4.5.** Cálculo de la potencia

$$P = T * \omega \quad \text{Ec. (4.5)}$$

Dónde:

$P$ : Potencia; (watt)

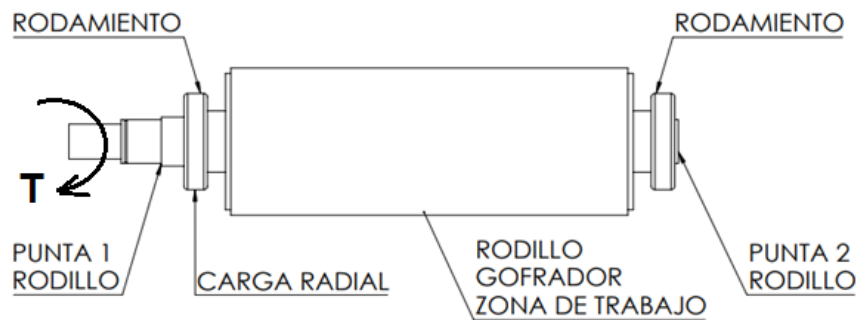
$\omega$ : Velocidad angular; (RPM)

$T$ : Torque; (Nm)

#### 4.5.2 Diseño del eje para rodillos gofradores

Para el diseño de rodillos, se hará la selección del material adecuado en cuanto a las características mencionadas en la Figura 3.32, también se usará la ecuación 4.6 obtenida del libro “Diseño de Máquinas de Shigley”, para calcular el diámetro donde se van alojar los rodamientos, los mismos que soportaran una carga radial y evitando una carga axial.

Además, la figura 4.5, muestra que el eje estará sometido a torsión por motivo que es el motriz conectado al reductor, y se aplicara la ecuación de Soderberg como se muestra a continuación.



**Figura 4. 5.** Rodillo gofrador

Mediante el uso de la metodología de campo, que se aplicó en la empresa apícola “JA BEE MIEL”, indica que su producción es de 300 láminas en un día, con un tiempo de 20 segundos para moldear los alvéolos, esto significa que trabajan a una velocidad angular de 4.46 RPM.

Para el dimensionamiento del diámetro del rodillo gofrador fueron necesarias las medidas de una lámina Lansgroth de 415x195, se considera el (**Anexo II – Tabla 5**).

**Ecuación 4.6.** Cálculo para la longitud de arco

$$c = \pi * \emptyset \quad \text{Ec. (4.6)}$$

Dónde:

$c$  = longitud de arco

$\emptyset$  = diámetro del rodillos

**Ecuación 4.7.** Cálculo para el diseño estático del eje.

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32*n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}} \quad \text{Ec. (4.7)}$$

Dónde:

$n$ : coeficiente de seguridad

$d_{min}$ : diámetro mínimo del eje; (mm)

$M$ : momento flector máximo; (Nm)

$S_y$ : resistencia de fluencia; (MPa)

$S_e$ : resistencia a la fatiga

$T$ : torque; (Nm)

A continuación, para el cálculo de la potencia que se producirá con el motor a seleccionar, se utilizaran las ecuaciones del (**Anexo II – Tabla 6**).

**Ecuación 4.8.** Cálculo torque en el eje.

$$T = \frac{P}{\omega} \quad \text{Ec. (4.8)}$$

Dónde:

$T$ : Torque; (Nm)

$P$ : Potencia; (Watt)

$\omega$ : velocidad angular; (rad/seg)

**Ecuación 4.9.** Potencia.

$$P = T * \omega \quad \text{Ec. (4.9)}$$

Dónde:

*T*: Torque; (Nm)

*P*: Potencia; (Watt)

$\omega$ : velocidad angular; (rad/seg)

### 4.5.3 Engranés del sistema de rodillos gofradores

Los rodillos gofradores poseerán un sistema de transmisión rígida que tendrá contacto entre sí, por lo que se emplearán engranajes, los mismos que transmitirán el movimiento a los rodillos, para ahí proceder a formar los alvéolos en el instante que la cera de abeja pase por ellos.

Anteriormente, en la Tabla 3.7 se mencionaron las características de varios tipos de engranajes que se emplean en sistemas de transmisión de movimiento.

Además, para la selección de engranaje de transmisión se utilizarán requerimientos tales como, distancia entre centros, relación de velocidad, factor de servicio y potencia real, como lo menciona en el catálogo de Martin.[41] , se encuentra en el (**Anexo II – Tabla 7**).

**Ecuación 4. 10.** Diámetro de paso del piñón (engrane pequeño)

$$DP_1 = \frac{DC * 2}{Relacion + 1} \quad \text{Ec. (4.10)}$$

**Ecuación 4. 11.** Diámetro de paso del piñón (engrane mayor)

$$DP_2 = DP_1 * Relación \quad \text{Ec. (4.11)}$$

**Ecuación 4. 12.** Distancia entre centros

$$DC = \frac{DP_1 + DP_2}{2} \quad \text{Ec. (4.12)}$$

Dónde:

*DP<sub>1</sub>*: diámetro de paso del piñón; (engrane pequeño)

*DP<sub>2</sub>*: diámetro de paso del piñón; (engrane mayor)

*DC*: distancia entre centros

**Ecuación 4. 11.** Cálculo del modulo

$$m = \frac{DP_1}{z} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Dónde:

$DP_1$ : diámetro de paso del piñon; (mm)

$m$ : modulo

$z$ : número de dientes

**Ecuación 4. 12.** Cálculo diámetro externo

$$DE = m(z + 2) \quad \text{Ec. (4.14)}$$

Dónde:

$DE$ : diámetro externo; (mm)

$m$ : modulo

$z$ : número de dientes

#### **4.5.4 Selección de la catalina**

Se debe tener en cuenta que para que los rodillos gofradores funcionen de manera eficiente, se requieren de los sistemas de transmisión para dar su respectivo movimiento por lo que al momento de diseñarlos se debe tener en consideración la parte de materiales de los mismos, los cuales deben poseer requerimientos como:

- Mecanizable al momento de su construcción en 3D.
- Resistente al desgaste.
- Se sometán a tratamientos térmicos.

Anteriormente, en la figura 3.36 se detallaron las características de materiales que se emplean en para la construcción de sistemas de transmisión.

Además, se utilizará un catalina tipo “Buje Taper” debido a que posee un cono, el mismo que tiene como finalidad el mejor acoplamiento al eje y su fácil desmontaje, tal como se observa en la figura 4.6, por lo que se empleará en el eje motriz[41], para la metodología cuantitativa la información previa se encuentra en el (Anexo II – Tabla 7).



**Figura 4. 6.** Catalina tipo “Buje Taper”

**Fuente:**[41]

Sin embargo, para transmitir el movimiento al cortador se usará una catalina con barreno calibrado, como se observa en la figura 4.7, por motivo que no se necesita de mucho torque para su funcionamiento.



**Figura 4. 7.** Catalina con barreno calibrado

**Fuente:** [41]

Para el cálculo de la potencia de diseño se utilizara la ecuacion 4.13.

**Ecuación 4.13.** Cálculo para la potencia de diseño.

$$P_d = \frac{P_m * K_s}{K_h} \quad \text{Ec. (4.15)}$$

Dónde:

$P_d$ : Potencia de diseño; (kW)

$P_m$ : Potencia del motor; (kW).

$K_s$ : Factor de servicio para cadenas de rodillo; (adimensional)

$K_h$ : Factor de multiples hileras; (adimensional)

A continuación, se usará las ecuaciones mencionadas en el (**Anexo II – Tabla 7**), para determinar el numero de eslabones de la cadena para la catalina.

**Ecuación 4.14.** Cálculo para el número de eslabones de la cadena.

$$N = \frac{2 \cdot C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 \cdot C} \quad \text{Ec. (4.16)}$$

Dónde:

*N*: Número de eslabones; (adimensional)

*C*: Distancia entre centros; (adimensional)

*p*: Paso transversal; (adimensional)

*z*<sub>1</sub> = Número de dientes de la catalina conductora

*z*<sub>2</sub> = Número de dientes de la catalina conducida

#### **4.5.5 Rodamientos para el eje del rodillo**

El rodillo deberá poseer dos rodamientos en sus extremos, como se lo mostró anteriormente en la figura 4.4, de acuerdo al catálogo FAG para determinar características como:[42]

- ✓ Tolerancias
- ✓ Juegos de rodamientos
- ✓ Diseño de jaula

También otras propiedades como la aptitud para altas velocidades y para elevadas temperaturas[42].

Mediante la ecuación 4.15, se llegará a determinar el comportamiento de un rodamiento que soporte carga radial. Ver formula complementaria en el (**Anexo II – Tabla 7**).

**Ecuación 4.15.** Cálculo del comportamiento de un rodamiento.

$$P_o = X * F_r + Y * F_a \quad \text{Ec. (4.17)}$$

Donde:

*P*<sub>o</sub>: Carga estática equivalente; (kN)

*F*<sub>r</sub>: Carga radial; (kN)

*F*<sub>a</sub>: Carga axial; (kN)

*X*<sub>o</sub>: Factor radial

*Y*<sub>o</sub>: Factor axial

#### 4.5.6 Cálculo de resortes

De acuerdo a Shigley, para el dimensionamiento de resortes a compresión se hará uso de las ecuaciones mencionadas en el (Anexo II – Tabla 8).

**Ecuación 4.16.** Cálculo del resorte

$$K = \frac{F}{y} \quad \text{Ec. (4.18)}$$
$$K = \frac{G * d^2}{8 * N * D^3}$$

**Ecuación 4.17.** Número de espiras

$$N = \frac{G * d^4 * y}{8 * F * D^3} \quad \text{Ec. (4.19)}$$

**Ecuación 4.18.** Fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material

$$F_{mx.p} = \frac{A * d^{3-m}}{5.88(D+0.5d)} \quad \text{Ec. (4.20)}$$

**Ecuación 4.19.** Factor de seguridad

$$n = \frac{F_{mx.p}}{F_{mx.aplicada}} \quad \text{Ec. (4.21)}$$

Dónde:

*y*: Deflexión(mm)correspondiente a una fuerza aplicada"*F*"

*F*: Fuerza aplicada

*F<sub>r</sub>*: Carga radial aplicada; (kN)

*A, m*: Resistencia de tensión min del alambre ; constante

*D*: Diámetro del alambre; (mm)

*n*: Factor de seguridad

*N*: Número de espiras

*G*: módulo de rigidez; 79300 ( $\frac{N}{mm^2}$ )



#### 4.5.7 Cálculo del tornillo de regulación

El sistema de rodillos gofradores poseerá pernos regulables, con la finalidad de calibrar la zona de trabajo de los mismos al momento de realizar el estampado como se muestra en la figura 4.8, teniendo en consideración que para dicho cálculo, se utilizarán las ecuaciones que se observan en el (Anexo II – Tabla 9).

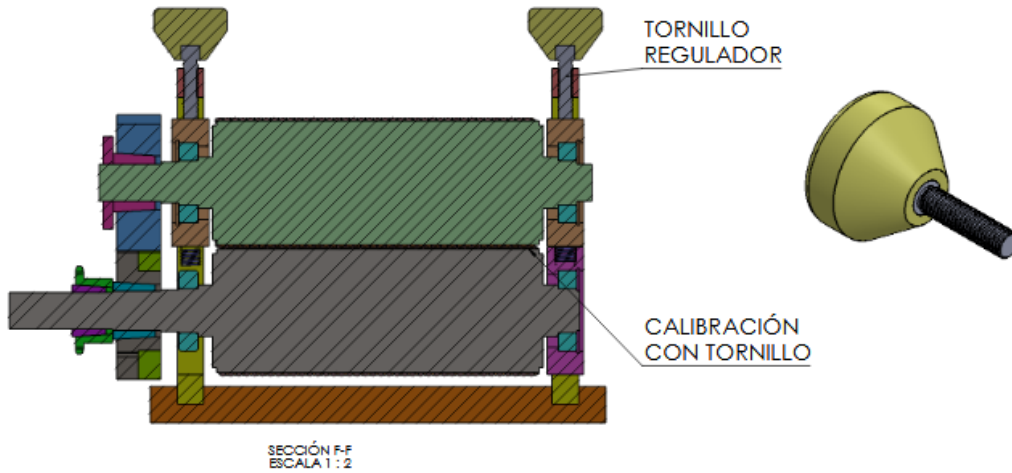


Figura 4. 8. Tornillo regulador

**Ecuación 4.20.** Par de torsión (subir la carga)

$$T_R = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l + \pi * f * d_m}{\pi * d_m - f * l} \right) \quad \text{Ec. (4.22)}$$

Dónde:

$T_R$ : Par de torsión (subir la carga); (N/mm)

$d_m$ : Diametro medio; (mm)

$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$f$ : Coeficiente de fricción

$l$ : Profundidad; (mm)

**Ecuación 4.21.** Par de torsión (bajar la carga)

$$T_L = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l - \pi * f * d_m}{\pi * d_m + f * l} \right) \quad \text{Ec. (4.23)}$$

Dónde:

$T_R$ : Par de torsión(bajar la carga); (N/mm)

$d_m$ : Diametro medio; (mm)

$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$f$ : Coeficiente de fricción

$l$ : Profundidad; (mm)

**Ecuación 4.22.** Cálculo de eficiencia

$$e = \frac{F \cdot l}{2\pi(T_R)} \quad \text{Ec. (4.24)}$$

Dónde:

$e$ : Eficiencia; (adimensional)

$T_R$ : Par de torsión(bajar la carga); (N/mm)

$d_m$ : Diametro medio; (mm)

$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$l$ : Profundidad; (mm)

**Ecuación 4.23.** Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{16 \cdot T_R}{\pi \cdot d_r^2} \quad \text{Ec. (4.25)}$$

Dónde:

$\tau$ : Esfuerzo cortante; (Pa)

$T_R$ : Par de torsión(bajar la carga); (N/mm)

$d_r$ : Diametro externo; (mm)

**Ecuación 4.24.** Esfuerzo axial normal

$$\sigma = \frac{4F}{\pi \cdot d_r^2} \quad \text{Ec. (4.26)}$$

Dónde:

$\sigma$ : Esfuerzo axial normal; (Pa)

$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$d_r$ : Diametro externo; (mm)

**Ecuación 4.25.** Esfuerzo de apoyo

$$\sigma_B = \frac{2(0.38 * F)}{\pi * d_m(1) * p} \quad \text{Ec. (4.27)}$$

Dónde:

$\sigma_B$ : Esfuerzo de apoyo; (Pa)

$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$d_m$ : Diametro medio; (mm)

$p$ : paso; (mm)

**Ecuación 4.26.** Esfuerzo flexionante

$$\sigma_b = \frac{6(0.38 * F)}{\pi * d_r(1) * p} \quad \text{Ec. (4.28)}$$

Dónde:

$\sigma_b$ : Esfuerzo de apoyo; (Pa)

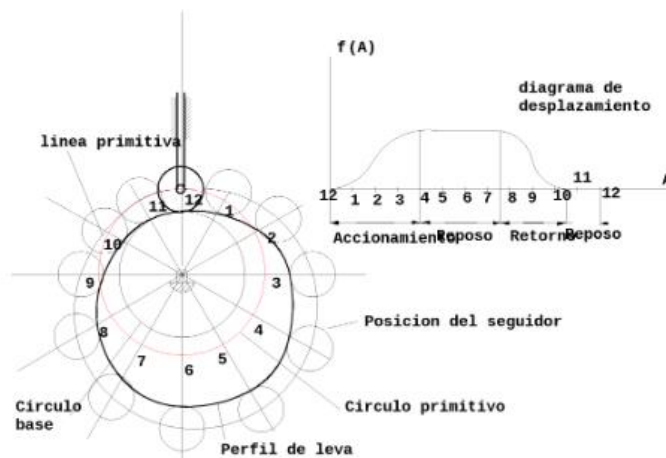
$F$ : Fuerza unitaria axial; (N)

$d_m$ : Diametro medio; (mm)

$p$ : paso; (mm)

**4.5.8 Diseño de leva para el cortador vertical**

A continuación, se calculará el mecanismo de levas el mismo que nos permitirá cortar la longitud de la cera en 415mm, teniendo en cuenta que se utilizará el método gráfico, como se observa en la fig. 4.9.



**Figura 4. 9.** Leva método gráfico

#### 4.5.9 Sistema hidráulico de enfriamiento

El sistema de duchas, tendrá como finalidad proporcionar agua a los rodillos para que la cera al momento que pase por el proceso de moldeado no se adhiera y formen alveolos uniformes, por lo cual se utilizarán las ecuaciones establecidas en el (**Anexo II – Tabla 10**).

**Ecuación 4.29.** Cálculo de presión requería en la tubería

$$P_{tuberia} = \rho_{agua} * g * h_{tuberia} \quad \text{Ec. (4.29)}$$

Dónde:

$P_{tuberia}$ : Potencia de entrada al reductor; (Pa)

$\rho_{agua}$ : Densidad del agua; ( $\frac{kg}{m^3}$ )

$g$ : Gravedad; ( $m/s^2$ )

$h_{tuberia}$ : Altura de la tubería; (m)

**Ecuación 4.30.** Cálculo de velocidad en la tubería

$$v = \frac{4000*Q}{D^2*\pi} \quad \text{Ec. (4.30)}$$

Dónde:

$v$ : Velocidad ; (m/s)

$Q$ : Caudal ; (l/s)

$D$ : Diametro de la tubería ; (m)

##### 4.5.9.1 Cálculo de la presión de la bomba

A continuación, se realizará el cálculo de la presión que debe poseer la bomba en el sistema, para un correcto funcionamiento, por lo cual se aplicarán la siguiente ecuación.

**Ecuación 4.31.** Cálculo de presión de la bomba

$$P_{Bomba} = \frac{F}{A_{tuberia}} \quad \text{Ec. (4.31)}$$

Dónde:

$P$ : Presion de la bomba ; (Pa)

$F$ : Fuerza ; (N)

$A$ : Area de la tubería ; ( $m^2$ )

#### **4.6 Diseño detallado**

Para el diseño completo del sistema de rodillos gofradores, se hará uso de un software CAD, el mismo que es empleado en la parte de ingeniería tanto en el modelado de piezas como ensamblajes, teniendo en cuenta que se utiliza una versión estudiantil.

Sin embargo, una vez realizado el diseño CAD de los rodillos gofradores se utilizará el software CAE - ANSYS FLUENT, para determinar el comportamiento de la cera de abeja al momento de pasar por el moldeo de la misma.

También se realizará un análisis estático de la estructura para determinar su factor de seguridad y comprobar si está en el rango establecido de diseño de acuerdo a la norma NTE INEN 2415.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Introducción

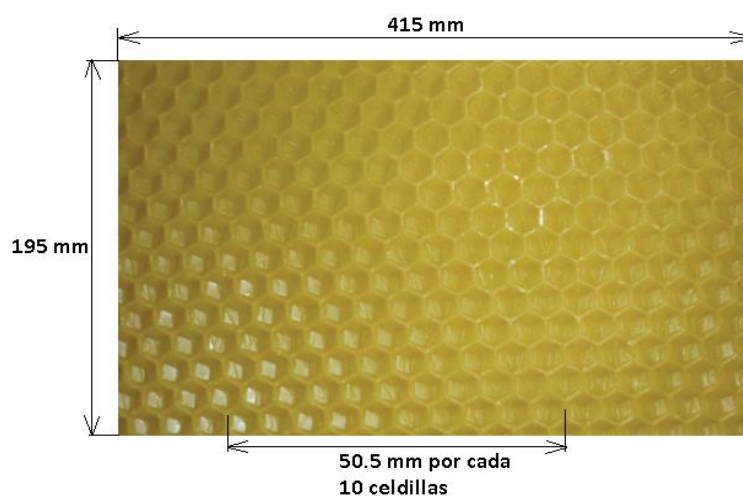
Conocido el procedimiento adecuado para el diseño y dimensionamiento de un sistema de rodillos gofradores para el moldeado de cera de abeja, se seleccionarán materiales que se encuentren en el mercado nacional.

También, se utilizará un software CAD para el diseño de las partes que conforman el sistema mecánico de rodillos gofradores, los mismos que serán analizados mediante un CAE, para evaluar su correcto funcionamiento.

Además, se analizará el comportamiento de la fluidez de la cera de abeja al momento de ingresar a los rodillos gofradoras para dar su forma, mediante el uso de un software CAE.

### 5.2 Dimensionamiento de la cera de abeja

Para el dimensionamiento adecuado de la moldeadora de cera de abeja, nos vamos a regir a medidas estándar de la colmena Langstroth, misma que se dispone en el país teniendo en cuenta que esta debe poseer las siguientes medidas, como se observa en la figura 5.1, considerando que esta será el alcance para el diseño de las misma.



**Figura 5. 1.** Dimensión de la cera de abeja

Para este caso, se realizará el diseño de una estampadora, para obtener una cera de alta calidad, con alvéolos de 5.05 mm, con la finalidad de generar mayor número de celdas y producir más miel de abeja.

A continuación, mediante el uso de las ecuaciones nombradas en el capítulo anterior, se dimensionará la cera de abeja, como se observa en la tabla 5.1, teniendo en cuenta que su solución se encuentra en el (**Anexo III – Tabla 1**).

