



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN PARA LA MEJORA
DE PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MIEL DE
ABEJA EN LA EMPRESA API-LOJA.

AUTOR

Víctor Andrés Paucar Guerrero

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UN MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN PARA LA MEJORA DE
PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MIEL DE ABEJA
EN LA EMPRESA API-LOJA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

Mgt. Omar Cristóbal Flor Unda

Autor

Víctor Andrés Paucar Guerrero

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido este trabajo, Diseño de un mecanismo de centrifugación para la mejora de productividad en el proceso de extracción de miel de abeja en la empresa API-LOJA, a través de reuniones periódicas con el estudiante, Víctor Andrés Paucar Guerrero, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"

Omar Cristóbal Flor Unda.

Magister en Automática, Robótica y Telemática

C.I. 1713531331

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Diseño de un mecanismo de centrifugación para la mejora de productividad en el proceso de extracción de miel de abeja en la empresa API-LOJA, del estudiante Víctor Andrés Paucar Guerrero, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"

José Antonio Toscano Romero

Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial

C.I. 1715195284

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes"

Víctor Andrés Paucar Guerrero
C.I. 1714966551

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda mi familia y a mis seres queridos por su apoyo a lo largo de mi vida estudiantil.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en el diseño de un mecanismo de centrifugación para la mejora de la productividad en el proceso de extracción de miel de abeja en la empresa API-LOJA.

El proyecto consistió en la selección de un mecanismo de centrifugación, para lo cual se hizo el análisis de tres tipos de mecanismos, esta investigación se basó en el estudio de los tipos de proceso de extracción, tipos de mecanismos de centrifugación de miel y funcionamiento de cada uno de los mecanismos; los cuales permitieron elegir el mecanismo de centrifugación Tangencial” Además a este estudio se le añaden métodos específicos para el diseño como es la casa de calidad, matriz de priorización, materiales para la industria alimenticia, cálculos de elementos, selección de materiales, etc.

El diseño del mecanismo de centrifugación será elaborado en su totalidad de acero inoxidable AISI 304, para evitar daños en el producto que es este caso es miel de abeja y además por ser considerado como el más apto para el manejo de alimentos.

ABSTRACT

The present certification work consists of the design of a centrifugation mechanism for the improvement of the productivity in the honey extraction process in the company API-LOJA.

The project consisted in the selection of a centrifugation mechanism, for which reason of three types of mechanisms was made, this investigation was based on the study of the types of extraction process, types of mechanisms of honey centrifugation and operation of each of the mechanisms, which allowed to choose the mechanism of Tangential" centrifugation. In addition to this study are added specific methods for design such as quality house, prioritization matrix, materials for the food industry, calculations of elements, selection of materials, etc.

The design of the centrifugation mechanism, will be made entirely of stainless steel AISI 304, to avoid damage to the product which in this case is honey and also be considered the most suitable for food handling.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Ficha Técnica.....	3
1.3 Descripción del problema.....	3
1.4 Diagrama SIPOC	4
1.5 VSM Actual.....	7
1.6 Alcance.....	9
1.7 Justificación.....	10
1.8 Objetivos	11
1.8.1 Objetivo General	11
1.8.2 Objetivos Específicos.....	11
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	11
2.1 Producción de miel de abeja	11
2.1.1 Procesos de extracción de miel de abeja	11
2.2 Tipos de extracción	14
2.2.1 Compresión.....	14
2.2.2 Extracción por centrifugación	14
2.2.3 Extracción por gravedad	15
2.3 Máquinas centrifugadoras.....	16
2.3.1 Tipos de mecanismos de centrifugación de miel abeja	16
2.3.1.1 Centrifugadora Radial	16
2.3.1.2 Centrifugadora Paralelo-Radial.....	17
2.3.1.3 Centrifugadora Tangencial.....	18
2.4. Matriz de priorización.....	18
2.4.1 Casa de la calidad QFD	19
2.5 Materiales para la industria alimenticia	20
2.5.1 Acero inoxidable de aleación fina.....	20

2.5.2	Materiales de aluminio	21
2.5.3	Materiales sintéticos y elastómeros	22
2.6	VSM.....	23
2.7	Sistemas CAD/CAE:	23
2.8	Productividad	24
2.9	Miel de abeja y sus características	25
2.9.1	Características de la miel de abeja	26
2.9.1.1	Características de la miel (Físicas)	26
2.9.1.2	Características de la miel	27
2.9.1.3	Composición de miel de abeja.....	28
2.10	Extracción de miel de abeja en Ecuador	30
2.11	Dificultades más comunes en el proceso de extracción de miel en el Ecuador	31
2.12	Tipos de motores de corriente alterna.....	32
2.12.1	Motores Universales.....	32
2.12.2	Motores Sincrónicos.....	33
2.12.3	Motores Monofásicos	34
2.12.4	Motores Asincrónicos.....	34
2.12.5	Motores Trifásicos.....	35
2.13	Motor reductor de velocidades	35
2.13.1	Características de un motorreductor	36
2.14	Tipos de bandas para máquinas	36
3.	CAPÍTULO III. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN PARA LA EXTRACTORA DE MIEL DE ABEJA.....	40
3.1	Matriz QFD (Casa de la calidad).....	40
3.1.1	Requerimientos del cliente	40
3.1.2	Requerimientos técnicos	41
3.1.3	Conclusión matriz QFD	43

3.2	Parámetros de selección para el mecanismo de centrifugación	43
3.3	Características de funcionalidad del mecanismo de centrifugación	45
3.4	Alternativas de selección para el mecanismo de centrifugación	46
3.4.1	Alternativa X.....	46
3.4.2	Alternativa Y	47
3.4.3	Alternativa Z	47
3.5	Matriz de Priorización	48
4.	CAPÍTULO IV. DISEÑO DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN EXTRATORA MIEL DE ABEJA ...	48
4.1	Selección del motor	48
4.2	Características del motor	49
4.3	Voltajes y frecuencias de operaciones	49
4.3.1	Velocidades.....	50
4.3.2	Par requerido	54
4.3.3	Cálculo de la potencia del sistema motriz	57
4.3	Eficiencia IE	58
4.4	Clase de servicio.....	59
4.5	Selección de motor reductor	60
4.6	Cálculo de las bandas y poleas.....	61
4.6.1	Banda de transmisión Motor reductor-Eje tambor.....	61
4.6.2	Banda de transmisión Tambor-Alzas	64
4.6.3	Banda de transmisión Alzas	66
4.7	Diseño de ejes	68
4.7.1	Diseño eje motriz	68
4.7.1.1	Cargas que actúan sobre el eje motriz.....	68
4.7.1.2	Carga de desbalanceo (F_d)	69

4.7.1.3 Carga axial (F_a)	69
4.7.2 Diagramas de deflexión, cortante y momento flector	71
4.7.2.1 Deflexión	71
4.7.2.2 Cortante	72
4.7.2.3 Momento flector	72
4.7.3 Diagramas de esfuerzos	73
4.7.3.1 Esfuerzo cortante	73
4.7.3.2 Esfuerzo Flector	73
4.7.4 Cálculo del diámetro mínimo	74
4.7.5 Diseño dinámico	75
4.7.5.1 Factor de superficie K_a	76
4.7.5.2 Factor de tamaño K_b	76
4.7.5.3 Factor de confiabilidad K_c	77
4.7.5.4 Factor de temperatura K_d	77
4.7.5.5 Factor de modificación de concentración esfuerzos K_e	77
4.7.6 Geometría del eje motriz	78
4.8 Diseño eje conducido	79
4.8.1 Cargas que actúan sobre el eje motriz	79
4.8.2 Diagramas de deflexión, cortante y momento flector	80
4.8.2.1 Deflexión	80
4.8.2.2 Cortante	81
4.8.2.3 Momento flector	81
4.8.3 Diagramas de esfuerzos	82
4.8.3.1 Esfuerzo cortante	82
4.8.3.2 Esfuerzo Flector	82
4.8.4 Cálculo del diámetro mínimo	83
4.8.5 Diseño dinámico	83
4.8.6 Geometría del eje conducido	84
4.9 Selección de rodamientos	84

5. CAPITULO V. SIMULACION DE ESFUERZOS DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACION.....	88
5.1 Análisis FEM del Eje Motriz.....	88
5.1.1 Resultados	89
5.1.1.1 Deflexión	89
5.1.1.2 Esfuerzos Von-Mises	89
5.1.1.3 Factor de seguridad	90
5.2 Análisis FEM del Eje Conducido	90
5.2.1 Resultados	91
5.2.1.1 Deflexión	91
5.2.1.2 Esfuerzos Von-Mises	92
5.2.1.3 Factor de seguridad	92
5.3 Análisis FEM del Tambor	93
5.3.1 Resultados	95
5.3.1.1 Deflexión	95
5.3.1.2 Esfuerzos Von-Mises	95
5.3.1.3 Factor de seguridad	96
5.4 Análisis FEM del Tanque	96
5.4.1 Resultado	98
5.4.1.1 Deflexión	98
5.4.1.2 Esfuerzos Von-Mises	98
5.4.1.3 Factor de seguridad	99
6. CAPÍTULO VI. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN.....	99
6.1 Costo de Fabricación del mecanismo de centrifugación	99
6.1.1 Costos de Materiales.....	100
6.1.2 Costos de mano de obra.....	100
6.1.4 Costo de Transporte.....	100
6.1.5 Costo de Maquinarias y Equipos.....	101

6.1.6 Costo de Mantenimiento	101
6.1.7 Costo Total del Mecanismo de Centrifugación	102
6.2 Análisis Financiero y Económico del mecanismo de centrifugación	102
6.2.1 Situación Actual	103
6.2.2 Ventas Anuales 2015-2016	103
6.2.3 Situación Mejorada.....	103
6.3 VSM Mejorado	130
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
7.1 Conclusiones	133
7.2 Recomendaciones	134
REFERENCIAS	135
ANEXOS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Envase de miel.....	4
Figura 2. SIPOC API-LOJA	4
Figura 3. Proceso de recolección de alzas.....	5
Figura 4. Proceso de desoperculado.....	6
Figura 5. Proceso de extracción.....	6
Figura 6. VSM Actual	8
Figura 7. Análisis de Balance	9
Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de extracción de miel	13
Figura 9. Extracción por compresión.....	14
Figura 10. Extracción por método de centrifugación	15
Figura 11. Extracción por método de gravedad.....	16
Figura 12. Centrifugadora radial.....	17
Figura 13. Centrifugadora Paralelo-Radial	17
Figura 14. Centrifugadora tangencial	18
Figura 15. Matriz QFD.....	20
Figura 16. Ejemplo de Simulación en inventor	24
Figura 17. Partes de una colmena	30
Figura 18. Motor Universal	33
Figura 19. Motor Síncronico	33
Figura 20. Motor Monofásico.....	34
Figura 21. Motor Asíncronico.....	34
Figura 22. Motor trifásico.....	35
Figura 23. Motor reductor de velocidades	36
Figura 24. Banda plana	37
Figura 25. Banda trapercial o en V.....	37
Figura 26. Banda dentada.....	38
Figura 27. Banda nervada.....	38
Figura 28. Banda redonda.....	39
Figura 29. Banda eslabonada	39
Figura 30. Prioridades Matriz QFD.....	42

Figura 31. Prueba del ventilador para extracción de miel	52
Figura 32. Dimensiones alza	53
Figura 33. Densidad de Potencia vs. Velocidad	53
Figura 34. Revoluciones de alza	54
Figura 35. Inercia rotacional del tambor	56
Figura 36. Inercia rotacional de alzas.....	56
Figura 37. Selección de tipo de polea	62
Figura 38. Selección de tipo de polea	63
Figura 39. Transmisión Tambor-Alzas	64
Figura 40. Selección de bandas	65
Figura 41. Transmisión Alzas	66
Figura 42. Eje motriz	68
Figura 43. Esquema de ilustración de fuerza de desbalanceo	69
Figura 44. Propiedades físicas del mecanismo de giro	70
Figura 45. Diagrama del eje motriz	70
Figura 46. Diagrama de deflexión de eje motriz	71
Figura 47. Diagrama cortante de eje motriz	72
Figura 48. Diagrama momento flector eje motriz.....	72
Figura 49. Esfuerzo cortante eje motriz.....	73
Figura 50. Esfuerzo flector eje motriz.....	73
Figura 51. Geometría del eje motriz	78
Figura 52. Eje conducido.....	79
Figura 53. Diagrama del eje conducido.....	79
Figura 54. Diagrama de deflexión de eje conducido	80
Figura 55. Diagrama cortante de eje conducido.....	81
Figura 56. Diagrama momento flector eje conducido	81
Figura 57. Esfuerzo cortante eje conducido	82
Figura 58. Esfuerzo flector eje conducido	82
Figura 59. Geometría del eje conducido	84
Figura 60. Propiedades mecánicas AISI 304	88
Figura 61. Cargas que actúan sobre el Eje Motriz	88
Figura 62. Restricciones de apoyo del Eje Motriz	89

Figura 63. Deflexión por FEM del Eje Motriz	89
Figura 64. Esfuerzos Von-Mises Eje Motriz.....	89
Figura 65. Factor de seguridad Eje Motriz	90
Figura 66. Cargas que actúan sobre el Eje Conducido	90
Figura 67. Restricciones de apoyo del Eje Conducido	91
Figura 68. Deflexión por FEM del Eje Conducido.....	91
Figura 69. Esfuerzos Von-Mises Eje Conducido	92
Figura 70. Factor de seguridad Eje Conducido	92
Figura 71. Cargas que actúan sobre el Tambor	94
Figura 72. Restricciones de apoyo del Tambor	94
Figura 73. Deflexión por FEM del Tambor.....	95
Figura 74. Esfuerzos Von-Mises Tambor	95
Figura 75. Factor de seguridad Tambor	96
Figura 76. Cargas que actúan sobre el Tanque	97
Figura 77. Cargas que actúan sobre el Tanque	97
Figura 78. Deflexión por FEM del Tanque.....	98
Figura 79. Esfuerzos Von-Mises Tanque	98
Figura 80. Factor de seguridad Tanque	99
Figura 81. VSM Mejorado	131
Figura 82. Análisis de Balance mejorado	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda año 2016	5
Tabla 2. Takt Time	7
Tabla 3. Materiales comunes en la industria alimentaria/Acero	21
Tabla 4. Materiales comunes en la industria/Aluminio	21
Tabla 5. Materiales comunes en la industria/Sintéticos y Elastómeros	22
Tabla 6. Características técnicas del acero inoxidable 304	23
Tabla 7. Características de miel (Físicas)	27
Tabla 8. Características de la miel (Químicas)	28
Tabla 9. Composición de la miel de abeja	29
Tabla 10. Matriz QFD	42
Tabla 11. Clasificación de Parámetros	43
Tabla 12. Ponderación	45
Tabla 13. Matriz de Priorización 2	48
Tabla 14. Clasificación de motores por eficiencia	58
Tabla 15. Clases de eficiencia IE para motores eléctricos	59
Tabla 16. Factor de servicio FS	60
Tabla 17. Selección de motor reductor	61
Tabla 18. Factores de servicio para ejes según Código ASME	74
Tabla 19. Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel	76
Tabla 20. Factores de confiabilidad Kc	77
Tabla 21. Duración de vida recomendada para máquinas	85
Tabla 22. Factores de carga para rodamientos	86
Tabla 23. Parámetros de Weibull	86
Tabla 24. Factor a, efecto carga-vida	86
Tabla 25. Parámetro de Weibull de vida nominales	87
Tabla 26. Dimensión y clasificación de carga para rodamientos de bolas	87
Tabla 27. Costos de Materiales de la centrifugadora	100
Tabla 28. Costos de Mano de Obra	100
Tabla 29. Costos de transporte	101
Tabla 30. Costos de Maquinarias y Equipos	101

Tabla 31. Costos de mantenimiento.....	101
Tabla 32. Costo Total del Mecanismo de Centrifugación	102
Tabla 33. Valor del kg de miel.....	103
Tabla 34. Venta Anual 2015-2016.....	103
Tabla 35. Ventas Anual 2018-2019	104
Tabla 36. Calculo de Flujos, VAN, TIR, PAYBACK	104

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El proyecto contiene el diseño de un mecanismo de centrifugación para la mejora de productividad en el proceso de extracción de miel de abeja en la empresa API-LOJA, la cual busca incrementar su cartera de clientes, ampliar su comercialización y producción.

La extracción que se practica en API-LOJA y en la mayor parte de empresas que se dedica a la producción de miel es artesanal, es decir, por medio de exprimido, la cual fue uno de los primeros métodos que permitió la extracción de miel de abeja, este proceso de exprimido es considerado obsoleto, debido a que destruye las alzas y genera pérdida de materia prima, lo cual genera pérdida de tiempo y producción por lo tanto la solución para este problema es la extracción de miel por centrifugación.

La centrifugación es un método más convenientes y eficaces para mejorar la extracción de miel, ya que es el que permite extraer gran cantidad de miel de abeja en un tiempo menos sin causar daños a las alzas, lo cual incrementa la producción debido a que los cuadros al no ser dañados pueden regresar a las colmenas y las abejas ya no necesitan reconstruir los marcos sino sólo deben encargarse de la producción de miel.

1.1 Antecedentes

La miel de abeja desde tiempos remotos ha sido consumida por los seres humanos como un producto beneficioso para la salud debido a la gran cantidad de nutrientes y vitaminas naturales que aporta. La apicultura es una técnica milenaria que se encarga del cuidado y la crianza de las abejas, de esta manera se obtiene las alzas de miel, las cuales permiten extraer este producto de manera adecuada. Debido a esto han ido apareciendo diferentes métodos y mecanismos que buscan mejorar el proceso de extracción para beneficio de los apicultores.

La extracción de miel está ligada a la sostenibilidad, es decir, a un proceso no industrializado debido a que en sus inicios la extracción era artesanal pues se utilizaba herramientas de uso rudimentario, por lo que no se necesitaba la creación de mecanismos especializados que faciliten este proceso. La falta de mejora en este proceso provoca que exista daños en la estructura del alza de miel, es por ello que se busca lograr una separación de la miel con la parte sólida mediante un eje de velocidad con el fin de que no se desperdicie el producto y sobre todo que se logre una disminución de tiempo entre cosechas y así aumentar la producción de miel.

Existen ciertos tipos de mecanismos de centrifugación, pero los primeros que se utilizaron para este proceso fueron elaborados bajo una directriz no segura ya que fueron construidas con materiales no aptos para el manejo de alimentos. Estos mecanismos tenían dos ejes como fuente motriz para poder girar las alzas de miel con el objetivo de mejorar y aumentar la producción.

En la actualidad se han inventado ciertos mecanismos con el fin de conseguir un proceso de extracción mucho más eficiente y eficaz, por lo tanto, se ha comprobado que el tipo de extracción que ha permitido tener un alto índice de producción y de mayor utilidad es el de extracción por fuerza centrífuga, permitiendo separar componentes líquidos de los sólidos.

La empresa API-LOJA que se encuentra ubicada en la ciudad de Loja al norte, en la urbanización La Banda en la Av. Chuiquiribamba entre Diego de Troya y general Rafael Rodríguez tras las bodegas de Guitig, actualmente cuenta con 6 apicultores y con 450 colmenas cada una valorada entre \$120 a \$150 dólares.

Su principal actividad es la producción de miel, polen, jalea. Anualmente la producción de miel por colmena oscila entre 18 y 20 kilogramos teniendo en consideración que esta cantidad depende de factores como el clima, presencia de flora y los cuidados respectivos que se tenga a las colmenas. Desde sus

inicios hasta la actualidad la empresa API-LOJA obtiene sus productos utilizando el método de extracción tradicional.

La empresa API-LOJA busca incrementar su producción y mejorar el rendimiento ya que actualmente todos sus productos sólo se extienden en la provincia de Loja y en ciertas partes de otras provincias, obteniendo como resultado una cartera de clientes no tan extensa. La empresa API LOJA se está planteando nuevas metas que se basan principalmente en crecer dentro del mercado extendiendo su comercialización a otras ciudades y ampliar su cartera de clientes.

1.2 Ficha Técnica

- **Nombre:** Miel API-LOJA
- **Descripción:** Miel de abeja APICULTURA LOJANA
- **Ingredientes:** 100% Miel de abeja
- **Almacenamiento:** 1.5 años
- **Formato de presentación:** Envase de cristal **1000 ml**
 - Peso Bruto: **1400 g**
 - Peso Neto: **1000 g**
- **Valores Nutricionales:**

Proteínas (gr)	0,7
Carbohidratos (gr)	84
Lípidos (gr)	0,23
Valor Energético (kjul/kcal)	1398/328

1.3 Descripción del problema

La empresa API-LOJA se dedicada a la extracción y también a la comercialización de miel de abeja desde el año de 1995, cuenta con aproximadamente 450 colmenas las cuales producen de 18 a 20 kilogramos al año dando un total de 8000 kg/año, en su principal cartera de productos está la

producción de miel de abeja, polen, jalea y los subproductos que derivan de los mismos. (Ver Figura 1)



Figura 1. Envase de miel

Los procesos los cuales intervienen en la extracción de miel de abeja empieza con la recolección de alzas, seguido por la operación de des operculado, posterior a esto se extrae la miel, después de este proceso pasa al proceso de filtrado para luego pasar al envasado, etiquetado y almacenamiento.

1.4 Diagrama SIPOC

En el presente diagrama se puede constatar el proceso de extracción de miel de abeja de una manera más detallada, figura 2.



Figura 2. SIPOC API-LOJA

En el proceso de extracción existe excesivo desperdicio de tiempo, porque se usa un método manual de exprimido. Aproximadamente el tiempo en el área de extracción son 4 a 5 horas solo para la extracción de miel y permanentemente esto hace que se genere un aumento en el Lead Time, además provoca retrasos y pérdida de pedidos a los clientes, en el año 2016 existe pedidos que no pudo completar la empresa API-LOJA como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1.

Demanda año 2016

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Demanda (Cajas)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Pedidos Entregados (Cajas)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

Esta falta de pedidos no entregados generó una pérdida del 37% de las ventas mensuales que es un valor cerca de 4000 dólares aproximadamente, este proceso de extracción también genera un aumento del costo unitario del producto ya que se debe contratar personal temporalmente para que trabaje en el área de extracción y se cumpla con la demanda exigida, además existe demasiado desperdicio de materia prima porque las Alzas se destruyen totalmente y no se puede volver a usar como se puede observar en las siguientes imágenes. (Ver Figura 2, Figura 3 y Figura 4)



Figura 3. Proceso de recolección de alzas



Figura 4. Proceso de desoperculado



Figura 5. Proceso de extracción

Y por esta razón el apicultor tiene que esperar más tiempo de 6 a 8 días hasta que las abejas vuelvan a crear las alzas y 9 días más para que las abejas vuelvan a producir la miel.

1.5 VSM Actual

En el siguiente VSM se puede observar en donde se encuentra el cuello de botella y a que parte del proceso se debe direccionar nuestra solución conociendo los tiempos de cada proceso, el TAKT TIME y la cantidad de demanda que se necesita para satisfacer las necesidades de los clientes. (Ver Tabla 2, figura 6 y 7)

Tabla 2.

Takt Time

SITUACION ACTUAL					
PRODUCCION DE MIEL					
días laborales	22	Tiempo disponible	28800	seg	Demanda Mensual
hrs. X turno	9	Demanda diaria	45		480 Min
turnos	1				990
Descansos x turno	60	TAKT TIME	640,0	seg / kg	
			640	Segundos	10,67 Minutos
					0,18 Horas

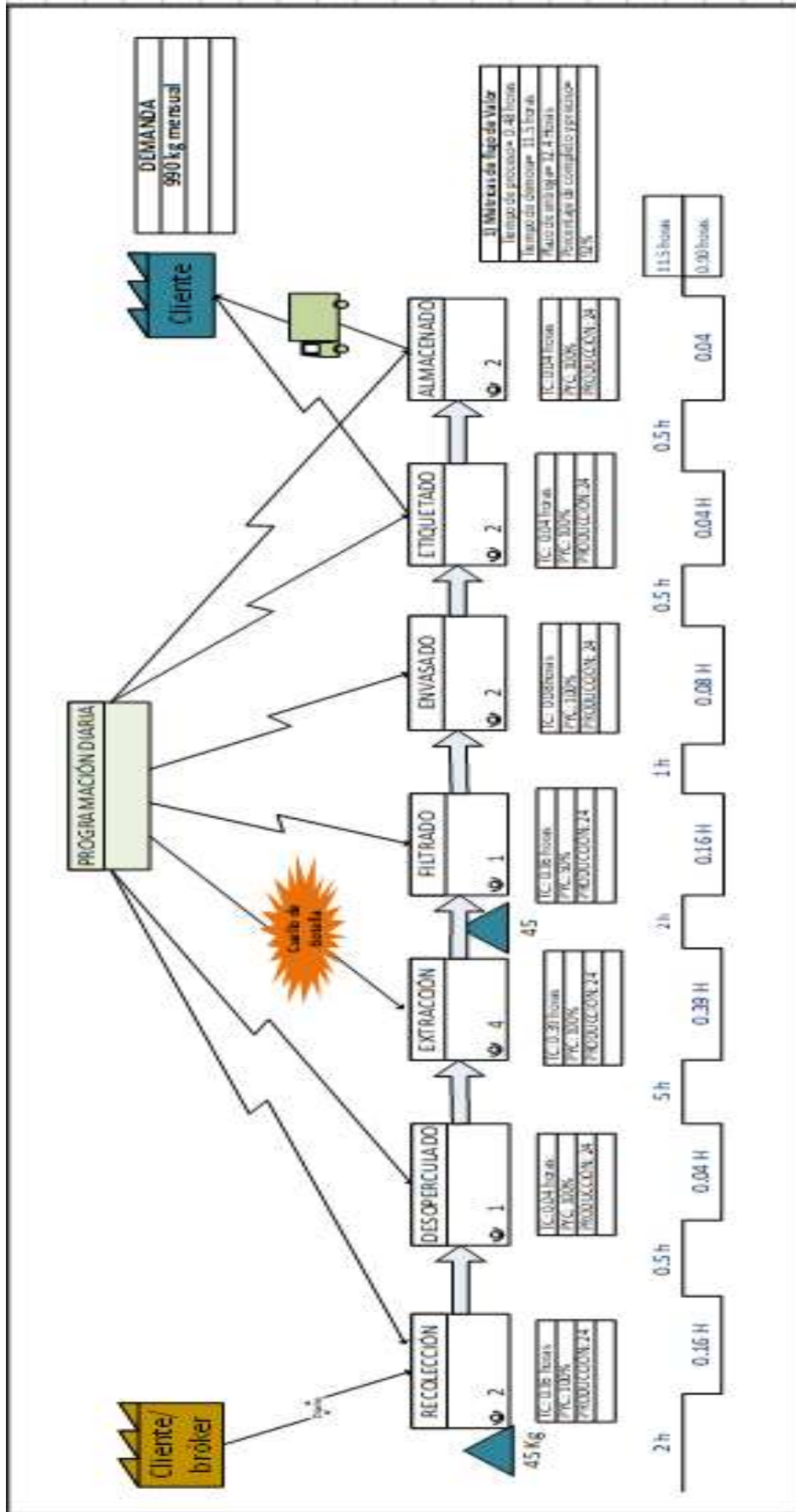


Figura 6. VSM Actual

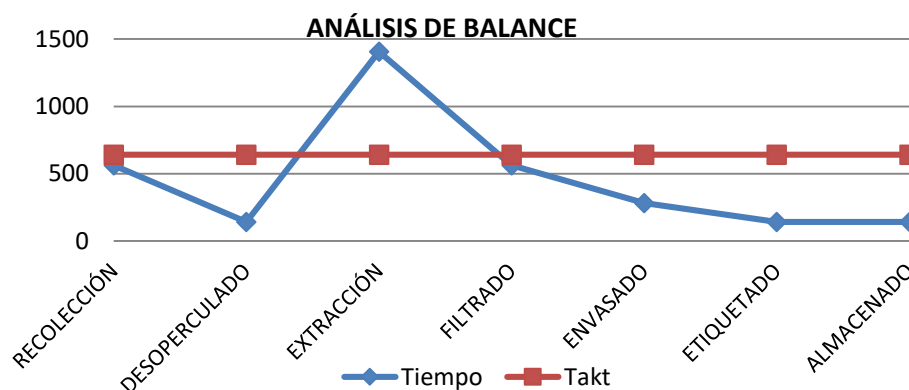


Figura 7. Análisis de Balance

Como se puede observar en la figura 7, el cuello de botella es en el proceso de extracción y a ese proceso es el que se debe optimizar para que se tal manera la línea producción quede balanceada.

1.6 Alcance

El presente proyecto realizará el diseño de un mecanismo de centrifugación para optimizar el proceso de extracción de miel, el área de influencia de este trabajo es la industria apícola específicamente en la empresa API-LOJA, ubicada en la provincia de Loja.

Este proyecto beneficiará la producción mediante un mecanismo diseñado en el país y que represente una solución rentable para la mejora de la eficiencia y de rendimiento en el proceso de extracción de miel en un plazo de cinco meses desde su aprobación.

El diseño del mecanismo de centrifugación va aprovechar el movimiento rotativo, el cual permitirá producir una fuerza centrífuga con una potencia elevada provocando un movimiento circular y así lograr la separación del líquido-sólido, este mecanismo va a evitar de manera mínima que las alzas sean operadas de forma manual por los apicultores obteniendo como resultado una gran disminución de pérdidas de miel de abeja y la reducción del Lead Time, además

se conseguirá hacer de la miel un líquido más transportable y las alzas no serán llevadas a la superficie hasta que la miel sea extraída completamente. Este mecanismo va a alcanzar una extracción máxima de 25 kg/h.

1.7 Justificación

El proyecto tiene como finalidad el diseño de un mecanismo de centrifugación para mejorar el rendimiento, la producción y cumplir con las metas establecidas por la empresa API LOJA, su principal objetivo es satisfacer toda la demanda local y proyectarse al crecimiento empresarial.

Este proyecto nace con la finalidad de que el método a utilizarse en el proceso de extracción beneficie a los apicultores encargados y que se invierta menos tiempo para el proceso de extracción y sobre todo que no haya pérdidas de materia prima lo cual va a beneficiar a la empresa porque permitiría elevar sus índices de producción.

El diseño y modelado de este mecanismo de centrifugación facilitará el trabajo al apicultor pues se logrará la extracción de la miel en un 99% sin la necesidad de sacar y causar daño a las alzas, solamente se necesita el removimiento de la cera de los cuadros que es sacada de forma manual en el proceso de desoperculado logrando que el proceso de extracción sea más rápida y mucho más eficiente.

También evitará la pérdida de miel, polen y sobretodo que no se destruyan las alzas que permitirían posteriormente producir en menores tiempos. Para este diseño se utilizará el software Autodesk Inventor 2017 el cual permite hacer un modelado paramétrico que puede ser editado sin problema para que de esta manera el diseño sea acorde a la necesidad y a todas las características específicas que se necesita.

La importancia del proyecto radica en alcanzar las nuevas metas de la empresa sin alterar los aspectos importantes que hasta el momento le han permitido tener éxito en su giro de negocio.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo General

- Diseñar un Mecanismo de Centrifugación para la extracción de miel de abeja que facilite y mejore la capacidad de extracción para la mejora de productividad en la empresa API-LOJA.

1.8.2 Objetivos Específicos

- Investigar alternativas existentes de mecanismos de centrifugación.
- Seleccionar una alternativa adecuada a los requerimientos de los clientes.
- Diseñar los componentes mecánicos que necesita el mecanismo.
- Realizar documentos técnicos para la fabricación del mecanismo.
- Simular el sistema en funcionamiento mediante software de análisis de elementos finitos.
- Validar el diseño mecánico del dispositivo.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Producción de miel de abeja

2.1.1 Procesos de extracción de miel de abeja

Un proceso de extracción de miel de abeja adecuado debe tomar en consideración ciertos aspectos importantes como son: el transporte, el almacenamiento y la manipulación para que no afecte sus propiedades nutricionales.

En la figura 8 se puede observar el proceso de extracción de miel de abeja en el que inicia con la recolección de las alzas o cuadros de cada colmena, seguido por la operación desoperculado donde se retira toda la cera de las dos caras que tienen los cuadros sobre una cuba de desopercular, posterior a esto se extrae la miel con el método de prensado, después de este proceso pasa al proceso de filtrado donde se coloca toda la miel en un filtro de malla y cae a un depósito de decantado para luego pasar a su respectivo almacenamiento.

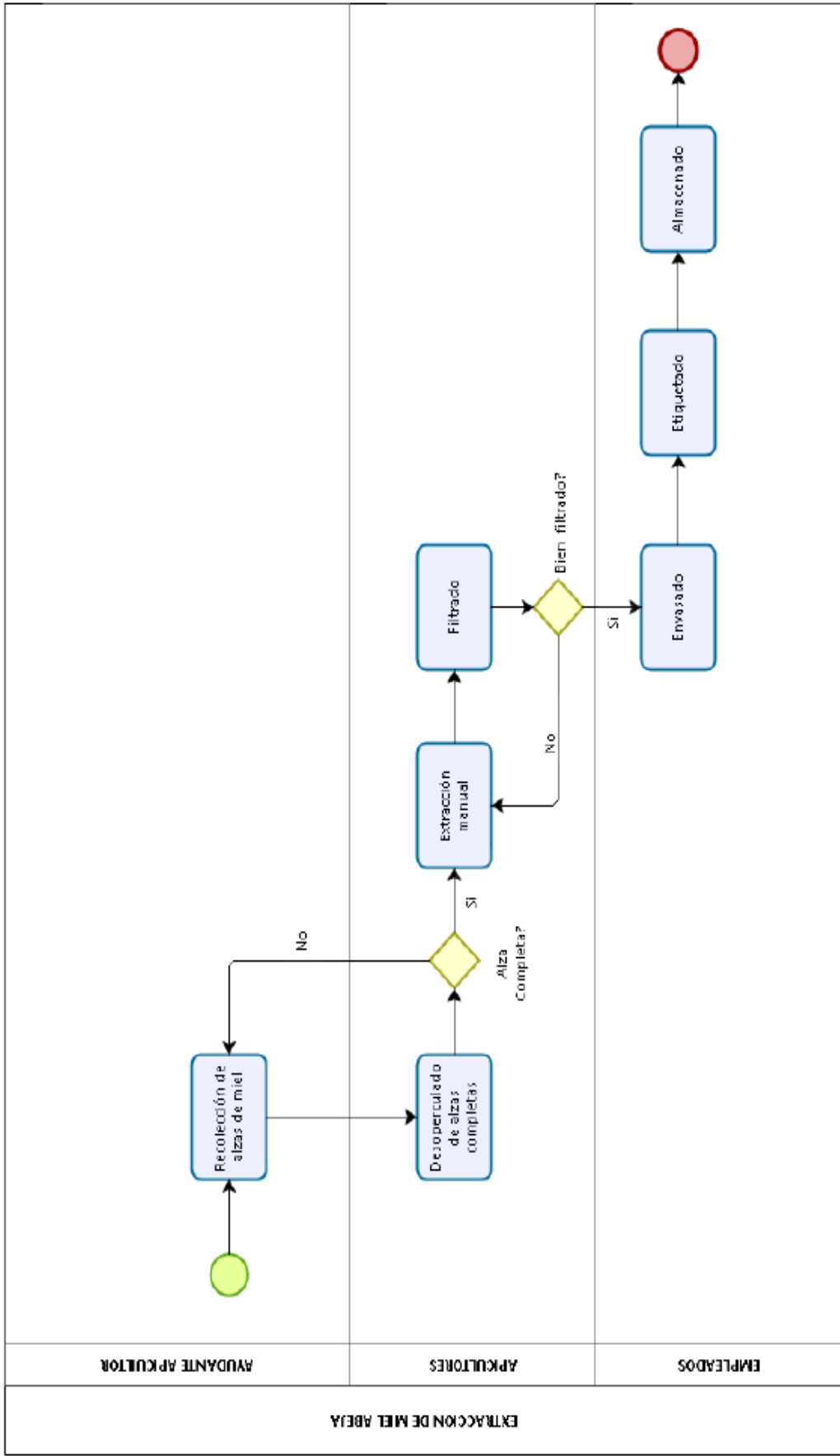


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de extracción de miel

2.2 Tipos de extracción

2.2.1 Compresión

Este proceso de extracción es de forma brusca en la que el único beneficio es que es más rápida comparada a otras extracciones, consiste en romper los cuadros y en exprimirlos de manera manual permitiendo que la miel se salga.

