UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Proyecto de Investigación

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA DE CACAO"

Autor

Carlos Francisco Guanín Vera

Director de Proyecto de Investigación

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Carlos Francisco Guanín Vera,** declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f._____

Carlos Francisco Guanín Vera

C.C. # 1205691916

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería MSc., Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Carlos Francisco Guanín Vera, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado "Diseño de una máquina desmucilaginadora de cacao", previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecánico, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f._____

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, MSc. En calidad de Director de Proyecto de Investigación titulado **"DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA DE CACAO",** me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de la Facultad lo siguiente:

Que, el estudiante egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, ha cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien de certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 8%

URKUND

Documento	Tesis Carlos Guanin 15-11-2017.pdf (D32667195)
Presentado	2017-11-20 11:53 (-05:00)
Presentado por	Ernesto Ruano (eruano@uteq.edu.ec)
Recibido	eruano.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	Tesis Carlos Guanin Final Mostrar el mensaje completo
	8% de estas 39 páginas, se componen de texto presente en 26 fuentes.

f._____

Ing. Ernesto Javier Ruano Herrería, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA DE CACAO"

Presentado al Consejo Académico de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

_____

Ing. Luis Mera Chinga MSc
Presidente del Tribunal de Tesis

_____

Ing. Gabriel Arellano Ortiz MSc.
Miembro del Tribunal de Tesis

_____

Ing. Andrés García Coral MSc
Miembro del Tribunal de Tesis

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2017

Agradecimiento

Por la culminación de este proyecto y la formación como Ingeniero Mecánico agradezco en primera instancia a Dios por darme salud y vida en el transcurso de la carrea y mantenerme siempre en dentro del margen del camino del bien. A mis padres Marcelo Guanín y Bertha Vera por darme la vida, a mis abuelos Carlos Guanín y Esperanza Haro por criarme como uno más de sus hijos, brindarme la formación académica de toda mi vida y por inculcarme valores para ser una persona de bien, a mi familia en general en especial a esas maravillosas personas que creyeron en mí y siempre me estuvieron dando aliento para seguir adelante, a mi mujer y mi hijo quienes fueron impulso para lograr una formación profesional y ser un ejemplo para ellos.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y sus docentes quienes me formaron académicamente en especial al Ing. Ernesto Ruano quien con sus regaños y correcciones complementaron los conocimientos para la correcta resolución de este proyecto, al Ing. Jorge Guadalupe por siempre estar impulsando a sus alumnos a superarse cada día más y no bajar los brazos hasta llegar a la meta fijada y a todos mis compañeros que me acompañaron y brindaron su ayuda durante estos 5 años de estudios.

Dedicatoria

Este Proyecto de Investigación y finalización de carrera se lo dedico a mis padres Carlos Guanín 2do y Bertha Vera quienes me trajeron a la vida. A mis padres de crianza Carlos Guanín 1ero y Esperanza Haro que en paz descanse porque gracias a ellos y a su voluntario e incondicional apoyo fue posible mi formación profesional. A mis hermanos y familiares por su apoyo moral. A mi tía Germania Guanín y su familia por siempre creer en mí y en mis capacidades, por siempre estarme alentando y apoyarme en los momentos que necesité de su ayuda.

A mi mujer Rosa Vaca y mi hijo Carlos Guanín 4to quienes con su amor y compañía me llenaron de valentía para llegar a ser un Ing. Mecánico.

A mis docentes que me brindaron sus conocimientos y compañeros que culminaron la carrera conmigo y aquellos que se quedaron en el camino pero que aún luchan por llegar a la meta.

A mi profesor y amigo Lic. Juan Carlos Toapanta que siempre fue un ejemplo profesional y personal, quien me extendió su mano en esos momentos difíciles y quien me aconsejó siempre para cumplir los objetivos que me propuse.

Resumen

Este proyecto de investigación está enfocado al diseño de una máquina agrícola que nos permita obtener el mucílago de cacao de forma higiénica y óptima, que permita obtener el máximo del producto mencionado. El mucílago tiene diferentes usos y subproductos que se pueden elaborar con el mismo, tales como: jaleas, mermeladas, licores, jugos, bioetanol, etc. Previo al diseño se indagan los sistemas teóricos para tomar la alternativa de diseño óptima, efecto de las tres alternativas propuestas se decidió escoger la alternativa C consta de un cilindro perforado giratorio. Esta máquina se diseñó con la ayuda del software SOLIDWORKS, permitiendo obtener planos y dimensiones adecuadas para su construcción. En el mismo se pudo realizar un análisis de elementos finitos para evaluar sus deformaciones con las cargas a la que va a estar sometida. El costo de fabricación de la máquina es aproximadamente de **$ 3378,57.** El diseño de esta máquina pretende abrir nuevos campos en la producción agrícola y mejorar los ingresos de los pequeños agricultores, aprovechando el mucílago que actualmente se desecha.

Palabras claves: mucílago, cacao.

Abstract

This research project is focused on the design of an agricultural machine that allows to obtain the mucilage of cocoa in an optimal and hygienic way, allowing to reach the amount of the product. The mucilage has different uses and related by-products that can be elaborated with it, such as: jellies, jams, liqueurs, juices, bioethanol, etc. Prior to the design the theoretical systems are investigated to take the alternative of optimal design, effect of the three proposed alternatives it was decided to choose the alternative C consists of a perforated rotating cylinder. This machine was designed with the help of SOLIDWORKS software, allowing to obtain drawings and appropriate dimensions for its construction. This software allowed to analyze with FEA (finite element analysis) to evaluate its deformation with the loads to which it was submitted. The manufacturing cost of the machine is approximately **$ 3378,57**. The design of this machine intends to open new fields in the agricultural production and to improve the income of the small farmers, taking advantage of the mucilage that is currently discarded.

Key words: mucilage, cocoa.

Índice

	DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
	CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
	CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
	CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	**¡Error! Marcador no definido.**
	Agradecimiento.....	vi
	Dedicatoria.....	vii
	Resumen	viii
	Abstract.....	ix
	Código Dublín	xx
	Introducción.....	1
	CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN ..	3
1.1.	Problema de investigación.....	4
1.1.1.	Planteamiento del problema	4
1.1.2.	Formulación del problema.....	5
1.1.3.	Sistematización del problema.....	5
1.2.	Objetivos.....	6
1.2.1.	Objetivo general	6
1.2.2.	Objetivos específicos.....	6
1.3.	Justificación	7
	CAPITULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.	Marco conceptual.....	10
2.1.1.	El cacao	10
2.1.2.	Máquina.....	10
2.1.3.	El diseño mecánico	10
2.1.4.	El software SOLIDWORKS.....	10
2.2.	Marco referencial.....	11
2.2.1.	El Cacao	11
2.2.2.	Cacao Criollo.....	12

2.2.3. Cacao Forastero 12
2.2.4. Cacao Trinitario 12
2.2.4.1. Cacao Ordinario 13
2.2.4.2. El cacao fino y de aroma 13
2.2.5. Botánica del cacao 13
2.2.5.1. La Semilla 13
2.2.5.2. El Fruto 16
2.2.5.3. El Mucílago 17
2.2.5.4. El Maguey 18
2.2.5.5. Estructura Química de la semilla de Cacao 19
2.2.5.6. La Acidez del Cacao 19
2.2.5.7. Contenido de Grasa 19
2.2.5.8. Teobromina y Cafeína 19
2.2.6. Tipos de cacao en el ecuador 20
2.2.6.1. El Cacao Nacional 20
2.2.6.2. El Cacao CCN-51 21
2.2.7. Procesos de cultivo de cacao 22
2.2.7.1. Cosecha 22
2.2.7.2. Quiebra 22
2.2.7.3. Fermentación 23
2.2.8. Componentes de la máquina desmucilaginadora de cacao 23
2.2.8.1. Motor Eléctrico 23
2.2.8.2. Tanque interno 24
2.2.8.3. Tanque externo 25
2.2.8.4. Bastidor 26
2.2.8.5. Temporizador de encendido/apagado 27
2.2.8.6. Rodamientos 27
2.2.8.6.1. Tipos de rodamientos 28
2.2.8.6.1.1. Rodamiento de una fila 28
2.2.8.6.1.2. Rodamiento de doble fila 28
2.2.8.6.1.3. Rodamiento de rodillos cilíndricos 29
2.2.8.6.1.4. Rodamiento de aguja 29
2.2.8.6.1.5. Rodamientos de rodillos cónicos 29

2.2.9. Esfuerzo en los materiales 30
2.2.9.1. Flexión 30
2.2.9.2. Torsión 34
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 40
3.1. Localización 41
3.2. Tipo de investigación 41
3.2.1. Investigación bibliográfica 41
3.2.2. Investigación descriptiva 41
3.2.3. Investigación de campo 41
3.3. Métodos de investigación 42
3.3.1. Método Deductivo 42
3.3.2. Método Inductivo 42
3.3.3. Método analítico 42
3.4. Fuentes de recopilación de información 42
3.4.1. Fuentes primarias 42
3.4.2. Fuentes secundarias 43
3.5. Diseño de la investigación 43
3.5.1. Técnica de la Entrevista 43
3.6. Recursos humanos y materiales 53
3.6.1. Humanos 53
3.6.2. Materiales de oficina 54
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 55
4.1. Planteamiento de alternativas 56
4.1.1. Alternativa A. (desmucilaginadora de cilindro horizontal) 56
4.2. Investigación de los materiales, normas y factores para fabricar máquinas procesadoras de alimentos 59
4.2.1. Material utilizado para la fabricación 59
4.2.2. Normas de manipulación de alimentos 59
4.2.3. Factores que influyen para la selección de una alternativa y para su construcción. 60
4.2.3.1. Aspecto económico 60
4.2.3.2. Facilidad de montaje y desmontaje 61
4.2.3.3. Facilidad de construcción 61

4.2.3.4. Facilidad de operación 61
4.2.3.5. Producto terminado 61
4.2.3.6. Mantenimiento 61
4.2.3.7. Seguridad 62
4.2.4. Valoración de alternativas 62
4.3. Cálculo del volumen del cilindro perforado 63
4.3.1. Dimensionamiento del cilindro perforado 63
4.3.2. Determinación de las dimensiones de la plancha perforada 64
4.3.3. Determinación del tamaño de los agujeros de la plancha perforada 65
4.3.4. Cálculo del peso de la plancha perforada 66
4.3.4.1. Cálculo del área perforada de la plancha 67
4.3.4.2. Cálculo del peso total de la plancha perforada en Acero AISI 304 68
4.4. Dimensionamiento del cilindro exterior 69
4.4.1. Determinación de las dimensiones de la plancha para el cilindro exterior . 70
4.4.2. Determinación del peso de la plancha para el cilindro exterior 70
4.5. Diseño de los ejes de la máquina 71
4.5.1. Cálculo del eje vertical 72
4.5.2. Cálculo del peso del eje 75
4.5.3. Selección de rodamientos para el eje vertical 76
4.5.4. Cálculo de los pesos de los elementos sobre los ejes horizontales 84
4.5.5. Cálculo de las ruedas de apoyo del peso del cacao 88
4.5.6. Cálculo del eje horizontal 90
4.5.7. Selección de rodamientos para los ejes horizontales 95
4.5.8. Análisis estático 98
4.6. Determinación de los costos de fabricación 100
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 103
5.1. Conclusiones 104
5.2. Recomendaciones 105
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA 106
6.1. Bibliografía 107
CAPÍTULO VII: ANEXOS 110
7.1. Anexo 1: Catálogo de barras de acero Irestal Group 111
7.2. Anexo 2: Catálogo de acoples LOVEJOY 112

7.3. Anexo 3: Catálogo de motores eléctricos ABB 113
7.4. Anexo 4: Catálogo de ruedas ALEX 114
7.5. Anexo 5: Catálogo de tubos AISI 304 DIPAC 115
7.6. Anexo 6: Ficha de electrodos E312 INDURA 116
7.7. Anexo 7: Catálogo de bisagras 117
7.8. Anexo 8: Catálogo de pernos 118
7.9. Anexo 9: Volante de vaciado 119
7.10. Anexo 10: PLANOS 120

Índice de Gráficos

Gráfico1: Proceso de destilación del mucílago 8
Gráfico 2: Partes internas del cacao 14
Gráfico 3: Fruto 16
Gráfico 4: Mucílago de cacao 17
Gráfico 5: Maguey del Cacao 18
Gráfico 6: Cacao Nacional 20
Gráfico 7: Cacao CCN-51 21
Gráfico 8: Motor eléctrico 24
Gráfico 9: Plancha perforada 25
Gráfico 10: Acero Inoxidable 26
Gráfico 11: Bastidor 26
Gráfico 12: Temporizador de encendido/apagado 27
Gráfico 13: Rodamiento 28
Gráfico 14: Rodamientos de rodillos cónicos 29
Gráfico 15: Flexión 30
Gráfico 16: Viga sometida a flexión 31
Gráfico 17: Sección de corte de una viga 32
Gráfico 18: Sección de una viga 32
Gráfico 19: Sección de una viga 33
Gráfico 20: Ensayo de flexión 34
Gráfico 21: Torsión 35
Gráfico 22: Fuerzas internas 35
Gráfico 23: Sentido de la normal saliente. 36
Gráfico 24: Sentido de la normal saliente. 36
Gráfico 25: Diagramas de Momentos Torsores 37
Gráfico 26: Torsión Uniforme 38
Gráfico 27: Barra con un extremo empotrado 39
Gráfico 28: Momento Torsor no constante 39
Gráfico 29: Desmucilaginadora horizontal. 56
Gráfico 30: Desmucilaginadora con eje sin fin 57
Gráfico 31: Desmucilaginadora efecto centrifugado 58
Gráfico 32: Cilindro perforado 64

Gráfico 33: Selección de plancha perforada 66
Gráfico 34: Hoja de cálculo de catálogo de perforaciones RM 67
Gráfico 35: Hoja de cálculos de peso de plancha perforada 68
Gráfico 36: Cilindro exterior 69
Gráfico 37: Catálogo de motores eléctricos ABB 72
Gráfico 38: Catálogo de ejes en Acero AISI 304 Irestal Group 75
Gráfico 39: Rodamientos SKF para el eje vertical 76
Grafico 40: Tabla de factores de seguridad 78
Gráfico 41: Factor de ajuste de vida útil 79
Gráfico 42: Viscosidad según el diámetro y velocidad de giro del rodamiento 80
Gráfico 43: Viscosidad real 81
Gráfico 44: Factor de contaminación 82
Gráfico 45: Factor SKF de modificación de la vida del rodamiento 83
Gráfico 46: Tapa del cilindro interno 84
Gráfico 47: Tapa inferior cilindro externo 85
Gráfico 48: Placa de sujeción eje vertical 86
Gráfico 49: Placa de apoyo del motor eléctrico 87
Gráfico 50: Elementos apoyados sobre las ruedas 88
Gráfico 51: Resistencia química de las ruedas 89
Grafico 52: Ruedas seleccionadas 90
Gráfico 53: Peso total sobre los ejes horizontales 91
Gráfico 54: Diagrama de cuerpo libre 92
Gráfico 55: Rodamientos SKF 95
Grafico 56: Tabla de factores de seguridad 97

Índice de tablas

Tabla 1: Componentes Químicos de la semilla de Cacao 15
Tabla 2: Densidad del cacao..... 15
Tabla 3: Componentes químicos del mucílago de cacao..... 18
Tabla 4: Entrevista..... 44
Tabla 5: Entrevista..... 45
Tabla 6: Entrevista..... 46
Tabla 7: Entrevista..... 47
Tabla 8: Entrevista..... 48
Tabla 9: Entrevista..... 49
Tabla 10: Entrevista..... 50
Tabla 11: Entrevista..... 51
Tabla 12: Entrevista..... 52
Tabla 13: Entrevista..... 53
Tabla 14: Materiales de oficina 54
Tabla 15: Ponderación de las alternativas de diseño 62
Tabla 16: Promedio del área transversal de los granos de cacao 65
Tabla 17: Limite de resistencia del Acero Inoxidable..... 71
Tabla 18: Vida del rodamiento de acuerdo al tipo de máquina..... 77
Tabla 19: Peso de los elementos que se apoyan en las ruedas 88
Tabla 20: Pesos de los elementos que reposaran sobre los ejes horizontales..... 90
Tabla 21: Vida de los rodamientos de acuerdo al tipo de máquina..... 96

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Masa del cacao……...……. 63
Ecuación 2. Volumen del cilindro perforado…….. 63
Ecuación 3. Altura del cilindro perforado……... 63
Ecuación 4. Perímetro de la plancha del cilindro perforado……... 64
Ecuación 5. Área de los agujeros de la plancha perforada.....……... 66
Ecuación 6. Área perforada de la plancha……... 67
Ecuación 7. Perímetro de la plancha del cilindro externo……... 70
Ecuación 8. Peso de la plancha del cilindro externo……... 70
Ecuación 9. Torque máximo del motor eléctrico…… 72
Ecuación 10. Momento torsor……. 73
Ecuación 11. Momento polar de inercia……. 73
Ecuación 12. Momento torsor con respecto al momento polar de inercia…….…….. 73
Ecuación 13. Esfuerzo de torsión……..… 73
Ecuación 14. Esfuerzo de torsión respecto al diámetro……...……... 73
Ecuación 15. Diámetro del eje vertical…….…….……. 73
Ecuación 16. Esfuerzo de fluencia…….…….. 74
Ecuación 17. Diámetro respecto al factor de seguridad…….. 74
Ecuación 18. Peso del eje vertical……... 75
Ecuación 19. Vida nominal del rodamiento..…….. 77
Ecuación 20. Carga estática equivalente……. 78
Ecuación 21. Vida nominal del rodamiento en horas de funcionamiento……... 79
Ecuación 22. Vida nominal SKF……. 79
Ecuación 23. Tasa de viscosidad……. 80
Ecuación 24. Peso de la tapa inferior del cilindro perforado……... 84
Ecuación 25. Peso de la placa de sujeción del eje vertical……. 86
Ecuación 26. Cálculo de peso que actúa sobre los ejes horizontales…….. 91
Ecuación 27. Fuerza ejercida sobre los ejes horizontales……... 92
Ecuación 28. Momento en los ejes horizontales…… 92
Ecuación 29. Esfuerzo de flexión…….. 93
Ecuación 30. Momento de inercia en los ejes horizontales…… 93
Ecuación 31. Esfuerzo de flexión con respecto al momento de inercia……. 93
Ecuación 32. Esfuerzo de flexión con respecto al diámetro del eje horizontal…….... 93

Ecuación 33. Simplificación de la ecuación de esfuerzo de flexión…….. 93
Ecuación 34. Esfuerzo de flexión total…….. 93
Ecuación 35. Diámetro al cubo de los ejes horizontales……. 94
Ecuación 36. Simplificación de la ecuación del diámetro de los ejes horizontales.... 94
Ecuación 37. Factor de seguridad…….. 94
Ecuación 38. Esfuerzo de flexión con factor de seguridad……. 94
Ecuación 39. Diámetro de los ejes horizontales con factor de seguridad……..... 94

Código Dublín

Título	Diseño de una Máquina Desmucilaginadora de Cacao			
Autor	Carlos Francisco Guanín Vera			
Palabras claves	Mucílago	Cacao		
F. publicación				
Editorial	Quevedo: UTEQ, 2017			
Resumen	Este proyecto de investigación está enfocado al diseño de una máquina agrícola que permita obtener el mucílago de cacao de forma higiénica y óptima, que permita obtener el máximo del producto mencionado. El mucílago tiene diferentes usos y subproductos que se pueden elaborar con el mismo, tales como: jaleas, mermeladas, licores, jugos, etc. Esta máquina se diseñó con la ayuda del software SOLIDWORKS, permitiendo obtener planos y dimensiones adecuadas para su construcción. En el mismo se pudo realizar un análisis de elementos finitos para evaluar sus deformaciones con las cargas a la que va a estar sometida. **Abstract.-** This research project is focused on the design of an agricultural machine that allows to obtain the mucilage of cocoa in an optimal and hygienic way, allowing to reach the amount of the product. The mucilage has different uses and related by-products that can be elaborated with it, such as: jellies, jams, liqueurs, juices, etc. This machine was designed with the help of SOLIDWORKS software, allowing to obtain drawings and appropriate dimensions for its construction. This software allowed to analyze with FEA (finite element analysis) to evaluate its deformation with the loads to which it was submitted.			
Descripción	140 hojas: Dimensiones 29x21 cm :CD-Rom			
URI				

Introducción

Actualmente en el país la mayoría de los procesos agrícolas se han industrializado, con la finalidad de garantizar una optimización en la producción alimenticia y la utilización de la materia prima orgánica, facilitando la labor de los agricultores en general y disminuyendo los tiempos de trabajo con la aplicación de procesos mecánicos.

Desde la antigüedad los granos de cacao son usados para la preparación de ciertos derivados como el chocolate, jarabe y el polvo de cacao que posteriormente se utiliza para la elaboración de bebidas, colorante, aromatizante. Los valores alimenticios, nutricionales y químicos que poseen las partes del cacao son aprovechados para proporcionar un incentivo comercial al productor y al consumidor; utilizando materia prima generada como residuo para la obtención de otro producto.

En Quevedo y sectores aledaños los pequeños productores de cacao utilizan solo los granos de cacao que corresponde al 10% del peso neto de la mazorca de cacao. De esta manera, un 90% del peso corresponde a la cascara y el mucílago del cacao, no tiene utilización industrial, debido a que se desconoce el uso que se le puede dar a estos productos que son desechados, aun cuando dentro de ciertos desechos se encuentra inmerso el mucílago o pulpa.

A lo largo del tiempo se han realizado una serie de experimentos y trabajos de investigación que arroja un resultado favorable sobre los beneficios que se puede obtener del mucílago de cacao como es su alto contenido nutricional, y la posibilidad de ser transformado en una gran variedad de subproductos derivados de este líquido que actualmente se desecha, tales como mermeladas, bebidas fermentadas, néctares, jaleas, jugos entre otros; mismos que tienen como objetivo ayudar a la nutrición de los consumidores y la aceptación dentro del mercado de consumo alimenticio.

Los países como Brasil, Malasia, Costa Rica, Cuba y Ghana han tomado la iniciativa siendo ejemplo para los demás países productores de cacao, desarrollando e implementado tecnología para la elaboración de subproductos del cacao generando una gran variedad de productos alimenticios en el mercado, encontrando una mejor utilización de la mazorca antes de iniciar su fermentación.

El presente trabajo de investigación se basa en el diseño de un prototipo de una maquina desmucilaginadora de cacao, que transfiera tecnología al proceso de elaboración de subproductos del cacao a nivel industrial, en la actualidad en el mercado ecuatoriano no se encuentra una variedad de máquinas destinadas a la separación del mucílago de la semilla de cacao, el objetivo de este diseño se enfoca en facilitar y optimizar la obtención del mucilago, disminuyendo el trabajo físico y el transcurso de tiempo que lleva para obtenerlo, de manera que optimice el proceso de recolección del mucílago, teniendo en claro que debe cumplir normas de diseño debido a que este prototipo está destinado al procesamiento de alimentos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La industrialización de los procesos agrícolas ha avanzado considerablemente en los últimos años con la proyección de optimizar la producción de las diferentes actividades agrícolas, para la mayoría de los pequeños agricultores de esta zona es casi imposible obtener una máquina agrícola debido a los elevados costos, muchas de estas máquinas son importadas dado a la escasez de fabricación en el país. La producción de cacao es una de las actividades agrícolas más ejecutadas en el Ecuador, por lo cual surge la necesidad de diseñar máquinas que ayuden a optimizar cada proceso en la cosecha de cacao.

Diagnóstico

Los pequeños productores de cacao efectúan sus trabajos de forma artesanal, esto implica mayor empleo de tiempo de trabajo para la realización del proceso de fermentación (separación del mucílago de la semilla), debido a que no cuentan con máquinas agrícolas que faciliten cada uno de los procesos que se efectúen en la cosecha de cacao.

Pronóstico

La producción de cacao es variable debido a los cambios climáticos y los precios de comercialización son inestables, estos cambios afectan los ingresos económicos de los productores de cacao que con el tiempo podría obligar a los agricultores dejar este tipo de producción por la falta de ingresos, al darle un valor agregado y un nuevo sector de comercialización al mucílago que en la actualidad se lo desecha, los agricultores tendrán un ingreso económico alternativo para sustentarse.

El diseño del prototipo de una desmucilaginadora de cacao, permitirá la obtención de mucílago de cacao de una manera más eficiente y limpia, beneficiando al sector agrícola con el secado de cacao y al sector agroindustrial con la producción de subproductos derivados del mucílago de cacao.

1.1.2. Formulación del problema

¿Por qué es importante para el pequeño agricultor contar con una máquina desmucilaginadora de cacao?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Qué tipo de materiales se utilizan para fabricar una máquina desmucilaginadora de cacao y bajo que especificaciones técnicas se construyen?
¿Qué normas se deben tener en cuenta para realizar el diseño de una máquina procesadora de alimentos?
¿Qué costo tiene la fabricación de la máquina?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar una máquina desmucilaginadora de cacao para pequeños productores cacaoteros del país.

1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar los materiales y parámetros para el diseño del prototipo tomando en cuenta las especificaciones técnicas del procesamiento de alimentos.

- Diseñar el prototipo de la máquina desmucilaginadora de cacao, considerando la teoría del diseño mecánico y con la ayuda de un programa de diseño computarizado.

- Determinar los costos de fabricación de la máquina desmucilaginadora de cacao.

1.3. Justificación

Dentro de la producción de cacao está el proceso de fermentación que se lo puede realizar de diferentes formas, muchos agricultores optan por llenar sacos o costales con las semillas recién desgranadas con el propósito de escurrir el mucílago, una vez llenado los sacos o costales se los apila sobre pallet que permitan la caída del mucilago, en este proceso se debe dejar reposar entre tres y cuatro días para lograr un buen escurrido.

Otro de los procesos de fermentación de cacao se lo lleva a cabo en cajones de madera, en los cuales se voltea la masa de cacao dentro de las primeras 36 horas y luego cada 24 horas, para airearla y lograr una uniforme fermentación durante cinco a siete días sin mezclar los granos cosechados en diferentes días.

Este proceso es muy importante porque con su ayuda se logra desprender el mucílago de la semilla, impide la germinación de la semilla de cacao, ayuda a su conservación y a tener un secado uniforme, pero este proceso requiere el empleo de mucho tiempo y gran esfuerzo de trabajo físico, es por este motivo que se industrializa el proceso con la fabricación de una máquina desmucilaginadora de cacao para proporcionar al agricultor un ahorro de tiempo y cansancio.

Está máquina además de facilitar y agilizar el proceso de separación del mucílago de la semilla de cacao permite su recolección de una forma limpia y sin tener desperdicios, con el propósito de utilizar dicho producto para la elaboración de nuevos subproductos y generar nuevos ingresos para los pequeños productores. En el grafico 1 se muestra la manera tradicional para desmucilaginar el cacao, que consiste en llenar el cacao fresco en costales y luego apilarlos sobre pallets para que en el transcurso de los días el mucílago se separe del grano de cacao.