**Tabla 5. 1.** Dimensionamiento de la cera de abeja

<b>Dimensionamiento de la cera de abeja</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Espesor de la cera	$e$	(4.1)	1.335 mm
Área de la celda	$A_{celdilla}$	(4.2)	22.085 mm <sup>2</sup>
Área de la cera	$A_{cera}$	(4.2.1)	70080.56 mm <sup>2</sup>
Velocidad de entrada de la cera en los rodillos	$v_1$	(4.3)	10.0059m/s <sup>2</sup>

### 5.2.1 Selección de la alternativa para moldeado de cera de abeja

De acuerdo a las características de varias moldeadoras de cera de abeja, como se observa en el (Anexo III – Tabla 2), se realizará la selección correspondiente de la mejor alternativa, evaluando con ponderaciones del 1 al 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo, donde la estampadora semiautomática tuvo una ponderación de 18, seguida de la estampadora automática, teniendo en cuenta que la diferencia es debido a costos, esta constará con rodillos gofradores para dar forma a la cera, un sistema de corte y de transmisión.

### 5.3 Potencia requerida en el sistema

En este caso se toma en cuenta los 10 rev/min para el moldeado de la cera de abeja y el torque que tendrá es de 11.56 N.m, como se muestra en la tabla 5.2, dicha solución se lo indica en el (Anexo III – Tabla 3)

**Tabla 5. 2.** Cálculo del motor

<b>Cálculo de la potencia del motor</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Torque	$T$	(4.4)	11.56 Nm
Potencia requerida	$P$	(4.5)	120.05Watt

El resultado de la potencia requerida para el motor es de 120.05Watt, con este valor mediante catálogo se elige un motor trifásico de 0.50HP o 372.84 Watt, como se observa en el (Anexo III – Figura 1), óptimo para dar movimiento al sistema de rodillos gofradores, debido a que este existe en el mercado nacional.

### 5.3.1 Selección de elementos de control

A continuación, se seleccionarán los elementos de control debido a que son necesarios para el funcionamiento semiautomático del sistema, los mismos que se indican en la tabla 5.3.

**Tabla 5. 3.** Descripción de los elementos de control

Equipo	Características	Anexo
Motor Eléctrico	GERIMA, 0.37 HP, 10 RPM con un torque de 350 Nm	<b>Anexo III – Figura 1</b>
Protección térmica	Relé de sobrecarga térmica para motor trifásico - 2.5 A – 220V A	<b>Anexo III – Figura 2</b>
Contactor Principal	Contactor 3 polos – 9 A – 220 V AC	
Conductor	Cables AWG 14- Capacidad de corriente 18A	


### 5.4 Diseño del eje para el rodillo gofrador

Para dimensionar al rodillo gofrador, se realizó la selección correcta del material, como se lo observa en el (**Anexo III – Tabla 4**).

Tomando en consideración que el material indicado según la norma CODEX STAN 193 para alimentos siendo el acero inoxidable A304.[43]

A continuación, se detallarán las características que tendrá dicho rodillo, como se indica en la tabla 5.4.

**Tabla 5. 4.** Características de la punta del rodillo

 <p><b>Figura 5. 2.</b> Eje diseñado</p>	<b>Modelo</b>	Eje diseñado
	<b>Material</b>	AISI304
	<b>Referencias (medidas)</b>	(Láminas del diseño)

En el sistema de rodillos gofradores, se realizó un análisis estático al eje motriz, para determinar variables como son, diámetro mínimo del eje, torque y la potencia que este debe tener, dichos valores se los observan en la tabla 5.5, y su solución respectiva se los indica en el (**Anexo III – Tabla 5**).



**Tabla 5. 5.** Dimensiones del eje

<b>Dimensionamiento del eje del rodillo gofrador</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Cálculo para la longitud de arco	$c$	(4.6)	132.09mm
Cálculo para el eje del rodillo gofrador	$d_{min}$	(4.7)	24.73 mm
Torque en el eje	$T$	(4.8)	358.50 Nm
Potencia	$P$	(4.9)	372.84 Watt

## 5.5 Selección del sistema de transmisión

### 5.5.1 Selección de engranes


Para la selección adecuada de los engranes que conforman el sistema de transmisión rígida que tendrá en contacto entre sí, primero se realizó la selección del tipo de engrane recto que requiere el sistema, mismo que se evaluó sus características (**Anexo III – Tabla 6**).

La tabla 5.6, muestran las dimensiones que poseerán los engranes para el sistema de rodillos gofradores con la selección mediante catálogo.

$$c = \pi * \phi$$

$$c = \text{longitud de arco}$$

**Tabla 5. 6.** Características de los engranes

 <p><b>Figura 5. 3.</b> Engrane helicoidal recto</p>	<b>Modelo</b>	Engrane helicoidal recto
	<b>Módulo</b>	3
	<b>Número de dientes</b>	Z29
	<b>Referencia</b>	Catálogo Martin ( <b>Anexo III – Figura 3</b> ).

A continuación, en la tabla 5.7 se muestran las dimensiones que poseen los piñones del sistema de transmisión.

**Tabla 5. 7.** Parámetros del piñón

<b>Dimensionamiento de piñones</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Potencia del diseño	$DHP$	(4.10)	372.85 Watt
Diámetro de paso del piñón (engrane pequeño)	$DP_1$	(4.11)	87mm
Diámetro de paso del piñón (engrane mayor)	$DP_2$	(4.11)	87mm
Distancia entre centros	$DC$	(4.12)	87mm
Modulo	$m$	(4.13)	3
Diámetro externo	$DE$	(4.14)	93


En el (**Anexo III – Tabla 7**), se observa la resolución de las ecuaciones empleadas para el dimensionamiento de engranes.

### 5.5.2 Selección de las catalinas (Sprockets)

Para la selección adecuada de las catalinas que conforman el sistema de transmisión de corte, se realizó la selección del material, mismo que se evaluó sus características mencionadas anteriormente en la Figura 3.36, con una ponderación del 1 al 5, siendo 1 el valor mínimo y 5 el máximo, como se observa en el (**Anexo III – Tabla 8**).

La tabla 5.8, muestran las características que poseen las catalinas para el sistema de corte de los rodillos gofradores, mismos que están basados en el “catálogo de Martin”.

**Tabla 5. 8.** Características de los sprockets

 <p><b>Figura 5. 4.</b>Buje Taper</p>	<b>Modelo</b>	Catalinas (Sprockets)
	<b>Tipo 06B</b>	Buje Taper [41]
	<b>Paso</b>	3/8
	<b>Referencia</b>	Catálogo Martin ( <b>Anexo III – Figura 4</b> ). ( <b>Anexo III – Figura 5</b> ).

**Tabla 5. 9.** Resultados para la selección de las catalinas


Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia de diseño	$P_d$	(4.15)	372.85 Watt
Número de eslabones de la cadena	$N$	(4.16)	64.56

La tabla 5.9, muestra la potencia que tendrán las catalinas, la cual es de 372.85 Watt, con un número de eslabones de 64.56, longitud de cadena de 613mm, y un factor de servicio de 1, mismo que se lo obtuvo del (Anexo III – Figura 6), teniendo en cuenta que su solución se indica en el (Anexo III – Tabla 9).

### 5.5.3 Selección de rodamientos

La tabla 5.10, muestran dimensiones generales que posee los rodamientos de bolas 6006 y 6004 mismos que estarán ubicados en las puntas de los ejes, debido a que están sometidos a carga radial,

**Tabla 5. 10.** Dimensiones de los rodamientos

 <p><b>Figura 5. 5.</b> Rodamientos de bolas</p>	<b>Modelo</b>	Rodamiento 6006 Rodamiento 6004
	<b>Tipo</b>	Rodamientos rígidos de bolas [42]
	<b>Norma</b>	DIN 625, volumen 1
	<b>Referencias</b>	Catálogo FAG (Anexo III – Figura 7,8)

En el (Anexo III – Tabla 10), se observa la resolución del comportamiento del rodamiento de bolas que soporta carga radial.

A continuación, en la tabla 5.11 se observan el cálculo de la carga estática equivalente que deben soportar dicho rodamiento para el funcionamiento adecuado de los rodillos gofradores.

**Tabla 5. 11.** Carga estatica equivalente de un rodamiento

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Carga estática equivalente	$P_o$	(4.17)	0.066 kN

## 5.6 Selección de resortes

La tabla 5.12, muestran los valores calculados de los resortes, mismos que tienen como finalidad la calibración de los rodillos.

**Tabla 5. 12.** Resultados para el dimensionamiento de los resortes

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Dimensionamiento del resorte	$K$	(4.18)	10.96Nmm
Número de espiras	$N$	(4.19)	3
Fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material	$F_{mx.p}$	(4.20)	404.56 N
Factor de seguridad	$n$	(4.21)	2.55

En el (Anexo III – Tabla 11), se observa la resolución de las ecuaciones empleadas para resortes.

## 5.7 Cálculos del tornillo de regulación

La tabla 5.13, muestran los resultados del tornillo de regulación del sistema de rodillos gofradores.

**Tabla 5. 13.** Resultados del tornillo de regulación

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Par de torsión (subir la carga)	$T_R$	(4.22)	0.1110Nm
Par de torsión (bajar la carga)	$T_L$	(4.23)	0.0207 Nm
Cálculo de eficiencia global	$e$	(4.24)	0.39
Esfuerzo cortante	$\tau$	(4.25)	1006772.265 N/ $m^2$
Esfuerzo axial normal	$\sigma$	(4.26)	2.958MPa
Esfuerzo de apoyo	$\sigma_B$	(4.27)	-2.399MPa
Esfuerzo flexionante	$\sigma_b$	(4.28)	7.951MPa

En el (Anexo III – Tabla 12), se observa la resolución de las ecuaciones empleadas para el cálculo del tornillo de regulación del sistema.

## 5.8 Pérdidas en el sistema de transmisión

Las pérdidas que se encuentra en el sistema de rodillos gofradores van a estar dados por los engranes rectos, catalinas para transmitir el movimiento a todo el sistema y realizar el estampado de cera abeja correctamente, la tabla 5.14, muestran los valores de rendimientos de los mismos.

**Tabla 5. 14.** Eficiencia en el sistema de transmisión

Sistema	Eficiencia (%)
Bandas Planas	97%-98%
Bandas en V	96%-97%
Cadena de rodillos	98%
Engranajes	98%

Fuente:[44]

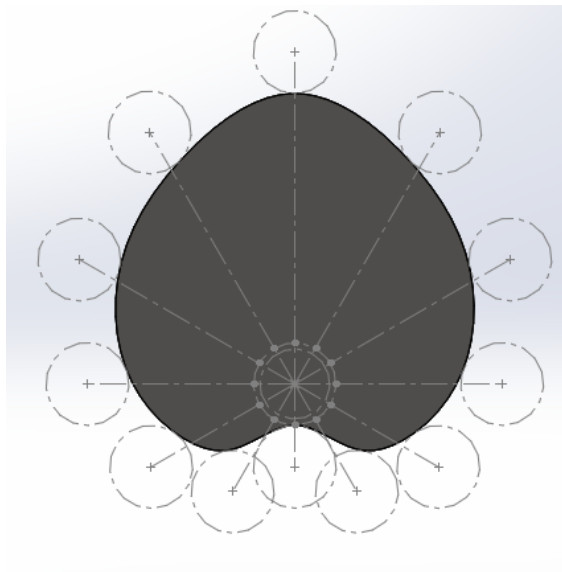
Además, en tabla 5.15 se observa que las pérdidas producidas en las catalinas son del 8% y en los engranes es del 2% en todo el sistema, lo que significa que tendrá un total del 10%.

**Tabla 5. 15.** Pérdidas en el sistema de transmisión

Sistema	% de pérdida	Nº de conjuntos del sistema	Total	Pérdidas en el sistema
Catalinas	2%	4	8%	10%
Engranajes	2%	1	2%	

### 5.9 Cálculo del diseño de la leva del cortador

Como se mencionó en el capítulo anterior, el sistema de corte para dar la longitud de 415 mm a la cera de abeja, se realizará con un mecanismo de leva, mismo que se lo determinará mediante el método gráfico, como se observa en la figura 5.6, teniendo en consideración que el desarrollo de la misma se muestra en el (Anexo III – Tabla 13).



**Figura 5. 6.** Desarrollo de leva mediante método gráfico

## 5.10 Sistema hidráulico de enfriamiento

La tabla 5.16, muestran los cálculos resueltos en la tubería de las duchas, teniendo estas como finalidad que al momento del moldeado de la cera no se adhiera a los rodillos gofradores.

**Tabla 5. 16.** Resultados del sistema hidráulico de enfriamiento

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Velocidad de fluido	$v$	(4.29)	7.8 m/seg
Presión de la tubería	$P_{tuberia}$	(4.30)	65.46Pa
Presión de la bomba	$P_{bomba}$	(4.31)	6.35 KPa

En el (Anexo III – Tabla 14).se observa la resolución de las ecuaciones empleadas para el cálculo del sistema hidráulico de enfriamiento.

En la tabla 5.17, se detallarán los componentes eléctricos para el sistema de rodillos gofradores.

**Tabla 5. 17** Selección de la bomba periférica

Equipo	Código	Anexo
Bomba periférica	Modelo: APm37 Potencia: ½ HP, Flujo max:35 L/min Carga max:40m Peso:5.5kg	(Anexo III – Figura 9)

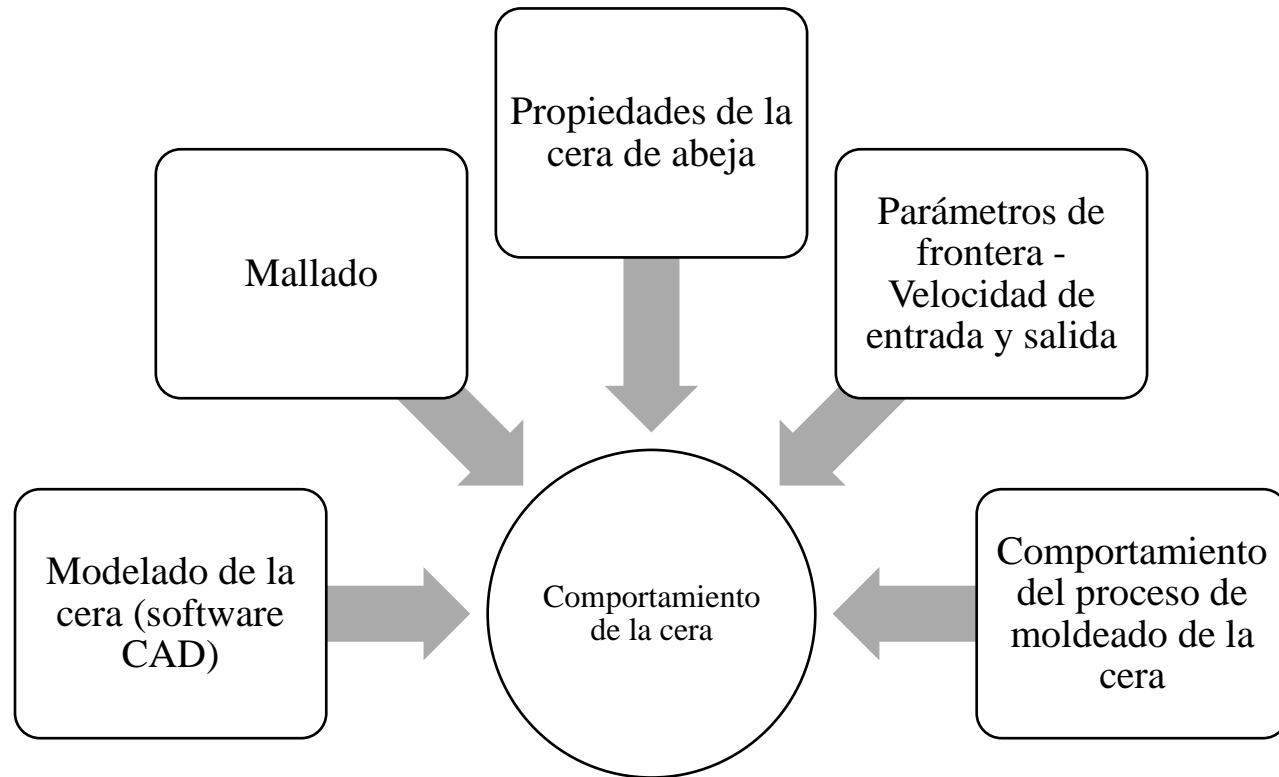
## 5.11 Análisis de elementos finitos

Mediante la utilización de un software CAE, se verificará el comportamiento de la cera de abeja al momento del ingreso por los rodillos, también se realizará el análisis de elementos finitos a los componentes del sistema.

### 5.11.1 Comportamiento de la cera de abeja

Para la verificar el comportamiento de la cera como fluido es necesario realizar el correspondiente proceso como muestra la fig. 5.7.

**Figura 5. 7.** Proceso de moldeado de cera en el software ANSYS.



En la tabla 5.18, se muestra la simulación para determinar la velocidad de salida de la cera de abeja.

**Tabla 5. 18.** Comportamiento de la cera de abeja (propiedades)

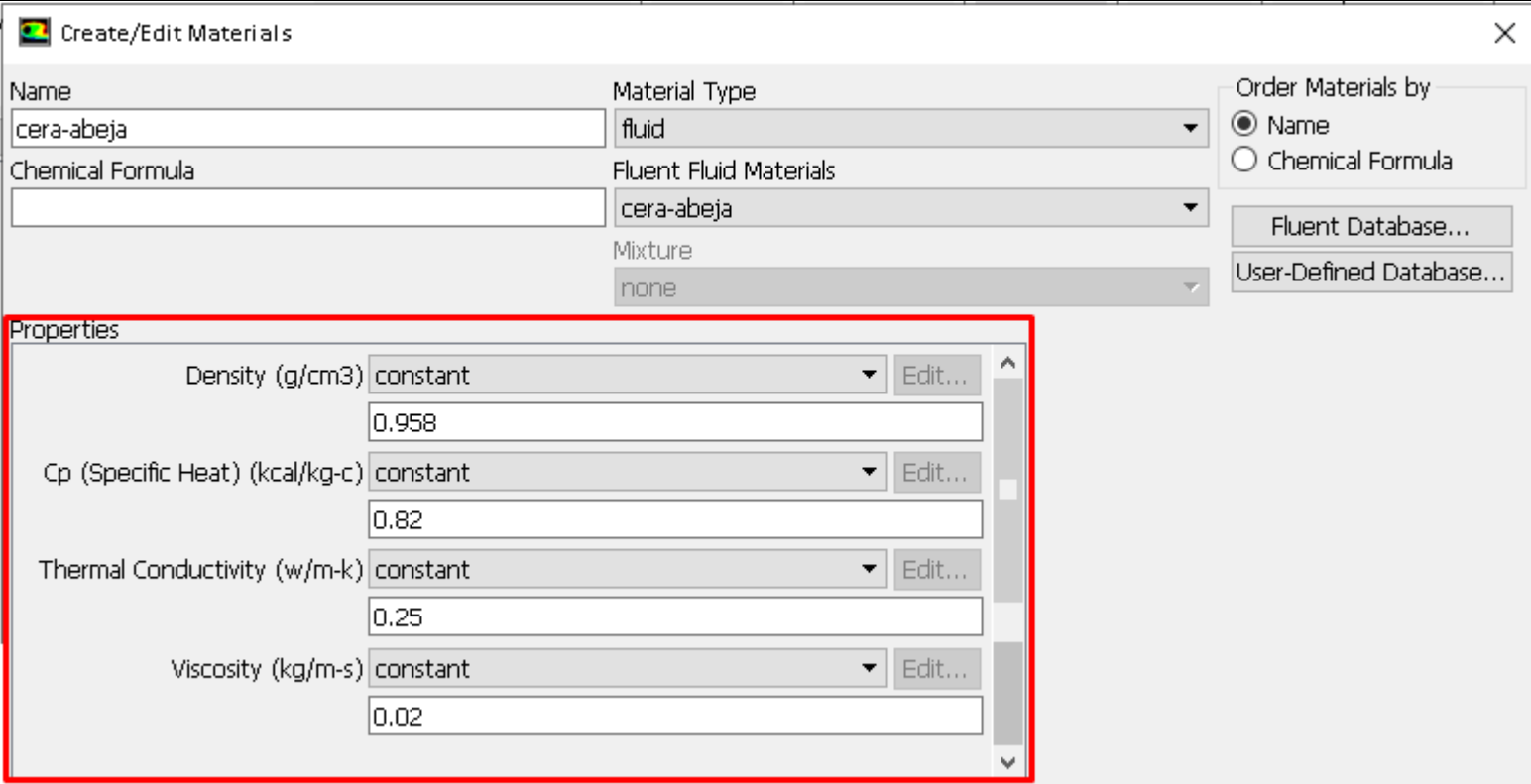
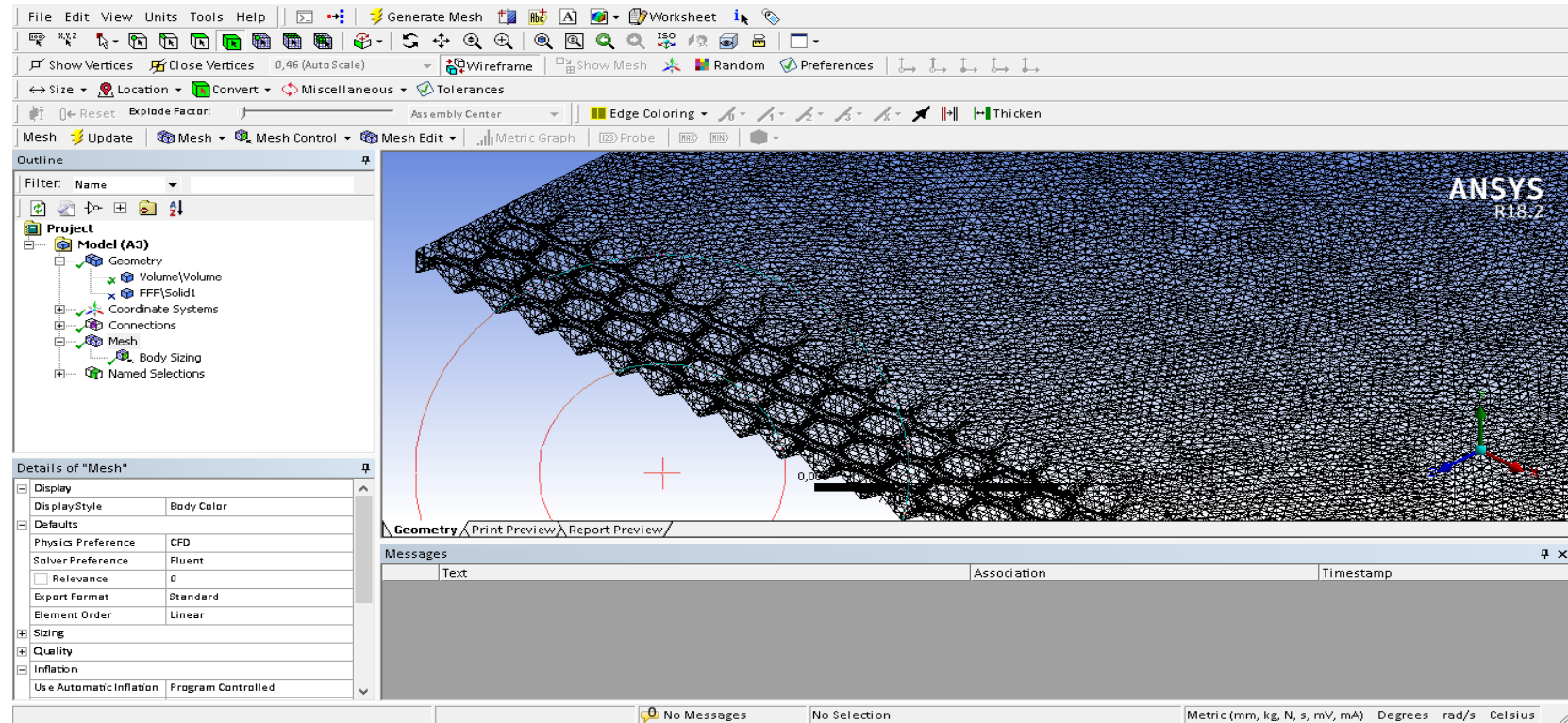
<b>Simulación del comportamiento de la cera de abeja</b>	
<p><b>Parámetros para la simulación:</b></p> <p>Largo de la cera: 415 mm            Ancho de la cera: 195 mm            Velocidad de entrada: 10 m/s            Temperatura de entrada: 30°C            Temperatura de salida: 27°C            Material: cera de abeja</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Para la simulación se tomó como datos las propiedades de la cera de abeja.</i></p>