Después se pone en una prensa que tiene un tambor lleno de huecos, un tornillo sin fin y un volante donde se aplasta los cuadros obligando a que la miel se filtre por los huecos y de esta manera caiga a un recipiente que se encuentra debajo como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Extracción por compresión

Tomado de (Miarroba, s.f.)

2.2.2 Extracción por centrifugación

Este método es el que más se utiliza para el tipo de procesos de extracción, ya que por sus beneficios de no destruir los marcos y por la rapidez con la que se

lo hace las empresas apícolas han empezado a implementar dicho método ya que ahorra un 60% del tiempo de la extracción como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Extracción por método de centrifugación
Tomado de (Scribd, 2012)

2.2.3 Extracción por gravedad

Este es el proceso que emplea más tiempo en su extracción ya que consiste en seleccionar los cuadros, después pasa al proceso de desoperculado en el cual se extrae toda la cera de los cuadros, luego se coloca en una malla que tiene un recipiente debajo por efecto de la gravedad y la miel empieza a extraerse como se muestra en la figura 11, este proceso puede durar 8 horas aproximadamente.



Figura 11. Extracción por método de gravedad

2.3 Máquinas centrifugadoras

2.3.1 Tipos de mecanismos de centrifugación de miel abeja

Se clasifican dependiendo de la colocación del alza con relación al eje de rotación, con el propósito de extraer la miel de una manera más simple y rápida y se clasifican en tres:

- Centrifugadora Radial
- Centrifugadora Paralelo-Radial
- Centrifugadora Tangencial

2.3.1.1 Centrifugadora Radial

En esta centrifugadora se colocan los cuadros de miel alrededor del eje principal del extractor. Esta es una de las formas más rápidas de extraer la miel de abeja constituyéndose en uno de los mejores tipos de centrifugación en vista de que los cuadros no son destruidos (Ver Figura 12).



Figura 12. Centrifugadora radial

Tomado de (Scribd, 2012)

2.3.1.2 Centrifugadora Paralelo-Radial

En esta centrifugadora se colocan los marcos de miel paralelos al eje del de la centrifugadora y perpendicular al radio del círculo.

Se debe tomar en cuenta que es necesario dar la vuelta el cuadro manualmente para poder extraer toda la miel, (Ver Figura 13).



Figura 13. Centrifugadora Paralelo-Radial

Tomado de (Scribd, 2012)

2.3.1.3 Centrifugadora Tangencial

En esta centrifugadora se colocan los marcos de miel perpendicularmente alrededor de todo el cilindro a manera de jaula como se muestra en la figura 14.

Los beneficios de esta centrifugadora es minimizar el tiempo y maximizar la producción de la materia prima.

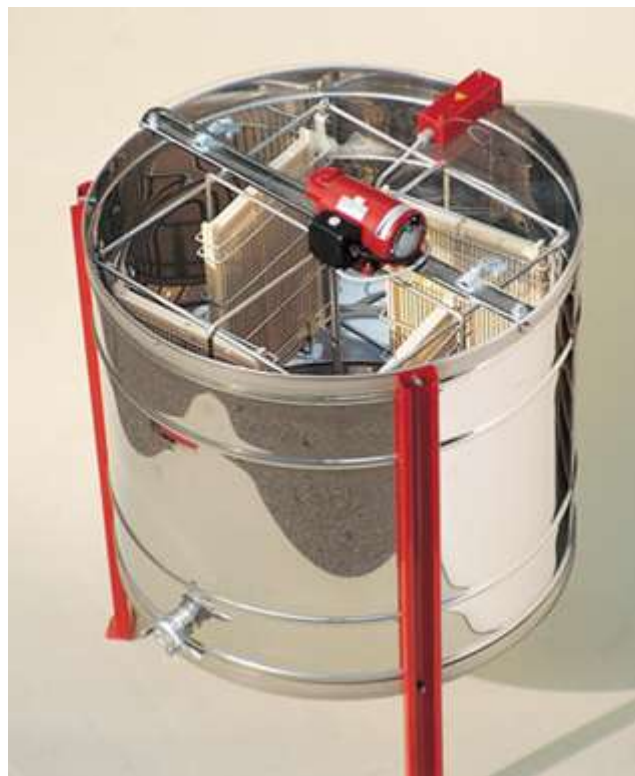


Figura 14. Centrifugadora tangencial

Tomado de (Norton, 2014)

2.4. Matriz de priorización

Es una herramienta que ayuda a la selección de opciones a través de ponderaciones y criterios. Establece prioridades entre un número determinado de elementos para que de esa forma sea más fácil tomar la mejor decisión, adaptándose a las necesidades de la empresa. Esta matriz consiste en dar

valores de cada criterio para posteriormente analizar cual obtuvo la mayor puntuación.

2.4.1 Casa de la calidad QFD

Casa de la calidad faculta la documentación de manera formal de los procesos lógicos a través de matrices en donde se interpreta las necesidades de los consumidores en las características específicas del producto, es decir, ayuda a entender la prioridad de los consumidores y encontrar de manera más rápida satisfacer las necesidades. Se divide en estos pilares:

- **Requerimientos del cliente:** En esta primera fase se considera un listado de todas las necesidades y características del cliente sobre el producto que desea, unos de los aspectos más importantes son: desempeño, durabilidad, calidad y apariencia.
- **Evaluación Competitiva:** Indica una comparación competitiva de la compañía delante de sus competidores directos en las características más destacadas por los consumidores en la calidad del producto.
- **Características Técnicas:** En esta fase se definen la o las características de ingeniería del producto que van a complacer las necesidades de los consumidores.
- **Relaciones:** Esta fase es la relación entre las características del diseño y las necesidades de los consumidores.
- **Correlaciones:** Identifica qué efectos adversos pueden suceder cuando existe uno o varios cambios en el diseño.
- **Objetivos:** Indica los valores metas a lograr en todas las características técnicas.

Esquema de la matriz QFD



Figura 4: Esquema de la matriz QFD

Figura 15. Matriz QFD

Tomado de (Slideshare, s.f.)

2.5 Materiales para la industria alimenticia

Existen tres principales tipos de materiales que se emplean a nivel mundial y local para la fabricación de maquinaria de alimentos, estos son: el acero inoxidable de aleación fina, materiales de aluminio/materiales sintéticos y elastómeros, son los que permiten que los alimentos permanezcan protegidos, pues estos componentes son lo que garantizan la seguridad del producto evitando que éstos no absorban sustancias nocivas las cuales alteran el sabor, el color y el olor de los alimentos. Además, este tipo de materiales también son utilizados en los procesos industriales de producción, preparación y conservación de alimentos y también bebidas, ya que son bien diseñados, resistentes a la corrosión y sobre todo estables mecánicamente.

2.5.1 Acero inoxidable de aleación fina

Suele ser la opción más lógica para la construcción de máquinas y equipos en la industria alimentaria.

Tabla 3.

Materiales comunes en la industria alimentaria/Acero

Aceros de aleación fina (conformidad con la directiva 2002/95/CE (RoHS))					
AISI	EN10088-1	DIN	Internacional	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC
AISI 304	X5CrNi18-10	1.4301	0Cr18Ni9 (China) SUS 304 (Japón) STS 304 (Corea) 08Ch18N10 (CEI)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	STS 316 (Corea) 08Ch16Ni11M3 (CEI) 0Cr17Ni12Mo2 (China) SUS 316 (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316L	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	00Cr17Ni14Mo2 (China) STS 316L (Corea) SUS 316L (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316L	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	00Cr17Ni14Mo2 (China) SUS 316L (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 329	X3CrNiMoN27-5-2	1.4460	0Cr26Ni5Mo2 (China) 10Ch26Ni5M (CEI) SUS 329J1 (Japón)	ANSI/NSF 51	3 (4 con superficie lisa, p. ej., mediante pulido electrolítico)
AISI 316Ti	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	0Cr18Ni12MoTi (China) 10Ch17Ni13M2T (CEI) STS 316Ti (Corea) SUS 316Ti (Japón)	ANSI/NSF 51	El titanio incrementa la CRC a 4

Tomado de (FESTO, 2013)

2.5.2 Materiales de aluminio

Suele utilizarse con frecuencia para las estructuras. Son económicos y fáciles de procesar y mecanizar.

Tabla 4.

Materiales comunes en la industria/Aluminio

Aleaciones de aluminio (conformidad con la directiva 2002/95/CE (RoHS))				
Denominación	Código de material según EN	Apto para el contacto con productos alimentarios según	Clase de resistencia a la corrosión CRC sin tratar	Clase de resistencia a la corrosión CRC anodizado
AlCuMg1, AlCuMg2	EN AW-2017A, EN AW-2024	-	0	1
Al99,5	EN-AW-1050A	ANSI/NSF 51	0 ... 1	2
AlMgSi0,5	EN-AW-6060	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi0,7	EN-AW-6005A	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMgSi1	EN-AW-6082	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3
AlMg1, AlMg3, AlMg5	EN-AW-5005, EN-AW-5774, EN-AW-5019	ANSI/NSF 51	1 ... 2	3

Tomado de (FESTO, 2013)

2.5.3 Materiales sintéticos y elastómeros

Pueden entrar en contacto directo con el alimento, pero deben cumplir la disposición 1935/2004/CE o la disposición sobre materiales sintéticos 10/2011 o las directivas de la FDA. Su uso no es frecuente, pero en dados casos si se lo utiliza.

Tabla 5.

Materiales comunes en la industria/Sintéticos y Elastómeros

Materiales sintéticos y elastómeros				
Denominación	Abreviatura	Conformidad dentro de un grupo posible según:	Resistencia a ácidos diluidos	Resistencia a lejías diluidas
Polipropileno	PP	FDA y / o 10/2011	±	+
Poliamida	PA	FDA y / o 10/2011	-	o
Cloruro de polivinilo	PVC	-	±	±
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	FDA y / o 10/2011	±	±
Polioximetileno	POM	FDA y / o 10/2011	-	o
Polimetilmetacrilato	PMMA	FDA y / o 10/2011	±	±
Policarbonato	PC	FDA y / o 10/2011	±	-
Poliétileno HD	PE-HD	FDA y / o 10/2011	±	±
Tereftalato de polietileno	PET	FDA y / o 10/2011	o	-
Polieteretercetona	PEEK	FDA y / o 10/2011	±	±
Politetrafluoroetileno	PTFE	FDA y / o 10/2011	±	±
Caucho etileno-propileno-dieno	EPDM	FDA	±	±
Caucho fluorado	FKM/caucho fluo-rado	FDA	±	-

-: no resistente; o: limitadamente resistente; +: resistente

Tomado de (FESTO, 2013)

El tipo de acero más utilizado dentro de la industria alimenticia en cuanto a nuestro país es el acero inoxidable AISI 304.

Tabla 6.

Características técnicas del acero inoxidable 304

TIPO ASTM (AISI)		304	
Propiedades físicas	Peso específico	kg/m ³	7 900
	Módulo de elasticidad	N/mm ²	193 000
	Calor específico a 20 °C	J/kg.K	500
	Conductibilidad térmica (W/m.K)	a 100 °C	16
		a 150 °C	21
	Resistencia a la tracción (N/mm ²)	Recocido	500 700
		Deformación en frío	7 001 180
	Elasticidad con 0,2 (N/mm ²)	Recocido	195 340
Deformación en frío		340 900	

Tomado de (Irestal Group, 2012)

2.6 VSM

El VSM o también conocido como mapa de flujo de valor tiene como objetivo principal identificar qué actividades no aportan para que se dé un desarrollo dentro de un proceso para de esta manera evitar errores y mejorarlos logrando una ventaja competitiva.

Además, es una herramienta que permite conocer y analizar a profundidad los diferentes procesos dentro de una empresa buscando la mejora para el cliente; el VSM a través de una técnica gráfica logra tener el detalle de los procesos de una manera rápida.

2.7 Sistemas CAD/CAE:

CAD (Diseño asistido por Computador) es un software que a través del uso de una computadora permite generar, modificar, interpretar y optimizar planos en 2D y 3D, además permite manejar de una manera sencilla elementos geométricos, es una herramienta de diseño que va más allá de dibujo. Para el diseño industrial este sistema es el más usado ya que usan modelos

tridimensionales en los que se puede analizar sus cálculos y simulaciones mecánicas, cada diseño tiene sus características específicas. Por ejemplo, en el diseño de una pieza mecánica se podría estudiar su flexión, torsión.

Una ventaja del uso de este software es la posibilidad de corregir las equivocaciones en la fase del diseño, también permite tener una mayor precisión y mayor calidad en los productos. (Pérez, Estrada, Simeón, & Santana, 2015)

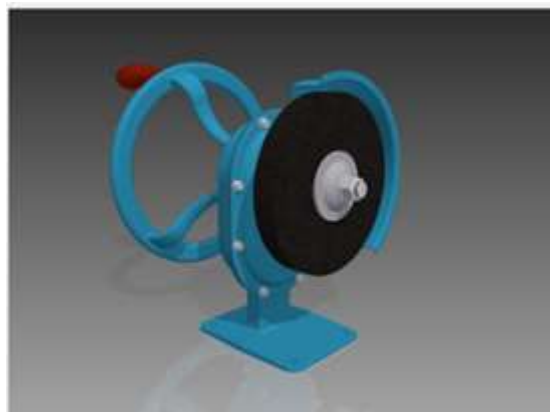


Figura 16. Ejemplo de Simulación en inventor

2.8 Productividad

La productividad es la manera más eficiente para crear recursos, los cuales permiten generar capital y por ende hacer rentables y competitivas las empresas. No obstante, no todas las empresas grandes o pequeñas tienen la misma productividad debido a que no todas tienen una buena rentabilidad por el mal manejo de recursos o falta de conocimiento.

La apicultura en el Ecuador tuvo su apogeo apícola en la década de los noventa, se registraba 38.500 colmenas debido a que existían programas apícolas gubernamentales que permiten desarrollar su productividad, sin embargo, al desaparecer dichos programas desde el 2015 la productividad apícola decayó generando una notable disminución de miel debido a que los procesos para la

extracción de miel en su mayoría siguen siendo manual, es decir, por aplastamiento.

En la actualidad la productividad apícola tiene un déficit en su producción debido a la falta de nuevos mecanismos para producir de una manera más rápida, generando de esta manera una producción deseable del producto, es decir, alcanzando metas propuestas por cada empresa, además hay que tener en cuenta que el consumo de miel de abeja supera la producción de dicho producto.

2.9 Miel de abeja y sus características

La miel de abeja fue el único producto para endulzar hasta el Siglo XIX, después llegó el consumo de azúcar de caña y azúcar de que se derivan del maíz. (Mondragón, Rodríguez, Reséndiz, & Ulloa, 2010)

Es un producto natural alimenticio creado por las diferentes subespecies de abejas, esta sustancia que es producida a partir del néctar de flores y de otras mucosidades florales son transformadas con sustancias propias de cada abeja, pues éstas saborean, transportan, transforman, deshidratan, concentran y almacenan en pañales la miel, la cual por medio de la ventilación y fermentación madura en los mismos.

Según la Norma del Codex para la Miel (2010):

“Se entiende por miel la sustancia producida por abejas obreras 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 plantas, que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias y dejan en el panal para que madure”.

La miel por ser natural no debe ser manipulada con otras sustancias extrañas a su composición debido a que este producto posee sustancias propias de las plantas, las cuales benefician la elaboración y producción de la misma.

2.9.1 Características de la miel de abeja

La miel cuenta con características fisicoquímicas las cuales son medibles, pues pueden agruparse en cuatro grupos; densidad, viscosidad, conductividad y punto de congelación, cada uno de estos se relaciona con su madurez, el tipo de limpieza que se tenga en el proceso y el desgaste de la misma.

2.9.1.1 Características de la miel (Físicas)

- **Aroma**

Esta característica depende de algunos factores que influyen en el aroma como son: la zona geográfica, tipo de flor y del clima, esto se presenta por aceites que hallan en los nectarios de las flores.

- **Color**

Esta característica depende de la exposición al sol que se encuentre la colmena ya que a mayor absorción de luz existirá una variación de color de miel más clara, este color de miel es rico en vitaminas A.

A menos absorción de luz será el color de la miel más oscura esto no quiere decir que la miel de color oscura sea inferior en calidad por lo contrario es más rica en hierro y fosfato de calcio.

2.9.1.2 Características de la miel

Tabla 7.

Características de miel (Físicas)

Característica	Valor	Descripción
Viscosidad	10 kg/m.s	La viscosidad de la miel depende de la temperatura a la cual se expone la miel cuando esta de 30 °C para arriba la miel abeja tiene menor nivel de viscosidad y cuando la temperatura menor de los 15°C esta se vuelve cristalina
Densidad	1.42 g/cm ³	Este valor cambia dependiendo de la madurez de la miel.
Cristalización	-1.475°C.	La miel se cristaliza cuando se le baja la temperatura
Conductividad Térmica	0.04 W/m.K	La conductividad térmica es 14 veces más conductora que el agua

Adaptado de AGA. s.f.

Contiene distintos azúcares, y sobresale la fructosa con un 40% y la glucosa con un 30%. Tiene proteínas, ácidos orgánicos, aminoácidos, maltosa, minerales, polen, levaduras. (Mari, 2012)

Tabla 8.

Características de la miel (Químicas)

Características Químicas de la miel de abeja		
Componentes Mayores	Agua	17%
	Glucosa	31%
	Levulosa	38%
	Maltosa	7.5%
	Sacarosa	1.5%
	Otros azúcares	5%
Componentes Menores	Ácidos aminados y proteínas	
	Ácidos orgánicos	
	Enzimas	Glucosa Invertasa
		Glucosa oxidasa
		Amilasas
Vitaminas B y C		

Adaptado de AGA. s.f.

2.9.1.3 Composición de miel de abeja

El tipo de composición va a depender de diferentes factores como el suelo, el clima y especialmente las condiciones ambientales. La tabla 9 presenta una referencia de la composición de la miel.

Tabla 9.

Composición de la miel de abeja

Compuesto	Porcentaje
Hidratos de Carbono	75 - 80%
Proteínas	Hasta 0,40%
Sustancias Minerales	Hasta 1%: Potasio, calcio, sodio, magnesio, silicio, hierro, fósforo, etc.
Oligoelementos	Zinc, molibdeno, yodo, etc.
Vitaminas	B2, Ac. Pantoténico, Niacina, Tiamina, B6, C, K, Ac. Fólico, Biotina.
Calorías	3,3 cal/g.

Adaptado de AGA. s.f.

Tomando en cuenta los compuestos de la miel, hay que tener claro que dicho producto alimenticio es producido por las abejas quienes con su enzima y con la ayuda de las plantas, las cuales son las que tienen la savia elaborada, el néctar y el mielato, permiten que se produzca la miel y por ende que ésta materia prima sea depositada en las colmenas, el tiempo que tarde las abejas en construir una colmena puede variar de 6 a 8 meses dependiendo de las condiciones climáticas y la alimentación a la que están expuestas.

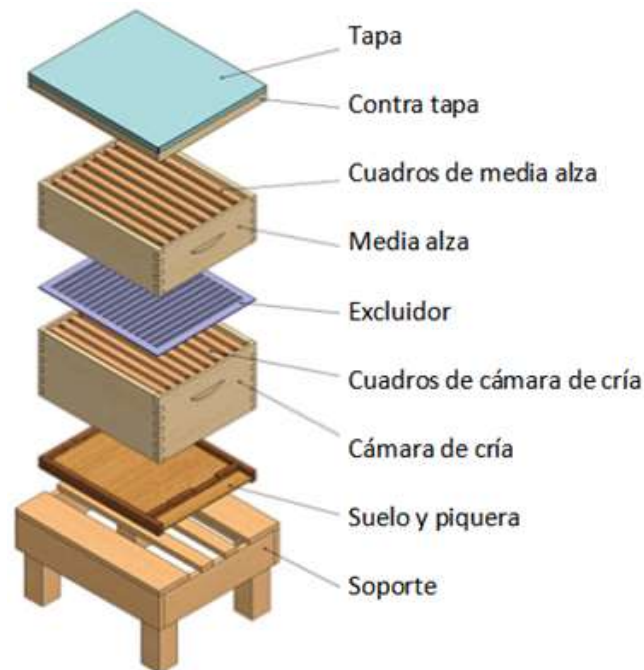


Figura 17. Partes de una colmena
Tomado de (Ecolmena, s.f.)

2.10 Extracción de miel de abeja en Ecuador

En el Ecuador el proceso de extracción de miel de abeja no es tan estandarizados como otros países debido a que la producción de este producto en nuestro país no se maneja de una manera amplia, ya que la mayor parte de empresas que se dedicada a la comercialización son microempresas que se han mantenido en el mercado a través de técnicas de extracción artesanal buscando incrementar su producción (miel de abeja).

Es por eso que según el presidente de la Asociación de Apicultores Manuel Navarrete los tres procesos de extracción más utilizados en el Ecuador son tres:

- **Aplastamiento:** este tipo de extracción es el más utilizado dentro de las empresas debido a que es artesanal y los materiales para este proceso son utensilios de uso cotidiano, los cuales generan un 10% de utilidad, es decir, generan costos bajos lo cual perjudica la productividad de la empresa ya que las alzas son destruidas

provocando una pérdida de tiempo y sobre todo de producción de materia prima.

- **Centrifugación Radial:** este tipo de extracción es el que genera un 50% de porcentaje de utilidad debido a que permite que los costos del producto sean normales ya que este proceso de extracción permite que sean varias alzas las que sean trabajadas al mismo tiempo, pero eso no quiere decir que su cuidado sea mejor, es decir, permite que varios cuadros sean centrifugados en una sola parada, pero al final va a ocurrir un daño y de esta manera la miel de abeja no es extraída en su totalidad.
- **Centrifugación Tangencial:** El método de centrifugación tangencial genera un porcentaje de utilidad de 85% con costos medios, pero este permite una mejor producción ya que los marcos no se dañan como en los otros procesos, disminuye el tiempo de extracción y sobre todo el porcentaje de miel que se extrae de las alzas es mayor y la pérdida de materia prima es mínima.

2.11 Dificultades más comunes en el proceso de extracción de miel en el Ecuador

Ecuador es un país con microempresas que se encarga de la comercialización de miel de abeja en mercados locales y de media a baja demanda, es decir, su producción no justifica grandes inversiones para obtener máquinas de extracción mejoradas para grandes capacidades predominan los procesos artesanales que destruyen las alzas, dificultando la optimización tiempos de producción.

Por estos y otro motivo las microempresas del Ecuador han sido obligadas a buscar alternativas, bajo una visión las cuales faciliten su proceso de extracción, que aumenten su producción, que la pérdida de materia prima sea mínima, que

las alzas sean reutilizables, que logren incrementar su cartera de clientes y sobre todo que sus ingresos sean altos y mejoren los de la actualidad.

Para Manuel de Jesús Chamba gerente de producción de la empresa API-LOJA algunas de las mejoras adecuadas para estos procesos serían:

- Mecanismos de extracción de miel de abeja transportables, que sean manuales y/o eléctricas, para que la función del apicultor sea menor.
- Mecanismos que no dañen tanto las alzas y que en lo posible la materia prima sea recogida en un 99%.
- Que el mecanismo de extracción de miel de abeja tenga una capacidad media para que ingresen varias alzas y así tener una mayor extracción de miel.

2.12 Tipos de motores de corriente alterna

Tiene el nombre de motores de corriente alterna, los motores que tienen la necesidad de usar algún tipo de energía eléctrica y se divide en:

2.12.1 Motores Universales

Este tipo de motor usa corriente continua o corriente alterna dependiendo de la función que se tenga predestinado es muy común utilizarlos en motosierras, taladros, cuchillos eléctricos, licuadoras, etc. Ya que una característica principal de este motor es generar grandes revoluciones con cargas pequeñas. Otra característica de estos motores es que generan alta cantidad de ruido.

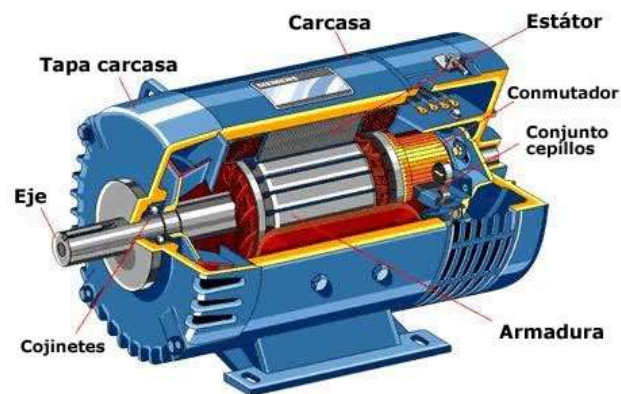


Figura 18. Motor Universal
Tomado de (Motores, s.f.)

2.12.2 Motores Sincrónicos

Se los denomina motores sincrónicos debido a que su velocidad de giro depende de la frecuencia de la corriente de alimentación y del número de polos. Además, la velocidad de este motor está dada por la relación entre la frecuencia de la red y el número de polos del conductor (f/p), generando así una velocidad de sincronismo.



Figura 19. Motor Sincrónico
Tomado de (Rubio, 2014)

2.12.3 Motores Monofásicos

El motor monofásico fue uno de los primeros motores utilizados en la industria, su funcionamiento es rotatorio y cuando está en operación desarrolla un campo magnético el cual produce un campo estacionario pulsante.



Figura 20. Motor Monofásico

Tomado de (Motores, s.f.)

2.12.4 Motores Asincrónicos

A diferencia del motor sincrónico, el motor asincrónico es una máquina rotativa de flujo variable, es decir, el campo inductor esta generado por corriente alterna.

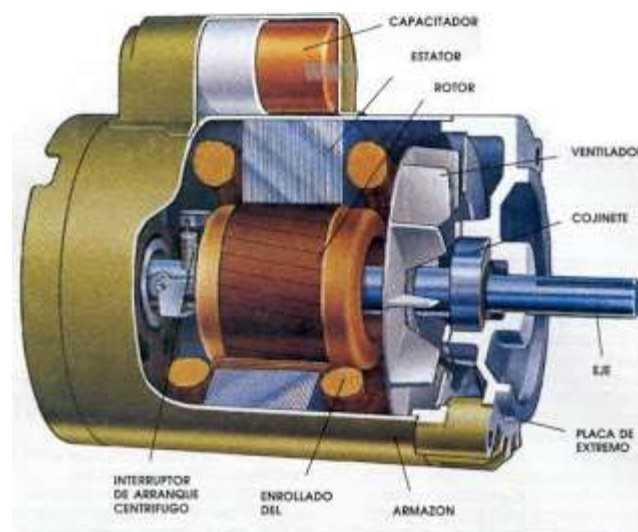


Figura 21. Motor Asincrónico

Tomado de (Rubio, 2014)

2.12.5 Motores Trifásicos

Son los que más utilizados en la industria por su sistema forma un campo magnético rotatorio, el cual a través del motor trifásico puede tener un cambio, es decir, invierte dos puntas del estator generando que el campo magnético gire en dirección opuesta.

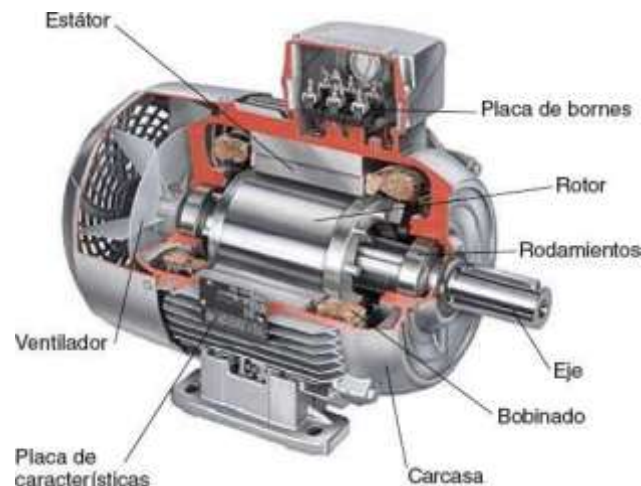


Figura 22. Motor trifásico

Tomado de (Videla, s.f.)

2.13 Motor reductor de velocidades

Los reductores de velocidad son indispensables para el manejo de todo tipo de máquina o aparatos que se utiliza en las industrias del país. Además, los motores reductores son diseñados de acuerdo con el tamaño y función de cada motor debido a que los mecanismos y engranajes tienen su propia geometría. Sin la debida fabricación de este motor reductor, el funcionamiento de las máquinas va a presentar deficiencias.

La función de un motor reductor es disminuir la velocidad (rpm) para generar un excelente funcionamiento de las máquinas agregando potencia y fuerza a los motores.



Figura 23. Motor reductor de velocidades
Tomado de (MOTOVARIO, s.f.)

2.13.1 Características de un motorreductor

- **Potencia:** Esta dada en Horse Power, de entrada y salida.
- **Velocidad:** en RPM, de entrada y de salida.
- **PAR (o torque):** a la salida del mismo, en KG/m.
- **Relación de reducción:** índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

2.14 Tipos de bandas para máquinas

- **Bandas planas**

Estas bandas son para magnas fuerzas periféricas, además son utilizadas para poleas con diámetros pequeños.



Figura 24. Banda plana
Tomado de (Colcha, 2010)

- **Bandas traperciales - V**

Esta banda tiene una mayor capacidad tractiva debido a su forma. Pueden ser normales, estrechas y anchas.



Figura 25. Banda trapercial o en V
Tomado de (Heredia & Bastidas, 2016)

- **Bandas dentadas**

Estas bandas se las utiliza para altas temperaturas, además tienen alta resistencia a la fatiga, aceites y derivados del petróleo.



Figura 26. Banda dentada

Tomado de (Colcha, 2010)

- **Bandas nervadas o Poly V**

Este tipo de bandas permite la evacuación de agua ya que los nervados no se cierran y son lo suficientemente amplios, es por eso que se la utiliza para el transporte inclinado de tamaño medio y grande.



Figura 27. Banda nervada

Tomado de (Colcha, 2010)

- **Bandas redondas**

Estas bandas son para bajas potencias, son elaboradas de cuero, algodón y caucho, son útiles en aparatos con transmisión complicadas.



Figura 28. Banda redonda

Tomado de (Colcha, 2010)

- **Bandas eslabonadas**

Sirve para reparaciones de emergencia, es decir, donde la instalación no se puede hacer mediante el uso de correas sin fin. Además, cubre de manera satisfactoria los requerimientos industriales de bandas en V, debido a que absorben hasta en un 90% la vibración y mejorando la calidad del trabajo.



Figura 29. Banda eslabonada

Tomado de (Colcha, 2010)

3. CAPÍTULO III. ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN PARA LA EXTRACTORA DE MIEL DE ABEJA

Para la selección del mecanismo, las especificaciones y requerimientos se ha tomado como referencia a la ingeniería concurrente, la cual busca la coordinación e integración de diferentes actividades de desarrollo de una empresa con el objetivo principal de llevar un proceso de diseño de un nuevo producto bajo un orden, es decir, esta ingeniería va a permitir que el diseño del mecanismo tenga un orden, facilitando establecer los parámetros adecuados para que sea de calidad, que no perjudique el entorno y que tenga durabilidad.

Además, hay que tomar en consideración las exigencias del personal que va a trabajar con el mecanismo debido a que los parámetros establecidos por los trabajadores son acordes a las necesidades que presenta la empresa, lo cual va a ser un nuevo aporte para poder realizar la extracción de miel de abeja de una manera más rápida y sencilla.

3.1 Matriz QFD (Casa de la calidad)

3.1.1 Requerimientos del cliente

De acuerdo a la información recolectada a los apicultores que trabajan en la empresa API-LOJA, Poly-Miel y San Antonio, el mecanismo de extracción de miel debe cumplir con las siguientes funciones y características.

- Manejo sencillo
- Fácil limpieza
- Mecanismo no ruidoso
- Económica
- Extracción de miel rápida
- Capacidad para ocho alzas
- Fácil transporte

- Seguridad para el trabajador
- Excelentes materiales de construcción
- Fácil mantenimiento

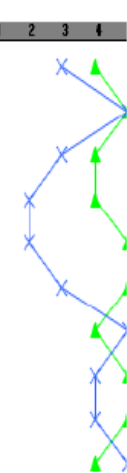
3.1.2 Requerimientos técnicos

Tomando en cuenta las necesidades de los apicultores y con el objetivo de facilitar el trabajo se procede a pasar los requerimientos del cliente descritos en el párrafo 3.1.1 a requerimientos técnicos los cuales son:

- Paneles de control
- Materiales no corrosivos, lizos
- Nivel de ruido 85 dBs Max
- Materiales y Tecnología Nacional
- Cantidad de producción
- Capacidad para ocho alzas
- Equipo portable y de espacio reducido
- Ergonómico y minimizar riesgos de operación
- Durabilidad
- Tipos de mantenimientos

Tabla 10.
Matriz QFD

		MATRIZ QFD										EVALUACION COMPARATIVA 5 = MEJOR 1 = PEOR				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> MECANISMO DE CENTRIFUGACION </div> QUE'S → CÓMO'S		REQUERIMIENTOS TECNICOS										Importancia para el cliente (1 - 5)	APH-LOJA	POLY-MIEL	SAN ANTONIO	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
REQUERIMIENTOS CLIENTES INTERNOS	1	Manejo sencillo	9	9	3	1	1	1	9	9	3	9	5	4	3	1
	2	Facil limpieza	1	9	3	9	3	9	1	9	9	9	5	5	5	2
	3	Mecanismo no ruidoso	3	3	9	3	3	3	9	1	3	3	5	4	3	3
	4	Económica	1	3	1	9	1	9	3	1	9	1	5	4	2	4
	5	Extracción de miel rápida	9	9	1	3	9	9	9	9	3	1	5	5	2	5
	6	Mayor Producción	1	1	1	1	9	9	9	1	3	1	4	5	3	6
	7	Facil transporte	1	3	9	3	1	1	1	9	9	1	4	4	5	7
	8	Seguridad para el trabajador	9	3	9	3	1	9	9	9	3	9	5	5	4	8
	9	Exoelentes materiales de construcción	1	9	9	9	3	9	3	1	9	9	3	5	4	9
	10	Facil mantenimiento	9	9	9	3	1	9	9	9	3	9	5	4	5	10
DIFICULTAD (1 - 5)		3	3	4	1	1	3	3	2	3	3					
EVALUACION CARACT. DE NUESTRO	ABSOLUTA	216	268	242	198	144	312	294	278	240	240					
	RELATIVA (%)	9	11	10	8	6	13	12	11	10	10					



PRIORIDAD

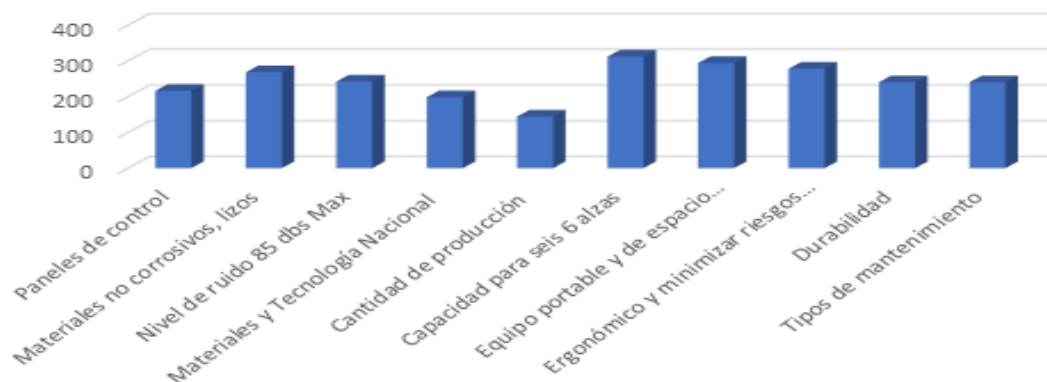


Figura 30. Prioridades Matriz QFD

3.1.3 Conclusión matriz QFD

Por los resultados obtenidos en la matriz 1, se llegó a identificar diferentes requerimientos técnicos los cuales son de mayor prioridad (Ver Tabla 10) y se clasificará en parámetros en los que se basará el diseño del mecanismo de centrifugación. (Ver Tabla 11)

Tabla 11.

