



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

TEMA

Diseño de un molino Industrial para la molienda y descascarado del cacao

THEME

Design of an Industrial mill for cocoa grinding and husking

AUTORES:

Jessica Carola Arreaga Aguirre

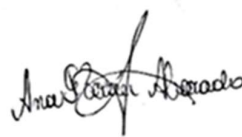
Director: Ing. Ana Fabiola Terán Alvarado Msc.

Guayaquil, Marzo de 2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



MSc. Ana Fabiola Terán Alvarado
DIRECTOR DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL



MSc. Ana Fabiola Terán Alvarado
DIRECTOR DE PROYECTO
TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jessica Carola Arreaga Aguirre, declaro que soy la única autora de este trabajo de titulación titulado **“Diseño de un molino industrial para la molienda y descascarado del cacao”**. Los conceptos aquí desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del presente análisis, son de exclusiva responsabilidad de los autores.



Jessica Carola Arreaga Aguirre

C.C 0952516623

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES

Yo, **Jessica Carola Arreaga Aguirre**, con documento de identificación No. **0952516623**. Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación llamado “Diseño de un molino industrial para la molienda y descascarado del cacao”. Por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de este proyecto con fines académicos o de investigación.

Guayaquil, Marzo de 2021



Jessica Carola Arreaga Aguirre
C.C 0952516623

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **ING. ANA FABIOLA TERÁN ALVARADO, Msc.** En calidad de director del trabajo de titulación titulado **“Diseño de un molino industrial para la molienda y descascarado del cacao”**, desarrollado por la estudiante **JESSICA CAROLA ARREAGA AGUIRRE**, previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su representación y aceptación como una obra autentica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, Marzo de 2021



MSc. Ana Fabiola Terán Alvarado
DOCENTE DIRECTOR DEL PROYECTO TÉCNICO
Universidad Politécnica Salesiana - Guayaquil

DEDICATORIA

Dedico con gran amor y orgullo este trabajo de tesis:

A Dios Por haberme dado los instrumentos necesarios para seguir adelante durante estos cinco años de preparación de la carrera universitaria, por la capacidad de poder estudiar y la sabiduría para entender las cosas más difíciles. A él toda la gloria y la honra por permitirme cumplir un objetivo más en mi vida que es el de obtener el título de profesional.

A mis padres, Jessica Aguirre y Eduardo Arreaga, quienes confiaron en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo y a salir adelante a pesar de las adversidades.

A mi esposo Erik Ordoñez por su paciencia y por creer en mi capacidad, también dedico con todo cariño a mi hija Valentina Ordoñez por ser mi motor y mi compañera por regalarme cada día su amor incondicional

A mi familia en especial a mis hermanas que han sido un soporte para mí y han estado dispuestas para brindarme su ayuda en el transcurso de mi carrera universitaria.

Dedico este trabajo de tesis a mi tío Carlos Pérez que siempre está brindándome su apoyo y por mostrarme el camino hacia la superación sin darse por vencido.

A todos ustedes

Le dedico todo mi esfuerzo y trabajo
para la realización de esta tesis.

Jessica Carola Arreaga Aguirre

AGRADECIMIENTO

El autor expresa sus agradecimientos especiales a:

La Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, sus docentes y directivos que aportaron a mi formación profesional valores éticos, morales e intelectuales.

Al Sr. Werner Gansauer por su apoyo incondicional durante toda mi etapa universitaria y a la Ingeniera Silvia Bohórquez por su disposición para cada proceso de matrícula, por su paciencia y su tiempo. Gracias a ustedes por brindarme las facilidades, apoyo y consejos para salir adelante y ser una excelente profesional.

Al taller metalmecánico Idilio por su autorización y colaboración, para que sea posible la elaboración del diseño de mi tesis de grado.

A mis tutores la MSc. Fabiola Terán directora de la carrera ingeniería Industrial, al Ingeniero Efrén Tóala y al Msc. Armando López docentes de la carrera ingeniería industrial, gracias por haber aceptado guiarme y encaminarme en este proyecto, por sus conocimientos prestados, por su amabilidad, tiempo y paciencia para yo poder realizar un excelente trabajo.

A todos mis compañeros y amigos de clases quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, felicidad y tristezas. A Erick Lindao que durante estos cinco años de la etapa universitaria e incluso en los momentos y situaciones más tormentosas estuvo a mi lado apoyándome y motivándome con palabras de aliento para culminar este proyecto de tesis que no fue fácil. Gracias por estar presente.

Jessica Carola Arreaga Aguirre

ÍNDICE GENERAL

Contenido

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	2
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	3
DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES	4
DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE GENERAL	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE GRÁFICO	13
ÍNDICE DE TABLAS	14
INDICE DE ECUACIONES	16
INDICE DE ESQUEMAS	17
INDICE DE ANEXOS	18
PLANOS	19
RESUMEN	20
ABSTRACT.....	21
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	22
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	5
EL PROBLEMA	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Importancia y alcances.....	6
1.2.1 Grupo Objetivo (Beneficiarios)	7
1.3 Delimitación.....	7
1.3.1 Delimitación Temporal	7
1.3.2 Delimitación Geográfica.....	7
1.3.3 Delimitación Académica.....	8
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2 Objetivos Específicos.....	9
CAPITULO 2.....	10
Marco Teórico.....	10
2.1 Cacao.....	10

2.1.1	Descripción botánica y ecológica	10
2.1.2	Importancia que tiene el cacao para el Ecuador y su historia	11
		12
2.1.3	Variedades del cacao:	12
2.2	La cadena de valor del cacao en el Ecuador	15
2.2.1	Principales actores y actividades en la cadena de valor del Cacao ecuatoriano	15
2.3	Producción primaria y manufactura del cacao	18
2.4	Estadísticas de exportaciones del Cacao	19
2.4.1	Exportación total del cacao ecuatoriano acumulado	19
2.4.2	Cacao en grano más semielaborados de cacao	20
2.4.3	Principales destinos: Granos de cacao.....	22
2.4.4	Principales destinos: Semielaborados de cacao	23
2.4.5	Partidas Arancelarias del cacao	25
2.5	Importaciones nacionales por año	25
2.5.1	Importación nacional (FOB) Millones USD.....	25
		25
2.5.2	Exportaciones (FOB) del cacao durante el año 2019	26
2.5.3	Importación a Ecuador 2019	28
2.5.4	Principales destinos de importación.....	29
2.6	Exportación e importación (2020) en crisis mundial por la pandemia del Covid 19 30	
2.7	Precio del cacao	35
2.7.1	Precio al productor del cacao	35
2.7.2	Precio internacional del cacao	35
2.7.3	Precio pronosticado del cacao	36
2.7.4	Precio del cacao en tiempo de pandemia por el covid19.....	36
2.8	Procesamiento del grano del cacao	38
2.9	Procesamiento del grano del cacao	38
2.10	Definición de Molienda	38
2.10.1	Molienda en el Ecuador	39
2.10.2	Factores que interviene en la molienda.	40
2.11	Tipos de molienda.....	42
2.12	Definición de Molino	43
2.13	Tipos de molinos.....	44

2.14	Característica del molino de rodillo	44
2.15	Característica del molino de martillo	45
2.16	Característica del molino de fricción	46
2.16.1	Molino de disco único	47
2.16.2	Molino de doble disco.....	48
2.16.3	Molino de discos dentados	48
2.17	Molinos de tambor	49
2.15.1	Molinos de bolas.....	50
2.15.2	Molino de barras.....	51
2.18	Aplicaciones frecuentes de molinos.....	52
2.19	Selección del molino.....	52
2.20	Granulometría de los Nibs del cacao	52
2.21	Dimensión.....	53
2.22	Contaminación nula de producto	53
2.23	Factibilidad de diseño, construcción y montaje de la máquina.....	53
2.24	Costo	54
2.25	Ruido y Vibración.....	54
2.26	Limpieza	54
2.27	Evaluación del Proyecto.....	54
2.28	Ventajas del molino seleccionado.....	55
2.29	Aplicación del molino seleccionado	56
2.29.1	Industrias agroalimentarias	56
2.29.2	Industria de la construcción.....	56
2.29.3	Minería.....	56
2.30	Definición del descascarillado	56
2.30.1	Descascarado manual de granos	57
2.30.2	Tipos de descascarado	57
2.30.3	Descascarado con tecnologías industriales	58
2.30.4	Aplicación del Blower.....	58
CAPITULO 3.....		60
DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....		60
3.1.	Estrategia de Modularidad	60
3.2.	Resolución de los módulos	61
3.2.1.	Módulo 1 estructura de soporte.....	61
3.2.2.	Diseño y análisis estático para la estructura del soporte	62

3.2.3.	Módulo 2 Diseño y análisis estático de los rodillos trituradores	65
3.2.4.	Módulo 3 selección y diseño de la chumacera	71
3.2.5.	Módulo 4 diseño y análisis matemáticos del Piñón	72
3.2.6.	Módulo 5 diseño y análisis matemáticos de la cadena.....	75
3.2.7.	Módulo 6 diseño y análisis del templador	76
3.2.8.	Módulo 7 diseño y análisis estático de la polea y banda	78
3.2.9.	Módulo 8 diseño y análisis estático del motor	79
3.2.10.	Módulo 9 diseño y análisis estático del reductor	82
3.2.11.	Módulo 10 diseño y selección del material de la tolva.....	83
3.2.12.	Módulo 11 selección del material del tubo PVC.....	85
3.2.13.	Módulo 12 selección del Blower	85
3.2.14.	Diseño completo y sus partes	86
3.2.15.	Diseño del molino completo	87
3.2.16.	Diseño del molino industrial en el programa Autodesk Inventor	89
CAPÍTULO 4.....		90
RESULTADOS.....		90
4.1	Análisis de funcionamiento.....	90
4.2	Requerimiento para la construcción del molino de cacao.....	91
4.2.1	Máquinas y herramientas	91
4.2.2	Máquinas.....	91
4.2.3	Herramientas	91
4.2.4	Instrumentos de medición	92
4.2.5	Materia Prima	93
4.2.6	Elementos Normalizados	93
4.2.7	Elementos Adicionales	93
4.3	Elementos de construcción y ensamble	93
4.3.1	Elementos mecanizados	94
4.4	Fase de construcción de la máquina.....	94
4.5	Análisis Económico	94
4.5.1	Costo de tolva	95
4.5.2	Costo de rodillos	96
4.5.3	Costo de estructura de soporte	96
4.5.4	Costo de los elementos de transmisión de potencia	96
4.6	Costo total de equipos y materiales.....	97
4.7	Costo de construcción	99

4.8	Costo directo de construcción	99
		99
4.9	Costos indirectos de construcción	99
4.10	Estado integral de costos de construcción del molino	100
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS		104
PLANOS		117

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Delimitación geográfica del taller.....	8
Ilustración 2. Cacao	10
Ilustración 3. Cacao Arriba, Provincia de los Ríos-Ecuador. Hacienda de cacao " Los Huaques", propiedad de la Sra. Rosa E. de Illingworth.	11
Ilustración 4. Hacienda de cacao "La esperanza", propiedad de los herederos B. Burgos	12
Ilustración 5. Cacao criollo	13
Ilustración 6. Cacao forastero	13
Ilustración 7. Cacao Trinitario	14
Ilustración 8. Molienda	39
Ilustración 9. Molienda en el Ecuador (Roberto Chávez Operario del molino en bellavista-Ambato)	39
Ilustración 10. Molino de rodillo	45
Ilustración 11. Molino de martillo	46
Ilustración 12. Molino de fricción de Discos.....	47
Ilustración 13. Molino de disco único.....	47
Ilustración 14. Molino de doble discos	48
Ilustración 15. Molino de discos dentados.....	49
Ilustración 16. Molino de tambor.....	49
Ilustración 17. Molino de bolas	51
Ilustración 18. Molino de barras	51
Ilustración 19. Descascarillado de cacao	56
Ilustración 20. Descascarado manual.....	57
Ilustración 21. Sopladores Industriales Blower	59
Ilustración 22. Esquema de ángulos.....	63
Ilustración 23. Característica de los rodillos trituradores.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1. Exportadores de cacao	16
Gráfico 2. Exportadores de semielaborados de cacao en el Ecuador	17
Gráfico 3. Posicionamiento de las Empresas o Industrias del Ecuador	18
Gráfico 4. Exportadores total del cacao ecuatoriano acumulado primer trimestre	20
Gráfico 5. Exportación total de cacao ecuatoriano primer semestre año cacaotero- toneladas métricas	21
Gráfico 6. Desarrollo exportación total de cacao	22
Gráfico 7. Cacao en granos-países de destino	23
Gráfico 8. Elaborados de cacao: países destino acumulado primer trimestre - toneladas métricas	24
Gráfico 9. Importaciones Nacionales de Cacao	26
Gráfico 10. Exportaciones del cacao año 2019	27
Gráfico 11. Importaciones Por producto durante el año 2019	29
Gráfico 12. Exportación de los productos semielaborados del cacao en el año 2020	32
Gráfico 13. Comparación de las exportaciones 2019-2020	32
Gráfico 14. Importaciones a Ecuador 2020	34
Gráfico 15. Comparación de las Importaciones 2019-2020	34
Gráfico 16. Precio productor de cacao	35
Gráfico 17. Precio internacional del cacao	35
Gráfico 18. Precios pronosticados del cacao	36
Gráfico 19. Potencia	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportadores del Cacao	16
Tabla 2. Exportadores de semielaborados de Ecuador.....	16
Tabla 3.Principales actores en la Industria en la cadena de valor del cacao Ecuatoriano.....	17
Tabla 4. Exportación total del cacao ecuatoriano primer trimestre año calendario	20
Tabla 5. Análisis de la exportación del cacao	21
Tabla 6. Países de destino acumulado primer trimestre.....	22
Tabla 7. Análisis de los países de destino.....	24
Tabla 8. Partidas nardinas del cacao	25
Tabla 9. Importaciones Nacionales por año (FOB) MILLONES USD	25
Tabla 10. Exportaciones (FOB) del cacao 2019	26
Tabla 11. Productos que descendieron sus exportaciones en el año 2019	28
Tabla 12. Importaciones por producto durante el año 2019.....	29
Tabla 13. Principales destinos de Importación	30
Tabla 14. Exportaciones durante el año 2020	31
Tabla 15. Importaciones a Ecuador 2020.....	33
Tabla 16. Definición de las variables de los elementos moledores.....	41
Tabla 17. Comparación de los tipos de molienda	43
Tabla 18. Tipos de molinos.....	44
Tabla 19. Clasificación del molino de fricción.	44
Tabla 20. Clasificación del molino de tambor.	44
Tabla 21. Aplicaciones frecuentes de molinos.....	52
Tabla 22. Evaluación del proyecto idóneo.....	55
Tabla 23. Especificaciones del módulo 1.....	61
Tabla 24. Diagrama de eje móvil	62
Tabla 25. Ángulos.....	63
Tabla 26. Selección del material del rodillo	71
Tabla 27. Información técnica de chumaceras.....	72
Tabla 28. Especificaciones técnicas del piñón.....	74
Tabla 29. Especificaciones técnicas de la cadena de transmisión.....	75
Tabla 30. Especificaciones técnicas del espárrago	76
Tabla 31. Composición química del espárrago B8 AISI 304.....	76
Tabla 32.Especificaciones de la tuerca	77
Tabla 33.Especificación técnica del sujetador del templador	77
Tabla 34. Factor de servicio.....	78
Tabla 35. Especificaciones del motor	80
Tabla 36. Especificaciones técnicas del reductor.....	83
Tabla 37. Especificaciones técnicas de la plancha inoxidable.....	84
Tabla 38. Especificaciones técnicas del tubo PVC	85
Tabla 39. Especificaciones Técnicas del reductor	85
Tabla 40. Costo de tolva	95
Tabla 41. Costo de rodillos	96
Tabla 42. Costo de estructura del soporte	96
Tabla 43. Costo de elementos de transmisión de potencia.....	97
Tabla 44. Costo total de equipos y materiales	98
Tabla 45. Costos de mano de obra directa	99
Tabla 46. Costos de materiales indirectos.....	99

Tabla 47. Gastos administrativos y Adicionales	100
Tabla 48. Estado integral de costos de construcción del molino	100

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Velocidad crítica (rad/seg)	40
Ecuación 2. Velocidad crítica con D en pies	40
Ecuación 3. Velocidad crítica con D en metros	40
Ecuación 4. Velocidad crítica a nivel Industrial	40
Ecuación 5. Tamaño máximo de elementos moledores	41
Ecuación 6. Volumen de carga	42
Ecuación 7. Flexión	64
Ecuación 8. Factor de seguridad	65
Ecuación 9. Potencia requerida.....	66
Ecuación 10. Periodo de rotación de los rodillos.....	68
Ecuación 11. Carga distribuida.....	68
Ecuación 12. Carga de trituración.....	68
Ecuación 13. Potencia.....	69
Ecuación 14. Torque	69
Ecuación 15. Fuerza normal.....	69
Ecuación 16. Inercia.....	70
Ecuación 17. Sección Transversal	70
Ecuación 18. Paso del piñón	73
Ecuación 19. Longitud de la cadena	76
Ecuación 20. Potencia de trabajo	79
Ecuación 21. Velocidad lineal de la banda	79
Ecuación 22. Fuerza ejercida por la polea	79
Ecuación 23. Sumatorias de momentos	80
Ecuación 24. Sumatorias de fuerzas	80
Ecuación 25. Energia de distorsión.....	82

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Principales actores en la cadena de valor del cacao Ecuatoriano	15
Esquema 2. Producción primaria y Manufactura	19
Esquema 3. Diagrama de flujo sobre el procesamiento del cacao	38
Esquema 4. Diseño de un molino de rodillos.....	45
Esquema 5. Diseño de un molino de martillo	46
Esquema 6. Diseño de molino de disco único	47
Esquema 7. Molino de doble disco (a) molino de cizalla (b).....	48
Esquema 8. Diseño de un molino de bolas	51
Esquema 9. Diseño de un molino de barras	51
Esquema 10. Vista lateral de la estructura de soporte.....	62
Esquema 11. Vista frontal de la estructura de soporte	62
Esquema 12. Estructura de soporte completa en 3d.....	63
Esquema 13. Diseño de los rodillos en Autocad vista lateral	65
Esquema 14. Diseño del rodillo en Autocad vista frontal	65
Esquema 15. Diseño del rodillo completo en 3d.....	66
Esquema 16. Diseño del rodillo en inventor	66
Esquema 17. Diagrama de cuerpo libre del rodillo.....	66
Esquema 18. Diseño de las chumaceras.....	72
Esquema 19. Diseño del piñón en autoCAD vista frontal	73
Esquema 20. Diseño del piñón en autoCAD vista lateral	73
Esquema 21. Diseño del piñón en autoCAD completo 3d.....	73
Esquema 22. Diseño de la cadena en autoCAD 3d.....	75
Esquema 23. Diseño de la polea en AutoCAD 3D	78
Esquema 24. Diseño de la polea 6" en AutoCAD en 3d.....	78
Esquema 25. Diseño del motor 3d	79
Esquema 26. Diagrama de cuerpo libre de torque	80
Esquema 27. Diagrama de fuerza cortante y momento flector	81
Esquema 28. Diseño del reductor en autoCAD 3d	83
Esquema 29. Diseño de la tolva en el programa AutoCAD vista lateral 3D	83
Esquema 30. Diseño de la tolva en el programa AutoCAD vista superior 3d	84
Esquema 31. Diseño de la tolva completa en el programa AutoCAD	84
Esquema 32. Partes del molino en AutoCAD.....	86
Esquema 33. Diseño del molino 3D.....	87
Esquema 34. Diseño del molino Rayos X.....	87
Esquema 35. Diseño del molino industrial	88
Esquema 36. Diseño del molino industrial	88
Esquema 37. Diseño del molino industrial	88
Esquema 38. Diseño del molino industrial en el programa Autodesk Inventor.....	89

INDICE DE ANEXOS

Estructura 1. Modulos del molino.....	61
Anexo 1. Catálogo de perfiles estructurales ángulos L doblados	106
Anexo 2. Catálogo de ejes acero inoxidable	107
Anexo 3. Especificaciones técnicas de las chumaceras	108
Anexo 4. Especificaciones técnicas del piñón	109
Anexo 5. Especificación técnica de la cadena.....	110
Anexo 6. Especificación técnica de esparragos y tuercas	111
Anexo 7. Plancha acero inoxidable.....	112
Anexo 8. Especificación técnica de la polea.....	113
Anexo 9. Especificación técnica de la banda.....	113
Anexo 10.Especificación técnica del motor.....	114
Anexo 11. Especificación técnica del reductor	114
Anexo 12. Especificación técnica del tubo PVC	115
Anexo 13. Especificación técnica del blower	116

PLANOS

Plano 1. Vistas del plano.....	117
Plano 2. Vistas del rodillo.....	118
Plano 3. Vistas del rodillo.....	119
Plano 4. Vistas de la tolva.....	120
Plano 5. Vistas de las tuberías.....	121

RESUMEN

Mediante el crecimiento de la demanda en la competencia del sector Industrial y el cacao, el Ecuador ha visto la necesidad de cambiar los modelos antiguos de producción y perfeccionar sus procesos. Con el apoyo del estudio de factibilidad se concluyó en crear e innovar una máquina más sofisticada que genere un mayor segmento en el mercado. El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal diseñar un equipo que se encargue de la molienda y el descascarado del cacao para un negocio local de la ciudad de Guayaquil, con el propósito de obtener un producto final mediante su transformación. El proyecto surgió a partir de la necesidad de los comerciantes lo cual este estudio está orientado a la competitividad a nivel comercial en el sector del cacao de pequeños y medianos comerciantes, enfocándose en optimizar procesos, minimizar costos de producción y aumentar la fiabilidad del mecanismo cumpliendo con los estándares de calidad del sector alimenticio. El funcionamiento del molino consiste en un mecanismo de rodillos moleteados que realizan la acción de molienda del proyecto trabajados en acero inoxidable 304, que giran en sentido contrario mediante un sistema engrane accionados de acuerdo con una velocidad determinada, centrados por chumaceras de pared y acoplados a un reductor y a un motor relacionados por una banda dentada, trabajando de manera horizontal con respecto a la tolva donde se depositará la materia prima para su molienda. Para su correcto funcionamiento y los distintos grados de molienda se realizó un sistema móvil en los rodillos permitiendo graduar y calibrar la máquina de acuerdo con especificaciones de los clientes. El proyecto consta con un Blower industrial conectado directamente al depósito de los rodillos mediante tubos y acoples PVC, que realiza la función de descascarar el cacao dejando libre de impurezas el producto después de su molienda.

Palabras Claves: Molino, molienda, descascarado, cacao.

ABSTRACT

Through the growth of demand in the competition of the Industrial and cocoa sectors, Ecuador has seen the need to change the old production models and improve its processes. With the support of the feasibility study, it was concluded to create and innovate a more sophisticated machine that generates a larger segment in the market. The main objective of this degree project is to design a team that is in charge of grinding and shelling of cocoa for a local business in the city of Guayaquil, with the purpose of obtaining a final product through its transformation. The project arose from the need of the merchants, which this study is oriented to competitiveness at the commercial level in the cocoa sector of small and medium-sized merchants, focusing on optimizing processes, minimizing production costs and increasing the reliability of the mechanism complying with the quality standards of the food sector. The operation of the mill consists of a mechanism of knurled rollers that perform the grinding action of the project worked in 304 stainless steel, which rotate in the opposite direction by means of a gear system driven according to a determined speed, centered by wall bearings and coupled to a reducer and a motor related by a toothed band, working horizontally with respect to the hopper where the raw material will be deposited for grinding. For its correct operation and the different degrees of grinding, a mobile system was carried out on the rollers, allowing the machine to be adjusted and calibrated according to customer specifications. The project consists of an industrial Blower connected directly to the roller tank by means of PVC tubes and couplings, which performs the function of husking the cocoa, leaving the product free of impurities after grinding.

Key Words: Mill, grinding, shelling, cocoa.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Tolva: Recipiente en forma de pirámide o cono invertido, con una abertura en su parte inferior, que sirve para hacer que su contenido pase poco a poco a otro lugar o recipiente de boca más estrecha.

Moleteado: Es un proceso de conformado en frío del material mediante unas moletas que presionan la pieza mientras da vueltas. Dicha deformación genera un incremento del diámetro inicial de la pieza. El moleteado se realiza en piezas que se tengan que manipular a mano para evitar el resbalamiento que tuviesen en caso de ser lisa.

Reductor lineal: Los reductores de velocidad son utilizados para controlar y variar las revoluciones por minuto (rpm) de los motores eléctricos, ya que en la mayoría de los procesos industriales las velocidades de los motores son demasiado altas. La utilización de los reductores de velocidad nos da un menor número de rpm de salida, pero sin disminuir de manera significativa la potencia, aumentando el par de forma segura y eficaz.

Chumacera de pared: Es el dispositivo que permite el soporte para la rotación de un eje, está compuesto de una parte rotativa y una fija.

Tensor de cadena: Mecanismo en que las transmisiones por cadena conservan la tensión, recuperando los juegos generados por el alargamiento.