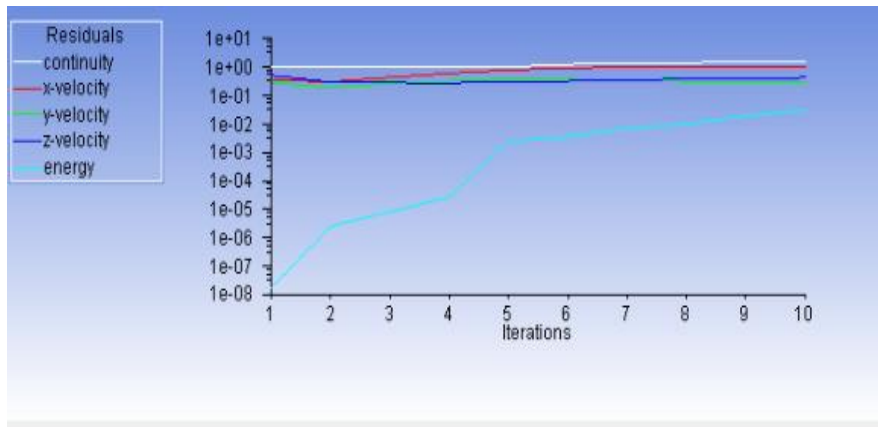


Tabla 5. 19. Mallado de la lámina de cera de abeja

### Mallado de la lámina de cera de abeja

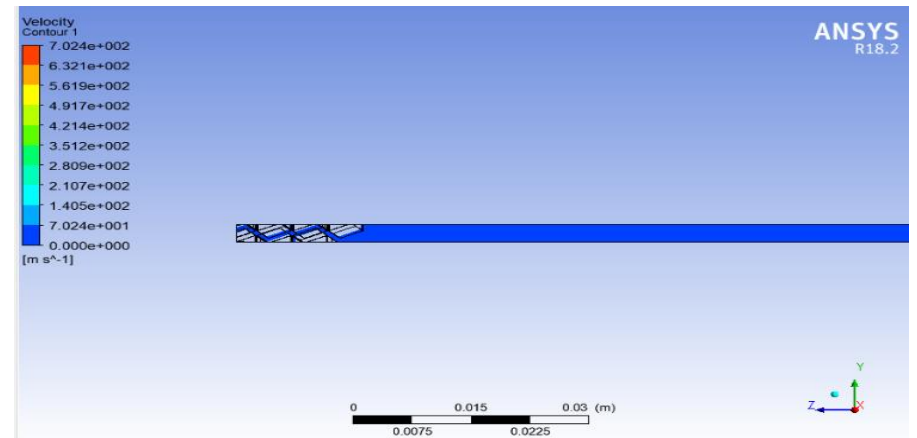


En la siguiente imagen se aprecia el mallado en el software CAE, con calidad de malla utilizada para el proceso de un tamaño de 1mm



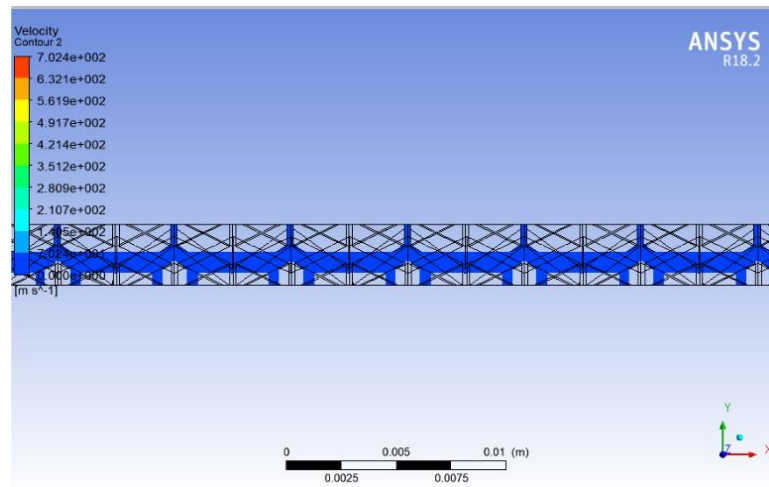
**Simulación 1**

Se observa que la velocidad de entrada no varía con respecto a la de salida siendo de 10.005m/s



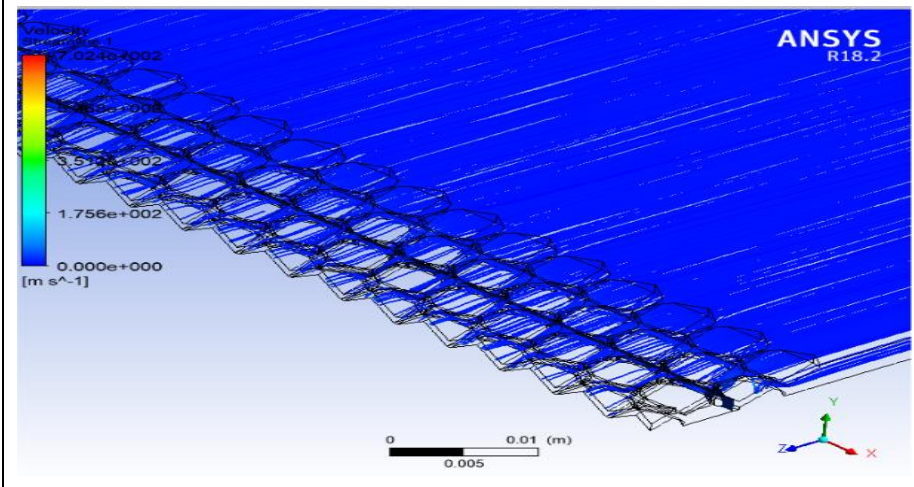
**Simulación 2**

Se observa el comportamiento de la cera al momento de entrar y en el estampado de los rodillos gofradores.



**Simulación 3**

Comportamiento de la cera a la salida de los rodillos gofradores

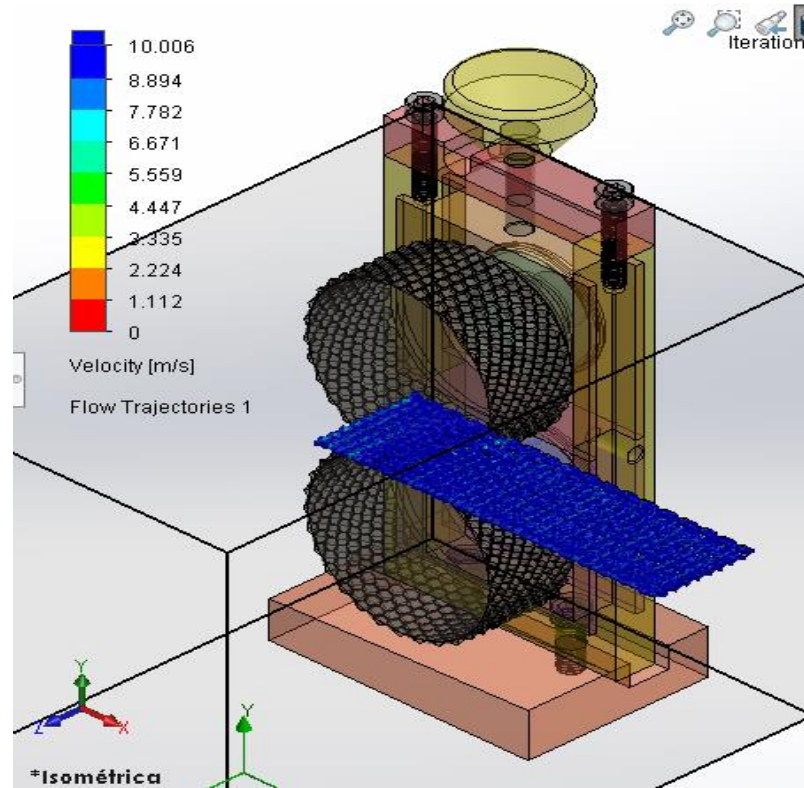


**Simulación 4**

Comportamiento del proceso de la cera de abeja en la entrada y salida.

**Tabla 5. 20.** Parámetros de frontera -Velocidad de entrada y salida

**Comportamiento de la lámina de cera de abeja**

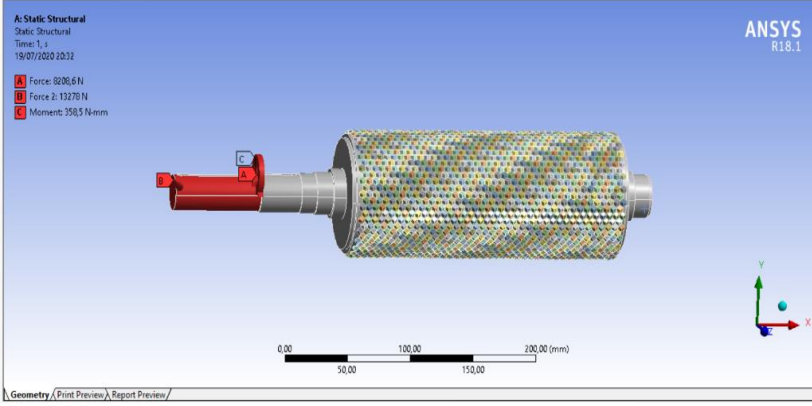


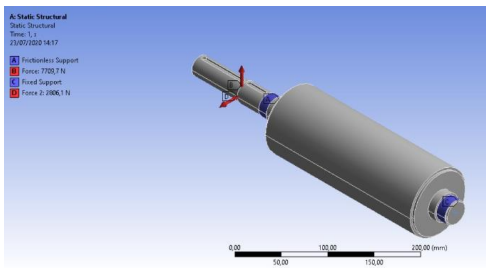
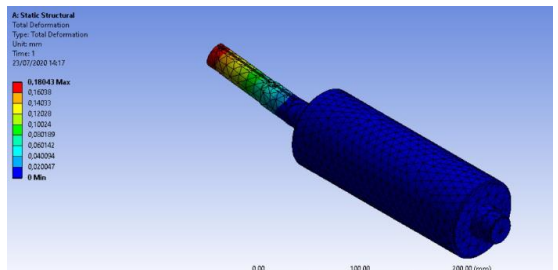
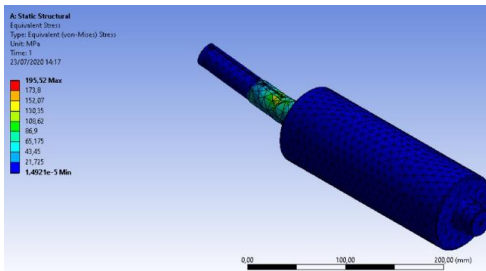
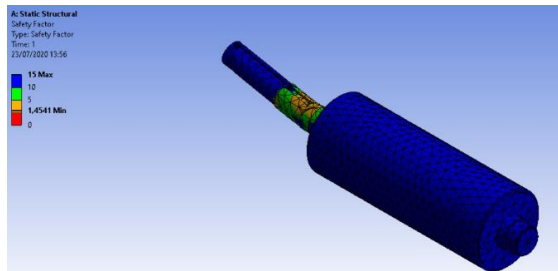
En la siguiente simulación se puede apreciar el impacto que tendrán los rodillos en la cera de abeja con una velocidad de 10.006 m/s.

### 5.11.2 Simulación del rodillo gofrador motriz

Se realizó el análisis de elementos finitos en el rodillo para verificar su correcto funcionamiento al momento del trabajo, se lo observa en la figura 5.18.

**Tabla 5. 21.** Simulación rodillo gofrador motriz

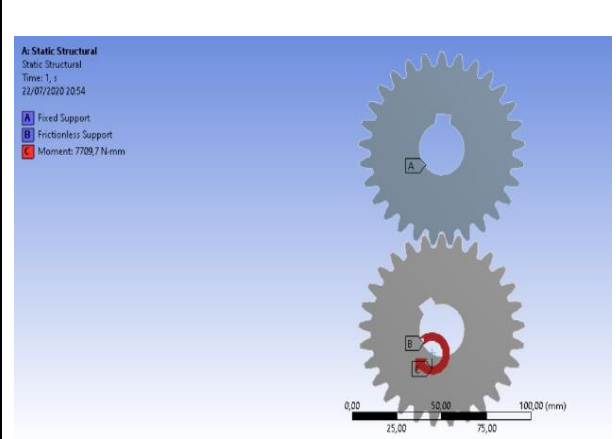
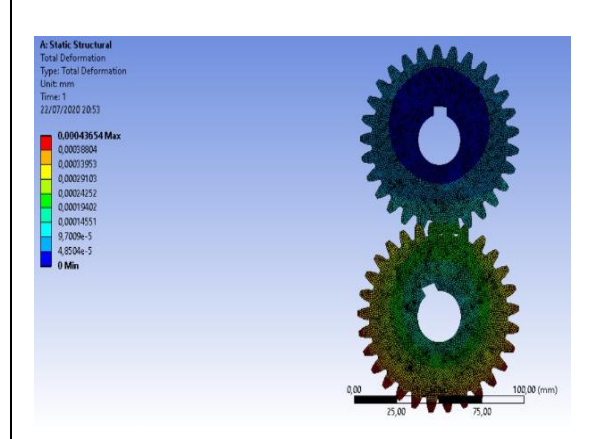
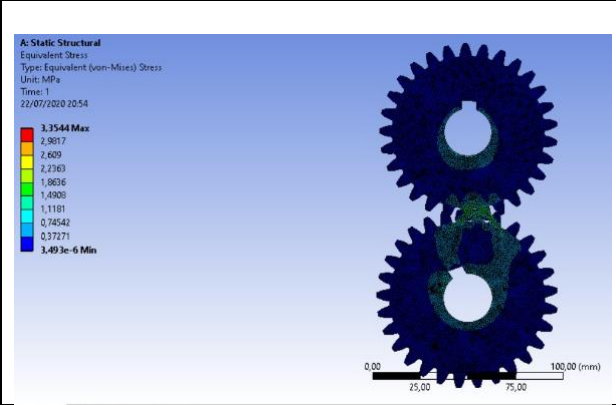
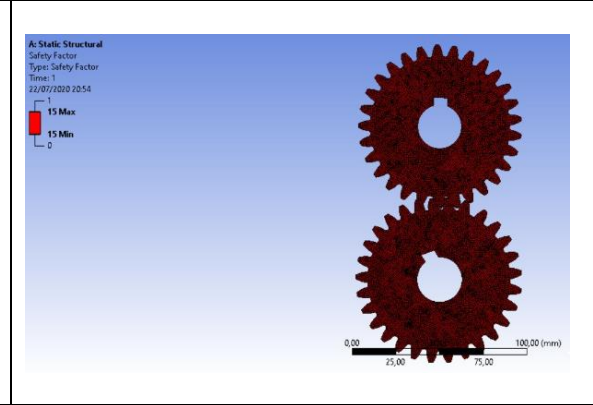
<b>Simulación del rodillo gofrador motriz</b>	
<p>Parámetros para la simulación:</p> <p>Longitud total: 389.5 mm</p> <p>Diámetro mayor del rodillo: 97 mm</p> <p>Material: Acero inoxidable 304</p>	
<p><i>Para la simulación se tomó como datos los valores de la tabla 5.3</i></p>	

	
<p>Para el correspondiente diseño de rodillos gofradores, se realizó el correspondiente análisis estructural aplicando una fuerza en el <i>eje y</i> de 7.70 kN, mientras que en el <i>eje z</i> de 2.80kN.</p>	<p><b>Simulación 1</b></p> <p>En la simulación 1 existe una deformación de 0.017mm que ejercerá el eje del rodillo.</p>
	
<p><b>Simulación 2</b></p> <p>En la simulación 2, mediante el desarrollo de la teoría de fallas se puede mediante el cálculo del valor de Von Mises, el cual se obtiene un valor de 108.62MPa.</p>	<p><b>Simulación 3</b></p> <p>La simulacion 3 nos da un factor de seguridad que se aplica en el eje del rodillo es de 1.45</p>

### 5.11.3 Análisis de Engranés

En la tabla 5.19, se realizó el análisis de elementos finitos en la parte de transmisión de los engranes, para verificar su funcionalidad y calcular su factor de seguridad.

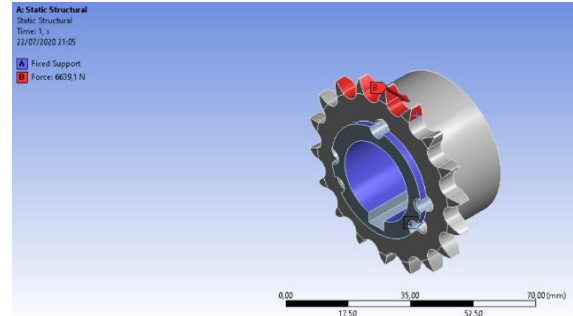
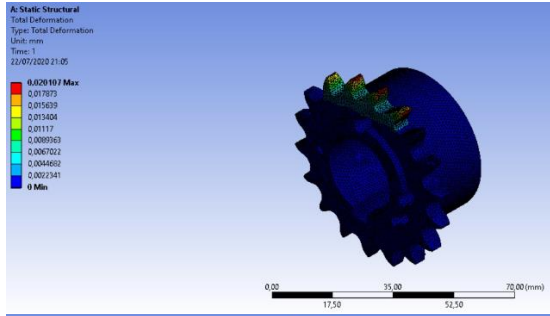
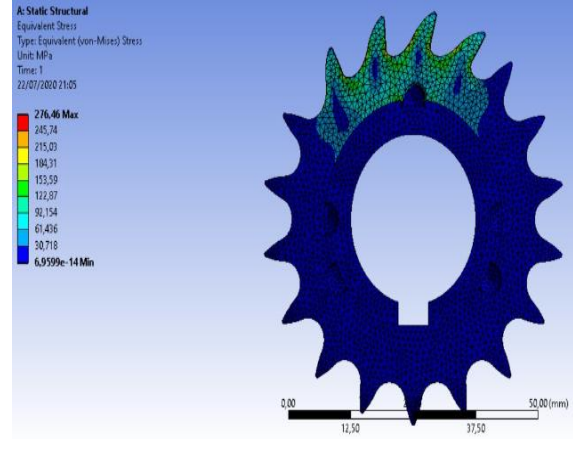
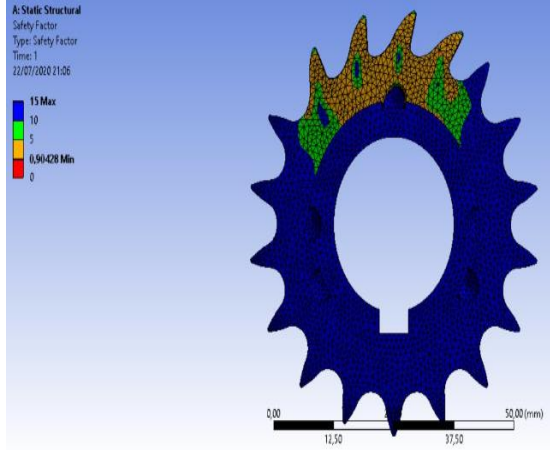
**Tabla 5. 22.**Análisis de elementos finitos de engranes

<b>Simulación de engranes</b>	
	
<p>Para la simulación de los engranes se aplicó un torque de 7709.7 Nmm</p>	<p style="text-align: center;"><b>Simulación 1</b></p> <p>En la simulación 1, se observa que el valor de deformación que obtendrán los engranes en el trabajo será de 0.000194mm</p>
	
<p style="text-align: center;"><b>Simulación 2</b></p> <p>En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor de 0.7454MPa</p>	<p style="text-align: center;"><b>Simulación 3</b></p> <p>La simulación 3, indica que el factor de seguridad tiene un valor de 15.</p>

### 5.11.4 Análisis de la catalina

En la tabla 5.20, se realizó el análisis de teoría de fallas en la parte de transmisión de las catalinas, para verificar su funcionalidad y calcular su factor de seguridad.