Clasificación de Parámetros

PRIORIDADES	PARÁMETROS
Nivel de ruido 85 dBs max	RUIDO
Tipos de mantenimientos	MANTENIMIENTO
Ergonómico y minimizar riesgos de operación	RIESGO OCUPACIONAL
Paneles de control	
Materiales y Tecnologías Nacionales	FABRICACIÓN
Equipo portable y de espacio reducido	
Materiales no corrosivos y lizos	
Cantidad de producción	RENDIMIENTO
Capacidad para 8 alzas	

3.2 Parámetros de selección para el mecanismo de centrifugación

- **Ruido:** Este parámetro debe ser tomado muy en cuenta porque el excesivo nivel de ruido del mecanismo puede afectar al entorno de las abejas como también afectar a la salud del trabajador, el nivel máximo permitido es de 85 dBs para la industrial.
- **Mantenimiento:** En este parámetro los elementos que conforman el mecanismo deben ser los más simples posibles para que de esta manera pueda realizarse con facilidad mantenimientos para alargar la vida útil del mismo, se realizará mantenimientos de tipo preventivo trimestral, en los

cuales interviene: revisión de la banda, lubricación, control del buen funcionamiento del panel de control, control de taponamiento en el tubo de salida de la miel. Por otro lado, también se realizará un mantenimiento de tipo predictivo anual en los que interviene el cambio de banda.

- **Rendimiento:** Este parámetro determina cantidad de miel de abeja extraída por el mecanismo, que será de 25 kg/h.

- **Riesgo Ocupacional:** El diseño del mecanismo de centrifugación debe contemplar características específicas para preservar la salud y bienestar del trabajador y estas son:
 - El mecanismo no podrá ponerse en marcha si este no se encuentra cerrado totalmente.
 - Bloqueo de tapa cuando esté en funcionamiento.
 - Botón de parada de emergencia.
 - Control de velocidad.
 - Señaléticas de riesgos (ruido, vibración).

- **Fabricación:** El tipo de fabricación que se realice no debe ser de alta complejidad de manera que facilite las operaciones y se pueda implementar en la empresa de forma rápida.

- **Funcionalidad:** Este parámetro debe cumplir con el objetivo de extraer la miel de abeja y no destruir las alzas de miel.

En la siguiente *tabla 12* se destaca la relevancia de cada parámetro descrito en el párrafo 3.2 con su respectiva ponderación.

Tabla 12.

Ponderación

PARÁMETROS	PONDERACIÓN (%)
Ruido	15%
Mantenimiento	20%
Rendimiento	20%
Riesgo Ocupacional	15%
Fabricación	10%
Funcionalidad	20%
TOTAL	100%

3.3 Características de funcionalidad del mecanismo de centrifugación

Tomando en consideración cual es el mecanismo que se va a utilizar y los requerimientos antes mencionados, el mecanismo de centrifugación debe tener las siguientes características:

- **Transportable:** El mecanismo debe tener el menor peso y las medidas reducidas de tal manera que sea transportable mediante ruedas o vehículos de carga para que de esta manera el apicultor pueda desplazar a diferentes lugares que crea necesario.
- **Giro de marcos:** El giro de marcos debe ser automático, es decir, el sistema del mecanismo debe girar los marcos automáticamente para extraer la miel de abeja de las dos caras.
- **Tipo de extracción:** El tipo de extracción de este mecanismo será por medio de la centrifugación que tiene como objetivo aprovechar la fuerza centrífuga para extraer los líquidos de los sólidos.

- **Capacidad:** De acuerdo a las necesidades del apicultor y de alcanzar la meta principal de la empresa API-LOJA el mecanismo tendrá la capacidad de extraer 25 kg/h.

3.4 Alternativas de selección para el mecanismo de centrifugación

Para la selección más óptima del mecanismo de centrifugación se propondrá tres opciones las cuales cuentan con diversos materiales y sistemas.

3.4.1 Alternativa X

- **Diseño de estructura interior:** Acero Galvanizado
 - Este tipo de acero tiene un recubrimiento de algunas capas de zinc. El zinc que tiene este acero es su principal propiedad y hace que el acero sea muy resistente y duradero. Otra característica es que el acero no tenga oxidación, pero con el paso del tiempo y uso necesita ser tratado nuevamente.
- **Transmisión de potencia:** Engranajes cónicos
 - Los engranajes cónicos son utilizados para realizar un cambio de dirección en 90°.
- **Armazón exterior:** Acero A36
 - El acero A36 es uno de los más comunes utilizados en la actualidad por su alta resistencia y sus bajos niveles de aleación.

3.4.2 Alternativa Y

- **Diseño de estructura interior:** Acero Negro
 - El acero negro o más conocido como hierro normal es el que no ha sufrido ningún tipo de aleación y fácil de oxidar.
- **Transmisión de potencia:** Bandas de transmisión
 - Las bandas son conocidas como correas de transmisión y hacen una transmisión mecánica con la unión de dos o más poleas y basan su funcionalidad en la fuerza de rozamiento.
- **Armazón exterior:** Acero A36
 - El acero A36 es uno de los más comunes utilizados en la actualidad por su alta resistencia y sus bajos niveles de aleación.

3.4.3 Alternativa Z

- **Diseño de estructura interior:** Acero AISI 304
 - Acero AISI 304 son aleaciones de cromo, níquel, manganeso, cobre y nitrógeno, son resistentes a la oxidación, tiene gran durabilidad.
- **Sistema de transmisión de potencia:** Bandas de transmisión.
 - Las bandas son conocidas como correas de transmisión y hacen una transmisión mecánica con la unión de dos o más poleas y basan su funcionalidad en la fuerza de rozamiento.

- **Armazón exterior: Acero AISI 304**
 - El acero AISI 304 es uno de los más comunes utilizados en la industria alimenticia.

3.5 Matriz de Priorización

En la matriz 2 se analizará las tres alternativas propuestas tomando en cuenta los parámetros descritos en el párrafo 3.2 para elegir la más óptima para la realización del mecanismo y alcanzar la meta propuesta.

Tabla 13.

Matriz de Priorización 2

		RUIDO /15	MANTENIMIENTO /20	RENDIMIENTO /20	RIESGO OPERACIONAL /15	FABRICACION /10	FUNCIONALIDAD /20	TOTAL /100
ALTERNATIVAS	ALTERNATIVA X	15	14	15	14	8	14	80
	ALTERNATIVA Y	15	14	17	14	9	17	86
	ALTERNATIVA Z	15	18	19	14	9	18	93

Como se puede observar en la matriz de priorización 2 la alternativa más destacada es la ALTERNATIVA Z descrita en el párrafo 3.4.3 la cual obtuvo el mejor puntaje.

4. CAPÍTULO IV. DISEÑO DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN EXTRATORA MIEL DE ABEJA

4.1 Selección del motor

Para hacer la elección correcta del tipo de motor que se va a utilizar en el mecanismo de centrifugación es necesario considerar algunos factores como son:

- Características de un motor.
- Voltajes y frecuencias de operaciones.
- Potencia y velocidad nominal.
- Clases de servicios.
- Selección de acoplamientos

4.2 Características del motor

Para corriente alterna, los motores se presentan de dos tipos los cuales son: monofásicos o trifásicos. En la mayoría de unidades residenciales y también comerciales se utiliza motores monofásicos, llevada por dos conductores.

La potencia trifásica es usada en la gran industria al ser esta más eficiente en el uso de la energía, además de ser más económica y más pequeños.

4.3 Voltajes y frecuencias de operaciones

Un motor CA sin carga funciona muy cerca de la velocidad sincrónica n_s . La velocidad sincrónica, es la velocidad a la que un motor que usa corriente alterna tiende a funcionar, la cual depende de la frecuencia f y el número de polos p que se devanan del motor.

$$n_s = \frac{120 f}{p} \text{ [RPM]} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

n_s : Velocidad sincrónica [RPM]

f : Frecuencia [Hz]

p : Número de polos

Por lo general los motores tienen un número par de polos, de 2 a 12, con sus propias velocidades sincrónicas respectivamente. En la industria, los motores de

inducción son los más usados dentro de la configuración de 4 y 6 polos para una frecuencia de 50 Hz que es la que dispone el sistema eléctrico nacional. En este caso se optará por el motor de 6 polos ya que brinda el menor número de revoluciones.

Así la velocidad sincrónica nominal del motor será:

$$n_s = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1200 \text{ [RPM]}$$

4.3.1 Velocidades

- **Determinación de la velocidad necesaria del aire para la extracción de miel de abeja.**

Se determinará la velocidad necesaria para la extracción de miel de abeja la cual ayudará al cálculo posterior de las revoluciones necesarias.

Según el teorema de Poisuille “resistencia al flujo por un tubo” primero se calcula la resistencia que pone la miel para ser movida con la siguiente ecuación,

$$R = \frac{8 \cdot n \cdot L}{\pi \cdot r^4}$$

(Ecuación 2)

Donde:

R= Resistencia de la miel

n= Viscosidad de la miel (Ver Tabla 7)

L= Ancho de alza de miel (0,015 m)

r= Radio de celda de miel (0,0525 m)

$$R = \frac{8 \cdot 10 \cdot 0,015}{\pi \cdot 0,0525^4} = 502798715,7 \text{ kg/m s}$$

Luego se calcula el flujo que se requiere dependiendo del tiempo que se necesita para extraer la miel con la siguiente ecuación.

$$f = \frac{a * L}{t} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

F = Flujo

a = Área de celda de miel (7,1663E-05 m)

L = Ancho de alza de miel (0,015 m)

t = Tiempo de Extracción (7200 s)

$$F = \frac{7,1663E - 05 * 0,015}{7200} = 1,49E - 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Finalmente se calcula la presión y la velocidad necesaria para la extracción de miel de abeja con la siguiente ecuación.

$$P = R * F \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$P = 502798715,7 * 1,49E - 10 = 75,066 \text{ Pa} = 1,5613 \text{ psf}$$

Velocidad del viento

$$v = \sqrt{\frac{P}{0,00256}} = 24,58 \text{ MPH} = 10,988 \text{ m/s}$$

- **Prueba ventilador**

Esta prueba consiste en usar un ventilador con una potencia determinada y someter a un alza de miel para su extracción. Para este caso se utilizó un ventilador de 95 Watts la cual ayudara al cálculo de la velocidad necesaria para su extracción.



Figura 31. Prueba del ventilador para extracción de miel

Con el dato de la potencia necesaria para la extracción se procede a realizar el cálculo de densidad de potencia con la siguiente ecuación.

$$\delta P = \frac{P}{A} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

δP : Densidad de potencia $\left[\frac{W}{m^2} \right]$

P : Potencia [W]

A : Área [m^2]

El área de las alzas es:

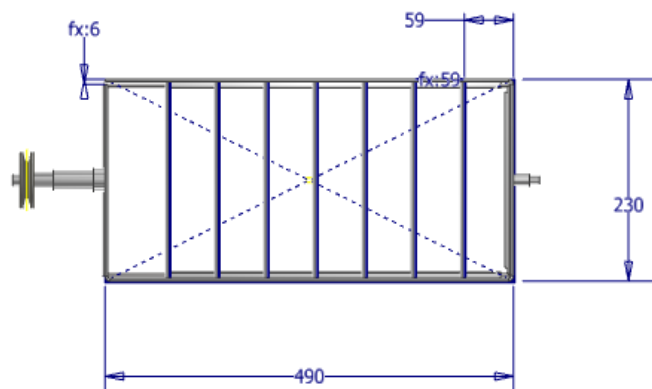


Figura 32. Dimensiones alza

$$A = 0,230 * 0,490 = 0,1127 \text{ [m}^2\text{]}$$

La potencia entregada por el soplador es de 95 W, por lo tanto:

$$\delta P = \frac{95}{0,1127} = 842,94 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

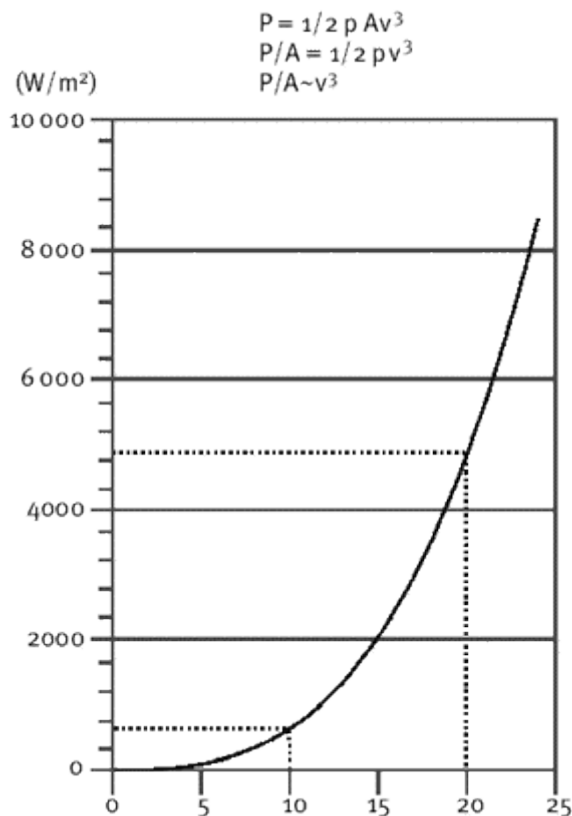


Figura 33. Densidad de Potencia vs. Velocidad

Con la densidad de potencia de 842.94 W/m², se tiene una velocidad de 11 m/s.

Una vez analizado los dos resultados tanto de la prueba ventilador como la del cálculo de velocidad se tiene como conclusión que la velocidad necesaria para la extracción de miel de abeja es de 11 m/s, este valor ayudara a calcular las revoluciones necesarias tanto del eje principal como las revoluciones de las alzas, como se muestra a continuación:

$$V = \omega * r \text{ [rad/s]}$$

(Ecuación 6)

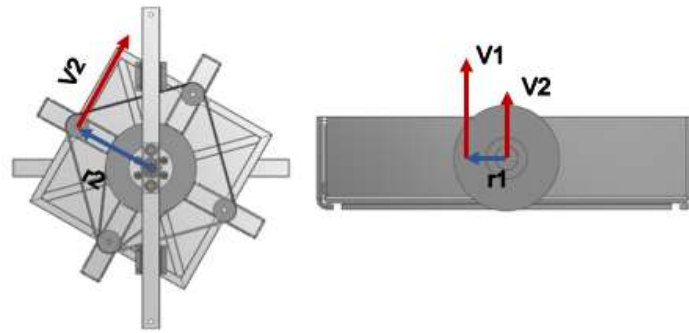


Figura 34. Revoluciones de alza

Donde la ecuación 7 es:

$$V = \omega_1 * r_1 + \omega_2 * r_2 \left[\frac{m}{s} \right]$$

y la ecuación 8 es:

$$I = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Donde:

V : Velocidad tangencial de centrifugado [11 m/s]

ω_1 : Velocidad tangencial de alza [rad/s]

ω_2 : Velocidad tangencial de tambor [rad/s]

r_1 : radio de giro de alza [0,01 m/s]

r_2 : radio de giro de tambor [0,238 m/s]

Reemplazando ecuación 8 en ecuación 7 se tiene:

$$\omega_1 = 158 \left[\frac{rad}{s} \right] \cong 1500 \text{ RPM}$$

$$\omega_2 = 158/4 = 39 \left[\frac{rad}{s} \right] \cong 375 \text{ RPM}$$

4.3.2 Par requerido

El torque total requerido será igual a la suma del torque necesario para hacer girar el tambor y las alzas de manera individual, por lo tanto, el cálculo de este valor queda definido por:

$$\tau_{req} = I_{req1} * \alpha_1 + 8 * (I_{req2} * \alpha_2) [N * m] \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

τ_{req} : Par requerido [$N * m$]

I_{req1} : Inercia rotacional del tambor [$k g * m^2$]

α_1 : Aceleración angular del tambor [rad / s^2]

I_{req2} : Inercia rotacional del alza [$k g * m^2$]

α_2 : Aceleración angular del alza [rad / s^2]

Previo al cálculo se considerará que el mecanismo alcanzará su velocidad operativa de 1500 RPM (este dato se obtuvo en base a una prueba utilizando un ventilador) en las alzas, siendo la relación de transmisión del tambor central y la alzas de 4:1, por lo que para el tambor central se tendrá una velocidad angular de **375 RPM** y de **1500 RPM** en las alzas respectivamente. El mecanismo alcanzará esta velocidad operativa dentro de los 10 primeros segundos de funcionamiento, por lo que la aceleración angular queda definida a través de la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{RPM}{t} * 0.10472 [rad/s^2]$$

$$\alpha_1 = \frac{375}{10} * 0.10472 = 3,9 [rad/s^2]$$

$$\alpha_2 = \frac{1500}{10} * 0.10472 = 15,7 [rad/s^2]$$

La inercia rotacional del tambor y las alzas a lo largo del eje según el modelado del mecanismo en Inventor son:

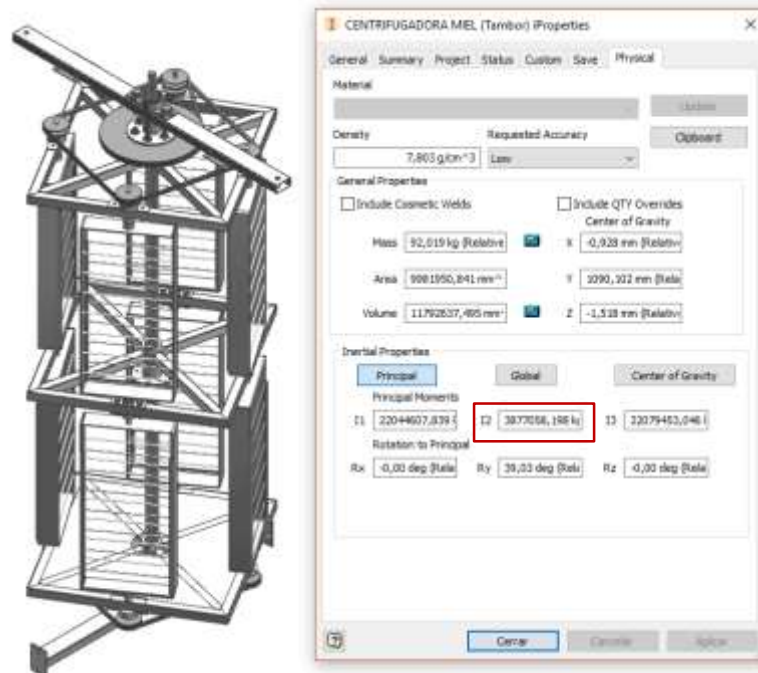


Figura 35. Inercia rotacional del tambor

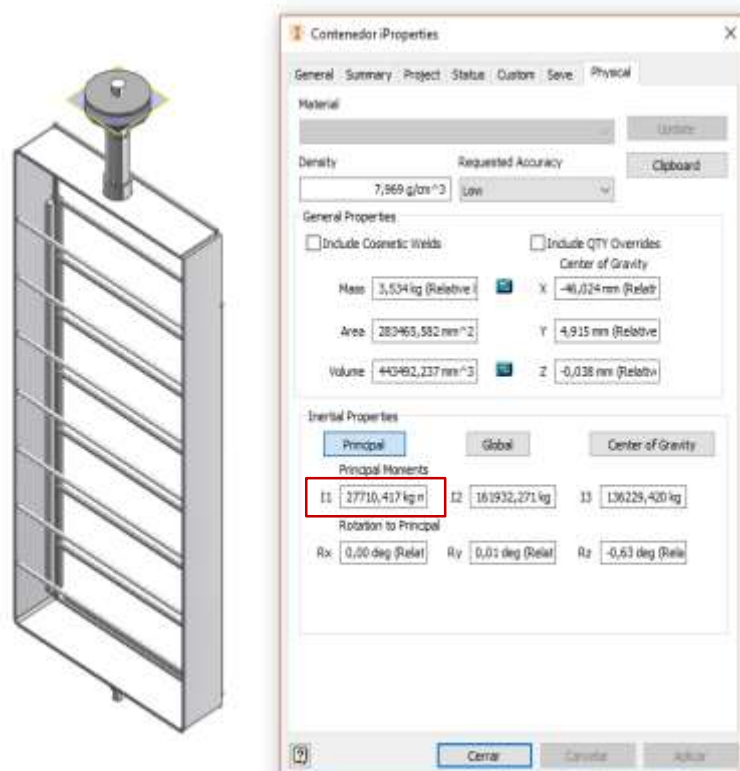


Figura 36. Inercia rotacional de alzas

Para el tambor se tiene una inercia rotacional de $3,877 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ y de $0,02271 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ para las alzas. Así el torque requerido es:

$$\tau_{req} = 3,877 * 3,9 + 8 * (0,02271 * 15,7) = 17,9 [N * m]$$

4.2.3 Cálculo de la potencia del sistema motriz

Para determinar la potencia necesaria para vencer la inercia de todos los elementos rotativos de la máquina centrífuga se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_{req} = \tau_{req} * RPM * 0.10472 [W]$$

Dónde:

P_{req} : Potencia requerida para vencer la inercia del sistema móvil [W]

τ_{req} : Momento Torsor [17, N * m]

RPM : Revoluciones promedio del tambor [375 RPM]

$$P_{req} = 17,9 * 375 * 0.10472 = 702,93 [W] = 0,94 [HP]$$

En este caso se necesita un reductor para una entrada de 1200 RPM y una salida de 375 RPM. Los valores de velocidades a la entrada y salida del reductor se relacionan a través del índice de reducción, el cual sirven en la selección del reductor.

Donde:

$$I = \frac{N_e}{N_s} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

I: Índice de reducción

N_e : Velocidad de entrada [RPM]

N_s : Velocidad de salida [RPM]

$$I = \frac{1200}{375} = 3,2$$

4.3 Eficiencia IE

Todo motor consume más potencia de la que entrega, y por esa razón es importante definir la eficiencia. Toda la potencia que los motores consumen y no lo convierten en potencia de salida se consideran como perdida. La eficiencia y rendimiento es un dato que ponen los fabricantes. Y la potencia necesaria se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_M = P_{req} * \frac{1}{n} [W] \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

P_M : Potencia considerando rendimientos [Kw]

n : Rendimiento

La norma IE (International Efficiency) define tres clases de eficiencia para motores de una sola velocidad, trifásicos, de jaula de ardilla, según se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14.

Clasificación de motores por eficiencia

1. IE1: Serie TS de eficiencia estándar.
2. IE2: Serie TH de alta eficiencia.
3. IE3: Serie TP de eficiencia premium.

Tabla disponibilidad comercial Motovario

POTENCIAS NOMINALES [kW]	POLOS	NIVELES DE EFICIENCIA		
		IE1	IE2	IE3
$0,09 \leq P_n < 0,75$	2 - 4 - 6	TS-TBS	-	-
$0,75 \leq P_n \leq 11$	2 - 4	TBS	-	-
$0,75 \leq P_n \leq 5,5$	6	TBS	TH-TBH	TP-TBP
$0,75 \leq P_n \leq 9,2$	2 - 4	-	TH-TBH	-
$0,75 \leq P_n \leq 7,5$	2 - 4	-	-	TP-TBP
$7,5 \leq P_n \leq 22$	6	TBS (*)	-	TP
$11 \leq P_n \leq 90$	4	-	-	TP
$15 \leq P_n \leq 37$	2	TBS (*)	-	TP
$15 \leq P_n \leq 55$	4	TBS (*)	-	-

Así para cada clase se tiene las siguientes eficiencias en función de las potencias nominales y el número de polos:

Tabla 15.

Clases de eficiencia IE para motores eléctricos

Table 1 Table with efficiency classes: IE 60034-30 (2008)

kW	HP	IE-1 - Standard efficiency						IE2 - High efficiency						IE3 - Premium efficiency					
		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole	
		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.75	1	72.1	77.0	72.1	78.0	70.0	73.0	77.4	75.5	79.6	82.5	75.9	80.0	80.7	77.0	82.5	85.5	78.9	82.5
1.1	1.5	75.0	78.5	75.0	79.0	72.9	75.0	79.6	82.5	81.4	84.0	78.1	85.5	82.7	84.0	84.1	86.5	81.0	87.5
1.5	2	77.2	81.0	77.2	81.5	75.2	77.0	81.3	84.0	82.8	84.0	79.8	86.5	84.2	85.5	85.3	86.5	82.5	88.5
2.2	3	79.7	81.5	79.7	83.0	77.7	78.5	83.2	85.5	84.3	87.5	81.8	87.5	85.9	86.5	86.7	89.5	84.3	89.5
3	3	81.5	-	81.5	-	79.7	-	84.6	-	85.5	-	83.3	-	87.1	-	87.7	-	85.6	-
3.7	5	-	84.5	-	85.0	-	83.5	-	87.5	-	87.5	-	87.5	-	88.5	-	89.5	-	89.5
4	4	83.1	-	83.1	-	81.4	-	85.8	-	86.6	-	84.6	-	88.1	-	88.6	-	86.8	-
5.5	7.5	84.7	86.0	84.7	87.0	83.1	85.0	87.0	88.5	87.7	89.5	86.0	89.5	89.2	89.5	89.6	91.7	88.0	91.0
7.5	10	86.0	87.5	86.0	87.5	84.7	86.0	88.1	89.5	88.7	89.5	87.2	89.5	90.1	90.2	90.4	91.7	89.1	91.0
11	15	87.6	87.5	87.6	88.5	86.4	89.0	89.4	90.2	89.8	91.0	88.7	90.2	91.2	91.0	91.4	92.4	90.3	91.7
15	20	88.7	88.5	88.7	89.5	87.7	89.5	90.3	90.2	90.6	91.0	89.7	90.2	91.9	91.0	92.1	93.0	91.2	91.7
18.5	25	89.3	89.5	89.3	90.5	88.6	90.2	90.9	91.0	91.2	92.4	90.4	91.7	92.4	91.7	92.6	93.6	91.7	93.0
22	30	89.9	89.5	89.9	91.0	89.2	91.0	91.3	91.0	91.6	92.4	90.9	91.7	92.7	91.7	93.0	93.6	92.2	93.0
30	40	90.7	90.2	90.7	91.7	90.2	91.7	92.0	91.7	92.3	93.0	91.7	93.0	93.3	92.4	93.6	94.1	92.9	94.1
37	50	91.2	91.5	91.2	92.4	90.8	91.7	92.5	92.4	92.7	93.0	92.2	93.0	93.7	93.0	93.9	94.5	93.3	94.1
45	60	91.7	91.7	91.7	93.0	91.4	91.7	92.9	93.0	93.1	93.6	92.7	93.6	94.0	93.6	94.2	95.0	93.7	94.5
55	75	92.1	92.4	92.1	93.0	91.9	92.1	93.2	93.0	93.5	94.1	93.1	93.6	94.3	93.6	94.6	95.4	94.1	94.5
75	100	92.7	93.0	92.7	93.2	92.6	93.0	93.8	93.6	94.0	94.5	93.7	94.1	94.7	94.1	95.0	95.4	94.6	95.0
90	125	93.0	93.0	93.0	93.2	92.9	93.0	94.1	94.5	94.2	94.5	94.0	94.1	95.0	95.0	95.2	95.4	94.9	95.0
110	150	93.3	93.0	93.3	93.5	93.3	94.1	94.3	94.5	94.5	95.0	94.3	95.0	95.2	95.0	95.4	95.8	95.1	95.8
132	-	93.5	-	93.5	-	93.5	-	94.6	-	94.7	-	94.6	-	95.4	-	95.6	-	95.4	-
150	200	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-	95.4	-	96.2	-	95.8
160	-	93.8	-	93.8	-	93.8	-	94.8	-	94.9	-	94.8	-	95.6	-	95.8	-	95.6	-
185	250	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.4	-	95.4	-	95.0	-	95.8	-	96.2	-	95.8
200	-	94.0	-	94.0	-	94.0	-	95.0	-	95.1	-	95.0	-	95.8	-	96.0	-	95.8	-
220	300	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
250	350	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
300	400	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
330	450	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
375	500	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8

Para la centrifugadora se escogerá una eficiencia premium, con lo que se tiene una eficiencia de 78% para una potencia de 0.75 Kw (1 HP).

4.4 Clase de servicio

Según el tipo de servicio al que se le va a poner a trabajar al motor se debe escoger un factor de seguridad para eliminar cualquier tipo de daño, como puede ser calentamiento y constantes arranques a los que se somete el motor. Este factor se puede observar en la Tabla 16. Por lo tanto, después de tener ese factor, la potencia requerida se determinar con la siguiente ecuación:

$$P_M = FS_m(P_{req}) \frac{1}{n} [W] \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

P_M : Potencia considerando rendimientos [Kw]

FS_m : Factor de servicio del motor (Ver Tabla 16)

Tabla 16.

Factor de servicio FS

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
Cargas uniformes ligeras: Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Cargas uniformes medias: Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Cargas irregulares con sobrecargas: Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchales. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores, Maquinaria textil.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Cargas irregulares y sobrecargas importantes: Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas.	2	2	2	2	2	2

Para este caso en particular el factor de servicio es de 1 correspondiente a cargas uniformes medias con ciclos de trabajo de 6 horas al día.

$$P_M = 1(702,93) \frac{1}{0,78} = 901,19[W] = 1,2[HP]$$

4.5 Selección de motor reductor

La selección del motor reductor se hace en base a al índice de reducción y el par requerido de la Tabla 17.

Tabla 17.

Selección de motor reductor

Búsqueda moto-reductores Version 1.0.1/16.228 Cat 4 CAD

Velocidad de salida: 375 [r.p.m.]
 Par de salida: 17 [Nm]
 Potencia motor P_{12} : sin entrada [kW]
 Factor de servicio f_B : 0.8
 Temperatura ambiente: +20 [°C]
 Tipo de operación: S1
 Ejecución entrada: IEC montaje directo
 Rendimiento η : sin entrada
 Gama motores: sin entrada
 Tamaño reductor: sin entrada
 Tamaño motor: sin entrada
 No. de polos: sin entrada
 Alimentación: sin entrada
 Frecuencia nominal motor: 50 Hz

Tipo	Velocidad salida [r.p.m.]	Par de salida M_2 [Nm]	Factor de servicio f_B	Gear stages	Relación de reducción i	Potencia motor P_N [kW]	η	Potencia térmica máx. perm. a +20°C y servicio S1 P_{Tmax} [kW]	Comparación P_N to P_{Tmax}
K033-11P-90S/L-04E	349	30	4.20	3	4.17	1.1	IE3	5	✓
F022-11P-90-04F	361	20	3.65	2	3.93	0.75	IE3	3.7	✓
F022-11P-90S/L-04F	369	39	1.90	2	3.93	1.5	IE3	3.7	✓
F032-11P-90-04F	369	19	5.50	2	3.85	0.75	IE3	5.7	✓
F022-11P-90S/L-04E	370	28	2.55	2	3.93	1.1	IE3	3.7	✓
K022-11P-90-04F	372	19	4.00	2	3.82	0.75	IE3	5.1	✓
F032-11P-100L-04F	373	55	1.85	2	3.85	2.2	IE3	5.7	✓
F032-11P-L100L-04F	374	77	1.40	2	3.85	3	IE3	5.7	✓
F032-11P-90S/L-04F	377	38	2.85	2	3.85	1.5	IE3	5.7	✓
F032-11P-90S/L-04E	378	28	3.85	2	3.85	1.1	IE3	5.7	✓
K022-11P-90S/L-04F	380	38	2.05	2	3.82	1.5	IE3	5.1	✓
K022-11P-90S/L-04E	381	28	2.80	2	3.82	1.1	IE3	5.1	✓

De la Tabla 17, se tiene el modelo F032-11P-90S/L-04E cumple con los criterios de par de salida de mayor a 17,9 N*m, índice de reducción de 3,8 y la velocidad de salida de 378 RPM, con lo cual. De la misma tabla se tiene el tipo de motor que puede ir acoplado al mecanismo (Ver especificaciones técnicas en ANEXO 1)

4.6 Cálculo de las bandas y poleas

4.6.1 Banda de transmisión Motor reductor-Eje tambor

La función de este diseño es la de transmitir los rpm que produce el motor reductor y transmitirla a la polea conductora del mecanismo de giro del tambor.