Cadena de transmisión de potencia: Transmiten grandes pares de fuerza y donde los ejes de transmisión se muevan en un rango de velocidades de giro entre medias y bajas. Las transmisiones por cadenas son transmisiones robustas, que permiten trabajar en condiciones ambientales adversas y con temperaturas elevadas, aunque requieren de lubricación. Además, proporcionan una relación de transmisión fija entre las

velocidades y ángulo de giro de los ejes de entrada y salida, lo que permite su aplicación en automoción y maquinaria en general que lo requiera.

Correa de transmisión: Las correas son elementos de transmisión de potencia, de constitución flexible, que se acoplan sobre poleas y engranajes que son solidarios a ejes con el objeto de transmitir pares de giro. La correa de transmisión trabaja por rozamiento o por arrastre.

Molino: Máquina que sirve para triturar, moler, laminar o estrujar materias sólidas; generalmente está constituida por dos piezas, una móvil que gira sobre otra fija.

Descascarado: Quitar la cáscara de una cosa.

Molienda: Es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de una muestra sólida.

Cilindrado: Es una operación principal que se la realiza en la máquina herramienta llamada torno, donde se mecaniza el exterior o interior de la pieza para reducir su diámetro, o para quitar las imperfecciones propias originadas en la producción de la materia prima.

Refrentado: La operación de refrentado consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de las piezas que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas.

Chafinado: Es una operación de torneado muy común que consiste en matar los cantos tanto exteriores como interiores para evitar cortes con los mismos y a su vez facilitar el trabajo y montaje posterior de las piezas.

Chavetas: Se denomina chaveta a una pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre sí para transmitir potencia y evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra.

Chavetero: El hueco que se mecaniza en las piezas acopladas para insertar las chavetas.

Ranurado de chaveteros: Se utilizan fresas cilíndricas con mango, conocidas en el argot como bailarinas, con las que se puede avanzar el corte tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este.

Piñón: Es la rueda más pequeña de un par de ruedas dentadas o a la rueda de un mecanismo de cremallera o la rueda pequeña en la transmisión por cadena o por correa.

Pasador: Un pasador es un elemento de fijación mecánica desmontable, de forma cilíndrica o cónica, cuyos extremos pueden variar en función de la aplicación.

Tubo pvc: Es utilizado en las instalaciones domésticas, debido principalmente a la variedad de accesorios (codos, manguitos de empalme, casquillos reductores, injertos, conexiones para desagües a bajante general, etc.) con los que se dispone, como también su bajo peso y su facilidad de utilización.

Roscado interior: Es una superficie cuyo eje está contenido en el plano y en torno obteniendo una trayectoria helicoidal cilíndrica.

Machuelo: Es una herramienta de corte para tallar (generar) cuerdas de tornillo interiores. Es una especie de tornillo de acero aleado templado y rectificado, con ranuras a lo largo de la cuerda que permiten el desalojo de las rebabas arrancadas al generar la cuerda.

Tolerancia: La tolerancia es similar de una manera opuesta al ajuste en ingeniería mecánica, el cual es la holgura o la interferencia entre dos partes.

Medida nominal: Medida que se adopta como resultado del cálculo de dimensiones, y que se emplea a los efectos de identificación. La tolerancia se expresará a partir de ella.

Tornillo de fijación: Es un dispositivo que se utiliza para la sujeción de un objeto. Cuenta con un cuerpo (caña) alargado y enroscado que se introduce en la superficie y con una cabeza que dispone de ranuras para que pueda emplearse una herramienta y así realizar la fuerza correspondiente

Nibs: Son pedacitos de la semilla del cacao natural tostado muy nutritivos y saludables.

INTRODUCCIÓN

La producción del cacao en el Ecuador ha sido una de las principales actividades con mayor participación en el mercado a nivel internacional, una de las ventajas significativas en este ámbito son los niveles de productividad que por lo consiguiente son relativamente altos. Esto inicia desde el cultivo del cacao hasta la industrialización del proceso dando como resultado un producto final de calidad a comercializar. La materia prima es la pepa del cacao que cuenta con tres tipos principales: Forastero, Criollo y trinitario; conocidos de esta manera en el sector agricultor y en el sector comercial también se los conoce como cacao ordinario y cacao fino. A partir de la recolección de la pepa del cacao existen pasos a seguir para su transformación que empieza con la selección, limpieza, tostado, trituración y la separación de cascara o residuos propios del grano de cacao.

Las empresas cuentan con maquinarias sofisticadas, obteniendo un nivel de producción alta comenzando desde la selección de los nibs por tamaño y estas pasan por medio de una máquina que realiza un movimiento constante dejando caer los nibs a través de una tela metálica que cuenta con agujeros de diferentes medidas facilitando el proceso de selección, una vez limpio y seleccionado el grano se procede con la limpieza del cacao en bruto con la máquina despedregadora donde toda partícula ajena al cacao es separada, teniendo el grano limpio y libre de impurezas el siguiente paso es realizar el tostado de manera uniforme que le dará el aroma característico refinando el producto y por último se realiza la molienda de acuerdo al grado de finura que requiere el proceso.

Como resultado cada proceso se lo realiza de manera individual, en muchos casos no se invierten en este tipo de actividades productivas teniendo maquinarias obsoletas y manuales lo que retrasa significativamente el trabajo con niveles de producción bajos.

Estudiando el campo de producción se pueden llegar a reducir los procesos sin necesidad de realizarlo de formas separadas. Se llegó a la conclusión de innovar, diseñar una máquina capaz de descascarar y llevar a cabo la molienda del cacao cumpliendo con parámetros mecánicos y de calidad cubriendo la necesidad del comerciante que se dedica a esta actividad.

Cabe recalcar que “Ecuador es uno de los países reconocidos situándose en el nivel cuatro de la exportación mundial del cacao en grano y lidera la producción de la variedad de cacao fino de aroma con una participación del 63%. La unión Europea y Estados Unidos constituyen los principales destinos de exportación” (NACIONAL, 2018).

Involucrándonos en este proyecto estaremos enfocados al sector industrial diseñando un molino industrial para la molienda y el descascarado del cacao de la cual se hace referencia.

“El molino es una máquina que sirve para moler o reducir de tamaño rocas o granos utilizando una fuerza motriz externa”. (PAÚL LOZADA CASCO, 2015, pág. 8)

El molino industrial es una maquinaria de singular importancia en muchos sectores productivos. Este artilingio es un mecanismo de molienda que sirve para triturar diferentes productos mediante una polea o un reductor. Los molinos ayudan en gran variedad de industrias a realizar el trabajo de forma más eficiente, precisa y económica (LUDIGER). Constituyen una ayuda muy valiosa en los procesos productivos, facilitando la optimización de las tareas, y cumple la función de dos procesos como son: molienda y descascarado de cacao, ingresando los granos de cacao por la parte superior del mecanismo donde se encuentra la tolva que almacena el producto. (VULCANOTEC, 2020).

El molino de rodillos consta de dos cilindros de acero que rotan en sentido contrario de manera que las partículas son atrapadas y sometidas a fuerzas de compresión que causan la reducción de tamaño. La superficie de los rodillos puede ser lisa, corrugada o puede tener dientes (disco dentado). (GIOVANNI JAVIER MIELES, 2016)

El mecanismo de alimentación de dos rodillos funciona de la siguiente manera: un producto que ingresa en un cubo receptor de la máquina de rodillos es capturada por un rodillo de alimentación superior y transferida a la inferior que lo alinea transversalmente en una línea delgada y la transfiere a un rodillo de trabajo que gira lentamente. (A.FEDOTOV, 2019).

Los rodillos cumplen la función de moler y triturador el grano en bruto. Previamente el rodillo ha pasado por un proceso de mecanizado en la máquina herramienta llamada torno, dándole medida en su diámetro, longitud al eje, tolerancias para moleteado y chumacera de pared de acuerdo con la medida nominal. El mecanismo se accionará por medio de un motor y reductor, que proporcionarán la potencia y el avance que necesita la máquina para su correcto funcionamiento, los cuales se encuentran engranados por medio de un piñón y banda dentada respectivamente. (RAFAEL ESCOBAR, 2015).

Para el desarrollo de este proyecto técnico se ha dividido en cuatro capítulos. El primer capítulo está basado en una investigación teórica en donde se muestra el antecedente del molino, se describe la justificación del problema teniendo la necesidad de desarrollar un equipo que cubra con las necesidades de los pequeños y medianos comerciantes. También se indica con precisión la delimitación temporal, geográfica y académica. Para finalizar se presenta el objetivo general y los objetivos específicos para obtener el desarrollo principal del tema de este proyecto de titulación.

El capítulo dos engloba conceptos específicos relacionados al análisis e investigación que se ejecutó para cumplir con el objetivo general del proyecto. Se habla acerca del cacao en grano como producto principal y sus exportaciones e importaciones durante los últimos 5 años recurrentes, se detalla estadísticamente valores que se encuentran en bases indexadas, se presenta el análisis del cacao en problemas mundiales como es el caso de la pandemia por el Covid19. También se menciona a la molienda, descascarado y el molino como principal factor de este proyecto incluyendo los tipos de molinos con sus respectivos esquemas determinando el molino más idóneo para la ejecución del diseño del proyecto, nos enfocamos en el análisis del equipo como es sus ventajas y aplicaciones. Además, se definen fundamentos teóricos muy claves para el diseño de la máquina.

El capítulo tres describe detalladamente la metodología y procedimientos del molino industrial mediante el estudio de modularidad con los doce componentes principales de la máquina, se presentan análisis estáticos y matemáticos, esquemas de los diferentes diseños de los componentes del molino, especificaciones de materiales y formatos que van relacionados al estudio del proyecto. Se argumenta brevemente su elección relacionándolo con el objetivo y el problema.

Finalmente, en el capítulo cuatro se dan a conocer el detalle del funcionamiento de la máquina con los requerimientos y etapas para la construcción, la presupuestación de los materiales y mano de obra para la implementación del proyecto. Se realiza un análisis económico que en ellos incluye los costos de cada módulo. Para un buen manejo del análisis de costos se presentan los gastos generales para la fabricación del equipo, con estos datos se procede a realizar el estado integral de costos. Para finalizar se detalla las conclusiones, recomendaciones y anexos.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El nivel de producción para la obtención del producto final del cacao es relativamente bajo, los comerciantes que se dedican a esta actividad se ven en la necesidad de reducir sus procesos logrando una producción continua sin tener que realizarlos por separados y sin contar con varias máquinas. Para lograrlo es de vital importancia analizar todas las alternativas posibles en el diseño de la máquina teniendo en cuenta el resultado que se quiere obtener.

Este proyecto técnico está centralizado en simplificar operaciones como lo son el descascarado y molienda del cacao, reduciendo altamente el costo y tiempo de producción obteniendo una máquina autónoma creada a partir de características tomadas de diferentes equipos que cumplen dichas funciones. Estas van desde la más rudimentaria hasta la más sofisticada, el factor de elección de un molino de rodillos para el proyecto técnico es la estructura mecánica del cacao conociendo la fuerza inicial del producto donde se determina el grado de trituración del cacao.

En el campo del sector industrial en la ciudad de Quito existe una máquina que realiza la función de moler y descascarar el cacao, construida a partir de materiales no aptos para el sector alimenticio, con una capacidad bastante limitada a la hora de vaciar la materia prima en su tolva, lo que la hace poco satisfactorio en el momento de la producción, de acuerdo a la necesidad que se quiere satisfacer y partiendo de este modelo de máquina podemos analizar sus características funcionales diseñando un molino de rodillos con una capacidad de almacenado en su tolva de acuerdo a la demanda que se desea cubrir tomando en consideración para su implementación materiales aptos para el manejo del sector alimenticio

1.2 Importancia y alcances

En el Ecuador existen varias empresas dedicadas a la producción de semielaborados de cacao, ubicadas en la Provincia del Guayas, en donde se encuentra la mayor cantidad de empresas industrializadoras y exportadoras y desde donde se envía a los mercados externos. En el 2016 el sector del cacao exportó 253 millones de toneladas netas, en el 2017 cubrió 122% de las exportaciones de toneladas del año anterior (NACIONAL, 2018). Actualmente pese a la emergencia sanitaria del covid-19 la producción del cacao no se ha visto afectada lo único que ha reducido son las rutas de acceso. Existe una diferencia de \$40.00 por quintal debido a la situación actual de las bolsas de valores (UNIVERSO, 2020).

Por lo consiguiente en este proyecto se pretende satisfacer a los comerciantes quienes se ven más afectados por la pandemia mundial, desarrollando un diseño de una máquina que cumpla con dos funciones al mismo tiempo lo que generará una ventaja competitiva en sus procesos aumentando la productividad.

El diseño del molino industrial desarrollado en este trabajo de tesis está dirigido al sector de los pequeños y medianos comerciantes, como el caso del ingeniero Sergio Blum que necesita implementar una máquina que le permita realizar un proceso optimizado de molienda y descascarado del cacao para su negocio.

La elaboración y ensamble de las partes mecánicas se las puede ejecutar en el Taller Metalmecánica Idilio de la ciudad de Guayaquil ya que tenemos todas las herramientas y equipos necesarios para poder realizar el proyecto.

El proyecto es importante porque es una innovación dentro del sector industrial, donde las máquinas utilizadas en los procesos reciben su materia prima para transformarla en

un producto final, mediante varios procesos de producción cumpliendo un trabajo específico a la vez.

1.2.1 Grupo Objetivo (Beneficiarios)

El principal beneficiario en la elaboración de este molino industrial, desarrollado para las pequeñas y medianas empresas en el Ecuador es el autor, ya que por medio de este proyecto podrá obtener el título de Ingeniero Industrial, con la ayuda de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional.

Los beneficiarios con este tipo de diseño de la máquina industrial también son los comerciantes como lo es el Ingeniero Sergio Blum y familia.

1.3 Delimitación

1.3.1 Delimitación Temporal

El tiempo de duración estipulado fue de tres meses a partir de la aprobación de este proyecto y en cuyo lapso se logró establecer los parámetros específicos para el diseño de la máquina.

1.3.2 Delimitación Geográfica

El diseño de este proyecto se desarrolló en el taller metal mecánica Idilio ubicado al sur de la ciudad de Guayaquil.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un molino industrial para cacao capaz de entregar un producto final de buena calidad y mejorando los tiempos de la producción actual.
- Simular el funcionamiento del molino según las especificaciones técnicas establecidas.

CAPITULO 2

Marco Teórico

2.1 Cacao

2.1.1 Descripción botánica y ecológica

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta originaria de América tropical, perteneciente a la familia Sterculiaceae. De acuerdo con la clasificación botánica, el cacao pertenece al género *Theobroma*, especie cacao.

El fruto de este árbol como se muestra en la figura número 2, abarca entre treinta y cuarenta semillas de color marrón-rojizo en la parte externa y está revestida de una pulpa blanca indulgente, suave y comestible. El embrión está estructurado por dos cotiledones y las sustancias que se encuentran en éstos forman el producto comercial. En los tejidos de parénquima de los cotiledones se encuentran los principios estimulantes -la teobromina y la cafeína- en porcentajes de 1 a 0,5% respectivamente.



Ilustración 2. Cacao
Fuente: Internet

En cuanto a los requerimientos agroecológicos, las condiciones más propicias para el cultivo del *Theobroma cacao* L. se encuentran confinadas a las áreas de los bosques húmedos tropicales, concentrándose su producción en una banda estrecha no mayor de 20° al norte y al sur de la línea ecuatorial. La temperatura debe mantenerse entre 21° C y 32° C y para tener una buena producción de cacao se requiere una precipitación

anual entre 1.150 y 2.500 mm. (UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, ABRIL 2018).

2.1.2 Importancia que tiene el cacao para el Ecuador y su historia

La economía del Ecuador ha permanecido resistente y ligada al rendimiento del cultivo del cacao tal como se muestra en la ilustración tres en la hacienda de cacao “los Huaques” ubicada en la provincia de los Ríos-Ecuador, y esto se enlaza en la parte histórica, política y sociocultural, el cacao representa beneficios, utilidad y rentabilidad por tal razón es importante para el país desde su principio.

En la crisis del mercado mundial y las revoluciones internas del país, Ecuador es el primer exportador a nivel mundial entre los años 1820 a 1860 en donde su productividad tuvo una inclinación entre 120.000 a 160.000 quintales por año, a partir de esta década se ocasiona un crecimiento. En el año 1880 a 1890. Ecuador es el principal exportador mundial de cacao, que empezó a perderlo a beneficio de Ghana. (SATHIRI, 2017).



Ilustración 3. Cacao Arriba, Provincia de los Ríos-Ecuador. Hacienda de cacao " Los Huaques", propiedad de la Sra. Rosa E. de Illingworth.

Fuente: Anecacao

El cacao como esencial producto generador de divisas y recursos, posibilitó la creación de los primeros bancos del país y fue también el soporte para el manejo político y económico de los gobernantes de turno. En los años 1915 y 1920 se extiende en toda la zona cacaotera las enfermedades nombradas como la escoba de bruja y la monilla, suscitando un acortamiento de la producción aproximadamente de 40.000 TM. El

cacao ecuatoriano es una mezcla de Nacional y trinitario calificándose como el más persistente a las enfermedades. No obstante, el sabor Arriba o también reconocido como “pepa de cacao” continúa constante ya que el Ecuador tiene las condiciones agro-climáticas para el desarrollo del cultivo, véase en la ilustración número cuatro. (REVISTA ESPECIALIZADA EN CACAO, 2018)



Ilustración 4. Hacienda de cacao "La esperanza", propiedad de los herederos B. Burgos
Fuente: Anecacao

2.1.3 Variedades del cacao:

La clasificación en variedades del cacao cultivado está basada en las relaciones genéticas y en caracteres arbitrarios, y en base a este sistema se han separado dos grandes grupos: el criollo y el forastero; son separados sobre las bases de diferencias específicas, en color de la semilla y forma del fruto. (CACAO, THE TREASURE OF THE AMAZON.).

Según información de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, por sus siglas en inglés), existen tres variedades de árboles de cacao:

🌈 Criollo, que dominó el mercado hasta mediados del siglo XVIII, pero del que actualmente quedan pocos árboles puros. Este tipo de cacao es reconocido por su gran calidad y es utilizado para la elaboración de los chocolates más finos. Véase en la ilustración 5:



Ilustración 5. Cacao criollo
Fuente: Internet

- Forastero, conformado por un extenso grupo de poblaciones cultivadas, semi-silvestres y silvestres, de las cuales la Amelonado es la más ampliamente sembrada (incluyendo las variedades Común en Brasil, Amelonado de África Occidental, Cacao Nacional de Ecuador y Matina o Ceyland en Costa Rica y México). Este tipo de cacao es utilizado para mezclar y dar cuerpo al chocolate. La presentación se observa en la ilustración número 6:



Ilustración 6. Cacao forastero
Fuente: Internet

- Trinitario, descendiente de un cruce entre Criollo y Forastero surgido en Trinidad, que se esparció a Venezuela y de allí a Ecuador, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea. se distingue en dos grandes categorías de granos de cacao según sus características de sabor que le dan un uso comercial: finos o de aroma (fine or flavour cocoa beans) y corrientes (ordinary or bulk beans). Este tipo de cacao es híbrido y más aromático que el forastero y más resistente que el criollo. La presentación se observa en la ilustración número 7:



Ilustración 7. Cacao Trinitario
Fuente: Internet

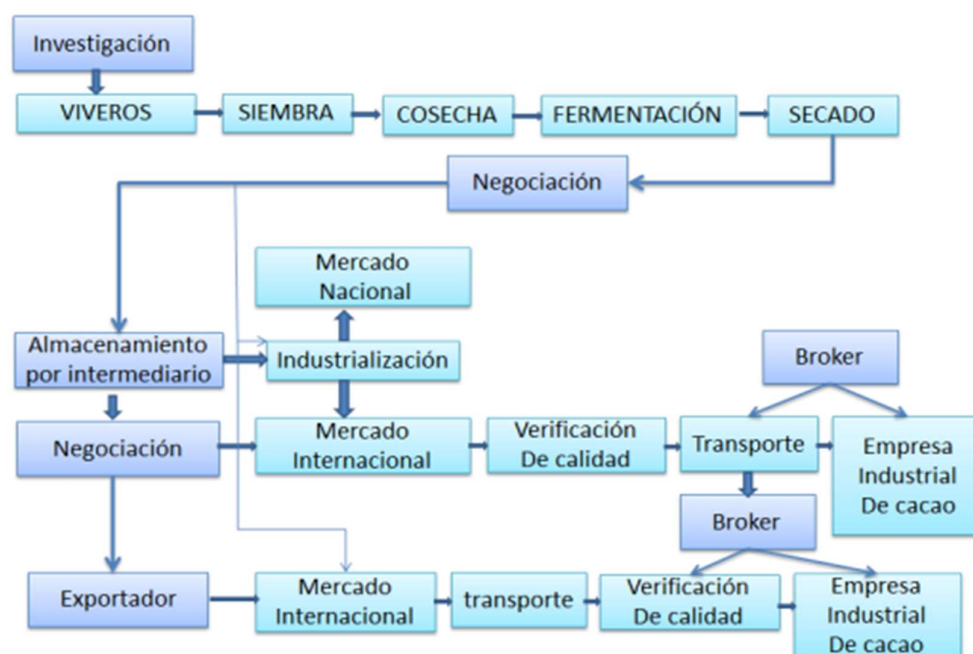
ICCO señala que en general los granos finos provienen de árboles de las variedades criollo o trinitario y también considera que Ecuador es el principal productor y exportador de cacao fino o de aroma en el mundo con su variedad Nacional (Panel sobre cacao fino de ICCO, 2015^a). A su vez, un informe de consultoría contratada por el gobierno de Perú (M&O Consulting S.A.C., 2008) menciona que “...las variedades de cacao Criollo: ‘Porcelana’, ‘Playa Alta’ y ‘Chuao’ de Venezuela y la variedad ‘Arriba’ del Ecuador, son considerados como cacaos finos por su excelente aroma y sabor”.

En un estudio supervisado por ICCO sobre parámetros físicos, químicos y organolépticos del cacao, se determinó que las características físicas analizadas sirvieron para determinar la buena calidad del cacao, al tiempo que las razones teobromina/cafeína y fructosa/glucosa mostraban potencial para diferenciar entre cacao fino y corriente, mientras que la evaluación organoléptica de características sensoriales confirmaba que en general cacaos de diferentes orígenes tienen distintos perfiles de sabores y que incluso para un mismo genotipo, las condiciones ambientales de diferentes países influían en los perfiles de sabor. (The International Cocoa Organization (ICCO) Freddy Amores (International Project Coordinator)).

2.2 La cadena de valor del cacao en el Ecuador

2.2.1 Principales actores y actividades en la cadena de valor del Cacao ecuatoriano.

Para el caso del cacao ecuatoriano, la agrupación de actores y las fases involucradas en la elaboración de manufactura de cacao y sus elaborados hasta los consumidores finales se ha descrito según el siguiente esquema 1. ((CFN), 2018)



Esquema 1. Principales actores en la cadena de valor del cacao Ecuatoriano
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

El periodo de productividad es creciente, con más de cien mil unidades de producción introducidas en la agricultura del cacao en Ecuador, a las que se amplifica un vigoroso equipo de intermediarios.

Al examinar su finalidad más destacada de los granos de cacao de la región, las exportaciones de este fruto según el BCE fueron realizadas por un total de 80 exportadores en el año 2015, de los cuales 68 fueron personas naturales o compañías privadas, 11 fueron asociaciones, corporaciones o fundaciones y 1 correspondió a una

empresa pública de un GAD provincial ((CFN), 2018). Véase en la tabla y gráfico número 1

Tabla 1. Exportadores del Cacao

Año	Exportadores	Personas naturales o compañías privadas	Asociaciones corporaciones, fundaciones	Empresa pública, gad prov
2015	80	68	11	1

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

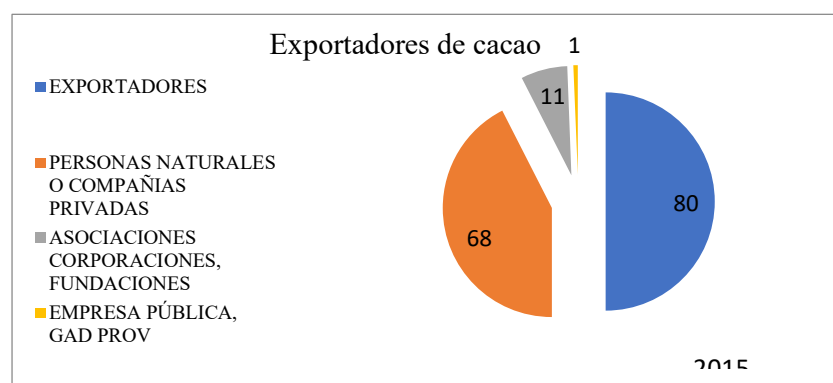


Gráfico 1. Exportadores de cacao

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE)

En el caso del cacao que es procesado para la obtención de semielaborados, existe un grupo de empresas que se dedican a esta tarea y a su exportación. Datos del BCE sobre exportaciones de los rubros de semielaborados manteca y pasta de cacao en 2015 registran a 24 exportadores, de los cuales 22 fueron personas naturales o compañías privadas y 2 correspondían a corporaciones u organizaciones campesinas. Véase en la tabla y gráfico número 2.