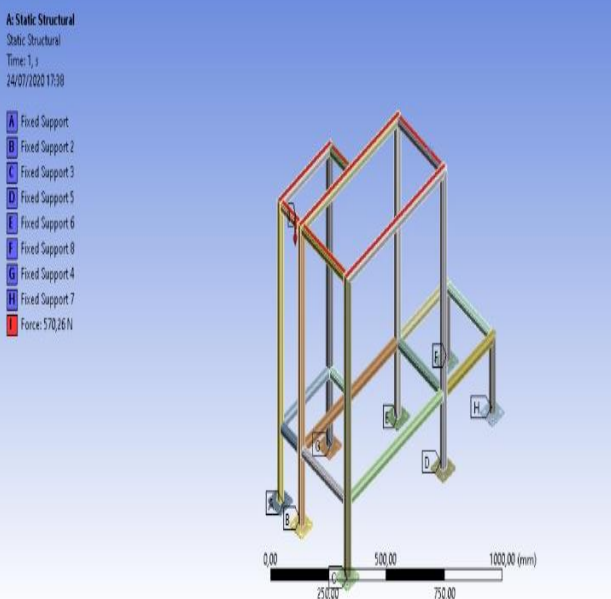
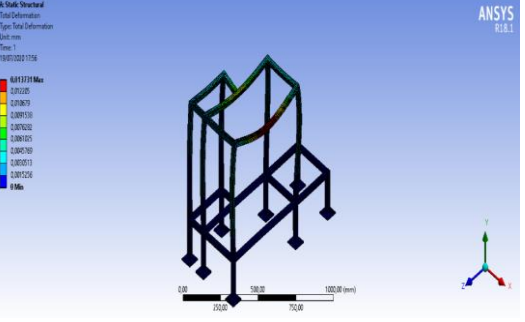
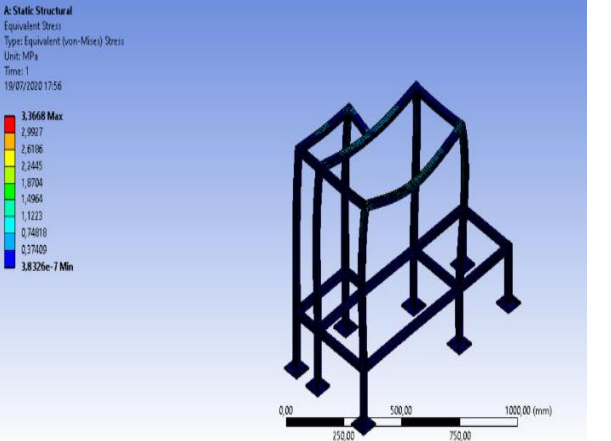
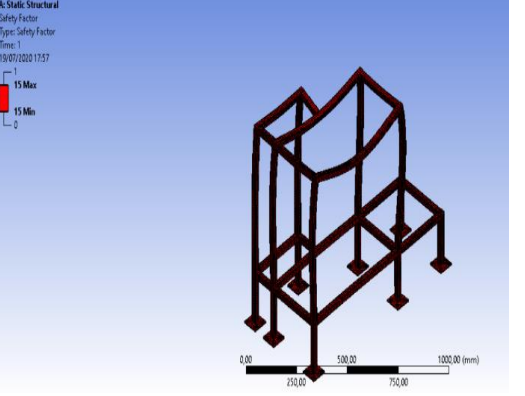
**Tabla 5. 23.** Análisis de la catalina

<b>Simulación de catalinas</b>	
	
<p>En la simulación de la catalina se aplicó una tensión en la cadena de 6.639 kN</p>	<p><b>Simulación 1</b> En la simulación 1, se observa que el valor de deformación que obtendrán la catalina será de 0.0201 mm.</p>
	
<p><b>Simulación 2</b> En la simulación 2, mediante un análisis de teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor de 0.7454MPa.</p>	<p><b>Simulación 3</b> La simulación 3, indica que el factor de seguridad para la catalina es valor de 5.</p>

### 5.11.5 Análisis Estructural

El diseño de la estructura debe satisfacer la necesidad de soportar una carga de 570.26 N, la misma que está hecha para soportar el peso de los elementos principales.

**Tabla 5. 24.** Simulación estructural

<b>Simulación de estructura</b>	
 <p>A: Static Structural Static Structural Time: 1, 1 24/07/2020 17:38</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Fixed Support</li> <li>B Fixed Support 2</li> <li>C Fixed Support 3</li> <li>D Fixed Support 5</li> <li>E Fixed Support 6</li> <li>F Fixed Support 8</li> <li>G Fixed Support 4</li> <li>H Fixed Support 7</li> <li>Force: 570.26 N</li> </ul> <p>0,00 250,00 500,00 750,00 1000,00 (mm)</p>	 <p>A: Static Structural Total Deformation Type: Total Deformation Unit: mm Time: 1 19/07/2020 17:56</p> <p>0,00 250,00 500,00 750,00 1000,00 (mm)</p>
<p>Se aplicó a la estructura que soporta todo el sistema de rodillos gofradores una carga de 58.19kg, ya que este es el peso de todos los elementos.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Simulación 1</b></p> <p>En la simulación 1, se observa que el valor de deformación es de 0.013mm</p>
 <p>A: Static Structural Equivalent Stress Type: Equivalent (von-Mises) Stress Unit: MPa Time: 1 19/07/2020 17:56</p> <p>3.3668 Max 2.9927 2.6106 2.2445 1.8704 1.4964 1.1223 0.74818 0.37409 3.8326e-7 Min</p> <p>0,00 250,00 500,00 750,00 1000,00 (mm)</p>	 <p>A: Static Structural Safety Factor Type: Safety Factor Time: 1 19/07/2020 17:57</p> <p>15 Max 15 Min 0</p> <p>0,00 250,00 500,00 750,00 1000,00 (mm)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Simulación 2</b></p> <p>En la simulación 2, mediante la teoría de fallas se calculó el valor de Von mises, el cual tiene un valor de 1.123MPa</p>	<p style="text-align: center;"><b>Simulación 3</b></p> <p>La simulación 3, se aprecia el factor de seguridad que va a tener la estructura este tiene un valor de 15 lo que significa que va a soportar 15 veces más el peso del sistema.</p>

## 5.12 Diagrama de Control del Sistema Eléctrico

El software QElectroTech nos permite diseñar el sistema eléctrico de control y potencia, del sistema de rodillos gofradores referenciado en la figura 5.7.

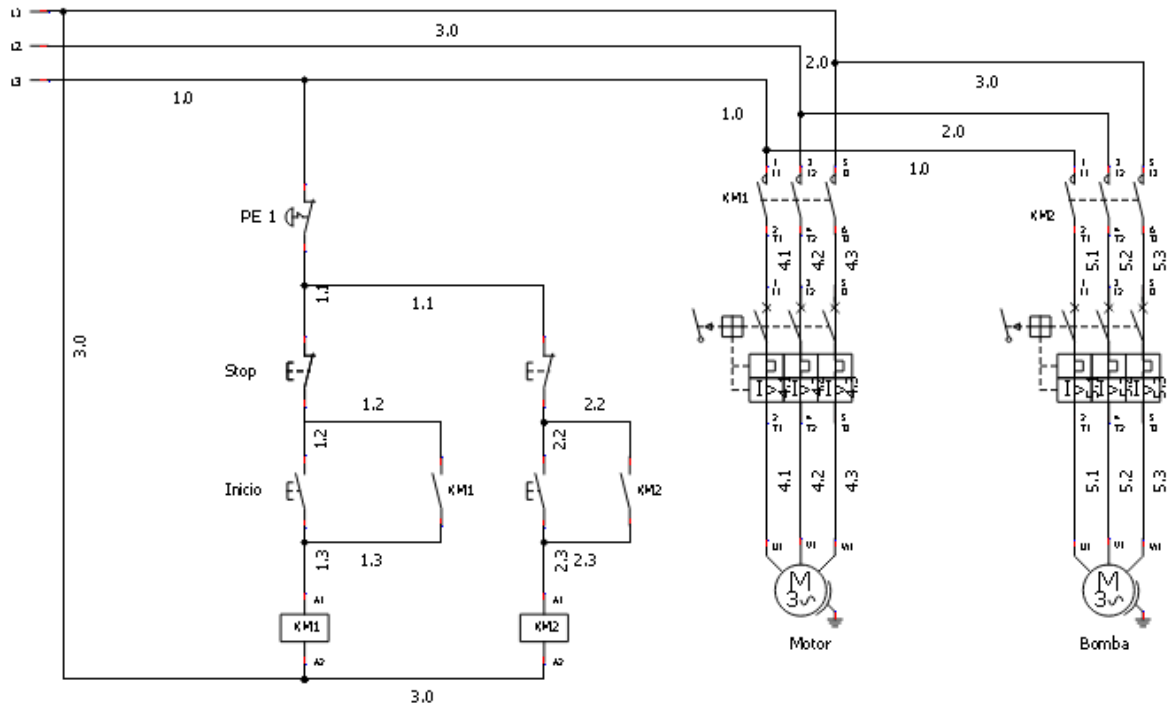


Figura 5. 8. Diagrama eléctrico

Fuente: Propia



## 6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTO

En este punto se presentarán los costos que conllevará dicho proyecto, en cuanto a sus materiales y costos de ingeniería.

Además, se realizará un análisis económico, para verificar la producción de la miel de abeja, con la nueva propuesta de la cera de abeja en cuanto a las dimensiones del alvéolo.

### 6.1 Materiales empleados en el sistema de rodillos gofradores

A continuación, se describirán los costos de los materiales que son empleados para el proyecto, tanto en la parte de control como en la mecánica, teniendo en cuenta que son comerciales en el país.

En la tabla 6.1, se detallan los costos de los materiales que se emplearán en la parte de control.

**Tabla 6. 1.** Material eléctrico

<b>COSTOS MATERIALES ELÉCTRICOS</b>			
<b>Motor con reductor de 0,37 Watt</b>	1	440	440
<b>Bomba centrífuga 0,37Watt</b>	1	60	60
<b>Contactador 3 polos – 9 A – 240 V AC</b>	2	13,47	26,94
<b>Relé de sobrecarga térmica para motor trifásico - 2.5 A – 220V A</b>	2	13,72	27,44
<b>Botón paro de emergencia</b>	2	4	8
<b>Botón de encendido</b>	2	4	8
<b>Botón de apagado</b>	2	4	8
<b>Cables AWG 14- Capacidad de corriente 18A</b>	1	24	24
<b>TOTAL (\$)</b>			<b>602,38</b>

En la tabla 6.2, se detallan los costos de los materiales que se emplearan en la parte mecánica.

**Tabla 6. 2. Materiales mecánicos**

<b>COSTOS MATERIALES MECÁNICOS</b>			
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo por pieza</b>	<b>Costo total (\$)</b>
<b>Catalinas Z18</b>	5	4,25	21,25
<b>Catalina Z46</b>	1	40	40
<b>Catalinas Z17</b>	1	4,15	4,15
<b>Rodillos</b>	2	500	1000
<b>Chumacera F16204</b>	2	8,7	17,4
<b>Chumacera F16207</b>	4	13	52
<b>Cadena</b>	6	6,47	38,82
<b>Rodamiento 6004</b>	4	9	36
<b>Rodamiento 6006</b>	4	9,35	37,4
<b>Banda trasportadora de cuero</b>	1	40	40
<b>Codo PVC</b>	2	1	2
<b>Válvula check 1/2</b>	1	4,69	4,69
<b>Válvula de esfera 1/2</b>	1	6	6
<b>Tubería PVC 1/2inch</b>	1	4,92	4,92
<b>Tubo cuadrado de 25x25x1,5</b>	3	12,37	37,11
<b>Plancha de acero 3mm</b>	1	20	20
<b>Plancha de acero 6mm</b>	1	30	30
<b>Plancha de 25x311x120</b>	1	32,5	32,5
<b>Plancha de 108x208,70x18</b>	2	6,5	13
<b>Plancha 208x70x18</b>	2	5,62	11,24
<b>Plancha 63x100x18</b>	2	2,75	5,5
<b>Ejes E410</b>	1	130	130
		<b>TOTAL (\$)</b>	<b>1583,98</b>

## 6.2 Costos de ingeniería

En la tabla 6.3, se detallarán los costos de ingeniería del presente proyecto de rodillos gofradores.

**Tabla 6. 3.** Costos de ingeniería

<b>COSTOS DE INGENIERIA</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Mano de obra directa</b>		800	800
<b>Diseño</b>	80	25	2000
<b>Uso de computador</b>	40	10	400
<b>Energía eléctrica en maquinaria</b>	0,09	400	36
<b>Uso de maquinas</b>	160	20	3200
		<b>TOTAL (\$)</b>	<b>6436</b>

En la tabla anterior, se observa que los costos de ingeniería en su totalidad son de USD \$ 6434, a este valor se sumaran los valores de materiales de control y mecánicos, por lo que en su totalidad el proyecto costara USD \$ 8622.36

## 6.3 Análisis de producción

Mediante la investigación de campo se logró obtener los siguientes datos al momento de la producción de miel de abeja, en las pequeñas empresas apícolas, teniendo en cuenta que la producción se la realiza mensualmente.

Actualmente los apicultores usan láminas de 2775 alvéolos, la misma que tiene un costo en el mercado local de Cotopaxi de USD \$ 1.30, además su productor por lámina es de 1litro de miel de abeja.

Sin embargo, se tendrá en cuenta la mejora realizada en los rodillos gofradores, misma que se obtuvo 3173 alvéolos con finalidad de tener un incremento de un 13 % en la producción de miel. Ya que cada colmena consta de 10 alzas.

**Tabla 6. 4.** Producción de miel

<b>CÁLCULO DE MIEL</b>				
Láminas	Miel	Unidad	Costo (\$)	Alvéolos
Lámina de cera estándar	1	lt	20	2775,21 alvéolos
Lámina de cera modificada	1,143	lt	22.8	3173,22 alvéolos

Mediante la investigación de campo, la producción en un mes es de 40 litros de miel y con una lámina de cera estándar, mientras con la mejora realizada en el proyecto es de 45.73 litros produciéndome una ganancia como indica en la Tabla 6.5.

**Tabla 6. 5** Producción al mes

<b>Precio</b>	<b>Miel(litros)</b>	<b>Ganancia (\$)</b>
20	40	800
	45.73	914.6

Cada colmena consta de un marco de madera con un precio de 1.50 \$ y lámina moldeada de cera de abeja con un valor de 1.30\$, ya que siempre dependerá al número de colmenas que tenga el apicultor, ver tabla 6.6.

Se produce una ganancia de 180\$, por 120 láminas que necesita en un mes

**Tabla 6. 6.** Valor inversión

<b>Número de colmenas</b>	<b>Número de láminas por colmena</b>	<b>Número de láminas (mes)</b>	<b>Ganancia (\$)</b>
12	10	120	156

Dando un valor inversión de cera y marcos dando un valor de 336\$.

$$ganancia\ total = \$miel - \$inversión$$

$$ganancia\ total = 914.6\$ - 336\$$$

$$ganancia\ total = 573.6\$$$

$$ganancia\ anal = 573.6\$ * 12meses$$

$$ganancia\ anal = 6943.2\$$$

De acuerdo a la ganancia producida en un mes de \$573.6, y el proyecto tendrá un valor de USD \$ 8622.36 en 15 meses.

PERÍODO	INGRESOS	EGRESOS	INVERSIÓN	FLUJO NETO DE FONDOS
2020	10975,2	4032	-8622,36	6943,2
2021	10975,2	4032		6943,2
2022	10975,2	4032		6943,2
2023	10975,2	4032		6943,2
2024	10975,2	4032		6943,2
TIR				75,7189%
VAN				\$16.846,51
BENEFICIO/COSTO				1,953816138

Para la producción de cera de abeja, se estima que en un día laboral de 8horas producirán 2969 láminas, por lo tanto, en un mes de 22 días se tendrá un total de 65319.

## 6.4 Análisis de impacto

### 6.4.1 Impactos tecnológicos

El diseño está basado en conocimiento de ingeniería para su correcto dimensionamiento, el mismo que es computarizado, facilitando el análisis de variables aumentando el número de alvéolos de una lámina Langstroth y mediante el método de elementos finitos analizar los componentes del sistema de rodillos gofradores.

### 6.4.2 Impactos sociales

Mediante el diseño se incrementó el número de alvéolos de la lámina de cera, disminuyendo el tiempo de fabricación, de tal forma que incentiva y ayuda con los procesos de producción de laminado por parte de la industria apícola.

## **7 Conclusiones y recomendaciones**

### **7.1 Conclusiones**

- Se diseñó el sistema de rodillos gofradores mediante el uso de un software computacional CAD, mismo que nos facilitó mejorar la lámina Langstroth existente (415x195mm con 2776alveolos, de 5.4mm), para lo cual se modificó el número de alveolos a 3173, de 5.05mm, con la finalidad de aumentar la producción de miel en un 13%.
- Mediante la aplicación computacional CAE, se logró verificar que los componentes del sistema de rodillos gofradores obtienen un factor de seguridad mayor que 1, lo que significa que el diseño esta correctamente.
- Se comprobó el comportamiento de la cera de abeja al momento de su estampado con un software computacional CAE, teniendo como observaciones que la velocidad de entrada y de salida son constantes, y que sus temperaturas varían de 30°C a 27° respectivamente.

### **7.2 Recomendaciones**

- Como el proceso de purificación y fundición de la cera de abeja, no se dispone en el país, siendo este necesario para la obtención de láminas estampadas, evitando así realizarlo de manera manual.
- Al momento del ensamblado de los rodillos gofradores hacer uso de una galga para calibrar los mismos, y obtener un espesor de lámina de cera adecuado.
- Implementar un sistema neumático para el cortador vertical en caso de que la empresa disponga de un compresor para el funcionamiento del mismo
- Utilizar otro tipo de material inocuo para el mecanizado de los rodillos gofradores debido a que el acero inoxidable AISI 304 es costoso, teniendo en cuenta que como segunda opción es el duraluminio.
- Para una mejor interacción, utilizar una herramienta CAE que permite realizar un estudio dinámico de fluidos computacional CFD, que utiliza métodos numéricos y algoritmos para su respectivo análisis.