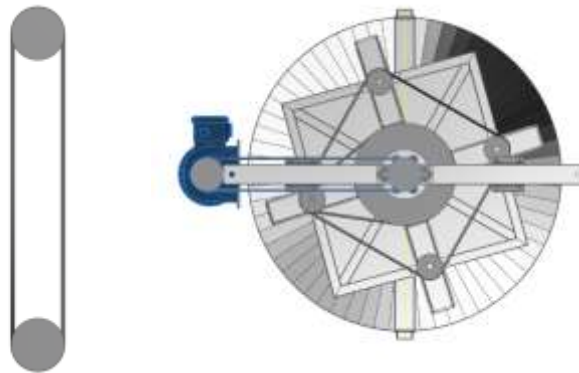


Figura 37. Selección de tipo de polea

Datos:

Radio polea mayor

$$r = 0,040 \text{ [m]}$$

Velocidad periférica

$$V_t = RPM * \frac{2\pi}{60} * 0,04 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$V_t = 375 * \frac{2\pi}{60} * 0,04 = 1,57 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Relación de velocidades de las poleas:

$$I = 1$$

Factor de servicio para centrífugas

$$K d 1 = 1$$

Factor de servicio 0,1 para aumento de temperaturas

$$K d = K d 1 + 0,1 = 1,1$$

El valor de la potencia es:

$$P_{c1} = P_M * K d \text{ [W]} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$P_{c1} = 901.19 * 1,1 = 991.30 \text{ [W]} = 1.32 \text{ [HP]}$$

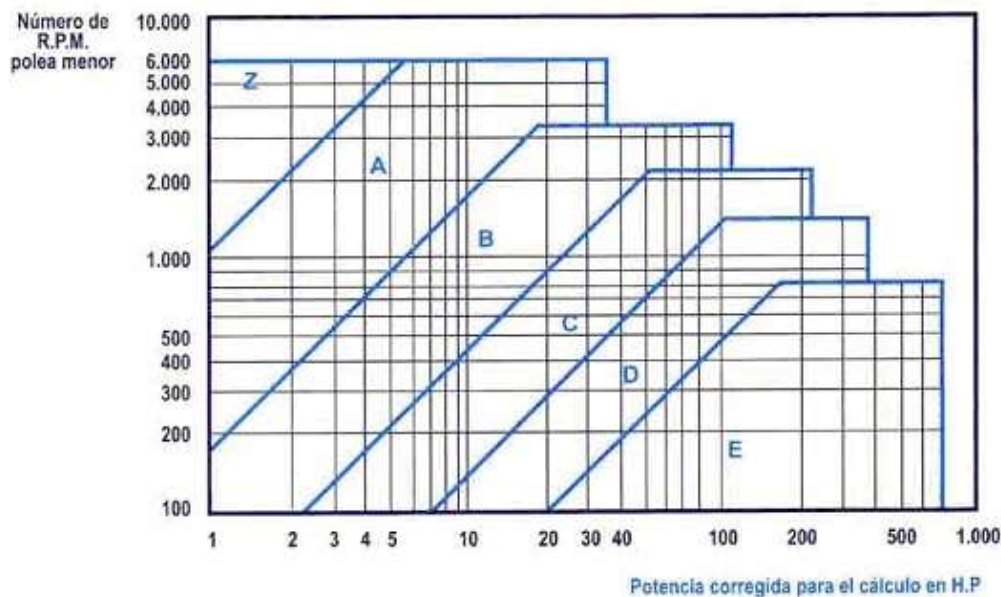


Figura 38. Selección de tipo de polea

Para el sistema de potencia se escogerá una banda A

Diámetro de la polea conductora

$$d_p = 80[\text{mm}]$$

Diámetro de la polea conducida

$$D_p = d_p * I = 80 * 1 = 80[\text{mm}] \quad (\text{Ecuación 15})$$

Distancia entre centros

$$a = 491,35[\text{mm}]$$

Longitud de la banda

$$L_p = 2 * a + 1,57 * (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 * a} [\text{mm}] \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$L_p = 2 * 491,35 + 1,57 * (40 + 40) + \frac{(40 - 40)^2}{4 * 491,35} = 1108,3 [\text{mm}]$$

Se escogerá el largo de la banda según el catálogo universal de DAYCO (ANEXO 2) que es de 1118 mm

$$L_{p_1} = 1118 \text{ [mm]}$$

Valor real de distancia entre los centros

$$a_1 = a - \frac{L_p - L_{p1}}{2} \text{ [mm]}$$

$$a_1 = 491,35 - \frac{1108,3 - 1118}{2} = 496,2 \text{ [mm]}$$

4.6.2 Banda de transmisión Tambor-Alzas

La función de este diseño es la de transmitir los rpm que produce el motorreductor y transmitirla a la polea conductora del mecanismo de giro de las alzas.

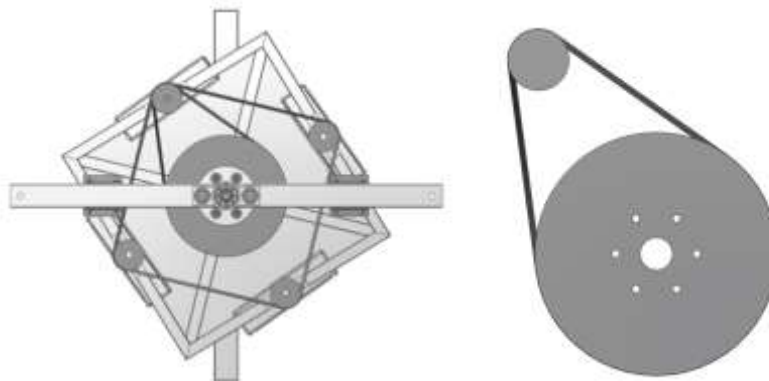


Figura 39. Transmisión Tambor-Alzas

Datos:

Radio polea mayor

$$r = 0,127 \text{ [m]}$$

Velocidad periférica

$$V_t = 375 * \frac{2\pi}{60} * 0,127 = 4,9 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Relación de velocidades de las poleas:

$$I = 4$$

Factor de servicio para centrifugas

$$K d 1 = 1$$

factor de servicio 0,1 para aumento de temperaturas

$$K d = K d 1 + 0,1 = 1,1$$

El valor de la potencia es:

$$P_{c2} = P_{c1} * Kd [W] \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$P_c = 991,30 * 1,1 = 1090,4 [W] = 1,46[HP]$$

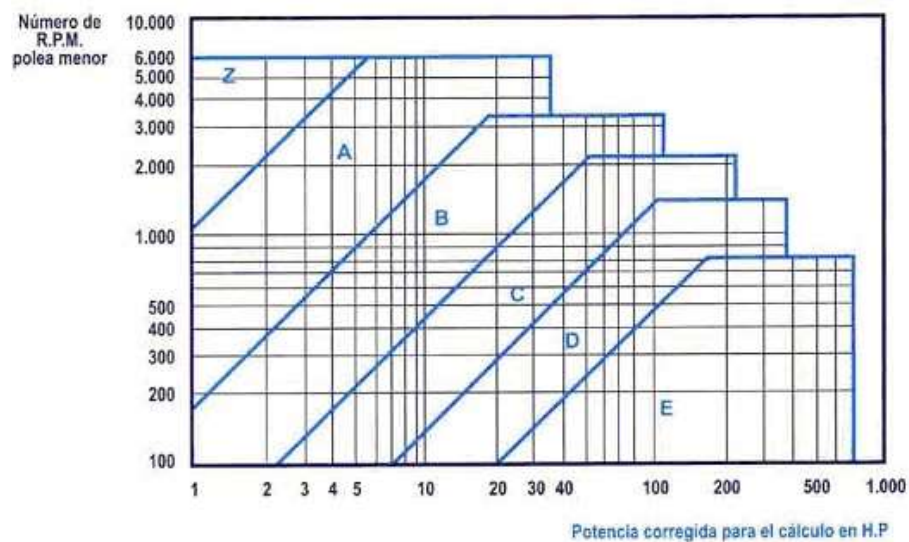


Figura 40. Selección de bandas

Para el sistema de potencia se escogerá una banda A

Diámetro de la polea conductora

$$d p = 63,5[mm]$$

Diámetro de la polea conducida

$$D p = d p * I = 64 * 4 = 254[mm]$$

Distancia entre los centros

$$a = 237,5[mm]$$

Longitud de la banda

$$L_p = 2 * 237,5 + 1,57 * (254 + 63,5) + \frac{(254 - 63,5)^2}{4 * 237,5} = 1011,68 \text{ [mm]}$$

Se escogerá el largo de la banda según el catálogo universal de DAYCO (ANEXO 2) que es de 1016 mm

$$L_{p_1} = 1016 \text{ [mm]}$$

Valor real de distancia entre los centros

$$a_1 = 237,5 - \frac{1011,68 - 1016}{2} = 239,66 \text{ [mm]}$$

4.6.3 Banda de transmisión Alzas

La función de este diseño es la de transmitir los rpm que se generan en la polea solidaria conductora del mecanismo de giro de las alzas y las poleas conducidas de las alzas.

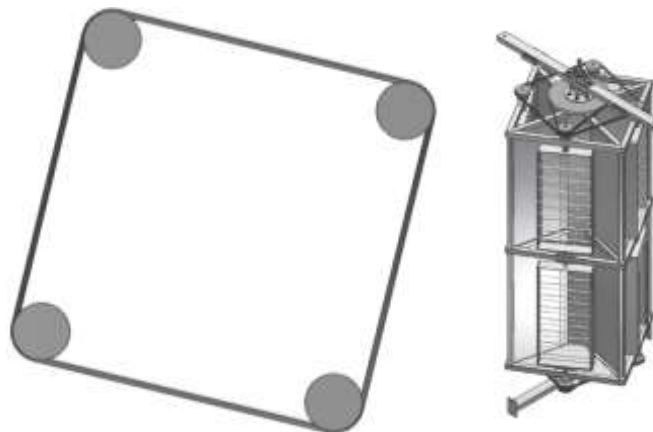


Figura 41. Transmisión Alzas

Datos:

Radio polea

$$r = 0,064 \text{ [m]}$$

Velocidad periférica

$$V_t = 900 * \frac{2\pi}{60} * 0,064 = 10,05 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Relación de velocidades de las poleas:

$$I = 1$$

Factor de servicio para centrífugas

$$K_{d1} = 1$$

factor de servicio 0,1 para aumento de temperaturas

$$K_d = K_{d1} + 0,1 = 1,1$$

El valor de la potencia es:

$$P_{c3} = P_{c2} * K_d [W] \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$P_{c3} = 1090,43 * 1,1 = 1199,47 [W] = 1.60[HP]$$

Para el sistema de potencia se escogerá una banda A

Diámetro de la polea conductora

$$d_p = 64[mm]$$

Diámetro de la polea conducida

$$D_p = d_p * I = 64 * 1 = 64[m m]$$

Distancia entre los centros

$$a = 335,88[mm]$$

Longitud de la banda

$$L_p = 2 * a + 1,57 * (2 * d_p) + 2 * a[mm] \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$L_p = 2 * 335,88 + 1,57 * (2 * 64) + 2 * 335,88 = 1544,48 [mm]$$

Se escogerá el largo de la banda según el catálogo universal de DAYCO (ANEXO 2) que es de 1549 mm

$$L_{p1} = 1549 [mm]$$

Valor real de distancia entre los centros

$$a_1 = 335,88 - \frac{1549 - 1544,48}{2} = 333,62 [mm]$$

De lo calculado anteriormente se tiene que la potencia final requerida es 1.1 kW, por lo tanto el motorreductor seleccionado satisface la demanda requerida por el equipo.

4.7 Diseño de ejes

4.7.1 Diseño eje motriz

Este eje consta de una polea motriz que es la que transmite el movimiento a través de la banda al mecanismo. El eje se encuentra acoplado en su otro extremo al eje posterior, mediante una unión bridada.

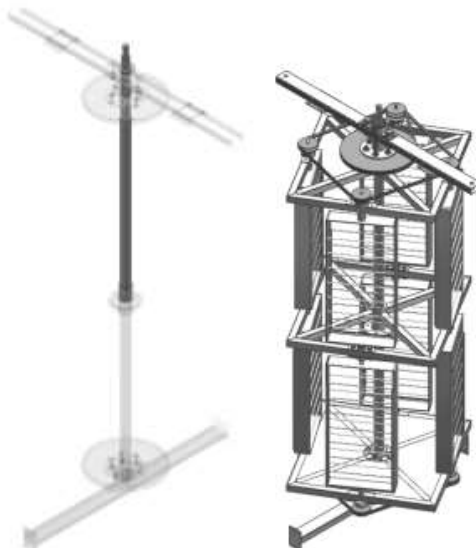


Figura 42. Eje motriz

4.7.1.1 Cargas que actúan sobre el eje motriz

El eje del mecanismo de centrifugación está sujeto a una carga de flexión por desbalanceo de masas, una fuerza de compresión debido al peso del marco interior y de torsión por transmisión del par de giro, el material utilizado para el eje del mecanismo es el acero AISI 304, en donde:

$$S_y = 276 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ut} = 568 \text{ [MPa]}$$

4.7.1.2 Carga de desbalanceo (Fd)

El cálculo de la carga de flexión debido a la descompensación de masas se produce debido a que las alzas no poseen exactamente la misma cantidad de miel o en el peor de los casos están sin carga, lo que provoca un desbalanceo de masas cuando el mecanismo gira y esto se transmite al eje en forma de una carga radial en el punto de apoyo superior donde se asienta el rodamiento. Para el cálculo de esta fuerza se procede de la siguiente manera:

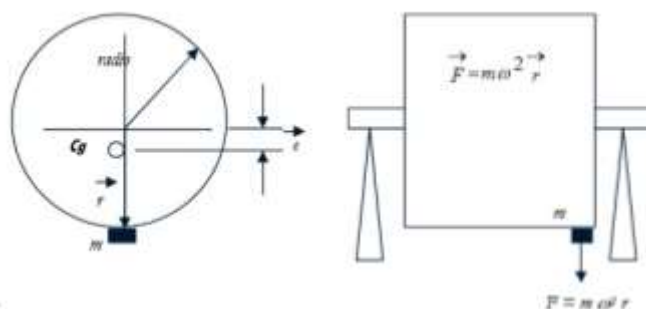


Figura 43. Esquema de ilustración de fuerza de desbalanceo

$$F = m * (RPM * 0.10472)^2 * r \text{ [N]} \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

F : Fuerza de desbalanceo [N]

m : Masa [kg]

RPM : Revoluciones del tambor principal (375 RPM)

r : Radio de giro del tambor (0,25 m)

Se considerará un desbalanceo producido por el peso del alza de miel (2,5 kg).

$$F = 2,5 * (375 * 0,10472)^2 * 0,25 = 963,8 \text{ [N]} \quad (\text{Ecuación 20})$$

4.7.1.3 Carga axial (Fa)

La carga axial que actúa sobre el eje es igual al peso del mecanismo del tambor y alzas, este valor es obtenido de las propiedades físicas del modelo en Inventor.

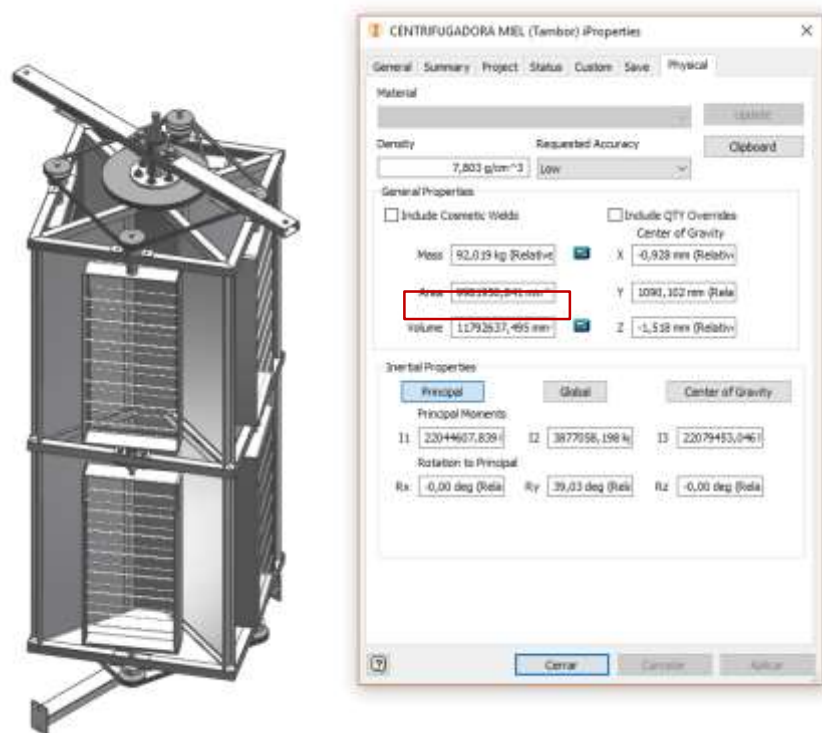


Figura 44. Propiedades físicas del mecanismo de giro

De la Figura 44, se tiene que el peso del mecanismo es de 92,019 kg (902,398 N). Este valor sería la fuerza que actuaría axialmente a lo largo del eje.

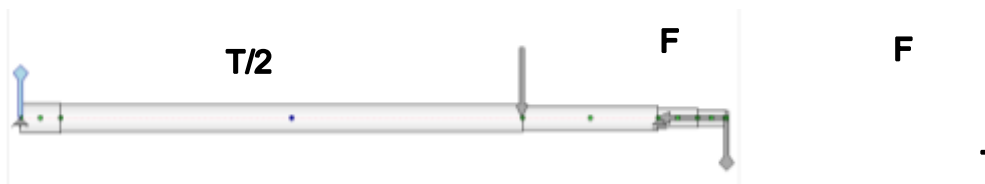


Figura 45. Diagrama del eje motriz

4.7.2 Diagramas de deflexión, cortante y momento flector

4.7.2.1 Deflexión

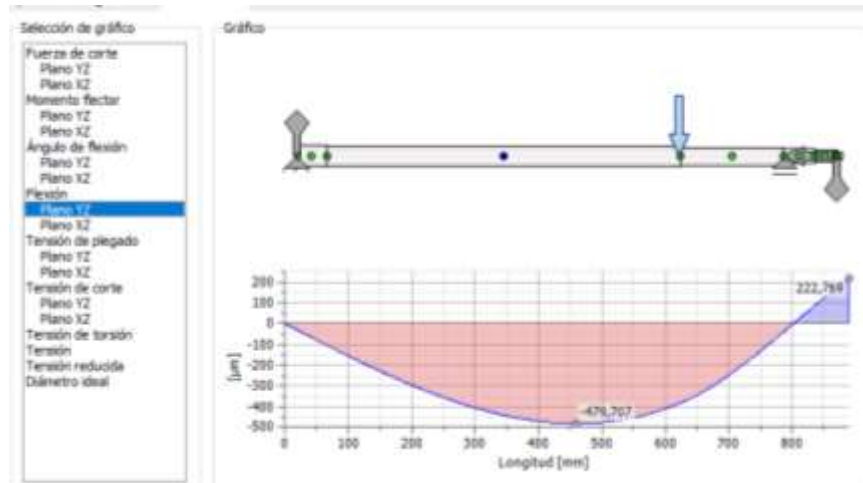


Figura 46. Diagrama de deflexión de eje motriz

De la Figura 46, se tiene que la deflexión máxima es de $4,79e-4$ m. Para ejes de transmisión se tiene una deflexión permisible:

$$\delta_{perm} = \frac{0,0254}{l} [m] \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

l : Longitud entre apoyos [0,85 m]

$$\delta_{perm} = \frac{0,0254}{0,85} = 0,029[m]$$

La deflexión obtenida se encuentra dentro del rango permisible.

4.7.2.2 Cortante

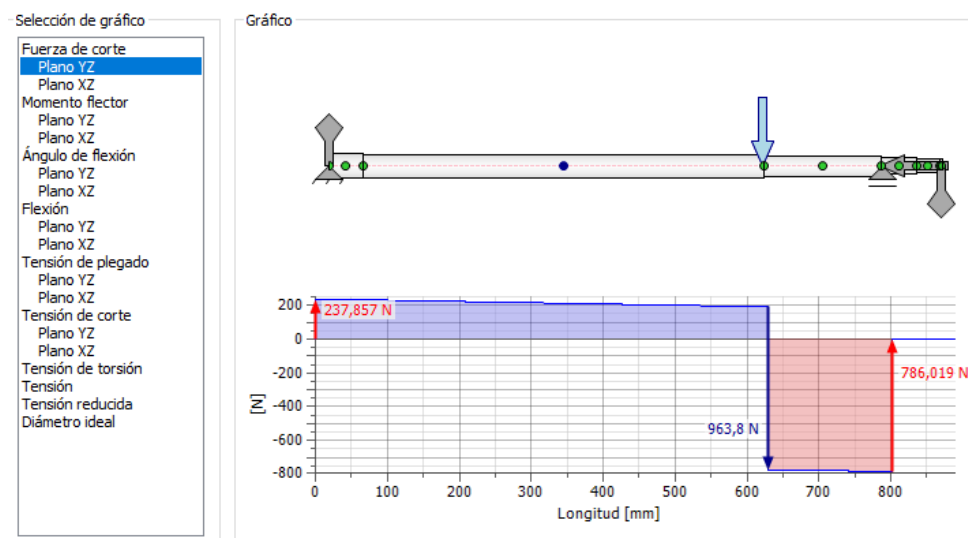


Figura 47. Diagrama cortante de eje motriz

De la Figura 47, se tiene que el cortante máximo es de 786,019 N, el mismo valor coincide con la carga radial máxima a la que va a estar sujeto el rodamiento.

4.7.2.3 Momento flector

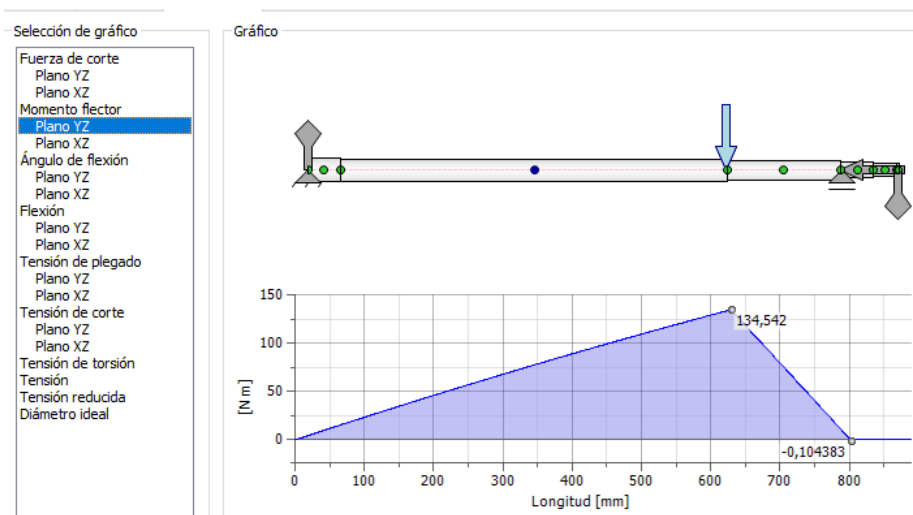


Figura 48. Diagrama momento flector eje motriz

De la Figura 48, se tiene que el momento flector máximo es de 134,542 N*m.

4.7.3 Diagramas de esfuerzos

4.7.3.1 Esfuerzo cortante

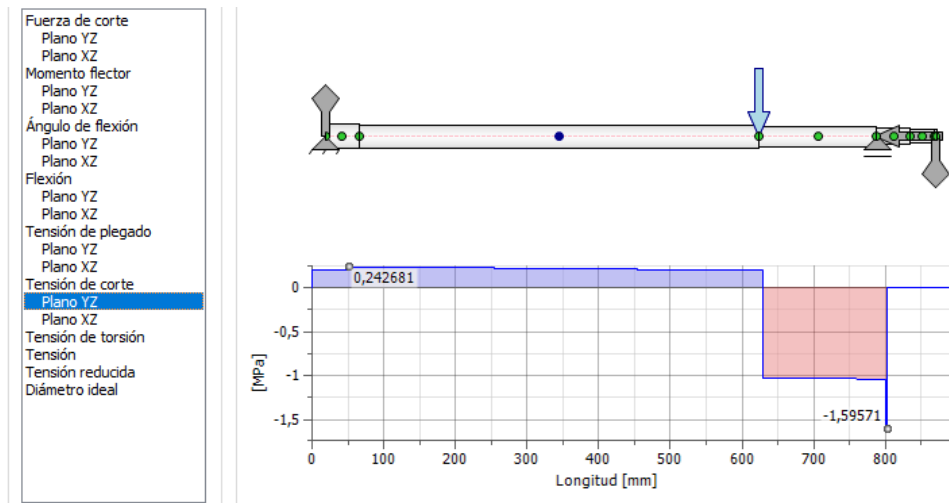


Figura 49. Esfuerzo cortante eje motriz

De la Figura 49, el esfuerzo cortante máximo es de 1,59 MPa.

4.7.3.2 Esfuerzo Flector

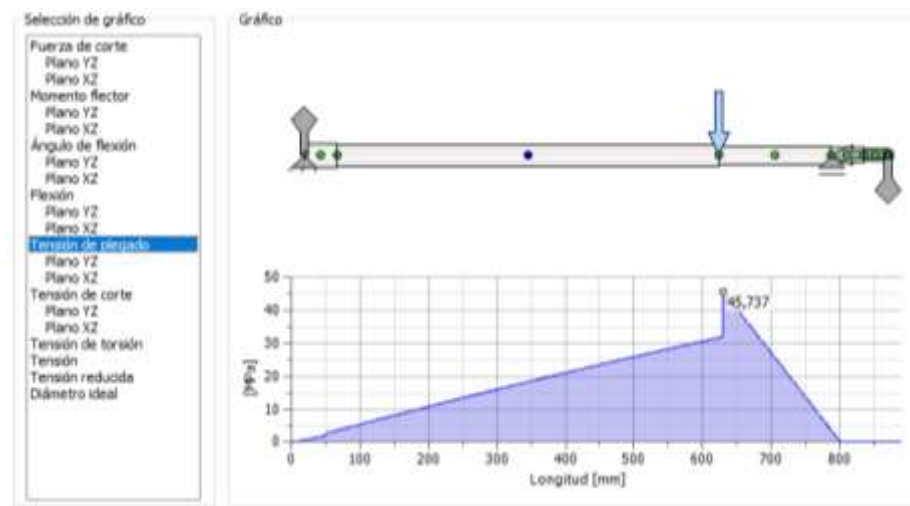


Figura 50. Esfuerzo flector eje motriz

De la Figura 50, se tiene que el esfuerzo flector máximo es de 45,737 MPa. Con un $S_y=276$ MPa, se tiene un factor de seguridad a flexión de 6,03.

4.7.4 Cálculo del diámetro mínimo

Para realizar el diseño estático se obtienen los momentos tanto flectores como torsores máximos a los cuales se encuentra sometido el eje y que fueron calculados en el apartado anterior. Así para el eje motriz se tiene los siguientes momentos:

$$M = 134,542 [N * m]$$

$$T = 17,91 [N * m]$$

Para realizar el cálculo mínimo del diámetro del eje se utilizará la siguiente ecuación.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi S_y} [M^2 + T^2]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} [m] \quad (\text{Ecuación 22})$$

Tabla 18.

Factores de servicio para ejes según Código ASME

Factores de Servicio	Flexión	Torsión
Ejes estacionarios		
Aplicación gradual de carga	1.0	1.0
Aplicación repentina de carga	1.5-2.0	1.5-2.0
Ejes Rotatorios		
Aplicación gradual de carga	1.5	1.0
Aplicación repentina de carga		
Bajas cargas de impacto	1.5-2.0	1.0-1.5
Aplicación repentina de carga		
Altas cargas de impacto	2.0-2.5	1.5-2.5

Donde:

d: Diámetro del eje [m]

n: Factor de seguridad. (Ver Tabla 18)

S_y : Esfuerzo de fluencia del material (AISI 304) = 276 [MPa]

M: Momento flector = 134,542[N * m]

T: Momento torsor = 17,9

Empleando la fórmula del cálculo mínimo del diámetro del eje, para un factor n de seguridad de 2, se tiene que:

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot 2}{\pi \cdot 2,76 \text{E}8} [134,542^2 + 17,9^2] \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,021 \text{ m} = 21,55 \text{ mm}$$

4.7.5 Diseño dinámico

El procedimiento que se utiliza para calcular el diseño a fatiga del eje, para una vida infinita, es el de Soderberg, con la teoría de la energía de la distorsión, el mismo que se calculara con la siguiente ecuación

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 + \left(K_f \frac{M}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Para el estudio del límite de resistencia a la fatiga en el sitio crítico del mecanismo de centrifugación se utilizará la siguiente ecuación:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e \text{ [MPa]} \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

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

K_a : factor de modificación de la condición superficial

K_b : factor de modificación de tamaño

K_c : factor de confiabilidad

K_d : factor de modificación de la temperatura

K_e : factor de modificación de concentración esfuerzos

K_f : factor de modificación de efectos varios

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

Cada uno de los factores para el cálculo del S_e se obtendrán de acuerdo a las relaciones siguientes:

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} [MPa] \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$S'_e = 0.5 * 568 [MPa]$$

$$S'_e = 284 [MPa]$$

4.7.5.1 Factor de superficie K_a

En la Tabla 19, se seleccionará el acabado superficial por maquinado o laminado en frío donde el factor a es 4.51 MPa y exponente b es -0.265.

Tabla 19.

Matriz de decisión de los tipos de filtrado de miel

Acabado Superficial	Factor a	Exponente b
Esmerilado	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	4.51	-0.265
Laminado en caliente	57.7	-0.718
Como sale de la forja	272	-0.995

Donde el factor de superficie se lo obtendrá con la fórmula siguiente:

$$K_a = a * S_{ut}^b \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$K_a = 4,51 * 568^{-0,265}$$

$$K_a = 0.83$$

4.7.5.2 Factor de tamaño K_b

Se determina según la relación:

$$K_b = 1.24 * d^{-0.107} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$K_b = 1.24 * 25.4^{-0.107}$$

$$K_b = 0,88$$

4.7.5.3 Factor de confiabilidad Kc

Se determina según la Tabla 20

Tabla 20.

Factores de confiabilidad Kc

Confiabilidad, %	Factor de confiabilidad <i>k_c</i>
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Considerando un 90% de confiabilidad se tiene:

$$K_c = 0,897$$

4.7.5.4 Factor de temperatura Kd

La temperatura operacional es a temperatura ambiente, por esta razón:

$$K_d = 1$$

4.7.5.5 Factor de modificación de concentración esfuerzos Ke

En este factor considera la discontinuidad geométrica que se encuentran con continua frecuencia en ejes de transmisión de potencia que son:

Para flexión $K_e = 3$

Para torsión $K_e = 2,6$

Para cuñero y polea $K_e = 3,5$

Se escoge el más crítico en este caso 3,5 y se calcula el diámetro con la siguiente formula.

$$S_e = 0,83 * 0,88 * 0,897 * 1 * 3,5 * 1 * 284 [MPa]$$

$$S_e = 651,238 [MPa]$$

$$d = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{17,9}{2,76E8} \right)^2 + \left(\frac{134,542}{5,68E8} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,017 \text{ m} = 17,05 \text{ mm}$$

4.7.6 Geometría del eje motriz

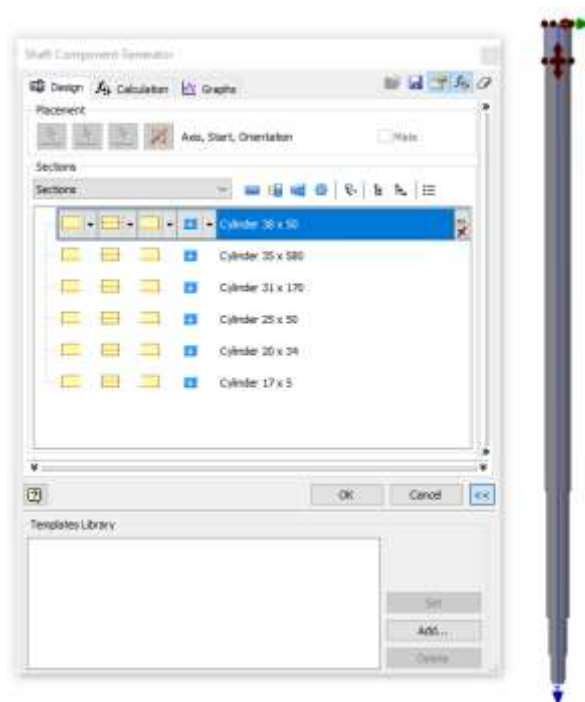


Figura 51. Geometría del eje motriz

En el diseño de la geometría del eje motriz se deberá procurar que los diámetros de las secciones sean mayores a los calculados con anterioridad, en este caso mayor a 17,05 mm.

4.8 Diseño eje conducido

Este eje consta de una polea motriz en su extremo inferior que es la que transmite el movimiento a través de la banda al mecanismo. El eje se encuentra acoplado en su extremo superior al eje motriz, mediante una unión bridada.

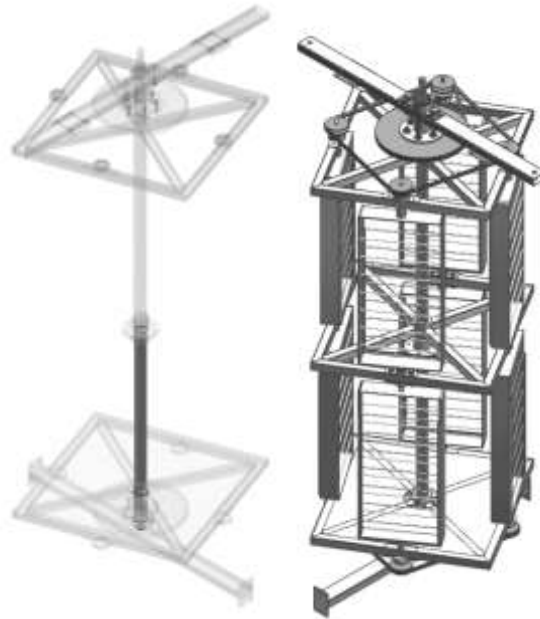


Figura 52. Eje conducido

4.8.1 Cargas que actúan sobre el eje motriz

En este caso las cargas que ejercen sobre el eje conducido son las mismas que están presentes en el eje motriz. Por lo que para el cálculo se procede de la misma manera.

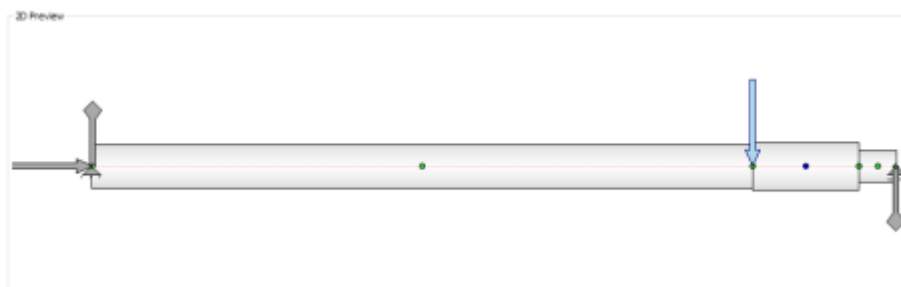


Figura 53. Diagrama del eje conducido

4.8.2 Diagramas de deflexión, cortante y momento flector

4.8.2.1 Deflexión

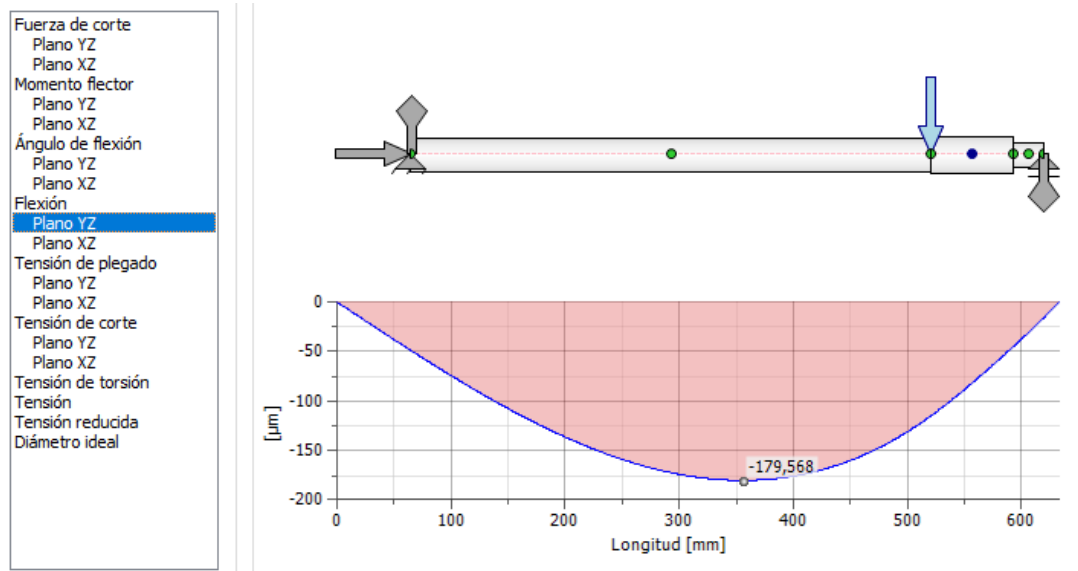


Figura 54. Diagrama de deflexión de eje conducido

De la Figura 54 se tiene que la deflexión máxima es de $1,795 \times 10^{-4}$ m.

$$\delta_{perm} = \frac{0,0254}{0,630} = 0,04[m]$$

La deflexión obtenida se encuentra dentro del rango permisible.