Tabla 2. Exportadores de semielaborados de Ecuador

Año	Exportadores	Personas naturales o compañías privadas	Asociaciones corporaciones, fundaciones
2015	24	22	2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

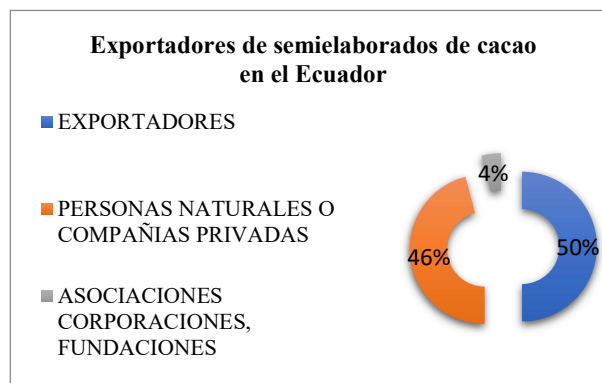


Gráfico 2. Exportadores de semielaborados de cacao en el Ecuador
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

Los principales actores de esta industria comprenden tanto empresas locales, como subsidiarias de corporaciones multinacionales, así como firmas orientadas al mercado interno y aquellas con importantes ventas al exterior. Véase en la tabla 3.

Tabla 3. Principales actores en la Industria en la cadena de valor del cacao Ecuatoriano

EMPRESAS O INDUSTRIAS	VENTAS POR USD
Ferrero del Ecuador	77,2 millones
Nestlé Ecuador S.A.	516,3 millones
Confiteca C.A.	63 millones
Universal Sweet Industries S.A.	48,1 millones
Mondelez Ecuador C.L.TDA.	90,4 millones
Ecuador cocoa & Coffe Ecuacoffee S.A.	29,4 millones
Cacaos finos Ecuatorianos S.A.	5,6 millones

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

Ferrero del Ecuador S.A. (con ventas por USD 77.2 millones en 2014), Nestlé Ecuador S.A. (con ingresos por actividades ordinarias de USD 516.3 millones en todas sus líneas de negocio), Confiteca C.A. (USD 63 millones), Universal Sweet Industries S.A. (USD 48.1 millones), Mondelez Ecuador C.Ltda. (Subsidiaria de Mondelez International, Inc.; con ingresos de USD 90.4 millones en todas sus líneas), Ecuador

Cocoa & Coffee Ecuacoffee S.A. (USD 29.4 millones), Cacaos Finos Ecuatorianos S.A. (USD 5.6 millones), entre otras. Véase en el gráfico 3

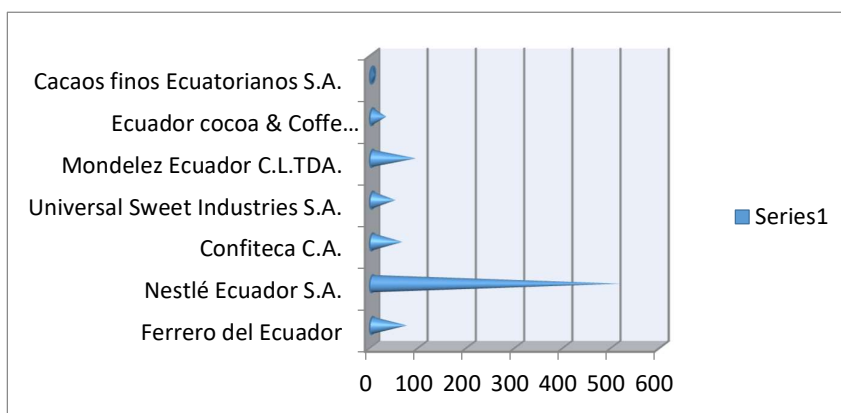


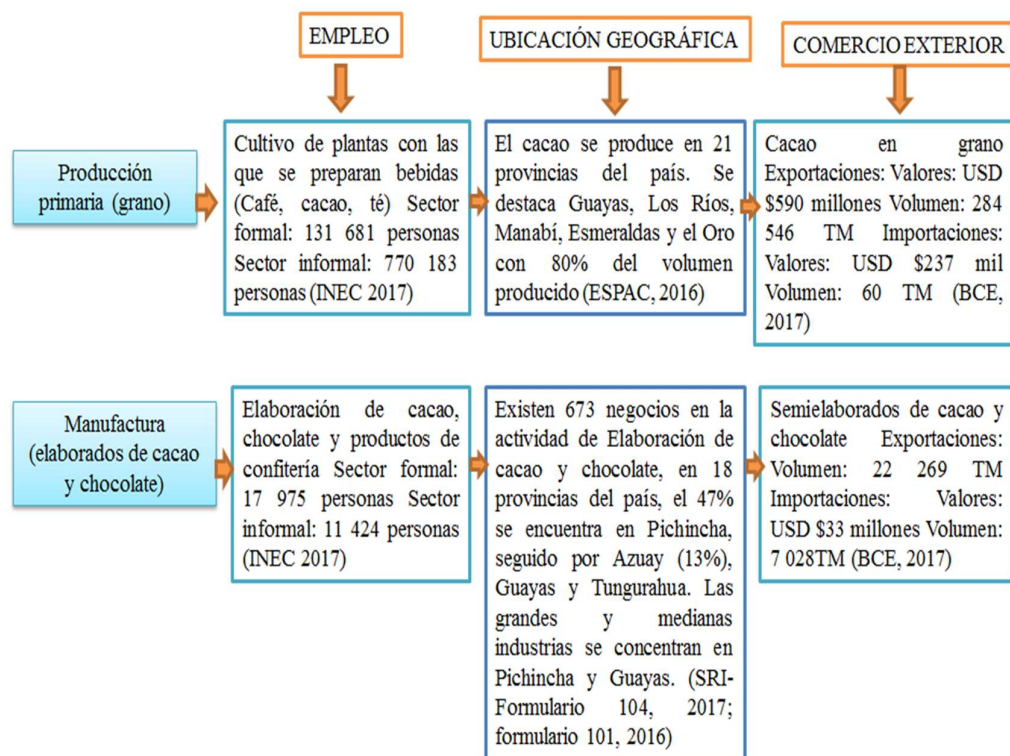
Gráfico 3. Posicionamiento de las Empresas o Industrias del Ecuador
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador (BCE) 2018

La firma Euro monitor (2015) reportó que el liderazgo en ventas durante el año 2015 lo mantuvo Nestlé Ecuador S.A., con una participación de mercado de 25%, gracias al fuerte posicionamiento de marcas como Crunch, Galak, Manicero y Nestlé Chocolate con Leche.

2.3 Producción primaria y manufactura del cacao

Representativamente Ecuador ha sido productor y exportador de cacao en grano, el de mayor calidad y crédito mundial por aroma y sabor (Arriba o nacional). Anecacao es uno de los esenciales productores y exportadores de la pluralidad nacional de cacao fino de aroma y de la variedad CCN51, estos factores conducen que el Gobierno de turno promueva su competitividad y mejoramiento de la calidad para el país. (ANECACAO, 2018-2020)

Así mismo, este sector tiene gran amplitud para suscitar relación del nivel agrícola como industrial. Al fomentar este enlace, se tendrá un gran efecto en las condiciones de vida del poblador rural que está comprometido directamente con su producción primaria de la economía campesina. Véase el esquema número 2.



Esquema 2. Producción primaria y Manufactura

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao 2018-2020

2.4 Estadísticas de exportaciones del Cacao

2.4.1 Exportación total del cacao ecuatoriano acumulado

Al finalizar el primer trimestre del 2018, el Ecuador logró una suma de 57 mil toneladas métricas en exportación de cacao, entre granos y semielaborados, los cuales fueron inclinados a diferentes mercados internacionales. Esto simbolizó una declinación del 25% en las exportaciones con relación al mismo período del 2017 cuando se alcanzaron 76 mil toneladas métricas. Un invierno anormal, durante el presente año, en los campos ecuatorianos mediante una época seca, ha influido en el proceso de la cosecha nacional logrando su recesión. (ANECACAO, 2018-2020).

Véase en el gráfico 4



Gráfico 4. Exportadores total del cacao ecuatoriano acumulado primer trimestre
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

Por otro lado, el 2017 con relación al primer trimestre del 2016, representó un ascenso de 18% versus las 65 mil toneladas exportadas en ese período. Véase en la tabla 4.

Tabla 4. Exportación total del cacao ecuatoriano primer trimestre año calendario

Exportación total de cacao ecuatoriano primer trimestre año calendario - toneladas métricas					
	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	14.573	25.582	22.585	26.416	20.573
Febrero	16.737	25.035	23.165	22.398	15.488
Marzo	17.878	26.155	19.396	27.986	21.230
Total	49.188	76.772	65.146	76.800	57.291
VAR %		56%	-15%	18%	-25%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

2.4.2 Cacao en grano más semielaborados de cacao

En el primer semestre del presente año cacaotero 2017/2018, (Sistema de Medición Internacional de la Industria de Cacao, empezando los meses de octubre para finalizar en septiembre del siguiente año), el país ha exportado 152 mil toneladas métricas de cacao en grano más derivados del cacao, un 13% de contracción en relación con el mismo periodo durante el año 2016/2017 cuando se alcanzaron 174 mil toneladas de exportación. (REVISTA ESPECIALIZADA EN CACAO). Véase en el gráfico número 5.



Gráfico 5. Exportación total de cacao ecuatoriano primer semestre año cacaotero- toneladas métricas
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

Mientras que con relación al período 2015/2016 al 2016/2017, hubo un incremento que representó el 19%, versus a 146 mil toneladas métricas. Véase en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de la exportación del cacao

Exportación total de cacao ecuatoriano primer semestre año cacaotero - toneladas métricas					
	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18
Octubre	26.023	19.873	23.380	28.972	37.316
Noviembre	27.028	25.824	26.276	36.381	33.848
Diciembre	18.885	35.842	31.368	32.478	23.582
Enero	14.573	25.582	22.585	26.416	20.573
Febrero	16.737	25.035	23.165	22.398	15.488
Marzo	17.878	26.155	19.396	27.986	21.230
Total	121.125	158.311	146.170	174.631	152.037
VAR %		31%	-8%	19%	-13%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

Sin embargo, el periodo 2017/2018 en relación al acumulado semestral del año 2015/2016 marca un 4% de incremento, versus a las 146 toneladas métricas exportadas en el pasado período. Véase en el gráfico 6.

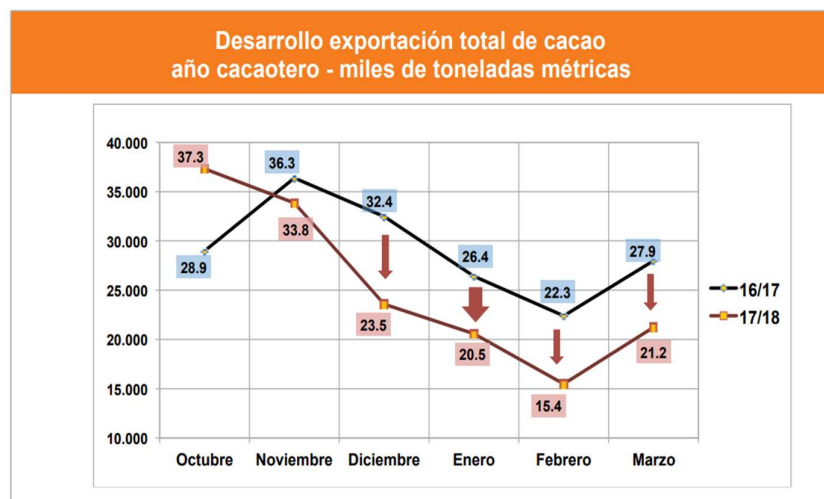


Gráfico 6. Desarrollo exportación total de cacao
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

2.4.3 Principales destinos: Granos de cacao

En lo que refiere a cacao en grano y sus países de destino, se analiza la caída de las exportaciones hacia los Estados Unidos, en un 59% con correspondencia a los mismos envíos del primer trimestre del 2017, con 8 mil toneladas métricas versus 19 mil. Esta disminución se causó por temas de carácter fitosanitario en regulaciones aplicadas por instituciones pertinentes norteamericanas. En la actualidad el Ecuador ya se encuentra trabajando en este tema sobre este importante mercado. Véase en la tabla número 6.

Tabla 6. Países de destino acumulado primer trimestre

Países de destino acumulado primer trimestre toneladas métricas				
Granos	2017	2018	VAR. %	Part.2018
E.E.U.U.	19.928	8.095	-59%	15%
Indonesia	6.779	9.330	38%	18%
Malasia	13.231	9.102	-31%	17%
Holanda	7.403	7.078	-4%	13%
México	7.031	3.109	-56%	6%
Canadá	2.226	6.739	203%	13%
Alemania	3.009	1.282	-57%	2%
Bélgica	2.944	986	-66%	2%
China	2.101	1.821	-13%	3%
Japón	1.983	1.314	-34%	2%
Italia	1.497	912	-39%	2%
Otros	3.045	3.010	∞	6%
Total	71.177	52.778	-26%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

EEUU representó el 15% del total de las exportaciones de cacao en grano. Indonesia, que aun siendo una región y país productor de cacao, se ve en la necesidad de comprar cacao ecuatoriano, ha representado el 18% de la participación de nuestros envíos de cacao hacia el mundo. En tercer lugar, se ubica Malasia con un 17% de dicha participación. Seguido por Holanda y Canadá cada uno con un 13% de participación, respectivamente. Véase en el gráfico número 7.

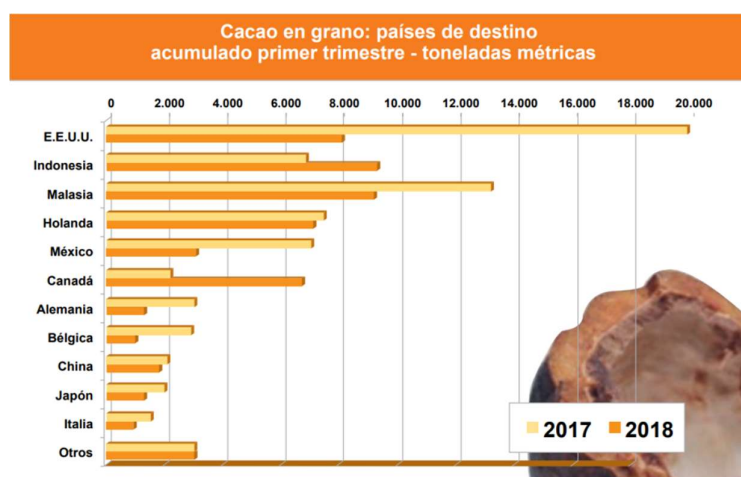


Gráfico 7. Cacao en granos-países de destino
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

2.4.4 Principales destinos: Semielaborados de cacao

Alemania se sitúa como el principal destino para las exportaciones de los productos elaborados de cacao (licor de cacao, manteca, polvo y torta de cacao) durante el primer trimestre del 2018 con un 17% del total de los envíos al exterior, con 777 toneladas métricas importadas. Esto simbolizó un incremento del 196%, lo cual es fruto de la firma del Acuerdo Comercial Multipartes entre la Unión Europea y el Ecuador. En segundo lugar, y como principal nicho para las exportaciones de los derivados, se ubica Sudamérica, representado por Argentina, la cual significó un 15% del total de los envíos de este primer trimestre del año, con 666 toneladas métricas importadas desde Ecuador, con una ligera caída, año a año del 7%. Véase en la tabla número 7.

Tabla 7. Análisis de los países de destino

Países de destino acumulado primer trimestre toneladas métricas				
ELABORADOS	2017	2018	VAR. %	Part. 2018
Alemania	263	777	196%	17,2%
Argentina	716	666	-7%	14,8%
Japón	376	600	60%	13,3%
Colombia	577	583	1%	12,9%
Chile	533	567	6%	12,6%
Perú	551	429	-22%	9,5%
Australia	205	183	-11%	4,0%
México		183		4,0%
E.E.U.U.	1.206	159	-87%	3,5%
Cuba	425	70	-84%	1,6%
China	500		-100%	0,0%
Otros	272	298	∞	6,6%
Total	5.623	4.513	-20%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

Japón se coloca en el número tres, otro territorio conveniente y en crecimiento dentro de la industria del cacao, la cual representó el 13% de las exportaciones con 600 toneladas métricas importadas desde Ecuador y con un incremento año a año del 60%, lo cual es óptimo para el país debido a la legitimación en exigencias de calidad que tiene este importante mercado. (REVISTA ESPECIALIZADA EN CACAO, 2018-2020) Véase en el gráfico número 8

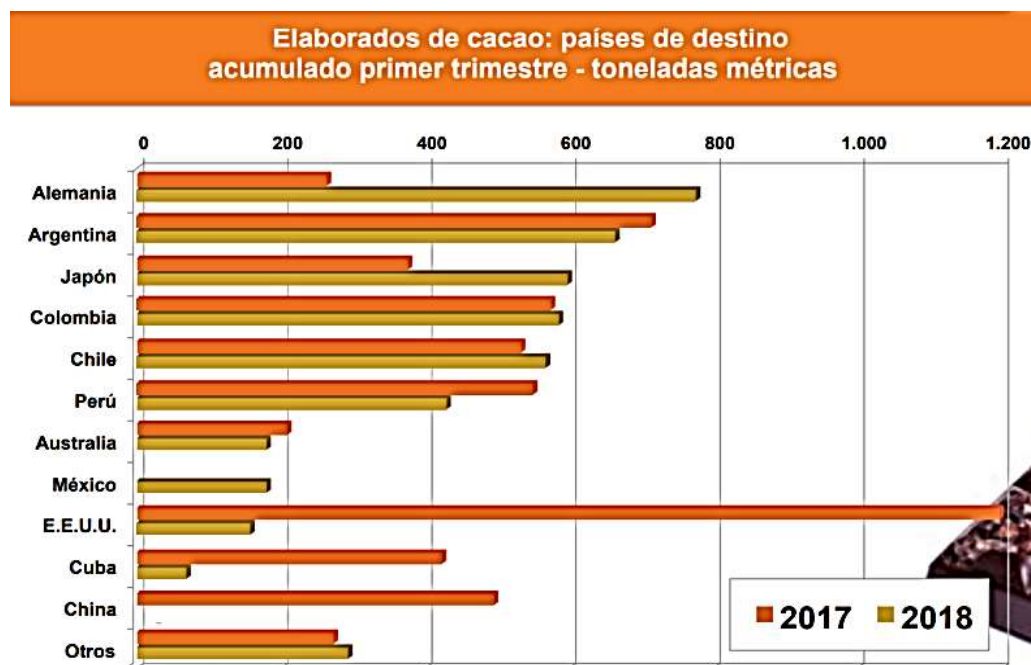


Gráfico 8. Elaborados de cacao: países destino acumulado primer trimestre - toneladas métricas

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Departamento de Estadísticas

2.4.5 Partidas Arancelarias del cacao

La información obtenida de las partidas arancelarias Nandina del cacao se refleja en la siguiente tabla número 8.

Tabla 8. Partidas nardinas del cacao

Código	Descripción
18	Cacao y sus preparaciones
1801	Cacao en grano, entero o partido, crudo o tostado
1802	Cáscara, películas y demás desechos de cacao
1803	Pasta de cacao, incl. Desgrasada
1804	Manteca, grasa y aceite de cacao
1805	Cacao en polvo sin adición de azúcar ni otro edulcorante
1806	Chocolate y demás preparaciones alimenticias que contengan cacao

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la superintendencia de compañía valores y seguros

2.5 Importaciones nacionales por año

2.5.1 Importación nacional (FOB) Millones USD

Las importaciones nacionales por año se detallan en la tabla número 9.

Tabla 9. Importaciones Nacionales por año (FOB) MILLONES USD

AÑO	TON Millones	FOB Millones USD	Tonelada Promedio
2013	7,34	36,41	4,96
2014	7,83	39,75	5,08
2015	6,21	28,75	0,00
2016	5,61	25,42	4,53
2017	7,09	32,20	4,54
TOTAL	34,08	162,53	19,11

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador

Ecuador produce y exporta gran cantidad de cacao, sin embargo importa cada año una pequeña cantidad de productos a base de cacao tal como se muestra en el gráfico

9. Siendo la expectativa para el próximo año de crecimiento. ((CFN), 2018)



Gráfico 9. Importaciones Nacionales de Cacao
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador

2.5.2 Exportaciones (FOB) del cacao durante el año 2019

Las exportaciones del cacao durante el año 2019 se reflejan en la tabla número 10.

Tabla 10. Exportaciones (FOB) del cacao 2019

Enero-Agosto	5,1
Enero	31,4
Febrero	51,3
Marzo	-12,8
Abril	-13,6
Mayo	-8,4
Junio	-20,6
Julio	11,4
Agosto	23,6
Septiembre	-16,2
Octubre	-41,3
Noviembre	1,7
Diciembre	15,2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del

Para el análisis del gráfico número 10, En el año 2019 en los meses Marzo, Abril, Mayo y Junio hubo una decreciente en las exportaciones del cacao según los datos del Banco Central del Ecuador, pero a partir del mes de Junio Ecuador empezó a tener una

creciente manteniéndose constante hasta el mes de Agosto, por motivos de precios vuelve a disminuir teniendo un pico bajo desde el mes de septiembre, octubre y noviembre. A pesar de la situación que se estaba presentando al nivel mundial Ecuador aún no se veía afectado por el Covid19 sin embargo los canales de distribución para la exportación del cacao continuaba activa y desde el mes de Noviembre a Diciembre tiene una pequeña elevación de exportaciones manteniéndose constante nuevamente.

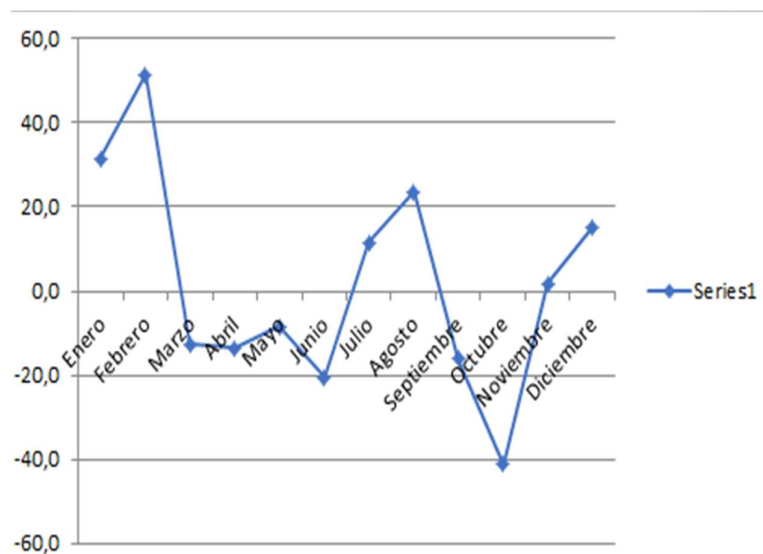


Gráfico 10. Exportaciones del cacao año 2019
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Banco Central del Ecuador

Según el ministerio de Agricultura y Ganadería indica que: “se registró la disminución del 3 % en las exportaciones, provocada por banano, cacao, café soluble, brócoli, aceite de palma, y otras mercancías; mientras que, por el contrario, las importaciones se robustecieron en 13 %, debido al aumento en las compras de torta de soya, whisky, desperdicios de cervecería o destilería, complemento y suplementos alimenticios, entre otros rubros” (Balanza Comercial del Sector Agropecuario, 2019). Véase en la tabla número 11.

Tabla 11. Productos que descendieron sus exportaciones en el año 2019

Los que más descendieron ▼					
Banano	2,525,226	235,720	224,102	-11,618	(-45.5%)
Cacao en grano	473,621	62,266	59,091	-3,175	(-12.4%)
Café sin tostar y tostado, café soluble y preparaciones a base de café	61,646	8,942	6,536	-2,406	(-9.43%)
Brócoli	105,372	12,077	9,765	-2,312	(-9.06%)
Aceite de palma crudo y refinado	100,214	5,134	3,591	-1,542	(-6.04%)
Palmito	46,281	4,667	3,541	-1,126	(-4.41%)
Licor y pasta de cacao	35,707	4,582	3,626	-956	(-3.75%)
Plátano	81,631	7,307	6,460	-847	(-3.32%)
Hortalizas las demás congeladas	7,227	1,286	597	-690	(-2.70%)
Subtotal	3,445,748	344,040	318,515	-25,525	-100%
Madera en bruto y elaborados ^{6/}	360,034	46,641	46,892	251	
Frutas y partes comestibles de plantas las demás en conserva ^{6/}	54,371	5,788	5,145	-643	
Piña ^{6/}	33,601	3,875	3,749	-126	
Otros productos ^{7/}	397,305	37,076	32,103	-4,973	
TOTAL EXPORTACIÓN	5,323,941	522,980	507,894	-15,086	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

2.5.3 Importación a Ecuador 2019

Para las importaciones a Ecuador según los datos arrojados en las bases del Ministerio de Agricultura y ganadería ((MAG), 2019) con respecto a los principales productos agrícolas tal es el caso como la importación chocolate desde Enero 2019 - Diciembre 2019 por un valor de (43.983.778 USD), con un peso determinado de (8.948 t). Las partidas / Subpartidas utilizadas son las siguientes:

- 18061
- 18062
- 18063
- 18069

En la tabla número 12 se especifica concretamente las importaciones a Ecuador por productos en el año 2019.