Gráfico1: Proceso de destilación del mucílago

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.Marco conceptual

2.1.1. El cacao

El cacao se deriva del género Theobroma; siendo su nombre científico Theobroma cacao L. La palabra Theobroma proviene del vocablo griego que significa “Alimento de los Dioses”. La palabra cacao deriva del maya “cacau” (como se mencionó anteriormente), y la letra final “L” corresponde al apellido del científico, Carlos Linneo. [1]

2.1.2. Máquina

Una máquina es un conjunto de piezas móviles y fijas cuya tarea es ayudar a las personas a dirigir, aprovechar, regular o transformar energía o realizar con un fin determinado. Un conjunto de máquinas que se aplican en un mismo trabajo para dar movimiento a un dispositivo se lo denomina maquinaria. [2]

2.1.3. El diseño mecánico

El diseño mecánico es una tarea que requiere muchas habilidades. El diseño es un proceso iterativo con muchas faces interactivas. Existen muchos recursos para apoyar al ingeniero diseñador, entre los que se incluyen muchas fuentes de información y una gran variedad de software de diseño por computadoras. El diseñador no solo requiere desarrollar competencia en su campo de la mecánica, sino que además debe cosechar un fuerte sentido de responsabilidad y ética profesional de trabajo. [3]

2.1.4. El software SOLIDWORKS

El software SOLIDWORKS es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores bosquejar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, producir modelos y dibujos detallados. [4]

2.2.Marco referencial

2.2.1. El Cacao

Hasta la actualidad se ha descubierto 18 especies distintas del Theobroma; siendo distinguidas por su diferente tamaño de crecimiento, la forma de sus hojas, el volumen y el color del fruto, la forma del grano, y sus cualidades nutritivas. [5]

El cacao es una fruta de ambiente tropical, generalmente pequeño, el tamaño de la planta oscila entre 4 y 8 metros de alto, se da en lugares de clima cálido y húmedo, sus flores y frutos nacen en el tronco y ramas desprovistas de hojas, es decir las partes más viejas de la planta (cauliforo). [6]

Para que el Theobroma se reproduzca sano y fuerte, necesita estar en un hábitat húmedo (entre 70 y 100% de humedad), normalmente en bosques donde la temperatura es alta (aproximadamente entre 18 y 32 °C) y la lluvia es abundante. El árbol necesita del amparo de la sombra de árboles madre; que normalmente ayudan a preservar la humedad necesaria para su crecimiento y que a su vez permiten la entrada de la luz solar. [6]

Se desarrollan en la sombra de los árboles más grandes (naranjales y plataneras), para la protección del viento y crear un suelo rico y poroso, pero no se desarrollan con normalidad en tierras bajas de vapores cálidos. Para su buen crecimiento su altura ideal está comprendida entre los 200 m sobre el nivel del mar. El terreno debe ser rico en nitrógeno y en potasio. [7]

El árbol comienza a producir a partir de sus 2,5 y 3 años de edad. Sus frutos crecen durante todo el año, teniendo normalmente dos cosechas al año, en la estación lluviosa es donde empieza la principal cosecha y se da de forma continua hasta el inicio de la estación seca y posteriormente se da la segunda cosecha al principio del próximo periodo de lluvias, requieren de cinco a seis meses entre su fecundación y su cosecha. [7]

Sus diversas características, al igual que el color de los cotiledones, están íntimamente relacionadas con los factores genéticos que han sido de gran ayuda para clasificar comercialmente los distintos tipos de cacao tipificando los cultivares de cacao, teniendo

como resultado la siguiente clasificación: criollo, forastero amazónico y trinitaria, cuyas diferencias morfológicas no son suficientes para constituir especies o variedades. [8]

2.2.2. Cacao Criollo

El cacao criollo dominó el mercado hasta inicios del siglo XVIII. Debido que es una planta de poca producción y bajo vigor, los productores han decidido sembrar cacao más resistente. Es por lo cual hoy en día es escaso ver arboles de cacao criollos puros; por su inmejorable y baja calidad, este tipo de Theobroma está sobre valorado en el mercado por un 20%. El tipo criollo produce granos grandes y carnosos con cotiledones blancos o ligeramente pigmentados, y presenta un sabor dulce o sutilmente amargo. [9]

2.2.3. Cacao Forastero

El cacao forastero es uno de los más cultivados; aproximadamente el 95% de la producción mundial de cacao es de este tipo. Este árbol es más fuerte, resistente a las enfermedades a diferencia del criollo, con la desventaja de que sus semillas son pequeñas. Tiene diferentes variedades como son el Amelonado y el Común, también existen el Matina o Ceylan y el Cacao Nacional de Ecuador. En los últimos años se ha empezado a cultivar híbridos de los altos del Amazonas. [9]

En el forastero se producen semillas pequeñas y algo aplanadas con cotiledones de color violeta oscuro, algunas veces tiende a negro, otra característica que lo diferencia a los demás es su forma triangular y sabor astringente. [8]

2.2.4. Cacao Trinitario

Se estima que el cacao de tipo trinitario es un híbrido que proviene del forastero; sin embargo, este tipo de cacao se genera de la combinación de dos plantas de cacao puras (criollo y forastero). Este árbol hereda las características de sus progenitores haciéndolo más resistente y productivo, pero de menor calidad que el criollo. Las plantaciones del Trinitario, como su nombre lo revelan, empezaron en Trinidad; extendiéndose hasta Venezuela, Ecuador, Camerún Samoa, Sri Lanka, Java y por último Nueva Guinea. [9]

Es de suma importancia clasificar el cacao según su producción ya que ayuda a definir el precio del mismo; el mercado internacional del cacao los clasifica en dos grupos: el cacao ordinario y el cacao fino de aroma. [9]

2.2.4.1. Cacao Ordinario

Son semillas producidas del cacao Forastero, es utilizado para la elaboración de subproductos como la manteca de cacao y en productos que tengan una elevada proporción de chocolate debido a su baja calidad. [9]

2.2.4.2. El cacao fino y de aroma

Estas semillas provienen del cacao criollo o en su defecto del cacao trinitario, para rescatar ciertos sabores usualmente se realiza una mezcla con el cacao forastero. Es utilizado para capas de cobertura o cacaos finos de revestimiento gracias a su alta calidad. [9]

La producción de cacao está distribuida a nivel mundial en ciertos países tropicales: África: 61%, América: 21%, Asia y Oceanía: 18%. El Acuerdo Internacional del cacao reconoce a pocos países de cacao "fino y de aroma". El cacao fino y de aroma representa únicamente alrededor de 5% de la producción mundial. El porcentaje de la producción de cada país que se puede considerar como "fino y de aroma." [10]

2.2.5. Botánica del cacao

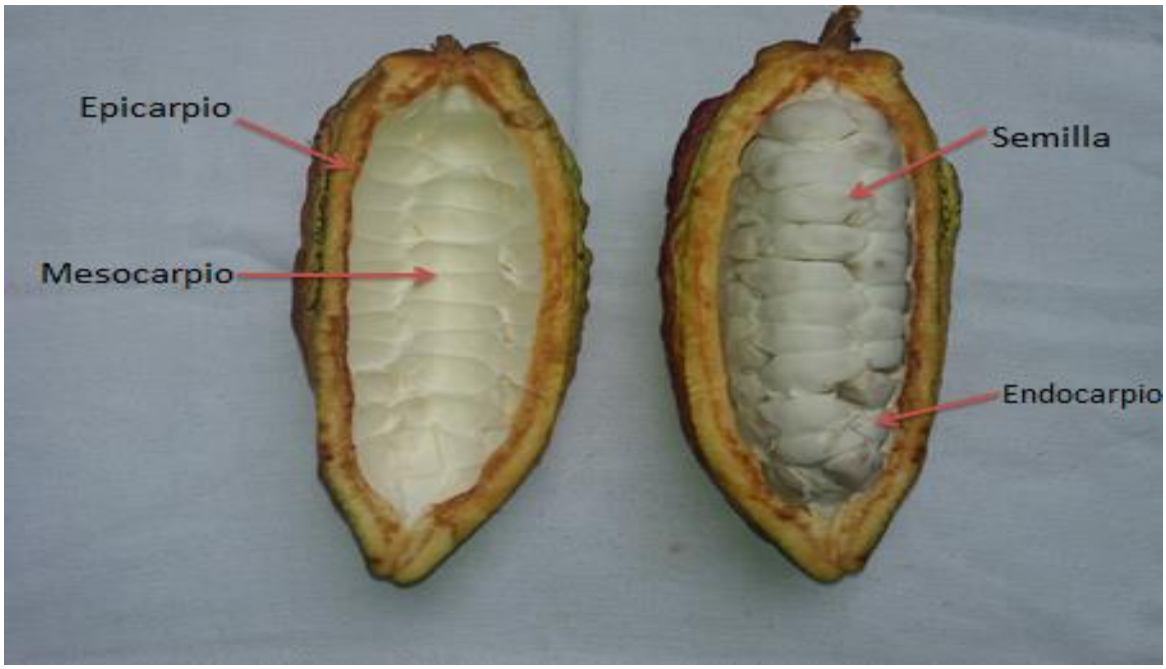
2.2.5.1. La Semilla

La semilla del cacao se la conoce comúnmente como "haba" o "grano de cacao". Se toma este nombre para distinguir la semilla que ha pasado por los procesos de fermentación y de secado previamente realizados para la preparación del cacao comercial, mientras que para designar a la semilla recién extraída del fruto maduro se usa el nombre de "grano" o "haba fresca". [11]

La semilla del Theobroma está recubierta por una sustancia mucilaginosa de color blanco, con sabor azucarado y ácido, es comestible y encierra de 25 a 50 gramos largos. El mucílago al ser eliminado da paso a la exposición de la semilla que posee un tegumento o cáscara delgada de color rosado. Las dimensiones del grano son generalmente variables, oscilando entre 20 y 30 mm, el ancho entre 10 y 17 mm y su espesor entre 7 y 12 mm. Su apariencia también es variable y puede ser triangular, ovoide, alargada, redondeada, aplanada, dependiendo de las condiciones ambientales y del número de semillas que crecen en cada fruto, que mayormente en un fruto sano su número varía entre 20 y 40 granos por lo general planos de color café o morado. [8]

En el grafico 2 se muestra una mazorca de cacao cortado por la mitad, de manera que se observa sus partes internas.

Gráfico 2: Partes internas del cacao



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

En la tabla 1 se muestra los componentes químicos que posee la semilla de cacao y sus respectivos porcentajes por cada semilla.

Tabla 1: Componentes Químicos de la semilla de Cacao

COMPONENTE	%p/p
Manteca de cacao	54
Proteína	11.5
Ácidos orgánicos y aromas	9.5
Celulosa	9
Ácidos Tánicos y color	6

Fuente: CORPOICA. Bucaramanga, 2000

En la tabla 2 están representadas las densidades de varias materias primas, en las cuales se encuentran las densidades del cacao en los tres estados que pueden estar las semillas (frescas, fermentadas y secas), de estas utilizaremos la densidad de las semillas frescas.

Tabla 2: Densidad del cacao

DENSIDAD APARENTE	
PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	**DENSIDAD (kg/m^3)**
Alfalfa, granos	750 – 800
Algodón, granos con su fibra	420
Algodón, granos no apretados.	100 – 120
Arroz cáscara	500 – 630
Arroz, gavillas	80 – 120
Arroz blanqueado	800 – 850
Cacahuate con cáscara	370 – 400
Cacahuate sin cáscara	600 – 620
Cacao (granos frescos)	900
Cacao (granos fermentados)	775
Cacao (granos secos)	635

Fuente: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

2.2.5.2. El Fruto

El fruto del cacao se lo conoce como “mazorca” que es una drupa grande, que se adhiere con un pedúnculo fuerte y fibroso, que se genera del engrosamiento del pedicelo floral; su forma varía considerablemente y ha servido de base para determinar las diferentes variedades dentro de la especie. [12]

Al realizar un corte de forma transversal en el fruto, se puede apreciar las siguientes partes: el epicarpio (exocarpio) de color verde, amarillo, rojizo o morado, formado por tejido epidérmico que contiene compuestos antiociánicos. El mesocarpio, de consistencia carnosa y de color amarillento, está compuesto por un tejido parenquimático y finalmente, una capa interna llamada endocarpio, constituida por un tejido de consistencia más leñosa que los anteriores. [12]

En el grafico 3 se muestra una mazorca madura de cacao en un estado saludable, este grafico nos permite observar la apariencia que por lo general tienen las mazorcas.

Gráfico 3: Fruto

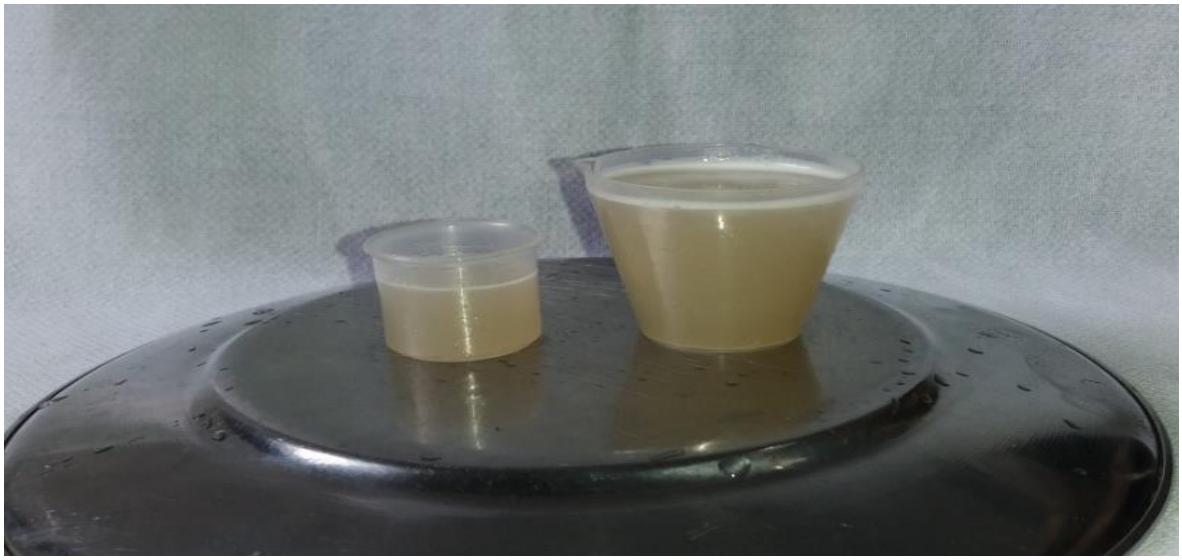
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

2.2.5.3. El Mucílago

Originario del cacao nacional fino de aroma. Los frutos provenientes de esta planta neo tropical "cacao" se conoce como "mazorca o baya" formada por una cáscara en cuyo interior se encuentran las almendras rodeadas de un mucílago o pulpa de sabor dulce y ácido. El mucílago provee las condiciones adecuadas para el proceso de fermentación y para la formación de sustancias precursoras del sabor y aroma, además con su jugo se puede elaborar mermeladas. [13]

El grafico 4 representa el mucílago que se obtiene de la mazorca madura de cacao, es el producto que está destinado a la elaboración de subproductos para el consumo humano.

Gráfico 4: Mucílago de cacao



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

En la tabla 3 se representa los porcentajes en base húmeda de los componentes químicos que se encuentran presentes en el mucílago de cacao.

Tabla 3: Componentes químicos del mucílago de cacao

COMPONENTE	%p/p (Base húmeda)
Agua	79.2 – 84.2
Proteína	0.09 – 0.11
Azúcares	12.50 – 15.9
Glucosa	11.6 – 15.32
Pectinas	0.9 – 1.19
Ácido Cítrico	0.77 – 1.52
Cenizas	0.40 – 0.50

Fuente: CORPOICA. Bucaramanga, 2000

2.2.5.4. El Maguey

Originario del cacao nacional fino de aroma, es conocido como placenta del cacao, con su uso se puede elaborar subproductos como bebidas, alcohol y pastas.

Desde el punto de vista industrial, en la fabricación el maguey y el mucílago proporcionan el olor, sabor y color del producto que se elabora y contribuyen generalmente con sustancias pépticas, ácidos y azucares, que son componentes que ayudan a obtener un producto de buena calidad. [14]

La apariencia del maguey de cacao en estado húmedo se observa en el grafico 5.

Gráfico 5: Maguey del Cacao

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

2.2.5.5. Estructura Química de la semilla de Cacao

Su estructura química depende de varios factores entre los principales constituyentes químicos son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos que se pueden mencionar dependiendo la clase de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. [15]

2.2.5.6. La Acidez del Cacao

El compuesto que contribuye al contenido de ácidos orgánicos, es perfil sensorial de acidez del cacao, que varía entre 1.2% y 1.6%, entre ellos el acético, cítrico y oxálico, se forman durante la fermentación. [16]

El pH en los cotiledones decrece desde aproximadamente 6.5 en almendras frescas, al colocarse la masa en los cajones de fermentación, los valores están en el rango de 5.0 y 5.5 en almendras ya fermentadas. [17]

2.2.5.7. Contenido de Grasa

La grasa está establecida por glicéridos como el ácido oleico, láurico, palmítico y esteárico usualmente la grasa oscila entre 50 al 55% en cacao fresco, una vez estado expuesto a los rayos del sol dicho contenido varía entre 48 y 52% en el licor de cacao. [18]

2.2.5.8. Teobromina y Cafeína

Dentro de la familia de las purinas se encuentran inmersas la cafeína y la teobromina que forman más del 99% de los alcaloides que se produce en el cacao, a lo largo el proceso de fermentación el contenido de cafeína y teobromina disminuye considerablemente a los 20 y 30%, lo que hace que el nivel de amargor de la semilla disminuya al aporte de la teobromina en la expresión de este rango sensorial. [19]

2.2.6. Tipos de cacao en el ecuador

2.2.6.1. El Cacao Nacional

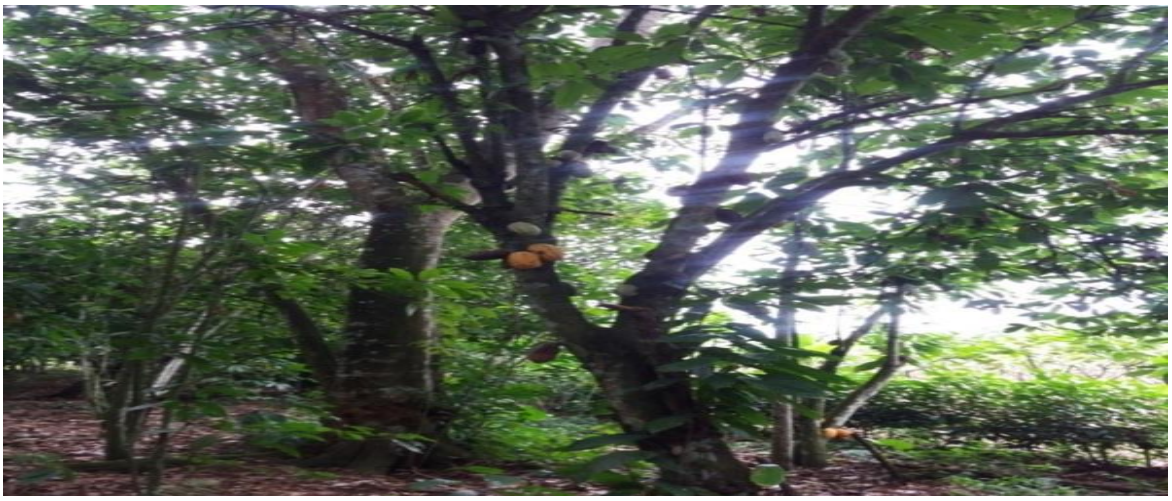
El cacao fino y de aroma tiene características distintivas de aroma y sabor buscadas por los fabricantes de chocolate. Representa únicamente el 5% de la producción mundial de cacao. Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de Cacao Arriba fino y de aroma (63% producción mundial) proveniente de la variedad Nacional cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional.

Por su fragancia y sabor natural y floral, se volvió famoso en los extranjeros y poco a poco lo fueron llamando Cacao Arriba. Por su organolepsia tiene un valor agregado que es reconocido por la industria de la confitería. [20]

Las semillas son moradas claras, el mucílago es poco abundante, los cuales son ligeramente ácido, este mucílago tiene sabor mucho más dulce que los de tipo Trinitario y Forastero. Cuando se digiere el cotiledón, testa de la semilla, presenta un sabor ligero amargo y muy poca astringencia. [21]

El gráfico 6 es una fotografía de una planta adulta de cacao nacional.

Gráfico 6: Cacao Nacional



Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

2.2.6.2. El Cacao CCN-51

Se caracteriza por ser un árbol clonado y es un cultivo que inicia su producción en su primer año de edad, y es muy tolerante a la "Escoba de Bruja", enfermedad que ataca a la mayoría de variedades de cacao destruyendo su producción, no necesita polinización cruzada para su adecuado fructificación tal como la mayoría de los clones. [22]

Los frutos tienen una coloración rojiza en su estado de desarrollo y en su madurez. Contienen grandes cantidades de grasa, por lo que define sus propios nichos de mercados.

Es una variedad que se caracteriza por su capacidad productiva, siendo esta cuatro veces mayor a las clásicas producciones y a su vez por ser resistente a las enfermedades. [23]

En el gráfico 7 se muestra como luce una planta adulta de cacao de tipo CCN-51 en condiciones, una planta saludable y con muy buena capacidad carga de frutos.

Gráfico 7: Cacao CCN-51

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

2.2.7. Procesos de cultivo de cacao

2.2.7.1. Cosecha

Es un proceso que consiste en cortar las mazorcas maduras de cada árbol de cacao, tomando en cuenta el cambio de pigmentación en las mimas, los frutos maduros se tornaran amarillos en el caso de ciertos tipos como los criollos, forastero amazónico y Nacional, y para el caso de los tipos trinitarios y CCN-51 tomaran un color rojo amarillento, o anaranjados, para la cosecha se debe tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar tijeras manuales para mazorcas bajas.
- Evitar cortes del pedúnculo del fruto a ras del tronco.
- Cosechar solamente mazorcas maduras y sanas.
- No mezclar tipos de cacao.
- La cosecha se da generalmente cada 8 días durante la primera temporada y cada 21 días durante la segunda temporada.
- Una vez tumbada las mazorcas deben apilarse dentro de la huerta de cacao, para que los cascarones que quedan de residuo, posteriormente sean degradados y sirvan como abono orgánico para los mismos árboles. [24]

2.2.7.2. Quiebra

Se denomina quiebra al proceso que consiste en partir la mazorca y extraer las almendras las cuales una vez separadas de la placenta o maguey, serán sometidas a fermentación.

Para realizar la quiebra se utilizan machetes con poco filo. Realizando un corte longitudinal a las mazorcas con sumo cuidado de no cortar las semillas que permanecen adheridas. La separación de los granos se lo realiza a mano. [25]

2.2.7.3. Fermentación

Este proceso se efectúa llenando sacos plásticos con la semilla obtenida de la vaina de cacao, se los apila uno sobre otro en un pallet que permita la caída del mucílago desprendida por los sacos con el peso de cada uno de ellos. Otro proceso se lleva a cabo en cajones de madera, en los cuales se apila las almendras de uniformemente y se las cubre para mantener la temperatura provocada por los alcoholes, esta masa se voltea a partir de las primeras 36 horas y luego cada 24 horas, para airearla y lograr una buena fermentación durante 5 a 7 días sin mezclar los granos cosechados en diferentes días. La fermentación tiene el objetivo de:

- Desprender la sustancia mucilaginosa que protege las almendras.
- Provocar la muerte del embrión e impedir la germinación de los granos de cacao.
- Desencadenar modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones. [26]

2.2.8. Componentes de la máquina desmucilaginadora de cacao

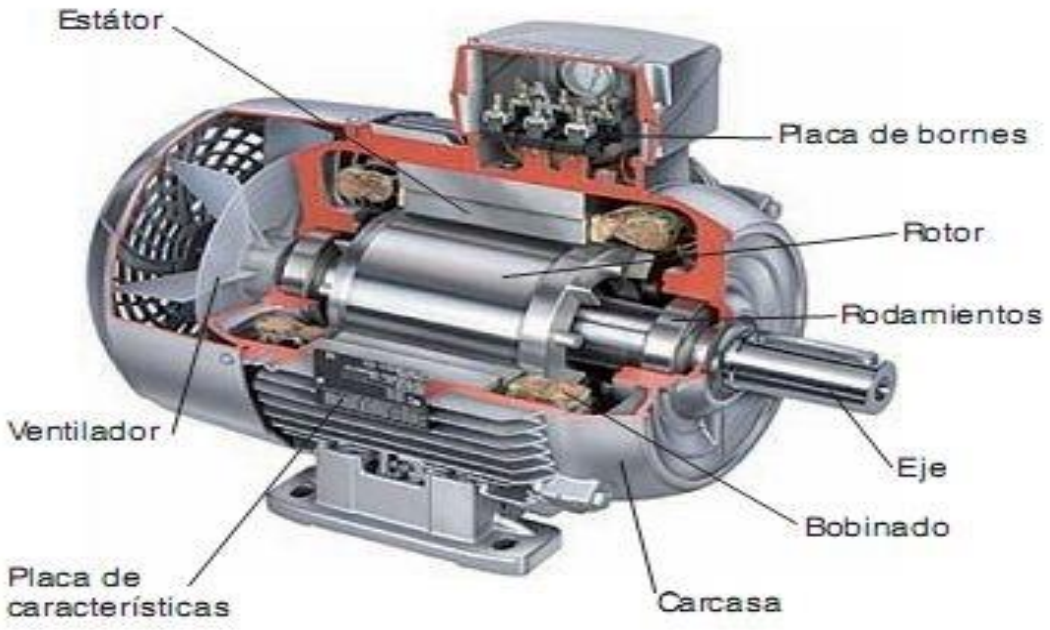
La máquina desmucilaginadora de cacao es una herramienta de trabajo destinada a los productores de cacao, su función es separar el mucilago de la semilla mediante la acción de centrifugación y posteriormente recolectarlo para su siguiente proceso. Esta máquina consta de los siguientes elementos:

2.2.8.1. Motor Eléctrico

Es una máquina de tipo rotativo que se encarga de transformar la energía eléctrica en energía mecánica (movimiento) logrado a través de interacciones electromagnéticas.
Algunos motores eléctricos son reversibles, es decir que permitirán transformar la energía mecánica en energía eléctrica pasando a realizar la función de un auténtico generador.
Tanto en los motores de corriente alterna como los de corriente directa se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro del campo magnético este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. [27]

En el gráfico 8 se representa la vista de un motor eléctrico con un corte para observar sus piezas internas.