4.8.2.2 Cortante

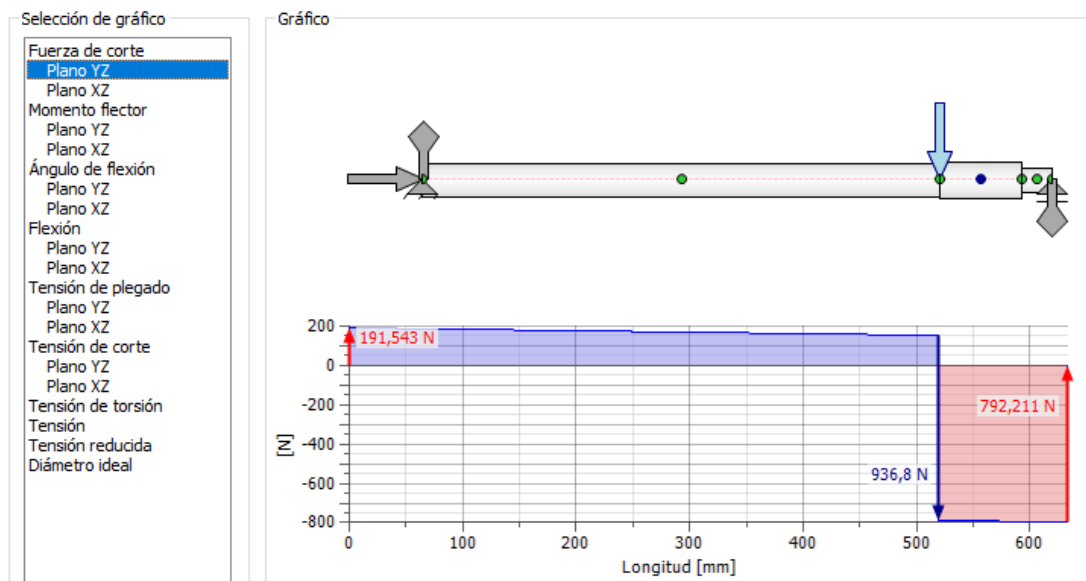


Figura 55. Diagrama cortante de eje conducido

De la Figura 55, se tiene que el cortante máximo es de 792,211 N, el mismo valor coincide con la carga radial máxima a la que va a estar sujeto el rodamiento.

4.8.2.3 Momento flector

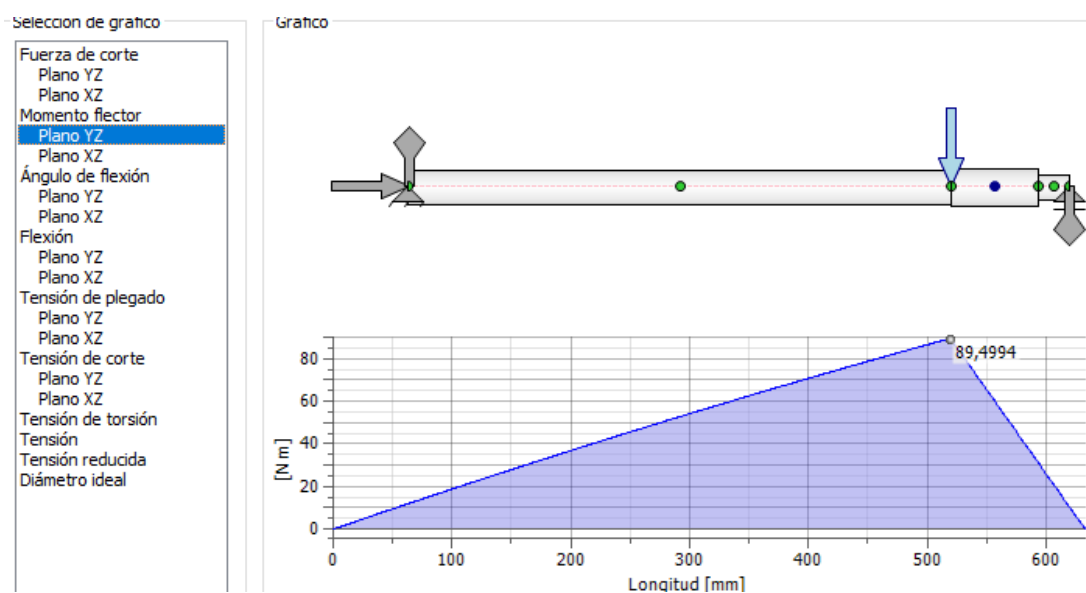


Figura 56. Diagrama momento flector eje conducido

De la Figura 56, se tiene que el momento flector máximo es de 89,49 N*m.

4.8.3 Diagramas de esfuerzos

4.8.3.1 Esfuerzo cortante

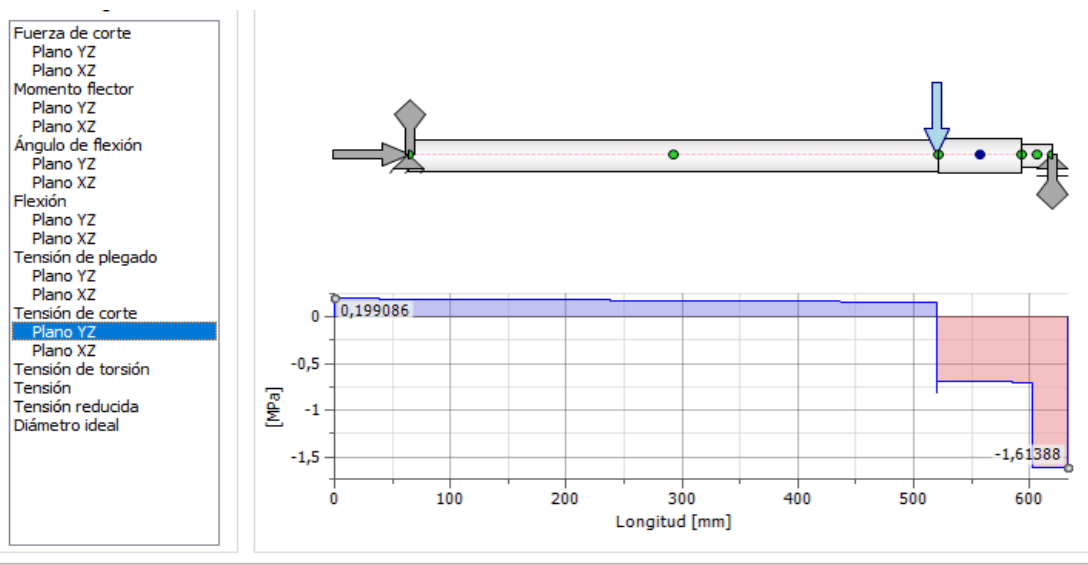


Figura 57. Esfuerzo cortante eje conducido

De la Figura 57, el esfuerzo cortante máximo es de 1,61 MPa.

4.8.3.2 Esfuerzo Flector

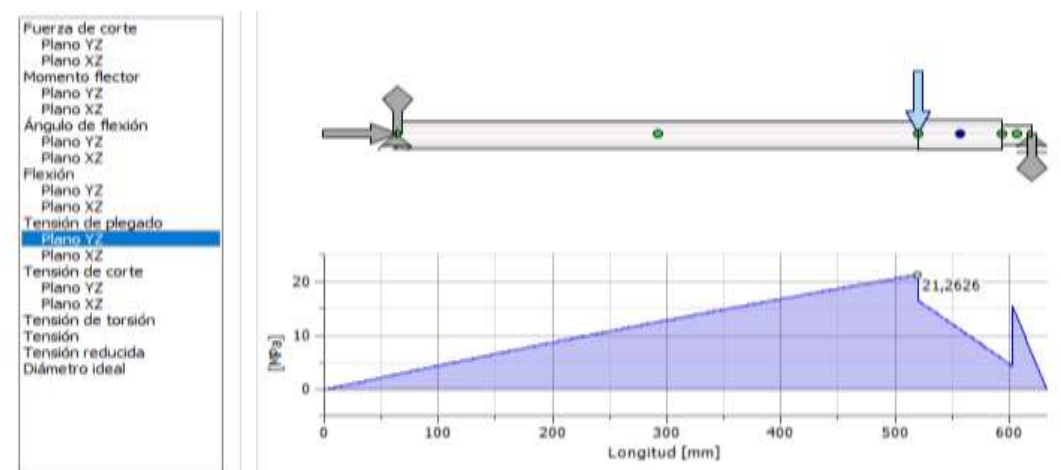


Figura 58. Esfuerzo flector eje conducido

De la Figura 58, se tiene que el esfuerzo flector máximo es de 21,26 MPa. Con un $S_y=276$ MPa, se tiene un factor de seguridad a flexión de 12,98

4.8.4 Cálculo del diámetro mínimo

Para realizar el diseño estático se obtienen los momentos tanto flectores como torsores máximos a los cuales se encuentra sometido el eje y que fueron calculados en el apartado anterior. Así para el eje conducido se tiene los siguientes momentos:

$$M = 89,49 [N * m]$$

$$T = 17,9$$

Para realizar el cálculo mínimo del diámetro del eje se utilizará la siguiente fórmula.

$$d = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi * 2,76E8} [89,49^2 + 17,9^2]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

4.8.5 Diseño dinámico

Para el estudio del límite de resistencia a la fatiga en el sitio crítico del mecanismo de centrifugación se utilizará los mismos parámetros de diseño usados en el eje motriz, así se tiene la siguiente ecuación:

$$S_e = 651,238 [MPa]$$

$$d = \left\{ \frac{32 * 2}{\pi} \left[\frac{3}{4} \left(\frac{17,9}{2,76E8} \right)^2 + \left(\frac{89,49}{5,68E8} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,015 \text{ m} = 15 \text{ mm}$$

4.8.6 Geometría del eje conducido

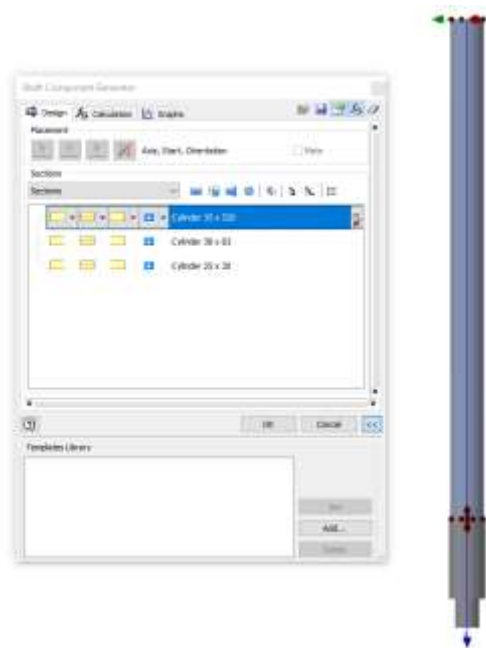


Figura 59. Geometría del eje conducido

En el diseño de la geometría del eje motriz se deberá procurar que los diámetros de las secciones sean mayores a los calculados con anterioridad, en este caso mayor a 15 mm.

4.9 Selección de rodamientos

En esta situación el rodamiento se ubicara en sus chumaceras y estarán sometidas cargas radiales correspondientes. El procedimiento de selección a emplear será el siguiente:

1. Determinar las revoluciones a las cuales trabajará el mecanismo:

$$\text{RPM} = 375$$

2. Determinar la carga radial que actuará sobre el rodamiento:

$$R_{\text{rod}} = 792,211 \text{ [N]} \text{ (Ver Pag. 99-100)}$$

3. Confiabilidad del rodamiento, si son iguales, serán al menos de:

$$\sqrt[4]{0,96} = 0,98985 = 0,99$$

4. La vida de diseño adimensional del rodamiento es:

$$x_D = \frac{60L_D n_D}{L_{10}} \quad R_D \geq 0.90$$

Tabla 21.

Duración de vida recomendada para máquinas

Aplicación	Duración de vida recomendada en h			
	Rodamientos de bolas		Rodamientos de rodillos	
	Desde	hasta	desde	Hasta
Transportadores de cielo abierto	-	-	75000	150000
Rodillos de cintas transportadoras a cielo abierto	46000	63000	75000	110000
Rodillos de cintas transportadoras en general	7800	21000	10000	35000
Tambores de cinta	-	-	50000	75000

Donde:

x_D : Vida de diseño adimensional

L_D : Vida en revoluciones nominal de diseño (Ver Tabla 21)

L_{10} : Vida en revoluciones nominal de catálogo (Ver Tabla 23)

n_D : Revoluciones de diseño (375 RPM)

n_R : Revoluciones catálogo

R_D : Confiabilidad del rodamiento (0.96)

$$x_D = \frac{60(50000)375}{1E6} = 112,5$$

1. De la
2. , los parámetros de Weibull, la capacidad de carga del rodamiento deberá ser calculada con la siguiente formula:

$$C_{10} = a_f F_D \left(\frac{x_D}{x_0 + (\theta - x_0)(1 - R_D)^{1/b}} \right)^{1/a} \quad [N]$$

Tabla 22.

Factores de carga para rodamientos

Grado de carga	Aplicación	a_f
Movimiento uniforme sin ningún impacto	Acondicionador de aire, instrumentos de medición, equipos de oficina	1-1.2
Con rotación estándar	Caja de engranes, vehículo, máquinas de fabricación de papel, transportadores	1.2-1.5
Operación con vibración e impacto	Máquina laminadora, máquina de construcción, trituradora	1.5-3

Tabla 23.

Parámetros de Weibull

Fabricante	Vida nominal, revoluciones	Parámetros de Weibull de vida nominales		
		x_0	θ	b
1	90E6	0	4.48	1.5
2	1E6	0.02	4.459	1.483

Tabla 24.

Factor a , efecto carga-vida

Tipo de rodamiento	a
De bolas	3
Rodillo cilíndrico y cónico	10/3

Donde:

C_{10} : Carga nominal de catálogo

a_f : Factor de aplicación de carga (Ver Tabla 22)

F_D : Cargar radial ($R_{rod} = 792,211$ [N])

x_0, θ, b : Factores de Weibull (Ver Tabla 23)

α : Factor efecto carga-vida (Ver Tabla 25)

Tabla 25.

Parámetro de Weibull de vida nominales

Fabricante	Vida nominal, revoluciones	Parámetros de Weibull de vida nominales		
		x_0	θ	b
1	90E6	0	4.48	1.5
2	1E6	0.02	4.459	1.483

$$C_{10} = 1.2(792,211) \left(\frac{112,5}{0.02 + (4.459 - 0.02)(1 - 0.96)^{1/1.4883}} \right)^{1/3} = 5669.04 \text{ [N]} = 5,6 \text{ [kN]}$$

Tabla 26.

Dimensión y clasificación de carga para rodamientos de bolas

Diámetro interior, DE, mm	Ancho, mm	Radio del entalle, mm	Diámetro del hombro, mm	Clasificaciones de carga, kN					
				d_s	d_H	Ranura profunda		Contacto angular	
						C_{10}	C_0	C_{10}	C_0
10	30	9	0.6	12.5	27	5.07	2.24	4.94	2.12
12	32	10	0.6	14.5	28	6.89	3.10	7.02	3.05
15	35	11	0.6	17.5	31	7.80	3.55	8.06	3.65
17	40	12	0.6	19.5	34	9.56	4.50	9.95	4.75
20	47	14	1.0	25	41	12.7	6.20	13.3	6.55
25	52	15	1.0	30	47	14.0	6.95	14.8	7.65
30	62	16	1.0	35	55	19.5	10.0	20.3	11.0
35	72	17	1.0	41	65	25.5	13.7	27.0	15.0
40	80	18	1.0	46	72	30.7	16.6	31.9	18.6
45	85	19	1.0	52	77	33.2	18.6	35.8	21.2
50	90	20	1.0	56	82	35.1	19.6	37.7	22.8
55	100	21	1.5	63	90	43.6	25.0	46.2	28.5
60	110	22	1.5	70	99	47.5	28.0	55.9	35.5
65	120	23	1.5	74	109	55.9	34.0	63.7	41.5
70	125	24	1.5	79	114	61.8	37.5	68.9	45.5
75	130	25	1.5	86	119	66.3	40.5	71.5	49.0
80	140	26	2.0	93	127	70.2	45.0	80.6	55.0
85	150	28	2.0	99	136	83.2	53.0	90.4	63.0
90	160	30	2.0	104	146	95.6	62.0	106	73.5
95	170	32	2.0	110	156	108	69.5	121	85.0

De la Tabla 26, el rodamiento escogido deberá poseer un diámetro interior igual o mayor a 12 mm como mínimo.

5. CAPITULO V. SIMULACION DE ESFUERZOS DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACION.

5.1 Análisis FEM del Eje Motriz

Para determinar el correcto funcionamiento del elemento, se realiza un análisis de esfuerzos por elementos finitos se tomarán en consideración

- El material de Eje Motriz es acero AISI 304 (Ver Figura 60)

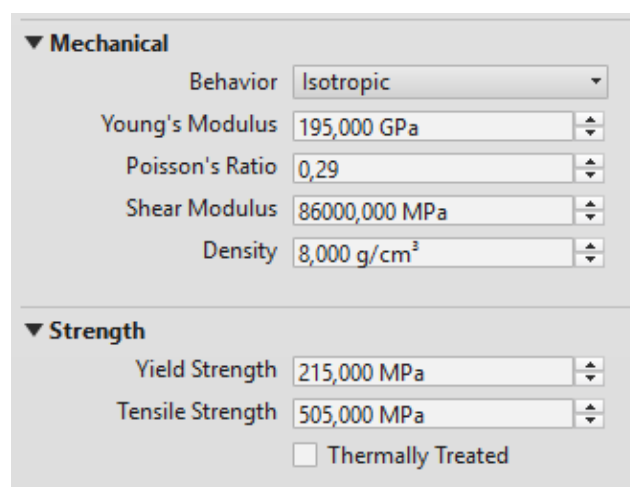


Figura 60. Propiedades mecánicas AISI 304

- Las cargas aplicadas sobre el eje se corresponden a las calculadas anteriormente en el apartado del diseño del Eje Motriz.



Figura 61. Cargas que actúan sobre el Eje Motriz

- El Eje Motriz se encuentra restringido en su extremo derecho por apoyo de tipo giratorio y en su extremo izquierdo por un apoyo de tipo rígido.



Figura 62. Restricciones de apoyo del Eje Motriz

5.1.1 Resultados

5.1.1.1 Deflexión

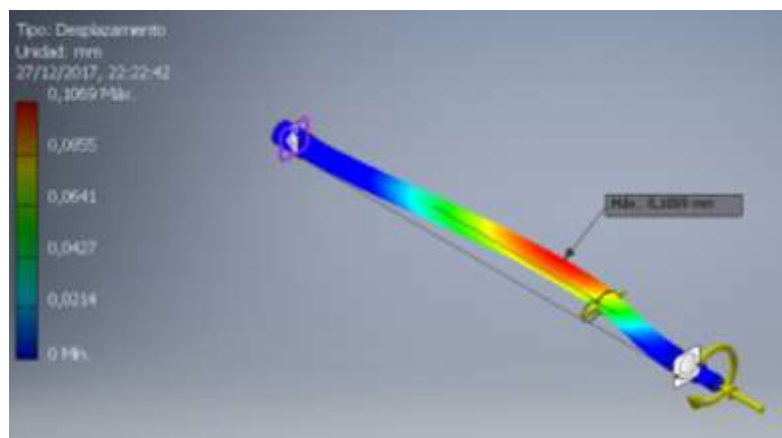


Figura 63. Deflexión por FEM del Eje Motriz

La deflexión máxima presente en el Eje Motriz es de 0,000169 m.

5.1.1.2 Esfuerzos Von-Mises

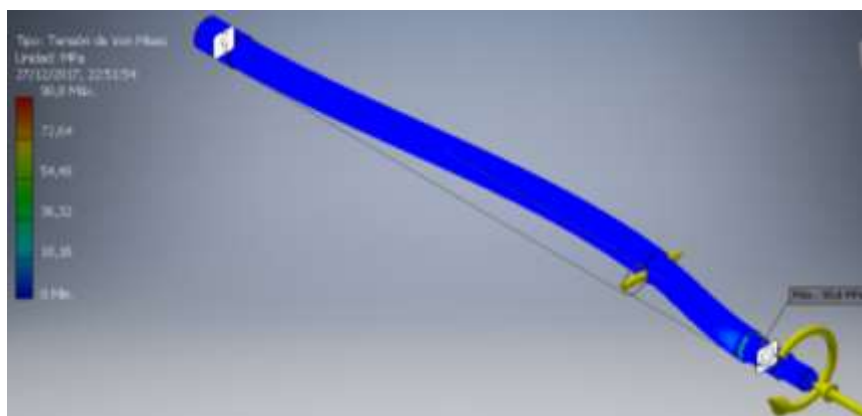


Figura 64. Esfuerzos Von-Mises Eje Motriz

El esfuerzo máximo presente en el Eje Motriz es de 90,8 MPa.

5.1.1.3 Factor de seguridad

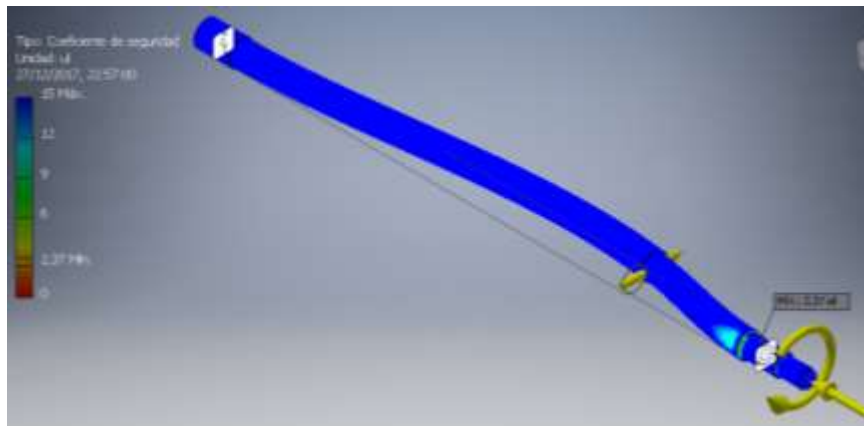


Figura 65. Factor de seguridad Eje Motriz

El factor mínimo de seguridad presente en el Eje Motriz es de 2,37

5.2 Análisis FEM del Eje Conducido

Para determinar el correcto funcionamiento del elemento, se realiza un análisis de esfuerzos por elementos finitos se tomarán en consideración.

- El material de Eje Motriz es acero AISI 304 (Ver Figura 60).
- Las cargas aplicadas sobre el eje se corresponden a las calculadas anteriormente en el apartado del diseño del Eje Motriz.



Figura 66. Cargas que actúan sobre el Eje Conducido

- El Eje Conducido se encuentra restringido en su extremo derecho por apoyo de tipo giratorio y en su extremo izquierdo por un apoyo de tipo rígido.



Figura 67. Restricciones de apoyo del Eje Conducido

5.2.1 Resultados

5.2.1.1 Deflexión

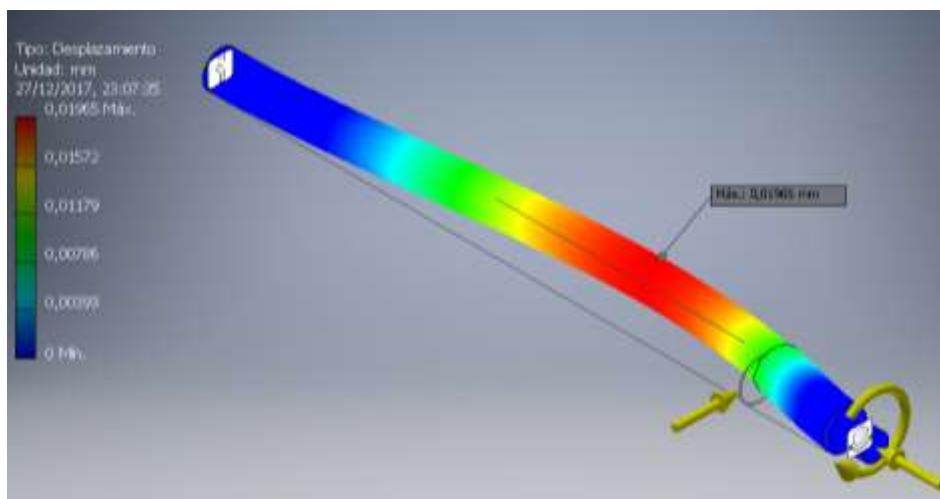


Figura 68. Deflexión por FEM del Eje Conducido

La deflexión máxima presente en el Eje Motriz es de $1,95 \times 10^{-6}$ m.

5.2.1.2 Esfuerzos Von-Mises

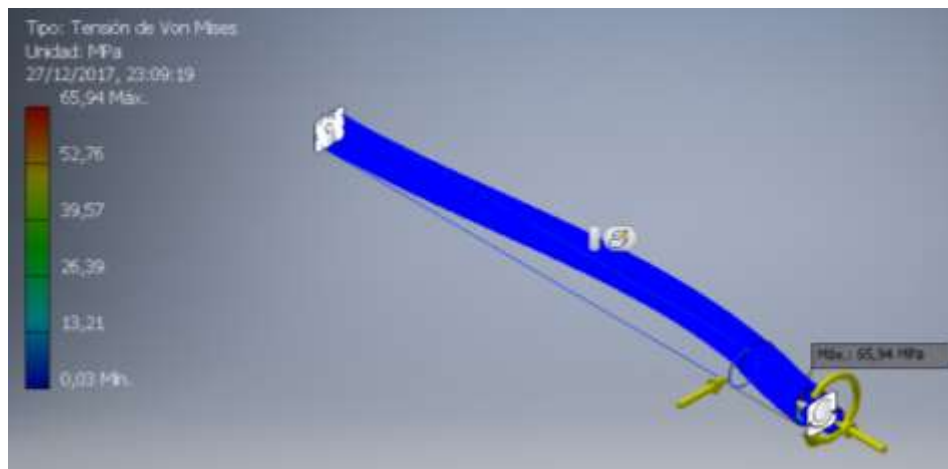


Figura 69. Esfuerzos Von-Mises Eje Conducido

El esfuerzo máximo presente en el Eje conductor es de 65,94 MPa.

5.2.1.3 Factor de seguridad

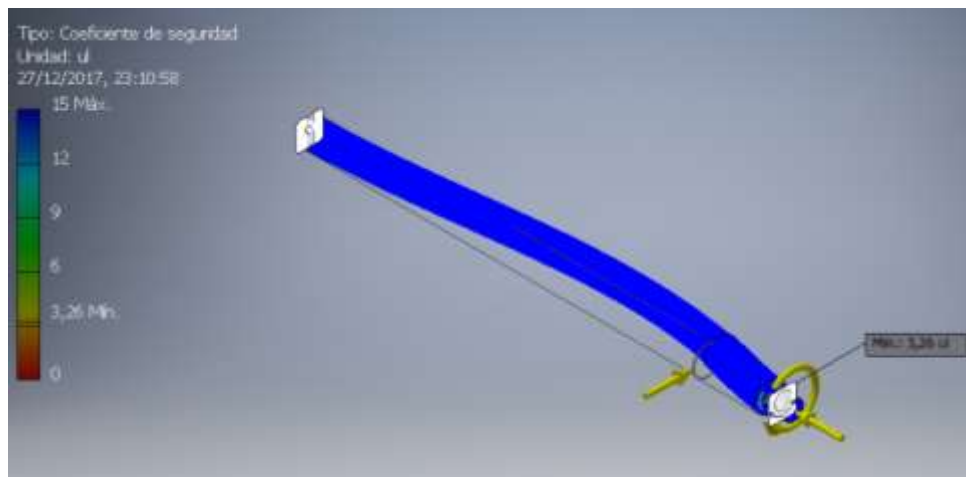


Figura 70. Factor de seguridad Eje Conducido

El factor mínimo de seguridad presente en el Eje Motriz es de 3,26.

5.3 Análisis FEM del Tambor

Para determinar el correcto funcionamiento del elemento, se realiza un análisis de esfuerzos por elementos finitos se tomarán en consideración

- El material de los componentes del Tambor es acero AISI 304 (Ver Figura 60)
- Las cargas aplicadas sobre el tambor se corresponden a las producidas por el peso propio del tambor y por las fuerzas centripetas generadas por las alzas al girar el mecanismo, esta fuerza se calcula en basandose en la siguiente formula:

$$F = m * (RPM * 0.10472)^2 * r \text{ [N]} \quad (\text{Ecuación 28})$$

Donde:

F : Fuerza [N]

m : Masa [kg]

RPM : Revoluciones del tambor principal (375 RPM)

r : Radio de giro del tambor (0,25 m)

Se considerará una masa de 5 kg, que corresponde al peso combinado de alzas y el contenedor.

$$F = 5 * (375 * 0.10472)^2 * 0,25 = 1927,6 \text{ [N]}$$

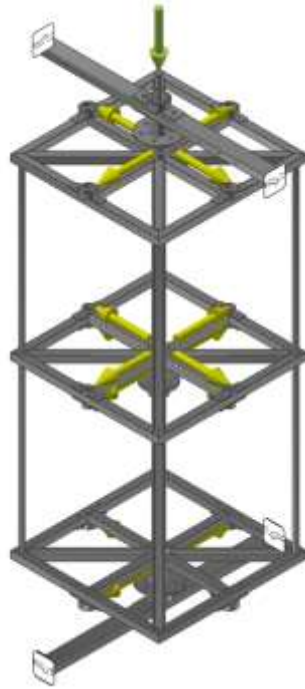


Figura 71. Cargas que actúan sobre el Tambor

- El Tambor se encuentra restringido en los extremos de los soportes superior e inferior por apoyos de tipo rígidos.

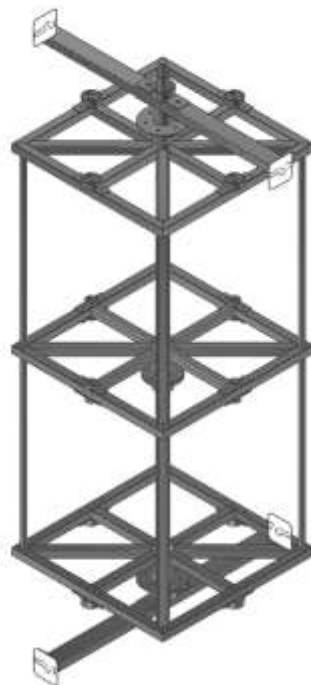


Figura 72. Restricciones de apoyo del Tambor

5.3.1 Resultados

5.3.1.1 Deflexión

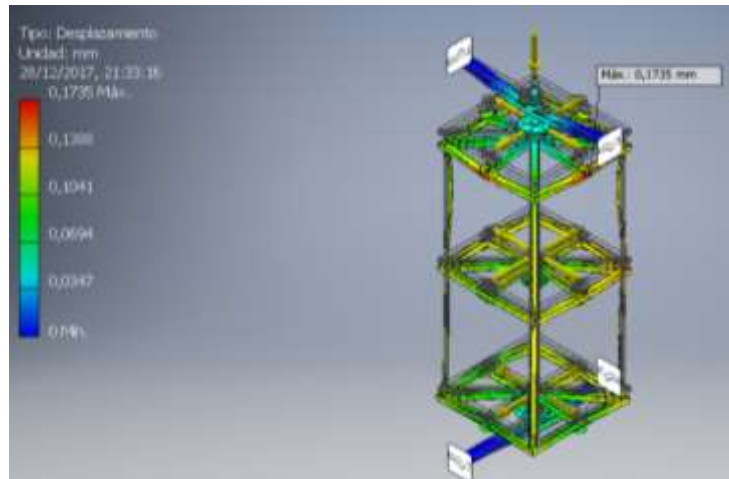


Figura 73. Deflexión por FEM del Tambor

La deflexión máxima presente en el Tambor es de $1,735E-4$ m.

5.3.1.2 Esfuerzos Von-Mises

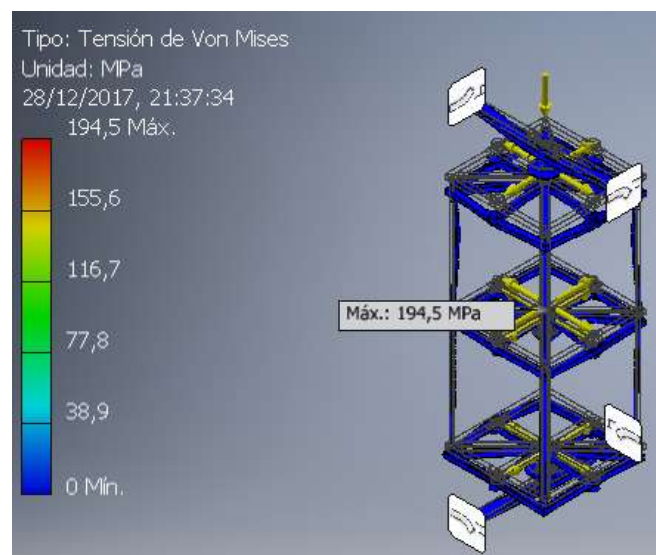


Figura 74. Esfuerzos Von-Mises Tambor

El esfuerzo máximo presente en el Tambor es de 194,5 MPa.

5.3.1.3 Factor de seguridad

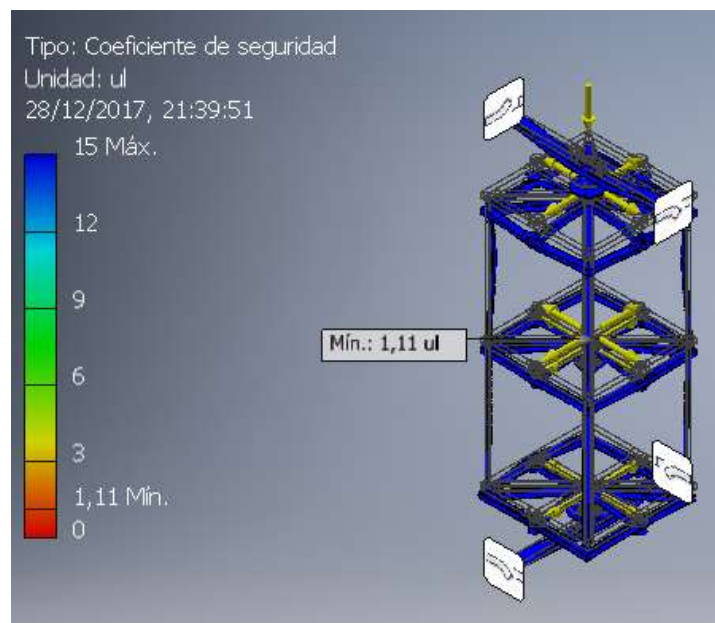


Figura 75. Factor de seguridad Tambor

El factor mínimo de seguridad presente en el Tambor es de 1,11

5.4 Análisis FEM del Tanque

Para determinar el correcto funcionamiento del elemento, se realiza un análisis de esfuerzos por elementos finitos se tomarán en consideración

- El material de los componentes del Tanque es acero AISI 304 (Ver Figura 60).
- Las cargas aplicadas sobre el tanque se corresponden a las producidas por el peso propio del tanque, el peso del tambor, peso de la miel en las paredes (2,5 kg por alza) y el peso del motorreductor 20 kg.



Figura 76. Cargas que actúan sobre el Tanque

- El Tanque se encuentra restringido en la base por apoyos de tipo rígidos.