Tabla 12. Importaciones por producto durante el año 2019

Producto	USD
Cacao en polvo	438,448
Cacao en grano	229,668
Licor de cacao	12,538
Grasa y aceite de cacao	2,618

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

Para el análisis del gráfico número 11, En el año 2019 se refleja los niveles de la agroindustria de importación de los derivados del chocolate

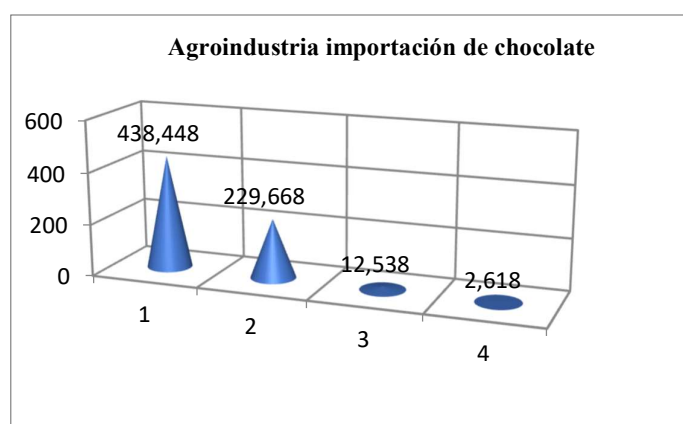


Gráfico 11. Importaciones Por producto durante el año 2019
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

2.5.4 Principales destinos de importación

En la tabla número 13 se muestra los principales destinos de importación de Enero 2019 a Diciembre 2019: Colombia, Estados Unidos, Brasil, Chile y Perú son los primeros cinco países de destino de importación con mayor porcentaje de valor en USD y peso (t). Colombia se ubica en el puesto número uno con un valor de (13 932.461 USD), con un peso determinado de 3.408 (t). Estados Unidos se sitúa en el segundo lugar con un valor de (7 710.984 USD), con un peso de 758 (t). Brasil se sitúa en el puesto número tres con un valor de (6 124.506 USD), Chile y Perú se sitúa en el

puesto cuatro y cinco con un valor de (4 337.579 – 4 334.537 USD) y el peso de (1.136 – 1.105 t)

Tabla 13. Principales destinos de Importación

PRINCIPALES DESTINOS DE IMPORTACION ENE de 2019 - DIC de 2019			
No.	País	Valor (USD)	Peso (t)
1	COLOMBIA	13 932 481 USD	3 408
2	ESTADOS UNIDOS	7 710 984 USD	758
3	BRASIL	6 124 506 USD	1 026
4	CHILE	4 337 579 USD	1 136
5	PERÚ	4 334 537 USD	1 105
6	ITALIA	2 513 840 USD	545
7	BÉLGICA	1 606 927 USD	246
8	TURQUÍA	997 588 USD	483
9	ESPAÑA	623 782 USD	71
10	ALEMANIA	579 817 USD	98
11	ARGENTINA	491 059 USD	117
12	MÉXICO	483 285 USD	76
13	CHINA	464 869 USD	66
14	PAÍSES BAJOS (HOLANDA)	257 141 USD	38
15	EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	84 589 USD	17
16	REINO UNIDO	82 768 USD	13
17	VENEZUELA, REPÚBLICA BOLIVARIANA	37 398 USD	13
18	SRI LANKA	2 649 USD	1
19	SUIZA	1 271 USD	0

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

2.6 Exportación e importación (2020) en crisis mundial por la pandemia del Covid 19

Para las Exportaciones de Ecuador según los datos arrojados en las bases del Ministerio de Agricultura y ganadería ((MAG)) con respecto a los principales productos agrícolas tal es el caso como la materia prima exportación cacao en grano con datos actualizados desde Enero 2020 - Agosto 2020 por un valor de (432.905.783 USD), con un peso determinado de (170.903 t). Las partidas / Subpartidas utilizadas son las siguientes:

- 1801002000
- 1801001900
- 1801001990
- 1801001910

En la tabla número 14 se especifica concretamente las exportaciones de Ecuador por productos en el año 2020.

Tabla 14. Exportaciones durante el año 2020

Producto	USD
Licor de cacao	46,810,794
Manteca de cacao	14,798,295
Chocolate	6,643,253
cacao en polvo	6,545,545
pasta de cacao	633,438
grasa y aceite de cacao	349,122
cáscara de cacao	206,91

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

Para mayor especificación en el gráfico 12 se presenta los niveles de exportaciones de cada producto en el año 2020 desde (Enero-Agosto) dando como primer exportador el licor de cacao con (46. 810.794 USD) más que el año 2019 que presentó un valor de (27.308.495 USD). La manteca de cacao bajó un poco su exportación con (18.036.459 USD) en el año 2019 a (14. 798.295 USD) en el año 2020. Para la exportación del chocolate en el año 2019 registró un valor de (13.958.837 USD), pero en el año 2020 por motivos de la pandemia mundial del Covid19 se presentó una decreciente a un valor de (6. 643.253 USD). En el producto cacao de la misma forma bajó un poco ya que sus valores en el año 2019 fueron de (8.235.989 USD) y en el año 2020 se registra un valor de (6.545.545 USD). La pasta de cacao presentó una creciente en sus exportaciones debido a que el año 2019 presentó un valor de (191.005 USD), a comparación del presente año con un valor de (633.438 USD). El producto grasa y aceite de cacao su exportación presentó un valor de (282.255 USD) en el año 2019 a comparación del año 2020 se registró una creciente con un valor de (349.122 USD).

La cascara del cacao bajo su nivel de exportación presentando en el año 2019 un valor de (534.293 USD) a una decreciente de (206.91 USD) en el año 2020.

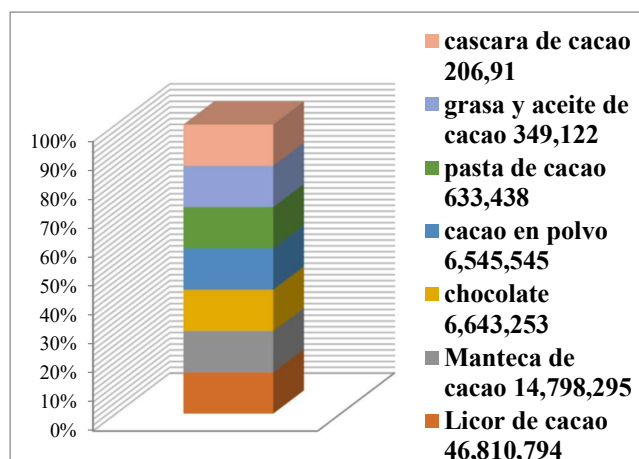


Gráfico 12. Exportación de los productos semielaborados del cacao en el año 2020
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

En comparación general la materia prima de exportación de cacao en grano en el año 2019 fue de (352.253.185 USD) con un peso de (149.876 t) y durante el año 2020 a pesar de la situación del Covid19 Ecuador se mantiene constante siendo unos de los primeros países exportadores del mundo presentando un valor de (432.905.783 USD) con un peso de (170.903 t). Véase en el gráfico número 13.



Gráfico 13. Comparación de las exportaciones 2019-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

Para las Importaciones a Ecuador según los datos arrojados en las bases del Ministerio de Agricultura y ganadería ((MAG)) con respecto a los principales productos agrícolas tal es el caso como la materia prima importación chocolate con datos actualizados

desde Enero 2020 - Agosto 2020 por un valor de (20.422.348 USD), con un peso determinado de (4.046 t). Las partidas / Subpartidas utilizadas son:

- 18061
- 18062
- 18063
- 18069

En la tabla número 15 se especifica concretamente las importaciones a Ecuador por productos en el año 2020.

Tabla 15. Importaciones a Ecuador 2020

Producto	USD
Cacao en polvo	605,715
Pasta de cacao	344,82
Manteca de cacao	30,4
Cacao en grano	17,574
Licor de cacao	5,29
Cascara de cacao	2,579

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

En el siguiente gráfico número 14 se observa los niveles en USD de cada producto para las importaciones a Ecuador durante el transcurso del año 2020 específicamente en los meses de Enero – Agosto. Se importó cacao en polvo con un valor de (605,715 USD) más que el año 2019 que según los datos arrojados en el Sistema de información pública agropecuaria ((MAG)) registró un valor de (156.204 USD) durante el mismo tiempo.

De la misma forma el producto el cacao en grano bajó su importación con un valor de (119.382 USD) en el año 2019 a (17.574 USD) durante el transcurso del año 2020. El licor de cacao subió un poco con un valor de (5.29 USD) en el año 2019 a (6.148 USD) en el año 2020. La pasta de cacao, manteca de cacao y cascara de cacao se sumaron a las importaciones en el presente año a diferencia del año anterior que no se importaron ninguno de esos tres productos antes mencionados.

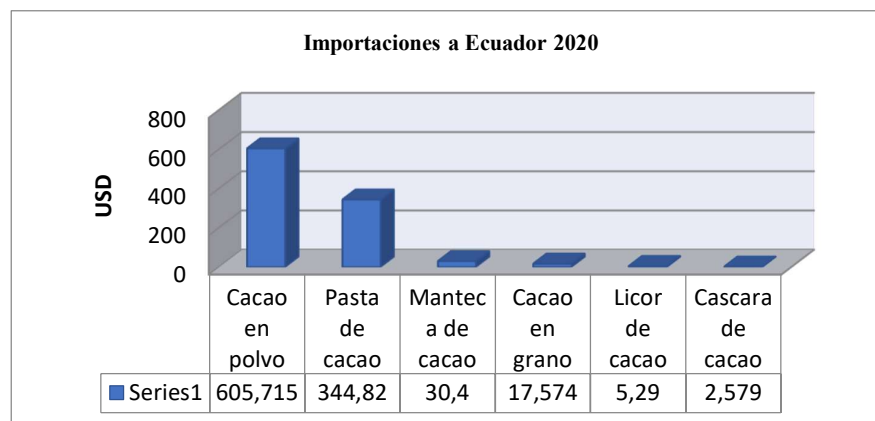


Gráfico 14. Importaciones a Ecuador 2020
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

En comparación general la importación de la agroindustria del chocolate en el año 2019 fue de (27.893.640 USD) con un peso de (5.703 t) y durante el año 2020 se importó menos por un valor de (20.422.348 USD) con un peso de (4.046 t).

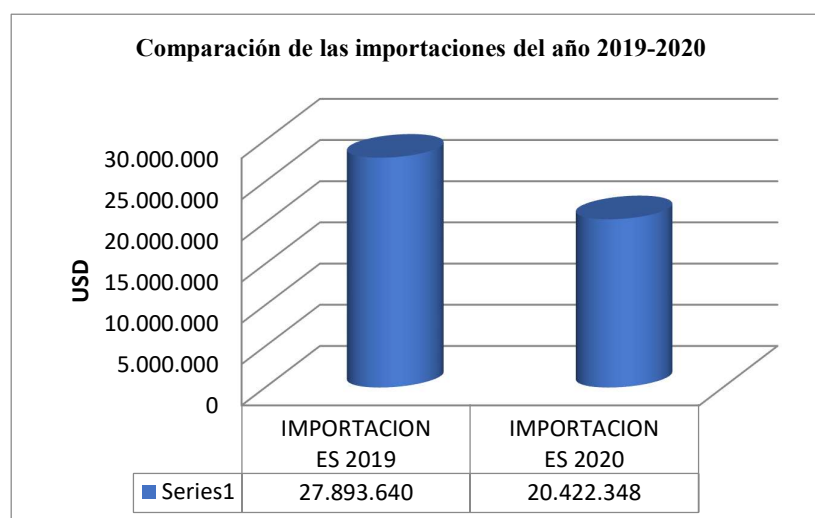


Gráfico 15. Comparación de las Importaciones 2019-2020
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del (MAG)

2.7 Precio del cacao

El precio del cacao varia en dos formas:

- Precio al productor del cacao
- Precio internacional del cacao

2.7.1 Precio al productor del cacao

En el grafico número 16 se presenta los niveles de precio al productor en la línea cacao CCN1 almendra seca y cacao fino de aroma almendra seca en (\$/ton) durante los últimos 5 años. ((CFN), 2018)

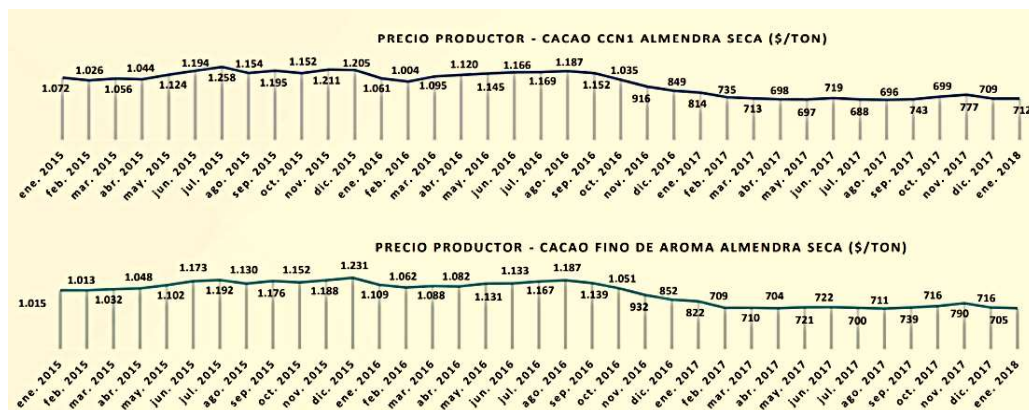


Gráfico 16. Precio productor de cacao

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Corporación Financiera Nacional (CFN)

2.7.2 Precio internacional del cacao

En el gráfico número 17 se visualiza los diferentes precios del cacao en (\$/ton) durante los últimos 5 años.



Gráfico 17. Precio internacional del cacao

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Corporación Financiera Nacional (CFN)

2.7.3 Precio pronosticado del cacao

En el gráfico número 18 se detalla los precios pronosticados por toneladas hasta el año 2025 ((CFN), 2018). Actualmente según las fuentes de la empresa Anecacao el precio del cacao NY en el mercado internacional en (\$/ton) es de USD2556 (ANECACAO)



Gráfico 18. Precios pronosticados del cacao
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Corporación Financiera Nacional (CFN)

2.7.4 Precio del cacao en tiempo de pandemia por el covid19

El precio del cacao en el Ecuador en tiempos de pandemia afirma el Diario el Universo en una publicación del 8 de Abril del 2020 lo siguiente: “Pese a la crisis de los precios internacionales del cacao que afecta al sector, en Ecuador la producción no ha parado durante la emergencia declarada a causa del COVID-19, aunque ha generado algunos problemas logísticos que han trastocado la labor, lamenta Francisco Miranda, presidente de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO)”.

“La producción de cacao no ha disminuido... lo que ha disminuido es la facilidad a rutas de acceso para que los pequeños agricultores vendan su producto”, asegura Miranda, quien agrega que los que pueden vender su cacao ven una diferencia de hasta \$40 por quintal, por los bajos precios internacionales arrastrados por la situación en la Bolsa de Valores de Nueva York.

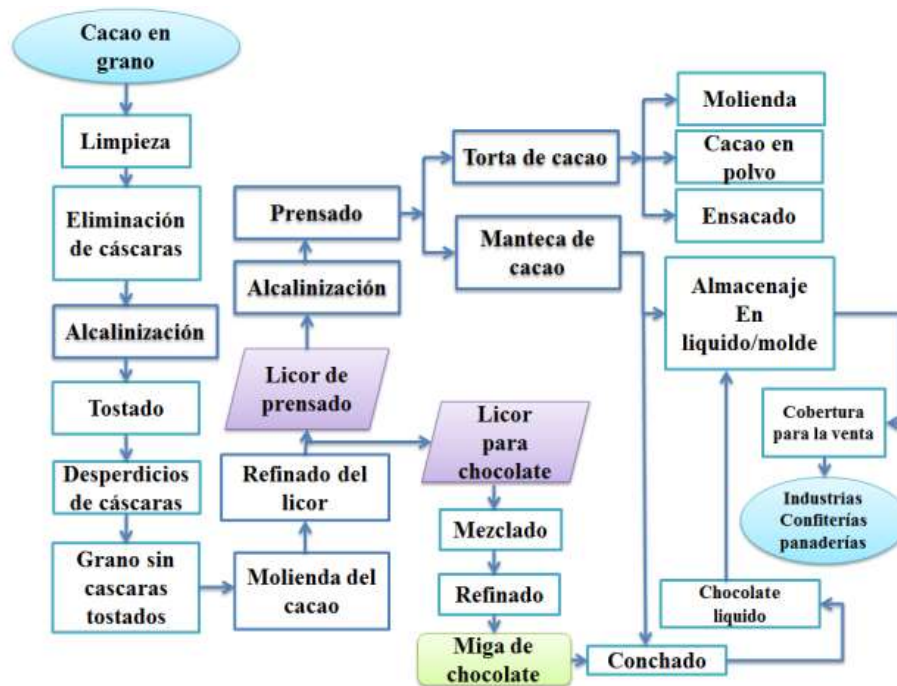
A esto, Miranda suma los problemas logísticos, al señalar que pese a ser un sector estratégico, las medidas implementadas por el Gobierno han resultado un problema dentro del comercio entre el agricultor y el exportador.

El diario el Comercio en una publicación de la fecha 25 de octubre de 2020 indica que “La actividad cacaotera está en crecimiento”. “El país se mantuvo como el primer exportador del grano de América y el cuarto a escala mundial durante los primeros nueve meses de este año”. El buen tratamiento de las plantaciones en el campo permitió mantener la calidad del producto, pese a los problemas logísticos que supuso la emergencia sanitaria global. Otro factor que explica los resultados positivos del sector es que la demanda del producto ecuatoriano se mantiene en sus principales mercados como son Estados Unidos, Europa, Malasia e Indonesia, explicó Francisco Miranda, presidente ejecutivo de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO). Datos de ese gremio evidencian hasta septiembre pasado un incremento del 21% en las toneladas métricas exportadas frente al mismo período del 2019. El volumen enviado significó USD 578,1 millones en ingreso de divisas para el país. Las inversiones de pequeños, medianos y grandes productores se han enfocado en metodologías de cosechas cíclicas y mejoras en las técnicas de fertilización y pos-cosecha. Esto ha incidido, de hecho, para que los cultivos se modernicen y produzcan más. Según Miranda, la implementación de este aparataje permitió que el cacaotero logre una mayor productividad en campo. Por ejemplo, ahora el rendimiento nacional por hectárea (ha) está en 0,63 toneladas (13,8 quintales), mayor que en el 2017 cuando era de 0,52. Freddy Cabello, gerente de la Unión de Organizaciones Campesinas Cacaoteras del Ecuador (Unocace), asegura que el productor está cosechando las inversiones realizadas desde hace cinco años.

2.8 Procesamiento del grano del cacao

En el esquema número 3, se detalla mediante un diagrama de flujo el proceso del grano del cacao que realizan los pequeños y medianos comerciantes desde su limpieza hasta el último proceso que es de ventas para las industrias, confiterías y panaderías

2.9 Procesamiento del grano del cacao



Esquema 3. Diagrama de flujo sobre el procesamiento del cacao

Fuente: Autor

2.10 Definición de Molienda

La molienda es la acción de reducir significativamente el tamaño de una partícula ya sea de forma regular o irregular según sea el caso, esta reducción de tamaño se obtiene mediante el paso de un esfuerzo mecánico en los molinos ya sea por compresión, impacto, frotamiento y cortado.

El tipo de molienda también se da de acuerdo al grado de humedad que tenga la partícula a moler si es húmedo al momento de efectuar la molienda, el producto va a salir en forma de pasta por el contrario si no tiene mucha humedad solo se reduce el tamaño. (Alsina.)



Ilustración 8. Molienda
Fuente: Internet

2.10.1 Molienda en el Ecuador

Desde la antigüedad la actividad de la molienda ha sido un factor muy importante para la sociedad. Los restos arqueológicos demostraron que el molino se detectó en la primera parte de la Edad de los Metales, siendo un instrumento de piedra de pequeño peso que consiste de dos piezas una encima del otro diseñado para moler a mano una pequeña cantidad de granos. (Alsina.)

El historiador de la ciencia menciona que encontró una aseveración del historiador Jacinto Jijón y Caamaño (él mismo un industrial molinero en su tiempo), quien afirmaba que el enclave de molinos El Censo fue uno de los primeros siete sitios concesionados para molinos en el año 1538 es decir que se había establecido el primer molino en América situado en la capital de Ecuador-Quito así lo menciona Nicola Cuví en un interesante artículo científico titulado “El molino de Quito y el Trigo que se fue” publicado en la revista Ecuador Terra Incógnita.



Ilustración 9. Molienda en el Ecuador (Roberto Chávez Operario del molino en bellavista-Ambato)
Fuente: El Telégrafo

2.10.2 Factores que interviene en la molienda.

Es importante tener en cuenta varios factores al momento de elegir un tipo de molienda y la granubilidad que se desea obtener (Alsina.), los cuales son:

- **Velocidad crítica:** Es la fuerza que se efectúa sobre los elementos seleccionados que van a ser los moledores de las partículas, se trabaja con una velocidad muy inferior a la velocidad crítica caso contrario el molino no tendrá la fuerza de rozamiento suficiente para realizar el proceso de molienda, quedando así el producto en las paredes del molino.

Para una bola o barra, que es levantada por un molino de radio R que rota a una velocidad N(r.p.m), esta recorre un camino circular al ser levantada, y luego un camino parabólico al separarse del molino. El balance de fuerzas sería la siguiente:

Ecuación 1. Velocidad crítica (rad/seg)

$$N_c = \sqrt{\frac{2 \times g}{D}}$$

Ecuación 2. Velocidad crítica con D en pies

$$N_c = \frac{76.6}{\sqrt{D}}$$

Ecuación 3. Velocidad crítica con D en metros

$$N_c = \frac{42.2}{\sqrt{D}}$$

A nivel industrial, los molinos operan a una fracción de la velocidad crítica. Esta se simplifica por esfuerzos cortante y se describe como la fórmula número 4:

Ecuación 4. Velocidad crítica a nivel Industrial

$$\varphi_c = \frac{\text{Velocidad} - \text{Molino}}{N_c}$$

El rango común de φ_c a nivel operacional varía entre un 60% y 80%

- **Tamaño máximo de elementos moledores:** Los elementos moledores no tienen un tamaño o medida específica por igual, se toma el diámetro mayor promedio obteniendo así un resultado para determinar la forma y el mecanismo a utilizar.

Véase en la tabla número 16 la ecuación correspondiente:

Tabla 16. Definición de las variables de los elementos moledores

M: Diámetro máximo de elementos moledores.
F: tamaño de alimentación del 80% de la carga.
Wi: Work Index-constante adimensional función de la naturaleza del material molido. Se obtiene por tablas.
K: Constante adimensional que vale: bolas → 200, barras → 300
Cs: Porcentaje de la velocidad crítica.
S: Peso específico del material a moler.
D: Diámetro interno del molino.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Book (Boletín bibliográfico nacional “Trituración, Molienda y Separación de Minerales”)

Ecuación 5. Tamaño máximo de elementos moledores

$$M(") = \sqrt{\frac{F(\mu) \times W_i}{K \times C_s(\%)}} \times \sqrt{\frac{S(Ton/m^3)}{\sqrt{D(ft)}}}$$

- **Volumen de carga.**

Es la capacidad máxima de partícula o producto que soporta el molino en su receptor de la materia prima que puede ser un cilindro o una tolva. De esto dependerá la durabilidad del molino con respecto a la producción que se debe alcanzar siguiendo

una planificación detallada antes de la construcción de la máquina. Véase en la ecuación número 6.

Ecuación 6. Volumen de carga

$$V(\%) = \frac{(V_{material\ a\ moler} + V_{elementos\ moledores})}{V_{interior\ del\ cilindro}} \times 100$$

▪ **Potencia.**

La potencia de un mecanismo de molienda es relativo al tamaño y tipo final de la partícula que se va a moler, con esto se procede a elegir el molino óptimo para el trabajo y factores como el tiempo y capacidad de molienda que se debe de alcanzar de acuerdo a la producción.

La potencia máxima se efectúa cuando el volumen de carga es del rango del 50%, sin embargo, se puede trabajar entre un 30% y 40% por como se muestra en el gráfico número 19 la curva es plana por ende la potencia entregada es similar a la del 50%.