## 8 REFERENCIAS

- [1] “Unesco.” [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000105765\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000105765_spa). (accessed Mar. 06, 2020).
- [2] “Agronegocios,” 2018. <https://www.agronegocios.co/aprenda/la-produccion-de-miel-en-el-pais-crecio-636-2717911>.
- [3] J. David, P. Ruiz, G. Charles, and V. Cubillos, “Diseño Y Construcción De Rodillos,” 2004.
- [4] I. Escriche, “Adulteración de la cera de abeja. Problemática en su industrialización y comercialización,” Universidad Politécnica Valencia.
- [5] P. Vit, “Productos de la colmena secretados por las abejas: Cera de abejas, jalea real y veneno de abejas,” *Rev. del Inst. Nac. Hig. Rafael Rangel*, vol. 36, no. 1, pp. 35–42, 2005, Accessed: May 20, 2020. [Online]. Available: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772005000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772005000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- [6] J. Gonzalez, “LAVADOR Y DESCAMADOR DE PESCADOS VARIOS PARA UNA FABRICA DE EQUIPOS DE PROCESAMIENTOS DE ALIMENTOS,” *Bibliogeo.Ing.Ucv.Ve*, p. 89, 2013, [Online]. Available: [http://bibliogeo.ing.ucv.ve/DB/bfiegucv/EDOCS/SRed/2012/10/T041500005176-0-TEG\\_ANAYA\\_RAQUEL\\_2004-000.pdf](http://bibliogeo.ing.ucv.ve/DB/bfiegucv/EDOCS/SRed/2012/10/T041500005176-0-TEG_ANAYA_RAQUEL_2004-000.pdf).
- [7] C. H. Alquiles A, “DISEÑO DE UN EQUIPO QUE PERMITA RETIRAR EL OPERCULO DE LOS CUADROS DE PANALES PARA EL PROCESO DE EXTRACCION DE LA MIEL DE ABEJA,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, p. 262, 2013, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [8] INEN, “INEN 1572 Miel de abejas,” *Inen*, vol. 1, pp. 1–11, 2012.
- [9] C. Alimentarius, “CODEX STAN 156-1987 Página 1 de 9,” *CODEX Norma Para La Miel*, vol. 1, pp. 1–9, 2011.
- [10] Johan Flores, “Diseño de un equipo fundidor y estampador de cera de abejas,” Universidad Central de Venezuela, 2014.
- [11] D. Herrera, “Ceras Naturales: Vegetales Y Animales.” <http://siwaxgroup.com/wp-content/uploads/2018/07/ceras-naturales.pdf> (accessed May 24, 2020).
- [12] *Reglamento Protección Industria Apícola Nacional*, no. 15563-MAG-S. Ecuador, 2016.
- [13] MAG, “Reglamento de la Normativa Producción orgánica Agropecuaria en el Ecuador(Acuerdo No. 302),” no. 302, p. 40, 2006.
- [14] “Cera de abejas,” pp. 2007–2009, 2008, [Online]. Available: [http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista\\_ACPA/2006/REVISTA\\_02/20\\_CERA\\_ABEJAS.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista_ACPA/2006/REVISTA_02/20_CERA_ABEJAS.pdf).
- [15] R. Alejandro, “Velas y Figuras de Cera de Abeja.” [file:///C:/Users/HP/Downloads/363593396-Manual-de-Cera-de-Abeja-pdf \(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/363593396-Manual-de-Cera-de-Abeja-pdf%20(1).pdf) (accessed May 24, 2020).
- [16] H. Angélica, “Obtención de triacontanol mediante saponificación a partir de la atracción de cera depanales de abejas,” Universidad Central, 2017.

- [17] J. M. Montes, *Propiedades eléctricas de los materiales*. 1998.
- [18] “Apicola los pedroches.” [https://apicolalospedroches.com/files/pequena leccion de laminadoras.pdf](https://apicolalospedroches.com/files/pequena_leccion_de_laminadoras.pdf) (accessed May 22, 2020).
- [19] Albiz, “Equipos para estampar cera de abeja.” [Online]. Available: <https://all.biz/ar-es/equipos-para-estampar-cera-de-abejas-g114515>.
- [20] Apidroches, “Laminadoras de uso industrial.” .
- [21] “Multi-sweet Group.” <http://es.toppollen.com/beeswax-machines/manual-beeswax-embossing-machine-for-sal.html> (accessed May 14, 2020).
- [22] P. Rebel, *Cera estampada*. Guatemala, 2017.
- [23] L. Grijalva, “Apicola Grijalva.” <http://apicolagrijalva.com/> (accessed May 15, 2020).
- [24] “Estampadora de cera.” <https://www.latiendadelapicultor.com/comprar-estampadora/estampadora-de-cera-refrigerada-langstroth.html> (accessed Jun. 16, 2020).
- [25] “Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación(FAO).” <http://www.fao.org/3/y5110s/y5110s0e.htm#TopOfPage> (accessed May 21, 2020).
- [26] Apidroches, “Relación entre el tamaño de celdilla.” .
- [27] “SIMEC GROUP.” <https://www.simecgroup.com/es/simecgroup/Prodotti-HiQ/Rulli-Goffratori-EMBOSS.html> (accessed Apr. 11, 2020).
- [28] B. J. D, Velazco, “Laminado de metales,” Tecnológica de Panama.
- [29] “Cylingrab s.a.” <http://www.cylingrab.com.co/#!/-diferentes-tipos-de-grabado/> (accessed Apr. 11, 2020).
- [30] “Empaque Conversión.” <http://www.elempaque.com/temas/Produccion-y-servicio-de-las-OEM-en-materia-de-rodillos-industriales+5072604> (accessed May 21, 2020).
- [31] Muratex, “Directindustry.” [Online]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/muratex-textile/product-172288-1905392.html>.
- [32] R. Covers, “Recubrimientos de rodillos y prensas para la industria papelera.” [Online]. Available: <https://www.tecnocaucho.com/sector-industria-papelera/>.
- [33] “Laminación.” <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2548/08-MPM-Cap5-Final.pdf?sequence=8>.
- [34] G. Mikell, *Fundamentos de manufactura moderna*, 1a Ed. .
- [35] S. A. KALPAKJIAN, S. R. A. SCHMID, and U. rev. téc F. López, *Manufactura, ingeniería y tecnología*. 2002.
- [36] “ISO 22000,” *Int. Stand. Organ.*, p. 58, 2018, [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/65464.html>.
- [37] “Transmisión de movimiento.” [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema\\_5\\_1.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema_5_1.pdf) (accessed May 23, 2020).



- [38] “Mecatronicalatam(Mecánica,mecanismos,engranes).”  
<https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/mecanica/mecanismos/engranaje/engranajes-conicos/> (accessed May 31, 2020).
- [39] H. Reinoso, A. Mauro, F. Molina, and J. Pino, *Teoría básica del diseño*. 2017.
- [40] “Herramientas de diseño e Ingeniería,” 2003.  
[https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca\\_GTcapitulo1.pdf?hash=a01bfecb08d6df29c61aa8f9482a60a6](https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=a01bfecb08d6df29c61aa8f9482a60a6) (accessed May 25, 2020).
- [41] E. L. Gran, “Catálogo 4000.”
- [42] FAG, “Rodamientos FAG,” p. 1639, 2009, [Online]. Available: [www.fag.com](http://www.fag.com).
- [43] CODEX, “Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos,” *Codex Stan 193\_1995*, pp. 1–48, 1999.
- [44] D. F. Carvajal Avila and M. A. Rojas Galvis, “Banco de Pruebas de Sistemas de Transmisión de Potencia,” p. 131, 2010, [Online]. Available: [http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1095/1/digital\\_19134.pdf](http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1095/1/digital_19134.pdf).
- [45] “ATCOR/GERYMA s.a.”
- [46] I. De Menorca, “Catálogo general,” vol. 02, no. 2.
- [47] R. Mott, *Diseño de Elementos-de Maquinas Robert Mott*. .
- [48] Industrias Unidas Sociedad Anónima, “Bombas Periféricas,” *México*, 2017, [Online]. Available: <https://www.tiendaiusa.com/media/productattach/p/l/plo-iusa-41-ficha.pdf>.
- [49] DIPAC MANTA S.A., “Ejes Acero Inoxidable,” *Rev. Acero Inox.*, p. 51, 2006, [Online]. Available: <http://www.cedinox.es/es/publicaciones/revista-acero-inoxidable/index.html>.

Firma: \_\_\_\_\_

Chiluisa Palomo Erika Alexandra

Proponente 1

Email: erika.chiluisa4@utc.edu.ec

Telf.: 0984545213

Firma: \_\_\_\_\_

Ing. M.sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

PROFESOR TUTOR

Email: hector.reinoso@utc.edu.ec

Telf.: 0987294435

# **ANEXOS**

**Anexos I.**  
**Marco Teórico**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO I

Tabla 1. Medidas de diferentes tipos de colmenas verticales

Tipo	Langtroth	Dadant	Lusitina	Layens
Medidas cámara de cría	53,5x38x24	46,5x38x31	37x38x31	según N° cuadros
Medidas alzas	46,5x38x24	46,5x38x17	37x38x16	
Med.cuadro alza miel	42x20	42x27	33x27	35x30
Med. Cuadro alza miel	42x20	42x13	33x12	35x30
Superficie cuadro	160dm <sup>2</sup>	2020 dm <sup>2</sup>	180 dm <sup>2</sup>	240dm <sup>2</sup>
Cría teórica(abejas)	45000	60000-62000	50000	67200
kg de abeja x cría (kg)	4,5	6	5	6,7
Capacidad en litros(L)	42,4	54	43,5	
Capacidad total(L)	84,8	84	65,9	
Capacidad en alza miel (kg)	25	16	13	

Fuente:[10]



ANEXO I

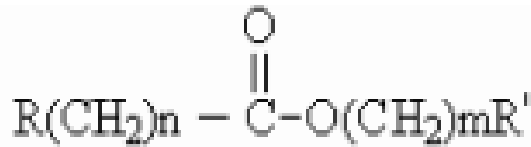


Figura 1. Estructura química de la cera de abeja

Fuente: [16]



ANEXO I

Materiales poliméricos		
Baquelita	3.7	-
Cartón	3.2	-
Cera de abejas	2.49	2.53
Policloruro de vinilo (PVC)	3.2	2.88
Ebonita	3	2.7
Goma natural	2.4	2.4
Mylar	2.5	2.5
Nailon-6,6	3.8	3.3
Neopreno	6.6	6.3
Papel (seco)	3.3	2.99
Parafina	2.3	2.3
Plexiglás	3.4	2.76
Poliestireno	2.56	2.56
Polietileno	2.26	2.26
Resina epóxido	4.0	3.6
Silicona	3.2	3.1
Teflón	2.1	2.1

Figura 2. Propiedades de los materiales poliméricos

Fuente: [17]



ANEXO I

Material	Rigidez dieléctrica (MV/m)	Resistividad eléctrica (Ω.m) a 300 K
Materiales cerámicos		
Alúmina ( $Al_2O_3$ )	13.4	$10^{11} - 10^{14}$
Amianto	12	$10^{14} - 10^{15}$
Circona ( $ZrO_2$ )	11.4	$10^8 - 10^7$
Cuarzo ( $SiO_2$ )	10	$>10^{18}$
Mármol	15	$10^7 - 10^8$
Mica	118	$10^{11} - 10^{13}$
Porcelana	35 - 160	$10^{10} - 10^{12}$
Rutilo ( $TiO_2$ )	6	$10^{11} - 10^{13}$
Titanato de bario ( $BaTiO_3$ )	6	$10^6 - 10^{13}$
Titanato de estroncio ( $SrTiO_3$ )	8	$10^6 - 10^{13}$
Vidrio Pyrex	14	$10^{12}$
Vidrio sódico-calcico	9.8 - 13.8	$10^9 - 10^{11}$
Materiales moleculares		
Aceite	11.8	$>10^{18}$
Aceite de silicona	15	$10^{12}$
Aire	3	$10^{16}$
Ámbar	118	$10^{16}$
Materiales poliméricos		
Baquelita	24	$10^{12}$
Cartón	20	$10^5 - 10^{11}$
Cera de abejas	-	$10^{12} - 10^{14}$
Policloruro de vinilo (PVC)	13.8 - 19.7	$10^{12} - 10^{14}$
Ebonita	40	$10^{11} - 10^{13}$
Goma natural	100 - 215	$10^{11} - 10^{16}$
Mylar	20	$10^{10}$
Nailon-6,6	23.6	$10^{11} - 10^{13}$
Neopreno	15.7 - 27.6	$10^7 - 10^{11}$
Papel (seco)	15	$10^{10}$
Parafina	29	$10^{16}$
Plexiglas	19.7	$10^{15}$
Poliestireno	19.7	$10^{17} - 10^{18}$
Polietileno	18.9 - 21.7	$10^{13} - 10^{18}$
Resina epóxido	16	$10^{12} - 10^{17}$
Silicona	26 - 36	$10^8 - 10^{12}$
Teflón (PTFE)	19.7	$10^{11} - 10^{16}$

Figura 3. Propiedades típicas de la cera de abeja

Fuente: [17]



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO I

TAMAÑO CELDILLA (mm) Nota: 1 mm=0,1dm	AREA CELDILLA (dm <sup>2</sup> ): Nota: 1 dm <sup>2</sup> =100mm <sup>2</sup>	CELDILLAS POR CARA EN UN DM <sup>2</sup> (aprox un cuadrado de 10cm de lado o una superficie irregular de similar superficie) □ ○	CELDILLAS POR DOS CARAS EN UN DM <sup>2</sup> (aproximadamente)
4,70	0,1913	522,72	1045
4,80	0,1995	501,11	1002
4,90	0,2079	480,92	961
5,00	0,2165	461,88	924
5,10	0,2252	443,94	888
5,20	0,2341	427,03	854
5,30	0,2432	411,07	822
5,37	0,2497	400,42	800
5,40	0,2525	395,98	792
5,43	0,2543	391,62	783
6,00	0,3117	320,75	641
6,10	0,3222	310,31	620
6,20	0,3329	300,39	600
6,30	0,3437	290,92	582
6,40	0,3547	281,90	564
6,70	0,3887	257,22	514
6,80	0,4004	249,71	499
6,86	0,4075	245,36	490
6,90	0,4123	242,53	485
7,00	0,4243	235,65	471

**Figura 4.** Relación entre el tamaño celdilla y densidad de alveolos por dm<sup>2</sup>

**Fuente:** [26]





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO I

**Tabla 2.** Propiedades del polímero duralón

Propiedades	Valor	Unidades
Densidad de masa	1400	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	142,559	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	139,043	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	3e-0,05	/K
Conductividad térmica	0,53	W/(mK)
Calor específico	1500	J/(kg.K)

Fuente: Solidwork 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



ANEXO I

**Tabla 3.** Propiedades del acero inoxidable 303

Propiedades	Valor	Unidades
Densidad de masa	7800	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	513,613	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	172,339	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1,1e-0,05	/K
Conductividad térmica	18	W/(mK)
Calor específico	460	J/(kg.K)

Fuente: Solidwork 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO I

**Tabla 4.** Propiedades del acero inoxidable 304

Propiedades	Valor	Unidades
Densidad de masa	8000	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	517,017	N/mm <sup>2</sup>
Límite de compresión		N/mm <sup>2</sup>
Límite elástico	206,807	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	1,8e-0,05	/K
Conductividad térmica	16	W/(mK)
Calor específico	500	J/(kg.K)

Fuente: SolidWork 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO I

**Tabla 5.** Propiedades del duraluminio

Propiedades	Valor	Unidades
Densidad	2,76	g/cm
Módulo elástico	72000	Mpa
Coefficiente dilatación lineal	23,6*10	°K
Conductividad térmica	120-150	W/m°K
Conductividad eléctrica	18-22	m/mmm

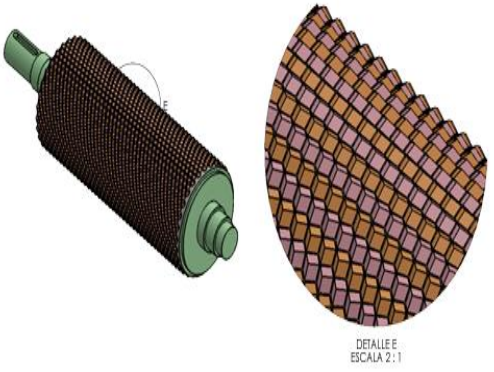
Fuente: SolidWork,2017

**Anexos II.**  
**Metodología**



**ANEXO II**

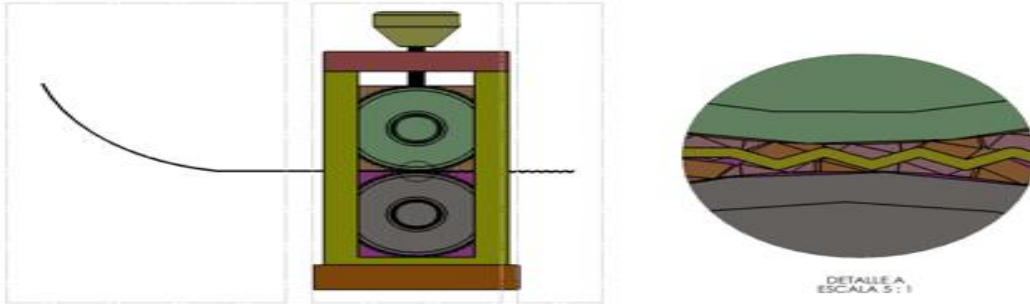
**Tabla 1.** Dimensionamiento de las formas de alvéolos en los rodillos

<p>En este caso los rodillos gofradores es la parte primordial del sistema, debido a que por medio de ellos se va a formar el alveolo que se necesita en el estampado en la cera de abeja</p>				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Espesor de la cera	$\rho = \frac{m}{A \cdot e}$	$\rho = \textit{densidad}$	$[g/mm^3]$	(4.1)
		$m = \textit{masa}$	$[g]$	
		$A = \textit{Áreas}$	$[mm^2]$	
		$e = \textit{espesor}$	$[mm]$	
Tamaño de celda y densidad de alvéolos	$A = \frac{(3x (\textit{Tamaño celdilla})^2)}{(4x \cos 30^\circ)}$	$A = \textit{Área de un hexagono}$	$[mm^2]$	(4.2)
Area de la lámina de cera	$A_{\textit{cera}} = A_{\textit{celdilla}} * \#.\textit{alveolos}$	$A_{\textit{cera}} = \textit{Área de la cera}$	$[mm^2]$	(4.2.1)



**ANEXO II**

**Tabla 2.** Análisis del comportamiento de la cera de abeja



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Comportamiento de la cera en los rodillos	$P_1 + \frac{1}{2} \delta v_1^2 + \delta g h_1 =$ $P_2 + \frac{1}{2} \delta v_2^2 + \delta g h_2$	$P = \textit{presión}$	$[g/mm^3]$	(4.3)
		$v = \textit{velocidad}$	$[g]$	
		$\rho = \textit{densidad}$	$[mm^2]$	
		$h = \textit{altura}$	$[mm]$	
Velocidad 1=velocidad 2	$\sqrt{\frac{2 \left( \frac{m v_2^2}{2} \right)}{A^2} + \frac{1}{2} \rho v_2^2}$ $\rho$	$m = \textit{masa}$	$[g]$	(4.3.1)
		$A = \textit{Áreas}$	$[mm^2]$	
		$\rho = \textit{densidad}$	$[g/mm^3]$	
		$v = \textit{velocidad}$	$[mm/s]$	



**ANEXO II**

**Tabla 3.** Definición de campo

Alternativas de moldeado de cera	Características
<b>Estampadora de cera refrigerada Langstroth</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costo menor para fabricar cera de abeja</li> <li>✓ Se emplean para la fabricación local</li> <li>✓ Bajo uso en la producción masa.</li> <li>✓ No se optimizan recurso materiales y humanos</li> <li>✓ Tiempo de estampado mayor</li> </ul>
<b>Estampadora rotativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Necesita corredera.</li> <li>✓ Laminado de baja calidad.</li> <li>✓ Proceso continuo</li> <li>✓ Uso común</li> <li>✓ Costo no muy elevado</li> <li>✓ Se usa para sostener al molde o a la pieza</li> </ul>
<b>Estampadora semiautomática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estampado de toda la superficie de la cera</li> <li>✓ Grabado de la cera de alta calidad</li> <li>✓ Producción a gran escala</li> <li>✓ Optimiza recurso materiales y humanos</li> <li>✓ Proceso continuo</li> <li>✓ Costos de los rodillos mayor</li> </ul>
<b>Estampadora automática</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costos de fabricación elevados</li> <li>✓ Producción a gran escala</li> <li>✓ Laminado uniforme</li> </ul>

Alternativas	Parámetros de comparación				
	Producción	Precisión en el grabado	Optimización de recursos	Costos	Total
<b>Estampadora de cera refrigerada Langstroth</b>					
<b>Estampadora rotativa</b>					
<b>Estampadora semiautomática</b>					
<b>Estampadora automática</b>					



ANEXO II

Tabla 4. Selección del motor

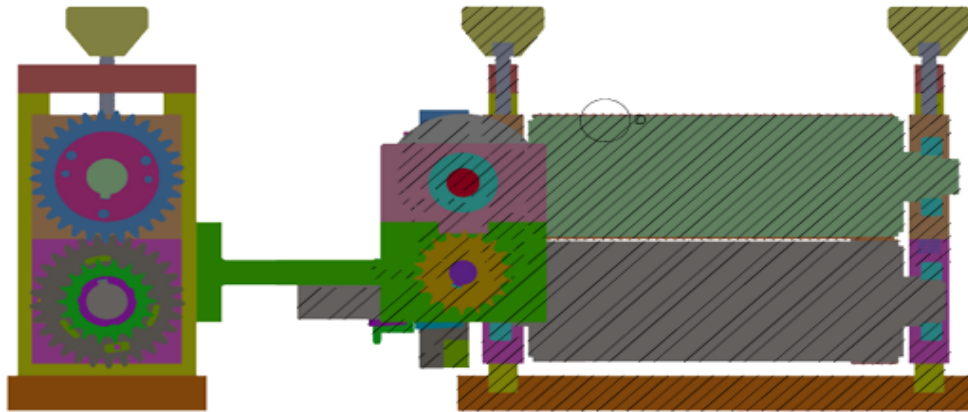
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Torque	$\tau = F * r$	$\tau = \text{torque}$	[RPM]	(4.4)
		$F = \text{fuerza}$	[mm/s]	
		$r = \text{radio}$	[mm]	
Potencia requerida del motor	$P = \frac{T * RPM}{716}$	$P = \text{potencia}$	[HP]	(4.5)
		$rpm = \text{velocidad angular}$	[RPM]	
		$T = \text{Torque}$	[kg.m]	



**ANEXO II**

**Tabla 5.** Dimensionamiento de elementos en rodillos gofradores

Los elementos que conforman en el sistema de rodillos gofradores es la parte principal ya que mediante los mismos realizara su respectivo movimiento.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Longitud de arco	$c = \pi * \phi$ $\phi = \frac{c}{\pi}$	$c =$ Longitud de arco	[mm]	(4.6)
		$\phi =$ Daímetro de rodillo	[mm]	
Diámetro mínimo del eje	$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}}$	$N =$ Factor de seguridad		(4.7)
		$d_{min}$ = diámetro mínimo del eje	[mm]	
		$M =$ momento flector máximo	[Nm]	
		$T =$ Torque	[Nm]	
		$S_y =$ resistencia a la fluencia	[MPa]	





ANEXO II

**Tabla 6.** Potencia requerida para el eje motriz

Elemento que trasmite la potencia al todo el sistema de rodillos gofradores.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo de torque	$\tau = F * r$	$\tau = \text{torque}$	[RPM]	(4.8)
		$F = \text{fuerza}$	[mm/s]	
		$r = \text{radio}$	[mm]	
Potencia	$P = T * \omega$	$P = \text{potencia}$	[HP]	(4.9)
		$\omega = \text{velocidad angular}$	[RPM]	
		$T = \text{Torque}$	[kg.m]	



**ANEXO II**

**Tabla 7. Relación de transmisión**

El sistema de transmisión poseera un sistema de engranes, los mismos que trasmitirán movimiento a todos los sistemas que conforman el conjunto para realizar el laminado.