Gráfico 8: Motor eléctrico



Fuente: Motores Siemens

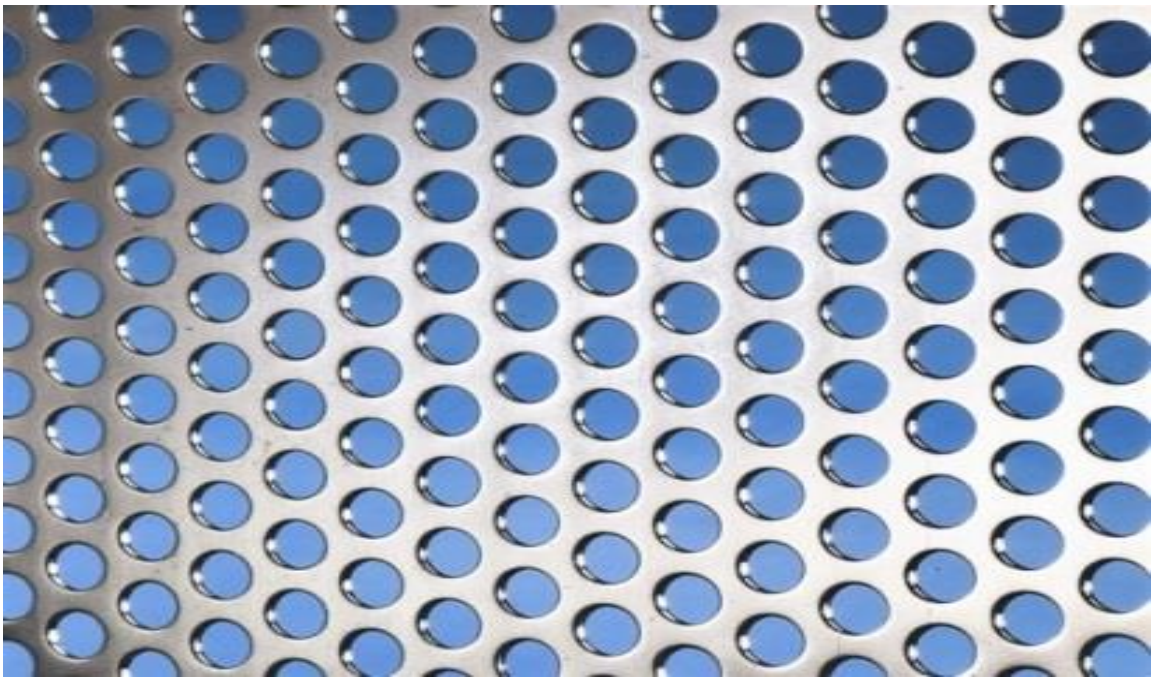
2.2.8.2. Tanque interno

En el tanque interno es donde se coloca el producto que va a ser procesado, este tanque consta de una tapa que permitirá el ingreso de los granos de cacao, como también ayudará a evitar los derrames de los granos durante el proceso de separación mucílago-semilla. Este tanque será fabricado con una plancha perforada de acero inoxidable, para evitar la corrosión que genera los componentes químicos del mucílago de cacao.

La plancha metálica mencionada posee perforaciones uniformes distribuidas en toda su superficie que, a diferencia de las chapas de acero convencionales, estas ofrecen resistencia, permeabilidad y transparencia.

El gráfico 9 muestra la representación general de una plancha perforada de acero inoxidable y la distribución de sus agujeros.

Gráfico 9: Plancha perforada



Fuente: Acerimallas

2.2.8.3. Tanque externo

El tanque interno estará contenido dentro de un tanque externo: La función del tanque externo será recolectar el mucílago que se desprenderá de la semilla que saldrá por las perforaciones del tanque interno, al mismo tiempo el tanque externo permite la evacuación del producto por un tubo de desagüe. También consta de una tapa para permitir la operación del proceso que se realiza en el tanque interno.

Tanto el tanque externo como el tanque interno se fabricarán en acero inoxidable que gracias a sus propiedades evita la corrosión de estos elementos, dado que el mucílago es una sustancia ácida.

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10,5% de cromo. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes. Los principales son el níquel y el molibdeno. Es un tipo de acero resistente a la corrosión, el cromo que contiene posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora que evita la corrosión del hierro contenido en aleación. [28]

El gráfico 10 muestra la representación de tubos de material acero AISI 304.

Gráfico 10: Acero Inoxidable

Fuente: www.jianhuiinox.com

2.2.8.4. Bastidor

Es una estructura metálica, puede ser fabricada con perfiles, tubos redondos, cuadrados u otros elementos estructurales. Puede estar compuesto por elementos en diferentes configuraciones. La función que cumple el bastidor es sostener de una manera u otra todos los componentes que conforman la máquina. Es decir, es el soporte general de una máquina.

El gráfico 11 representa la apariencia de un bastidor hecho de tubos de acero AISI 304.

Gráfico 11: Bastidor

Fuente: http://stepsaweb.com/index.php?route=product/product&product_id=243

2.2.8.5. Temporizador de encendido/apagado

El temporizador es un dispositivo electrónico diseñado para programar el encendido o apagado de luces de hogar, oficinas y algunas máquinas industriales pequeñas. Opera mediante la programación digital de manera muy sencilla, mediante botones que permiten ajustar el tiempo de encendido/apagado en el tiempo deseado, ya sea en días, horas o minutos. Uno de los beneficios de este temporizador es que cuenta con medidas de seguridad, como la conexión a tierra y la protección que incluye para niños. Se puede realizar sus instalaciones en redes eléctricas de 110V o 220V, según la necesidad del operador. [29]

En el gráfico 11 se observa un temporizador de encendido/apagado, encargado de parar el proceso de desmucilaginado en el tiempo que disponga el operador.

Gráfico 12: Temporizador de encendido/apagado

Fuente: https://es.aliexpress.com/popular/battery-timer-switch.html

2.2.8.6. Rodamientos

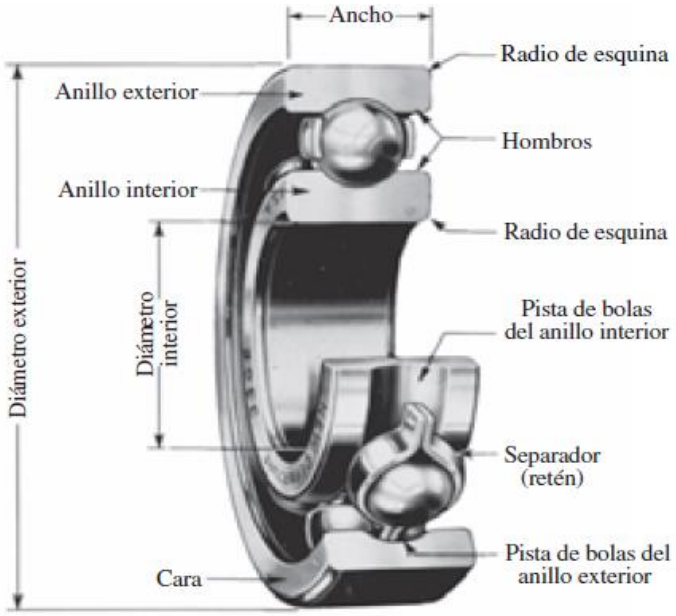
Son usados para soportar una carga principal mediante elementos que permanecen en contacto rodante y no en contacto deslizante. Un rodamiento, la fricción inicial aproximadamente duplica la fricción de operación, probablemente no sea adecuado describir un rodamiento como “antifricción” debido a que la carga, la velocidad y la viscosidad de operación del lubricante afectan las características de fricción del rodamiento.

2.2.8.6.1. Tipos de rodamientos

Los rodamientos están diseñados para soportar cargas radiales puras, cargas de empuje puras o una combinación de ellas.

El gráfico 13 representa un rodamiento con sus respectivas partes internas y externas

Gráfico 13: Rodamiento



Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley

2.2.8.6.1.1. Rodamiento de una fila

Es de ranura profunda y está sujeto a carga radial, así como a cierta carga de empuje. Las esferas se introducen en las ranuras, desplazando el anillo interior a una posición excéntrica. Soportarán una cantidad pequeña de deslizamiento de flexión del eje, pero cuando sea severo, se utilizarán rodamientos autoalineantes.

2.2.8.6.1.2. Rodamiento de doble fila

Se fabrican en una variedad de tipos y tamaños para soportar cargas radiales y de mayor empuje.

2.2.8.6.1.3. Rodamiento de rodillos cilíndricos

Soportan una carga mayor que los de bolas del mismo tamaño, debido a la mayor área de contacto. Sin embargo, presentan la desventaja de que requieren una geometría casi perfecta de las pistas y los rodillos.

2.2.8.6.1.4. Rodamiento de aguja

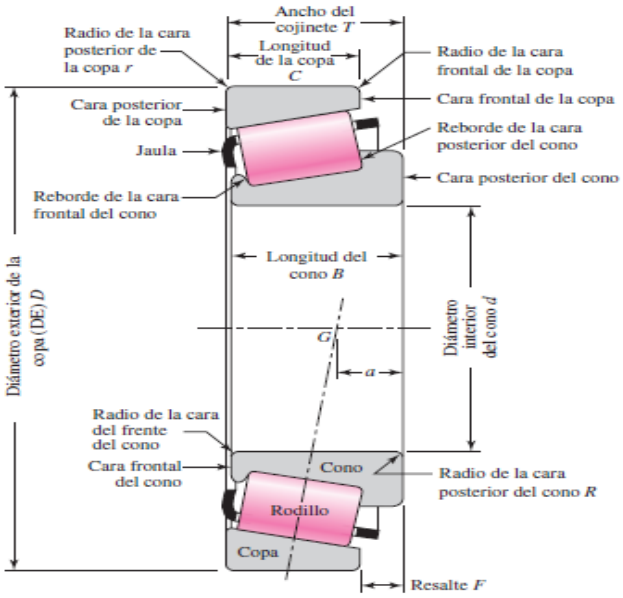
Son muy útiles cuando el espacio radial está limitado. Tienen una gran capacidad de carga cuando se emplean separadores.

2.2.8.6.1.5. Rodamientos de rodillos cónicos

Combinan las ventajas de los rodamientos de bolas y de los cilíndricos, ya que soportan cargas radiales o de empuje o cualquier combinación de las dos; poseen una gran capacidad de soporte de cargas. [3]

En el gráfico 14 se representa la disposición de los rodamientos de rodillos cónicos con sus respectivas partes internas y externas, de acuerdo a la necesidad de la máquina en que será usado.

Gráfico 14: Rodamientos de rodillos cónicos



Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley

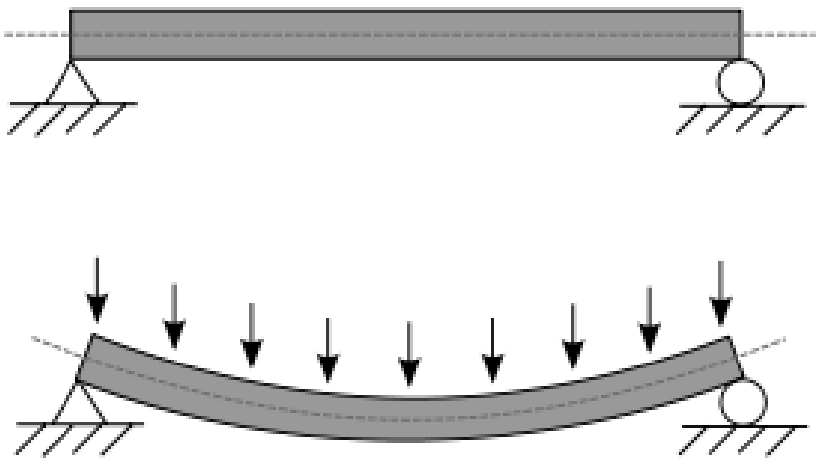
2.2.9. Esfuerzo en los materiales

2.2.9.1. Flexión

Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar; principalmente por flexión. Puesto que el concepto flexión abarca a todos los elementos estructurales superficiales como placas o láminas. [30]

En el gráfico 15 se muestra una viga en su posición normal y su reacción a la flexión por causa de fuerzas externas.

Gráfico 15: Flexión



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Flexi%C3%B3n_mec%C3%A1nica

Una viga está sometida a flexión cuando sobre ella actúan fuerzas o cargas externas, mismas que provocan un esfuerzo que tratan de curvar la viga en la misma dirección en las que actúan las fuerzas, este cambio estructural se lo llama flexionarse.

En un trabajo a flexión podemos determinar que intervienen dos tipos de trabajos como son: la compresión y la tracción. [31]

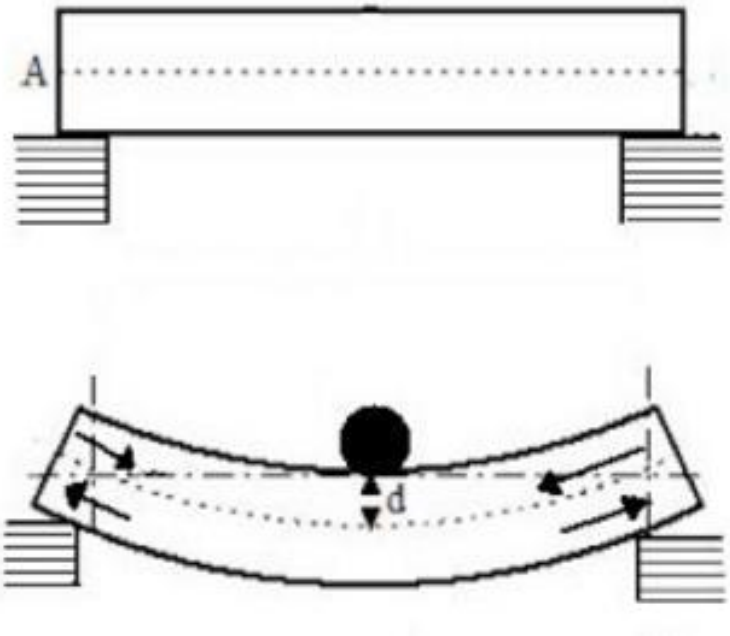
A continuación, se muestra una figura donde se ha exagerado la aplicación de fuerzas lo que provoca que se pueda apreciar de mejor manera el fenómeno de deformación, podemos

observar que hay una zona superior donde la viga tiende a acortarse y una zona inferior donde la viga sufre un fenómeno contrario y tiende a alargarse. [31]

La zona donde se acorta es aquella que está trabajando a compresión y aquella que se alarga trabaja a tracción, la flexión es un esfuerzo combinado de tracción y compresión. [31]

En el gráfico 16 se muestra las partes de la viga que están a tracción y compresión por acción de la fuerza externa que se aplica.

Gráfico 16: Viga sometida a flexión

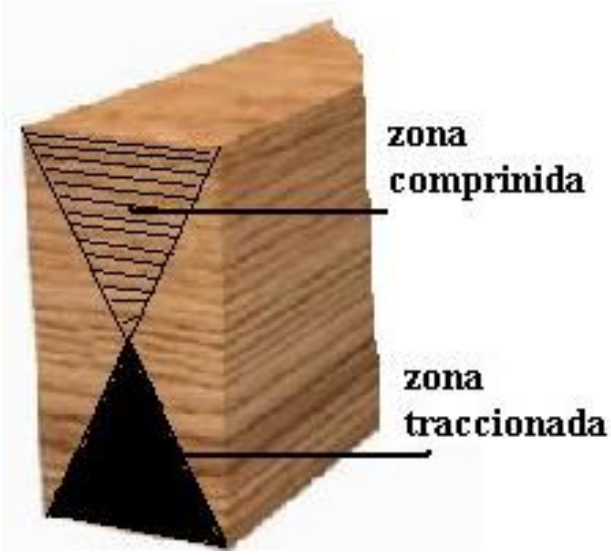


Fuente: http://tipscasa.blogspot.com/

La siguiente sección de corte permite observar a través de la viga, como se ve el esfuerzo de compresión que va decreciendo hasta llegar al mínimo en el plano central de la viga (horizontal). Es ahí donde comienza la tracción que va creciendo hasta ser máxima en la cara inferior de la viga. [31]

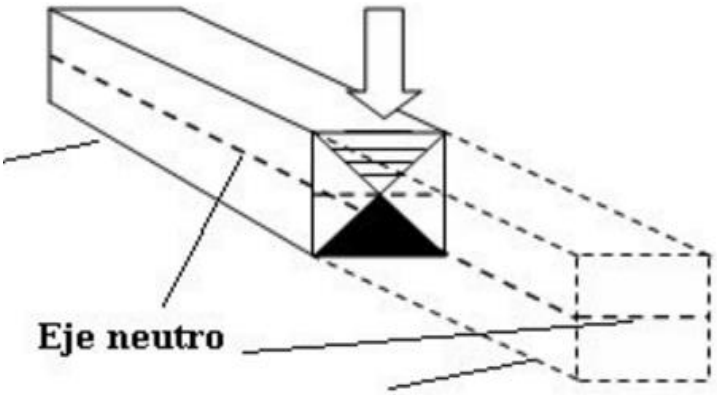
En el grafico 17 y 18 se muestra la sección de corte de una viga y permite visualizar la zona comprimida y la zona traccionada por acción de la flexión.

Gráfico 17: Sección de corte de una viga



Fuente: http://tipscasa.blogspot.com/

Gráfico 18: Sección de una viga

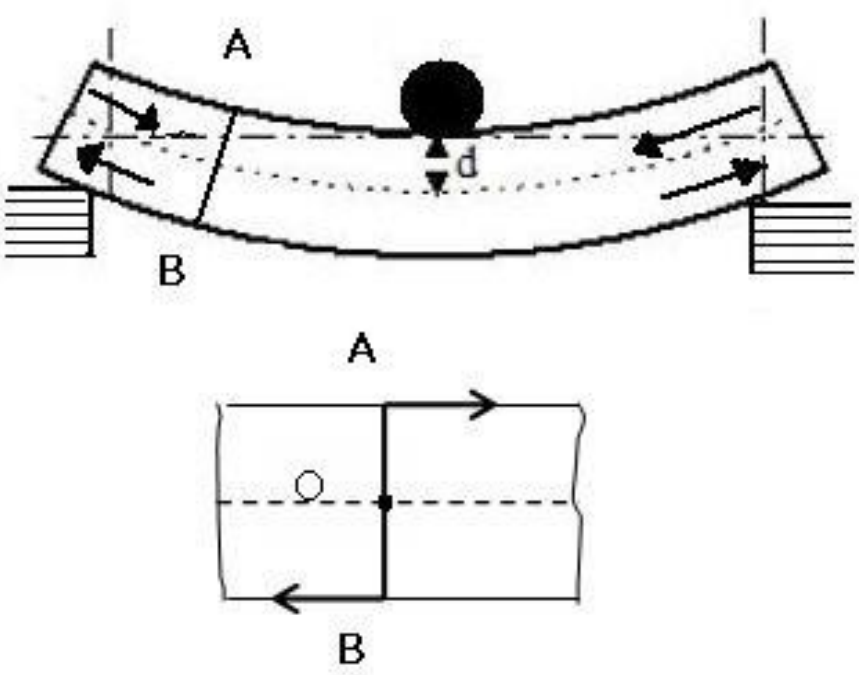


Fuente: http://tipscasa.blogspot.com/

En esta sección se visualiza que el trabajo a flexión obliga a que ambas partes trabajen de manera opuesta una de la otra completamente, por este motivo permite que solo sea posible el uso de un material que resista estos dos tipos de esfuerzo, el de la tracción y de la compresión. [31]

Si la fuerza se ejecuta en una sección de una viga cualquiera, como se representa en el siguiente gráfico 19.

Gráfico 19: Sección de una viga



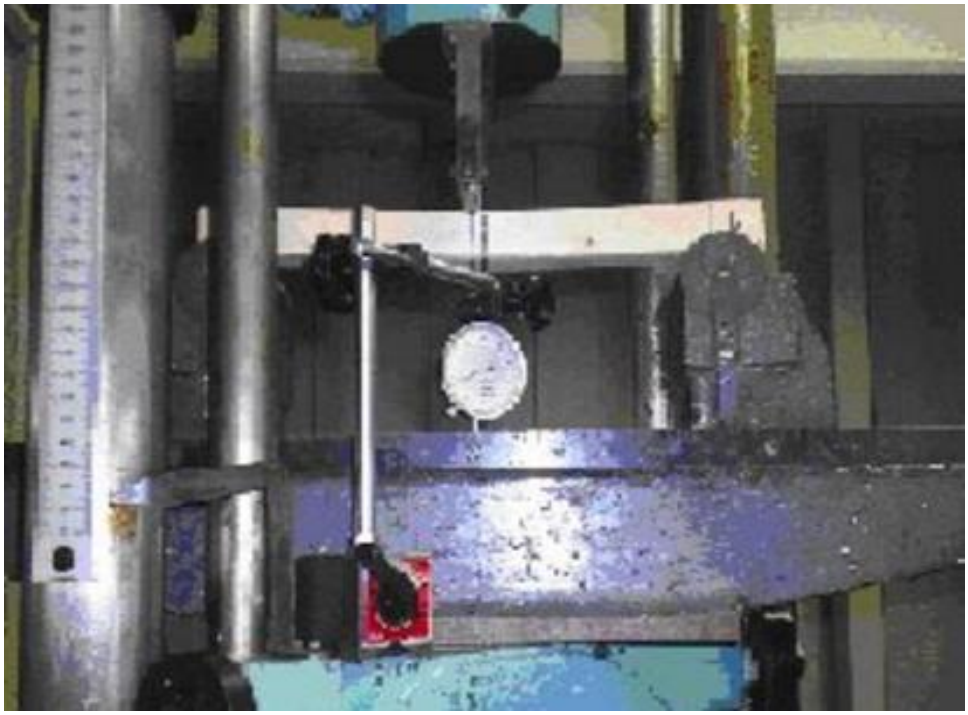
Fuente: http://tipscasa.blogspot.com/

Muestra que sobre la viga actúan dos fuerzas en sentido contrario (compresión arriba y tracción abajo), estas fuerzas tratan de generar un giro en esa sección en torno a su eje central. Cada fuerza forma un momento elástico. Cualesquiera de estas fuerzas pueden ser más efectivas si se aumenta la distancia al punto O. [31]

Como se trata de evitar que la fuerza AB gire en torno al centro del eje, para evitar que la viga se deforme, mientras mayor sea la distancia entre A y B, mayor será la resistencia de la viga hacia los esfuerzos de flexión. [31]

En el gráfico 20 se muestra cómo se hace un ensayo de una viga sometida a flexión para saber la fuerza máxima que resiste.

Gráfico 20: Ensayo de flexión



Fuente: http://tipscasa.blogspot.com/

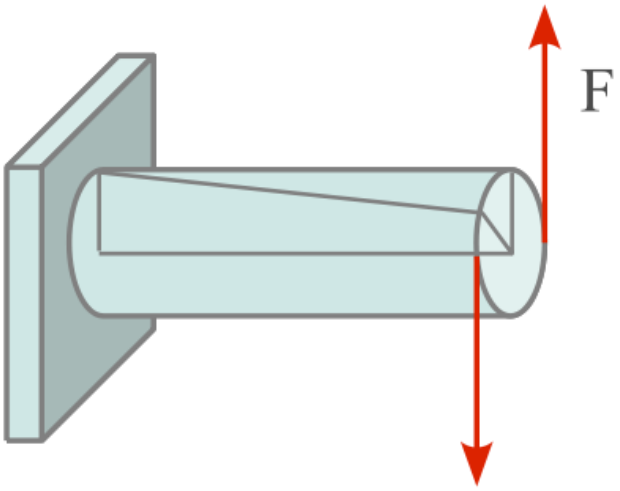
2.2.9.2. Torsión

Es la situación que se presenta al actuar un momento sobre el eje longitudinal de ciertos elementos constructivos o prismas mecánicos, como pueden ser ejes o, en general, elementos donde una dimensión predomina sobre las dos, aunque es posible encontrarlas en diversas situaciones.

La torsión se caracteriza geométricamente porque cualquier curva paralela al eje de la pieza deja de estar contenida en el plano formado inicialmente por las dos curvas. En lugar de eso una curva paralela al eje se retuerce alrededor de él. [32]

En el gráfico 21 se muestra cómo actúan las fuerzas en un eje para provocar torsión.

Gráfico 21: Torsión

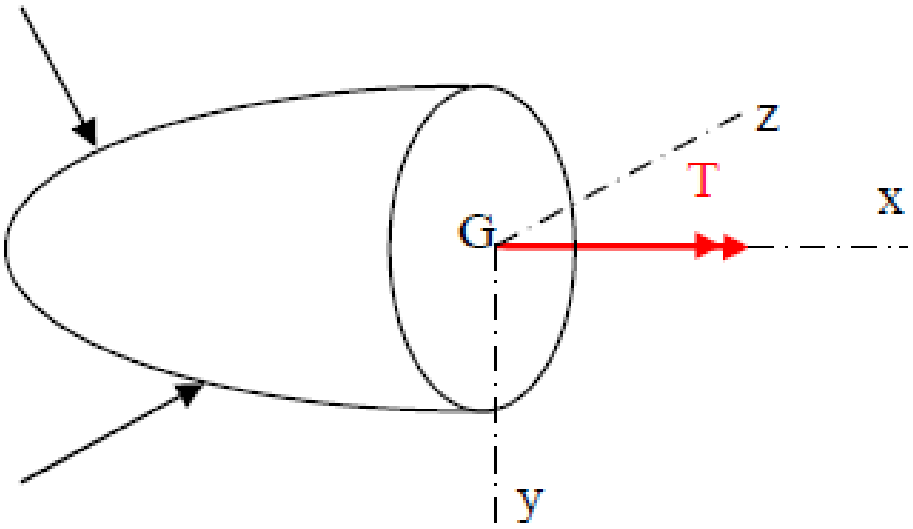


Fuente: https://ibiguridp3.wordpress.com/res/tor/

Un elemento está sometido a torsión cuando en una sección el momento resultante de las fuerzas que actúan en el interior presentan la componente $M_x = T$. [33]

En el gráfico 22 se visualiza las direcciones de las fuerzas internas de un eje a torsión.

Gráfico 22: Fuerzas internas



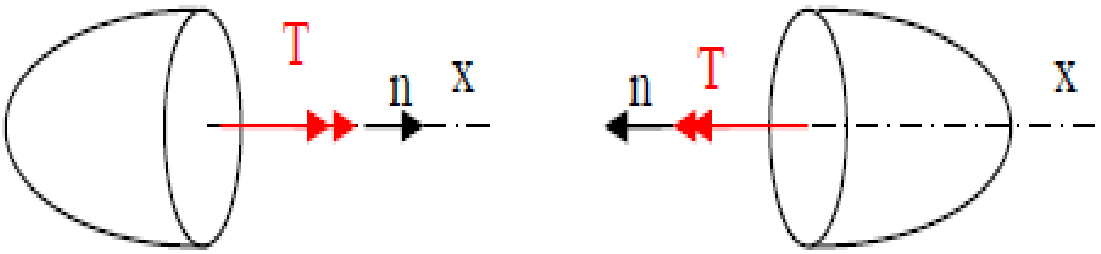
Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL.) – 2008.