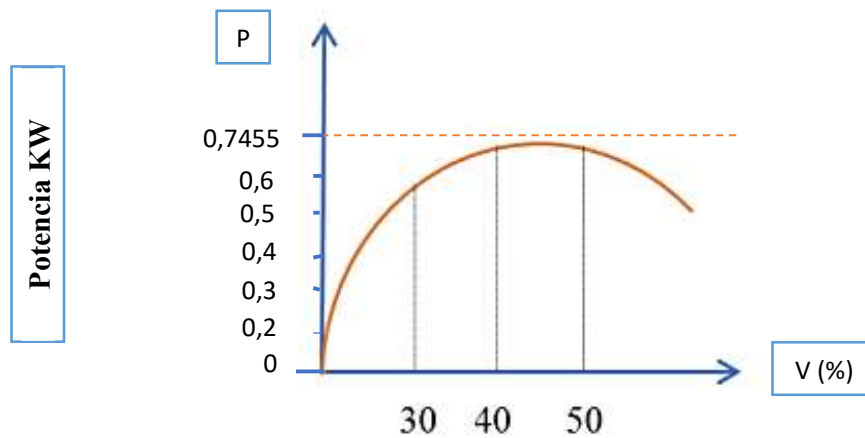


Gráfico 19. Potencia

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Book (Boletín bibliográfico nacional "Trituración, Molienda y Separación de Minerales")

2.11 Tipos de molienda

Hay dos tipos de moliendas que se pueden realizar a materiales secos y materiales húmedos, a continuación, se detalla específicamente la comparación.

Tabla 17. Comparación de los tipos de molienda

Molienda Húmeda	Molienda Seca
▪ Requiere menos potencia por tonelada tratada.	▪ Requiere más potencia por tonelada tratada.
▪ No requiere equipos adicionales para los tratamientos de polvo.	▪ Si requiere equipos adicionales para tratamiento de polvos.
▪ Consume más revestimiento (por corrosión)	▪ Consume menos revestimiento.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Book (Boletín bibliográfico nacional “Trituración, Molienda y Separación de Minerales”)

2.12 Definición de Molino

El molino es una máquina que sirve para moler o reducir de tamaño rocas o granos utilizando una fuerza motriz externa”. (PAÚL LOZADA CASCO).

El molino industrial es una maquinaria de singular importancia en muchos sectores productivos. Este artilugio es un mecanismo de molienda que sirve para triturar diferentes productos mediante una polea o un reductor.

Los molinos ayudan en gran variedad de industrias a realizar el trabajo de forma más eficiente, precisa y económica (LUDIGER). Constituyen una ayuda muy valiosa en los procesos productivos, facilitando la optimización de las tareas, y cumple la función de dos procesos como son: molienda y descascarado de cacao, ingresando los granos de cacao por la parte superior del mecanismo donde se encuentra la tolva que almacena el producto. (VULCANOTEC).

2.13 Tipos de molinos

Los diferentes tipos de molinos se representan en las siguientes tablas:

Tabla 18. Tipos de molinos.

N ^a	Tipos de molinos
1	Molino de rodillo
2	Molino de martillo
3	Molino de fricción
4	Molino de tambor

Fuente: Autor

La clasificación del molino de fricción se presenta en la tabla número 19.

Tabla 19. Clasificación del molino de fricción.

N ^a	Molinos de fricción
1	Molino de disco único
2	Molino de doble disco
3	Molino de disco dentados

Fuente: Autor

La clasificación del molino de tambor se presenta en la tabla número 20.

Tabla 20. Clasificación del molino de tambor.

N ^o	Molinos de tambor
1	Molino de bolas
2	Molino de barras

Fuente: Autor

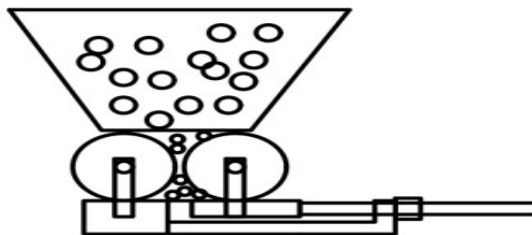
2.14 Característica del molino de rodillo

El molino de rodillos se caracteriza el grano de finura y uniformidad del producto que entrega, existen dos variaciones de rodillos de acuerdo con su utilización: los rodillos lisos sirven para granulaciones finas regulables con un sistema graduable, actúan comprimiendo el producto que se inserta a una velocidad previamente calculada de acuerdo con la partícula a trabajar. Existen también rodillos de púas que son ideales para obtener una granulación media donde su accionamiento principal es por medio del cizallamiento de la materia prima.

El funcionamiento del molino de rodillos se basa en el giro opuestos de sus rodillos comprimiendo el producto hacia el interior del mecanismo, siendo un rodillo fijo a la estructura y el otro adaptado a un sistema donde se pueda desplazar con facilidad que sirva como método graduable obteniendo la granularidad que se desea obtener. Ilustración 10 y esquema 4.



Ilustración 10. Molino de rodillo
Fuente: Internet



Esquema 4. Diseño de un molino de rodillos.
Fuente: Autor

2.15 Característica del molino de martillo

Es una máquina que cumple la función de moler por impacto por medio de sus martillos giratorios que utiliza un movimiento oscilatorio inverso al del rotor cumpliendo así su función principal emitiendo golpes consecutivos contra la cámara al producto para poder triturar las veces que sean necesarias hasta cumplir con el tamaño adecuado de tal manera que pase por la rendija inferior de la maquinaria, cabe recalcar que las partículas por medio de este método de molienda al salir de la cámara tienen variaciones en sus tamaños y formas.

Una de las principales ventajas de este tipo de molinos es la diversidad de productos o materiales que puede someter al proceso de molienda cambiando en su mecanismo la pantalla de salida, logrando así la molienda de acuerdo con el material. Véase en la ilustración 11, esquema 5.

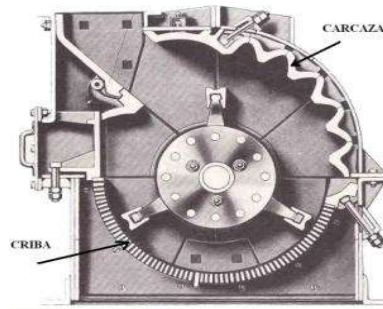
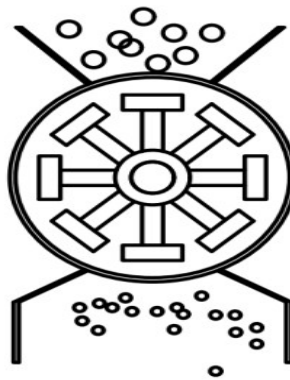


Ilustración 11. Molino de martillo
Fuente: Internet, ALNICOLSA del Perú S.A.C.



Esquema 5. Diseño de un molino de martillo
Fuente: Autor

2.16 Característica del molino de fricción

El molino de fricción es un semejante moderno de los antiguos molinos de piedra en donde esas piedras se reemplazan por discos de acero en los que se montan placas de molienda intercambiables ya sea metálicas o abrasivas por tal motivo se clasifica en discos únicos, dobles y dentados. Las partículas de sólidos blandos son frotados entre las caras planas estriadas de unos discos circulares rotatorios, que giran a una velocidad mayor dejando una variedad de aplicaciones. El eje del disco puede ser horizontal y vertical. Ilustración número 12.



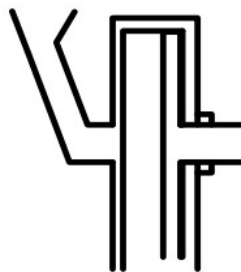
Ilustración 12. Molino de fricción de Discos
Fuente: Internet (Advanced Analytical Systems)

2.16.1 Molino de disco único

El molino de disco único tiene una función muy diferente que los demás, los materiales de partida o de alimentación, transcurren a través del espacio que queda entre un disco estirado, que gira a una velocidad muy alta, y la armadura estacionada del molino. La trituración de la carga es por su fuerza o magnitud de la acción cizallante. La división entre el disco y la armadura se puede diferenciar según el tamaño del componente principal y la estimación del producto terminado. Véase en la ilustración 13 y esquema 6.



Ilustración 13. Molino de disco único
Fuente: Internet



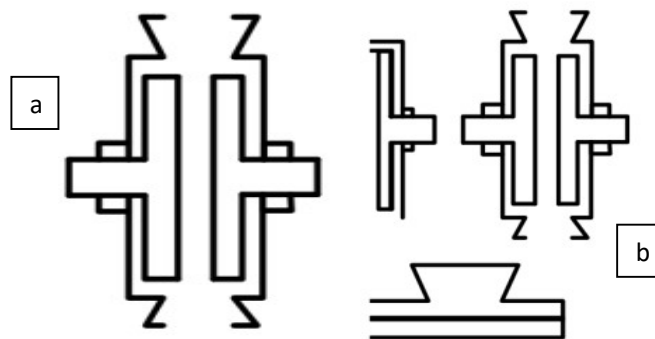
Esquema 6. Diseño de molino de disco único
Fuente: Autor

2.16.2 Molino de doble disco

El modelo del molino de doble disco se diferencia por su doble discos que giran en sentido contrario realizando un esfuerzo de cizalla mayor que la que se puede conseguir con los molinos de disco único. Este tipo de molino cizallante se utiliza mucho en la molienda de maíz y arroz. Véase en la ilustración número 14 y esquema número 7.



Ilustración 14. Molino de doble discos
Fuente: Internet (Advanced Analytical Systems)



Esquema 7. Molino de doble disco (a) molino de cizalla (b)
Fuente: Autor

2.16.3 Molino de discos dentados

Este tipo de molino fue utilizado generalmente como molino harinero es por esa razón que se lo considera como el tipo de molino de disco más antiguo. Sobre un eje se montan dos piedras, la superior que es fija y tiene una boca para la entrada de carga, la inferior no es fija por lo general esta gira y la carga pasa por el espacio que queda entre ambas piedras. Los productos una vez sometidos a esta fuerza de cizalla salen

por el borde de la piedra inferior. En diferentes modelos estas piedras giran en sentido antihorario. Actualmente las piedras naturales son reemplazadas por acero endurecido. Este tipo de molino se usa todavía en la molienda húmeda del maíz, elaboración del chocolate. Ilustración 15.



Ilustración 15. Molino de discos dentados
Fuente: Internet (Capaccioli)

2.17 Molinos de tambor

Los molinos de tambor se utilizan para la molienda fina y ultra fina de materiales quebradizos. Los molinos de tambor operados de forma discontinua hacen que, además de la reducción de tamaño, se homogeneice el material (Rueda Diego, 2015).

Los molinos de tambor tienen un tambor de molienda horizontal que gira alrededor de un centro de rotación. En este tambor cilíndrico se encuentra un relleno de medios de molienda. El material alimentado es pulverizado por los medios de molienda que se mueven libremente principalmente a través de la presión, el impacto y la acción de cizallamiento. Habitualmente se utilizan bolas o cilindros. Para aplicaciones especiales, también se pueden utilizar barras de acero en molinos modificados apropiadamente. Ilustración número 16.



Ilustración 16. Molino de tambor
Fuente: Internet (Siebtechnik tema)

2.15.1 Molinos de bolas

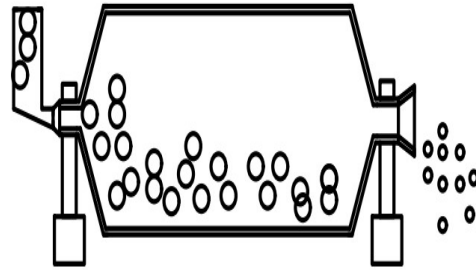
El molino de bola es un tipo de maquinaria de ingeniería ampliamente utilizada con bajo rendimiento de trabajo. Desde el advenimiento del molino de bolas surgen muchas investigaciones sobre su rendimiento de molienda que apuntan principalmente a los aspectos de fi índice, velocidad de rotación, relación de bolas de acero, relación de medio de molienda y abrasivo, numero de barras elevadores pero sin embargo este tipo de estudio del rendimiento de molino de bolas se destacan en dos objetos de investigación es decir los indicadores generales como la potencia general y los indicadores promedios como por ejemplo el trabajo de fricción entre otras. (Peng Huang, 2019)

Los molinos de bolas se han usado por muchos años en las plantas de procesamiento de minerales metálicos y no metálicos, probablemente con mayor incidencia en el primero de los nombrados. El objetivo principal es efectuar la reducción de tamaño hasta uno adecuado para poder efectuar el proceso de concentración (flotación, gravimétrica o magnética) y/o de lixiviación (cianuración de minerales auríferos).

La alimentación que se envía a un molino de bolas es el producto final obtenido en un circuito de chancado, siendo el tamaño variable ya que depende del tamaño del producto final de la molienda, y de los requerimientos de energía del molino de bolas. La molienda suele efectuarse con adición de agua, y la adición de reactivos químicos tales como la cal para regular el pH, depresores como sulfato de zinc y cianuro, y de algún reactivo de características especiales según el mineral que se está procesando por ejemplo, la adición de colectores de molibdenita). (Metallurgist, 2016). Ilustración 17, esquema 8.



Ilustración 17. Molino de bolas
Fuente: Internet (911 Metallurgist)



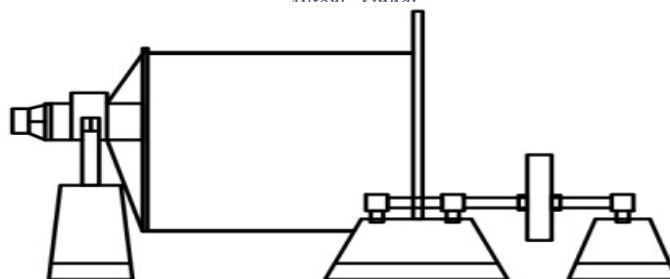
Esquema 8. Diseño de un molino de bolas
Fuente: Autor

2.15.2 Molino de barras

El molino de barras es conducido por la transmisión del motor al reductor y los engranajes mayores circunstantes o por el motor síncrono. Dentro del cilindro hay medio de molienda – barras de acero que son elevadas a cierta altura bajo la fuerza centrífuga y la fricción y se caen arrojando. El material se entra en el cuerpo continuamente por la entrada de alimentación moliendo por las barras y descargando por el desportamiento y la fuerza continua de alimentación para entrar a la fase próxima (Procesos de molienda SCIENCE DIRECT, 2018). Ilustración número 18, esquema número 9.



Ilustración 18. Molino de barras
Autor: Xinhai



Esquema 9. Diseño de un molino de barras
Fuente: Autor

2.18 Aplicaciones frecuentes de molinos

En la siguiente tabla 21, se muestra las aplicaciones frecuentes de los diferentes tipos de molinos antes mencionados.

Tabla 21. Aplicaciones frecuentes de molinos

Tipos de molinos	Molinos de rodillos	Molino de martillo	Molino de fricción	Molino de tambor
Tamaño de molienda				
Grueso	X			
Intermedio	X	x	x	X
Fino/ Muy finos		x	x	X
Aplicaciones				
Cacao	X		x	X
Chocolate	X		x	X
Maíz (húmedo)				
Frutas secas		x		
Vegetales secos		x		
Granos			x	
Pimienta		x	x	
Sal		x		X
Especies		x		
Azúcar		x		X

Fuente: Autor

2.19 Selección del molino

Para determinar la selección del molino más adecuado para el producto principal como lo es la pepa del cacao se debe estimar ciertos parámetros que se mencionan a continuación.

2.20 Granulometría de los Nibs del cacao

La fruta mide entre 10 y 32 cm de largo y 7 y 10 cm de ancho y pesa entre 200 gr y 1 kg y en su interior contiene 20 a 60 semillas dispuestas en 5 filas rodeadas con una

pulpa gelatinosa (Análisis del sector cacao y elaborados).

Los granos del cacao están compuestos por una cáscara (parte externa) y los nibs (parte interna). La cuidadosa rotura en dos fases de los granos de cacao es una variable fundamental para una extracción limpia de las cascarras del cacao.

En la molienda los nibs de cacao se componen el 54% de manteca de cacao y el 46% de partículas sólidas un total del 100%.

Al moler estas partículas automáticamente se rompen las células de grasa transformando su fase física de estado sólido a líquido.

El cacao para satisfacer al cliente como un producto de muy alta calidad se debe cumplir con una granulometría muy estricta del 98%, en el tamaño de las partículas no se debe sentir grumos para los diferentes semielaborados del cacao que se requiera.

2.21 Dimensión

Influye con el área del sitio donde va a laborar y con la producción actual y futura que se puede llegar a tener.

2.22 Contaminación nula de producto

Todo producto debe contar con normas de calidad Industrial, principalmente para precautelar la salud integral de las personas.

2.23 Factibilidad de diseño, construcción y montaje de la máquina

Es importante el diseño del molino y mucho más la construcción y el montaje del equipo ya que sin este orden puede afectar directamente al costo de fabricación y mantenimiento, así como también las partes de recambio de alguna pieza en común si fuese el caso.

2.24 Costo

El costo del diseño, construcción y montaje de la máquina representa una variable muy importante al momento de fabricación, venta y posteriormente mantenimiento y cambios de piezas (rediseño) si fuese necesario por el comprador.

2.25 Ruido y Vibración

El equipo está en funcionamiento siempre y cuando los rangos del nivel del ruido estén permitidos, lo cual no puede generar una vibración exagerada porque puede afectar al operario, al entorno y a su vez afectar su producción.

2.26 Limpieza

Para una correcta limpieza del equipo industrial como el molino hay que conocer y cumplir con normas de seguridad Industrial básicas, así se evitará cualquier riesgo tanto para el operario como para la producción.

Para una buena presentación hacia el cliente se debe mantener limpio el equipo sin residuos mucho más cuando la producción es continua y hay mayor salida del producto.

2.27 Evaluación del Proyecto

La selección del molino adecuado se evalúa en criterio del modelo numérico en la técnica de puntuación y clasificación ponderadas, se califica con un puntaje general dentro del rango cero a cinco (5 el mejor y 0 el peor) a cada molino y para la selección del molino utilizamos la función SI en Excel con los parámetros “Objetivo alcanzado” cuando los parámetros se adaptan al proyecto, “objetivo no alcanzado” cuando los parámetros no se adaptan al proyecto. Es muy importante saber identificar y tomar buenas decisiones a la hora de seleccionar el proyecto adecuado para así proceder a realizar una excelente y confiada inversión. Ver tabla Número 22.

Tabla 22. Evaluación del proyecto idóneo

Ponderación	Ponderación	Molino de rodillo	Molino de martillo	Molino de fricción	Molino de tambor
Granulometría de los nibs del cacao	5	5	3	3	4
Dimensión	5	5	4	4	3
Contaminación nula del producto	5	5	3	2	1
Factibilidad de diseño, construcción y montaje de la máquina	5	5	2	2	1
costo	5	5	1	1	2
Ruido y vibración	5	5	2	4	3
Limpieza	5	5	1	1	1
Total	35	35	16	17	15
Molino Seleccionado		Objetivo alcanzado	objetivo no alcanzado	objetivo no alcanzado	objetivo no alcanzado

Fuente: Autor

El molino seleccionado es el molino de rodillos, porque es la que mejor se adapta a los parámetros del diseño.

2.28 Ventajas del molino seleccionado

Las ventajas que ofrece el molino de rodillo son las siguientes:

- Cuentan con una superficie grande para la molienda, abarcando una mayor cantidad de material de manera rápida.
- Funcionamiento sencillo y de fácil mantenimiento.
- Gran versatilidad de materiales que procesar.

- Se puede realizar la molienda de los nibs de cacao a través de los rodillos consiguiendo una masa fina y homogénea determinándolo, así como un producto terminado de mayor calidad.

2.29 Aplicación del molino seleccionado

Sus aplicaciones en la industria son variadas y muy extendidas. Tradicionalmente se han empleado en:

2.29.1 Industrias agroalimentarias

- Molino de rodillos para alimentos
- Molino de rodillos para granos
- Molino de rodillos para extraer almidón

2.29.2 Industria de la construcción

- Molino de rodillos para piedra
- Molino de rodillos para triturar cemento y grava

2.29.3 Minería

- Molino de rodillos para triturar cartón y otros minerales.

2.30 Definición del descascarillado

Es el proceso en el que se elimina la cascara, la cual constituye la cubierta exterior de la semilla del cacao. Indiferentemente de los distintos fines que se persigan con los granos del cacao en la industria, todos deben someterse primero a un proceso de descascarillado antes de que se transformen en pasta o licor de cacao. Ilustración 19:



Ilustración 19. Descascarillado de cacao
Fuente: Internet

2.30.1 Descascarado manual de granos

Como se mencionó anteriormente es el proceso mediante el cual se separa la cascara de los granos, generalmente de cereales, café o cacao, mediante una máquina de accionamiento manual o mecánico o de un pilón.

2.30.2 Tipos de descascarado

El descascarado manual de los granos se ha efectuado desde los albores de la agricultura y todavía se realiza en las pequeñas explotaciones agrícolas. Existen pequeñas máquinas de accionamiento manual para esta labor. (Ríos, 2015)

Descascarado en pilón. Al inicio se golpeaban los granos entre dos piedras, un trabajo poco productivo y con limitada efectividad, pero pronto se desarrolló el sistema de pilón. El pilón consiste en una especie de mortero de madera de gran tamaño que dispone en su parte superior de una abertura cónica en la cual se colocan los granos, que son golpeados con un mazo de madera. Los golpes y el roce que éstos producen entre los granos desprenden gradualmente la cáscara, que después es aventada. Véase en la ilustración 20:



Ilustración 20. Descascarado manual
Fuente: Internet (Ecuared)

Descascaradora manual. Consiste en una pequeña máquina de accionamiento manual que también puede ser accionada a través de un motor, una polea y una correa.

2.30.3 Descascarado con tecnologías industriales

Existen maquinarias especiales para el descascarado y limpieza de los granos del cacao y de otros tipos de granos. En este proyecto de tesis hacemos referencia a un soplador de aire para la parte del funcionamiento del descascarillado de la máquina (Blower).

2.30.4 Aplicación del Blower

Un Soplador es una turbo máquina que se caracteriza porque el fluido impulsado es un gas (fluido compresible) al que transfiere una potencia con un determinado rendimiento. A pesar de que no existe convenio alguno universalmente adoptado; los sopladores pueden subdividirse en cuatro grupos:

- Sopladores de baja presión: hasta una presión del orden 200 mm.c.a (ventiladores propiamente dichos).
- Sopladores de media presión: entre 200 y 800 mm c agua (soplantes)
- Sopladores de alta presión: entre 800 y 2500 mm c agua (turbosoplantes)
- Sopladores de muy alta presión, mayor a 2500 mm c agua (turbocompresores)

Las aplicaciones en las que podemos ver este tipo de equipos son las siguientes:

- Alimentación y embotellado
- Medio Ambiente
- Educación.
- Electrónica.
- Envasado de producto alimentario y no alimentario.
- Industria química, médica y textil.
- Metalurgia, metalización y semiconductores.
- Plástico, goma y resina.
- Limpieza industrial de componentes.
- Impresión y papel.

- Transporte neumático.
- Vidrio, piedra y madera.



Ilustración 21. Sopladores Industriales Blower
Fuente: Vimatec

CAPITULO 3

DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA

En este capítulo se establece específicamente cada uno de los componentes de la máquina con la finalidad de obtener versátilmente datos importantes para el funcionamiento propio, para el diseño de los componentes utilicé el programa AutoCAD y para la simulación del proyecto utilicé el programa Autodesk Inventor.

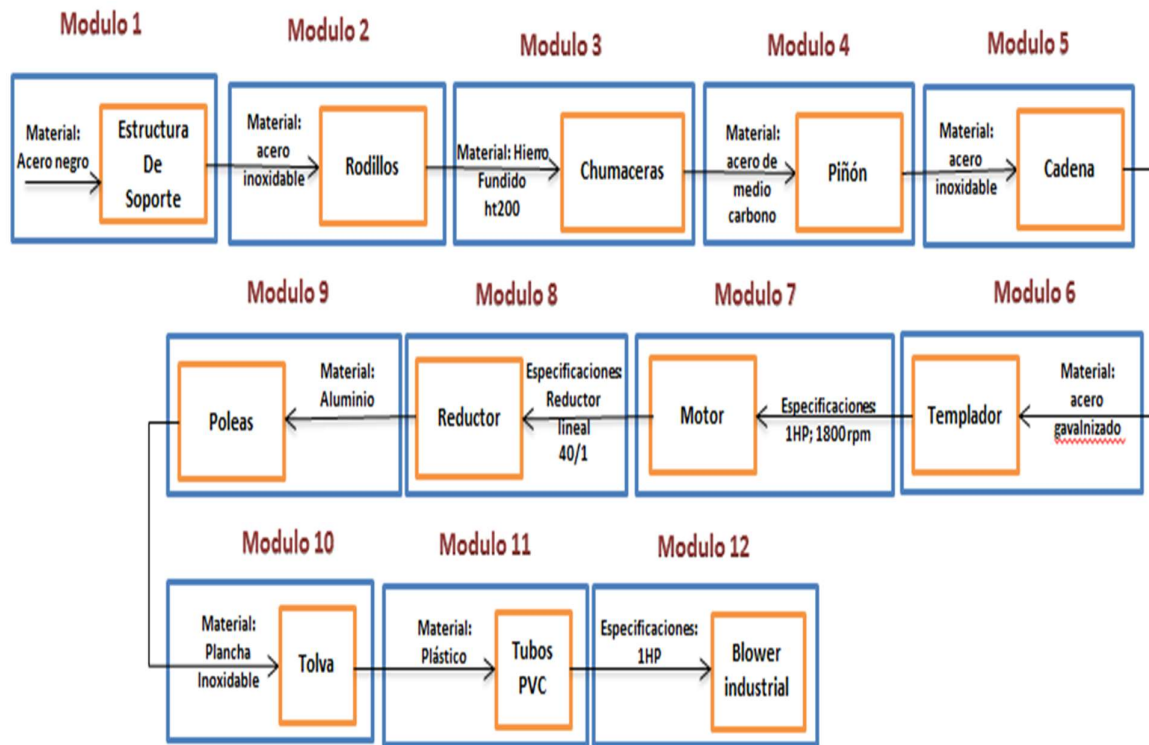
AutoCAD, es un software de diseño asistido por una computadora utilizado para dibujo en 2D y modelado 3D. Autodesk Inventor, es un software de diseño de modelado paramétrico de sólidos en 3D (diseño asistido por computadora).

Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como AutoCAD se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que, si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

3.1. Estrategia de Modularidad

Un factor clave para el diseño de los componentes de la máquina son las estrategias de modularidad que en concepto es ampliamente aplicado en los diversos diseños mecánicos. La implementación de estas estrategias deriva de muchos beneficios para las etapas de diseño y fabricación tales como simplificación de la ingeniería, flexibilidad de la producción, reducción del tiempo de comercialización, aumento de la eficiencia de la máquina y mejorará la competitividad general aparte que optimiza clientes.

En la estructura número 1 de modularidad se especifica ordenadamente los módulos que corresponde a las partes del molino de cacao.



Estructura 1. Módulos del molino
Fuente. Autor

3.2.Resolución de los módulos

3.2.1. Módulo 1 estructura de soporte

Este módulo trata de la estructura del soporte de la máquina y cumple con las siguientes especificaciones:

Tabla 23. Especificaciones del módulo 1

Material	Especificaciones
Angulo hierro negro	40 x 40 x 2 mm
Plancha hierro negro	e= 2mm
Soldadura	E6011

Fuente: Autor

Para realizar la estructura de soporte de la máquina se determina las masas de cada elemento que debe soportar la estructura tal como lo indica la tabla número 24.

Tabla 24. Diagrama de eje móvil

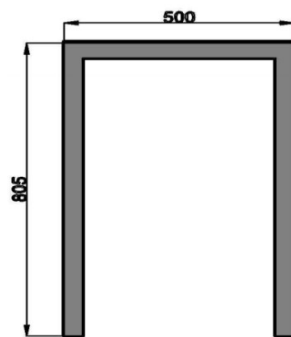
Número de carga	Detalle	Cargas (Kg)	Total (Kg)
1	Pepa de cacao	2,5	2,5
2	2 Rodillos	1,82	3,64
3	4 Chumaceras	1,9	7,6
4	3 piñón	0,123	0,369
5	1 cadena	1,05	1,05
6	Templador	2,46	2,46
7	Motor	13,855	13,855
8	Eje del motor	0,37	0,37
9	Eje de giro de motor	0,25	0,25
10	Reductor	14	14
11	2 poleas	0,8	0,8
12	Tolva	3,1	3,1
13	Banda de transmisión dentada	0,3	0,3
14	Pernos 3/8	0,3	0,3
15	Tuercas 3/8	0,35	0,35
16	plancha de hierro negro de 2 mm	5	5
	Total	48,178	55,944

Fuente: Autor

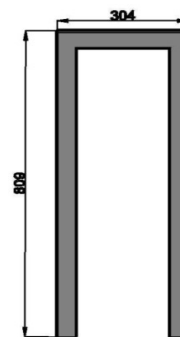
Estas cargas se distribuyen en cada parte de la estructura de la máquina obteniendo un total de 55.944 kg.

3.2.2. Diseño y análisis estático para la estructura del soporte

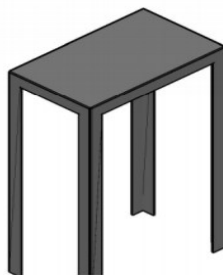
Diseño de la estructura de soporte de la máquina en el programa AutoCAD vista frontal y lateral acotadas en 3d:



Esquema 11. Vista frontal de la estructura de soporte
Fuente: Autor



Esquema 10. Vista lateral de la estructura de soporte
Fuente: Autor



Esquema 12. Estructura de soporte completa en 3d
Fuente: Autor

Para esta parte del proyecto se construyó una mesa usando ángulos fabricados de acero de calidad ASTM A36 o más conocido como hierro negro. Véase en el catálogo 1 de perfiles estructurales ángulos L doblado.

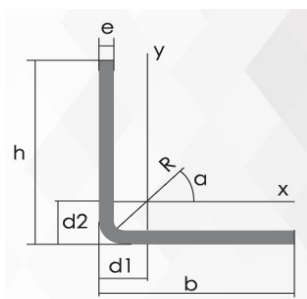


Ilustración 22. Esquema de ángulos
Fuente: Internet (catálogo 1 de perfiles estructurales ángulos)

Para la construcción de la estructura de soporte se seleccionó el ángulo L 40x2 para el cual le corresponden medidas de la tabla 25:

$$b=h=40 \text{ mm}$$

$$e=2 \text{ mm}$$

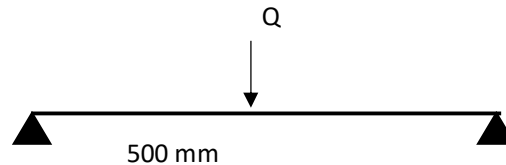
Tabla 25. Ángulos

Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
	mm	mm	mm	Kg/m	cm2	cm	cm	(°)	Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
									cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73

Fuente: Internet (catálogo 1 de perfiles estructurales ángulos)

Para el análisis se escogió el miembro sometido a mayores esfuerzos que es el ángulo de 500 mm de longitud.

Modelo matemático



La fuerza Q corresponde al peso de la tolva, ejes, rodillos, reductor posicionados sobre la estructura. Para efectos de un caso más crítico se decidió considerar como una carga puntual en el centro del ángulo (un modelo más real y conservador sería el de una carga distribuida).

Acorde con la tabla de resumen de la masa de los diferentes componentes de la estructura completa:

$$Q = 0.5 (33 \text{ kg}) (9.81 \text{ m/s}^2)$$

A efectos de considerar alguna carga externa:

$$Q = 0.5 (40 \text{ kg}) (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$Q = 196.2 \text{ N}$$

Tras realizar un proceso similar al mostrado con el eje se determinó un momento máximo de 25 Nm.

Ecuación 7. Flexión

$$\sigma = \frac{M_c}{I}$$

Dónde:

σ : Esfuerzo máximo de tensión en flexión

c: Distancia del centro de masa al extremo más alejado

I: Inercia xx (del catálogo)

Reemplazando;

$$\sigma = ((196.2 \text{ Nm}) (0.029 \text{ m})) / ((2.44 \times 100)^{-4} \text{ m}^4))$$

$$\sigma = 233 \text{ MPa}$$

Cálculo del factor de seguridad:

Ecuación 8. Factor de seguridad

$$FS = \frac{S_Y}{\sigma}$$

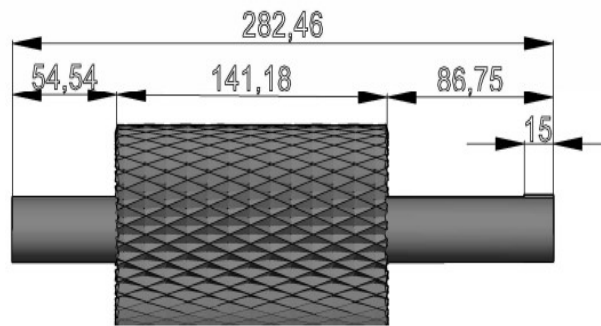
$$FS = \frac{250}{233}$$

$$FS = 1.1$$

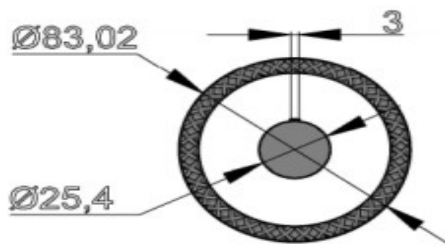
Como $FS > 1$ nos aseguramos de que no llegara a la fluencia. También es importante acotar que el FS es mayor ya que la carga es distribuida y se distribuye en 4 soportes y no en 2 como se consideró.

3.2.3. Módulo 2 Diseño y análisis estático de los rodillos trituradores

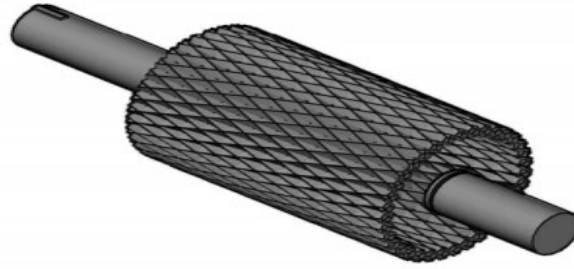
En este módulo se diseñó los rodillos en AutoCAD y Autodesk Inventor, a continuación, se demuestra los esquemas de los rodillos en vista lateral y frontal.



Esquema 13. Diseño de los rodillos en Autocad vista lateral
Fuente: Autor



Esquema 14. Diseño del rodillo en Autocad vista frontal
Fuente: Autor

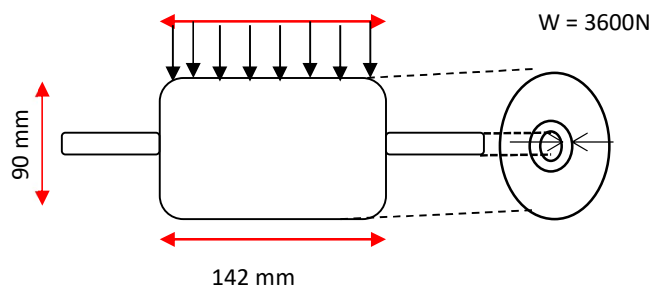


Esquema 15. Diseño del rodillo completo en 3d
Fuente: Autor



Esquema 16. Diseño del rodillo en inventor
Fuente: Autor

Diagrama de cuerpo libre del rodillo



Esquema 17. Diagrama de cuerpo libre del rodillo



Se procedió calculando la potencia requerida para triturar las semillas de cacao utilizando el índice de Bond de este, correspondiente a:

Ecuación 9. Potencia requerida

$$w_i = \frac{4 \text{ Kwh}}{t}$$

Tal que 1 tonelada corta tc equivale a:

$$907.185 \text{ kg.}$$

$$P = 10w_i \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right)$$

Donde d_{80} representa el tamaño promedio de la masa de cacao molida siendo el máximo valor permitido alrededor de 25 μm .

Por lo tanto, la potencia:

$$P = 10 \left(4 \frac{\text{Kwh}}{\text{tc}} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{10\mu\text{m}}} - \frac{1}{\sqrt{25\mu\text{m}}} \right)$$

$$W = 4.65 \text{ Kwh/tc}$$

Trabajando de forma continua la capacidad máxima serían de 100 kg/h, por lo que la potencia requerida es:

$$P = \left(4.65 \frac{\text{Kwh}}{\text{tc}} \right) \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ tc}}{907.185 \text{ kg}} \right)$$

$$P = 0.51 \text{ kw} = 0.68 \text{ hp}$$

Los rodillos trituradores pueden representarse gráficamente como se muestra en la siguiente ilustración:

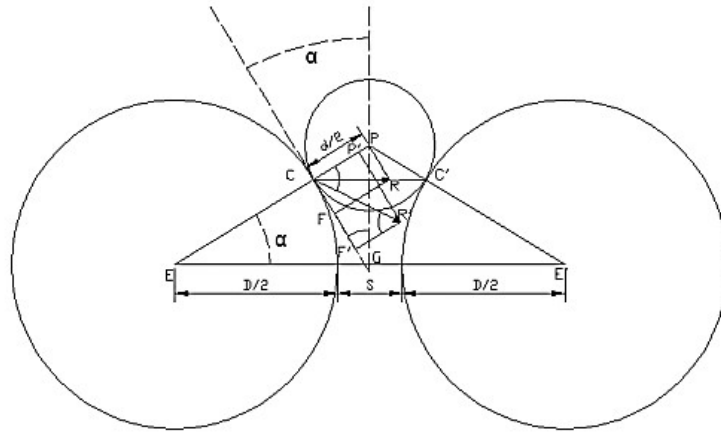


Ilustración 23. Característica de los rodillos trituradores

Se ha demostrado que el diámetro de los rodillos D debe cumplir la siguiente relación matemática: $D > 18 (d-S)$

La separación entre los cilindros se la toma como las $\frac{3}{4}$ partes del diámetro del grano triturado. Y considerando un diámetro promedio de las semillas de 0.5 cm, tenemos que:

$$D > 18(5 - 0.025)$$

$$D = 89.55 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

Cálculo del período de rotación de los rodillos:

Ecuación 10. Período de rotación de los rodillos

$$T = \frac{2\pi}{w}$$

Tal que la velocidad angular de los rodillos $w = 30 \text{ rpm}$.

$$T = \frac{2\pi * \text{min}}{30 \text{ rev}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi}$$

$$T = 2 \text{ s}$$

Para obtener la carga experimentada por los rodillos se tomó en cuenta el peso aproximado que tendrían los rodillos más la reacción generada al triturar el cacao.

Considerando una longitud de 142 mm de longitud de los rodillos, este tendría un peso aproximado de 0.64 kg según la tabla del acero AISI 304 o el equivalente a 5 kg/m.

Ecuación 11. Carga distribuida

$$\text{Carga distribuida} = (5 \text{ kg/m}) (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{Carga distribuida} = 49.1 \text{ N/m}$$

Para obtener la carga producida debido a la trituración:

Ecuación 12. Carga de trituración

$$\text{Carga por trituración} = T * 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{Carga por trituración} = (2 \text{ s}) \left(\frac{100}{3600} \text{ kg/s} \right) = 0.056 \text{ kg}$$

Esta carga también se considera distribuida sobre los rodillos por lo que:

$$\text{Carga por trituración} = \frac{0.056 \text{ kg}}{0.14 \text{ m}} * (9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{Carga por trituración} = 3.92 \text{ N/m}$$

Finalmente, la carga distribuida en dirección z W_z :

$$W_z = 49.1 \frac{N}{m} + 3.92 \frac{N}{m}$$

$$W_z = 53.02 \text{ N/m}$$

Para la carga distribuida del rodillo en dirección y se hace uso de las ecuaciones de torque y potencia:

Ecuación 13. Potencia

$$P = T\omega$$

Ecuación 14. Torque

$$T = Fr$$

$$T = \frac{(510 \text{ W})}{(3.14 \text{ rad/s})}$$

$$T = 162.4 \text{ Nm}$$

Ecuación 15. Fuerza normal

$$F = \frac{162.4 \text{ Nm}}{0.045 \text{ m}}$$

$$F = 3608 \text{ N}$$

Para una viga simplemente apoyada con carga distribuida, la deflexión es:

$$y = \frac{wx}{24EI} (2lx^2 - x^3 - l^3)$$

Dónde:

y: Deflexión permitida

w: Carga distribuida

E: Módulo de Young (187.5 kN/ [mm] ^2)

I: Momento de inercia de sección transversal

l: Longitud del rodillo

x: Punto del que se desea obtener la deflexión (sección media del rodillo)

Despejando la inercia de la expresión;

Ecuación 16. Inercia

$$I = \frac{wx}{24Ey} (2lx^2 - x^3 - l^3)$$

$$I = \frac{(3608)(0.071)}{24(187.5 \text{ kN/mm}^2)(0.0002 \text{ m})} (2(0.142)(0.071)^2 - (0.071)^3 - (0.142)^3) * \frac{1 \text{ m}^2}{(1000 \text{ mm})^2}$$

$$I = 0.0050936 \text{ m}^4$$

Como el ángulo de mordedura de los rodillos no debe exceder los 32°, por lo cual $\alpha=16^\circ$.

Ecuación 17. Sección Transversal

$$S = r \frac{\alpha\pi}{180}$$

$$S = (0.071 \text{ m}) \left(\frac{16\pi}{180} \right)$$

Asumiendo que la sección transversal será similar a la de una viga recta, se tiene que la inercia es:

$$I = \frac{1}{12} S e^3$$

Donde e es el espesor del rodillo

Despejando e:

$$e = \sqrt[3]{\frac{12I}{S}}$$

$$e = \sqrt[3]{\frac{12(0.0050936 \text{ m}^4)}{0.02 \text{ m}}}$$

$$e = 0.2 \text{ mm}$$

Comparando con los catálogos comerciales de planchas de acero, se tiene que el espesor de los rodillos debe ser de:

$$e = 0.3 \text{ mm}$$

Con los datos analíticos respecto al rodillo se procede a seleccionar el material, en este caso lo seleccionamos por el diámetro que tiene y por el material. Véase en el Catálogo 2 aceros inoxidables Norma AISI 304.

Especificaciones generales ejes aceros inoxidable:

Norma: AISI 304. Descripción: Acero Inoxidable autentico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

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

Largo: 6 mts

Tabla 26. Selección del material del rodillo

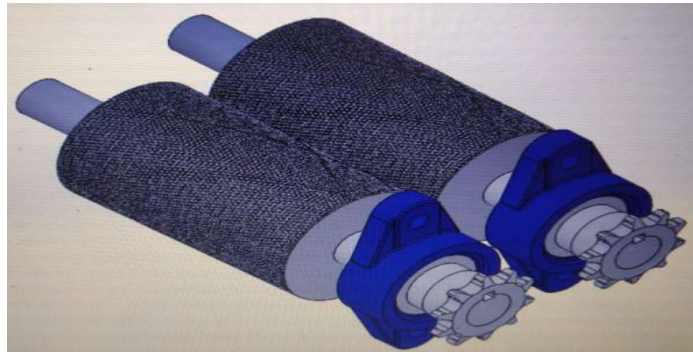


DIMENSIONES	
DIÁMETRO	
	3/16"
	1/4"
	5/16"
	3/8"
	1/2"
	5/8"
	3/4"
	1"
	1-1/4"
	1-1/2"
	2"
	2-1/2"
	3"
	3-1/2"
	4"
	5"
	6"

Fuente: Autor

3.2.4. Módulo 3 selección y diseño de la chumacera

En este proyecto se utiliza cuatro chumaceras de pared de 1' que realizan la función de sostener a los dos rodillos tal como se muestra en el esquema del diseño de los rodillos trituradores.



Esquema 18. Diseño de las chumaceras
Fuente: Autor

Del catálogo de rodamientos NTN se escogió una chumacera tipo soporte de brida Ovalada de hierro fundido UC: C(M)-UCFL. Véase en el catálogo 3 NTN de chumaceras:

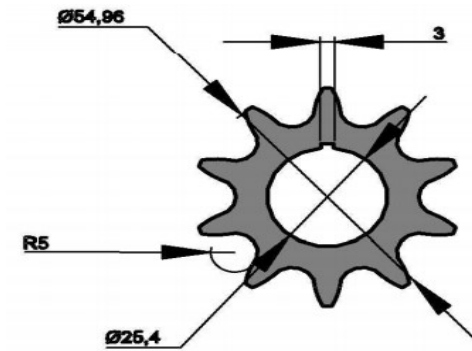
Tabla 27. Información técnica de chumaceras

Tipo de Alojamiento Material : Hierro Fundido		Cubierta	Tipo de Rodamiento					
			UC	UEL REL	UK	AS AR	AEL JEL	CS
Tipo brida cuadrada		—	UCF	UELF RELF	UKF	ASF ARF	AELF JELF	—
		Acero	S(M)-UCF	—	S(M)-UKF	S(M)-ASF S(M)-ARF	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCF	—	C(M)-UKF	C(M)-ASF C(M)-ARF	—	—
Tipo brida cuadrada con borde para montaje		—	UCFS	UELFS	UKFS	—	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFS	—	C(M)-UKFS	—	—	—
Tipo brida redonda con borde para montaje		—	UCFC	UELFC RELFC	UKFC	ASFC ARFC	AELFC JELFC	—
		Acero	S(M)-UCFC	—	S(M)-UKFC	S(M)-ASFC S(M)-ARFC	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFC	—	C(M)-UKFC	C(M)-ASFC C(M)-ARFC	—	—
Tipo brida ovalada		—	UCFL	UEFL RELFL	UKFL	ASFL ARFL	AELFL JELFL	—
		Acero	S(M)-UCFL	—	S(M)-UKFL	S(M)-ASFL S(M)-ARFL	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFL	—	C(M)-UKFL	C(M)-ASFL C(M)-ARFL	—	—
Tipo brida cuadrada		—	UCFU	UELFU RELFU	UKFU	ASFU ARFU	AELFU JELFU	—
Tipo brida ovalada		—	UCFLU	UEFLU RELFLU	UKFLU	ASFLU ARFLU	AELFLU JELFLU	—
Tipo brida ovalada modificada		—	UCFA	UELFA RELFA	UKFA	ASFA ARFA	AELFA JELFA	—
		Acero	S(M)-UCFA	—	S(M)-UKFA	S(M)-ASFA S(M)-ARFA	—	—

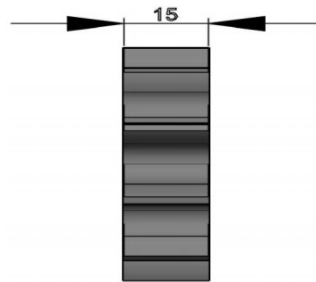
Fuente: Catálogo 2400 IX-S NTN Chumacer

3.2.5. Módulo 4 diseño y análisis matemáticos del Piñón

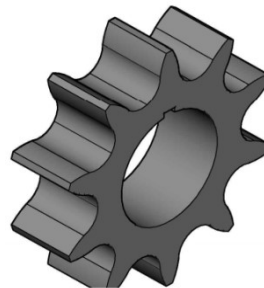
En este módulo se procede a realizar el diseño del piñón en el programa AutoCAD en las vistas frontal y lateral tal como se muestra en los esquemas 20, 21, 22:



Esquema 19. Diseño del piñón en autoCAD vista frontal
Fuente: Autor



Esquema 20. Diseño del piñón en autoCAD vista lateral
Fuente: Autor



Esquema 21. Diseño del piñón en autoCAD completo 3d
Fuente: Autor

El piñón va ir acoplado al eje, por lo que su diámetro interno es de 1 pulgada.

El diámetro externo debe ser de:

$$D_{\text{ext}} = 2.5d_i$$

Donde d_i es el diámetro interno

$$D_{\text{ext}} = 2.5 \text{ in} = 63.5 \text{ mm}$$

Cálculo del paso:

Ecuación 18. Paso del piñón

$$p = \frac{D_{\text{ext}}}{\text{Dientes}}$$

$$p = \frac{64}{10} = 6.4$$

➤ Con los datos analíticos procedemos a seleccionar el piñón correcto.

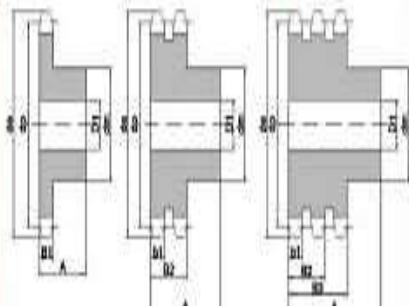
Especificaciones generales del piñón:

Las cadenas CSR son cadenas de uso común fabricadas bajo los estrictos criterios de calidad de la normativa ISO 9001.

Los piñones y discos normalizados están fabricados en acero F-114 (C45) y acero inoxidable (AISI 304), con pasos normalizados desde 5mm hasta 2". Según norma DIN 8187 ISO/R 606. Se fabrican una gran variedad de piñones y discos simples, dobles y triples de 8 a 125 dientes. Además, CSR ofrece la posibilidad de desarrollo de productos fuera de gama.