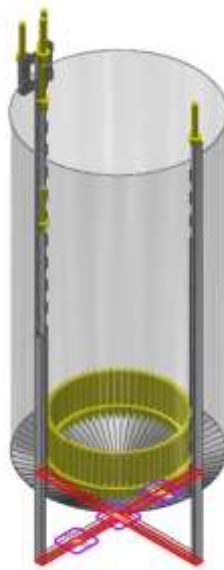


Figura 77. Cargas que actúan sobre el Tanque

5.4.1 Resultado

5.4.1.1 Deflexión

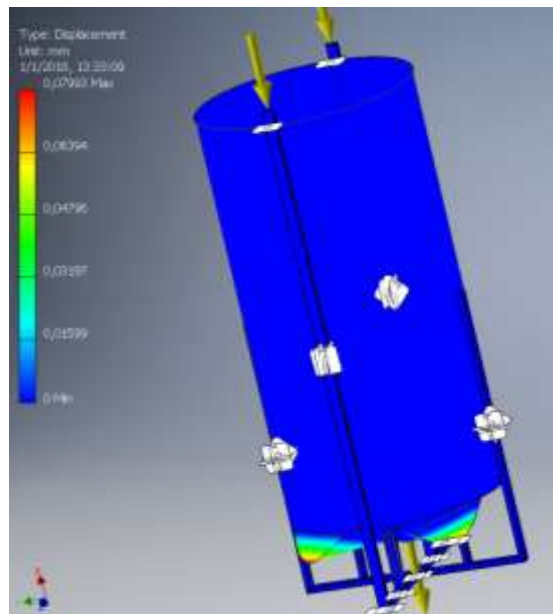


Figura 78. Deflexión por FEM del Tanque

La deflexión máxima presente en el Tanque es de 0,07993 mm.

5.4.1.2 Esfuerzos Von-Mises

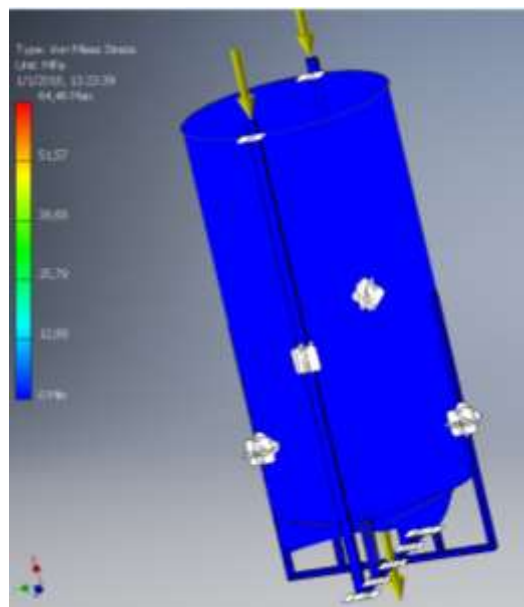


Figura 79. Esfuerzos Von-Mises Tanque

El esfuerzo máximo presente en el Tanque es de 64,45 MPa.

5.4.1.3 Factor de seguridad

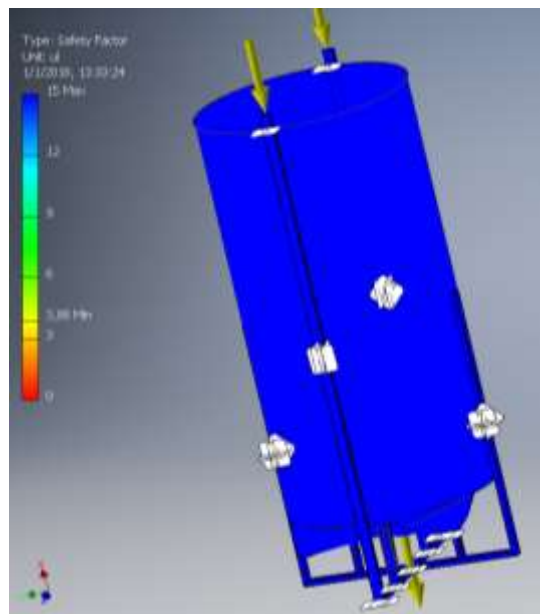


Figura 80. Factor de seguridad Tanque

El factor mínimo de seguridad presente en el Tambor es de 3,88

6. CAPÍTULO VI. ESTUDIO ECONÓMICO Y FINANCIERO DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACIÓN

6.1 Costo de Fabricación del mecanismo de centrifugación

Son todos los costos necesarios para la fabricación del mecanismo de centrifugación en los que se tomara en cuenta los siguientes aspectos

- Materiales
- Mano de obra
- Transporte
- Maquinarias y Equipos
- Mantenimiento

Los que serán detallados en las siguientes tablas.

6.1.1 Costos de Materiales

Consta de todos los materiales que se usara en el proceso de diseño y se las ha dividido en 3 secciones (Ver Tabla 27)

Tabla 27.

Costos de Materiales de la centrifugadora

SISTEMA DEL MECANISMO	TOTAL(USD)
Sistema Estructural interno	586,75
Sistema Estructural externo	380,5
Sistema Electricos	150,25
Costo Total Materiales	1117,5

6.1.2 Costos de mano de obra

Consta de todo el personal que realizara esfuerzo tanto físico como mental para poder realizar todas las actividades necesarias para la construcción del mecanismo de centrifugación (Ver Tabla 28).

Tabla 28.

Costos de Mano de Obra

DESCRIPCIÓN	HORAS/HOMBRE	SALARIO/HORA	TOTAL(USD)
Maestro Mecánico	180	4	720
Operador Mecánico	180	2.8	360
Eléctrico	90	3.5	315
Costo Total Mano de Obra			1395

6.1.4 Costo de Transporte

Consta de todos los fletes necesarios para la realización del mecanismo. (Ver Tabla 29)

Tabla 29.

Costos de transporte

TRANSPORTE	CANT	FLETE/COSTOS	TOTAL(USD)
Taller-Planta/otros	2	10	20

6.1.5 Costo de Maquinarias y Equipos

Consta de todos los costos de maquinaria y de los equipos indispensables para la realización del mecanismo que no depende de los operadores. (Ver Tabla 30)

Tabla 30.

Costos de Maquinarias y Equipos

DESCRIPCIÓN	TOTAL(USD)
Torno	400
Fresadora	150
Saldadura	120
Compresor	50
Plegadora	45
Corte	160
	925

6.1.6 Costo de Mantenimiento

Consta de todos los equipos y el personal necesario para que el mecanismo de centrifugación siempre se encuentre en óptimas condiciones para su mejor funcionamiento. (Ver Tabla 31)

Tabla 31.

Costos de mantenimiento

DESCRIPCIÓN	TOTAL(USD)
Mantenimiento Mecanico	50
Inspe. Trimestrales/grasa	15
Materiales para limpieza	25
	90

6.1.7 Costo Total del Mecanismo de Centrifugación

El costo total del mecanismo de centrifugación es de 3652,5 USD y es la suma de todos costos indirectos y directos y es el valor que se necesita para la fabricación del mecanismo (Ver Tabla 32)

Tabla 32.

Costo Total del Mecanismo de Centrifugación

COSTO TOTAL DEL MECANISMO DE CENTRIFUGACION	
COSTO MATERIALES	1117,5
COSTO MANO DE OBRA	1395
COSTO TRANSPORTE	20
COSTO MANTENIMIENTO	90
COSTO MAQUINARIAS Y EQUIPOS	925
COSTOS TOTAL	3547,5

6.2 Análisis Financiero y Económico del mecanismo de centrifugación

A continuación, se mostrará el análisis financiero y económico, el cual detallará la cantidad de producción y ganancias en el año 2015-2016 de la empresa API-LOJA como situación actual y también se propondrá una situación de mejora para verificar que el mecanismo de centrifugación es rentable.

Para este proyecto la vida útil del mecanismo será 10 años, tiempo en el que el mecanismo tendrá su depreciación total.

Con una inflación del 9% según los datos recolectados de INEC.

6.2.1 Situación Actual

Tabla 33.

Valor del kg de miel

PRODUCCION 2015-2016	
DESCRIPCION	PRECIO (USD)
Kg de miel de abeja	9.25

6.2.2 Ventas Anuales 2015-2016

En la siguiente tabla se detalla las ventas de todo el año 2015-2016 teniendo como constante de 25 cajas de 24 unidades cada caja que es la capacidad máxima de producción de empresa API-LOJA. (Ver Tabla 34)

Tabla 34.

Venta Anual 2015-2016

Meses	Pedidos	Unidades(kg) x Pedido	TOTAL (USD)
Enero	25	24	5550
Febrero	25	24	5550
Marzo	25	24	5550
Abril	25	24	5550
Mayo	25	24	5550
Junio	25	24	5550
Julio	25	24	5550
Agosto	25	24	5550
Septiembre	25	24	5550
Octubre	25	24	5550
Noviembre	25	24	5550
Diciembre	25	24	5550
			66600

6.2.3 Situación Mejorada

Teniendo en consideración que se mejorará la producción con el mecanismo de centrifugación diseñado se planifica la producción de un aumento de 20 cajas de 24 unidades cada caja mensual para cumplir con la demanda de la empresa API-LOJA. (Ver Tabla 35)

Teniendo un valor actual neto de \$ 38320,22

- Una tasa interna de retorno de 330,54 %
- PAYBACK del Proyecto de 12,62 lo que quiere decir que el mecanismo de centrifugación recuperara la inversión inicial en un año y dos meses aproximadamente.

6.3 VSM Mejorado

En el siguiente VSM se puede observar que en el proceso de extracción con el mecanismo de centrifugación planteado se elimina el cuello de botella y se logrará extraer mayor cantidad de miel de abeja para cumplir con toda la demanda exigida en menos tiempo como se muestra en figura 81 y 82 no sobrepasando los niveles límites.

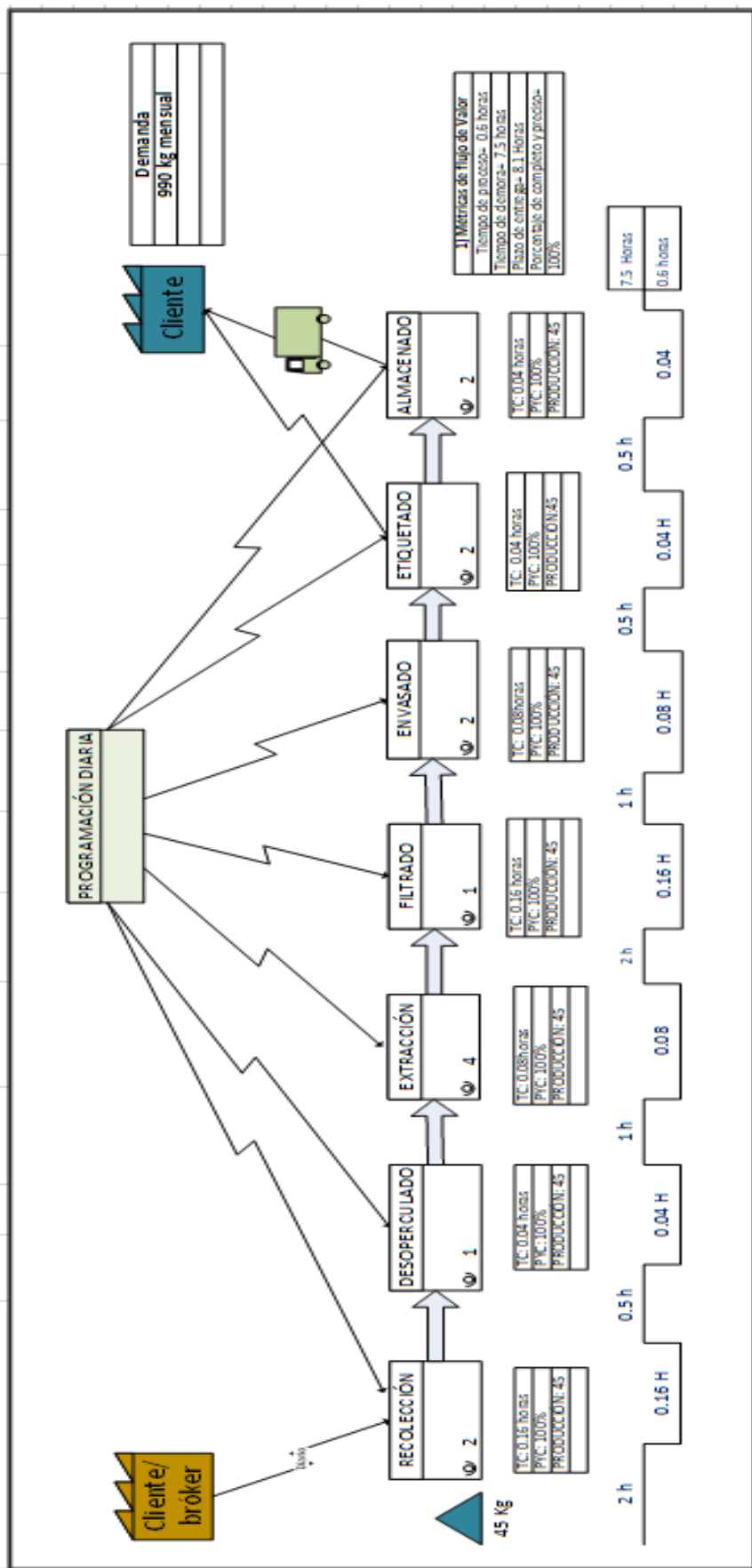


Figura 81. VSM Mejorado

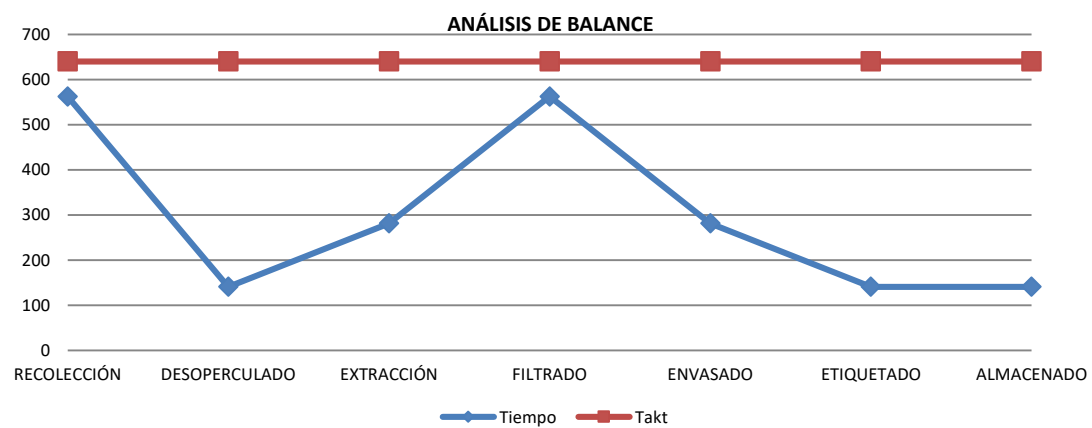


Figura 82. Análisis de Balance mejorado

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Existen varios métodos de extracción de miel de abeja, uno de los más difundidos corresponde a los mecanismos de centrifugación por su eficiencia y disponibilidad de componentes en el mercado nacional, ya que su empleo beneficia la extracción de miel sin deteriorar las alzas mejorando la productividad en el ámbito apícola.

Los mecanismos considerados como base para el análisis debido a su empleo y difusión son radial, paralelo-radial y tangencial. A fin de mejorar el tiempo de extracción en las caras de las alzas se ha considerado la configuración tangencial, modificando su funcionabilidad para evitar el deterioro de las alzas, constituyendo una solución alternativa a los mecanismos tradicionales, este mecanismo mejorará el proceso de extracción de miel de abeja en un 150 por ciento, ya que por su sistema de ocho alzas móviles que extraerá 25 kg/h de miel comparado con 10 kg/h de miel que se tenía con el sistema manual

Luego de un estudio realizado, los apicultores prefieren que los mecanismos sean de fácil manejo, rápido, silencioso y que mejore la producción, tomando estas y otras más características se diseñó el mecanismo para satisfacer las necesidades que los apicultores necesitan.

Se verificó que el mecanismo de centrifugación más óptimo para cumplir con los objetivos y metas de la empresa API-LOJA es el mecanismo de centrifugación tangencial con una mejora que se basa en que las alzas giren en relación 4:1 con relación al tambor principal ayudando a que la extracción de miel sea más rápida y óptima.

El diseño y funcionalidad de la centrifugadora requiere componentes sencillos y los componentes son fabricados con procesos existentes en el país. En el diseño

se contempló la fuerza centrífuga y el efecto de la velocidad del viento para que extraigan la miel de las alzas. Se ha validado el diseño mediante análisis de resistencia y efectos dinámicos.

El mecanismo que fortaleció esta centrifugadora tangencial es el sistema de bandas, ya que se automatiza el giro de las alzas minimizando manipulación hombre-máquina.

7.2 Recomendaciones

Es importante verificar que los seguros de los porta marcos se encuentren bien ubicados, para evitar daños en las alzas y en el sistema de los diferentes mecanismo.

Realizar pruebas de funcionamiento antes de su primera utilización para verificar que toda su funcionalidad este correcta y no exista inconvenientes tanto de fallas mecánicas ni destrucción de alzas.

No forzar ni realizar manejos inadecuados a la maquina mientras esté en funcionamiento, ya que podría generar daños en la materia prima.

Enseñar al apicultor el manejo adecuado del mecanismo, capacitándolo para que tenga conocimientos claros de su funcionalidad y sus limitaciones, para que de esta manera mejorar su eficiencia operativa.

Tomar las medidas de correspondientes de seguridad (EPP) necesarias para que no exista riesgos al momento que haya contacto entre operario y máquina.

Se recomienda hacer mantenimientos preventivos cada seis meses para limpiar los excesos de miel adheridos a las paredes del tanque cilíndrico.

REFERENCIAS

- AGA. (s.f.). Características químicas de la miel de abeja. Recuperado el 18 de enero de 2018, de <http://www.aga.cat/index.php/es/articulos/articulos-de-interes/productos/393-aspecto-propiedades-fisicas-y-composicion-quimica-de-la-miel>
- Baca Urbina, G. (2010). Evaluación de proyectos 6ed. En G. Baca Urbina, *Evaluación de proyectos 6ed* (págs. 4-9). México: McGRAW-HILL.
- Baldi Coronel, B. (2010). *La Miel*. Recuperado el 24 de febrero de 2018 de <https://beatrizachaval.blogspot.com/2011/04/libro-la-miel-una-mirada-cientifica.html>
- Cabrera, J. (2014). *La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Históricos*. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <file:///C:/Users/user/Downloads/Apiterapia%20en%20Ecuador.pdf>
- Codex, S. (2010). *Norma del Codex para la miel*. Recuperado el 27 de febrero de 2018 de <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/1/mbpp.pdf>
- Colcha, M. (2010). *Bandas de transmisión*. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <https://es.slideshare.net/MARTHYTAS/bandas-de-transmisin>
- Ecolmena. (s.f.). *Partes de una colmena*. Recuperado el 20 de enero de 2018, de <https://ecocolmena.com/tipos-de-colmenas-rendimientos-y-consumos-de-cera/partes-de-una-colmena/>
- FESTO. (2013). *Conocimientos profesionales y soluciones para la industria alimentaria y de bebidas*. Recuperado el 14 de enero de 2018, de https://www.festo.com/rep/es_es/assets/pdf/FOOD_manual_materials_es.pdf
- Heredia, E., & Bastidas, L. (2016). *Bandas tipo "V"*. Recuperado el 15 de enero de 2018, de <https://prezi.com/fqm1fhrdj2ds/bandas-tipo-v/>
- Irestal Group. (2012). *Características técnicas del acero inoxidable 304*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf>

- López Herrera, J. (2013). +Productividad. En J. López Herrera, +*Productividad* (pág. 11). Palibrio.
- Miarroba. (s.f.). *Extracción por comprensión*. Recuperado el 11 de enero de 2018, de <http://miarroba.es/>
- Motores. (s.f.). *Motor Universal*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <http://motores.nichese.com/universal.htm>
- MOTOVARIO. (s.f.). *Reductores coaxiales series y reductorescoaxiales fundicion*. Recuperado el 19 de enero de 2018, de <https://my.motovario.com/file.php?s=20dk>
- Norton, R. (2014). *Diseño de maquinaria*. Recuperado el 20 de enero de 2018, de https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/02/disec3b1o-de-maquinaria-4ed-norton_decrypted-fl-1.pdf
- Pérez, R., Estrada, R., Simeón, R., & Santana, R. (2015). *Herramientas personalizadas de diseño, fabricación e ingeniería asistidas por computadoras (cad/cam/cae) para el desarrollo de productos*. Recuperado el 10 de enero de 2018, de <http://karin.fq.uh.cu/acc/2015/CNE/155-2015/Mi%20Disco/3.%20%20%20PROPUESTA%20%20PREMIO%20CAD%20%20CAM%20318.pdf>
- Ramírez, V. (2011). *Sagarpa*. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/1/mbpp.pdf>
- Rubio, P. (2014). *Motores sincronos y asincronos*. Recuperado el 16 de enero de 2018, de <https://prezi.com/vmqykaqx6uy5/motores-sincronos-y-asincronos/>
- Salazar López, B. (2018). *Ingenieria Industrial Online.com*. Recuperado el 05 de enero de 2018, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- Scribd. (2012). *Maquinas y mecanismos*. Recuperado el 18 de enero de 2018, de <https://www.scribd.com/document/243137042/MAQUINAS-Y-MECANISMOS-DE-David-H-MYSZKA-pdf>


- Slideshare. (s.f.). *Matriz QFD*. Recuperado el 23 de enero de 2018, de <https://pt.slideshare.net/ediuroca/determinacin-de-caractersticas-qfd/8>
- Ulloa, J., Mondragón, P., Rodríguez, R., Reséndiz, J., & Ulloa, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. Recuperado el 28 de febrero de 2018 de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/01-04/2.pd>
- Videla, A. (s.f.). *Manual de motores eléctricos*. Recuperado el 18 de enero de 2018, de <https://es.slideshare.net/Jag0606/manualdemotoreselectricos>


ANEXOS

Anexo 1. Catálogo de correas industriales

Tipo de reductor:	Moto-reductor ejes paralelos	
Tipo :	FH032-11P-90SL-04E-TH-TF	
<u>Otros parámetros:</u>		
Temperatura ambiente :	+20	°C
Tipo de operación :	S1	
<u>Características motor :</u>		
Series :	WEG Modular System Motor (EUSAS)	
Housing material :	Aluminium	
Rendimiento η :	IE3-84.8%	
Serie motores :	11P	
Potencia motor :	1.1	[kW]
Velocidad nominal :	1455	[r.p.m.]
Par nominal :	7.2	[Nm]
Tensión :	230/400	[V]
Frecuencia :	50	[Hz]
Conexión :	DY	
Intensidad nominal :	4.1 / 2.3	[A]
Aranque a intensidad nominal :	7.8	
cos ϕ :	0.80	
Grado de protección :	IP 55	
Posición caja bornes :	Lado 1 entrada cable lado I	
Clase aislamiento :	F	
Momento de inercia :	5.49x10 ⁻²	[kgm ²]
<u>Otras ejecuciones de motor :</u>		
Ventilador :	Autoventilado	
Controlador temperatura :	Bimetal switch NCC-(TH) and PTC thermistor (TF) for switch off	
Rodamiento :	Estándar	
<u>Características reductor :</u>		
Potencia térmica máx.perm. a +20 °C y S1-servicio :	5.7	[kW]
Velocidad de salida :	378	[r.p.m.]
Par de salida :	28	[Nm]
Factor de servicio :	3.85	
Gear stages :	2	
Relación de reducción :	3.85	
Juego circunferencial (mín-máx) :	0' - 35'	
Par de entrada admisible IS1 :	26.6	[Nm]
Velocidad entrada máx.perm. :	3000	[r.p.m.]
Forma montaje :	M1	
Eje hueco :	Ø 30 H7	[mm]
Chavetero :	DIN6885 1	
Pintura :	LC1 - Indoor installation/neutral atmosphere NDFT 60 μ m (C1 - DIN EN ISO 12944-5)	
Color :	RAL 7011	
Peso total :	23.7	[kg]
<u>Lado entrada :</u>		
Tipo :	IEC montaje directo	
Eje entrada :	Ø 24 H8 x 18,5 mm	
Brida entrada :	FC120	
<u>Otras ejecuciones del reductor :</u>		
Lubrificante :	Aceite mineral - CLP ISO VG220	

Anexo 2

	CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES	2010
---	---	-------------

DAYCO GOLD LABEL V - MM CORREAS TRAPECIALES DE SECCIÓN CONVENCIONAL	
--	---

SECCION "Z" (10 x 6 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
Z15	381	406
Z16	406	431
Z17	432	457
Z17,25	438	463
Z18	457	482
Z19	483	508
Z19,50	495	520
Z20	508	533
Z20,50	521	546
Z21	533	558
Z21,25	540	565
Z21,50	546	571
Z21,75	552	577
Z22	559	584
Z22,25	565	590
Z22,50	572	597
Z23	584	609
Z23,50	597	622
Z23,75	603	628
Z24	610	635
Z24,75	629	654
Z25	635	660
Z25,50	648	673
Z26	660	685
Z26,50	673	698
Z27	686	711
Z27,50	699	724
Z28	711	736
Z28,50	724	749
Z29	737	762
Z29,50	749	774
Z30	762	787
Z30,50	775	800
Z30,75	781	806
Z31	787	812
Z31,50	800	825
Z32	813	838
Z32,50	826	851
Z33	838	863
Z33,50	851	876
Z34	864	889
Z34,25	870	895

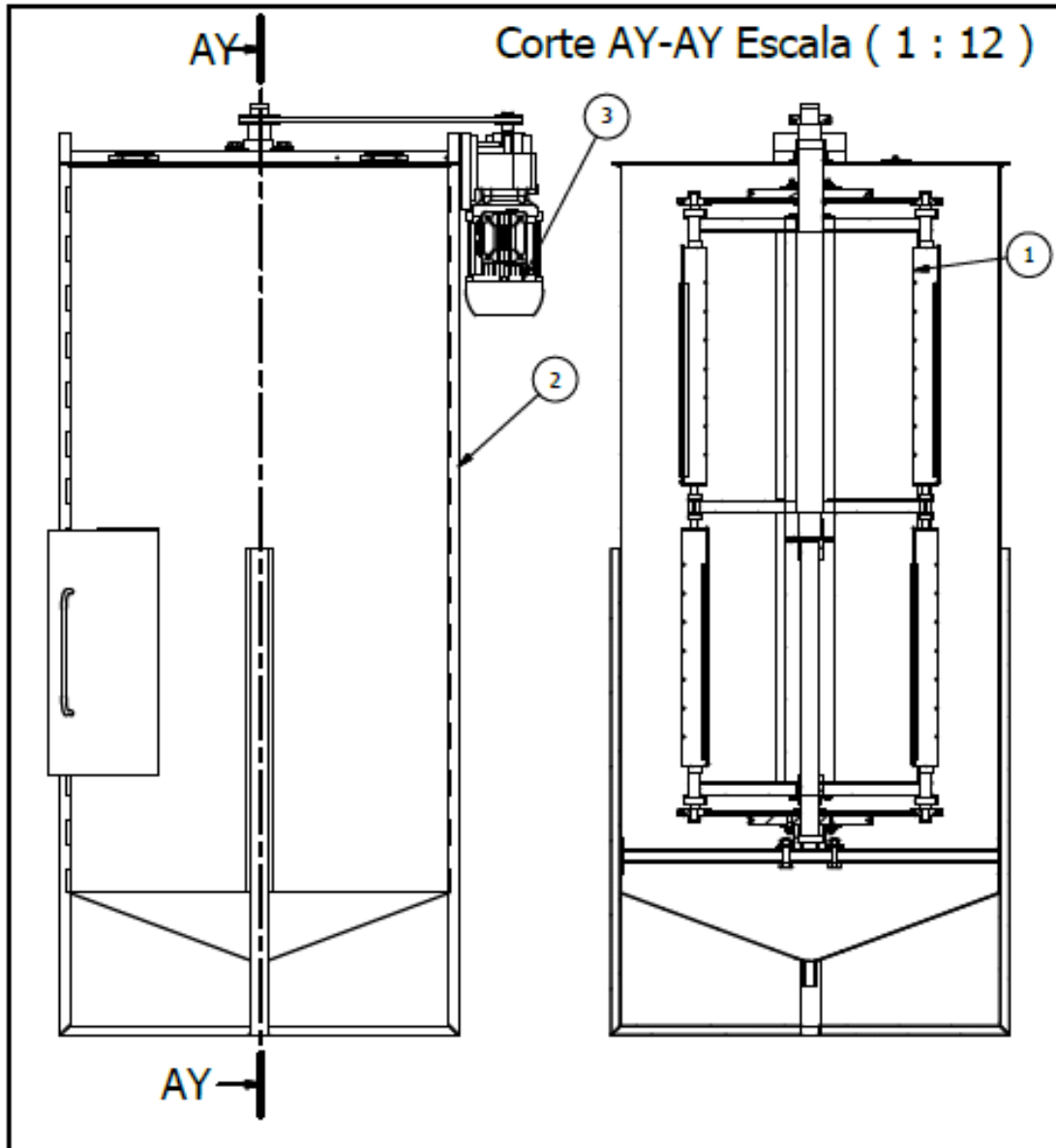
PESO EN gr./m. = 60



SECCION "Z" (10 x 6 mm.)

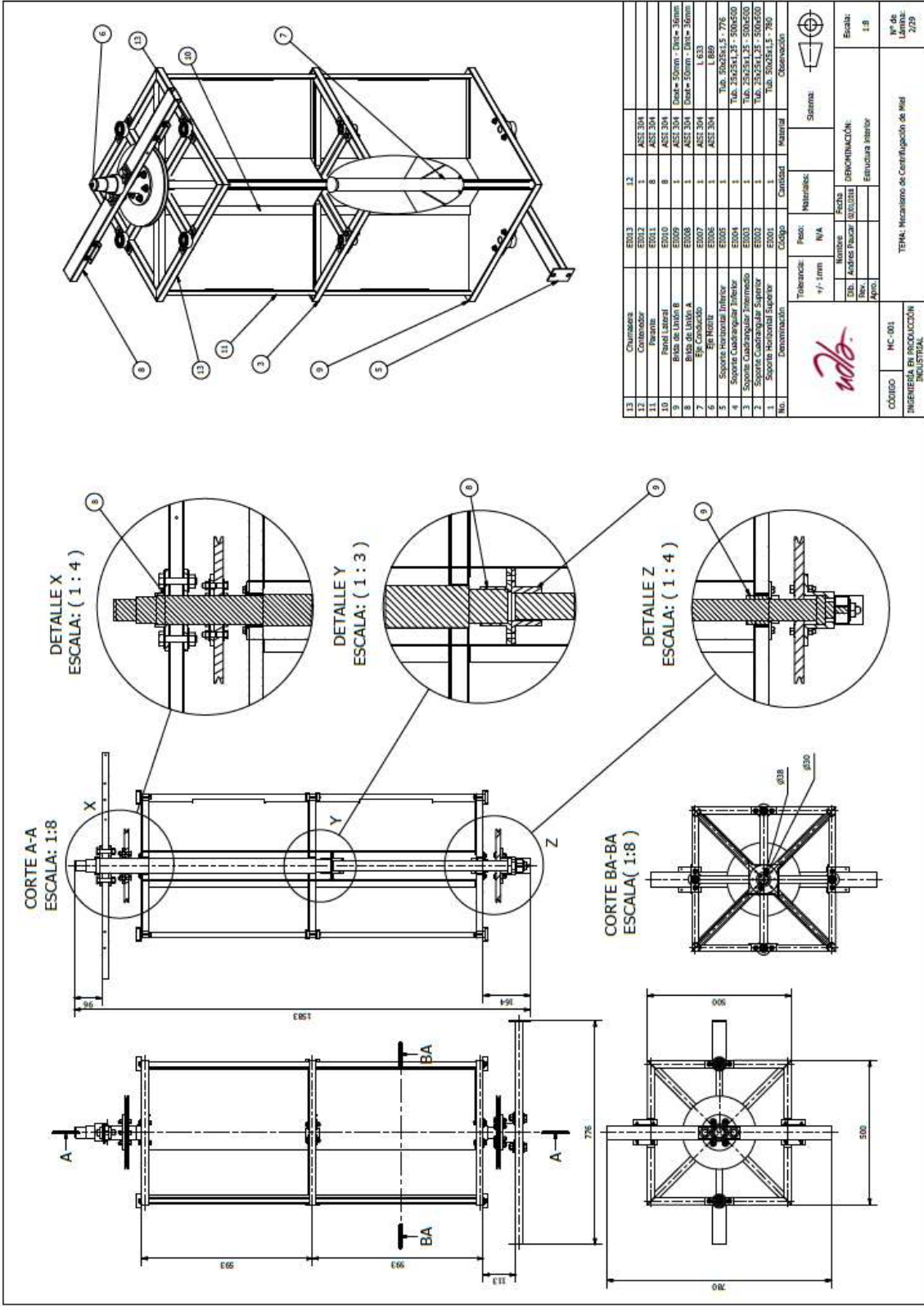
TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
Z34,50	876	901
Z35	889	914
Z35,50	902	927
Z36	914	939
Z36,50	927	952
Z36,75	933	958
Z37	940	965
Z37,50	953	978
Z38	965	990
Z38,25	972	997
Z39	991	1016
Z40	1016	1041
Z40,50	1029	1054
Z41	1041	1066
Z41,50	1054	1079
Z41,75	1060	1085
Z42	1067	1092
Z42,50	1080	1105
Z43	1092	1117
Z43,25	1099	1124
Z44	1118	1143
Z45	1143	1168
Z46	1168	1193
Z47	1194	1219
Z47,75	1213	1238
Z48	1219	1244
Z49	1245	1270
Z50	1270	1295
Z50,50	1283	1308
Z51	1295	1320
Z52	1321	1346
Z53	1346	1371
Z54	1372	1397
Z55	1397	1422
Z56	1422	1447
Z57	1448	1473
Z58	1473	1498
Z59	1499	1524
Z59,50	1511	1536
Z60	1524	1549
Z61	1549	1574
Z62	1575	1600

PESO EN gr./m. = 60

Anexo 3. Planos



3	Motor	MC003	1		
2	Estructura Exterior	MC002	1		
1	Estructura Interior	MC001	1		
No.	Denominación	Código	Cantidad	Material	Observación
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema: 	
	+/- 1mm	N/A			
		Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:	
	Dib.	Andres Paucar	02/01/2018	CENTRIFUGADORA MIEL	
	Rev.				
	Apro.				
CÓDIGO	MC-000	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 1/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