Se debe tener en cuenta el sentido para la aplicación de los signos en los Momentos Torsores, para ello se implementa los siguientes gráficos:

$$T > 0 \rightarrow si\ su\ sentido \text{ es el de la normal saliente de la sección}$$

En el gráfico 23 y 24 se observa el sentido normal saliente de la fuerza de torsión.

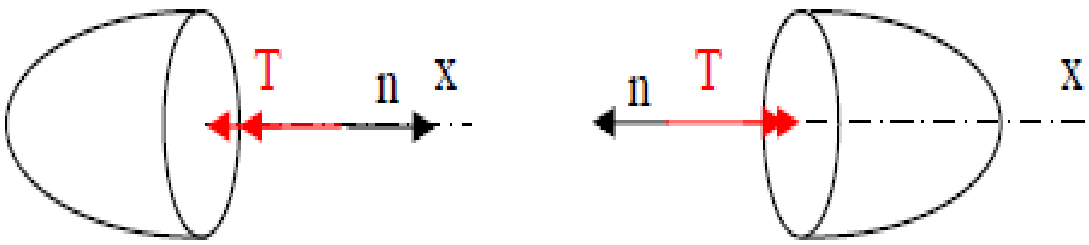
Gráfico 23: Sentido de la normal saliente.



Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL.) – 2008.

$$T < 0 \rightarrow si\ su\ sentido\ es\ contrario\ al\ de\ la\ normal\ saliente\ en\ la\ sección$$

Gráfico 24: Sentido de la normal saliente.



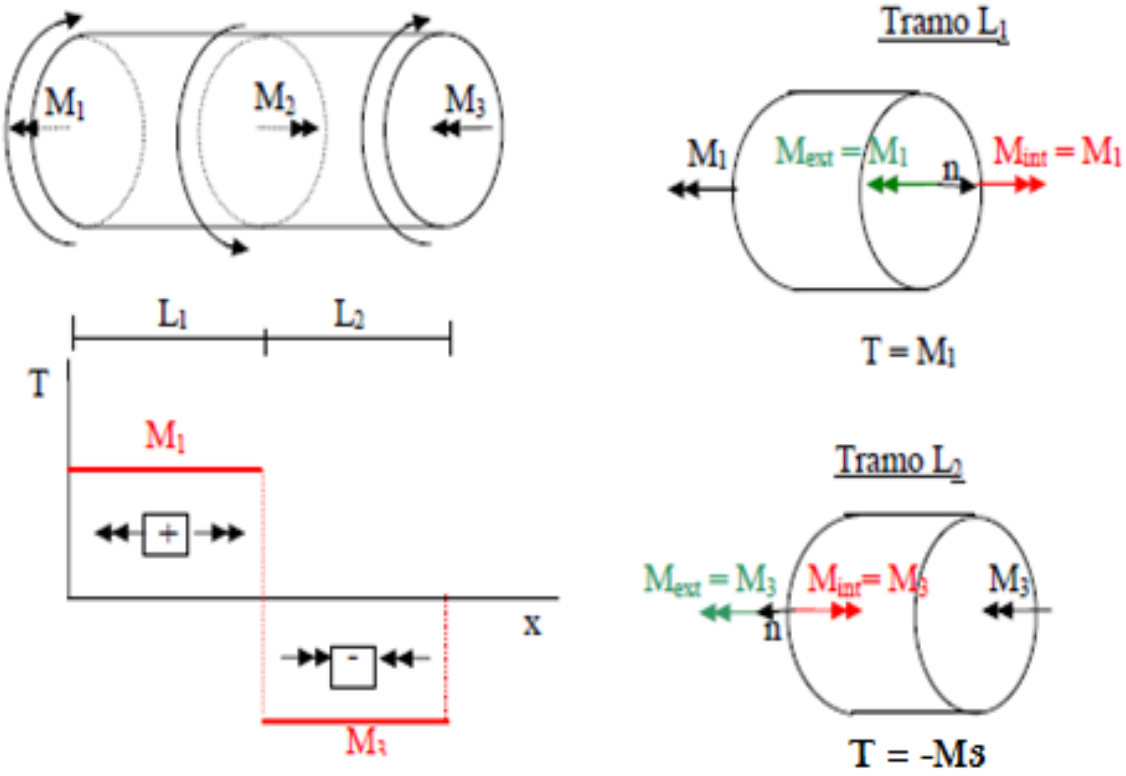
Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL) – 2008.

Diagramas de Momentos Torsores

De acuerdo a cada sección del elemento estructural estudiado los diagramas de Momentos Torsores indicarán su correspondiente Momento Torsor. [33]

En el gráfico 25 se observa el diagrama de momentos torsores de acuerdo al sentido de la fuerza de torsión.

Gráfico 25: Diagramas de Momentos Torsores



Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL) – 2008.

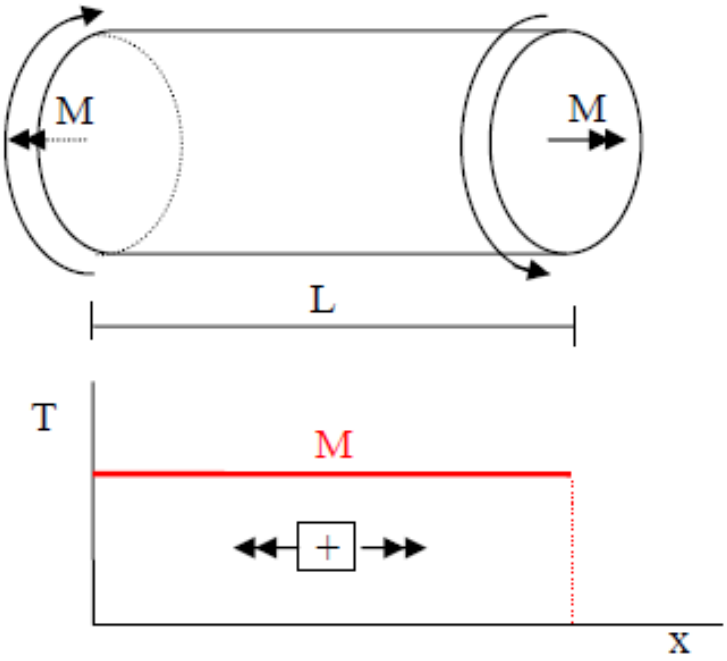
Tipos de Torsión que se pueden dar en un elemento estructural:

Torsión uniforme

En la siguiente barra se visualiza que trabaja a Torsión Uniforme solo si el elemento estudiado cumple: "El Momento Torsor es el único esfuerzo presente y además es constante a lo largo de la barra y sus extremos pueden alabear libremente". [33]

La torsión uniforme se representa en el gráfico 26 con su respectivo diagrama de momento Torsor.

Gráfico 26: Torsión Uniforme



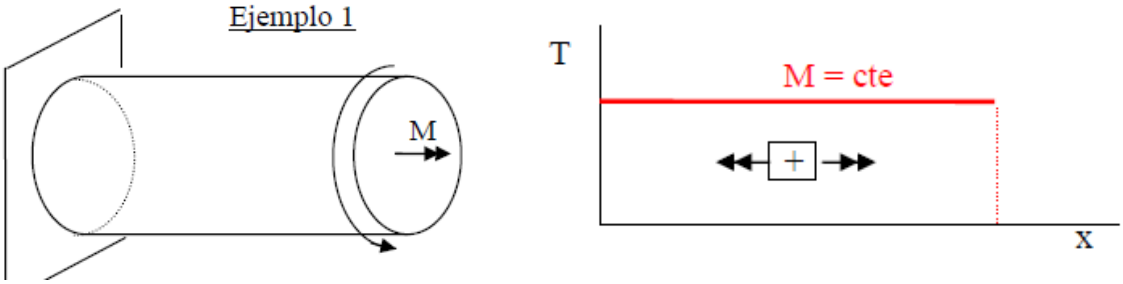
Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL) – 2008.

En este tipo de torsión, el alabeo que se produzca será el mismo en todas las secciones a lo largo de la barra, debido a que es uniforme y se podrá afirmar que las tensiones normales serán cero ($\sigma_x = 0$), por este motivo sólo se dará lugar a tensiones cortantes: $\boldsymbol{\tau}$ [33]

Torsión no uniforme

Se considera que una torsión no es uniforme si la barra no cumple la condición anterior.

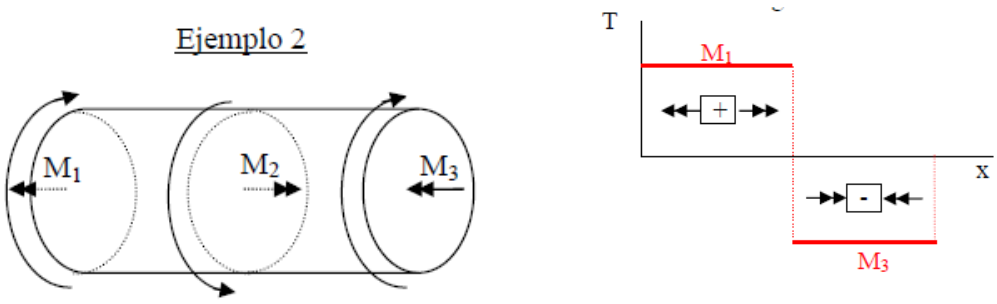
Gráfico 27: Barra con un extremo empotrado



Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL) – 2008

En esta sección no podrá alabear libremente debido a que uno de sus extremos se encuentra empotrado.

Gráfico 28: Momento Torsor no constante



Fuente: E.P.S.-Zamora – (U.SAL) – 2008

En esta sección se puede observar que el Momento Torsor no es constante a lo largo de la barra. El alabeo no será el mismo en diferentes secciones, dado que se producirán tensiones normales $\boldsymbol{\sigma_x}$ y tensiones cortantes $\boldsymbol{\tau}$

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La investigación para diseñar una máquina desmucilaginadora de cacao se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en la Ciudad de Quevedo provincia de Los Ríos, en la Av. Quito km 1 ½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas. Con ubicación geográfica 1º00'45.6"S 79º28'01.7"W.

3.2. Tipo de investigación

Los tipos de investigación que se utilizaron para la resolución de este proyecto son: la investigación bibliográfica e investigación descriptiva.

3.2.1. Investigación bibliográfica

Mediante el uso de este tipo de investigación se recopiló la información más relevante comprendida en datos estadísticos, libros y otros tipos documentos basados en el tema de diseño de una máquina desmucilaginadora de cacao.

3.2.2. Investigación descriptiva

Este tipo de investigación se utilizó para determinar las principales características en el proceso de desmucilaginado del cacao, información elemental que facilitará el diseño de la máquina desmucilaginadora de cacao.

3.2.3. Investigación de campo

La aplicación de este tipo de investigación permite el contacto directo con el proceso de desmucilaginado, proporcionando una idea clara de las condiciones reales a las que será sometida la máquina.

3.3. Métodos de investigación

La metodología es una etapa de suma importancia que contribuye con la búsqueda de información para la resolución de este proyecto, con el uso de los diferentes métodos de investigación que se describen a continuación.

3.3.1. Método Deductivo

El uso de este método proporciona la facilidad para recolectar información fundamental de textos, sitios web y trabajos de tesis, con la finalidad de obtener parámetros de diseño con una base científica que ayudaran al cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3.2. Método Inductivo

Este método se utilizó para comprobar las hipótesis planteadas, basándose en la información obtenida con la implementación del método deductivo para generar fundamentos que contribuyen a la resolución de las conclusiones de este proyecto.

3.3.3. Método analítico

Mediante el uso de este método se realiza un tratamiento de datos, analizando la información obtenida de una encuesta realizada a diez pequeños productores de cacao, con la finalidad de determinar los parámetros de diseño que se requiere para la máquina destinada a la separación del mucílago de la semilla del cacao.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias

- Técnica de la Encuestas
- Observación directa

3.4.2. Fuentes secundarias

- Textos
- Documentos
- Artículos
- Sitios web
- Trabajos de Investigación

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Técnica de la Entrevista

La técnica de la entrevista usa el instrumento guía detallado en la tabla 4, para obtener información acerca de los conocimientos de diez Agricultores Cacaoteros del Cantón Quevedo y sectores aledaños. Se realizaron 7 preguntas con respecto al uso del mucílago de cacao.

En las tablas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 se muestra las entrevistas realizadas a 10 personas de Quevedo y sectores aledaños.

Tabla 4: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Alvarado" de Quevedo

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	Quincenalmente
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	La cantidad de cacao es de 3 quintales de cacao por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	7 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Son desechados en la misma finca
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No se tiene conocimiento
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Claro, nos serviría de gran ayuda en nuestros ingresos económicos al poder vender este producto
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Por supuesto, se evitaría desperdiciar esta materia prima y tendremos ganancias

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 5: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Flores" de Quevedo

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	De 15 a 20 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 3 a 4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	5 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se desecha en un pozo recolector, para que después sea resumido por el suelo
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No, normalmente lo desechamos
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si, así no se desperdicia este producto tan importante
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Claro, nos generaría ingresos para mejorar nuestra economía

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 6: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Dos Hermanos" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	Cada 15 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 2 a 3 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	6 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se lo desecha en la huerta
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No tiene conocimiento
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Se aprovecha el producto que desechamos
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Si, nos generaría más ganancias

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 7: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Valdez" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	Cada 20 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 5 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	10 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se vota en la misma plantación
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	Si, pero poca información
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si, en caso de que haya donde vender ese producto
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Si hubiera donde vender el mucílago

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 8: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Felicidad" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	15 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	3 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se deja resumir por la tierra
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Claro, nos generaría ingresos para mejorar nuestra economía

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 9: Entrevista realizada a la propietaria de la Agrícola "Valarezo" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	Cada 8 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 3 a 4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	8 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se deja en el campo
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Claro para no desperdiciar la baba de cacao
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Claro, nos generaría ingresos para mejorar nuestra economía

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 10: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Melina" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	10 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 3 a 4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	5 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se desecha en el suelo
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	Sí, pero muy poca información
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Claro para tener mejores ingresos

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 11: Entrevista realizada a la propietaria de la Agrícola "Dolores" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	10 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha de 4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	3 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se riega en el monte
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si, para darle un uso a la baba de cacao
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Si es que se gana más dinero

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 12: entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Don Néstor" de La Maná

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	15 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	4 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	7 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Se desecha
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	No
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	No

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Tabla 13: Entrevista realizada al propietario de la Agrícola "Hnos. Vaca" de Valencia

Pregunta	Respuesta
¿Cuál es la frecuencia con la que cosecha el cacao?	20 días
¿Cuál es la cantidad de cacao que cosecha en este periodo?	Se cosecha 2 quintales por hectárea
¿Cuántas hectáreas de cacao posee?	9 hectáreas de cacao
¿Qué hace con el mucílago que se desprende de la cosecha de cacao?	Lo desechamos en la finca
¿Sabía usted que el mucílago es materia prima para elaborar jaleas, mermeladas, licor?	No
¿Cree que sería de utilidad una máquina que permita recolectar este producto?	Si, así no se desperdicia este producto
¿De estar a su alcance, desearía comprar una máquina de este tipo?	Claro, nos generaría más ganancia

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Carlos Guanín, 2017

Interpretación: De las encuestas realizadas a 10 personas dedicadas a la agricultura se concluye que la mayoría no tiene conocimientos acerca del uso del mucílago y por eso no lo recolectan, y también opinan que sería una manera de mejorar sus ingresos.

3.6. Recursos humanos y materiales

3.6.1. Humanos

Proyectista
Director de Tesis

3.6.2. Materiales de oficina

Computador – Impresora

Resmas de papel bond de 75gr

Internet

Flash memory.

Lápiz – Esferos – Borrador

Calculadora

Hardware

Tabla 14: Materiales de oficina

Cantidad	Equipo	Descripción
1	Ordenador Portátil	• Windows 8.1 • Intel Core i7 3.5Ghz 8Gb RAM • 1 Tb de Disco Duro
1	Impresora	Epson

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

SOFTWARE

SOLIDWORKS

AutoCAD

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Planteamiento de alternativas

4.1.1.1. Alternativa A. (desmucilaginadora de cilindro horizontal)

Esta máquina se fabricó en Malasia, destinada a la separación del mucílago de las almendras de cacao, tiene una tolva en la parte superior para el ingreso del producto, con un cilindro en disposición horizontal donde se ejecuta la operación, debajo del mismo se encuentra situada una tolva y un desagüe, encargados de recoger las almendras ya escurridas y el mucílago respectivamente. [34]

Gráfico 29: Desmucilaginadora horizontal.

Fuente: Universidad Industrial de Santander

Ventajas:

- Fácil de llenado y transporte
- Facilidad de recolección del producto terminado

Desventajas:

- Dificultad en el mantenimiento
- Complicación en el lavado interno después de cada proceso

4.1.1.2. Alternativa B. (Desmucilaginadora de cilindro vertical y eje sin fin)

Este diseño posee una tolva superior para el ingreso del producto, seguida por una válvula de paso, encargada de permitir el paso de las semillas al cilindro dispuesto verticalmente, dentro del cual se encuentra un cilindro rodeado de múltiples dedos para lograr el desmucilaginado, un eje sin fin encargado de transportar las almendras y el mucilago a sus respectivos recipientes. [35]

Gráfico 30: Desmucilaginadora con eje sin fin

Fuente: Diseño de un prototipo experimental desmucilaginador de cacao

Ventajas:

- Facilidad de manejo de la máquina
- Facilidad de transporte
- Control de paso del producto

Desventajas:

- Complicación en el lavado interno de los elementos
- La capacidad del sistema de recolección de producto terminado no es proporcional al volumen de ingreso del producto adquirido

4.1.1.3. Alternativa C. (Desmucilaginadora con cilindro vertical con acción de centrifugado)

Este diseño se caracteriza por tener un cilindro perforado donde se ingresa el producto, la operación se ejecuta con la acción de un motor eléctrico, haciendo que la fuerza centrífuga del movimiento del cilindro perforado desprenda el mucílago de las almendras permitiendo la salida del mismo por los agujeros. En su exterior se sitúa otro cilindro que es el encargado de recolectar el mucílago para evacuarlo por un tubo donde será su recolección. [36]

Ventajas:

- Fácil llenado
- Rápido y eficaz desprendimiento del mucílago
- Evacuación de mucílago
- Facilidad de lavado de elementos internos

Desventajas:

- Empleo de fuerza física para vaciar el producto terminado

Gráfico 31: Desmucilaginadora efecto centrifugado

Fuente: Autor 2017
Elaborado por: Carlos Guanín

Una máquina desmucilaginadora de cacao es usada para realizar la operación agrícola de separar el mucílago de la semilla. Existen pocos diseños de este tipo de máquinas por motivo

de que esta actividad es muy poca aprovechada por los agricultores cacaoteros, puesto que no hay suficiente información sobre los usos industriales que se le da al mucílago, y los subproductos que se pueden elaborar a partir de esta materia prima.

Es de suma importancia comparar las alternativas e identificar sus ventajas y desventajas, con la información obtenida se logra mejorar el diseño de la máquina del presente trabajo de investigación, cada máquina posee ciertas desventajas lo cual ayuda al diseñador a tener una idea clara de realizar un mejoramiento en su diseño.

4.1.2. Investigación de los materiales, normas y factores para fabricar máquinas procesadoras de alimentos

4.1.2.1. Material utilizado para la fabricación de máquina

El metal utilizado para fabricar máquinas procesadoras de alimentos es el acero inoxidable, debido a sus propiedades mecánicas y físicas proporciona mayor durabilidad especialmente en máquinas que trabajaran con alimentos que poseen sustancias químicas que afectan a los metales comunes como acelerar la corrosión del material que al estar en contacto con los alimentos los contamina debido al material que se desprende por el cambio físico que provoca la corrosión.

Propiedades del acero AISI 304

Esfuerzo Fluencia (mín.) = 205 MPa
Esfuerzo Tracción (mín.) = 515 Mpa
Elongación (mín.) = 40%
Dureza (máx.) Brinell = 201(HB)

4.1.2.2. Normas de manipulación de alimentos

Esta máquina está destinada a procesar materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, por este motivo su diseño y selección de materiales debe cumplir con las siguientes normas estandarizadas:

Basándose en el código de practica para la manipulación de alimentos:

- Todo equipo y utensilios utilizados para la manipulación de alimentos deben estar fabricados de un material que no transmita malos sabores, olores y sustancias toxicas que afecten la salud de los consumidores, de igual manera no debe ser absorbente ni corrosible capaz de resistir varias limpiezas y desinfecciones.

- Para una correcta circulación del producto, las superficies en contacto con los alimentos deben ser lisas en su totalidad, no poseer hoyos ni grietas, evitar el uso de materiales que impidan una correcta desinfección y limpieza, tales como madera u otros. [30]

4.1.2.3. Factores que influyen para la selección de una alternativa y su construcción

Se debe tomar en cuenta ciertos factores que son de suma importancia para la selección de la alternativa más conveniente y para su construcción mismos que se detallan a continuación:

- Aspecto económico
- Facilidad de montaje y desmontaje
- Facilidad de construcción
- Facilidad de operación
- Producto terminado
- Mantenimiento
- Seguridad

4.1.2.4. Aspecto económico

El aspecto económico es un factor muy importante para diseñar una máquina, ya que de este depende si nuestra máquina va a tener buena acogida en el mercado, tomando en cuenta que este proyecto va destinado a pequeños productores. Para determinar este factor es muy importante tener en cuenta el número de piezas a construir y la manera de obtenerlas. Este aspecto se le da un valor de ponderación de 7.

4.1.2.5. Facilidad de montaje y desmontaje

El nivel de facilidad de montaje o desmontaje depende directamente del número de piezas y la complejidad de cada una de ellas, este factor recibe un valor de ponderación de 8.

4.1.2.6. Facilidad de construcción

Este factor está enfocado a las distintas posibilidades que tienen las partes de la máquina para ser construidas. De la misma manera se enfoca a la disponibilidad de obtener en el mercado los materiales de construcción como también las herramientas que se necesita para su ensamblaje. Su valor de ponderación es de 9.

4.1.2.7. Facilidad de operación

Cabe recalcar que el destino de la máquina es un agricultor, los cuales no todos están capacitados sobre sistemas mecánicos, por este motivo la máquina debe ser diseñada para construir procurando facilitar su operación. Este factor tiene un valor de ponderación de 8.

4.1.2.8. Producto terminado

El proceso para el cual está destinada esta máquina debe ser de óptimo rendimiento, para obtener la mayor cantidad posible de mucílago. Por este motivo se le da un valor de ponderación de 10.

4.1.2.9. Mantenimiento

Es de básico conocimiento de cualquier persona interesarse por el tipo, costo y tiempo de mantenimiento que se le debe dar a una máquina antes de comprarla. La norma ISO 55000 trata de la gestión de activos físicos desde la etapa de generación del diseño hasta la disposición final; es decir que el mantenimiento es una de las etapas de gestión de activos NTE INEN – ISO 55000, 2016. Estas importantes razones hacen que este factor reciba un valor de ponderación de 7.

4.1.2.10. Seguridad

La seguridad es un factor indispensable que se debe tomar en cuenta desde la fase inicial del diseño hasta el ciclo final de la vida útil de las máquinas. Existen leyes que exigen que las máquinas sean seguras, además es un principio moral de los diseñadores evitar cualquier accidente en el uso de las máquinas, por este motivo la seguridad debe estar presente en la fabricación, montaje, funcionamiento y mantenimiento. Este factor se pondera con un valor de 10.

4.1.2.11. Valoración de alternativas

Tabla 15: Ponderación de las alternativas de diseño

PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	ALTERNATIVA MODELO	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	ALTERNATIVA C
Facilidad de montaje y desmontaje	8	5	4	6
Facilidad de construcción	9	7	6	7
Facilidad de operación	8	7	6	8
Producto terminado	10	7	6	9
Mantenimiento	7	6	4	6
Seguridad	10	8	7	8
Costo	7	6	5	5
Suma	58	46	38	49
Valores técnicos X=Z/Zi	1	0.79	0.65	0.84

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Carlos Guanín, 2017

Dónde:

Z= Puntaje de alternativas

Z_i= Puntaje de alternativa modelo

4.1.3. Diseño del prototipo de la maquina desmucilaginadora de cacao

4.1.3.1. Cálculo del volumen del cilindro perforado

Para el cálculo del volumen del cilindro perforado, partimos de la capacidad que va a tener nuestra máquina, ya que es una máquina destinada a pequeños productores de cacao tendrá una capacidad de 100 lb de granos frescos de cacao.

Datos:

100 lb = 45,45 kg

δ cacao = 900 kg/cm³

$$V = \frac{m}{\delta} \quad (1)$$

$$V = \frac{45{,}45\ kg}{900\ kg/m^3}$$

$$\boldsymbol{V = 0{,}05\ m^3//}$$

4.1.3.2. Dimensionamiento del cilindro perforado

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

$$h = \frac{V}{\pi * r^2} \quad (2)$$

$$h = \frac{0{,}05\ m^3}{\pi * (0{,}18\ m)^2}$$

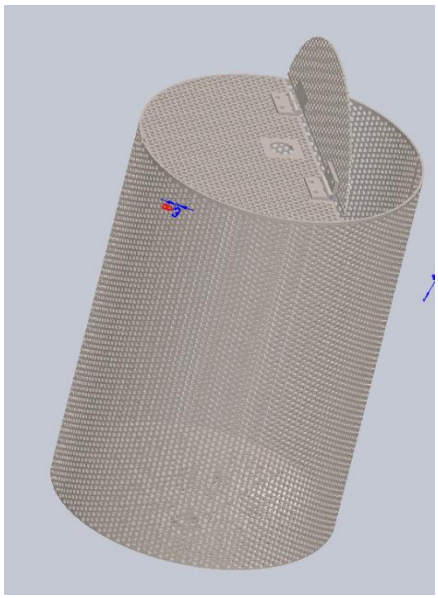
$$\boldsymbol{h = 0{,}491\ m = 491\ mm}$$

Se recomienda sobredimensionar un 12% la altura del cilindro para evitar derrames.

Entonces h = 491*12% = 58,92; h = 491+59 = 550 mm

h = 550 mm

Gráfico 32: Cilindro perforado



Fuente: Autor 2017
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

4.1.3.3. Determinación de las dimensiones de la plancha perforada

Para determinar las dimensiones de la plancha debemos tener en consideración la altura y el radio para obtener el perímetro.

h = 0,55 m
r = 0,18 m
P =?

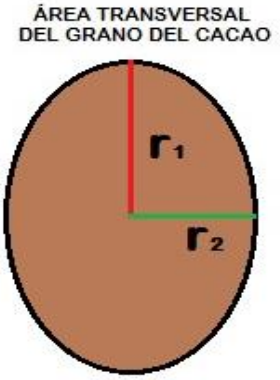
$$P = 2 * \pi * r \quad (3)$$

$$P = 2 * \pi * 0{,}18\ m$$

$$\boldsymbol{P = 1{,}131\ m//}$$

4.1.3.4. Determinación del tamaño de los agujeros de la plancha perforada

Para determinar el diámetro de los agujeros de la plancha perforada se toma en consideración las medidas de 10 granos de cacao como muestra, presentados en la siguiente tabla.