Para este proyecto se seleccionó el siguiente piñón. Véase en el catálogo número 4 de especificaciones técnicas del piñón:

Tabla 28. Especificaciones técnicas del piñón

PIÑONES SPROCKETS	5/8"x3/8" 10B-1-2-3	Z	d _a	d _f	Simple				Doble				Triple			
					d _m	D _f	A	Kg.	d _m	D _f	A	Kg.	d _m	D _f	A	Kg.
Para cadena de rodillos For roller chains 	s/ DIN 8187 ISO/R 606	8	47	41,48	25	10	25	0,12	25	12	40	0,19	25	12	55	0,27
		9	52,6	46,42	30	10	25	0,16	30	12	40	0,27	30	12	55	0,38
		10	57,5	51,37	35	10	25	0,22	35	12	40	0,36	35	16	55	0,47
		11	63	56,34	37	12	30	0,29	39	16	40	0,43	39	16	55	0,61
		12	68	61,34	42	12	30	0,37	44	16	40	0,55	44	16	55	0,78
		13	73	66,32	47	12	30	0,46	49	16	40	0,68	49	16	55	0,96
		14	78	71,34	52	12	30	0,56	54	16	40	0,82	54	16	55	1,15
		15	83	76,36	57	12	30	0,67	59	16	40	0,97	59	16	55	1,37
		16	88	81,37	60	12	30	0,76	64	16	45	1,26	64	16	60	1,72
		17	93	86,39	60	12	30	0,88	69	16	45	1,46	69	16	60	1,99
		18	98,3	91,42	70	14	30	1,01	74	16	45	1,67	74	16	60	2,27
		19	103,3	96,45	70	14	30	1,15	79	16	45	1,9	79	16	60	2,58

Fuente: Catálogo de productos CAUSER

3.2.6. Módulo 5 diseño y análisis matemáticos de la cadena

Se diseña la cadena en 3d en el programa AutoCAD. Véase en el esquema 23:



Esquema 22. Diseño de la cadena en autoCAD 3d

Fuente: Autor

Acorde con la tabla se escoge la cadena de transmisión de la serie ASA. Norma Americana ANSI B 29.1 DIN 8188. Véase en el catálogo número 5

Tabla 29. Especificaciones técnicas de la cadena de transmisión

Ref.	PASO (mm.)	PASO (pulg.)	Ancho Interior	Ø Rod.	Ø Eje	Grueso Mallas		Ancho Entre Filas e	Ancho max. S/ejes F1	Ancho total cadena F	Superf. Articul. cm2.	Carga de Rotura Kp.	Peso por metro Kg/mtr.
						S1	S2						
ASA	P	P	b1	d2	d1								
04C	6,35	1/4	3,18	3,30	2,30	0,73	0,73	—	8,00	12,50	0,11	450	0,140
06C	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	—	11,90	17,50	0,27	1050	0,330
08A-1	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	—	16,30	21,50	0,45	1850	0,640
10A-1	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	—	20,10	26,50	0,71	2900	1,060
12A-1	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	—	28,00	32,00	0,97	3900	1,580
16A-1	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	—	35,30	44,50	1,76	6700	2,610
20A-1	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	—	43,40	55,50	2,58	11000	3,800
24A-1	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	—	53,40	67,00	3,90	15500	5,550
28A-1	44,45	1 3/4	25,40	25,40	12,70	5,60	5,60	—	56,40	74,00	4,67	21000	7,700
32A-1	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	—	68,50	85,50	6,40	26500	10,000
40A-1	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	—	76,50	111,00	10,85	43000	16,690
06C-2	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	10,13	22,00	28,50	0,54	2100	0,650
08A-2	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	14,38	30,70	37,50	0,90	3700	1,280
10A-2	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	18,11	38,20	46,50	1,42	5800	2,100
12A-2	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	22,78	51,20	57,00	1,94	7800	3,150
16A-2	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	29,29	61,40	77,00	3,60	13400	5,190
20A-2	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	35,76	79,20	95,00	5,16	22000	7,700
24A-2	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	45,44	98,90	117,00	7,80	31000	11,100
28A-2	44,45	1 3/4	25,40	25,40	12,70	5,60	5,60	48,87	105,40	128,00	9,34	42000	15,400
32A-2	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	58,55	127,10	150,00	12,80	53000	20,000
40A-2	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	71,55	148,00	190,00	21,70	86000	33,000
06C-3	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	10,13	32,20	39,50	0,81	3150	0,950
08A-3	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	14,38	45,10	53,50	1,35	5550	1,900
10A-3	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	18,11	56,30	66,50	2,13	8700	3,140
12A-3	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	22,78	70,70	82,00	2,91	11700	4,710
16A-3	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	29,29	90,60	110,00	5,28	20100	7,760
20A-3	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	35,76	115,00	134,00	7,74	33000	11,500
24A-3	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	45,44	144,40	167,00	11,70	46500	16,600
28A-3	44,45	1 3/4	25,40	25,40	12,70	5,60	5,60	48,87	154,30	181,50	18,00	63000	23,000
32A-3	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	58,55	185,60	214,50	19,20	79500	30,000
40A-3	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	71,55	219,50	268,00	32,55	129000	49,310

Fuente: Catálogo de cadena de transmisión

La longitud de la cadena se la obtiene como:

Ecuación 19. Longitud de la cadena

$$L = 2(200 \text{ mm}) + \pi D_{\text{ext}}$$

$$L = 400 \text{ mm} + 200 \text{ mm}$$

$$L = 600 \text{ mm}$$

3.2.7. Módulo 6 diseño y análisis del templador

El templador es realizado con diferentes materiales Véase en el catálogo A193 Grados número 6.

- Material 1: espárrago B8m

Tabla 30. Especificaciones técnicas del espárrago



A193 Grados	
B7	Acero aleado, AISI 4140/4142 templado y bonificado.
B8	Acero inoxidable clase 1, AISI 304, tratado en solución de carburo.
B8M	Acero inoxidable clase 1, AISI 316, tratado en solución de carburo.
B8	Acero inoxidable clase 2, AISI 304, tratado en solución de carburo, cepa endurecida.
B8M	Acero inoxidable clase 2, AISI 316, tratado en solución de carburo, cepa endurecida.

Fuente: Internet

Tabla 31. Composición química del espárrago B8 AISI 304

Elemento	B7 (AISI 4140)	B8 (AISI 304)	B8M (AISI 316)
Carbono	0.38 - 0.48%	0.08% max	0.08% max
Manganeso	0.75 - 1.00%	2.00% max	2.00% max
Fósforo, max	0.035%	0.045%	0.045%
Azufre, max	0.040%	0.030%	0.030%
Silicio	0.15 - 0.35%	1.00% max	1.00% max
Cromo	0.80 - 1.10%	18.0 - 20.0%	16.0 - 18.0%
Níquel		8.0 - 11.0%	10.0 - 14.0%
Molibdeno	0.15 - 0.25%		2.00 - 3.00%

Fuente: Espárrago y tuerca flexilatina

- Material 2: Tuerca ¾” Especificación B8 clase 1 (Catálogo 6)

Tabla 32.Especificaciones de la tuerca



Grado de perno	Tuercas	Arandelas
B7	A194 Grado 2H	F436
B8 Clase 1	A194 Grado 8	SS304
B8M Clase 1	A194 Grado 8M	SS316
B8 Clase 2	A194 Grado 8	SS304
B8M Clase 2	A194 Grado 8M	SS316

Fuente: Esparrago y tuerca flexilatina

- Material 3: Sujetador del templador con las chumaceras austenítico 304.
(Catálogo 7)

Tabla 33.Especificación técnica del sujetador del templador

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a AISI*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrítico	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensítico	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

Fuente: Plancha acero inoxidable Norma AISI 304 DIPAC

3.2.8. Módulo 7 diseño y análisis estático de la polea y banda

Se usará un motor para generar potencia y un reductor para reducir las velocidades y administrar la potencia del sistema, la polea que se selecciona para el motor es dos veces más que el diámetro de su eje entonces la polea que se selecciona es de 3"

$$D > 15.87$$

Se diseñó las poleas en el programa AutoCAD en 3d de 3" tal como se muestra en el esquema 24:



Esquema 23. Diseño de la polea en AutoCAD 3D

Para el reductor se selecciona la polea de 6". Véase en el esquema 25, (catálogo 8):



Esquema 24. Diseño de la polea 6" en AutoCAD en 3d

Selección de la banda

Tabla 34. Factor de servicio

TIPO DE TRABAJO	FACTOR DE CORRECCION	CONDICIONES DE TRABAJO
Trabajo libre	1	Trabajo intermitente. Funcionamiento ≤ 6 horas diarias Sin sobrecargas.
Trabajo Normal	1.2	sobrecarga máxima momentánea o carga en el arranque inicial, ≤ 150% de carga normal. Funcionamiento de 6-16 horas diarias.
Trabajo Pesado	1.4	Sobrecarga máxima momentánea o con carga de arranque inicial, ≤ 250% de carga normal. Funcionamiento continuo 16-24 horas diarias.
Trabajo Extrapesado	1.6-2	Sobrecarga máxima momentánea o con carga de arranque inicial, > 250% de carga normal. Frecuentes sobrecargas momentáneas o frecuentes arranques. funcionamiento continuo de 24 horas diarias, 7 días por semana.

Fuente: Internet

Para la potencia de trabajo se utiliza un factor de corrección de acuerdo con el tipo de trabajo a realizar véase en el (catálogo 9). De la tabla de factores de servicio se seleccionó el valor de (1.2), por lo que:

Ecuación 20. Potencia de trabajo

$$P_w = 1.2P$$

$$P_w = 1.2 * 0.68 \text{ hp} = 0.82 \text{ hp}$$

Adicionalmente se comprueba que la velocidad lineal de la banda no supere los 30 [m/s].

Ecuación 21. Velocidad lineal de la banda

$$V_{\text{lineal}} = \frac{\pi D n}{12}$$

$$V_{\text{lineal}} = \frac{\pi(30\text{rpm})(3 \text{ in})}{12} = 24 \text{ in/min}$$

$$V_{\text{lineal}} = 0.033 \text{ m/s}$$

Fuerza ejercida por la polea

Ecuación 22. Fuerza ejercida por la polea

$$T = V_{\text{lineal}} F_p$$

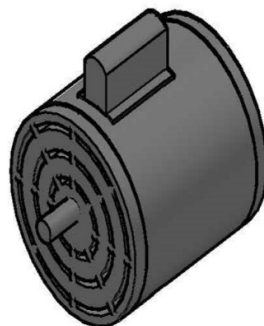
Con una T de 10 Nm;

$$F_p = 10/0.033$$

$$F_p = 300 \text{ N}$$

3.2.9. Módulo 8 diseño y análisis estático del motor

El motor se diseñó en el programa AutoCAD. Véase en el esquema



Esquema 25. Diseño del motor 3d
Fuente: Autor

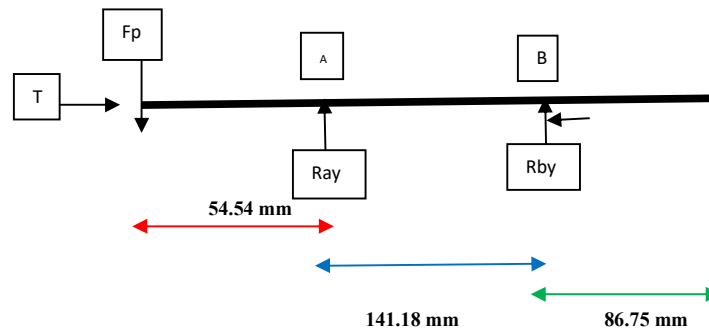
Especificaciones técnicas del motor:

Tabla 35. Especificaciones del motor

Marca	WEG
Modelo	Abierto
Potencia HP	1
Potencia KW	0.745712155
Tensión	110/220
Tipo carcasa	D-56
Medida eje	15.87
RPM	1800
Polos	4
Tolerancia	15
Temperatura	130

Fuente: Autor

Diagrama de cuerpo libre del eje



Esquema 26. Diagrama de cuerpo libre de torque

Tomando como pivote en punto A y haciendo una sumatoria de momentos, obtenemos:

Ecuación 23. Sumatorias de momentos

$$\sum M_A = 0$$

$$0.05454F_p + 0.1412R_{By} = 0$$

$$R_{By} = -\frac{0.05454(300)}{0.1412} = -116 \text{ N}$$

Con sumatoria de fuerzas:

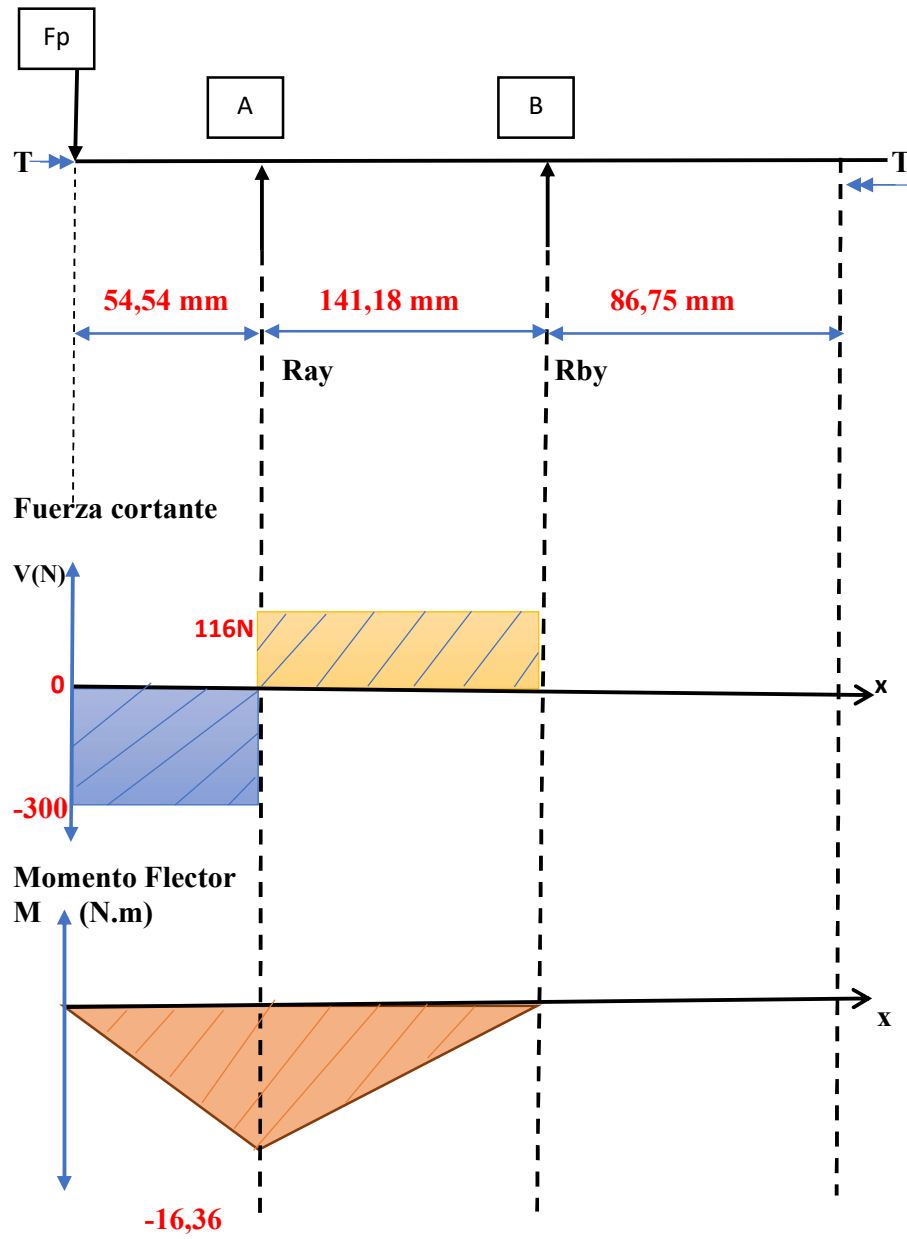
Ecuación 24. Sumatorias de fuerzas

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_p + R_{Ay} + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} = 300 + 116 = 416 \text{ N}$$

Diagramas de fuerza cortante y momento flector



Esquema 27. Diagrama de fuerza cortante y momento flector

Fuente: Autor

Determinación del diámetro mínimo mediante análisis estático

Por el tipo de operación de la máquina que no será continuo, es decir, se utiliza para la molienda en periodos discretos de tiempo en función de los clientes. Por lo que se desprecian los efectos debidos a la fatiga del material.

Utilizando las ecuaciones de energía de distorsión.

Ecuación 25. Energía de distorsión

$$d = \left(\frac{32n}{\pi S_y} \left(M^2 + \frac{3T^2}{4} \right)^{1/2} \right)^{1/3}$$

Dónde:

d: Diámetro mínimo del eje

n: Factor de seguridad

S_y : Esfuerzo a la fluencia del acero AISI 304 (205 MPa)

M: Momento máximo

T: Momento de torsión

Tomando un factor de seguridad de 3 para el análisis estático:

$$d = \left(\frac{32(3)}{\pi(205 \times 10^6)} \left((16.36)^2 + \frac{3(10)^2}{4} \right)^{1/2} \right)^{1/3} = 2.7 \text{ mm}$$

El diámetro mínimo es pequeño, por lo que si se lo sobredimensiona para obtener un diseño estético y que se ajuste a las dimensiones de la tolva y mesa es suficiente. En este caso el extremo del eje se lo dimensiono igual que el eje de salida del motor reductor para usar una cuña y polea similar. Véase el (catálogo 10)

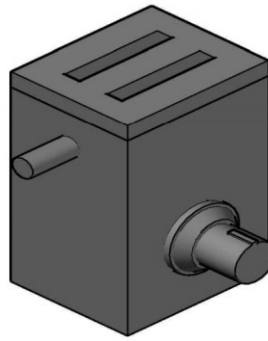
3.2.10. Módulo 9 diseño y análisis estático del reductor

Se procede a diseñar en el programa autoCAD el reductor para el funcionamiento de la máquina.

La relación de velocidades:

$$\frac{1800}{45} = 40:1$$

Véase en el siguiente esquema 27:



Esquema 28. Diseño del reductor en autoCAD 3d
Fuente: Autor

El reductor debe tener una capacidad térmica a 1 hp. Entonces con estos datos procedemos a seleccionar el reductor adecuado. Véase en el catálogo número 11:

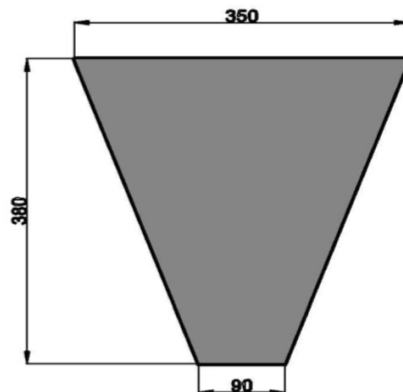
Tabla 36. Especificaciones técnicas del reductor

relac. R=1		rpm salid.	Tamaño 45			Tamaño 60			Tamaño 80			Tamaño 90			Tamaño 102		
F	Real		Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm
7.5	7.3	239	1.5	2.0	48	2.5	3.3	87	3.4	4.5	119	4.3	5.8	156	7.3	9.9	255
10	10.3	169	0.7	1.0	33	2.2	3.0	103	2.8	3.8	137	4.1	5.5	191	6.0	8.1	302
12.5	12.3	142	0.7	0.9	34	1.8	2.4	96	2.8	3.8	161	3.8	5.2	209	5.6	7.6	333
15	15.5	113	0.6	0.8	35	1.3	1.8	88	2.4	3.3	170	3.4	4.5	227	5.1	6.9	374
20	20.5	85	0.4	0.6	32	0.9	1.2	73	2.2	3.0	193	3.4	4.5	290	4.8	6.4	449
25	25.5	69	0.4	0.6	37	0.8	1.1	82	2.0	2.7	198	3.1	4.2	317	4.0	5.4	458
30	30.5	57	0.4	0.6	41	0.8	1.1	90	1.8	2.4	208	2.7	3.7	317	3.7	4.9	484
35	35	50	0.4	0.5	40	0.7	1.0	91	1.7	2.2	220	2.5	3.4	324	3.4	4.6	504
40	40	44	0.4	0.5	43	0.7	1.0	104	1.5	2.0	216	2.3	3.1	323	3.0	4.1	493
45	45	39	0.3	0.5	43	0.7	0.9	103	1.3	1.7	201	2.0	2.6	302	2.6	3.5	465
50	50	35	0.3	0.4	39	0.6	0.8	96	1.1	1.5	185	1.7	2.3	280	2.2	3.0	413
60	60	29	0.2	0.3	36	0.5	0.7	87	1.0	1.3	182	1.5	2.0	264	1.9	2.6	407
70	70	25	0.2	0.2	23	0.4	0.5	71	0.8	1.1	168	1.2	1.6	238	1.5	2.0	342

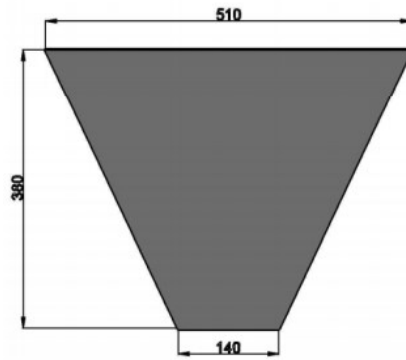
Fuente: Grupo motrices de reducción

3.2.11. Módulo 10 diseño y selección del material de la tolva

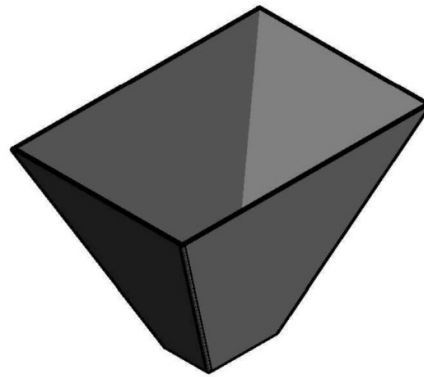
Se procede a diseñar la tolva en el programa AutoCAD. A continuación, se detalla la vista lateral, superior y completa de la tolva. Véase en el esquema 28, 29, 30:



Esquema 29. Diseño de la tolva en el programa AutoCAD vista lateral 3D
Fuente: Autor



Esquema 30. Diseño de la tolva en el programa AutoCAD vista superior 3d



Esquema 31. Diseño de la tolva completa en el programa AutoCAD

Fuente: Autor

El material de la tolva es la plancha inoxidable de 2mm de espesor. Seleccionamos la tabla en el (catálogo 7)

Tabla 37. Especificaciones técnicas de la plancha inoxidable

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si máx	Mn	P máx	S máx	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00

Fuente: Catálogo de Planchas de Acero Inoxidable Norma AISI 304

3.2.12. Módulo 11 selección del material del tubo PVC

El tubo no va a estar sometido a altas presiones ni cargas de trabajo que lo flexionen, por lo que su selección se basó en definir el diámetro de acuerdo con especificaciones del diseño que es de 4" y sus acoples. Véase en el catálogo número 12 de tubos y accesorios de PVC sanitaria – aguas lluvias:

Tabla 38. Especificaciones técnicas del tubo PVC

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		DIAMETRO EXTERIOR PROMEDIO		ESPESOR DE PARED MINIMO		PESO METRO
(mm)	(pulgada)	TUBO 5 METROS	TUBO 6 METROS	(mm)	(pulgada)	(mm)	(pulgada)	(kg)
48	1 ½	1110015006	1110016006	48.26	1.900	2.79	0.110	0.6
60	2	1110015007	1110016007	60.32	2.375	2.92	0.115	0.8
82	3	1110015009	1110016009	82.56	3.250	3.18	0.125	1.2
114	4	1110015010	1110016010	114.30	4.500	3.30	0.130	1.8
168	6	1110015011	1110016011	168.28	6.625	4.12	0.162	3.3
219	8	1110015012	1110016012	219.08	8.625	5.33	0.209	5.4

Fuente: catálogo número 13 de tubos y accesorios de PVC sanitaria – aguas lluvias:

3.2.13. Módulo 12 selección del Blower

Para la selección del blower tenemos las especificaciones técnicas (catálogo 13):