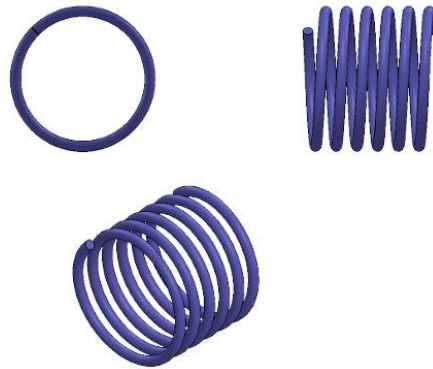
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Diámetro de paso del piñón (engrane pequeño)	$DP_1 = \frac{DC * 2}{Relacion + 1}$	$DP_1 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	(4.10)
		$DC = \text{distancia entre centros}$	[mm]	
Diámetro de paso del piñón (engrane mayor)	$DP_2 = DP_1 * Relación$	$DP_2 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	(4.11)
		$DP_1 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	
Distancia entre centros	$DC = \frac{DP_1 + DP_2}{2}$	$DP_2 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	(4.12)
		$DP_1 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	
Calculo de modulo	$m = \frac{DP_1}{z}$	$DP_1 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	(4.13)
		$m = \text{modulo}$		
		$z = \text{número de dientes}$		
Cálculo diámetro externo	$DE = m(z + 2)$	$DP_1 = \text{diámetro de paso del piñón}$	[mm]	(4.14)
		$m = \text{modulo}$		
		$z = \text{número de dientes}$		
Cálculo para la potencia de diseño	$P_d = \frac{P_m * K_s}{K_h}$	$P_d = \text{Potencia de diseño}$	[kW]	(4.15)
		$P_m = \text{Potencia del motor}$	[kW]	
		$K_s = \text{Factor de servicio para cadenas de rodillo}$		
		$K_h = \text{Factor de multiples hileras}$		
Número de eslabones de la cadena	$N = \frac{2 * C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C}$	$N = \text{Número de eslabones}$		(4.16)
		$C = \text{Distancia entre centros}$		
		$p = \text{Paso transversal}$		
		$z_1 = \text{Número de dientes de la catalina conductora}$		
		$z_2 = \text{Número de dientes de la catalina conductora}$		
Comportamiento del rodamiento	$P_o = X * F_r + Y * F_a$	$P_o = \text{Carga estática equivalente}$	[kN]	(4.17)
		$F_r = \text{Carga radial}$	[kN]	
		$F_a = \text{Carga axial}$	[kN]	
		$X_o = \text{Factor radial}$		
		$Y_o = \text{Factor axial}$		



**ANEXO II**

**Tabla 8.** Sistema de calibración para los rodillos

El sistema de calibración cumple la funcionalidad de regular el espesor de la lámina de cera de abeja, los cuales contarán con resortes y pernos.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	Nº
Cálculo de resortes	$K = \frac{G * d^2}{8 * N * D^3}$	$y = Deflexión (mm) correspondiente a una fuerza aplicada "F"$	[mm]	(4.18)
		$F = Fuerza aplicada$		(4.19)
Número de espiras	$N = \frac{G * d^4 * y}{8 * F * D^3}$	$F_r = Carga radial aplicada$	[kN]	(4.20)
		$A, m = Resistencia de tensión min del alambre$	Conts.	
Fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material	$F_{mx.p} = \frac{A * d^{3-m}}{5.88(D + 0.5d)}$	$D = Diámetro del alambre$	[mm]	
		$n = Factor de seguridad$		
		$N = Número de espiras$		
Factor de seguridad	$n = \frac{F_{mx.p}}{F_{mx.aplicada}}$	$G = módulo de rigidez$	$\left[ \frac{N}{mm^2} \right]$	(4.21)



**ANEXO II**

**Tabla 9. Sistema de tornillo de regulación**

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Cálculo del tornillo de regulación	$T_R = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l + \pi * f * d_m}{\pi * d_m - f * l} \right)$	$T_R = \text{Par de torsión}(\text{subir la carga})$	[N /mm]	(4.22)
		$d_m = \text{Diametro medio}$	[mm]	
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$f = \text{Coeficiente de fricción}$		
		$l = \text{Profundidad}$	[mm]	
Par de torsión (bajar la carga)	$T_L = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l - \pi * f * d_m}{\pi * d_m + f * l} \right)$	$T_R = \text{Par de torsión}(\text{subir la carga})$	[N /mm]	(4.23)
		$d_m = \text{Diametro medio}$	[mm]	
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$f = \text{Coeficiente de fricción}$		
		$l = \text{Profundidad}$	[mm]	
Cálculo de eficiencia	$e = \frac{F * l}{2\pi(T_R)}$	$e = \text{Eficiencia; (adimensional)}$		(4.24)
		$T_R = \text{Par de torsión}(\text{bajar la carga})$	[mm]	
		$d_m = \text{Diametro medio; (mm)}$	[mm]	
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$l = \text{Profundidad}$	[mm]	
Esfuerzo cortante	$\tau = \frac{16 * T_R}{\pi * d_r^2}$	$\tau: \text{Esfuerzo cortante}$	[Pa]	(4.25)
		$T_R = \text{Par de torsión}(\text{bajar la carga})$	[N /mm]	
		$d_r = \text{Diametro externo}$	[mm]	
Esfuerzo axial normal	$\sigma = \frac{4F}{\pi * d_r^2}$	$\sigma = \text{Esfuerzo axial normal}$	[Pa]	(4.26)
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$d_r = \text{Diametro externo}$	[mm]	
Esfuerzo de apoyo	$\sigma_B = \frac{2(0.38 * F)}{\pi * d_m(1) * p}$	$\sigma_B = \text{Esfuerzo de apoyo}$	[Pa]	(4.27)
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$d_m = \text{Diametro medio}$	[mm]	
		$p = \text{paso}$	[mm]	
Esfuerzo flexionante	$\sigma_b = \frac{6(0.38 * F)}{\pi * d_r(1) * p}$	$\sigma_B = \text{Esfuerzo de apoyo}$	[Pa]	(4.28)
		$F = \text{Fuerza unitaria axial}$	[N]	
		$d_m = \text{Diametro medio}$	[mm]	
		$p = \text{paso}$	[mm]	
		$D_2: \text{Número de dientes del piñon conducido}$		
		$N_1: \text{Velocidad de giro eje piñon motriz}$	[RPM]	
		$N_2: \text{Velocidad de giro eje piñon motriz}$	[RPM]	



ANEXO II

Tabla 10. Sistema de duchas

Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Presión de la tubería	$P_{tubería} = \rho_{agua} * g * h_{tubería}$	$P_{tubería}$ = Potencia de entrada al reductor)	[Pa]	(4.29)
		$\rho_{agua}$ = Densidad del agua	$\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	
		$g$ = Gravedad	[m/s <sup>2</sup> ]	
		$h_{tubería}$ = Altura de la tubería	[m]	
Velocidad de fluido	$v = \frac{4000*Q}{D^2*\pi}$	$v$ = velocidad	[m/s <sup>2</sup> ]	(4.30)
		$Q$ = Caudal	[l/s]	
		$D$ = Diametro de la tubería	[m]	
Presión de la bomba	$P = \frac{T*\omega}{727.7}$	$P_{bomba}$ = presión de la bomba	[Pa]	(4.31)
		$F$ = Fuerza	[m]	
		$A$ : Area de la tubería	[m <sup>2</sup> ]	

**Anexos III.**  
Análisis y Resultados



**ANEXO III**

**Tabla 1. Solución dimensionamiento de cera**

<p><b>Espesor de la cera</b></p> $\rho = \frac{m}{A \cdot e}$ $e = \frac{m}{A \cdot \rho}$ $e = \frac{0.080 \text{ Kg}}{70080.56 \text{ mm}^2 * (8.55 \times 10^{-7} \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^3})}$ <p><b><math>e = 1.335 \text{ mm}</math></b></p>	<p><b>Área de la celdilla de la lámina de cera</b></p> $A_{celdilla} = \frac{(3x (\text{Tamaño celdilla})^2)}{(4x \cos 30^\circ)}$ $A_{celdilla} = \frac{(3x (5.05 \text{ mm})^2)}{(4x \cos 30^\circ)}$ $A_{celdilla} = \frac{(3x (5.05 \text{ mm})^2)}{(4x \cos 30^\circ)}$ <p><b><math>A_{celdilla} = 22.085 \text{ mm}^2</math></b></p> $A_{cera} = A_{celdilla} * \#. \text{alveolos}$ $A_{cera} = 22.085 \text{ mm}^2 * 3173.22$ <p><b><math>A_{cera} = 70080.56 \text{ mm}^2</math></b></p>		
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Espesor de la cera	$e$	(4.1)	<b><math>1.335 \text{ mm}</math></b>
Área de la celdilla de la lámina de cera	$A_{celdilla}$	(4.2)	<b><math>22.085 \text{ mm}^2</math></b>
Área de la cera	$A_{cera}$	(4.2.1)	<b><math>70080.56 \text{ mm}^2</math></b>

**Tabla 1.** Solución del comportamiento de la cera de abeja

$$P_1 + \frac{1}{2} \delta v_1^2 + \delta g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \delta v_2^2 + \delta g h_2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \delta v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \delta v_2^2$$

$$\frac{F_1}{A_1} + \frac{1}{2} \delta v_1^2 = \frac{F_2}{A_2} + \frac{1}{2} \delta v_2^2$$

$$\frac{1}{2} \delta v_1^2 = \frac{\frac{m * v^2}{2}}{A_2} + \frac{1}{2} \delta v_2^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \left( \frac{m * v^2}{2} + \frac{1}{2} \delta v_2^2 \right)}{\delta}}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \left( \frac{80g * 10^2}{0.070} + \frac{1}{2} * 958000g/m^3 * 10^2 \right)}{958000g/m^3}}$$

$$v_1 = 10.0059 \text{ m/s}^2$$

Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Comportamiento de la cera en los rodillos Velocidad 1=velocidad 2	$v_1$	(4.3)	$10.0059m/s^2$





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO III

Tabla 2. Parámetros de comparación de estampadoras de cera

Alternativas	Parámetros de comparación				Total
	Producción	Precisión en el grabado	Optimización de recursos	Costos de maquinaria (Económica)	
Estampadora de cera refrigerada Langstroth	2	3	4	5	14
Estampadora rotativa	3	4	4	4	15
Estampadora semiautomática	5	5	5	3	18
Estampadora automática	5	5	5	2	17



ANEXO VI

Tabla 3 Cálculo del motor

<b>Potencia del motor</b> $T = F * r$ $T = (25.37 * 9.8) * (0.0444)$ $T = 11.56 Nm$	<b>Potencia del motor</b> $P = \frac{T * RPM}{716}$ $P = \frac{(11.56Nm) * (10rpm)}{716}$ $P = 0.161HP$ $P = 120.05Watt$		
<b>Nombre</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Torque	$T$	(4.4)	11.56 Nm
Potencia requerida	$P$	(4.5)	120.05 Watt

**ANEXO III**

**Ficha Técnica del motor**

MRC330	5.5	254	195	1.5	26	MRC205	113	13	15	2.5	11	0.37 kW (0.5 HP)					
MRC320	6.5	208	165	0.9	17	MRC205	138	10	12	3.0	11	MRC350	3.0	432	1110	1.1	71
MRC320	8.0	174	135	1.1	17	MRC205	166	8.7	10	>3	11	MRC350	3.5	388	950	1.3	71
MRC320	9.5	147	115	1.3	17	MRC105	175	8.3	10	1.0	8	MRC350	4.5	320	740	1.7	71
MRC320	10.5	133	105	1.4	17	MRC205	196	7.3	8.4	2.0	11	MRC350	5.0	284	665	1.9	71
MRC310	12.0	119	90	0.8	15	MRC205	210	6.8	7.8	>3	11	MRC350	5.5	254	505	2.0	71
MRC310	13.5	103	80	0.9	15	MRC205	230	6.3	7.2	>3	11	MRC340	6.5	208	510	1.2	45
MRC310	16	87	65	1.1	15	MRC205	240	6.0	6.9	>3	11	MRC340	8.0	174	415	1.4	45
MRC310	19	73	55	1.3	15	MRC205	268	5.4	6.2	>3	11	MRC330	10.0	147	350	0.9	29
MRC310	23	61	45	1.6	15	MRC205	324	4.5	5.1	>3	11	MRC350	10.5	133	315	1.0	29
MRC210	27	52	40	1.9	11	MRC205	388	3.7	4.3	>3	11	MRC330	12.0	119	275	1.1	29
MRC210	31	46	35	2.1	11	MRC105	415	3.5	4.1	2.5	8	MRC330	13.5	103	245	1.2	29
MRC205	37	38	30	1.2	10	MRC205	460	3.1	3.6	>3	11	MRC330	16	87	210	1.4	29
MRC205	42	34	26	1.4	10	MRC205	540	2.7	3.1	>3	11	MRC330	19	73	175	1.7	29
MRC205	47	30	23	1.6	10	MRC205	630	2.3	2.6	>3	11	MRC330	23	61	145	2.1	29
MRC205	57	25	19	1.9	10	MRC105	965	1.5	1.7	>3	8	MRC220	27	52	125	1.2	18
MRC205	69	20	16	2.3	10						MRC220	31	46	110	1.4	18	
MRC205	82	18	13	2.8	10						MRC220	37	38	90	1.6	18	
MRC205	90	16	12	3.0	10						MRC220	42	34	80	1.9	18	
MRC205	101	14	11	>3	10	Tipo						MRC210	47	30	75	1.0	13
MRC205	113	13	10	>3	10	MRC350	3.0	432	800	1.6	71	MRC210	57	25	60	1.2	13
MRC205	113	13	10	>3	10	MRC350	3.5	388	640	2.0	71	MRC210	57	25	60	1.2	13

**Figura 1.** Ficha Técnica del motor

Fuente:[45]



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO III**

CONTACTORES										RELÉ TÉRMICO									
<b>robustTa (9A - 95A)</b>										Relé de sobrecarga (Clase 10), Placa base para montaje independiente									
Contactor de tres polos con bobina AC										Potencias normalizadas de 1 fase 50/60Hz (litros, Categoría AC3)									
Corriente máxima		HP máximo						Contactos auxiliares por contactor		Número de catálogo	Referencia	220V KW	380V KW	415V KW	440V KW	660V KW	Protección		Placa base*
Inductivo	Continuo	Monofásico		Trifásico				NO	NC								(Valor fusible)	(A)	
AC-3 A	AC-1 A	120V	230V	200V	230V	480V	600V												
9	20	0.5	1	2	2	5	7.5	1	0	TC1-D0910-XX	0.1 to 0.16	-	-	-	-	0.25	2	TA7D0964	
12	25	1	2	3	3	7.5	10	0	1	TC1-D1210-XX	0.16 to 0.25	-	-	-	-	0.5	2		
18	32	1	3	5	5	10	15	1	0	TC1-D1810-XX	0.25 to 0.4	-	-	-	-	1	2		
22	32	2	3	5	7.5	15	20	1	0	TC1-D2210-XX	0.4 to 0.63	-	-	-	0.37	1	2		
25	40	2	3	5	7.5	15	20	0	1	TC1-D2510-XX	0.63 to 1	-	-	-	0.55	2	4		
32	50	2	5	10	10	20	25	1	0	TC1-D3210-XX	1 to 1.6	-	0.37	-	55.0	1.1	2		4
38	60	3	5	10	10	30	30	0	1	TC1-D3810-XX	1.25 to 2	-	0.55	0.75	0.75	1.3	4		6
40	60	3	5	10	10	30	30	0	1	TC1-D4011-XX	1.6 to 2.5	0.37	0.75	1.1	1.1	1.5	4		6
50	80	3	7.5	15	15	40	40	1	1	TC1-D5011-XX	2.5 to 4	0.75	1.5	1.5	1.5	3	6		10
65	80	5	10	20	20	50	50	1	1	TC1-D6510-XX	4 to 6	1.1	2.2	2.2	2.2	4	8		16
80	125	7.5	15	25	25	60	60	1	1	TC1-D8011-XX	5.5 to 8	1.5	3	3.7	3.7	5.5	12		20
95	125	7.5	15	25	25	60	60	1	1	TC1-D9511-XX	7 to 10	2.2	4	4	4	7.5	12		20
Nota: * Cuenta con los certificados										TR2-D09301	12 to 18	4	7.5	9	9	15	20		35
										TR2-D18321	17 to 25	5.5	11	11	11	18.5	25		50

Amperaje que soportan los cables de cobre				
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG
12 AWG	20 A	20 A	20 A	
10 AWG	30 A	30 A	30 A	18 AWG
8 AWG	40 A	50 A	55 A	
6 AWG	55 A	65 A	75 A	16 AWG
4 AWG	70 A	85 A	95 A	
3 AWG	85 A	100 A	115 A	14 AWG
2 AWG	95 A	115 A	130 A	
1 AWG	110 A	130 A	145 A	
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A	
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A	

**Figura 2.** Ficha Técnica contactores, relé térmico y cable

**Fuente:**



ANEXO III

Tabla 4. Consideraciones para selección del material

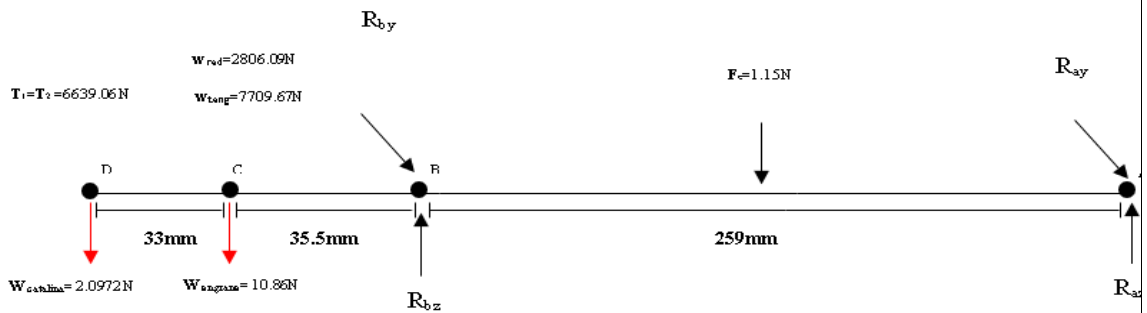
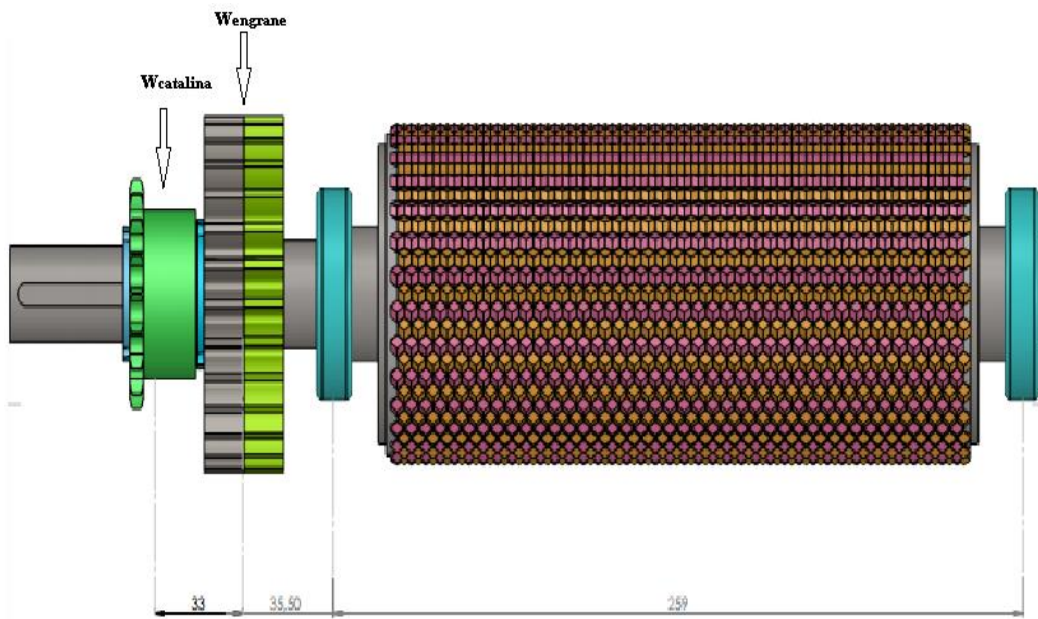
Selección del material							
Materiales	Características de Materiales						
	Resistencia a la corrosión	Mecanizabilidad	Peso Liviano	Inadherible	Resistencia al desgaste	Costo económico	Total
Acero Inoxidable 304	5	5	4	5	5	5	29
Acero Inoxidable 303	5	5	4	5	5	4	28
Aluminio	5	5	5	4	3	5	27
Duraluminio	5	5	5	4	4	5	28



ANEXO III

Tabla 5. Solución cálculo eje motriz

Una vez realizado dimensionamiento de la lámina de cera de abeja que se va a utilizar, se realizan los correspondientes calculos para el dimensionamiento del eje del rodillo gofrador.