La tabla 16 trata del cálculo del are transversal de 10 semillas de cacao, tomadas como muestra para determinar el diámetro de los agujeros de la plancha perforada.

Tabla 16: Promedio del área transversal de los granos de cacao

Núm. de muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	$\pi * r_1 * r_2$	Área transversal
1	11	9	π*5,5*4.5	77,7
2	10	7	π*5*3,5	54,9
3	10	8	π*5*4	62,8
4	9	7	π*4,5*3,5	49,4
5	8	6	π*4*3	37,6
6	8	7	π*4*3,5	43,9
7	9	8	π*4,5*4	56,5
8	10	8	π*5*4	62,8
9	11	9	π*5,5*4,5	77,7
10	12	11	π*6*5,5	103,6
Suma				683,8
Promedio				68,3

Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Si tomamos el diámetro del agujero como d = 6mm, el área será

$$A = \pi * r^2 \quad (4)$$

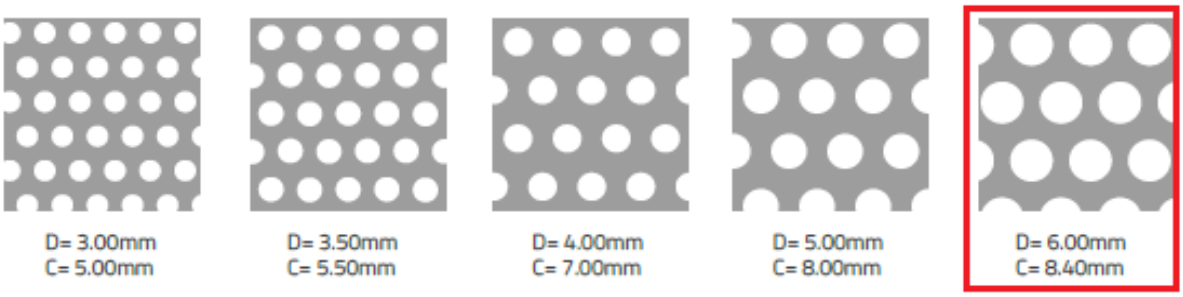
$$A = \pi * 3^2$$

$$\boldsymbol{A = 28,3\ mm^2 //}$$

El área de los agujeros al ser menor que el área transversal promedio de las 10 muestras de cacao, evitará que los granos de cacao salgan del cilindro perforado.

Observando los valores obtenidos en la tabla 9, existen medidas superiores al área obtenida, los granos al tener dimensiones diferentes, el diámetro de los agujeros será de 6mm. En el gráfico 33 se muestra la selección del tamaño de los agujeros, según el resultado de los cálculos y la disposición de la medida en el catálogo de planchas perforadas "Acerimallas"

Gráfico 33: Selección de plancha perforada



Fuente: Acerimallas.
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

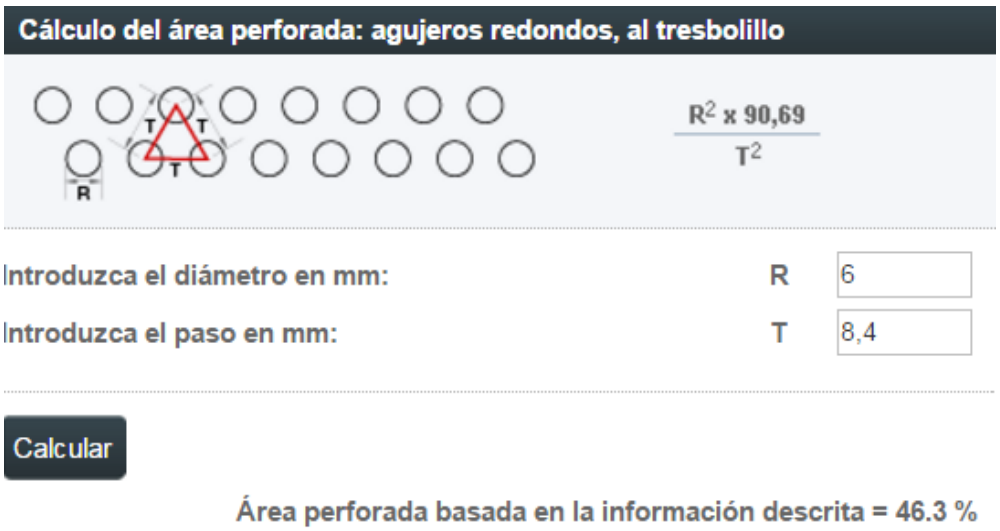
4.1.3.5. Cálculo del peso de la plancha perforada

Para determinar el peso de la plancha perforada se toma en consideración el diámetro y el paso de los agujeros, para calcular el peso de la plancha perforada se utilizó una hoja de cálculos proporcionada por el CATÁLOGO DE PERFORACIONES "RM".

4.1.3.6. Cálculo del área perforada de la plancha

En el grafico 34 se presenta una hoja de cálculos proporcionada por el catálogo de perforaciones "RM" que nos permite calcular la separación entre agujeros según sus diámetros.

Gráfico 34: Hoja de cálculo de catálogo de perforaciones RM



Fuente: Acerimallas
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

[37]

Comprobación:

$$A = \frac{R^2 * 90{,}68}{T^2} \quad (5)$$

$$A = \frac{6^2 * 90{,}68}{8{,}4^2}$$

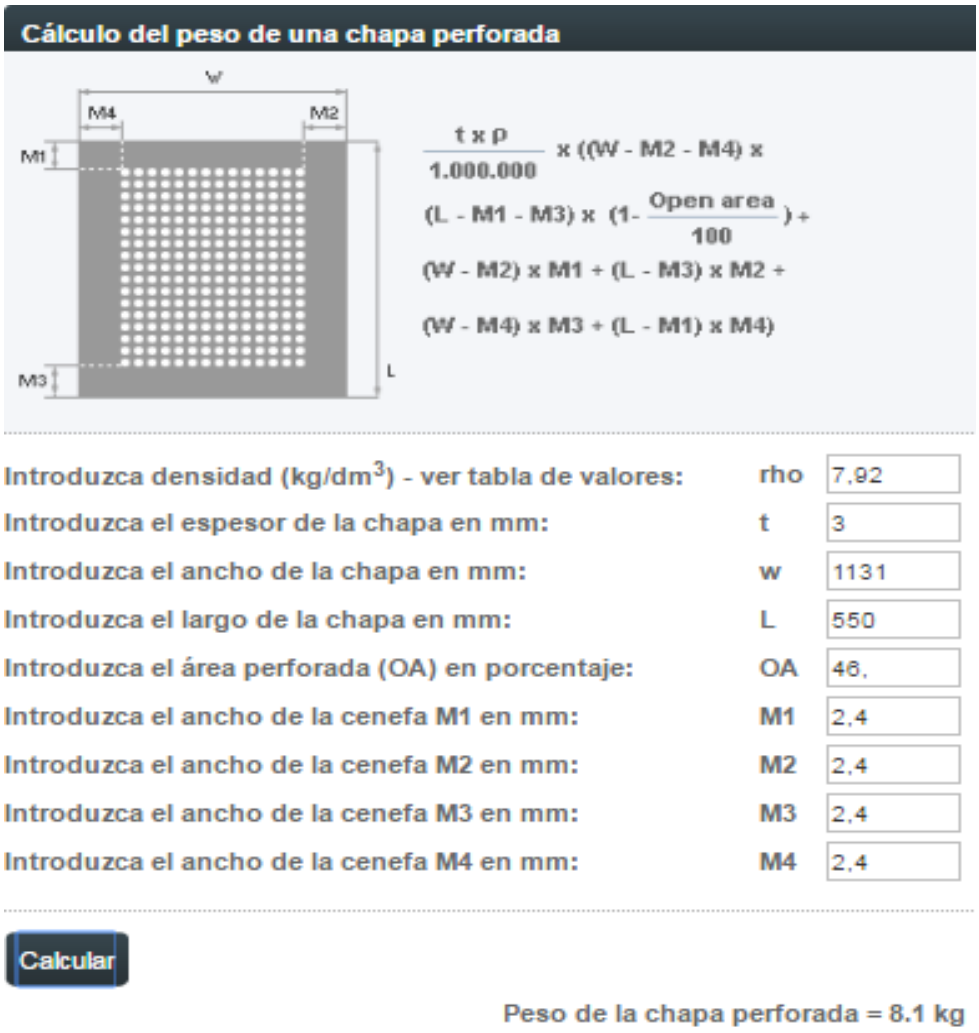
$$\boldsymbol{A = 46{,}26//}$$

Una vez corroborada la confiabilidad de la hoja de cálculos del catálogo de perforaciones RM utiliza la siguiente hoja para calcular el peso de la plancha perforada.

4.1.3.7. Cálculo del peso total de la plancha perforada en Acero AISI 304

En el gráfico 35 se plantea una hoja de cálculo para determinar el peso de la plancha perforada.

Gráfico 35: Hoja de cálculos de peso de plancha perforada



Fuente: Acerimallas
Elaborado por: Guanín, C. (2017)[37]

Los datos de M1, M2, M3, y M4, corresponden a la distancia del área perforada con el perímetro de la plancha. Nuestra plancha al ser perforada en su totalidad se usa el valor de la longitud de separación entre agujeros (paso), la cual corresponde a 2,4 mm que sumado los radios de los agujeros $r_1 = 3$ mm, $r_2 = 3$ mm, se obtiene la distancia entre centros 8,4mm, especificado anteriormente.

Realizado el cálculo del peso de la plancha en la hoja de cálculos del catálogo de perforaciones RM, nos arroja un resultado de **8,1 kg R//**

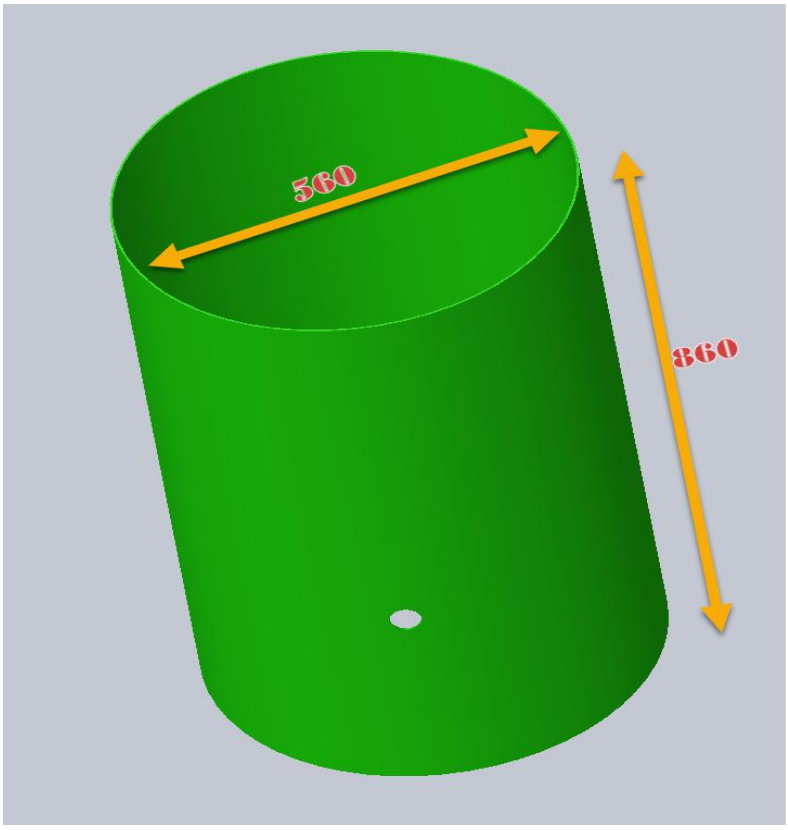
4.1.3.8. Dimensionamiento del cilindro exterior

El cilindro exterior servirá para evitar las salpicaduras del mucílago provocado por el efecto de centrifugación, como también servirá para la recolección del mismo obtenido en este proceso.

Hay que tomar en cuenta el mantenimiento y limpieza de la máquina, por tal motivo se le asigna 200mm a su diámetro y 310mm a su altura, espacio que será suficiente para que el operador introduzca su mano para realizar la limpieza después de cada día de labores.

En el gráfico 36 se muestra la apariencia final del cilindro externo construido.

Gráfico 36: Cilindro exterior



Elaborado por: Guanín, C. (2017)

4.1.3.9. Determinación de las dimensiones de la plancha para el cilindro exterior

Diámetro del cilindro exterior = d = 0,56m
Altura del cilindro exterior = h = 0,86 m

$$P = 2\pi * r \tag{6}$$

$$P = 2\pi * 0{,}28m$$

$$P = 1{,}7593m//$$

$$\boldsymbol{P = 1{,}760m//}$$

4.1.3.10. Determinación del peso de la plancha para el cilindro exterior

Para determinar el peso de la plancha se toma en cuenta los valores de las medidas totales que corresponden a la plancha y el material del que está hecho.

Donde:

A = ancho = 1,76m
h = altura = 0,86m
e = espesor = 0,003m
δ Acero AISI 304 = 7930 kg/m³

$$Peso_{\ plancha} = A * h * e * \delta \tag{7}$$

$$Peso_{plancha} = 1{,}76m * 0{,}86m * 0{,}003m * 7930kg/m^3$$

$$\boldsymbol{Peso_{plancha} = 36{,}01kg//}$$

4.1.3.11. Diseño de los ejes de la máquina

Para el diseño se selecciona el acero inoxidable AISI 304; JIS SUS 304; DIN 4301, por ser un acero versátil es el más usado de los aceros inoxidables de la serie 300.

Se desempeña excelentemente en el conformado y soldado debido a sus propiedades, tiene excelente resistencia a la corrosión en servicio intermitente hasta 870ºC y en servicio continuo hasta 925ºC.

Para la soldadura en Acero 304 se recomienda electrodos recubiertos AWS E3082-17. En nuestra marca ESAB corresponde a electrodos OK6130 en soldadura TIG, la norma AWS indica ER 308LSi.

Las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304 se encuentran disponibles en la tabla 17.

Tabla 17: Limite de resistencia del Acero Inoxidable

	Propiedades Mecánicas			
AISI	**Esfuerzo Fluencia (mín.) MPa**	**Esfuerzo Tracción (mín.) Mpa**	**Elongación (mín.) %**	**Dureza (máx.) Brinell (HB)**
304	205	515	40	201
304L	170	485	40	201

Fuente: Catálogo de Aceros OTERO
Elaborado por: Guanín, C. (2017)

4.1.3.12. Cálculo del eje vertical

En el gráfico 37 se visualiza una página del catálogo de motores ABB, en el que se seleccionó el motor eléctrico según nuestra necesidad.

Gráfico 37: Catálogo de motores eléctricos ABB

Potencia					Eficiencia [%]			Factor de potencia				Corriente			Torque			Momento de inercia		
					% de la potencia nominal							In	Is	Ivacio	Tn	Ts	Tmax	J=1/4GD2	Peso	Ruido
[kW]	[HP]	Tipo		r/min	50	75	100	50	75	100	FS	[A]	In	[A]	[Nm]	Tn	Tn	[kgm2]	[kg]	[dBA]
6 polos = 1200 r/min				440 V	60 Hz															
0,25	0,33	M2QA	71 M6B	1080	52,9	57,9	59,8	0,40	0,50	0,61	1,15	0,90	3,6	0,7	2,2	1,9	2,5	0,00074	11	46
0,37	0,5	M2QA	80 M6A	1108	56,3	61,3	63,3	0,40	0,54	0,65	1,15	1,2	4,8	0,9	3,2	2,0	2,0	0,00159	17	49
0,55	0,75	M2QA	80 M6B	1105	58,4	63,1	64,9	0,42	0,56	0,67	1,15	1,7	3,7	1,3	4,8	1,9	1,9	0,00196	18	49
0,75	1	M2QA	90 S6A	1111	63,9	69,0	70,8	0,48	0,63	0,72	1,15	1,9	3,6	1,4	6,4	2,1	2,3	0,00292	21	52
1,1	1,5	M2QA	90 L6A	1105	67,2	72,2	73,3	0,51	0,65	0,75	1,15	2,7	3,7	1,9	9,7	2,0	2,4	0,00379	25	52

Fuente: Catálogo de Motores Eléctricos ABB

Características del motor:

Potencia = 1hp = 0,75kw

6 polos = 1200 rpm

Torque:

$Tn = 6{,}4Nm$

$\frac{Tmáx}{Tn} = 2{,}3$

$$T_{máx} = 2{,}3 * T_n \quad (8)$$

Donde:

Tn = Torque nominal

Tmax = Torque máximo

$$T_{máx} = 2{,}3 * 6{,}4Nm$$

$$\boldsymbol{T_{máx} = Mt = 14{,}72Nm}$$

Momento Torsor

$$\boldsymbol{\tau_r} = \frac{Mt*r}{Ip} \quad (9)$$

Donde:

$\boldsymbol{\tau_r}$ = Esfuerzo de torsión

Mt = Momento Torsor

Ip = Momento polar de inercia

Momento Polar de Inercia

$$Ip = \frac{\pi*{d_v}^4}{32} \quad (10)$$

Donde:

Ip = momento polar de inercia

d_v = diámetro del eje vertical

Reemplazando Ec. 11 en Ec. 10

$$\tau_r = \frac{Mt*r}{\frac{\pi*{d_v}^4}{32}} \quad (11)$$

Donde:

τ_r = *Esfuerzo de torsión*

$$\tau_r = \frac{Mt*\left({}^{d}/_{2}\right)}{\frac{\pi*{d_v}^4}{32}} \quad (12)$$

Mt = Momento Torsor

d_v = *diámetro del eje vertical*

$$\tau_r = \frac{Mt*16}{\pi*{d_v}^3} \quad (13)$$

Al despejar el diámetro del eje vertical tenemos:

Donde:

d_v = diámetro del eje vertical

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{Mt*16}{\pi*\tau_r}} \quad (14)$$

Mt = Momento Torsor

τ_r = Esfuerzo de torsión

Momento Torsor con Factor de Seguridad

Donde:

$$\frac{S_y}{2*F_s} = \tau_r \quad (15)$$

τ_r = Esfuerzo de torsión

S_y = Esfuerzo de fluencia

F_s = Factor de seguridad

$$\tau_r = \frac{215*10^6 N/m^2}{2(2,5)}$$

$$\boldsymbol{\tau_r = 43 * 10^6 N/m^2}$$

Cálculo del diámetro del eje vertical

Donde:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{Mt*16}{\pi*\tau_r}} \quad (16)$$

d_v = diámetro del eje vertical

Mt = Momento Torsor

τ_r = Esfuerzo de torsión

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{14,72Nm*16}{\pi*43*10^6 N/m^2}}$$

$$\boldsymbol{d_v = 0,012m = 12mm}$$

Mediante el cálculo por torsión, al aplicar sus respectivas fórmulas, se obtiene como resultado del diámetro del eje de 12mm, que es el diámetro mínimo que resistirá a este tipo de esfuerzos, por tal motivo es recomendable sobredimensionar su medida, tomando en cuenta las medidas estandarizadas de ejes en el mercado se selecciona un diámetro de 20 mm, pero tomando en consideración que sus extremos estarán sujetos a rodamientos, se escoge como definitivo un diámetro de **25mm**, ya que con el mecanizado se realizará unos escalones donde irán los rodamientos y a la vez impidan el desplazamiento vertical del eje. En el gráfico 38 se observa el catálogo de ejes en acero AISI 304 de Irestal Group, y la selección del diámetro según los resultados obtenidos en los cálculos.

Gráfico 38: Catálogo de ejes en Acero AISI 304 Irestal Group

REDONDA
Acabado: Calibrada, torneada, forjada y forjada torneada.
Tolerancias: h9 (bajo demanda), h11, k13 y DIN 1013 (ø>100 mm)
Longitud: de 4 a 6 m.

Diámetros mm	Peso Kg/m
20	2,46
22	2,98
24	3,55
25	3,85
26	4,16
28	4,83
30	5,54
32	6,31
35	7,55
38	8,90
40	9,86
42	10,87
45	12,48
48	14,20
50	15,41
55	18,65
60	22,19
65	26,04
70	30,21
75	34,68
80	39,45
85	44,54
90	49,93
95	55,64

Diámetros mm	Peso Kg/m
100	61,55
105	67,97
110	74,60
115	81,54
120	88,78
125	96,33
130	104,20
135	112,36
140	120,84
145	129,63
150	138,72
155	148,12
160	157,83
165	167,85
170	178,18
175	188,82
180	199,76
185	211,01
190	222,57
195	234,44
200	246,62
205	259,10
210	271,89
220	298,40

Diámetros mm	Peso Kg/m
225	312,12
230	326,15
235	340,48
240	355,13
245	370,08
250	385,34
255	400,90
260	416,78
265	432,96
270	449,46
275	466,26
280	483,37
285	500,78
290	518,51
295	536,54
300	554,89
310	592,49
320	631,34
325	651,22
340	712,72
350	755,26
360	799,03
380	890,28
400	986,46

Fuente: Catálogo de ejes AISI 304 Irestal Group

4.1.3.12.1. Cálculo del peso del eje vertical

Datos:

l = longitud = 0,987m

d_v = diámetro del eje vertical = 25mm

w = peso = 3,85Kg/m

$$W = 3{,}85\frac{Kg}{m} * l \qquad (17)$$

$$W = 3{,}85\frac{Kg}{m} * 0{,}987m$$

$$\boldsymbol{W = 3{,}80Kg//}$$

4.1.3.12.2. Selección de rodamientos para el eje vertical

Selección del rodamiento

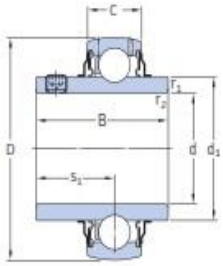
Se seleccionó un rodamiento Y SKF E2 de bolas.

A continuación, se detallan sus características:

Gráfico 39: Rodamientos SKF para el eje vertical

Rodamientos Y SKF E2 con prisioneros, ejes métricos

d 20 – 45 mm



Dimensiones							Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje	Masa	Designación
							dinámica	estática				
d	D	B	C	d_1	s_1	$r_{1,2}$	C	C_0	P_u	h6		
mm						min.	kN		kN	r. p. m.	kg	–
20	47	31	14	28,2	18,3	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,14	E2.YAR 204-2F
25	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,19	E2.YAR 205-2F
30	62	38,1	18	39,7	22,2	0,6	19,5	11,2	0,475	6 300	0,30	E2.YAR 206-2F
35	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,44	E2.YAR 207-2F
40	80	49,2	21	51,8	30,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,59	E2.YAR 208-2F

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Vida del rodamiento

En la tabla 18 se encuentra la información de la vida en horas de servicio de los rodamientos de acuerdo al tipo de máquina en la que se va a utilizar.

Tabla 18: Vida del rodamiento de acuerdo al tipo de máquina

CLASE DE MÁQUINAS	L_h (horas de servicio)
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos de uso médico.	300 a 3000
Máquinas usadas intermitentemente: máquina-herramienta portátil, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción...	3000 a 8000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad funcionamiento intermitentemente: ascensores, grúas para mercancías embaladas...	8000 a 12000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no utilizadas totalmente: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso general, machacadoras giratorias.	10000 a 25000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizadas totalmente: máquina-herramienta, ventiladores, máquinas para trabajar madera, grúas para materiales a granel, cintas transportadoras, equipos de imprenta y máquinas para la industria mecánica en general.	20000 a 30000
Máquinas para trabajo continuo,24h al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de minas, bombas, maquinaria textil.	40000 a 50000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos.	60000 a 100000

Fuente: Juan M Marín

Interpretación: Se seleccionó 300 – 3000 horas de servicio debido a que esta máquina está destinada al sector agrícola.

$L_h = 300 - 3000$ horas de servicio

Calculo de la vida nominal básica

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (18)$$

Donde:

L_{10}= vida nominal

C = carga dinámica

P = carga estática equivalente

Carga estática equivalente

$$P = \frac{Co}{So} \tag{19}$$

Donde:

P = carga estática equivalente

Co = carga estática

So = factor de seguridad

Grafico 40: Tabla de factores de seguridad

Valores orientativos para el factor de seguridad estática s_0

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios Requisitos de rendimiento (p. ej., funcionamiento silencioso o funcionamiento sin vibraciones) sin importancia		normal		sup.		Rodamientos fijos	
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque pronunciadas[1)]	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Para los rodamientos axiales de rodillos a rótula, se recomienda utilizar $s_0 \geq 4$.

[1)] Cuando no se conoce la magnitud de la carga de choque, deben utilizarse valores de s_0 por lo menos iguales a los arriba mencionados. Si se conoce la magnitud de las cargas de choque, se pueden aplicar valores de s_0 menores.