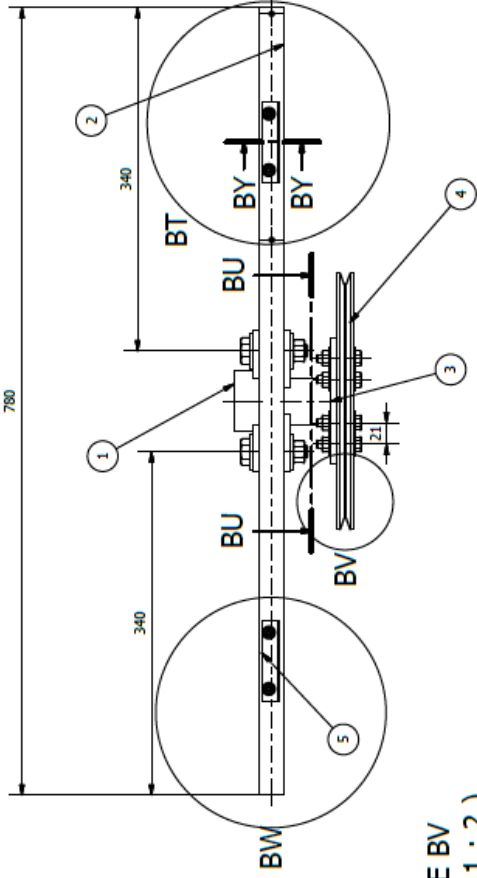


No.	Denominación	Código	Cantidad	Material	Observación
13	Chumbeo	E0013	12	AS21 304	
12	Contrabolo	E0012	8	AS21 304	
11	Peralte	E0011	8	AS21 304	
10	Peral Lateral	E0010	8	AS21 304	
9	Busa de Unión B	E0009	1	AS21 304	Diseñ = 50mm - Dint = 36mm
8	Busa de Unión A	E0008	1	AS21 304	Diseñ = 50mm - Dint = 36mm
7	Buj. Conduccion	E0007	1	AS21 304	L 633
6	Fig. Muelle	E0006	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 500x500
5	Soporte Cúbico Superior Inferior	E0005	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 500x500
4	Soporte Cúbico Superior Inferior	E0004	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 500x500
3	Soporte Cúbico Superior Inferior	E0003	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 500x500
2	Soporte Cúbico Superior Inferior	E0002	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 500x500
1	Soporte Horizontal Superior	E0001	1	AS21 304	Tub. 50x5x1,25 - 780

Tolerancia:	Pais:	Material:	Sistema:
+/- 1mm	N/A		

Escala:	DESIGNACIÓN:
1:8	Estructura Interior

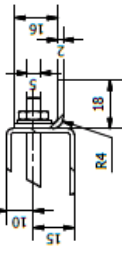
CÓDIGO:	HC-001	TEMP: Mecanismo de Centrífugo de Miel	Nº de Línea: 2/29
INGENIERIA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL			



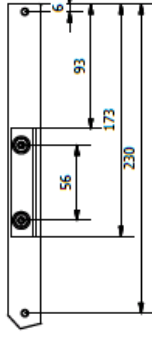
**CORTE BY-BY
ESCALA (1 : 3)**



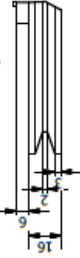
**DETALLE CA
ESCALA (2 : 3)**



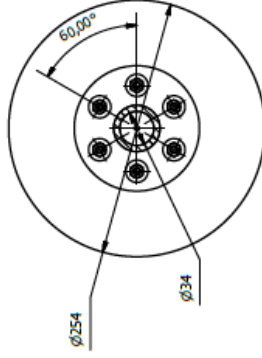
**DETALLE BT
ESCALA (1 : 3)**



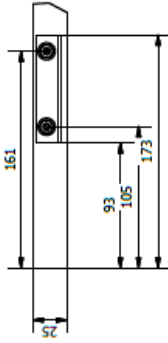
**DETALLE BV
ESCALA (1 : 2)**



**CORTE BU-BU
ESCALA (1 : 4)**



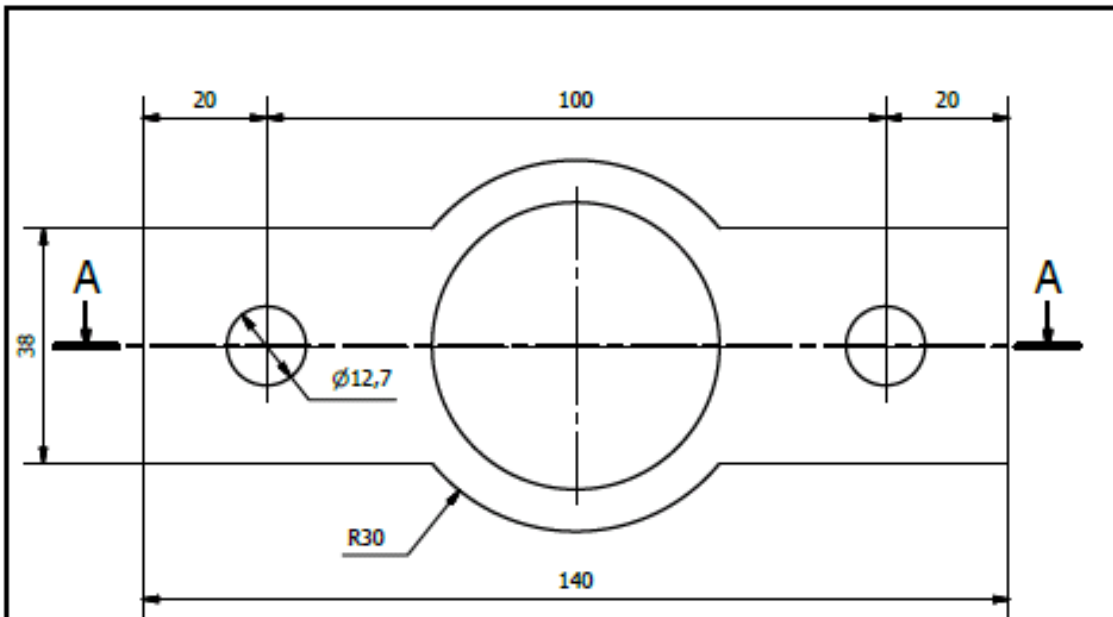
**DETALLE BW
ESCALA (1 : 3)**



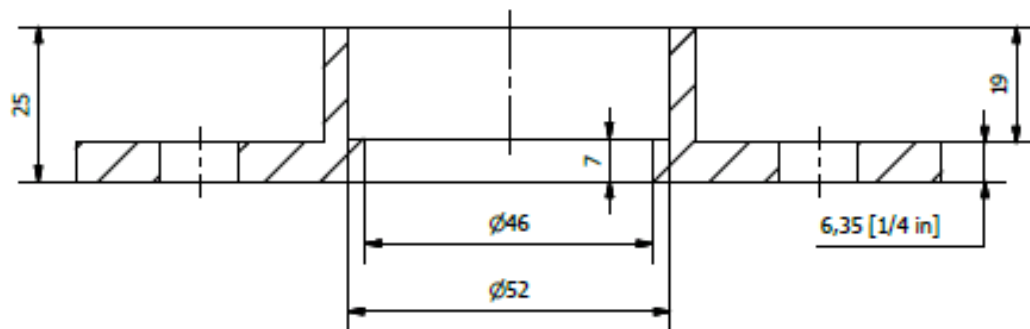
1	Bocín Superior del Eje B	SHS-001	1	Steel AISI 304																
2	Viga Horizontal Superior	SHS-002	1	Steel AISI 304																
3	Bocín Polea Fija	SHS-003	1	Steel AISI 304																
4	Polea	SHS-004	1	Steel																
5	Biagra	SHS-005	2	Steel Galvanized																
No.	Denominación	Código	Cantidad	Material	Observación															
Tolerancia:		Pesor:	Materiales:																	
+/- 1mm		N/A																		
Nombre		Fecha																		
Dib. Andres Paucar		01/01/2018																		
Rev.																				
Apro.																				
CÓDIGO		EI-001																		
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL																				
TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel																				
Escala:		1 : 4																		
Nº de Lámina:		3/29																		



ndp.

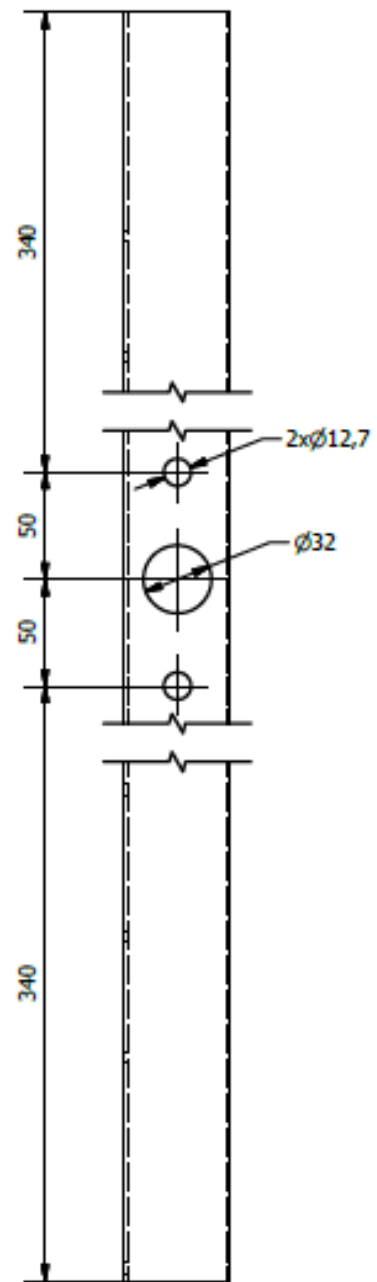
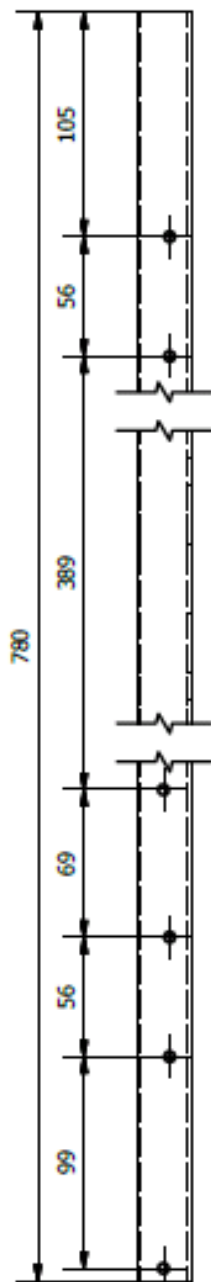






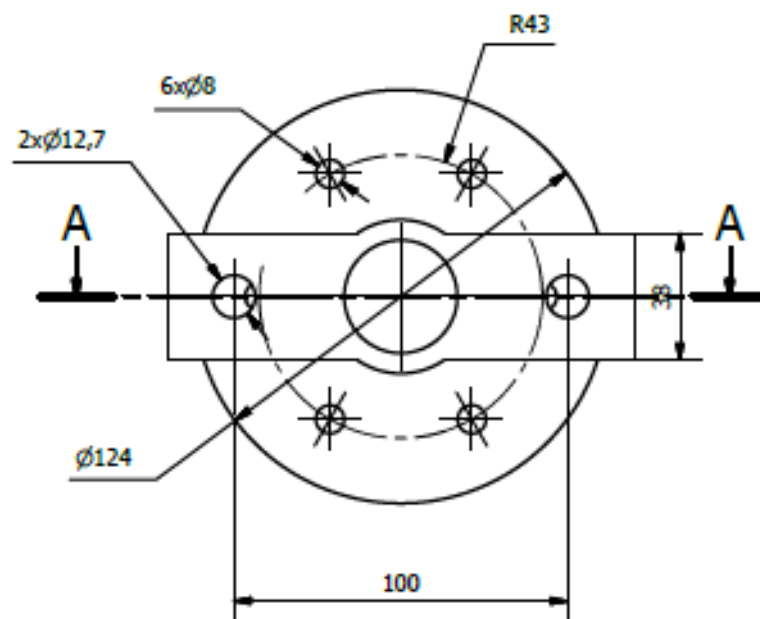
**CORTE A-A
ESCALA (1 : 1)**



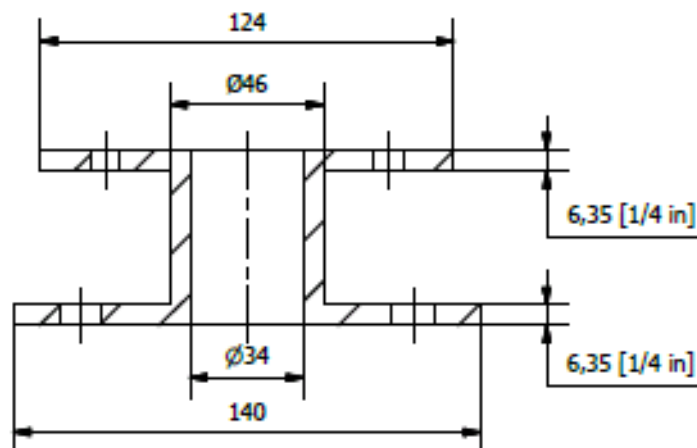
	Tolerancia:	Peso:	Material:	Sistema: 	
	+/- 1mm	0,315 kg	Stainless Steel AISI 304		
	Nombre		Fecha		
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018	DENOMINACIÓN: Bocín superior del Eje B		
Rev.					
Apro.			Escala: 1 : 1		
CÓDIGO	SHS-001	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 4/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					





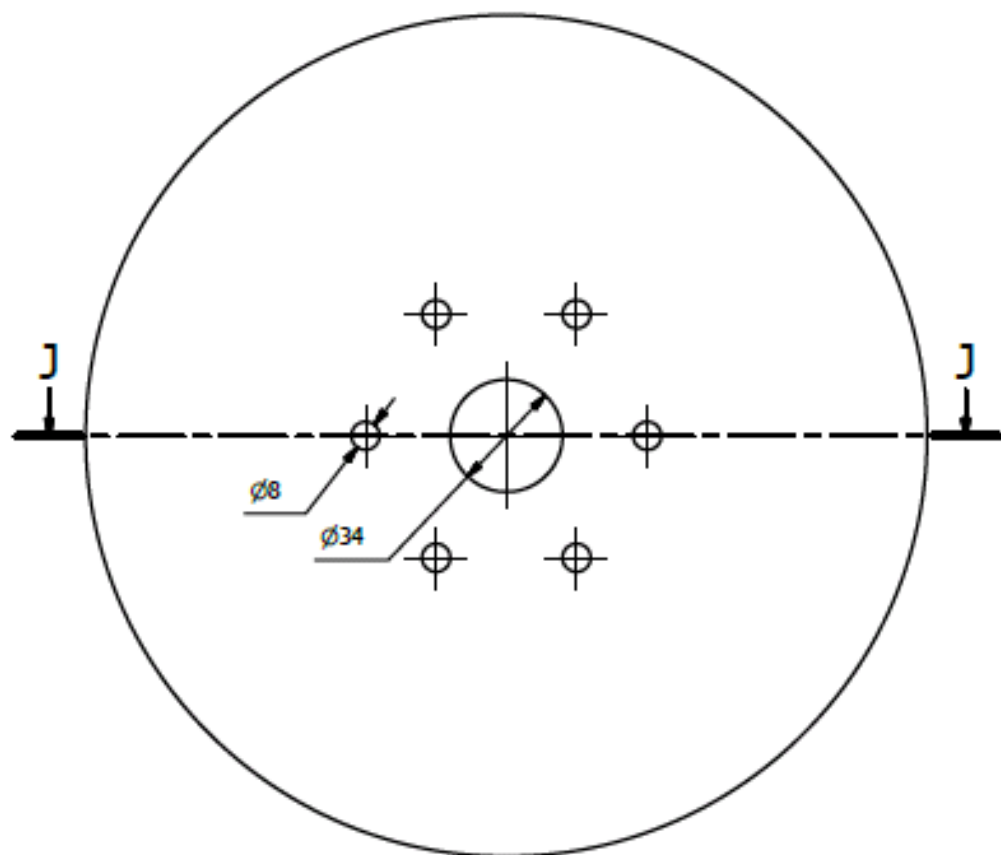
	Tolerancia:		Peso:		Materiales:		Sistema:	
	+/- 1mm		N/A		Stainless Steel AISI 304			
	Dib.	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:			Escala:	
Rev.	Andres Paucar	02/01/2018	Viga horizontal superior			1 : 3		
Apro.								
CÓDIGO	SHS - 002		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel				N° de Lámina: 5/29	
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL								



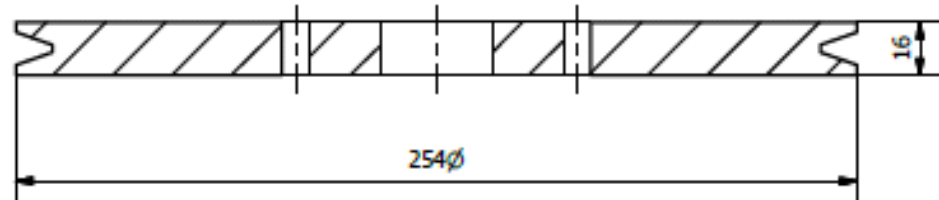
CORTE A-A
ESCALA: (1 : 2)





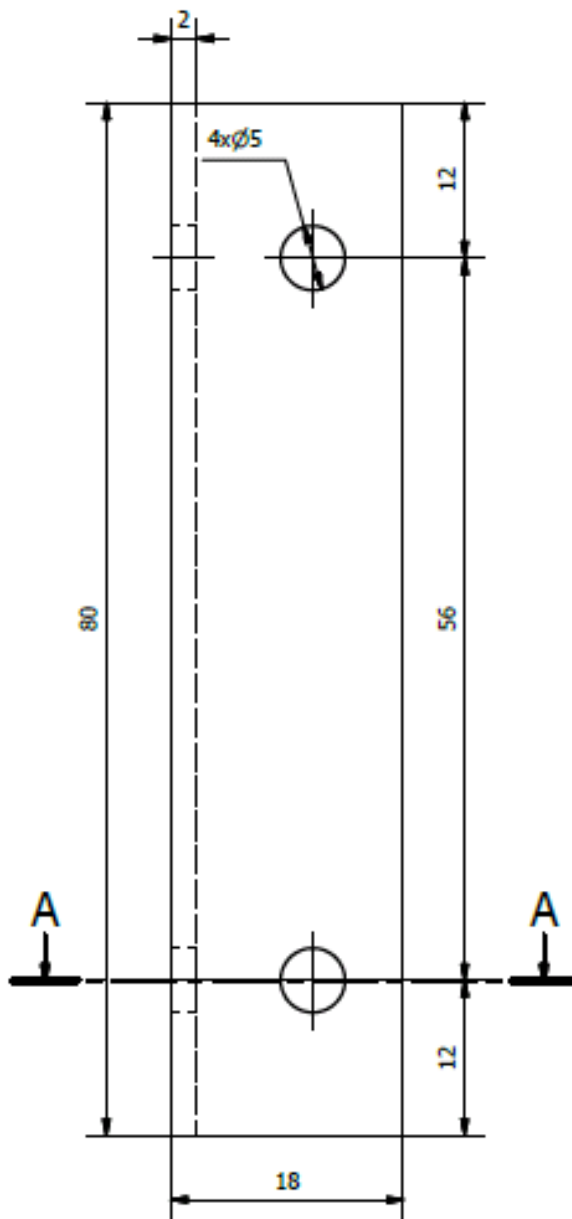
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema: 	
	+/- 1mm	N/A	Stainless Steel AISI 304		
	Dib.	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN: Bocín polea fija	Escala: 1 : 2
	Rev.	Andres Paucar	02/01/2018		
Apro.					
CÓDIGO	SHS-003	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			Nº de Lámina: 6/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					



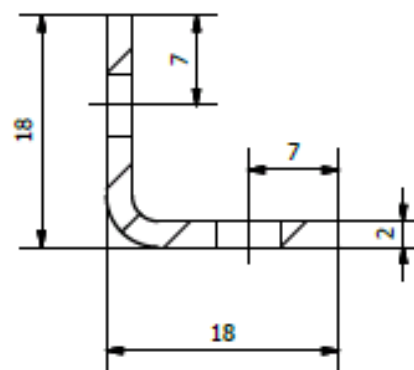
CORTE J-J
ESCALA (1 : 2)





	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:		
	+/- 1mm	N/A	Steel			
	Dib.	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:	Escala:	
	Rev.	Andres Paucar	02/01/2018			Grooved Pulley2
Apro.						
CÓDIGO	SHS - 004	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			Nº de Lámina: 7/29	
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL						

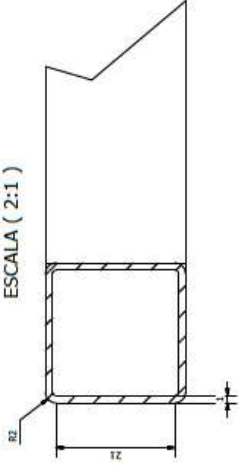


CORTE A-A
ESCALA: (2 : 1)

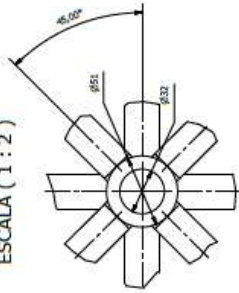


	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema: 	
	+/- 1mm	0,040 kg	Steel, Galvanized		
		Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN: Bisagra fija	Escala: 2 : 1
	Dib.	Andres Paucar	02/01/2018		
Rev.					
Apro.					
CÓDIGO	SHS-005	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 8/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

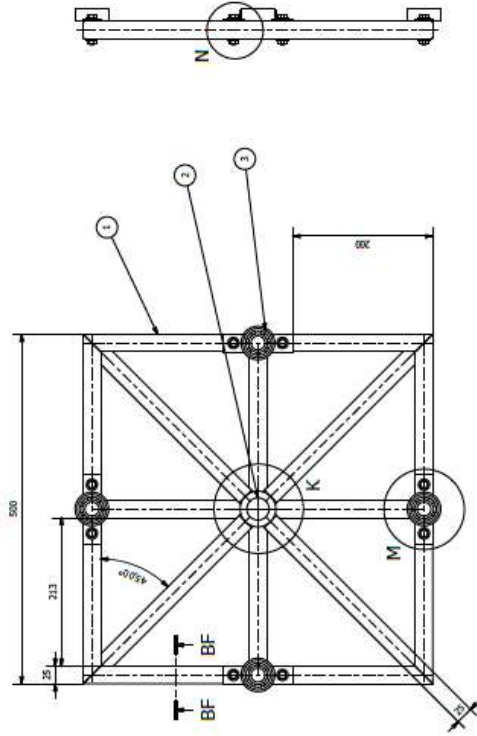
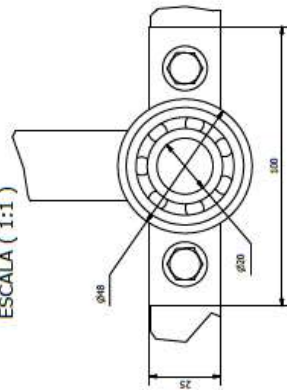
CORTE BF-BF
ESCALA (2:1)



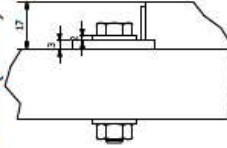
DETALLE K
ESCALA (1 : 2)



DETALLE M
ESCALA (1:1)

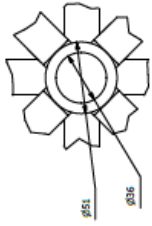


DETALLE N
ESCALA (1 : 1)

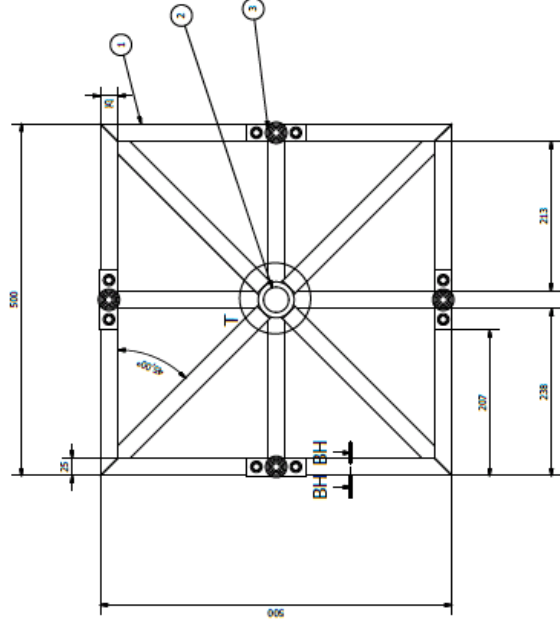
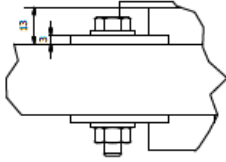


1	Structura	ES-001	1	Steel AISI 304
2	Beam	ES-002	1	Steel AISI 304
3	Chumizera	ES-003	4	
	Material			
	Observación			
Tolerancia:		Feo:	Material:	Sistema:
		+/- 1mm	N/A	
Nombre:		Fecha:	DENOMINACIÓN:	
Dr. Andres Paucar		06/03/2018	Soporte cuadrangular superior	
Rev:			Escala:	
Apro:			1:1	
CÓDIGO		ET-002	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Mel	
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL			N° de Lámina: 5/23	

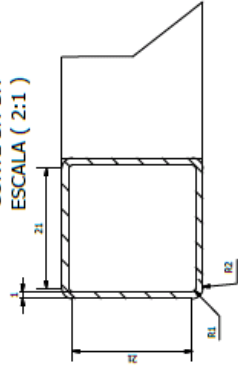
DETALLE T
ESCALA (1 : 2)



DETALLE W
ESCALA (1 : 1)



CORTE BH-BH
ESCALA (2 : 1)

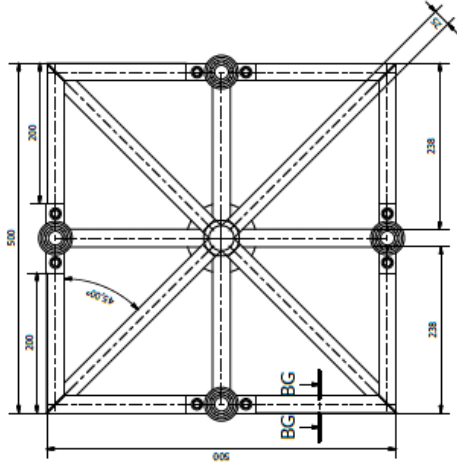
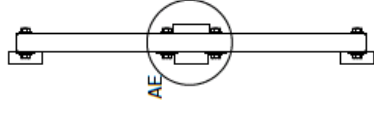
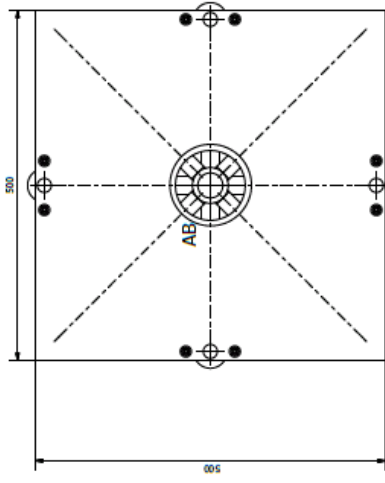
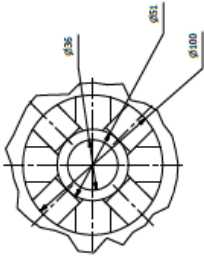


No.	Descripción	Cantidad	Material	Código	Observación
1	STRUCTURA	1	SIER AISI 304	SCI 003	
2	CHUBA	1	SIER AISI 304	SCI 003	
3	CHUBA	8	SIER AISI 304	SCI 003	

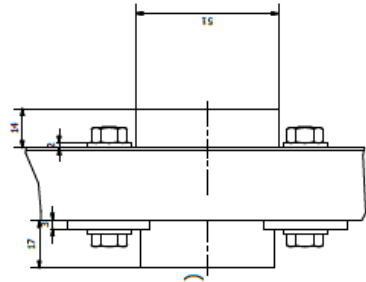
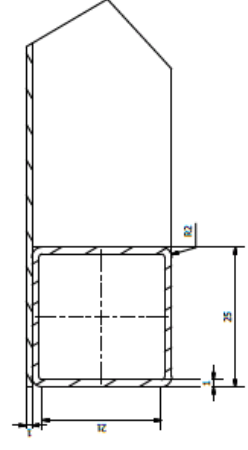
Tolerancia:	Peso:	Matrícula:	Sistema:
+/- 1mm	N/A		
Nombre:	Fecha:	Denominación:	Escala:
DR. ANDRÉS PASCAL ESCOBAR		Soporte cuadrangular intermedio	1:1
Apelo			

CÓDIGO	EF 003	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel	Pº de
INGENIERIA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL			1028

DETALLE AB
ESCALA (1 : 2)



CORTE BG-BG
ESCALA (2:1)



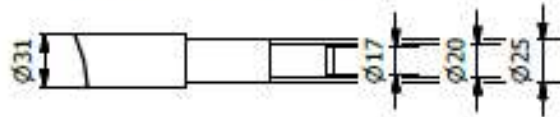
DETALLE AE
ESCALA (1 : 1)

1	Estructura	SCD-001	1	Steel A167 304	
2	Bornes	SCD-002	1	Steel A167 304	
3	Chumbrones	SCD-003	8	Steel A167 304	
4	Plancha	SCD-004	1	Steel A167 304	
Ns.	Determinación	Código	Cantidad	Material	Observación
Tolerancia:		Peso:	Materiales:	Sistema:	
±/ - 1mm		N/A			
Nombre:		Fecha:	DEFINICIÓN:		
Dib.:		Nombre Puesto:	DESCRIPCIÓN:		
Rev.:		Fecha:	Soportes cuadrangulares inferior		
Aprob.:					
CÓDIGO	EF-004	TEMA: Mecanismo de Construcción de Miel			Nº de Lámina: 1129
INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

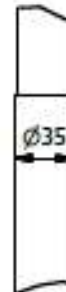
√^{3.2}
1.6

AJUSTE PREFERENCIAL ISO
H7H6

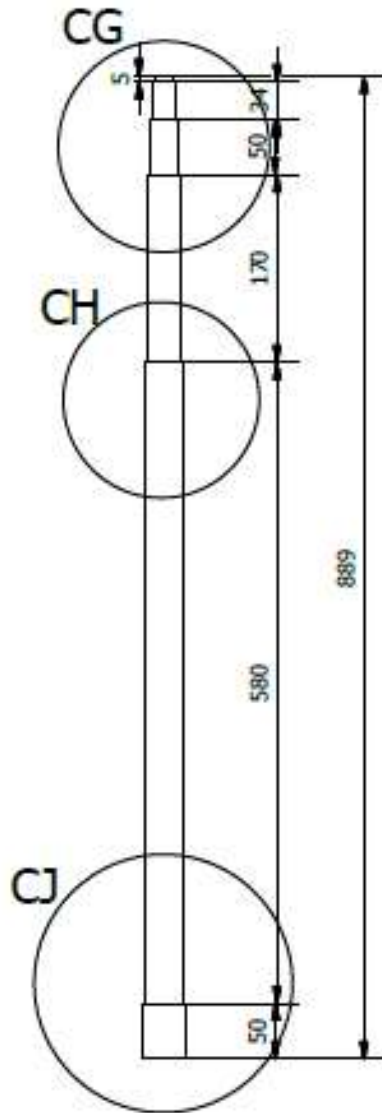
DETALLE CG
ESCALA (1 : 4)



DETALLE CH
ESCALA (1 : 4)



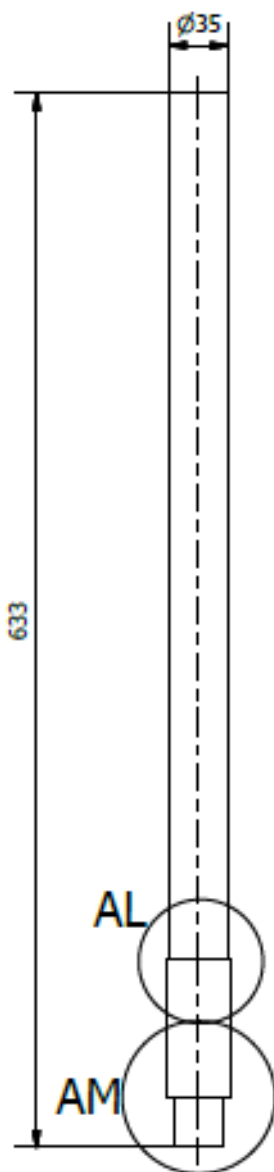
DETALLE CJ
ESCALA (1 : 4)



	Tolerancia: +/- 1mm		Peso: 6,235 kg		Materiales: Stainless Steel AISI 304		Sistema:	
	Nombre: Andres Paucar		Fecha: 02/01/2018		DENOMINACIÓN: Shaft			Escala: 1 : 6
	Dib.:		Rev.:					Apro.:
CÓDIGO: EI-006		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel					Nº de Lámina: 12/29	
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL								

√
3.2
1.6

AJUSTE PREFERENCIAL ISO
H7H6



DETALLE AL
ESCALA (1 : 2)

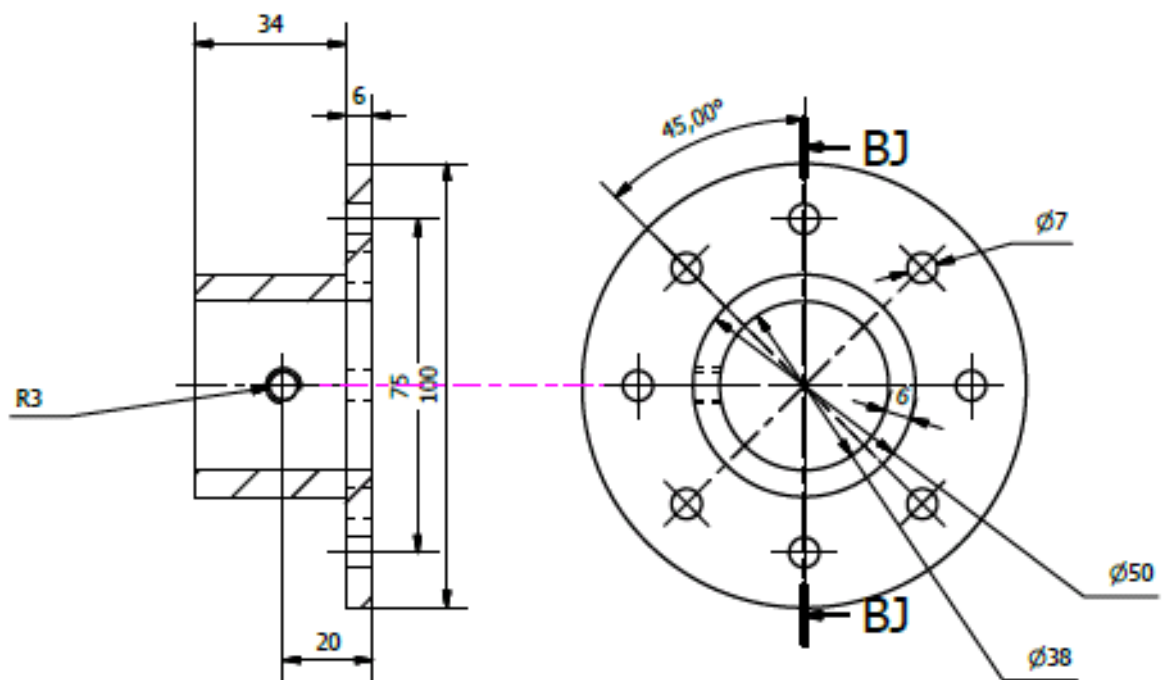




DETALLE AM
ESCALA (1 : 2)