Longitud de arco

$$\phi = \frac{415mm}{\pi}$$

$$\phi = 132.09mm$$

<p><b>Torque en el eje</b></p> $T = \frac{P}{\omega}$ $T = \frac{372.84 \text{ Watt}}{1.04 \text{ rad/seg}}$ $T = 358.50 \text{ Nm}$	<p><b>Potencia</b></p> $P = T * \omega$ $P = 358.50 \text{ Nm} * 1.04 \text{ rad/seg}$ $P = 372.84 \text{ Watt}$
<p><b>Estados de carga y esfuerzos</b></p> <p><b>Componente tangencial</b></p> $W_t = T \left( \frac{D}{2} \right)$ $W_t = 358.50 \left( \frac{0.093m}{2} \right)$ $W_t = 7709.67 \text{ N}$ <p><b>Componente radial</b></p> $W_r = W_t \tan \varphi$ $W_r = (7709.67 \text{ N}) * \tan 20^\circ$ $W_r = 2806.09 \text{ N}$	<p><b>Tensión de la catalina</b></p> $\frac{T_1}{T_2} = 1$ $T = \frac{2 * P}{\varnothing_{catalina} * \omega}$ $T = \frac{2 * 372.85 \text{ Watt}}{\varnothing_{catalina} * 1.04 \text{ rad/seg}}$ $T_{total} = 13278.13 \text{ N}$ $T = 6639.06 \text{ N}$
<p><math>\sum F_y = 0</math></p> $(R_{Ay}) + R_{By} + W_t + T = 0$ <p><math>\sum M_A = 0</math></p> $R_{By}(0.259m) + (7709.67N) + (0.2945) + (13278.13N * 0.3275m)$ $R_{By} = -25556.21N$ $R_{Ay} = 4568.45N$ <p><math>\sum F_z = 0</math></p> $R_{Az} + R_{Bz} - (W_r + W_t) - W_{catalina} = 0$ $R_{Az} + R_{Bz} - (2806.09N + 10.86N) - 2.09N = 0$ $R_{Az} + R_{Bz} - 2819.04N = 0$ $R_{Az} + 3205.67 - 2819.04N = 0$ $R_{Az} = -386.63N$ <p><math>\sum M_A = 0</math></p> $R_{Bz}(0.259m) - (2816.95N) + (0.2945) - (2.09N * 0.3275m) = 0$ $R_{Bz}(0.259) = 830.27N$ $R_{Bz} = 3205.67N$	
<p><b>Momento flector</b></p> $M = \sqrt{(R_{Ay} * d)^2 + (R_{Az} * d)^2}$ $M = \sqrt{(4568.95 * 0.259)^2 + (-386.63 * 0.259)^2}$ $M = \sqrt{1400029.802 + 10027.45}$ $M = 1187.45Nm$	<p><b>Momento Torsor</b></p> $T = \frac{P}{\omega}$ $T = \frac{372.85 \text{ Watt}}{1.04 \text{ rad/seg}}$ $T = 358.50Nm$

**Cálculo para el diseño estático del eje.**

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{T}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{M}{S_e}\right)^2}}$$

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot n}{\pi} \sqrt{\left(\frac{358.50Nm}{655 \times 10^6}\right)^2 + \left(\frac{1187.45Nm}{860 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$d_{min} = 0.0247m$$

$$d_{min} = \mathbf{24.73mm}$$

Nombre	Simbolo	Ecuación	Resultado
Longitud de arco	$\emptyset$	(4.6)	132.09 mm
Cálculo para el eje del rodillo gofrador	$d_{min}$	(4.7)	23.73 mm
Momento torsión sobre el eje	$T$	(4.8)	358.50 Nm
Potencia	$P$	(4.9)	372.84 Watt





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO III

Tabla 6. Selección de engranes

Tipo	Características			Total
	Torque elevado	Facilidad de mecanizado	Costos de mecanizado (Bajo)	
<b>Recto</b>	4	5	5	14
<b>Dientes helicoidales</b>	5	3	3	11
<b>Cónicos dientes rectos</b>	5	4	4	13

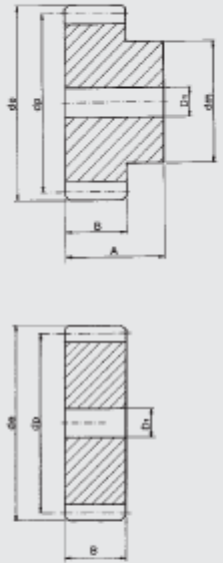


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO VIII**

**Piñones cilíndricos**  
 Angulo de presión 20°



Z	Mod. 3				Mod. 4				Mod. 5				Mod. 6			
	da	dp	dm	D1	da	dp	dm	D1	da	dp	dm	D1	da	dp	dm	D1
*12	42	36	27	12	56	48	35	14	70	60	45	20	84	72	54	20
13	45	39	30	12	60	52	40	14	75	65	50	20	90	78	60	20
14	48	42	33	12	64	56	45	14	80	70	55	20	96	84	66	20
*15	51	45	35	12	68	60	45	14	85	75	60	20	102	90	70	20
16	54	48	38	14	72	64	50	16	90	80	65	20	108	96	75	20
17	57	51	42	14	76	68	50	16	95	85	70	20	114	102	80	20
18	60	54	45	14	80	72	50	16	100	90	70	20	120	108	80	20
19	63	57	45	14	84	76	60	16	105	95	70	20	126	114	90	20
*20	66	60	45	14	88	80	60	16	110	100	80	20	132	120	90	20
21	69	63	45	16	92	84	70	16	115	105	80	20	138	126	90	20
22	72	66	50	16	96	88	70	16	120	110	80	20	144	132	90	20
23	75	69	50	16	100	92	75	20	125	115	90	20	150	138	90	20
24	78	72	50	16	104	96	75	20	130	120	90	20	156	144	110	25
*25	81	75	60	16	108	100	75	20	135	125	90	20	162	150	110	25
26	84	78	60	16	112	104	75	20	140	130	100	20	168	156	110	25
27	87	81	60	16	116	108	75	20	145	135	100	20	174	162	110	25
28	90	84	60	16	120	112	75	20	150	140	100	25	180	168	-	25
29	93	87	60	16	124	116	75	20	155	145	110	25	186	174	-	25
*30	96	90	60	16	128	120	75	20	160	150	110	25	192	180	-	25
31	99	93	60	16	132	124	80	20	165	155	110	25	198	186	-	25
32	102	96	70	16	136	128	80	20	170	160	-	25	204	192	-	25
33	105	99	70	16	140	132	80	20	175	165	-	25	210	198	-	25
34	108	102	70	16	144	136	80	20	180	170	-	25	216	204	-	25
*35	111	105	70	16	148	140	80	20	185	175	-	25	222	210	-	25
36	114	108	70	20	152	144	80	25	190	180	-	25	228	216	-	25
37	117	111	70	20	156	148	80	25	195	185	-	25	234	222	-	25
38	120	114	80	20	160	152	-	25	200	190	-	25	240	228	-	25
39	123	117	80	20	164	156	-	25	205	195	-	25	246	234	-	25
*40	126	120	80	20	168	160	-	25	210	200	-	25	252	240	-	25
41	129	123	80	20	172	164	-	25	215	205	-	25	258	246	-	25
42	132	126	80	20	176	168	-	25	220	210	-	25	264	252	-	25
43	135	129	80	20	180	172	-	25	225	215	-	25	270	258	-	25
44	138	132	90	20	184	176	-	25	230	220	-	25	276	264	-	25
*45	141	135	90	20	188	180	-	25	235	225	-	25	282	270	-	25
46	144	138	90	20	192	184	-	25	240	230	-	25	288	276	-	25
47	147	141	100	20	196	188	-	25	245	235	-	25	294	282	-	25
48	150	144	100	20	200	192	-	25	250	240	-	25	300	288	-	25
*50	156	150	-	20	208	200	-	25	260	250	-	30	312	300	-	30
52	162	156	-	20	216	208	-	25	270	260	-	30	324	312	-	30
*55	171	165	-	20	228	220	-	25	285	275	-	30	342	330	-	30
57	177	171	-	20	236	228	-	25	295	285	-	30	354	342	-	30
*60	186	180	-	20	248	240	-	25	310	300	-	30	372	360	-	30
*65	201	195	-	20	268	260	-	25	335	325	-	30	405	390	-	30
*70	216	210	-	25	288	280	-	25	360	350	-	30	444	420	-	30
72	222	216	-	25	296	288	-	25	370	360	-	30	456	432	-	30
*75	231	225	-	25	308	300	-	25	385	375	-	30	477	450	-	30
78	234	228	-	25	312	304	-	25	390	380	-	30	486	460	-	30
*80	246	240	-	25	328	320	-	25	410	400	-	30	516	490	-	30
*85	261	255	-	25	348	340	-	25	435	425	-	30	555	525	-	30
*90	276	270	-	25	368	360	-	25	460	450	-	30	594	560	-	30
*95	291	285	-	25	388	380	-	25	485	475	-	30	633	590	-	30
*100	306	300	-	25	408	400	-	25	510	500	-	30	672	620	-	30
110	336	330	-	25	448	440	-	25	560	550	-	30	756	700	-	30
114	348	342	-	30	464	456	-	30	580	570	-	30	792	730	-	30
120	366	360	-	30	480	470	-	30	600	590	-	30	828	760	-	30
127	387	381	-	30	504	490	-	30	630	620	-	30	876	800	-	30

**Ancho diente B para:**  
 Modulo 1 = 15 mm.  
 Modulo 1,5 = 17 mm.  
 Modulo 2 = 20 mm.  
 Modulo 2,5 = 25 mm.  
 Modulo 3 = 30 mm.  
 Modulo 4 = 40 mm.  
 Modulo 5 = 50 mm.

**Ancho total A para:**  
 Modulo 1 = 25 mm.

**Figura 3.** Ficha Técnica piñones cilíndricos

Fuente:[46]



**ANEXO III**

**Tabla 7. Solución engranes**

<p><b>Potencia del diseño</b>  <math>DHP = HP * FS</math>  <math>DHP = (372.85Watt)(1)</math>  <math>DHP = 372.85 Watt</math></p>	<p><b>Diámetro de paso del piñón (engrane pequeño)</b>  <math>DP_1 = \frac{DC * 2}{Relacion + 1}</math>  <math>DP_1 = \frac{87 * 2}{1 + 1}</math>  <math>DP_1 = 87mm</math></p> <p><math>DP_2 = 87 mm * 1</math>  <math>DP_2 = 87 mm</math></p>		
<p><b>Distancia entre centros</b>  <math>DC = \frac{87mm + 87mm}{2}</math>  <math>DC = 87mm</math></p>			
<b>Nombre</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Potencia del diseño	$DHP$	(4.10)	372.85 Watt
Diámetro de paso del piñón (engrane mayor)	$DP_2$	(4.11)	87mm
Distancia entre centros	$DC$	(4.12)	87mm
Modulo	$m$	(4.13)	3
Diámetro externo	$DE$	(4.14)	93 mm



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



ANEXO III

Tabla 8. Sistemas de transmisión con bandas y cadenas

Tipo	Características				Total
	Facilidad de mecanizado	Capacidad de transmitir potencias	Evitar Deslizamiento	Eficiencia mecánica	
Poleas dentadas	4	4	5	5	18
Poleas tipo V	5	3	4	5	17
Catalinas o sprockets	4	5	5	5	19



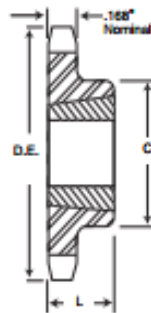
ANEXO III

No. 35  
 Paso  $\frac{3}{8}$ "

Sprockets de  
 Acero en Existencia

*Martin*

Sencillo - Buje Taper



TIPO B

Sencillo - Buje Taper

No. de Dientes	Número de Parte	Buje	Diámetros		Boreas Máximas	Dimensiones		Tipo	Peso Aprox. (lb)	
			Exterior	De Paso		L	C		Silo Arriba	Silo Bajo
18	35BTB18	1008	2.352	2.159	1	$\frac{3}{8}$	1 $\frac{1}{4}$ *	B	.4	.3
19	35BTB19	1008	2.472	2.278	1	$\frac{3}{8}$	1 $\frac{1}{2}$ *	B	.5	.3
20	35BTB20	1008	2.593	2.397	1	$\frac{3}{8}$	1 $\frac{3}{4}$ *	B	.6	.3
21	35BTB21	1008	2.713	2.516	1	$\frac{3}{8}$	2 $\frac{1}{4}$ *	B	.7	.3
22	35BTB22	1210	2.883	2.635	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{1}{2}$ *	B	.8	.6
23	35BTB23	1210	2.954	2.754	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{3}{4}$ *	B	.9	.6
24	35BTB24	1210	3.074	2.873	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{3}{4}$ *	B	.9	.6
25	35BTB25	1210	3.194	2.992	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{3}{4}$ *	B	1.2	.6
26	35BTB26	1610	3.314	3.111	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{3}{4}$ *	B	1.1	.9
28	35BTB28	1610	3.553	3.349	1 $\frac{1}{2}$	1	2 $\frac{3}{4}$ *	B	1.2	.9
30	35BTB30	1610	3.793	3.588	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	1.2	.9
32	35BTB32	1610	4.032	3.826	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	1.3	.9
35	35BTB35	1610	4.392	4.183	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	1.4	.9
36	35BTB36	1610	4.511	4.303	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	1.4	.9
40	35BTB40	1610	4.990	4.786	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	1.9	.9
42	35BTB42	1610	5.229	5.018	1 $\frac{1}{2}$	1	3 $\frac{1}{4}$ *	B	2.0	.9

Figura 4. Ficha Técnica Sprockets

Fuente:[41]



**ANEXO III**

CARACTERÍSTICAS	NOMENCLATURA
<p>Fabricados en acero C45 según DIN 17200, acero St. 52-3 o fundición GG22 según se indica en este catálogo</p> <p>Adecuados para cadenas de rosillos según ISO/R 606, DIN 8187/818, BS 22M, B29-1 y ANSI.</p> <p>Todas las superficies están completamente mecanizadas.</p>	

3/8''

06B

9,525 x 5,72 mm

∅ 6,35 mm

3/8'' x 7/32''

Ver figuras al dorso

Dientes Z	SIMPLEX B = 5,3						DUPLEX B = 15,4						TRIPLEX B = 25,6						Dp	E	t
	Ref.	Núcleo	Fig.	Dn min.	L	C	Ref.	Núcleo	Fig.	Dn min.	L	C	Ref.	Núcleo	Fig.	Dn min.	L	C			
16	S038016T	1008	1	45	22	20	D038016T	1008	4	41	22	14,3	T038016T	1108	9	-	22	12,8	48,82	58	8
17	S038017T	1008	1	45	22	20	D038017T	1008	4	41	22	14,3	T038017T	1108	9	-	22	12,8	51,84	61	8
18	S038018T	1008	1	45	22	20	D038018T	1008	4	41	22	14,3	T038018T	1108	9	-	22	12,8	54,85	64	8
19	S038019T	1008	1	47	22	20	D038019T	1008	4	47	22	14,3	T038019T	1108	9	-	22	12,8	57,85	67	8
20	S038020T	1008	1	50	22	20	D038020T	1008	4	50	22	14,3	T038020T	1108	9	-	22	12,8	60,89	70	8
21	S038021T	1008	1	50	22	20	D038021T	1008	4	50	22	14,3	T038021T	1108	9	-	22	12,8	63,91	73	8
22	S038022T	1008	1	60	22	20	D038022T	1210	4	60	25	17,3	T038022T	1210	9	-	25	12,8	66,93	76	8
23	S038023T	1210	1	60	25	23	D038023T	1210	4	60	25	17,3	T038023T	1210	9	-	25	12,8	69,95	79	8
24	S038024T	1210	1	60	25	23	D038024T	1210	4	60	25	17,3	T038024T	1210	9	-	25	12,8	72,97	82	8
25	S038025T	1210	1	60	25	23	D038025T	1210	4	65	25	17,3	T038025T	1210	9	-	25	12,8	76,02	86	8
26	S038026T	1210	1	60	25	23	D038026T	1210	4	65	25	17,3	T038026T	1210	9	-	25	12,8	79,02	88	8
27	S038027T	1210	1	60	25	23	D038027T	1210	4	63	25	17,3	T038027T	1210	9	-	25	12,8	82,02	91	8
28	S038028T	1210	1	60	25	23	D038028T	1210	4	63	25	17,3	T038028T	1210	9	-	25	12,8	85,07	94	8
29	S038029T	1210	1	60	25	23	D038029T	1210	4	63	25	17,3	T038029T	1210	9	-	25	12,8	88,09	97	8
30	S038030T	1210	1	60	25	23	D038030T	1210	4	63	25	17,3	T038030T	1610	9	-	25	12,8	91,12	100	8
31	S038031T	1210	1	60	25	23	D038031T	1210	4	63	25	17,3	T038031T	1610	9	-	25	12,8	94,15	103	8
32	S038032T	1210	1	60	25	23	D038032T	1210	4	63	25	17,3	T038032T	1610	9	-	25	12,8	97,17	106	8
33	S038033T	1210	1	60	25	23	D038033T	1210	4	63	25	17,3	T038033T	1610	9	-	25	12,8	100,20	109	8
34	S038034T	1210	1	60	25	23	D038034T	1210	4	63	25	17,3	T038034T	1610	9	-	25	12,8	103,23	112	8
35	S038035T	1210	1	60	25	23	D038035T	1210	4	63	25	17,3	T038035T	1610	9	-	25	12,8	106,26	115	8
36	S038036T	1210	1	60	25	23	D038036T	1210	4	63	25	17,3	T038036T	1610	9	-	25	12,8	109,20	118	8
37	S038037T	1210	1	60	25	23	D038037T	1210	4	63	25	17,3	T038037T	1610	9	-	25	12,8	112,32	121	8
38	S038038T	1210	1	60	25	23	D038038T	1610	4	75	25	17,3	T038038T	1610	9	-	25	12,8	115,35	124	8
39	S038039T	1210	1	63	25	23	D038039T	1610	4	75	25	17,3	T038039T	1610	9	-	25	12,8	118,37	127	8
40	S038040T	1210	1	63	25	23	D038040T	1610	4	75	25	17,3	T038040T	1610	9	-	25	12,8	121,40	130	8
42	S038042T	1210	2	63	25	23	D038042T	1610	5	75	25	17,3	T038042T	1610	8	-	25	12,8	127,46	136	8
45	S038045T	1210	2	63	25	23	D038045T	1610	5	75	25	17,3	T038045T	1610	8	-	25	12,8	136,55	145	8
46	S038046T	1210	2	63	25	23	D038046T	1610	5	75	25	17,3	T038046T	1610	8	-	25	12,8	139,58	149	8
48	S038048T	1210	2	63	25	23	D038048T	1610	5	75	25	17,3	T038048T	1610	8	-	25	12,8	145,64	155	8
50	S038050T	1210	2	63	25	23	D038050T	1610	5	75	25	17,3	T038050T	1610	8	-	25	12,8	151,69	161	8

**Figura 5. Ficha Técnica sprockets**  
**Fuente: [46]**

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna
Uniforme (agitadores, ventiladores, transporte con carga ligera y uniforme).	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (máquinas herramienta, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimento y molinos).	1.2	1.3	1.4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos).	1.4	1.5	1.7

**Figura 6.** Ficha Técnica de factor de servicio para transmisiones por cadena

**Fuente:**[47]



**ANEXO III**

**Tabla 9. Solución catalinas**

<b>Potencia de diseño</b> $P_d = \frac{P_{m*} K_s}{K_h}$ $P_d = \frac{372.85 \text{ Watt} * 1}{1}$ $P_d = \mathbf{372.85 \text{ Watt}}$		<b>Número de eslabones de la cadena</b> $N = \frac{2 * C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p(z_1 + z_2)^2}{40 * C}$ $N = \frac{2 * 214.95mm}{9.525 \text{ mm}} + \frac{18 + 18}{2} + \frac{(9.525mm)(18 + 18)^2}{40 * 214.95mm}$ $N = \mathbf{64.56}$	
Nombre	Símbolo	Ecuación	Resultado
Potencia de diseño	$P_d$	(4.15)	$372.85 \text{ Watt}$
Número de eslabones de la cadena	$N$	(4.16)	64.56