Fuente: Catalogo de rodamientos SKF

$$P = \frac{Co}{So}$$

$$P = \frac{6{,}55KN}{2}$$

$$P = 3{,}28\ KN$$

Vida nominal:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

$$L_{10} = \left(\frac{12{,}7KN}{3{,}28KN}\right)^3$$

$$L_{10} = 58{,}05\ millones\ de\ revoluciones$$

Vida nominal en horas de funcionamiento:

$$L_{10h} = \left(\frac{1000000}{60\ n}\right) L_{10} \tag{20}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{1000000}{60\ x1200}\right) 58{,}05$$

$$L_{10h} = 806{,}25\ horas\ de\ servicio$$

Vida nominal SKF confiabilidad 90%

$$L_{10m} = a_1\ x\ a\ SKF\ L_{10} \tag{21}$$

a_1 = factor de ajuste de vida útil

$a\ SKF$ = factor SKF de modificación de la vida

Gráfico 41: Factor de ajuste de vida útil

Valores del factor de ajuste de la vida útil a_1

Confiabilidad	Probabilidad de falla n	Vida nominal SKF L_{nm}	Factor a_1
%	%	millones de revoluciones	–
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,64
96	4	L_{4m}	0,55
97	3	L_{3m}	0,47
98	2	L_{2m}	0,37
99	1	L_{1m}	0,25

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Tasa de viscosidad

$$k = \frac{v}{v_1} \tag{22}$$

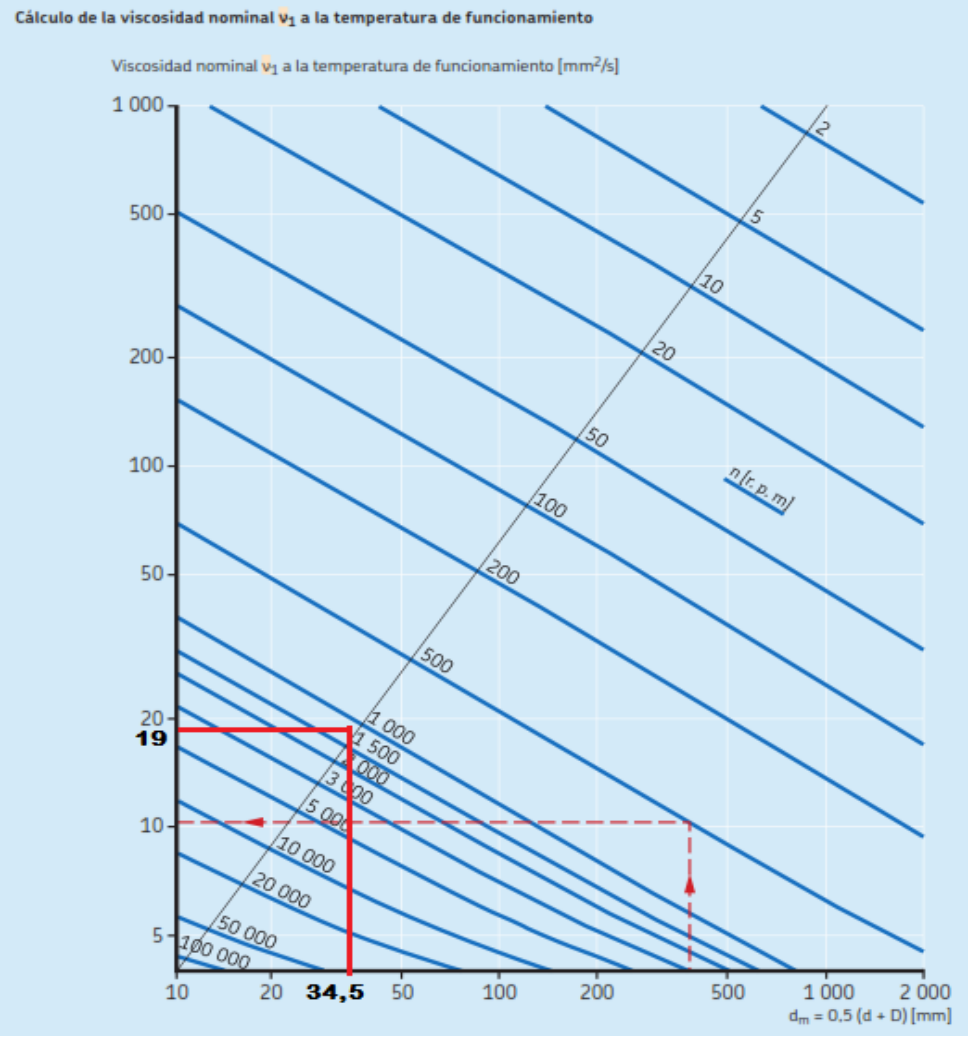
Donde:

k = tasa de viscosidad

v = viscosidad de funcionamiento real del lubricante

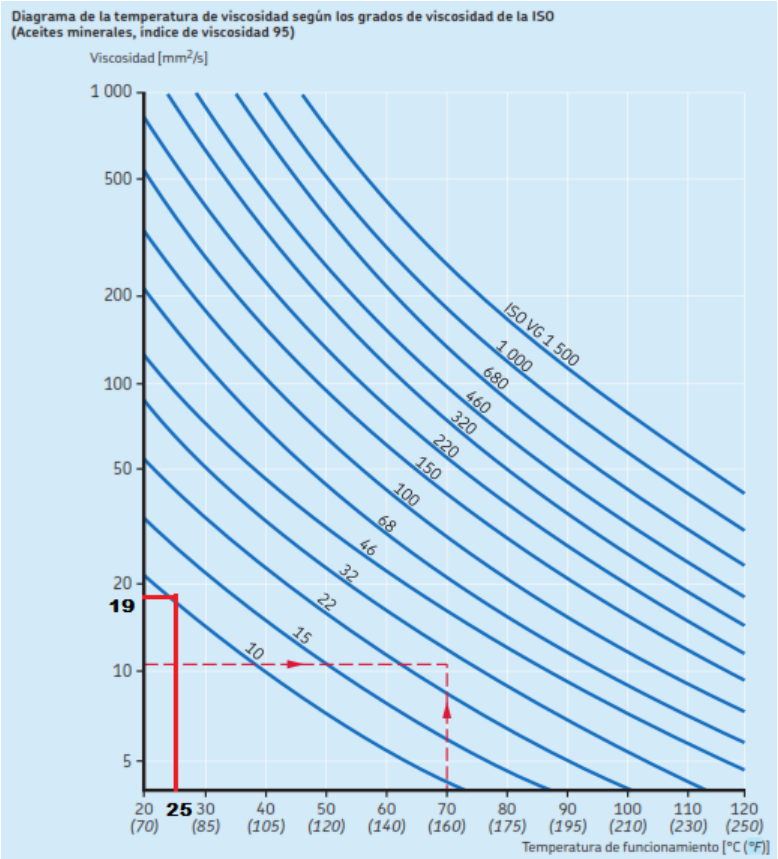
v_1 = viscosidad según el diámetro y velocidad de giro del rodamiento

Gráfico 42: Viscosidad según el diámetro y velocidad de giro del rodamiento



Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Gráfico 43: Viscosidad real



Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Tasa de viscosidad:

$$k = \frac{v}{v_1}$$

$$k = \frac{15}{19}$$

$$k = 0{,}79$$

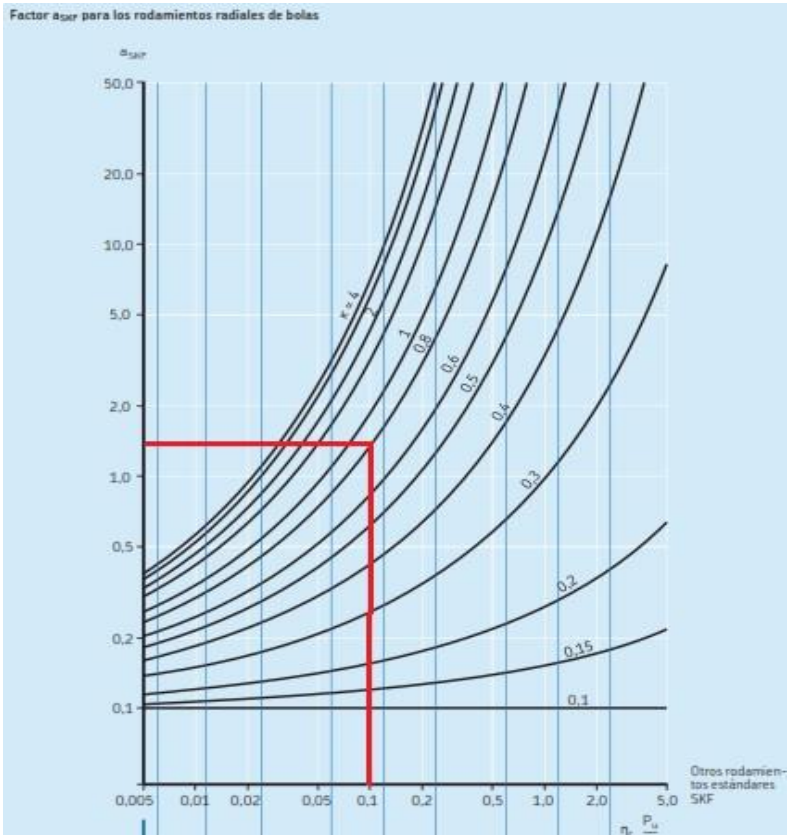
Gráfico 44: Factor de contaminación

Valores orientativos para el factor η_c para distintos niveles de contaminación

Condiciones	Factor η_c [1] para rodamientos con diámetro medio d_m < 100 mm	d_m ≥ 100 mm
Limpieza extrema • tamaño de las partículas aproximadamente igual al espesor de la película de lubricante • condiciones de laboratorio	1	1
Gran limpieza • aceite lubricante con filtración muy fina • condiciones típicas: rodamientos sellados lubricados con grasa de por vida	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Limpieza normal • aceite lubricante con filtración fina • condiciones típicas: rodamientos con placas de protección lubricados con grasa de por vida	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Contaminación ligera • condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste y leve ingreso de contaminantes	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Contaminación típica • condiciones típicas: rodamientos sin sello integral, filtrado grueso, partículas de desgaste e ingreso de partículas desde el exterior	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Contaminación severa • condiciones típicas: altos niveles de contaminación debido a desgaste excesivo o sellos ineficaces • disposición de los rodamientos con sellos ineficaces o dañados	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Contaminación muy severa • condiciones típicas: niveles de contaminación tan graves que los valores de η_c están fuera de escala, lo que reduce significativamente la vida útil del rodamiento	0	0

Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Gráfico 45: Factor SKF de modificación de la vida del rodamiento



Fuente: Catálogo de rodamientos SKF

Vida del rodamiento con el factor SKF

$$L_{10m} = a1\ x\ a\ SKF\ L_{10}$$

$$L_{10m} = 1\ x\ 1{,}5\ x\ 58{,}05$$

$$L_{10m} = 87{,}05\ millones\ de\ revoluciones$$

Vida del rodamiento con el factor SKF en horas de servicio

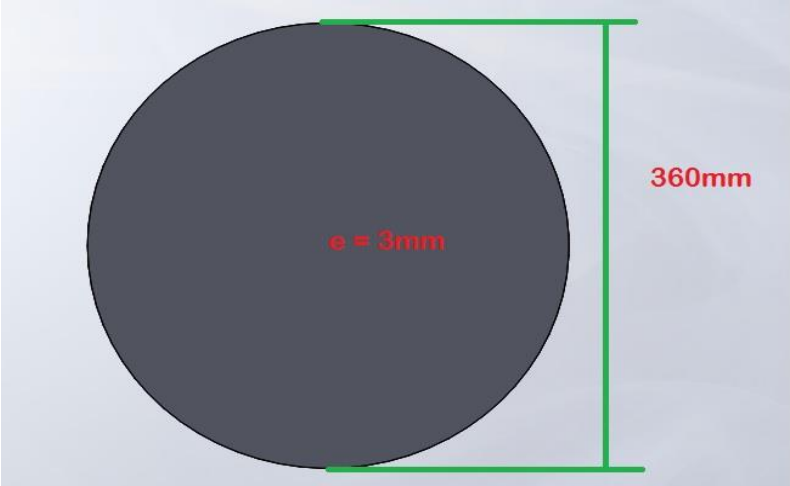
$$L_{10mh} = \frac{10^6}{60(1200rpm)} x87{,}05$$

$$L_{10mh} = 1209{,}44 horas\ de\ servicio$$

4.1.3.13. Cálculo de los pesos de los elementos apoyados sobre los ejes horizontales

Tapa superior e inferior del cilindro interno

Gráfico 46: Tapa del cilindro interno



Elaborado por: Guanín, C. (2017)

(23)

Dónde: $W = A * e * \delta$

$W = Peso$

$A = Área$

$e = espesor$

$\delta = densidad\ del\ acero\ AISI\ 304$

$$W = (\pi x r^2) * 0{,}003m * 7930\ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$W = 0{,}10m^2 * 0{,}003m * 7930\ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$\boldsymbol{W = 2{,}38\ kg}$$

Al ser dos tapas, superior e inferior se duplica el peso

$$\boldsymbol{W = 4{,}76\ kg}$$

Tapa inferior cilindro externo

Gráfico 47: Tapa inferior cilindro externo

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$W = A * e * \delta$$

Dónde:

$W = Peso$

$A = Área$

$e = espesor$

$\delta = densidad\ del\ acero\ AISI\ 304$

$$W = (\pi x r^2) * 0{,}003m * 7930\ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$W = 0{,}25 * 0{,}005\ m * 7930\ {}^{kg}/_{m^3}$$

$$\boldsymbol{W = 9{,}91\ kg}$$

Placa de sujeción eje vertical

Gráfico 48: Placa de sujeción eje vertical

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$W = l * h * e * \delta \quad (24)$$

Dónde:

$W = Peso$

$l = largo$

$h = ancho$

$e = espesor$

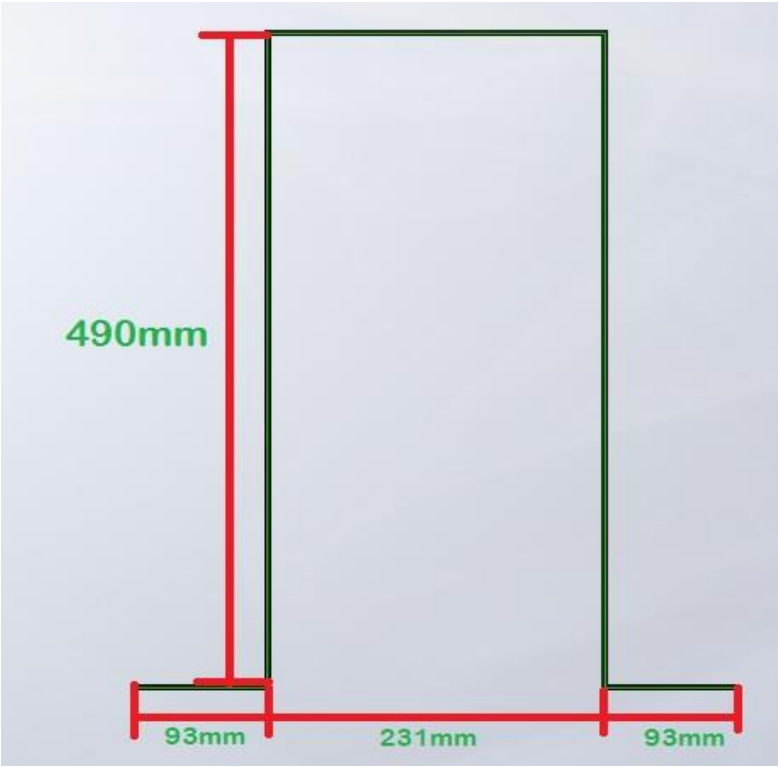
$\delta = desidad\ del\ acero\ AISI\ 304$

$$W = 0{,}150\ m * 0{,}562\ m * 0{,}005\ m * 7930\ \frac{kg}{m^3}$$

$$\boldsymbol{W = 3{,}34\ kg}$$

Placa de apoyo del motor eléctrico

Gráfico 49: Placa de apoyo del motor eléctrico



Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$W = e * l * h * \delta$$

Dónde:

$W = peso$

$e = espesor$

$l = largo$

$h = ancho$

$\delta = densidad\ del\ acero\ AISI\ 304$

$$W = 0{,}005\ m * 1{,}398\ m * 0{,}311\ m * 7903 \frac{kg}{m^3}$$

$$\boldsymbol{W = 17{,}18\ kg}$$

4.1.3.14. Cálculo de las ruedas de apoyo del peso del cacao

Tabla 19: Peso de los elementos que se apoyan en las ruedas

Elemento	Peso kg
Cilindro perforado	8,10
Tapa superior e inferior del cilindro perforado	4,76
Eje vertical	3,80
Cacao	45,45
Total	62,11

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Gráfico 50: Elementos apoyados sobre las ruedas

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$W = \frac{62{,}11\ kg}{4}$$

$$\boldsymbol{W = 15{,}52\ kg}$$

El peso total de los elementos que se apoyan sobre las ruedas es de 62,11 kg, al tener 4 ruedas, se divide el peso total para el numero de ruedas, dando como resultado un peso de 15,52kg sobre cada rueda.

Las ruedas trabajaran en un ambiente altamente corrosivo, considerando que un componente del mucílago de cacao es el Ácido Cítrico por tal motivo es indispensable conocer la resistencia química de las ruedas.

Basado en el catálogo de ruedas ALEX, se seleccionó las ruedas aptas para este ambiente de trabajo, considerando unas ruedas de goma y acero inoxidable aptas para trabajar en este ambiente de trabajo, evitando la contaminación del producto y su corrosión por la composición química del mucílago de cacao.

Gráfico 51: Resistencia química de las ruedas

Material	Concentración %	Goma	Nylon	Poliuretano	Polipropileno	Resina	Acero
Aceite de Coco	-	3	1	1	-	-	-
Aceite de la Semilla de Algodón	-	-	-	1	-	-	-
Aceites Minerales	-	3	1	1	-	1	1
Aceite de terpentina	-	3	1	2	3	-	-
Aceites Vegetales	-	3	1	1	-	-	-
Acetaldehído	40%	2	2	3	2	-	-
Acetato Amílico	-	1	1	3	1	-	-
Acetato de Aluminio	-	-	1	-	-	-	-
Acetato de Plomo, Acuoso	10%	2	1	1	3	-	-
Acetileno	-	1	1	1	-	-	-
Acetona	-	1	1	3	2	1	1
Ácido Acético Puro	-	2	-	3	1	1	3
Ácido Acrílico	-	-	3	3	-	-	-
Ácido Bórico, Acuoso	10%	1	2	1	2	-	-
Ácido Carbónico	-	-	-	1	-	-	-
Ácido Cítrico Acuoso	10%	1	1	-	-	-	-

Fuente: Catálogo de ruedas ALEX

Donde:

1 = Alta capacidad de resistencia

2 = Media capacidad de resistencia

3 = Baja capacidad de resistencia

Grafico 52: Ruedas seleccionadas

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

4.1.3.15. Cálculo del eje horizontal

Tabla 20: Pesos de los elementos que reposarán sobre los ejes horizontales

Elementos	Peso Kg
Cilindro perforado	8,10 kg
Cilindro externo	36,81 kg
Motor eléctrico	21,00 kg
Tapa superior e inferior cilindro interno	4,77 kg
Tapa inferior cilindro externo	9,77 kg
Placa superior eje vertical	3,50 kg
Placa apoyo del motor eléctrico	17,18 kg
Eje vertical	3,80 kg
Cacao	45,45 kg
Otros elementos (Chumaceras, bisagra, pernos)	6,00 kg
Total	**150,12 kg**

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$\boldsymbol{m = 150,12 Kg}$$

$$\boldsymbol{W = m * g} \quad (25)$$

Dónde:

W = Peso

m = masa

g = gravedad

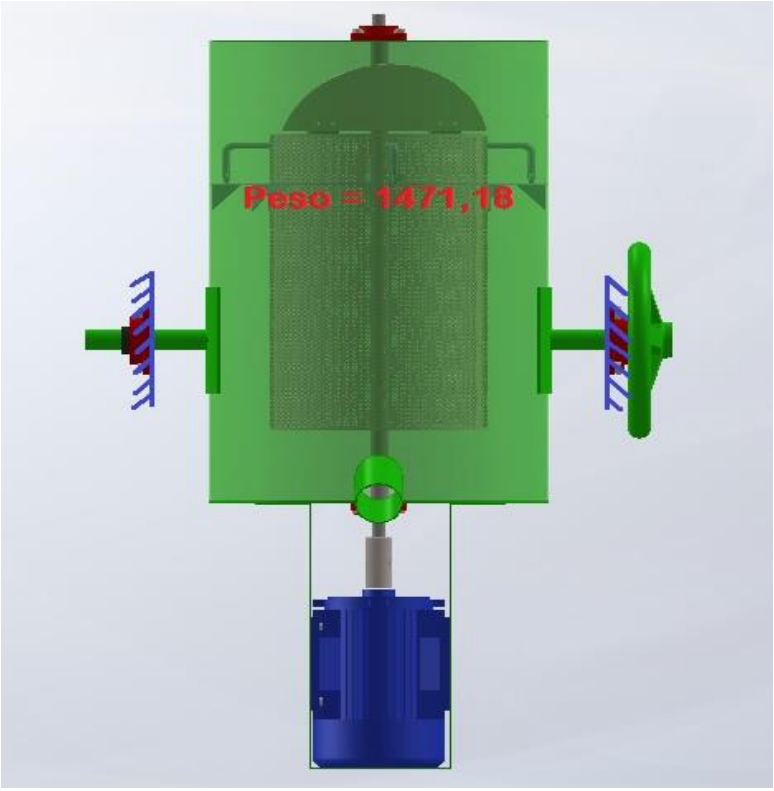
$$W = 150{,}12\ Kg * 9{,}8\ m/s^2$$

$$\boldsymbol{W = 1471{,}18\ N}$$

Cálculo de la fuerza ejercida sobre los ejes horizontales

Para realizar el cálculo de la fuerza ejercida sobre los ejes, se tomó consideración que son dos ejes que soportan el mismo peso, sujetándolo por los extremos, por este motivo dividimos para dos el peso total a soportar.

Gráfico 53: Peso total sobre los ejes horizontales



Elaborado por: Guanín, C. (2017)

Fuerza ejercida sobre los ejes horizontales

$$F = \frac{P_{total}}{2} \quad (26)$$

Dónde:

F = Fuerza

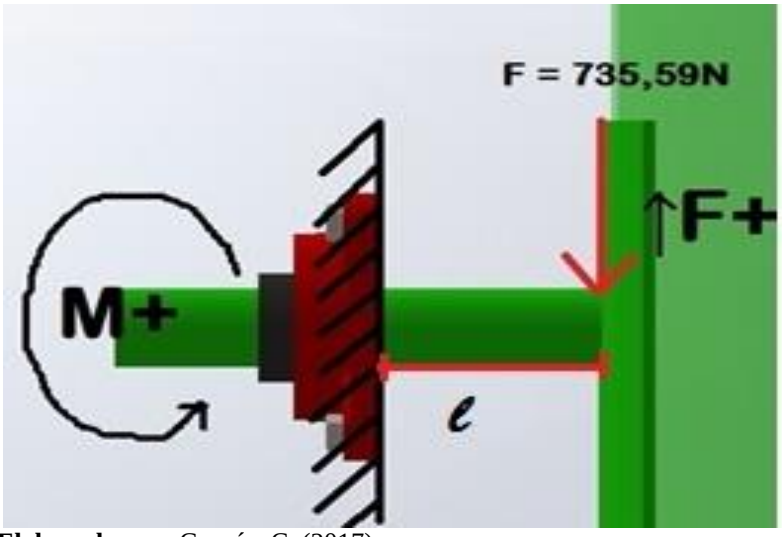
P = Peso total cilindro interno

$$F = \frac{1471{,}18\ N}{2}$$

$$\boldsymbol{F = 735{,}59\ N}$$

Cálculo del momento que actúa sobre los ejes horizontales

Gráfico 54: Diagrama de cuerpo libre



Elaborado por: Guanín, C. (2017)

$$-M = -F * l \quad (27)$$

Dónde:

M = momento $-M = -735{,}59\ N * 0{,}1\ m$

F = fuerza $M = 73{,}56\ N.m$

l = distancia

Esfuerzo de flexión

$$\sigma = \frac{M*r}{I} \quad (28)$$

Dónde:

σ = esfuerzo de flexión

M = momento flector

r = radio

I = momento de inercia

Momento de inercia

$$I = \frac{\pi*{d_h}^4}{64} \quad (29)$$

Dónde:

I = momento de inercia

d_h = diámetro del eje horizontal

Reemplazando ecuación 30 en 29

$$\sigma = \frac{M*r}{\pi*\frac{{d_h}^4}{64}} \quad (30)$$

$$\sigma = \frac{M*\frac{d_h}{2}}{\pi*\frac{{d_h}^4}{64}} \quad (31)$$

$$\sigma = \frac{64*M}{2*\pi*{d_h}^3} \quad (32)$$

$$\sigma = \frac{32M}{\pi{d_h}^3} \quad (33)$$

$$d_h{}^3 = \frac{32M}{\pi\sigma} \quad (34)$$

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma}} \quad (35)$$

Aplicando Factor de seguridad para determinar σ

Fs = Factor de seguridad $\quad Fs = 2$

Sy = Esfuerzo de fluencia

σ = *Esfuerzo de flexión* $\quad Fs = \frac{Sy}{\sigma}$ (36)

$$\sigma = \frac{Sy}{Fs} \quad (37)$$

$$\sigma = \frac{215 * 10^6\, N/m}{2}$$

$$\sigma = 107{,}5 * 10^6\, N/m$$

Cálculo del diámetro del eje horizontal

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{32M}{\pi\sigma}} \quad (38)$$

Dónde:

d_h = diámetro del eje

M = Momento flector

σ = Esfuerzo de flexión

$$d_h = \sqrt[3]{\frac{32 * (73{,}56\, Nm)}{\pi * (107{,}5 * 10^6\, N/m)}}$$

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

Con los cálculos por flexión se obtiene un diámetro de 19mm, es la medida mínima que puede evitar fallar por flexión. Revisando la disponibilidad de rodamientos en el mercado y por las condiciones de trabajo a la que va a estar expuesta la máquina se recomienda sobredimensionar a un diámetro de **38 mm.**

4.1.3.16. Selección de rodamientos para los ejes horizontales

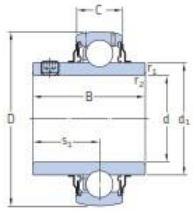
Selección del rodamiento

Se seleccionó un rodamiento SKF de bolas RLS 12
A continuación, se detallan sus características:

Gráfico 55: Rodamientos SKF

Rodamientos Y SKF E2 con prisioneros, ejes en pulgadas

d 3/4 - 1 3/4 pulg.