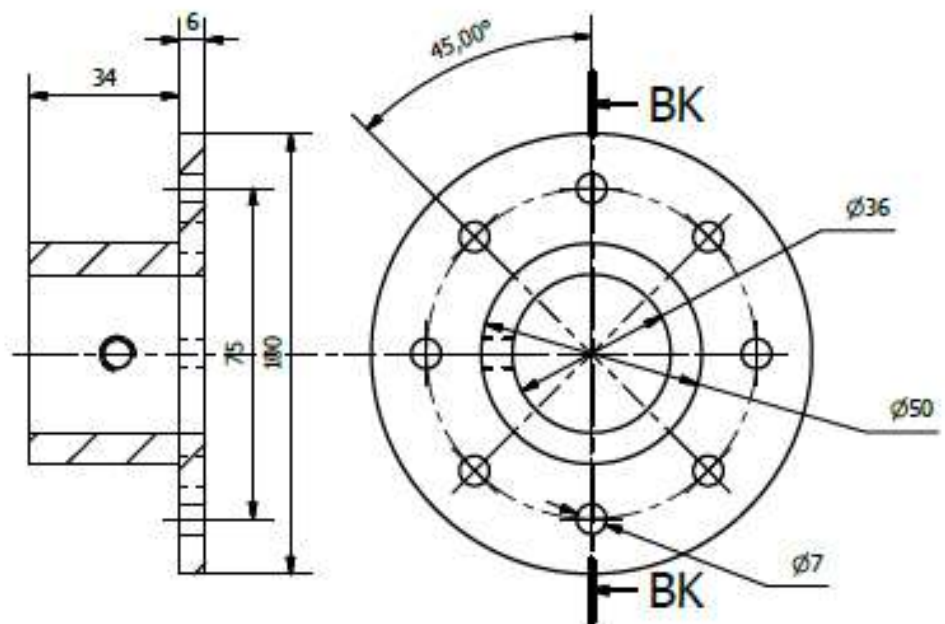
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:		
	+/- 1mm	N/A				
	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN: Shaft		Escala: 1 : 4	
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018				
Rev.						
Apro.						
CÓDIGO	EI-007		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 13/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL						

CORTEBJ-BJ ESCALA (1 : 1.5)



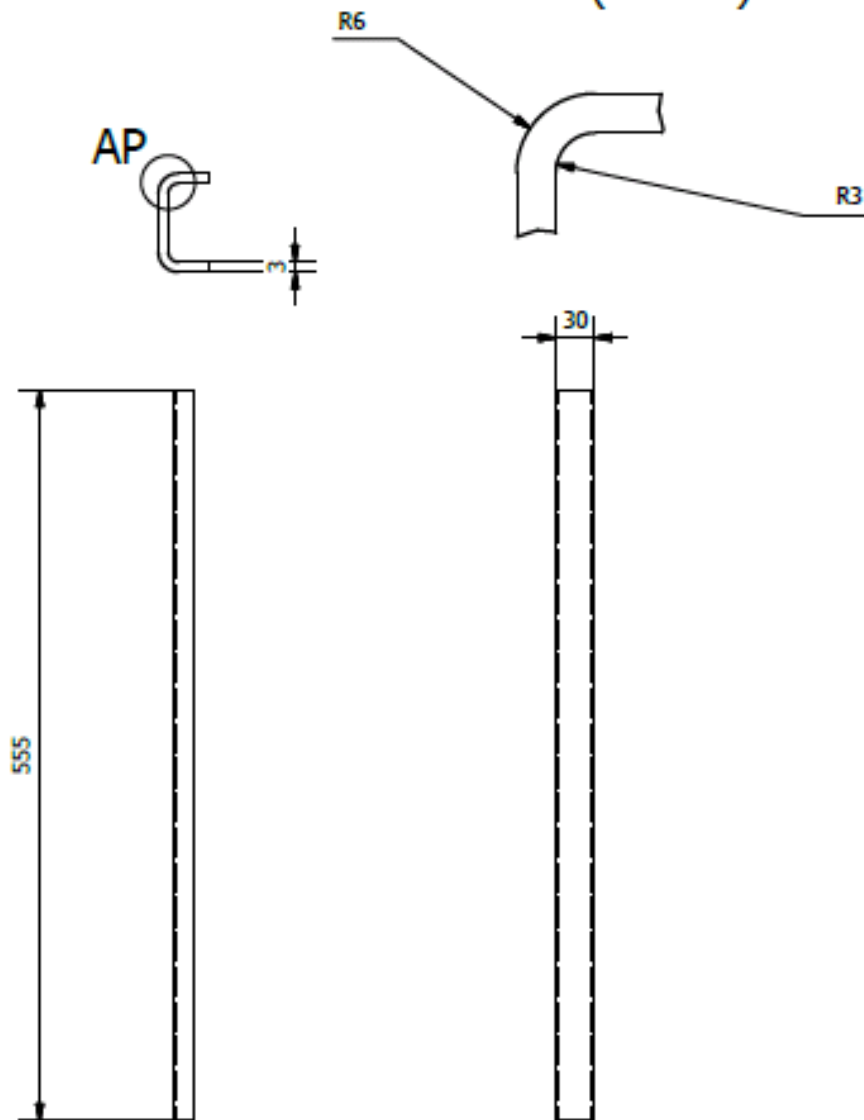
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/- 1mm	0,533 kg	Stainless Steel AISI 304		
	Dib.	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN: Brida de union	
Rev.	Andres Paucar	02/01/2018	Escala:		
Apro.			1 : 1.5		
CÓDIGO	EI-008	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 14/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

DETALLE BK-BK ESCALA (1 : 1.5)

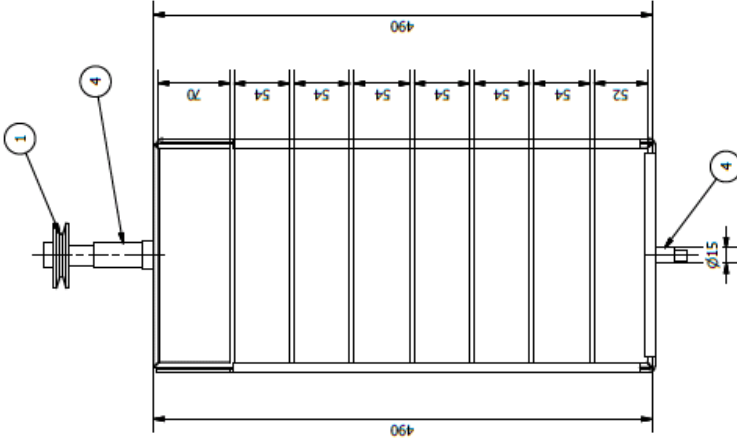


	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/ - 1mm	0,570 kg	Stainless Steel AISI 304		
	Nombre		Fecha	DENOMINACIÓN:	
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018	Brida de union		Escala:
Rev.					1 : 1.5
Apro.					
CÓDIGO	EI-009	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 15/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

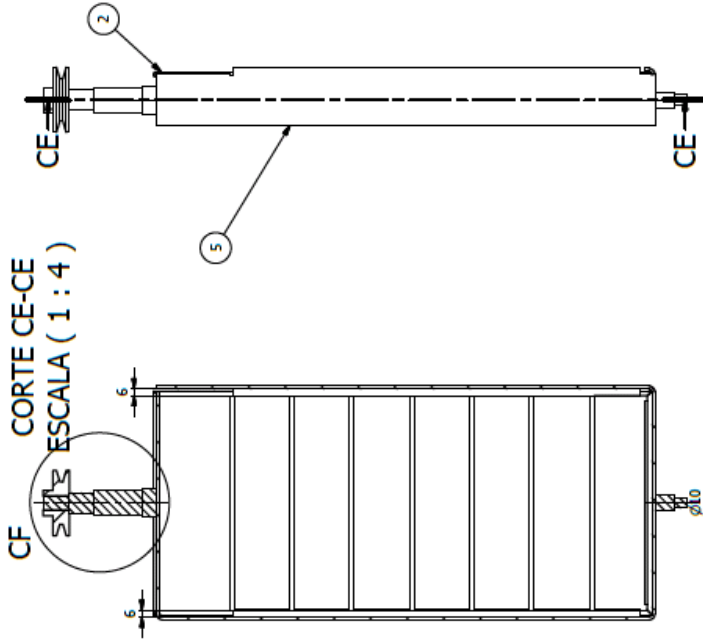
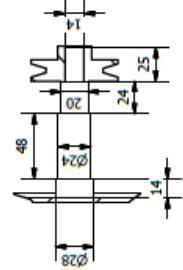
DETALLE AP ESCALA(2 : 1)



	Tolerancia:	Peso:	Materiales:		Sistema:	
	+/- 1mm	0,668 kg	Stainless Steel AISI 304			
		Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:		Escala:
	Dib.	Andres Paucar	02/01/2018	Parante		1 : 5
	Rev.					
	Apro.					
CÓDIGO	EI - 011		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 17/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL						



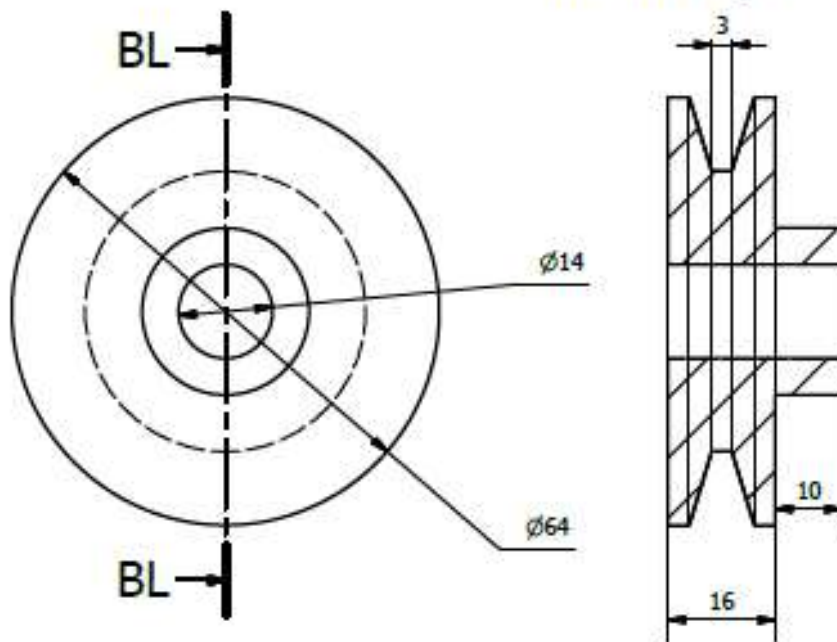
DETALLE CF
ESCALA (1 : 3)



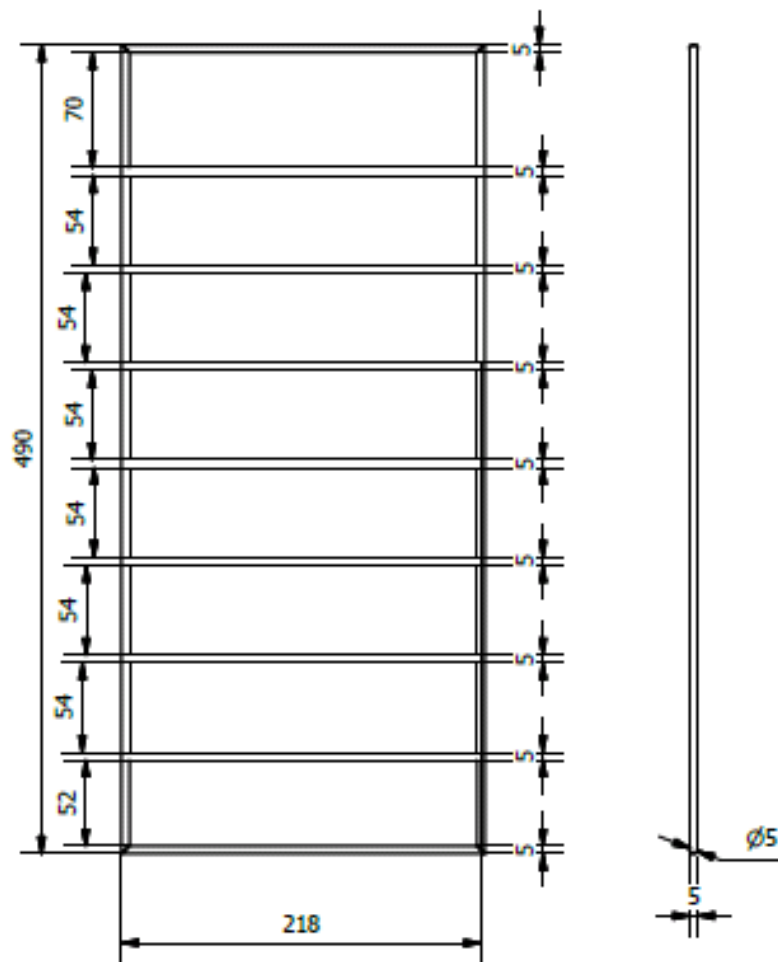
CORTE CE-CE
ESCALA (1 : 4)



1	Polea	CON-001	1	Steel AISI 304
2	Puerta	CON-002	1	Steel AISI 304
3	Eje Superior	CON-003	1	Steel AISI 304
4	Eje Inferior	CON-004	1	Steel AISI 304
5	Marco	CON-005	1	Steel AISI 304
No.	Denominación	Código	Cantidad	Material
Observación				
Tolerancias: +/- 1mm		Peso: N/A	Materiales:	
Nombre: <i>Inda</i>		Fecha:	Sistemas:	
Dib. Andres Paucar (02/07/2018)		DENOMINACIÓN: Contenedor inferior		
Rev.:		Escalas: 1 : 4		
Apro.:		Nº de Láminas: 18/29		
CÓDIGO: EI-012	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL				

DETALLE BL-BL
ESCALA (1 : 1)



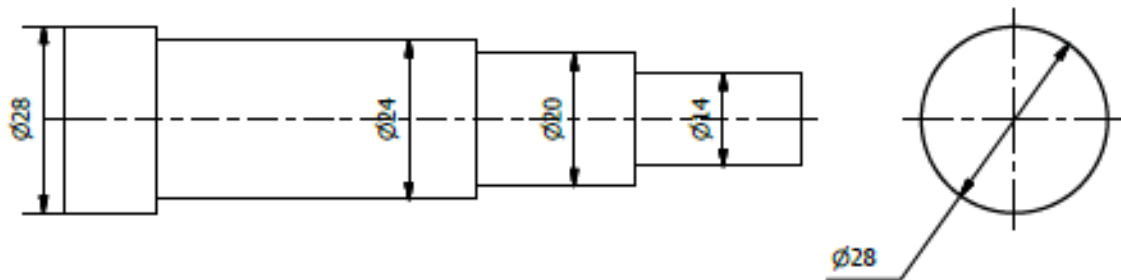
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/- 1mm	N/A	Steel		
		Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:	Escala:
	Dib.	Andres Paucar	02/01/2018		
Rev.			1 : 1		
Apro.					
CÓDIGO	CON-001	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 19/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					





	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/- 1mm	0,407 kg			
	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:		Escala:
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018			
Rev.					
Apro.					
CÓDIGO	CON-002	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 20/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					

√
3.2
1.6

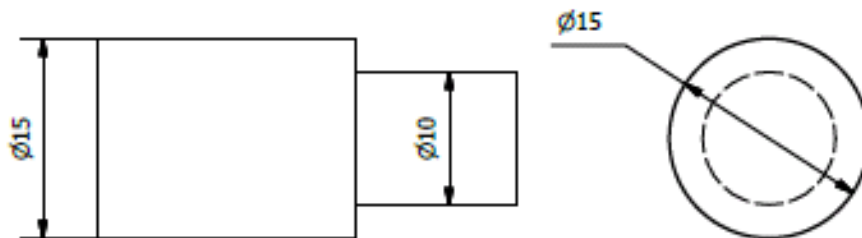
AJUSTE PREFERENCIAL ISO
H7H6





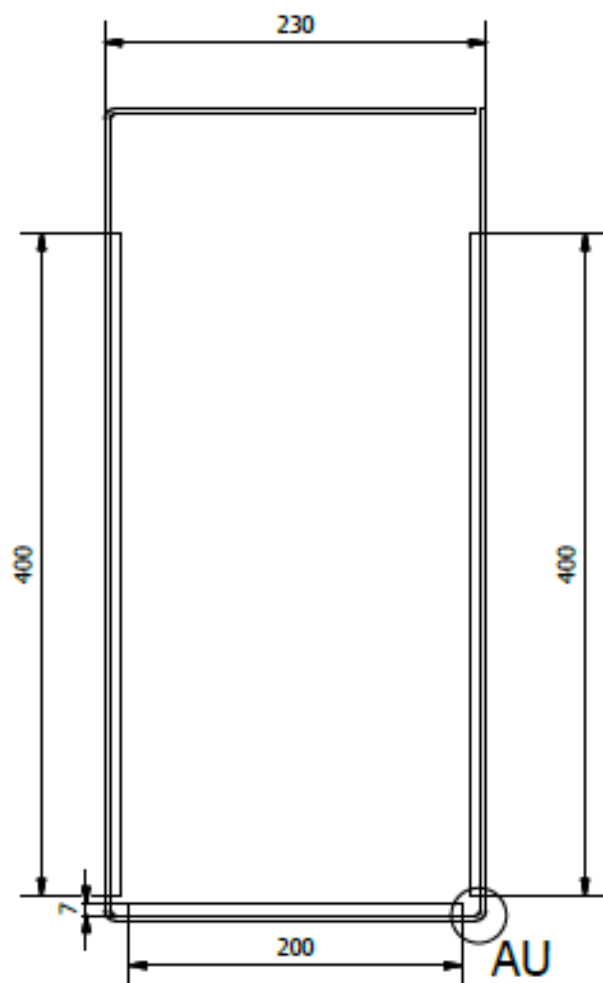
	Tolerancia: +/- 1mm	Peso: 0,333 kg	Materiales:	Sistema:		
	Dib.	Nombre Andres Paucar	Fecha 02/01/2018	DENOMINACIÓN:		Escala:
	Rev.			Shaft		1 : 1
Apro.						
CÓDIGO	CON-003	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel				N° de Lámina: 21/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL						

√
3.2
1.6

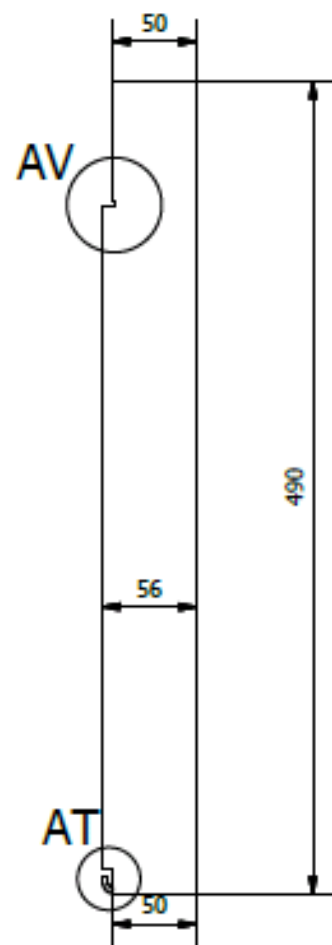
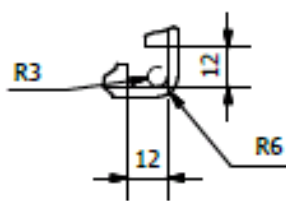
AJUSTE PREFERENCIAL ISO
H7H6



	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/- 1mm	0,035 kg	Stainless Steel AISI 304		
		Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:	Escala:
	Dib.	Andres Paucar	02/01/2018		
Rev.					
Apro.					
CÓDIGO	CON-004	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 22/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					



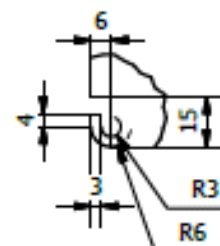
DETALLE AU
ESCALA (1 : 2)



DETALLE AV
ESCALA (1 : 2)



DETALLE AT
ESCALA (1 : 2)



udla

Tolerancia:
+/- 1mm

Peso:
1,968 kg

Materiales:
Stainless
Steel AISI
304

Sistema:



Nombre		Fecha
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018
Rev.		
Apro.		

DENOMINACIÓN:
Marco contenedor

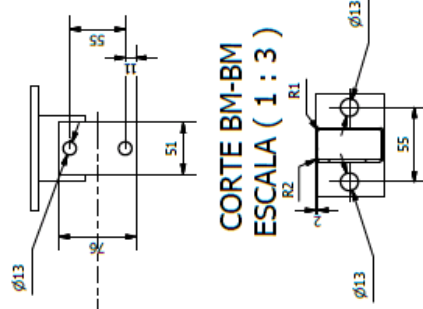
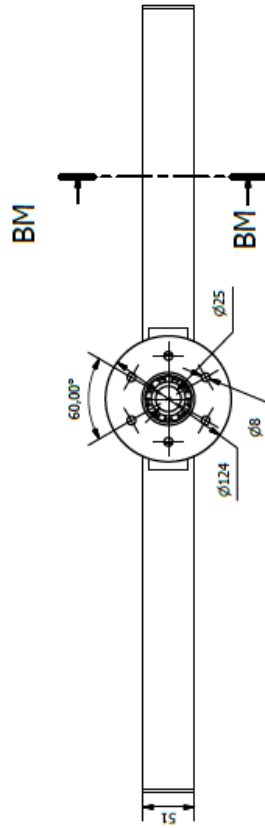
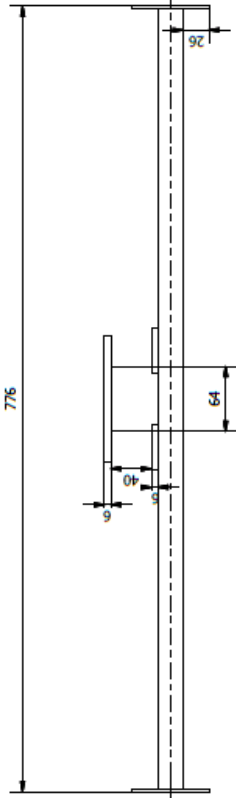
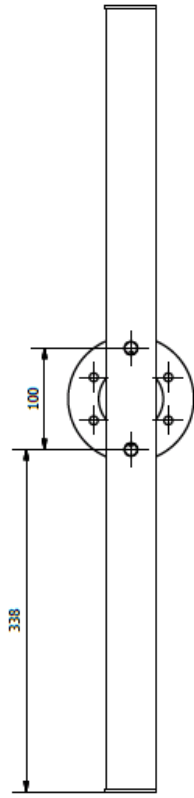
Escala:
1 : 4

CÓDIGO CON-005


TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel

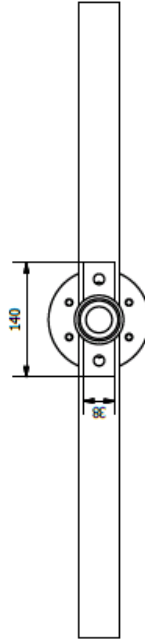
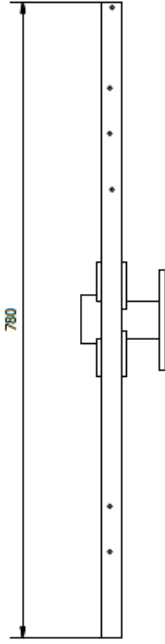
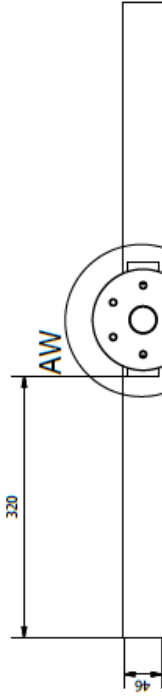
Nº de
Lámina:
23/29

INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN
INDUSTRIAL

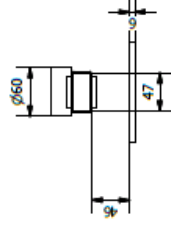
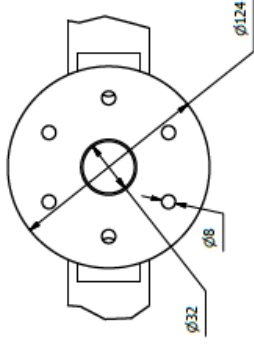



**CORTE BM-BM
ESCALA (1 : 3)**

		Tolerancias:	Peso:	Materiales:	Sistemas:	
		+/- 1mm	N/A			
Nombre: Dib. / Andres Paucar (00172018) Rev. Apro.	Fecha:		DENOMINACIÓN:		Soporte horizontal inferior 1 : 4	
	EE - 001		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			
	INGENIERIA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL		Nº de Láminas: 24/29			

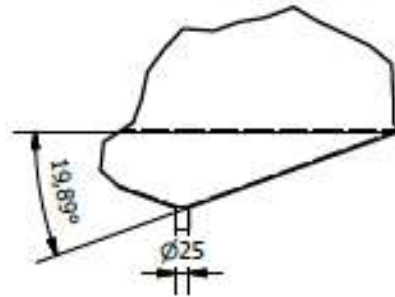
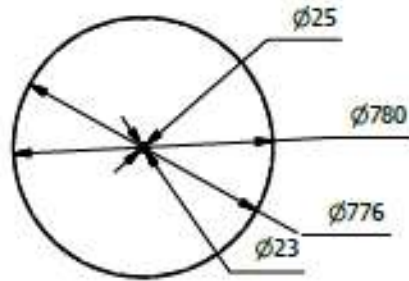


AW (0,40 : 1)

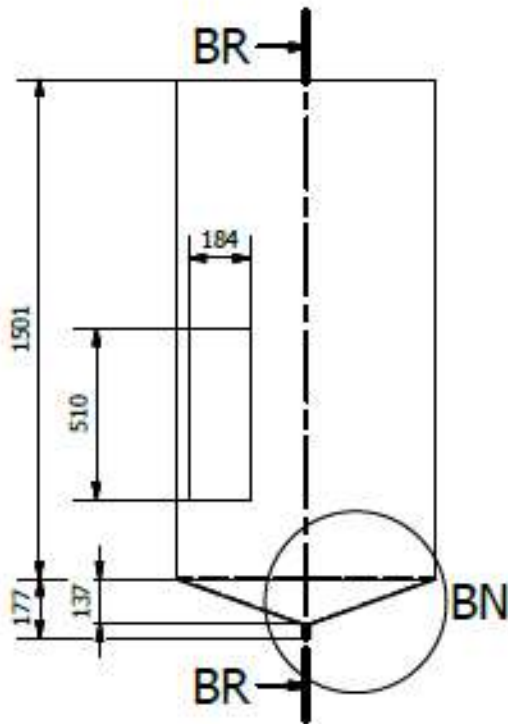


	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	
	+/- 1mm	N/A		
	DENOMINACIÓN:			
	Soporte horizontal superior			
CÓDIGO	EE-002	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel		Nº de Lámina: 25/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL				
		Nombre Dib. Andries Paucair	Fecha 02/01/2018	Escala: 1 : 5
		Rev.		
		Apro.		

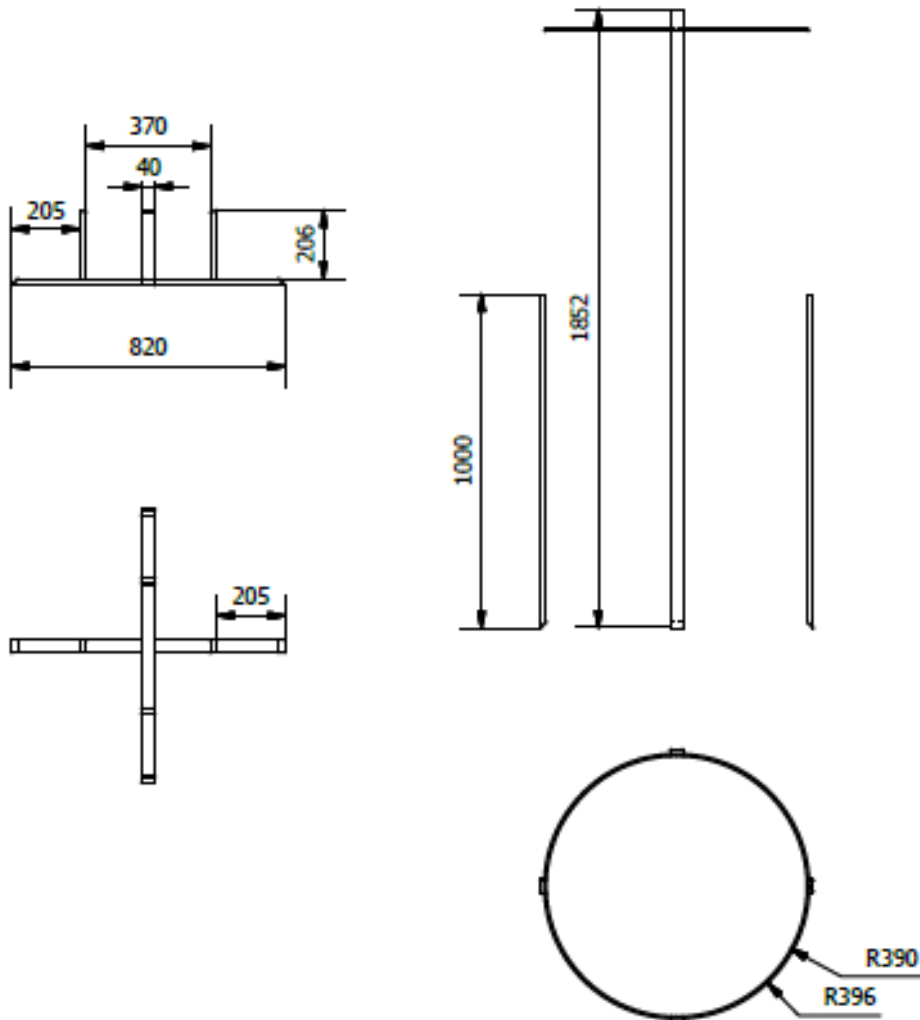
DETALLE BN
ESCALA (1 : 12)



CORTE BR-BR
ESCALA (1 : 20)



	Tolerancia: +/- 1mm		Peso: N/A		Materiales: Generic		Sistema:		
		Nombre		Fecha		DENOMINACIÓN: Tanque		Escala: 1 : 20	
	Dib.	Andres Paucar		02/01/2018					
	Rev.								
Apro.									
CÓDIGO	EE- 003		TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel					N° de Lámina: 26/29	
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL									



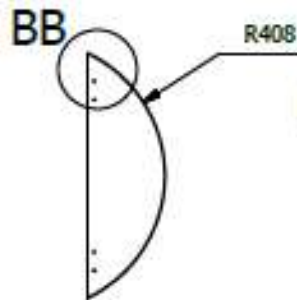
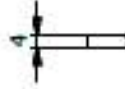
ud/a.

Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:		
+/- 1mm	0,396 kg	Generic			
	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:	Escala:	
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018			Base Estructura
Rev.					
Apro.					

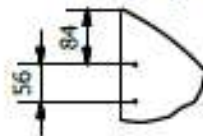
CÓDIGO	EE-004	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel	N° de Lámina: 27/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL			

DETALLE BE
ESCALA (1 : 2)

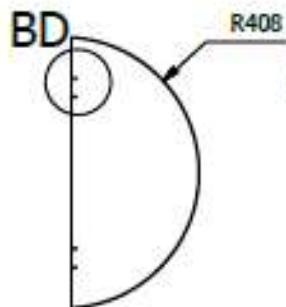
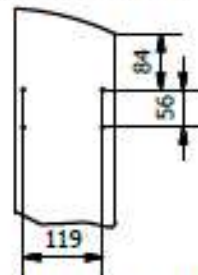
BE



DETALLE BB
ESCALA (1 : 10)



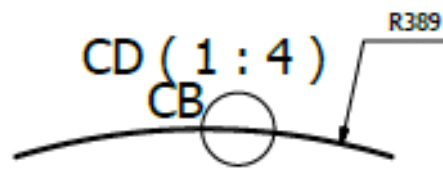
DETALLE BC
ESCALA (1 : 10)



DETALLE BD
ESCALA (1 : 10)



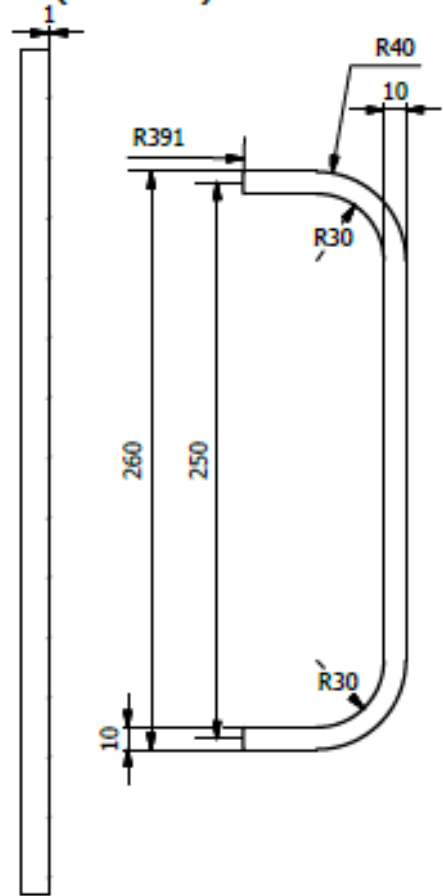
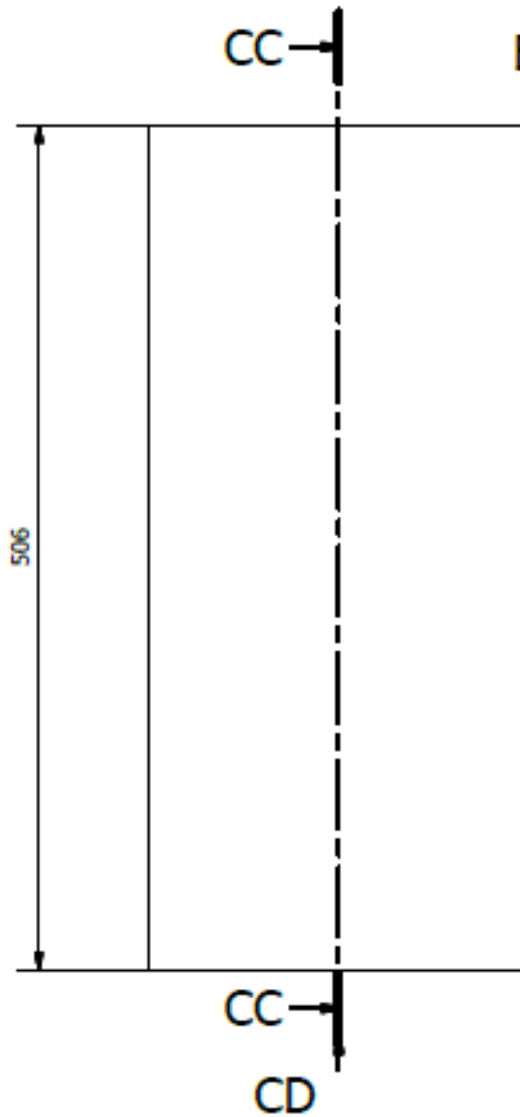
	Tolerancia:	Peso:	Materiales:	Sistema:	
	+/- 1mm	0,585 kg	Acrylic		
	Nombre	Fecha	DENOMINACIÓN:		
Dib.	Andres Paucar	02/01/2018	Tapa 3	Escala:	
Rev.				1 : 20	
Apro.					
CÓDIGO	EE-005	TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel			N° de Lámina: 28/29
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL					



DETALLE CB
ESCALA (2:1)



CORTE CC-CC
ESCALA (1 : 4)



ud/a

Tolerancia:

+/- 1mm

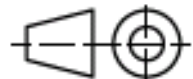
Peso:

N/A

Materiales:

Generic

Sistema:



Nombre

Andres Paucar

Fecha

02/01/2018

DENOMINACIÓN:

Puerta de tanque

Escala:

1 : 4

Rev.

Apro.

CÓDIGO

EE-006

INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN
INDUSTRIAL

TEMA: Mecanismo de Centrifugación de Miel

N° de
Lámina:
29/29