ANEXO III

Tabla 10. Solución carga estática rodamiento

**Comportamiento de un rodamiento.**

$$P_o = X * F_r + Y * F_a$$

Carga estática equivalente

$$P_o = 0.6 F_r$$

$$P_o = 0.6 * 0.110$$

$$P_o = 0.066 \text{ kN}$$

$$P = \mathbf{0.11 \text{ kN}}$$

Nombre	Simbolo	Ecuación	Resultado
Comportamiento de un rodamiento	$P_o$	(4.17)	0.066 kN



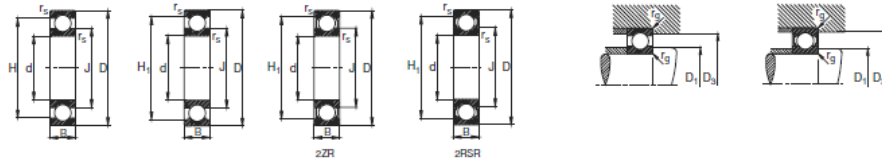
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO III**

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar: de vida limitada,  $is C_0/P_0a^n$ , ver 1



Eje	Dimensiones						Peso ~ kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min <sup>-1</sup>	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares			
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> mm	H	H <sub>1</sub>		J	d <sub>yn</sub> kN				C <sub>0</sub> stat.	D <sub>1</sub> mm	D <sub>2</sub> mm	r <sub>s</sub> max
15	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	20000	24000	6202	19,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	20000	24000	S6202 W200B	19,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	20000	24000	6202 ZZ	19,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	14000	14000	6202 ZHS	19,2	30,8	0,6	
	35	11	0,6	29,3	30,9	21,1	0,043	7,8	3,75	14000	14000	S6202 ZHSR W200B	19,2	30,8	0,6	
	35	14	0,6	29,3	30,9	21,1	0,067	7,8	3,75	14000		6202 ZHS	19,2	30,8	0,6	
	42	13	1	33,5	35	23,5	0,068	11,4	5,4	43000	22000	6202	20,6	35,4	1	
	42	13	1	33,5	35	23,5	0,068	11,4	5,4	43000	22000	S6202 W200B	20,6	35,4	1	
	42	13	1	33,5	35	23,5	0,08	11,4	5,4	18000	23000	6202 ZZ	20,6	35,4	1	
	42	13	1	33,5	35	23,5	0,08	11,4	5,4	12000		6202 ZHS	20,6	35,4	1	
	42	13	1	33,5	35	23,5	0,08	11,4	5,4	12000		S6202 ZHSR W200B	20,6	35,4	1	
	42	17	1	33,5	35	23,5	0,114	11,4	5,4	12000		6202 ZHS	20,6	35,4	1	
	17	35	8	0,3	29,2	30,9	22,0	0,03	6	3,25	28000	20000	16003	19	33	0,3
		35	10	0,3	29,4	30,8	22,0	0,038	6	3,25	28000	22000	6003	19	33	0,3
		35	10	0,3	29,4	30,8	22,0	0,038	6	3,25	28000	22000	S6003 W200B	19	33	0,3
35		10	0,3	29,4	30,8	22,0	0,04	6	3,25	22000	22000	6003 ZZ	19	33	0,3	
35		10	0,3	29,4	30,8	22,0	0,04	6	3,25	14000		6003 ZHS	19	33	0,3	
35		10	0,3	29,4	30,8	22,0	0,04	6	3,25	14000		S6003 ZHSR W200B	19	33	0,3	
40		12	0,6	33,1	34,4	24	0,065	9,5	4,75	22000	20000	6203	21,2	35,8	0,6	
40		12	0,6	33,1	34,4	24	0,065	9,5	4,75	22000	20000	S6203 W200B	21,2	35,8	0,6	
40		12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	18000	20000	6203 ZZ	21,2	35,8	0,6	
40		12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	12000		6203 ZHS	21,2	35,8	0,6	
40		12	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	12000		S6203 ZHSR W200B	21,2	35,8	0,6	
40		16	0,6	33,1	34,4	24	0,067	9,5	4,75	12000		6203 ZHS	21,2	35,8	0,6	
47		14	1	37,9	39,3	26,2	0,114	13,4	6,55	13000	20000	6303	22,6	41,4	1	
47		14	1	37,9	39,3	26,2	0,111	13,4	6,55	13000	20000	S6303 W200B	22,6	41,4	1	
47		14	1	37,9	39,3	26,2	0,117	13,4	6,55	18000	20000	6303 ZZ	22,6	41,4	1	
47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,118	13,4	6,55	11000		6303 ZHS	22,6	41,4	1		
47	14	1	37,9	39,3	26,2	0,115	13,4	6,55	11000		S6303 ZHSR W200B	22,6	41,4	1		
47	19	1	37,9	39,3	26,2	0,154	13,4	6,55	11000		6203 ZHS	22,6	41,4	1		
47	19	1	37,9	39,3	26,2	0,154	13,4	6,55	11000		S6203 ZHSR	22,6	41,4	1		
47	17	1,1	50,2	52,5	36,4	0,269	22,4	11,4	28000	17000	6403	26	43	0,3		
20	42	8	0,3	34,7	36,1	27,2	0,06	6,95	4,05	22000	18000	S6004	22	40	0,3	
	42	12	0,6	36,5	37,4	29,0	0,068	9,3	5	20000	20000	6004	23,2	38,8	0,6	
	42	12	0,6	36,5	37,4	29,0	0,064	9,3	5	20000	20000	S6004 W200B	23,2	38,8	0,6	
	42	12	0,6	36,5	37,4	29,0	0,071	9,3	5	17000	20000	6004 ZZ	23,2	38,8	0,6	

Figura 7. Ficha Técnica rodamientos (6004)

Fuente:[42]



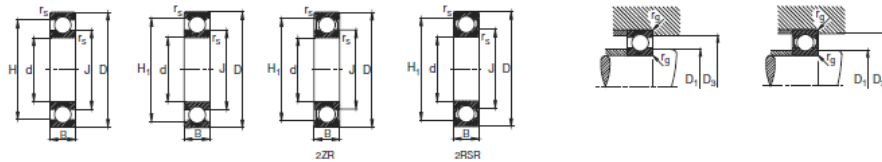
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**ANEXO III**

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera

Los rodamientos pueden alcanzar de vida limitada, si C<sub>90</sub>FA&H, ver 1



Eje	Dimensiones							Peso kg	Capacidad de carga		Velocidad límite min <sup>-1</sup>	Velocidad de referencia	Denominación abreviada Rodamiento FAG	Medidas auxiliares		
	d mm	D	B	r <sub>s</sub> mm	H	H <sub>1</sub>	J		d <sub>yn</sub> kN	C <sub>0</sub>				D <sub>1</sub> mm	D <sub>2</sub> mm	f <sub>s</sub> mm
20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,105	12,7	6,55	18000	19000	6004	25,6	41,4	1	
	47	14	1	38,4	41	28,8	0,105	12,7	6,55	18000	19000	S6004.W200B	25,6	41,4	1	
	47	14	1	38,4	41	28,8	0,109	12,7	6,55	15000	19000	6004.2ZR	25,6	41,4	1	
	47	14	1	38,4	41	28,8	0,109	12,7	6,55	10000	19000	6004.2RSH	25,6	41,4	1	
	47	14	1	38,4	41	28,8	0,108	12,7	6,55	10000	19000	S6004.2RSH.W200B	25,6	41,4	1	
	47	16	1	38,4	41	28,8	0,139	12,7	6,55	10000	19000	62004.2RSH	25,6	41,4	1	
	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,151	16	7,8	34000	18000	6004	27	45	1	
	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,153	16	7,8	24000	18000	S6004.W200B	27	45	1	
	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,155	16	7,8	14000	18000	6004.2ZH	27	45	1	
	52	15	1,1	41,9	44,4	30,3	0,155	16	7,8	9000	18000	6004.2RSH	27	45	1	
	52	21	1,1	42,1	44,4	30,3	0,209	16	7,8	9500		62004.2RSH	27	45	1	
	52	72	19	1,1	55		37	0,415	80,5	15	26000	15000	6404	29	63	1
25	47	8	0,3	39,7	41,1	32,2	0,055	7,2	4,65	19000	14000	16005	27	45	0,3	
	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,08	10	5,85	36000	17000	6005	28,2	43,8	0,6	
	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,082	10	5,85	30000	17000	S6005.W200B	28,2	43,8	0,6	
	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	15000	17000	6005.2ZH	28,2	43,8	0,6	
	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,084	10	5,85	10000	17000	6005.2RSH	28,2	43,8	0,6	
	47	12	0,6	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	10000	17000	S6005.2RSH.W200B	28,2	43,8	0,6	
	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128	14	7,8	17000	17000	6205	30,6	46,4	1	
	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,128	14	7,8	17000	17050	S6205.W200B	30,6	46,4	1	
	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	14000	17000	6005.2ZH	30,6	46,4	1	
	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	9000	17000	6005.2RSH	30,6	46,4	1	
	52	15	1	43,6	45,4	33,5	0,132	14	7,8	9000	17000	S6205.2RSH.W200B	30,6	46,4	1	
	52	18	1	43,6	45,4	33,5	0,158	14	7,8	9000		62005.2RSH	30,6	46,4	1	
30	55	13	1,1	50,2	52,5	38,4	0,234	22,4	11,4	28000	15000	6305	32	55	1	
	55	13	1,1	50,2	52,5	38,4	0,237	22,4	11,4	28000	15000	S6305.W200B	32	55	1	
	55	17	1,1	50,2	52,5	38,4	0,24	22,4	11,4	11000	15000	6005.2ZH	32	55	1	
	55	17	1,1	50,2	52,5	38,4	0,242	22,4	11,4	7500	15000	6005.2RSH	32	55	1	
	55	17	1,1	50,2	52,5	38,4	0,245	22,4	11,4	7500	15000	S6305.2RSH.W200B	32	55	1	
	55	24	1,1	50,2	52,5	38,4	0,272	22,4	11,4	7500		S6305.2RSH	32	55	1	
	60	21	1,5	63,1		45,4	0,55	30	19,3	22000	14000	6405	36	69	1,5	
	55	9	0,3	47,5	48,6	37,7	0,082	11,2	7,35	18000	12000	16006	32	53	0,3	
	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,122	12,7	8	32000	15000	6006	34,6	50,4	1	
	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,109	12,7	8	32000	15000	S6006.W200B	34,6	50,4	1	
	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,125	12,7	8	30000	15000	6006.2ZH	34,6	50,4	1	
	55	13	1	47,2	49,2	38,3	0,125	12,7	8	8000	15000	6006.2RSH	34,6	50,4	1	

**Figura 8. Ficha Técnica rodamientos (6006)**

**Fuente:**[42]



**ANEXO III**

**Tabla 11. Solución cálculo de resortes**

<p><b>Dimensionamiento del resorte</b></p> $K = \frac{G * d^2}{8 * N * D^3}$ $K = \frac{79300 * 2.7^2}{8 * 3 * 13^3}$ <p><b><math>K = 10.96 Nmm</math></b></p>	<p><b>Fuerza máxima permisible</b></p> $F_{mx.p} = \frac{A * d^{3-m}}{5.88(D + 0.5d)}$ $F_{mx.p} = \frac{A * 2.69^{3-0.163}}{5.88(13 + 0.5 * 2.69)}$ <p><b><math>F_{mx.p} = 404.56 N</math></b></p> <hr/> <p><b>Factor de seguridad</b></p> $n = \frac{F_{mx.p}}{F_{mx.aplicada}}$ $n = \frac{404.56 N}{158.172 N}$ <p><b><math>n = 2.55</math></b></p>		
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Dimensionamiento del resorte	$K$	(4.18)	0.066 kN
Número de espiras	$N$	(4.19)	3 espiras
Fuerza máxima permisible antes de que haya deformación permanente del material	$F_{mx.p}$	(4.20)	404.56 N
Factor de seguridad	$n$	(4.21)	2.55



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**



**ANEXO III**

**Tabla 12.** Solución tornillo de regulación

<p><b>Par de torsión (subir la carga)</b></p> $T_R = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l + \pi * f * d_m}{\pi * d_m - f * l} \right)$ $T_R = \frac{158.172N}{2} \left( \frac{1.75 + \pi * 0.09 * 9.12mm}{\pi * 9.12mm - 0.09 * 1.75mm} \right)$ <p><math>T_R = \mathbf{0.1110Nm}</math></p>	<p><b>Par de torsión (bajar la carga)</b></p> $T_L = \frac{Fd_m}{2} \left( \frac{l - \pi * f * d_m}{\pi * d_m + f * l} \right)$ $T_L = \frac{158.172N * 9.12 * 10^{-3}}{2} \left( \frac{1.75 - \pi * 0.09 * 9.12mm}{\pi * 9.12mm + 0.09 * 1.75} \right)$ <p><math>T_L = \mathbf{0.0207 Nm}</math></p>		
<p><b>Cálculo de eficiencia global</b></p> $e = \frac{F * l}{2\pi(T_R)}$ $e = \frac{158.172N * 1.75 * 10^{-3}}{2\pi(0.1110Nm)}$ <p><math>e = \mathbf{0.39}</math></p>	<p><b>Esfuerzo cortante</b></p> $\tau = \frac{16 * T_R}{\pi * d_r^3}$ $\tau = \frac{16 * 0.1110Nm}{\pi * (8.25 * 10^{-3})^3}$ <p><math>\tau = \mathbf{1006772.265 N/m^2}</math></p>		
<p><b>Esfuerzo axial normal</b></p> $\sigma = - \frac{4F}{\pi * d_r^2}$ $\sigma = - \frac{4 * 158.172N}{\pi * (8.25 * 10^{-3})^2}$ <p style="text-align: center;"><math>\sigma = \mathbf{2.958MPa}</math></p>	<p><b>Esfuerzo de apoyo</b></p> $\sigma_B = \frac{2(0.38 * F)}{\pi * d_m(1) * p}$ $\sigma_B = \frac{2(0.38 * 158.172N)}{\pi * 9.12mm(1) * 1.75mm}$ <p><math>\sigma_B = \mathbf{-2.399MPa}</math></p>		
<p><b>Esfuerzo flexionante</b></p> $\sigma_b = \frac{6(0.38 * F)}{\pi * d_r(1) * p}$ $\sigma_b = \frac{6(0.38 * 158.172N)}{\pi * 8.25mm(1) * 1.75mm}$ <p><math>\sigma_b = \mathbf{7.951MPa}</math></p>			
<b>Nombre</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Par de torsión (subir la carga)	$T_R$	(4.22)	$0.1110Nm$
Par de torsión (bajar la carga)	$T_L$	(4.23)	$0.0207 Nm$
Cálculo de eficiencia global	$e$	(4.24)	0.39
Esfuerzo cortante	$\tau$	(4.25)	$1006772.265 N/m^2$
Esfuerzo axial normal	$\sigma$	(4.26)	$2.958MPa$
Esfuerzo de apoyo	$\sigma_B$	(4.27)	$-2.399MPa$
Esfuerzo flexionante	$\sigma_b$	(4.28)	$7.951MPa$

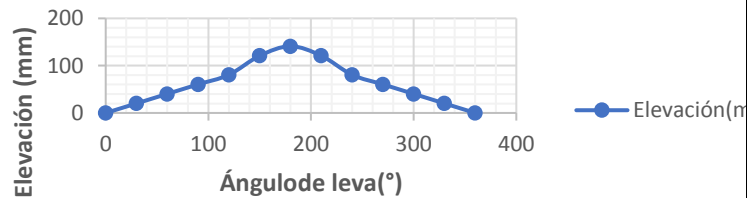


ANEXO III

Tabla 13. Solución leva

**Dimensionamiento gráfico de la leva**

Radio seguidor	20,17 mm
Desplazamiento total	121 mm
Angulo de la leva (°)	Elevación (mm)
0	0
30	20,17
60	40,34
90	60,51
120	80,68
150	121,02
180	141
210	121,02
240	80,68
270	60,51
300	40,34
330	20,17
360	0



La gráfica muestra el comportamiento de una leva, mediante un movimiento armónico.



**ANEXO III**

**Tabla 14. Sistema hidráulico de enfriamiento**

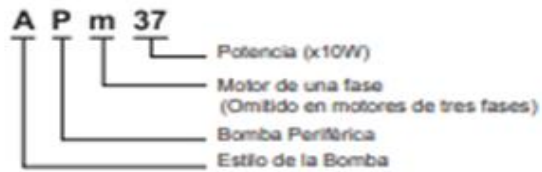
<p><b>Velocidad de fluido</b></p> $D = \sqrt{\frac{4000 * Q}{\pi * v}}$ $v = \frac{4000 * Q}{D^2 * \pi}$ $v = \frac{4000 * 0.58 \text{ lt/seg}}{9.7 \text{ mm} * \pi}$ $v = \mathbf{7.88m/seg}$	<p><b>Presión</b></p> $P_{tuberia} = \rho_{agua} * g * h_{tuberia}$ $P_{tuberia} = 9.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8\text{m/s}^2 * 0.670\text{m}$ $P_{tuberia} = \mathbf{6.546Pa}$ $P_{Bomba} = \frac{F}{A_{tuberia}}$ $P_{Bomba} = \mathbf{6.35 KPa}$								
<b>Nombre</b>				<b>Simbolo</b>		<b>Ecuación</b>		<b>Resultado</b>	
Velocidad de fluido				$v$		(4.29)		$7.8 \text{ m/seg}$	
Presión de la tubería				$P_{tuberia}$		(4.30)		$6.546Pa$	
Presión de la bomba				$P_{bomba}$		(4.31)		$6.35 KPa$	

ANEXO III

# BOMBAS PERIFÉRICAS



CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN



APLICACIONES

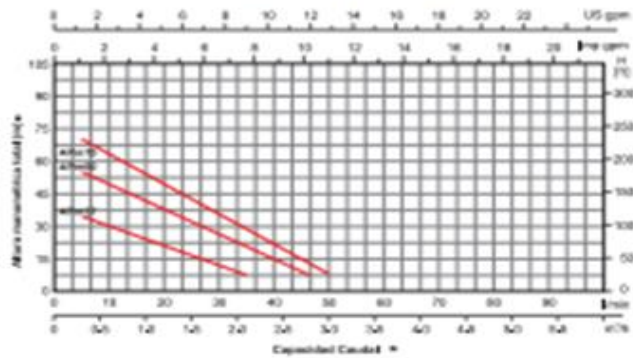
Recomendadas para bombear agua limpia u otros líquidos parecidos tanto físicamente como químicamente al agua sin partículas abrasivas. Es adecuado para viviendas con poca necesidad de bombeo de agua, cuenta con un sistema de aspiración automática para el equipo, cuenta con sistema antibloqueo y un sistema de protección térmica.

BOMBA

- Cuerpo de la bomba de hierro con tratamiento anti-corrosivo
- Insertos antioxidantes para prevenir que el impulsor se bloquee al encender la bomba después de no usarse por mucho tiempo
- Impulsor de latón con paletas radiales dispuestas uniformemente
- Eje AISI 304
- Mx. temperatura de líquidos de +60°C

MOTOR

- Soporta C&U
- Motor con embobinado de aluminio
- Protector térmico incorporado para motores de una fase
- Aislamiento clase: F
- Protección tipo IPx4
- Mx. temperatura ambiente de +40°C



DATOS TÉCNICOS

MODELO	POTENCIA	Q (m³/h)	0	0,2	0,5	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4
1 FASE	KW	HP	Q (lpm)	0	5	18	25	29	33	35	40	50	60	68	78	88
APv37	0,37	0,5		40	35	30	25	20	15	10	5					
APv60	0,6	0,8	(m)	60	55	50	40	35	30	25	20	15	5			
APv75	0,75	1,0		75	70	60	50	45	35	28	22	15	5			

DIMENSIONES

MODELO	Dv1	Dv2	L (mm)	H (mm)	H (mm)	Lc (mm)	Lc (mm)	Hc (mm)	Hc (mm)
APv37	1"	1"	280	132	188	45,5	98	108	63
APv60			282	147	185	50	98	112	71
APv75			380	147	185	54,5	98	112	71

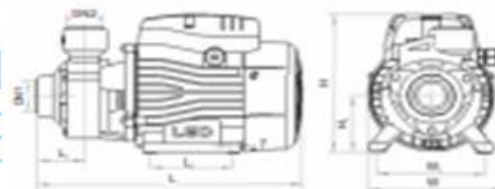


Figura 9. Ficha Técnica bomba periférica

Fuente:[48]



**Anexos IV.**  
Normativa para el sistema de rodillos gofradores



**ANEXO VII.1**

**Características del material**



**Especificaciones Generales**

<b>Norma</b>	AISI304
<b>Descripción</b>	Acero Inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina 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.[49]
<b>Aplicaciones</b>	Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensilios domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc....[49]
<b>Largo</b>	6 mts

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

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

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"

**PLANOS**