Dimensiones							Capacidad de carga básica dinámica	estática	Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje	Masa	Designación
d	D	B	C	d_1	s_1	$r_{1,2}$	C	C_0	P_u	h6		
pulg./mm	mm					mín.	kN		kN	r. p. m.	kg	–
3/4 19,05	47	31	14	28,2	18,3	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,14	E2.YAR 204-012-2F
7/8 22,225	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,21	E2.YAR 205-014-2F
15/16 23,813	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,2	E2.YAR 205-015-2F
1	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,18	E2.YAR 205-100-2F
1 5/16 33,338	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,47	E2.YAR 207-105-2F
1 3/8 34,925	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,44	E2.YAR 207-106-2F
1 7/16	72	42,9	19	46,1	25,4	1	25,5	15,3	0,655	5 300	0,41	E2.YAR 207-107-2F
36,513	80	49,2	21	51,8	30,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,68	E2.YAR 208-107-2F
1 1/2	80	49,2	21	51,8	30,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,64	E2.YAR 208-108-2F
38,1	85	49,2	22	56,8	30,2	1	33,2	21,6	0,915	4 300	0,82	E2.YAR 209-108-2F
1 9/16 39,688	80	49,2	21	51,8	30,2	1	30,7	19	0,8	4 800	0,6	E2.YAR 208-109-2F
1 5/8	85	49,2	22	56,8	30,2	1	33,2	21,6	0,915	4 300	0,75	E2.YAR 209-110-2F

Fuente: Catálogo SKF

Vida del rodamiento

Tabla 21: Vida de los rodamientos de acuerdo al tipo de máquina

CLASE DE MÁQUINAS	L_h (horas de servicio)
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos de uso médico.	300 a 3000
Máquinas usadas intermitentemente: máquina-herramienta portátil, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción...	3000 a 8000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad funcionamiento intermitentemente: ascensores, grúas para mercancías embaladas...	8000 a 12000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no utilizadas totalmente: transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso general, machacadoras giratorias.	10000 a 25000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario utilizadas totalmente: máquina-herramienta, ventiladores, máquinas para trabajar madera, grúas para materiales a granel, cintas transportadoras, equipos de imprenta y máquinas para la industria mecánica en general.	20000 a 30000
Máquinas para trabajo continuo,24h al día: cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de minas, bombas, maquinaria textil.	40000 a 50000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, cableadoras, maquinaria de propulsión para transatlánticos.	60000 a 100000

Fuente: Juan M Marín

Cálculo de la vida nominal básica

Donde:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (17)$$

L_{10}= vida nominal

C = carga dinámica

P = carga estática equivalente

Carga estática equivalente

Donde:

$$P = \frac{Co}{So} \quad (18)$$

P = carga estática equivalente

Co = carga estática

So = factor de seguridad

Gráfico 56: Tabla de factores de seguridad

Valores orientativos para el factor de seguridad estática s_0

Tipo de funcionamiento	Rodamientos giratorios Requisitos de rendimiento (p. ej., funcionamiento silencioso o funcionamiento sin vibraciones)						Rodamientos fijos	
	sin importancia		normal		sup.			
	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Suave, sin vibración	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1

Fuente: Catalogo de rodamientos SKF

$$P = \frac{Co}{So}$$

$$P = \frac{21{,}6\ KN}{2}$$

$$P = 10{,}8\ KN$$

Vida nominal:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

$$L_{10} = \left(\frac{33{,}2\ KN}{10{,}8\ KN}\right)^3$$

$$L_{10} = 29{,}05\ millones\ de\ revoluciones$$

Vida nominal en horas de funcionamiento:

$$L_{10h} = \left(\frac{1000000}{60\ n}\right) L_{10} \qquad (19)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{1000000}{60\ x1}\right) 29{,}05$$

$$L_{10h} = 484166{,}67\ horas\ de\ servicio$$

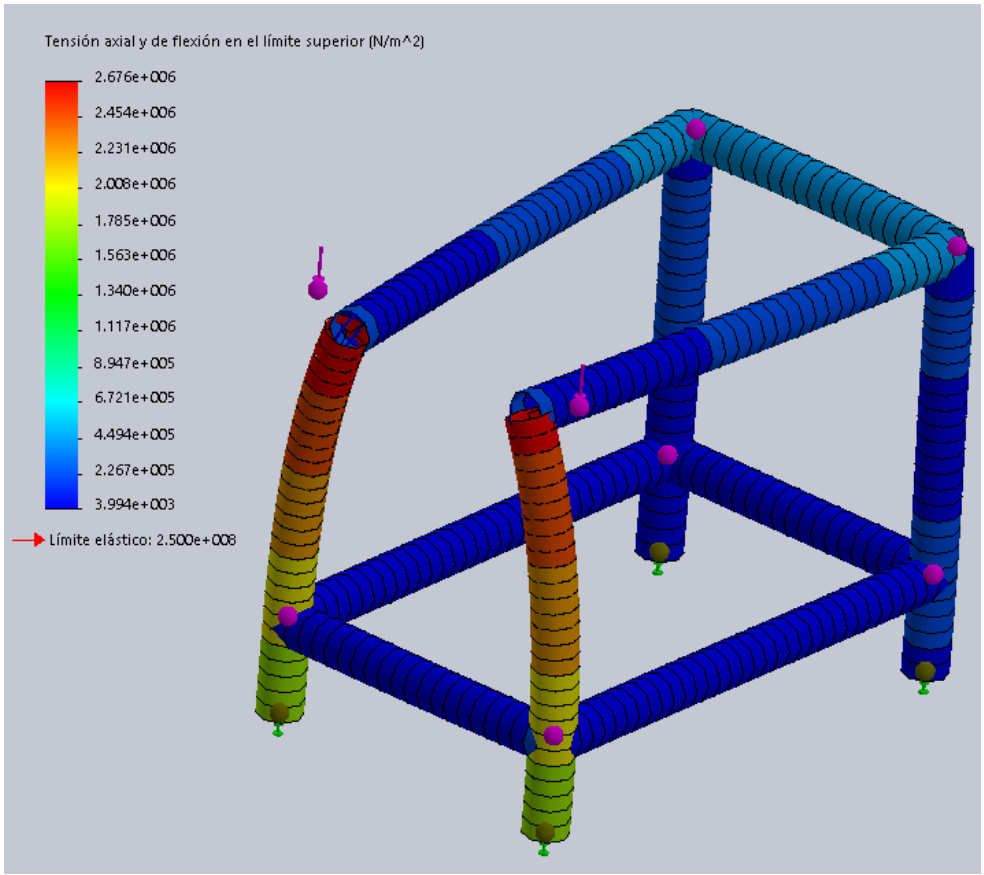
Debido a que este rodamiento no trabaja a revoluciones y gira únicamente cuando se vacía el cilindro para retirar el producto, sus horas de vida útil son excesivas, por tal motivo se seleccionó el rodamiento de acuerdo a las dimensiones del eje en el que estará ensamblado.

Cabe recalcar que la capacidad de soportar cargas estáticas de este rodamiento es de 21600 N equivalente a 2 202,59 kgf. Capacidad suficiente para soportar el peso de los elementos apoyados en el mismo.

4.1.3.17. Análisis estático

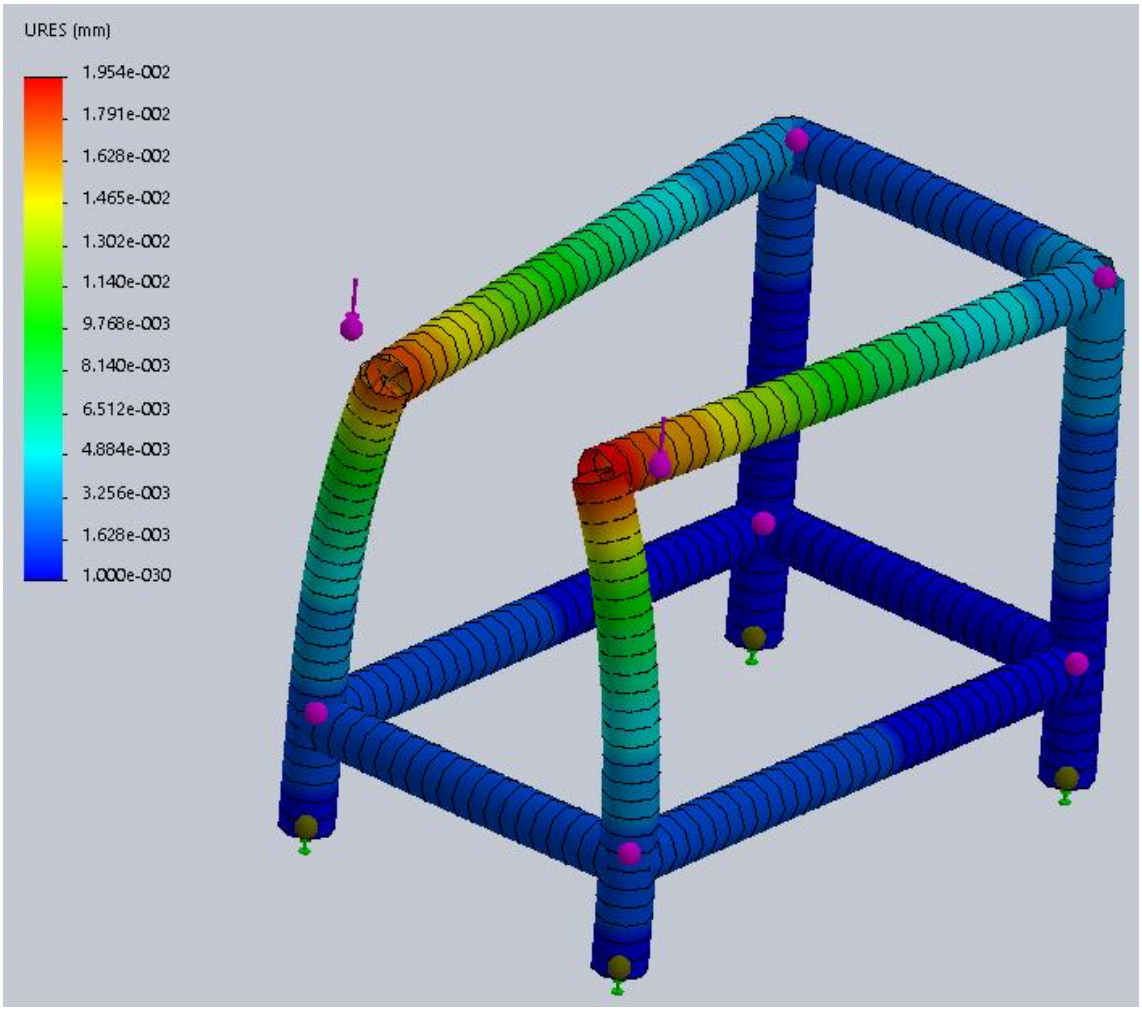
Se desarrolló mediante el software SOLIDWORKS una simulación para el análisis estático de la estructura, donde se utilizó un material de Acero A-36 para perfiles en L desiguales de 14x9 mm para el marco superior, esto en vista de una mayor superficie de apoyo para los rodamientos y el eje, mientras que para el marco inferior se utilizó un perfil angular de 60x60x6 mm.

Se consideró que la carga a soportar sería de unos 1115 N, entre los componentes del cilindro exterior e interior, eje, placas de soporte y motor, estos ubicados cercanos al extremo menos rígido de la estructura.



Fuente: SolidWorks

En la figura se detalla la acción de la tensión axial y flexión en límite superior, se puede observar que presenta valores comprendidos entre un mínimo de unos $3.994x10^{3}$ N/m^2 (color azul) y un máximo de $2.676x10^{6}$ N/m^2 (color rojo), los cuales se encuentran por debajo del límite elástico de $2.5x10^{8}$ N/m^2, por lo que la estructura debería trabajar en condiciones adecuadas sin presentar problemas de deformación o fractura.



Fuente: SolidWorks

En esta figura permite observar la deformación unitaria global distribuida a lo largo de los elementos estructurales, se obtiene una deformación mínima de $1x10^{-3}$ mm (color azul) y una máxima de $1.954x1x10^{-2}$ mm (color rojo), estos valores se presentan relativamente bajos menores a 1 mm, hablando en términos de milésimas de milímetros, se concluye que la deformación presente es insignificante frente a la carga a soportar.

4.1.4. Determinación de los costos de fabricación

A continuación, se describe los materiales para la fabricación de la maquina desmucilaginadora de cacao y sus respectivos costos:

COSTOS DIRECTOS				
CANTIDAD	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**VALOR**	**TOTAL**
1	Ángulo 60x60x6mm (ASTM A36)	6 metros	25,50	25,50
1	Perfil L140x90x9mm (ASTM A36)	6 metros	90,70	90,70
1	Tubo 2" (INOX AISI 304)	½ metro	6,86	6,86
1	Eje de 1" 1/2 (INOX AISI 304) (horizontal)	4 kg	4,75	19
1	Eje de 1" (INOX AISI 304) (vertical)	5 kg	4,75	23,75
1	Pulsador de marcha	unidad	12,50	12,50
1	Temporizador siemens 220V	unidad	50,00	50,00
1	Breaker 5SX1310-7 3P 10A 240V 10KA	unidad	18,45	18,45
2	Disco de corte NORTON 12"x3mm	unidad	4,50	9,00
1	Disco para desbastar 4 1/2"X1/4"X7/8"	unidad	3,25	3,25
1	Enchufe clavija de 32 AMP.	unidad	2,50	2,50
1	Plancha perforada INOX AISI304 x 3mm	unidad	355,85	355,85
1	Plancha INOX AISI 304 x 5mm	unidad	296,81	296,81
4	Chumacera	unidad	25,75	103
1	Motor eléctrico ABB 1HP - 1200 RPM-220V	unidad	205	205
1	Platina INOX AISI 304 1000x150x5mm	metro	25,50	25,50
	SUBTOTAL			1247,67

MANO DE OBRA				
Descripción	**#**	**Salario/Hora**	**Horas**	**Total**
Soldador	1	10	24	240
Tornero	1	8	5	40
Maestro Mecánico	1	10	40	400
	SUBTOTAL			**680**

COSTOS INDIRECTOS				
Ingeniería y diseño	1	16	60	960

COSTO TOTAL	
Subtotal (costos directos + mano de obra + costos indirectos)	2887,67
Costos imprevistos 5%	144,38
IVA 12 %	346,52
TOTAL	**$ 3378,57**

Elaborado por: Guanín, C. (2017)

4.2. Discusión

4.2.1. Discusión de resultado de la investigación del material y normas para fabricar máquinas procesadoras de alimentos

Según la norma ISO 14159, de acuerdo con el CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA LA MANIPULACIÓN DE ALIMENTOS: Todo equipo y utensilios utilizados para la manipulación de alimentos deben estar fabricados de un material que no transmita malos sabores, olores y sustancias toxicas que afecten la salud de los consumidores, de igual manera no debe ser absorbente ni corrosible capaz de resistir varias limpiezas y desinfecciones. [30]

En concordancia con la norma ISO 14159, esta máquina cumple con las exigencias de este código de práctica para la manipulación de alimentos por su aplicación en el sector agrícola y a las condiciones a la que estará expuesta, el acero inoxidable AISI 304, es el material indicado para la fabricación de este tipo de máquinas, gracias a sus propiedades físicas y químicas es un material altamente resistente a la corrosión y resistencia a las fuerzas externas de flexión y torsión presentes en la mayoría de procesos industriales.

4.2.2. Discusión de resultados del diseño de la máquina desmucilaginadora de cacao

El software SOLIDWORKS es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores bosquejar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados. [4]

Se comparte las virtudes que plantea el programa para su publicidad, es uno de los más usados y recomendado por ingenieros por su eficiencia para realizar diseños y planos de máquinas, permite al Ingeniero diseñar con precisión y aporta con una gran información sobre las propiedades de los materiales con los que se trabaje como también facilita el análisis de elementos finitos para comprobar la resistencia a las fuerzas externas a la que estará sometida la máquina.

4.2.3. Discusión de los resultados de la determinación de costos de fabricación

Los estudios realizados para determinar el costo de fabricación, se realizó las respectivas cotizaciones en empresas comercializadoras de metales y elementos utilizados en esta máquina. Se recopiló información sobre los precios actuales de cada componente, de la misma manera los precios de mano de obra son proporcionados por talleres industriales dedicados a la fabricación de máquinas agrícolas obteniendo un valor de $ **3378,57**. Que al producirse en serie su costo de fabricación será más bajo, debido a que varios materiales que se utilizan en esta máquina se los obtiene en medidas estandarizadas y se utiliza el material sobrante para la fabricación de la siguiente. En comparación con máquinas que se comercializan en el extranjero superan los **$ 5000,** precio que dificulta a los pequeños productores adquirir esta máquina para mejorar sus ingresos económicos.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se investigó sobre los materiales a emplearse para el prototipo de una máquina destinada a procesar alimentos, basándose en la norma de manipulación de alimentos, dando como resultado la selección de acero inoxidable AISI 304, por su gran resistencia a la corrosión y su resistencia mecánica, es el material más apropiado y no contaminante para la elaboración de este tipo de máquinas destinadas al proceso de alimentos.

- Se diseñó el prototipo de la maquina desmucilaginadora de cacao, con la utilización del programa de diseño de máquinas SOLIDWOKS. Presentando las siguientes medidas en su ensamblaje 1834x1535x970mm, garantizando su resistencia bajo el análisis de elementos finitos proporcionado por el mismo programa, comprobando que los elementos que conforman la estructura de la máquina resisten al esfuerzo aplicado en este trabajo.

- Se determinó los costos de materiales para la fabricación de la máquina desmucilaginadora de cacao con la colaboración de proformas emitidas por empresas como DIPAC, ACERIMALLAS. El costo es **$ 3378,57**, pero considerando la durabilidad de la máquina al estar construida por Acero AISI 304 es una prolongada vida útil de la máquina, beneficiando a los pequeños y medianos productores con la comercialización del mucílago de cacao.

5.2. Recomendaciones

- Se debe tener en cuenta no exceder la capacidad para la que está diseñada la máquina, para optimizar su rendimiento y prolongar la vida útil de los componentes de la máquina, ahorrando tiempo de trabajo y menos exposición de la maquina al acido crítico del mucílago.

- Es de suma importancia controlar el dispositivo de apagado automático, especificado en un tiempo de trabajo dispuesto por el operario, si el dispositivo no acciona correctamente la máquina trabajará más de lo necesario, lo que expone a mayor trabajo a sus componentes y menor tiempo de vida útil.

- Es indispensable lavar los cilindros de la máquina después de cada día de labores con agua a una temperatura aproximada de 100°C, para eliminar los microorganismos y los residuos del mucílago que quedan en los recipientes, así se contribuye a la conservación de la máquina y la calidad del producto terminado.

- Un nuevo sector de comercialización del mucílago ayudaría a motivar a los productores de cacao a recolectar esta materia prima, para mejorar sus ingresos y evitar posteriores daños ambientales por parte de los agricultores que desechan estos productos en los ríos y áreas verdes.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

[1] A. Attanasi, "Chocolate: Origen e Historia", 2007.

[2] [En línea]. Available: http://industrial22k.blogspot.com/2013/06/definicion.html.

[3] R. G. B. y. J. K. Nisbett., Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley., Octava Edición, 2008.

[4] SOLIDWORKS, 2016.

[5] M. M. I. Aguirre, El cacao. Orgullosamente Mexicano., 2005.

[6] I. G. Cocoa, The International Cocoa Organization, 2007.

[7] Mittlesdarling, «Buenas Tareas,» 2012. [En línea]. Available: http://www.buenastareas.com/ensayos/Despulpadora-De-Cacao/6530684.html.

[8] Breudeau, El cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales., 2001.

[9] C. d. C. Internacional, Clasificación Botánica del Cacao.

[10] A. T. V.n.3, Maracay, 2002.

[11] A. Rosero y R. Toapanta, «La Semilla,» de *Tesis de Grado*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2008, p. 4.

[12] A. Rosero y T. Rodolfo, «El Fruto,» de *Tesis de Grado*, Quito, Escuela Politécnica Nacional, 2008, p. 17.

[13] FONAIAP, FONDO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS, ESTADO DE MÉRIDA, 2000.

[14] FONAIAP, Estación Experimental del Estado de Mérida, 2001.

[15] H, Wakao, «Composición Química del Grano de Cacao,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012, pp. 20 - 21.

[16] INIAP, «ACIDEZ,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012, p. 22.

[17] A, Armijos, «ACIDEZ,» de *TESIS DE LIC. QUIMICA*, ESCUELA SUPRIOR POLITÉCNICAS DEL LITORAL, 20012, p. 22.

[18] H, Wakao, «Composición Química del Grano de Cacao,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012, pp. 20 - 21.

[19] BRAUDEAU, «Teobromina y Cafeína,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012, p. 23.

[20] «Anecacao,» Anecacao, 2015. [En línea]. Available: http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[21] «Influencia del pre-secado de las almendras sobre la evolución del ph y porcentajes de fermentación.,» de *Tesis de Grado*, Quevedo - Pichilingue, Pichilingue, 2007, p. 26.

[22] FIERRO, «CCN-51,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2008, pp. 26-27.

[23] «Anecacao,» Anecacao, 2015. [En línea]. Available: http://www.anecacao.com/es/quienes-somos/cacao-nacional.html. [Último acceso: 20 Enero 2016].

[24] «Agropecuarios.net,» Procesos del Cultivo a la Cosecha., 6 Octubre 2013. [En línea]. Available: http://agropecuarios.net/procesos-del-cultivo-de-cacao-a-la-cosecha.html. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[25] A. P. d. P. d. Cacao, «APPCACAO,» Cosecha y Post-Cosecha de Cacao, [En línea]. Available: http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Cosecha_y_post_cosecha_de_cacao.pdf. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[26] M. E. &. S. B. CHICHESTER C., «Advances in food Research,» de *Tesis de Grado*, Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2012, p. 31.

[27] www.weg.net, «Motor Eléctrico,» 2007-2017. [En línea]. Available: http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacion-50039910-manual-espanol.pdf. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[28] A. inoxidable_Tesina, «Propiedades del Acero,» [En línea]. Available: http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3319/55868-4.pdf?sequence=4. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[29] SODIMAC. [En línea]. Available: www.sodimac.cl.

[30] I. E. d. N. INEN, Código de Práctica para manipulacion de alimentos, Quito, 1987.

[31] SlideShare. [En línea]. Available: https://es.slideshare.net/joseeduard/flexion.

[32] «TIPS PARA LA CONSTRUCCION "ASESORAMIENTO DE EXPERTOS EN CONTRUCCIÓN Y REPARACIÓN",» blogspot, 28 Abril 2009. [En línea].

[33] WordPress.com. [En línea]. Available: https://ibiguridp3.wordpress.com/res/tor/.

[34] J. S. D. Santillana, «Escuela Politécnica Superor de Zamora,» 2008. [En línea]. Available: http://ocw.usal.es/ensenanzas-tecnicas/resistencia-de-materiales-ingeniero-tecnico-en-obras-publicas/contenidos/%20Tema8-Torsion.pdf. [Último acceso: mayo 2017].

[35] C. GONZÁLES ORTIZ y M. R. JAIMES JAIMES, «Desarrollo experimental del proceso para la obtención de jugo derivado del mucílago de cacao.,» Universidad Industrial de Santander, 2005.

[36] F. G. C. RINCÓN, «DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL DESMUCILAGINADOR DE CACAO,» BUCARAMANGA, 2005.

[37] C. GUANÍN, «DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA DE CACAO». ECUADOR - QUEVEDO 2017.

[38] RMIG, «Catálogo de perforaciones RM».

[39] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, Octava edición.

[40] I. P. -. R. E. d. l. UCSA, «PLC- Controlador Lógico Programable,» 31 Enero 2011. [En línea]. Available: https://ramaucsa.wordpress.com/2011/01/31/concepto-plc-controlador-logico-programable/. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[41] a. f. s.r.l, «actisfurio,» 2011. [En línea]. Available: http://www.actisfurio.com/es/P/1/Chapas-Perforadas. [Último acceso: 20 Enero 2017].

[42] D. R. T. Gualpa, «Diseño de una máquina para realizar ensayos de fatiga de flexion rotativa.,» Quevedo, 2017.

[43] O. D. L. N. U. P. L. A. Y. L. AGRICULTURA, «DEPÓSITO DE DOCUMENTOS DE LA FAO,» [En línea]. Available: www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S09. [Último acceso: 13 abril 2017].

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexo 1: Catálogo de barras de acero Irestal Group

BARRA DE ACERO INOXIDABLE

BARRA REDONDA

AISI 303 - 304 - 304L - 310 - 316 - 316L - 321
420 (DIN 14021 - 14028 - 14034)
430 - 430F - 431

Materiales de fácil mecanización.
Tratamiento térmico:
- Recocido
- Templado (sólo AISI 420 y 431)

VARILLA
Acabado: Calibrada.
Tolerancia: h9.
Longitud: 3 m.

Diámetros mm	Peso Kg/ml
1,5	0,01
2,0	0,02
2,5	0,03
3,0	0,05
3,5	0,07
4,0	0,09
4,5	0,12
5,0	0,15
5,5	0,18

Diámetros mm	Peso Kg/m
6,0	0,22
6,5	0,26
7,0	0,30
7,5	0,34
8,0	0,39
8,5	0,44
9,0	0,49
9,5	0,55
10,0	0,61

Diámetros mm	Peso Kg/m
11	0,74
12	0,88
13	1,04
14	1,20
15	1,38
16	1,57
18	1,99
19	2,22

REDONDA
Acabado: Calibrada, torneada, forjada y forjada torneada.
Tolerancias: h9 (bajo demanda), h11, k13 y DIN 1013 (a>100 mm)
Longitud: de 4 a 6 m.

Diámetros mm	Peso Kg/m
20	2,46
22	2,98
24	3,55
25	3,85
26	4,16
28	4,83
30	5,54
32	6,31
35	7,55
38	8,90
40	9,86
42	10,87
45	12,48
48	14,20
50	15,41
55	18,65
60	22,19
65	26,04
70	30,21
75	34,68
80	39,45
85	44,54
90	49,93
95	55,64

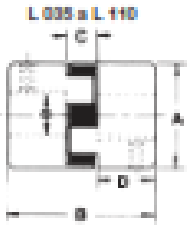
Diámetros mm	Peso Kg/m
100	61,55
105	67,97
110	74,60
115	81,54
120	88,78
125	96,33
130	104,20
135	112,36
140	120,84
145	129,63
150	138,72
155	148,12
160	157,83
165	167,85
170	178,18
175	188,82
180	199,76
185	211,01
190	222,57
195	234,44
200	246,62
205	259,10
210	271,89
220	298,40

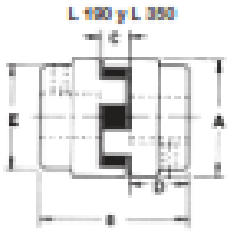
Diámetros mm	Peso Kg/m
225	312,12
230	326,15
235	340,48
240	355,13
245	370,08
250	385,34
255	400,90
260	416,78
265	432,96
270	449,46
275	466,26
280	483,37
285	500,78
290	518,51
295	536,54
300	554,89
310	592,49
320	631,34
325	651,22
340	712,72
350	755,26
360	799,03
380	890,28
400	986,46

Consulte nuestro servicio de corte a medida.

7.2. Anexo 2: Catálogo de acoples LOVEJOY

SERIE JAW LOVEJOY - MARTIN - RATHI





DBSE - 100 mm - 140 mm - 180 mm
QFS (2 cubos + 1 kit de anillo QF + 1 kit espaciador QFS)

DESCRIPCIÓN

Los acabados son cubos simétricos y con agujeros H7, chavetero standard y prisioneros. Espaciadores de aluminio. La superficie de los cubos Martin es pavonada en color azul.

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES EN MM							PAR NOMINAL Nm		
							E + A	U	H
Tipo	A	OD	B	D	E	Máx. agujero	NBR	URETANO	HYTREL
L. 035	15,9	-	20,6	6,7	15,9	10	0,46	0,60	1
L. 050	27,4	-	43,6	15,9	27,4	16	4	6	11
L. 070	34,5	-	50,8	19,1	34,5	19	6	8	14
L. 075	44,5	-	54,0	20,6	44,5	24	12	15	27
L. 090	53,6	65	54,0	20,6	53,6	25	20	32	47
L. 095	53,6	65	63,5	25,4	53,6	28	26	32	64
L. 100	64,3	78	89,0	34,9	64,3	35	47	70	141
L. 110	84,1	98	108,0	42,9	84,1	42	89	134	256
L. 150	95,3	111	114,3	44,4	95,3	48	141	212	405
L. 190	114,3	129	123,8	49,2	101,6	55	190	285	512
L. 225	127,0	142	136,5	55,6	108,0	65	265	398	768
L. 275	-	173	200	80	127	75	532	798 (E)	1330 (QF)
L. 295	-	253	238	95	162	95	1279	1919 (E)	3197 (QF)
L. 2955	-	253	264	108	150	105	2132	3198 (E)	5330 (QF)
L. 300	-	272	283	115	150	105	3047	4570 (E)	7617 (QF)
L. 350	-	323	309	128	200	115	4308	6462 (E)	10770 (QF)

(E) Acabado forma estrella Uretano (Modelos L. 275 a L. 350)
(QF) Acabado forma Hytrel (Modelos L. 275 a L. 350)

Programa de fabricación de cubos mecanizados

○ Agujero acabado + chavetero + tornillos prisioneros
● Agujero acabado sin chavetero

Disponible mecanizados en pulgadas

	ESTRELLAS																														
Tipo	E	H	B	U	6	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	20	22	24	25	28	30	32	35	36	40	42	45	48	50	55	60	65	Diámetro agujero
035	•				●																												
050	•	•	•	•	●	○	○	○	○	○	○	○																					
070	•	•	•	•			○	○	○	○	○	○	○		○																		
075	•	•	•	•			○	○	○	○	○	○		○	○	○		○															
090	•	•	•	•			○		○	○	○	○		○	○	○		○	○														
095	•	•	•	•					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○													
100	•	•	•	•							○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○										
110	•	•	•	•											○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
150	•	•	•	•														○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
190	•	•	•	•																	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
225	•	•		•																		○				○			○	○	○	○	

7.3. Anexo 3: Catálogo de motores eléctricos ABB

Motores de aplicación general en hierro fundido - 60 Hz

Datos técnicos para motores trifásicos del tipo jaula de ardilla totalmente cerrados y autoventilados

IP55 - IC 411 - AISLAMIENTO CLASE F / ΔT B - 220-230/380/440-460 V

Potencia					Eficiencia [%]			Factor de potencia				Corriente			Torque			Momento de inercia		
					% de la potencia nominal							In	Is	Ivacio	Tn	Ts	Tmax	J=1/4GD2	Peso	Ruido
[kW]	[HP]	Tipo		r/min	50	75	100	50	75	100	FS	[A]	In	[A]	[Nm]	Tn	Tn	[kgm2]	[kg]	[dBA]
4 polos = 1800 r/min				440 V	60 Hz															
0,25	0,33	M2QA	71 M4A	1679	60,1	66,3	66,9	0,48	0,63	0,72	1,15	0,68	3,2	0,6	1,4	2,2	2,7	0,00053	11	46
0,37	0,5	M2QA	71 M4A	1614	66,2	66,4	62,7	0,62	0,75	0,82	1,15	0,95	4,9	0,6	2,2	1,4	1,7	0,00053	11	46
0,55	0,75	M2QA	71 M4B	1609	69,4	69,2	65,3	0,66	0,78	0,85	1,15	1,3	4,9	0,6	3,3	1,4	1,7	0,00066	11	48
0,75	1	M2QA	80 M4B	1687	69,2	74,8	75,4	0,53	0,67	0,77	1,15	1,7	5,6	1,3	4,2	2,5	2,5	0,00174	17	50
1,1	1,5	M2QA	80 M4B*	1625	74,7	74,7	70,9	0,67	0,80	0,85	1	2,4	5,6	1,3	6,6	1,6	1,6	0,00174	17	50
1,5	2	M2QA	90 S4A	1644	76,8	77,8	75,0	0,65	0,77	0,83	1,15	3,1	5,5	1,4	8,7	1,7	1,7	0,00254	21	56
2,2	3	M2QA	100 L4A	1724	80,0	82,7	82,1	0,63	0,74	0,80	1,15	4,4	5,5	2,6	12,2	2,3	2,6	0,00679	32	57
3	4	M2QA	100 L4B	1706	81,1	83,6	83,1	0,72	0,81	0,87	1,15	5,5	6,0	2,8	16,8	2,3	2,6	0,00862	36	57
3,7	5	M2QA	112 M4A	1730	82,6	85,4	85,4	0,61	0,73	0,80	1,15	7,2	6,0	4,4	20,4	2,6	3,0	0,01306	45	60
4,5	6	M2QA	112 M4A	1715	84,3	85,5	84,6	0,67	0,77	0,84	1,15	8,3	4,8	4,4	25,1	2,1	2,4	0,01306	45	60
5,5	7,5	M2QA	112 L4A*	1720	83,5	84,5	83,5	0,71	0,80	0,84	1	10,5	7,0	5,6	35	2,2	2,2	0,01484	49	67
7,5	10	M2QA	132 M4A	1734	86,2	87,9	88,1	0,70	0,79	0,85	1,15	13,2	5,8	5,4	41	2,4	2,6	0,03432	73	62
9,2	12,5	M2QA	132 M4B*	1720	88,0	89,0	88,0	0,73	0,82	0,86	1	16,1	7,0	7,4	59	2,2	2,2	0,03470	75	74
11	15	M2QA	132 M4C*	1720	83,5	84,5	83,5	0,74	0,83	0,87	1	20,2	6,5	8,8	71	2,2	2,2	0,04227	80	76
15	20	M2QA	160 L4A	1755	89,7	91,5	91,6	0,79	0,86	0,89	1,15	23,9	5,0	8,6	81	2,4	2,6	0,08349	137	69
18,5	25	M2QA	160 L4A*	1743	91,0	91,6	91,6	0,83	0,89	0,90	1	29,7	5,0	8,6	102	1,9	2,0	0,08349	137	69
22	30	M2QA	180 L4A	1765	91,4	93,0	93,1	0,81	0,87	0,90	1,15	35,0	5,4	15,1	121	2,4	3,2	0,18046	186	69
30	40	M2QA	180 L4B	1750	89,0	90,0	90,0	0,79	0,85	0,87	1	50,1	6,5	13,7	116	2,2	2,4	0,10686	147	69
37	50	M2QA	200 L4B	1760	90,5	91,5	91,5	0,80	0,86	0,88	1,15	60,8	6,5	20,4	187	2,3	2,7	0,20783	200	73
45	60	M2QA	225 M4B	1760	91,6	92,6	92,6	0,81	0,87	0,89	1,15	71,3	6,5	26	231	2,2	2,6	0,29715	277	75
55	75	M2QA	225 M4B	1780	92,0	93,0	93,0	0,80	0,86	0,88	1,15	89,8	7,0	35	338	2,1	2,4	0,62440	351	78
75	100	M2QA	250 M4B	1780	93,0	94,0	94,0	0,81	0,87	0,89	1,15	118	7,0	45	461	2,3	2,4	0,91250	485	80
90	125	M2QA	280 M4A	1776	92,6	94,1	94,2	0,79	0,86	0,88	1,15	146	6,4	38	500	2,3	2,9	1,35000	592	81
110	150	M2QA	280 M4B*	1780	97,0	98,0	98,0	0,81	0,87	0,89	1	168	7,2	70	671	2,3	2,8	1,60000	679	82
132	175	M2QA	315 S4A	1781	94,2	95,0	95,0	0,82	0,88	0,90	1,15	201	6,3	47	702	1,8	2,4	2,85960	930	83
150	200	M2QA	315 M4A	1782	94,0	95,1	95,1	0,82	0,88	0,90	1,15	229	5,3	53	799	1,9	2,4	3,18480	1030	83
190	250	M2QA	315 L4A*	1780	94,4	95,3	95,3	0,83	0,89	0,91	1	283	6,3	56	1003	1,9	2,3	3,67650	1050	89

* Incremento de temperatura clase F
Corriente nominal a 440 V
Para obtener la corriente en 220 V multiplicar por 2. En 230 V multiplicar por 1,91. En 380 V multiplicar por 1,58. En 460 V multiplicar por 0,96
Conexión en 380 V opcional para motores <10 HP
Eficiencia determinada según método IEC 60034-2:1996

7.4. Anexo 4: Catálogo de ruedas ALEX

Rueda PGI

Goma gris inyectada

Más información en página 185

−20° a +60°

25-40 kg

Cojinete Eje		Código	Kg	Código	Kg	Código	Kg
40	16	2-1576	25	2-1577	25	1-0319	25
60	22	2-1034	40	2-1035	40	2-1064	40

Serie B

ALEX

Rueda PPI

Poliuretano inyectado

Más información en página 190

−25° a +80°

15-40 kg

Cojinete Eje		Código	Kg	Código	Kg	Código	Kg	Código	Kg
30	16	2-2563	15	–	–	–	–	2-2558	15
40	16	2-2564	22	1-0553	22	–	–	2-2559	25
50	18	2-2565	35	1-0554	35	–	–	2-2560	40
60	18	2-2566	40	1-0555	40	2-2569	40	2-2561	60

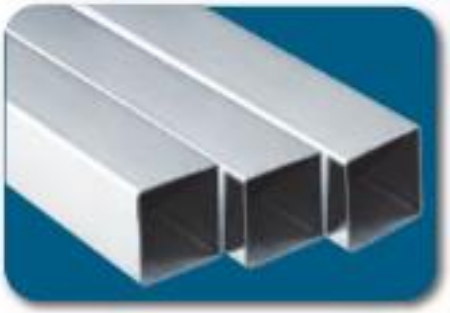
15-40 kg

Cojinete Eje		Código	Kg	Código	Kg	Código	Kg	Código	Kg
30	16	2-2570	15	–	–	–	–	2-2558	15
40	16	2-2571	22	1-0556	22	–	–	2-2559	25
50	18	2-2572	35	1-0557	35	–	–	2-2560	40
60	18	2-2573	40	1-0558	40	2-2576	40	2-2561	60

7.5. Anexo 5: Catálogo de tubos AISI 304 DIPAC

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

TUBO CUADRADO
ACERO INOXIDABLE



Especificaciones Generales

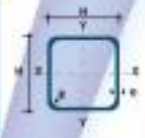
Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 3/4" a 2"
Espesor	Desde 1.2 mm, 1.5 mm y 2 mm

Dimensiones		Espesor (e)	Propiedades: Peso	Propiedades: Área Sección
Pulg	mm	mm	Kg/m	Pulg2
3/4"	19,05	1,2	0,5935	0,057
1"	25,40	1,2	0,8796	0,077
1 1/4"	31,75	1,2	1,1354	0,098
1 1/4"	31,75	1,5	1,3957	0,138
1 1/2"	38,10	1,2	1,3752	0,1185
1 1/2"	38,10	1,5	1,6855	0,174
2"	50,80	2	3,0142	0,1559

NOMENCLATURA

A= Área de sección transversal del tubo

H= Longitud tubo



TUBO REDONDO
ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales

Calidad	AISI 304
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 1" a 2"
Espesor	Desde 1.2 mm, 1.5 y 2 mm

Dimensiones		Espesor (e)	Propiedades: Peso	Propiedades: Área Sección
Pulg	mm	mm	Kg/m	Pulg2
1"	25,40	1,2	0,7235	0,1414
1"	25,40	1,5	0,8391	0,1745
1"	24,40	2	1,1659	0,2278
1 1/4"	31,75	1,2	0,9148	0,1785
1 1/4"	31,75	1,5	1,1323	0,2209
1 1/2"	38,10	1,2	1,1031	0,2156
1 1/2"	38,10	1,5	1,3677	0,2673
2"	50,80	1,2	1,4828	0,2898
2"	50,80	1,5	1,8423	0,3600
2"	50,80	2	2,4315	0,4752

NOMENCLATURA

A= Área de sección transversal del tubo (Pulg2)

e= Espesor (mm)

ACERO INOXIDABLE

www.dipacmanta.com

7.6. Anexo 6: Ficha de electrodos E312 INDURA

INDURA
Grupo AIR PRODUCTS

FICHA DE PRODUCTO

Fecha de descarga: 10-10-2017

Electrodos

ELECTRODO 29-9S (AWS E312-16)

CÓDIGO SAP: 1423000

Solo Cotización

*Producto sujeto a disponibilidad de stock

USTED PUEDE COMPRAR EN PUNTOS DE VENTA DE INDURA MARKET Y AGENTES AUTORIZADOS CON:

ACEPTAMOS TODAS LAS TARJETAS DE CRÉDITO

EFECTIVO CHEQUE

Si tiene consultas acerca de este producto, por favor comunicarse con nuestro Centro de Servicio al Cliente **1800 – 463872**.

Electrodo manual con revestimiento rutílico para aceros inoxidables austeníticos. Tipo 29 % Cr - 9 % Ni. Aplicado como recubrimiento. 30 NF (número de ferrita)

DESCRIPCIÓN

El electrodo 29-9S posee un revestimiento rutílico, que lo hace apto para soldar con CA o CC, electrodo positivo.
Este electrodo se caracteriza por un arco estable de transferencia spray cuyo depósito es de excelente forma y apariencia.
Su escoria se desprende fácilmente, además de tener una buena reanudación del arco por lo que se aconseja usarlo en soldaduras intermitentes. (El depósito es de acero inoxidable ferrítico austenítico).

Especificaciones
Excelente estabilidad de arco con transferencia tipo spray.Fácil remoción de escoriaRecubrimiento y reutilización de materiales que han experimentado desgasteReparación de ejes y engranajes, acero inoxidables 312, 314, 303 y 303 Se.

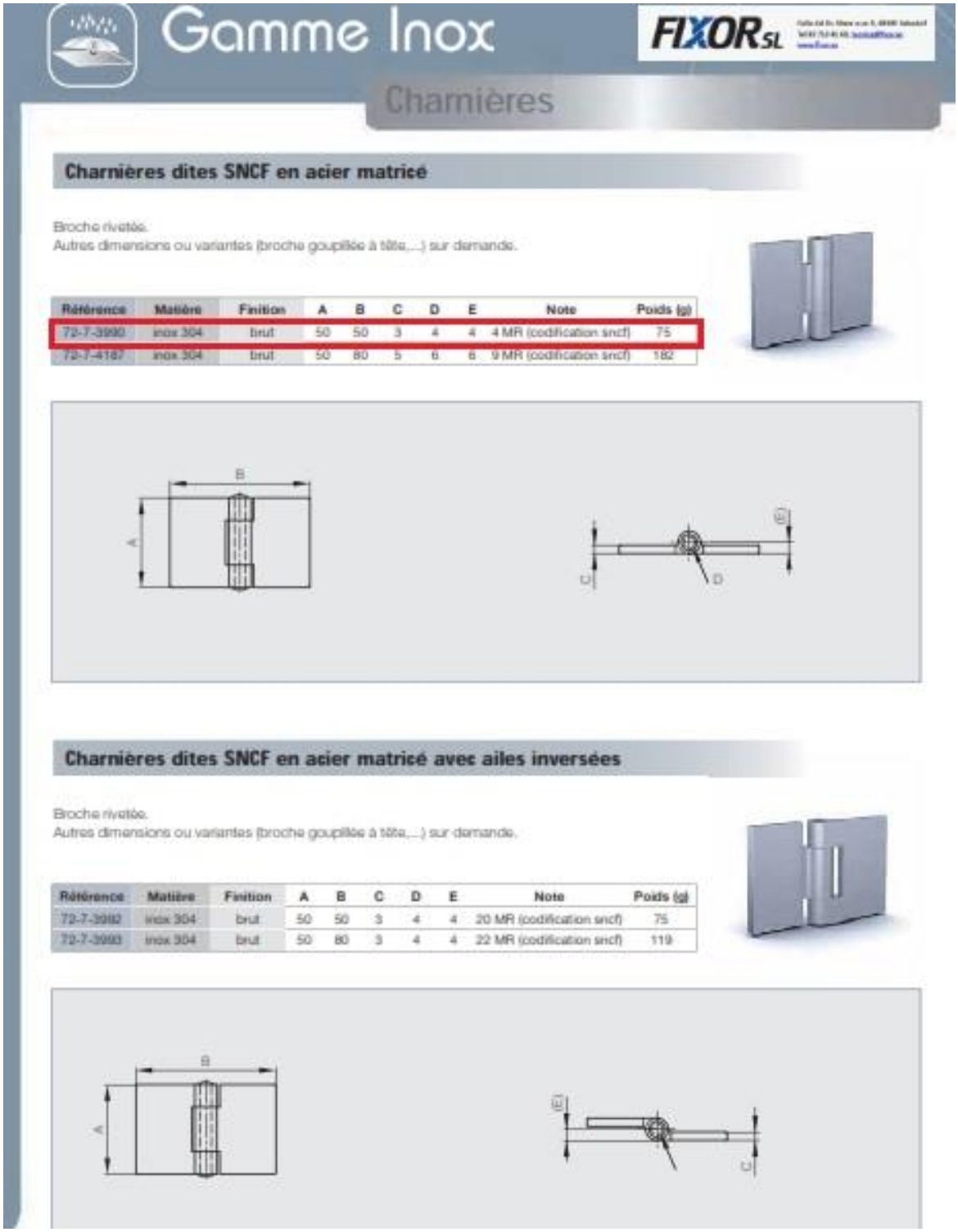
Recomendaciones
Limpiar cuidadosamente la zona a soldar, principalmente que se encuentre sin grasa ni aceite. Usar intensidades de corriente cercanas al mínimo dado por la ficha técnica, esto ayudará a tener un bajo aporte térmico (heat input). En general se debe usar similar procedimiento que el comúnmente usado en aceros inoxidable austeníticos, esto incluye que no existe la necesidad de precalentar ni de realizar tratamiento pos-soldadura específicos.

Punto de Ventas
Producto disponible en locales INDURAmarket y Agentes autorizados INDURA

Caracteristicas Principales
29-9S (AWS E312-16) 3/32" 2.4mm 2000321 29-9S (AWS E312-16) 1/8" 3.2mm 2000332

INFORMACIÓN TÉCNICA

7.7. Anexo 7: Catálogo de bisagras



Gamme Inox

FIXOR SL

Charnières

Charnières dites SNCF en acier matricé

Broche rivetée.
Autres dimensions ou variantes (broche goupillée à tête,...) sur demande.

Référence	Matière	Finition	A	B	C	D	E	Note	Poids (g)
72-7-3992	inox 304	brut	50	50	3	4	4	4 MR (codification sncf)	75
72-7-4187	inox 304	brut	50	80	5	6	6	9 MR (codification sncf)	182

Charnières dites SNCF en acier matricé avec ailes inversées

Broche rivetée.
Autres dimensions ou variantes (broche goupillée à tête,...) sur demande.

Référence	Matière	Finition	A	B	C	D	E	Note	Poids (g)
72-7-3992	inox 304	brut	50	50	3	4	4	20 MR (codification sncf)	75
72-7-3993	inox 304	brut	50	80	3	4	4	22 MR (codification sncf)	119

7.8. Anexo 8: Catálogo de pernos

PERNOS Y TUERCAS INOXIDABLES

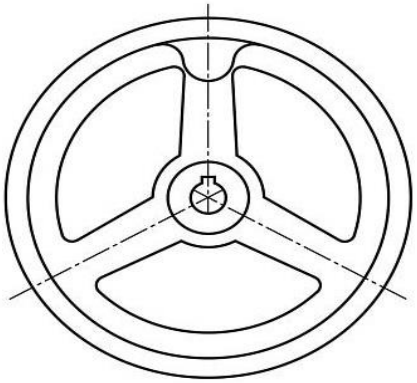
CONSUN

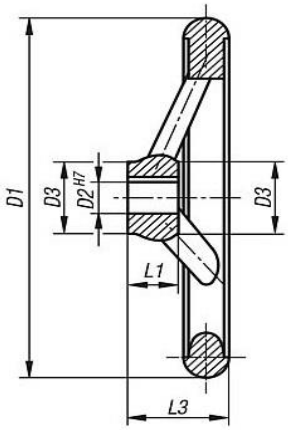
PERNO CABEZA DE HEXAGONAL ACERO INOXIDABLE

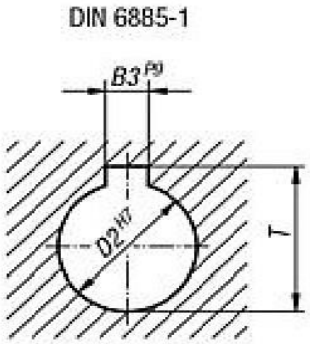
CODIGO:	DIAMETRO:	LONGITUD:	MASTER (UNI)
THE06M010WG	M6 - 1.0	10	5600 UNI.
THE06M016WG	M6 - 1.0	16	4800 UNI.
THE06M020WG	M6 - 1.0	20	4000 UNI.
THE06M030WG	M6 - 1.0	30	3000 UNI.
THE06M040WG	M6 - 1.0	40	2500 UNI.
THE06M050WG	M6 - 1.0	50	2000 UNI.
THE06M060WG	M6 - 1.0	60	1500 UNI.
THE06M070WG	M6 - 1.0	70	1200 UNI.
THE06M080WG	M6 - 1.0	80	1000 UNI.
THE06M090WG	M6 - 1.0	90	1000 UNI.
THE06M100WG	M6 - 1.0	100	800 UNI.
THE08M012WG	M8 - 1.25	12	2500 UNI.
THE08M016WG	M8 - 1.25	16	2200 UNI.
THE08M020WG	M8 - 1.25	20	2000 UNI
THE08M025WG	M8 - 1.25	25	1700 UNI.
THE08M030WG	M8 - 1.25	30	1600 UNI.
THE08M035WG	M8 - 1.25	35	1400 UNI.
THE08M040WG	M8 - 1.25	40	1300 UNI.
THE08M045WG	M8 - 1.25	45	1200 UNI.
THE08M050WG	M8 - 1.25	50	1100 UNI.
THE08M060WG	M8 - 1.25	60	800 UNI.
THE08M080WG	M8 - 1.25	80	600 UNI.
THE08M090WG	M8 - 1.25	90	500 UNI.
THE08M100WG	M8 - 1.25	100	450 UNI.
THE10M016WG	M10 - 1.5	16	1200 UNI.
THE10M020WG	M10 - 1.5	20	1000 UNI.
THE10M025WG	M10 - 1.5	25	1000 UNI.
THE10M030WG	M10 - 1.5	30	800 UNI.
THE10M035WG	M10 - 1.5	35	800 UNI.
THE10M040WG	M10 - 1.5	40	750 UNI.
THE10M045WG	M10 - 1.5	45	700 UNI.
THE10M050WG	M10 - 1.5	45	700 UNI.
THE10M060WG	M10 - 1.5	60	550 UNI.
THE10M070WG	M10 - 1.5	70	500 UNI.
THE10M090WG	M10 - 1.5	90	350 UNI.
THE10M100WG	M10 - 1.5	100	325 UNI.
THE10M110WG	M10 - 1.5	110	300 UNI.
THE10M120WG	M10 - 1.5	120	250 UNI.
THE10M130WG	M10 - 1.5	130	200 UNI.
THE10M140WG	M10 - 1.5	140	250 UNI.
THE12M025WG	M12 - 1.75	25	700 UNI.
THE12M030WG	M12 - 1.75	30	600 UNI.
THE12M035WG	M12 - 1.75	35	550 UNI.
THE12M040WG	M12 - 1.75	40	500 UNI.
THE12M045WG	M12 - 1.75	45	500 UNI.
THE12M050WG	M12 - 1.75	50	450 UNI.
THE12M060WG	M12 - 1.75	60	400 UNI.
THE12M070WG	M12 - 1.75	70	300 UNI.
THE12M080WG	M12 - 1.75	80	250 UNI.
THE12M090WG	M12 - 1.75	90	250 UNI.
THE12M100WG	M12 - 1.75	100	200 UNI.
THE12M110WG	M12 - 1.75	110	200 UNI.
THE12M120WG	M12 - 1.75	120	170 UNI.
THE12M130WG	M12 - 1.75	130	160 UNI.
THE12M140WG	M12 - 1.75	140	150 UNI.
THE12M150WG	M12 - 1.75	150	150 UNI.
THE12M160WG	M12 - 1.75	160	150 UNI.

CODIGO:	DIAMETRO:	LONGITUD:	MASTER (UNI)
THE16M030WG	M16 - 2.0	30	250 UNI.
THE16M060WG	M16 - 2.0	60	200 UNI.
THE16M070WG	M16 - 2.0	70	200 UNI.
THE16M110WG	M16 - 2.0	110	125 UNI.
THE16M140WG	M16 - 2.0	140	100 UNI.
THE16M150WG	M16 - 2.0	150	100 UNI.
THE16M160WG	M16 - 2.0	160	80 UNI.
THE16M180WG	M16 - 2.0	180	95 UNI.
THE20M040WG	M20 - 2.25	40	150 UNI.
THE20M045WG	M20 - 2.25	45	150 UNI.
THE20M050WG	M20 - 2.25	50	150 UNI.
THE20M060WG	M20 - 2.25	60	120 UNI.

7.9. Anexo 9: Volante de vaciado







Referencia Sin ranura	Referencia Con ranura	D1	D2 Serie 1	D2 Serie 2	D3	L1	L3	B3 Serie 1	B3 Serie 2	T Serie 1	T Serie 2	Número de radios
06271-0080X10	06271-1080X10	80	10	-	25	16	29	3	-	11,4	-	3
06271-0080X12	06271-1080X12	80	-	12	25	16	29	-	4	-	13,8	3
06271-0100X10	06271-1100X10	100	10	-	26	17	33	3	-	11,4	-	3
06271-0100X12	06271-1100X12	100	-	12	26	17	33	-	4	-	13,8	3
06271-0125X12	06271-1125X12	125	12	-	33	18	36	4	-	13,8	-	3
06271-0125X14	06271-1125X14	125	-	14	33	18	36	-	5	-	16,3	3
06271-0140X14	06271-1140X14	140	14	-	33	19	39	5	-	16,3	-	3
06271-0140X16	06271-1140X16	140	-	16	33	19	39	-	5	-	18,3	3
06271-0160X14	06271-1160X14	160	14	-	37	20	40	5	-	16,3	-	3
06271-0160X16	06271-1160X16	160	-	16	37	20	40	-	5	-	18,3	3
06271-0180X16	06271-1180X16	180	16	-	36	22	43	5	-	18,3	-	3
06271-0180X18	06271-1180X18	180	-	18	36	22	43	-	6	-	20,8	3
06271-0200X18	06271-1200X18	200	18	-	38	24	45	6	-	20,8	-	3
06271-0200X22	06271-1200X22	200	-	22	38	24	45	-	6	-	24,8	3
06271-0250X22	06271-1250X22	250	22	-	46	28	50	6	-	24,8	-	5
06271-0250X26	06271-1250X26	250	-	26	46	28	50	-	8	-	29,3	5
06271-0315X26	06271-1315X26	315	26	-	54	33	56	8	-	29,3	-	5
06271-0315X30	06271-1315X30	315	-	30	54	33	56	-	8	-	33,3	5
06271-0400X30	06271-1400X30	400	30	-	68	38	63	8	-	33,3	-	5
06271-0400X34	06271-1400X34	400	-	34	68	38	63	-	10	-	37,3	5
06271-0500X34	06271-1500X34	500	34	-	79	45	72	10	-	37,3	-	5
06271-0500X40	06271-1500X40	500	-	40	79	45	72	-	12	-	43,3	5

7.10. Anexo 10: PLANOS