Tabla 39. Especificaciones Técnicas del reductor

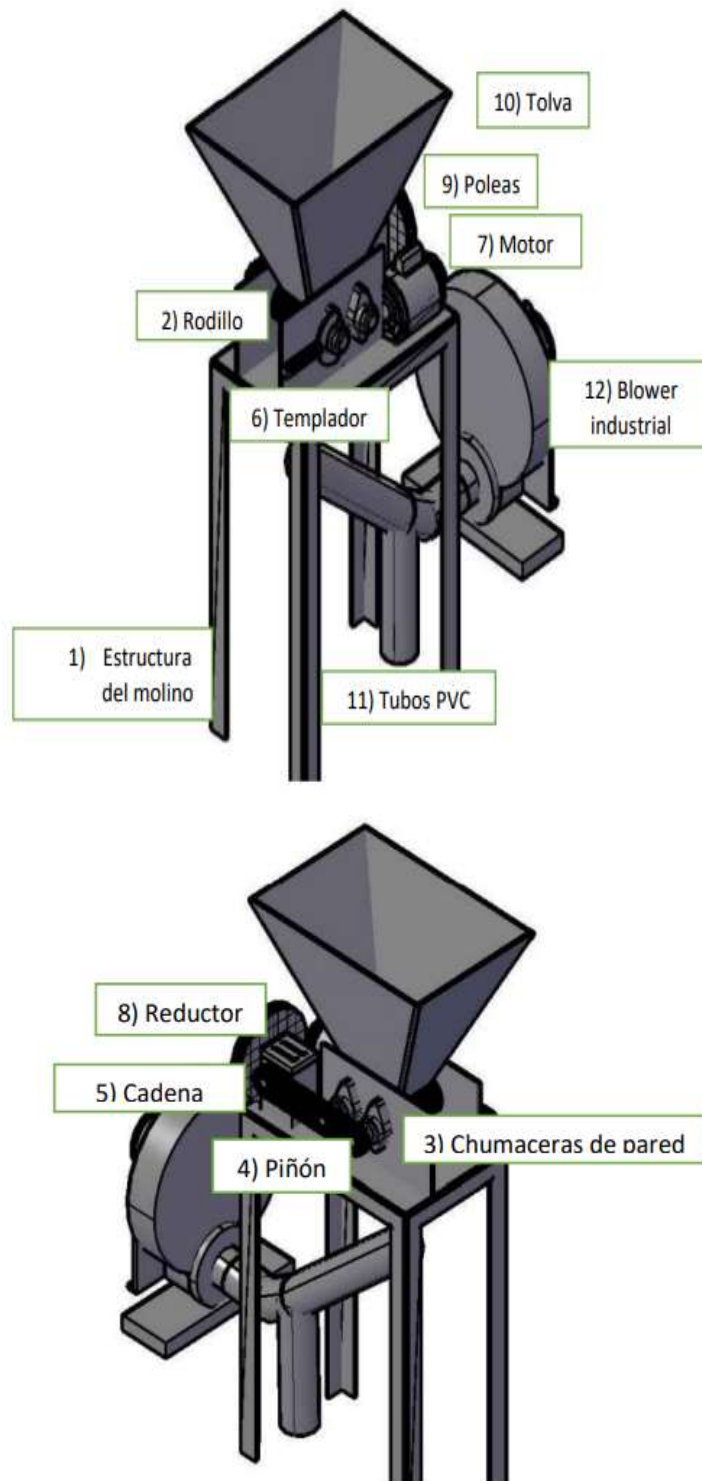
Potencia	Desde 1/6 HP hasta 17 HP
Voltaje	220 VAC o 440 VAC – 60 HZ Monofásico o Trifásico
Presión	Desde 0,9 hasta 12 PSI
Caudal	Hasta 500 m ³ /h / 300 CFM

Fuente: Autor

- Mediante estos datos seleccionamos:
- Potencia: 1/6 HP
- Voltaje: 220 VAC
- Presión: 0,9 PSI
- Caudal: 500 m³/h

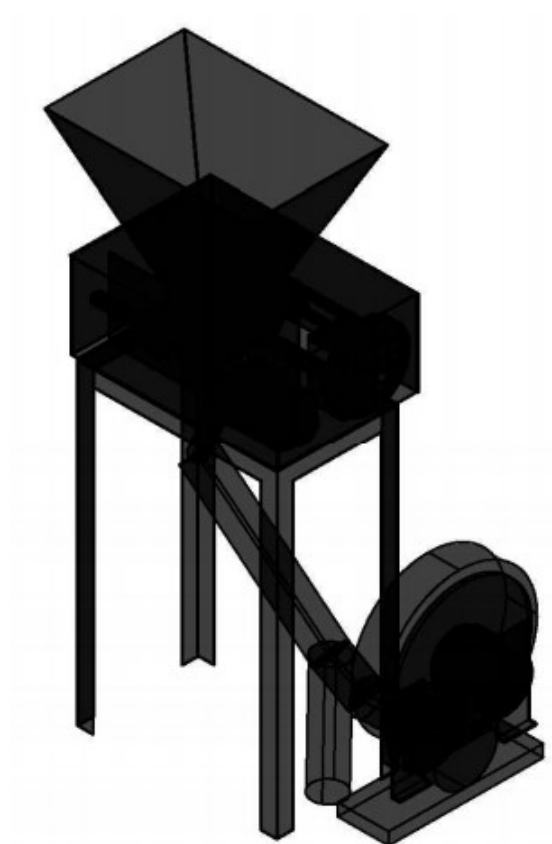
3.2.14. Diseño completo y sus partes

Diseño completo del molino con sus respectivos nombres en AutoCAD, Véase en el esquema 32:

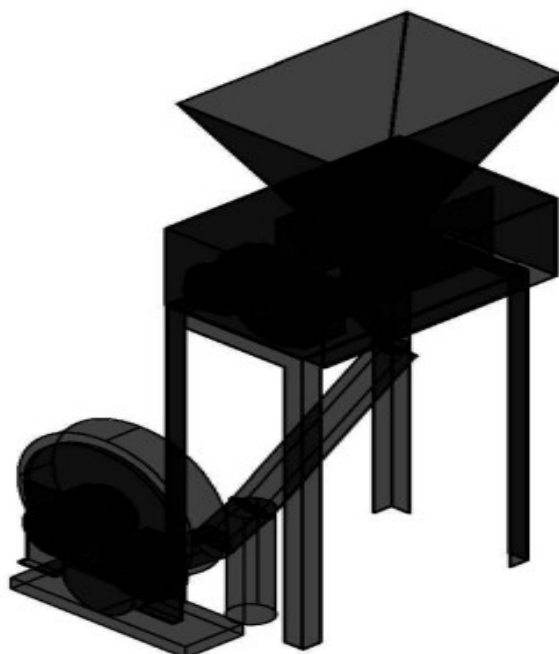


Esquema 32. Partes del molino en AutoCAD
Fuente: Autor

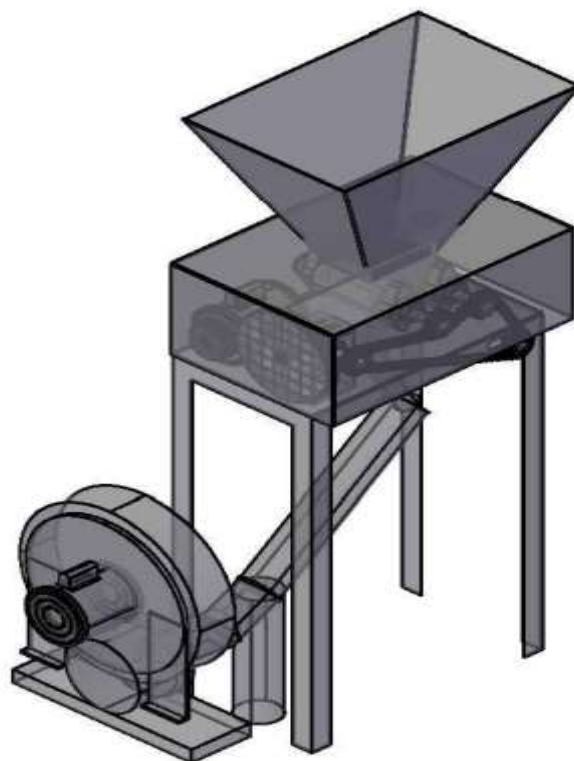
3.2.15. Diseño del molino completo



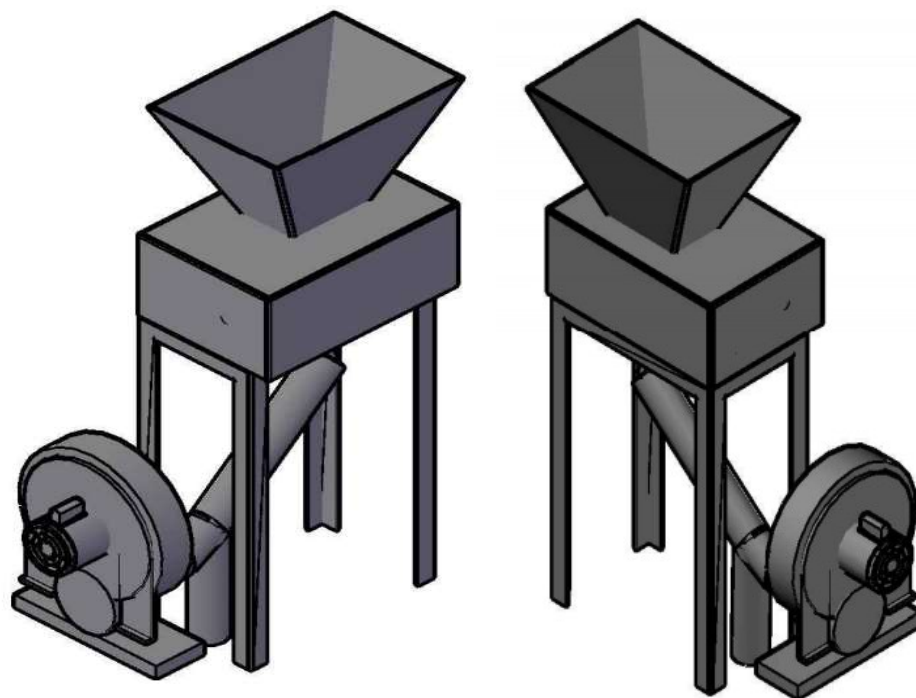
Esquema 33. Diseño del molino 3D



Esquema 34. Diseño del molino Rayos X
Fuente: Autor



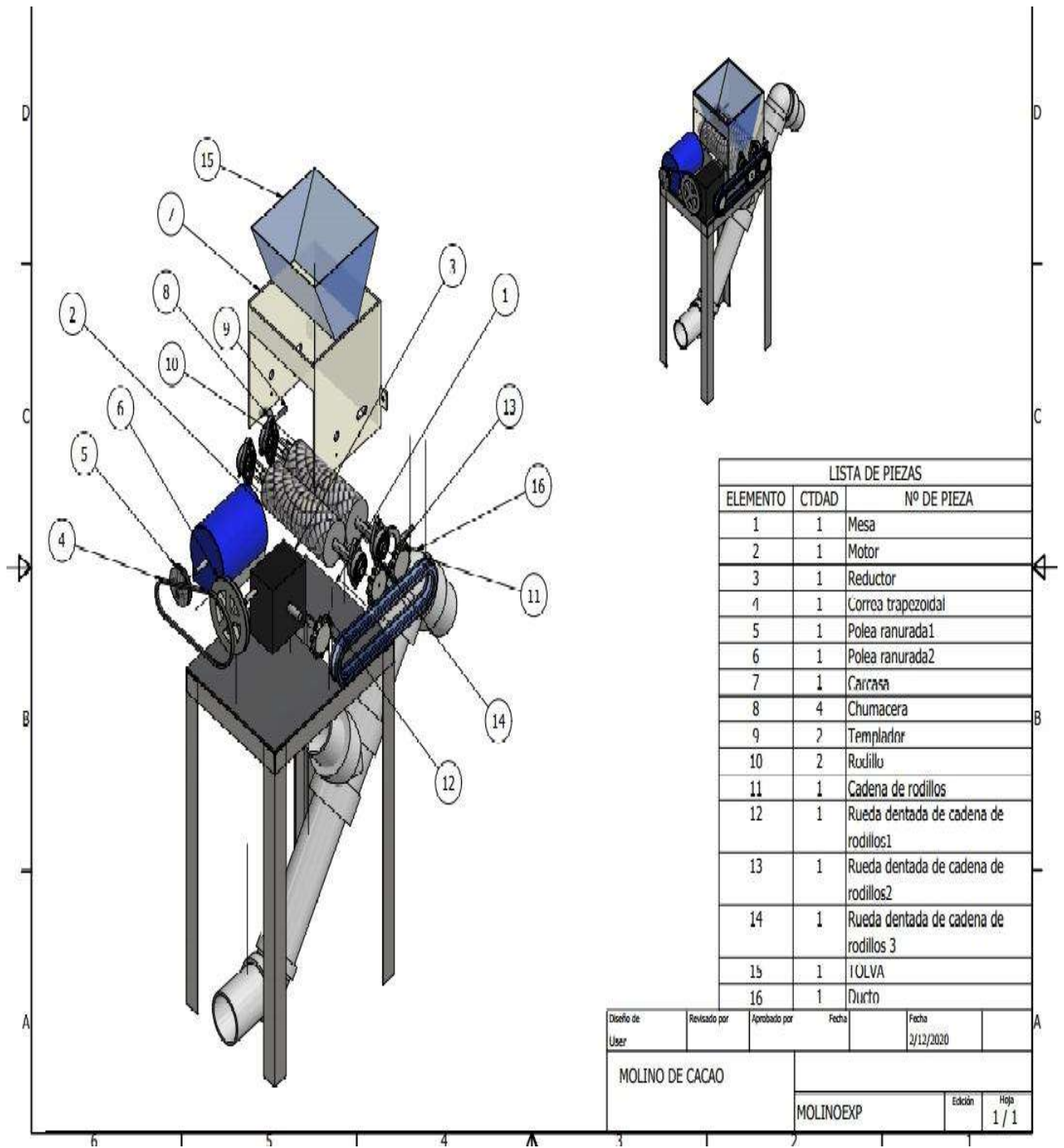
Esquema 35. Diseño del molino industrial
Fuente: Autor



Esquema 37. Diseño del molino industrial
Fuente: Autor

Esquema 36. Diseño del molino industrial
Fuente: Autor

3.2.16. Diseño del molino industrial en el programa Autodesk Inventor



Esquema 38.Diseño del molino industrial en el programa Autodesk Inventor

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

En este capítulo se presenta como resultados el detalle del funcionamiento de la máquina con los requerimientos y etapas para la construcción. Se detalla específicamente los materiales, herramientas, elementos normalizados y adicionales que se necesitan para la implementación del molino industrial, también se realiza un análisis económico que en ellos incluye los costos de cada módulo tales como tolva, rodillos, estructura de soporte y elementos de transmisión de potencia.

Para un buen manejo del análisis de costos se presentan los gastos que incluyen como costos directos e indirectos para la fabricación del equipo, con estos datos se procede a realizar el estado integral de costos. Para finalizar se detalla las conclusiones, recomendaciones y anexos.

4.1 Análisis de funcionamiento.

El proyecto mecánico está compuesto de un motor eléctrico, reductor y Blower que nos proporcionará el accionamiento al molino. El funcionamiento de la molienda del cacao se la realiza por dos rodillos moleteados accionados por el motor eléctrico y su reductor respectivamente, el acople con los elementos mecánicos se da con la relación motor reductor conectados mediante poleas y banda su dentada.

La transmisión de potencia con los rodillos es accionada mediante piñones adaptados con los rodillos y el reductor, la cadena cumple la función de dar el movimiento para la molienda.

El proyecto consta de dos reguladores de distancias acoplados directamente a las chumaceras de un solo rodillo por lado que servirán para tener un grado de separación ente rodillos de acuerdo con un tamaño promedio de la pepa del cacao.

La materia es depositada directamente sobre la tolva que se encuentra alineada con los rodillos, empernada a la mesa principal del molino.

En el descascarado el molino consta de un Blower industrial conectados directamente con tubos PVC al proyecto, el trabajo del Blower consta de liberar al cacao de su cascara dejando sus partículas ni objetos extraño a la pepa. El producto cae por gravedad a un reservo.

4.2 Requerimiento para la construcción del molino de cacao

Los requerimientos necesarios para la construcción del molino son los materiales y herramientas, instrumentos de medidas, maquinarias, etc. Necesarias para la construcción de la máquina se presentan a continuación:

4.2.1 Máquinas y herramientas

- Torno
- Fresadora

4.2.2 Máquinas

- Amoladora
- Cepillo mecánico
- Tronzadora
- Taladro pedestal
- Soldadora
- Cizalla
- Sierra eléctrica
- Esmeril

4.2.3 Herramientas

- Cuchilla Sandvick

- Cuchilla de cobalto
- Cuchilla de interior
- fresa
- avellanador
- Broca de centro
- Machuelos 3/8
- Palanca para machuelo
- Moletas
- Sierra
- Granete
- Llaves allen
- Llaves boca y corona
- Martillo
- Punta de trazar
- Lima plana de desbaste-acabado
- Lima redonda de desbaste-acabado
- Mordaza de fijación
- Alicata de presión

4.2.4 Instrumentos de medición

- Calibrador
- Micrómetro
- Goniómetro
- Flexómetro
- Reloj comparador
- Escuadra

- Nivel

4.2.5 Materia Prima

- Acero inoxidable-304 (REDONDA) ($\varnothing 3 \frac{1}{2}''$) número de pieza: 2 longitud (mm):
290
- Angulo 40 x 40 x 2 (mm)
- Plancha Hierro negro 4 x 8 x 2.0 (mm)
- Plancha acero inoxidable 4 x 8 304 2B 2.0 (mm)

4.2.6 Elementos Normalizados

- Poleas
- Chumaceras
- Esparrago
- Perno
- Tubos PVC
- Cadena
- Piñón

4.2.7 Elementos Adicionales

- Motor
- Reductor
- Blower

4.3 Elementos de construcción y ensamble

El molino industrial para cacao tiene los siguientes elementos a construir:

- Estructura de soporte
- Tolva
- Diámetro interno de la polea
- Chavetas de poleas

- Chavetas de piñones
- Soporte de chumaceras

4.3.1 Elementos mecanizados

- Rodillos

4.4 Fase de construcción de la máquina

La construcción del molino industrial de cacao se lo desglosa en las siguientes fases:

- Diseño de la máquina prototipo
- Selección de las dimensiones de los materiales
- Cotización de materiales
- Selección de la mejor cotización
- Compra de materiales
- Corte o maquinado a dimensiones establecido en el diseño de la máquina prototipo
- Construcción de la estructura de soporte
- Construcción de la tolva
- Mecanizado de los rodillos
- Construcción de elementos y acoples
- Verificación de las dimensiones de los elementos construidos
- Ensamble
- Graduación de la máquina
- Comprobación del funcionamiento de la máquina

4.5 Análisis Económico

En esta parte se realiza un análisis de costos que se debe tener en cuenta para la construcción de la máquina prototipo propuesto en este proyecto. Para un mejor análisis económico se dividen los costos en las siguientes escalas:

- Costos de materiales y herramientas
- Costos de materiales normalizados
- Costo de tolva
- Costo de rodillos
- Costo de estructura de soporte
- Costo de elementos de transmisión de potencia
- Costos de Mano de obra directa
- Costos de mano de obra indirecta
- Costos de gastos adicionales

Al finalizar el desglose de los gastos se presenta una tabla general de los costos totales más el impuesto del valor agregado (12%).

4.5.1 Costo de tolva

En la tabla número 40 se especifica los costos y materiales a utilizar para la construcción de la tolva.

Tabla 40. Costo de tolva

N°	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CANTIDAD UN	UD. SECUNDARIA	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
1	SOLDADURA 308L	"BLUEBOX APORTE 308L 1/16"	5	5LB	10,62	Iva 12%	53,1
2	DISCO DE CORTE	RD DISCO DE CORTE 7X1/16"	1		1,41	Iva 12%	1,41
3	DISCO DE PULIR	RD DISCO DE PULIR 7X1/16"	1		2	Iva 12%	2
4	PLANCHA INOXIDABLE	PLAN.AC.INOX. 4X8 304-2B 2.0MM	2		166,62	Iva 12%	333,24
SUBTOTAL							389,75
IVA 12							46,77
TOTAL							436,52

Fuente: Autor

4.5.2 Costo de rodillos

En la tabla número 41 se especifica los costos y materiales a utilizar para la construcción de los rodillos:

Tabla 41. Costo de rodillos

N°	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CANTIDAD UN	UD. SECUNDARIA	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
1	ACERO INOXIDABLE - 304	(REDONDA) (Ø 3 1/2") NÚMERO DE PIEZA: 2 LONGITUD (mm): 290	28,594	580.0000 mm- 0.0493-kg	5,1	Iva 12%	145,8294
2	BROCA DE CENTRO	A002 HSS TIN EN (mm): 1.00	1		2,3131	Iva 12%	2,3131
3	CUCHILLA	P/WIDIA RECTA D8 P30 1/2 SANDVIK	1		9,5	Iva 12%	9,5
4	CUCHILLA	HSS M35 5/16 X 5/16 X 4 STABRO	1		14	Iva 12%	14
SUBTOTAL							171,6425
IVA 12							20,5971
TOTAL							192,2396

Fuente: Autor

4.5.3 Costo de estructura de soporte

En la tabla número 42 se especifica los costos y materiales a utilizar para la construcción de la estructura de soporte:

Tabla 42. Costo de estructura del soporte

N°	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CANTIDAD UN	UD. SECUNDARIA	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
1	ANGULO-80	ANGULO 40 X 40 X 2	3		6,78	Iva 12%	20,34
2	SOLDADURA E6011	BLUEBOX ADVANCE E622 178	5	1LB	2,69	Iva 12%	13,45
3	DISCO DE CORTE	RD DISCO DE CORTE 7X1/16"	1		1,41	Iva 12%	1,41
4	DISCO DE PULIR	RD DISCO DE PULIR 7X1/16"	1		2	Iva 12%	2
5	PLANCHA HIERRO NEGRO	PLANCHA 4X8 -2MM	1		49,22	Iva 12%	49,22
6	AVELLANADOR	G136 HSS (1.5-5.0)	1		28,7537	Iva 12%	28,7537
7	AVELLANADOR	G136 HSS (3.5-10.0)	1		66,6992	Iva 12%	66,6992
8	MACHUELO	E108 HSS EN PULGADAS (5/8" X 16)	1		63,7733	Iva 12%	63,7733
SUBTOTAL							245,6462
IVA 12							29,477544
TOTAL							275,1237

Fuente: Autor

4.5.4 Costo de los elementos de transmisión de potencia

En la tabla número 43 se especifica los costos y materiales a utilizar para los elementos de transmisión de potencia:

Tabla 43. Costo de elementos de transmisión de potencia

N°	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CANTIDAD UN	PRECIO UNITARI	IMPUESTO S	IMPORTE
1	CHUMACERA	CHUMACERA DE PISO COMPLETA DE 2 HUECOS KDF (1")	4	11,87	Iva 12%	47,48
2	POLEA	POLEA P/MOTOR 1 VIA 03 CTN: 100 UNID	1	2,24	Iva 12%	2,24
3	POLEA	POLEA P/MOTOR 1 VIA 06 CTN: 25 UNID	1	4,41	Iva 12%	4,41
4	TUBO BLANCO DESAGUE	110 (mm) X 3 (m) PLASTIGAMA	1	11,7	Iva 12%	11,7
5	CODO DESAGUE	110 (mm) X 90 GRDS PLASTIGAMA	1	3,89	Iva 12%	3,89
6	TUBO YEE DESAGUE	10 (mm) PLASTIGAMA	1	5,75	Iva 12%	5,75
7	TUBO TEE DESAGUE	110 (mm) PLASTIGAMA	1	4,36	Iva 12%	4,36
8	REDUCTOR LINEAL	REDUCTOR LINEAL P/HEL C222 P36.8 P80 B3	1	603,51	Iva 12%	603,51
9	MOTOR MONOFASICO 1HP	MOTOR WEG 1HP 1800RPM	1	85	Iva 12%	85
10	BANDA EN V	CORREA LINA X ALTA PRESTACION DENTADA	1	15	Iva 12%	15
11	CADENA	CADENA TRANSMISION DE POTENCIA	1	140	Iva 12%	140
12	BLOWER INDUSTRIAL	SOPLADOR DE AIRE INDUSTRIAL-AIRVAC TECHNOLOGY ASS	1	80	Iva 12%	80
13	PIÑON 10 DIENTES	PIÑON DE METAL 10T	4	35	Iva 12%	140
14	CODO DESAGUE	PLASTIDOR EC 50 (mm) X 45	1	0,54	Iva 12%	0,54
SUBTOTAL						1144,48
IVA 12						137,3376
TOTAL						1281,82

Fuente: Autor

4.6 Costo total de equipos y materiales

En la tabla número 44 se especifica los costos totales para la construcción del molino:

Tabla 44. Costo total de equipos y materiales

N°	DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	CANTIDAD UN	UD. SECUNDARIA	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
1	ACERO INOXIDABLE - 304	(REDONDA) (Ø 3/4") NÚMERO DE PIEZA: 2 LONGITUD (mm): 290	28,594	580.0000 mm - 0.0493 kg	5,1	Iva 12%	145,8294
2	BROCA DE CENTRO	A002 HSS TINEN (mm): 1.00	1		2,3131	Iva 12%	2,3131
3	AVELLANADOR	G136 HSS (1.5-5.0)	1		28,7537	Iva 12%	28,7537
4	AVELLANADOR	G136 HSS (3.5-10.0)	1		66,6992	Iva 12%	66,6992
5	MACHUELO	E108 HSS EN PULGADAS (1/2" X 16)	1		63,7733	Iva 12%	63,7733
6	CHUMACERA	CHUMACERA DE PISO COMPLETA DE 2 HUECOS KDF (T)	4		11,87	Iva 12%	47,48
7	POLEA	POLEA P/MOTOR 1VIA 03 CTN: 100 UNID	1		2,24	Iva 12%	2,24
8	POLEA	POLEA P/MOTOR 1VIA 06 CTN: 25 UNID	1		4,41	Iva 12%	4,41
9	TUBO BLANCO DESAGUE	110 (mm) X 3 (m) PLASTIGAMA	1		11,7	Iva 12%	11,7
10	CODO DESAGUE	110 (mm) X 90 GRDS PLASTIGAMA	1		3,89	Iva 12%	3,89
11	CODO DESAGUE	PLASTIDOR EC 50 (mm) X 45	1		0,54	Iva 12%	0,54
12	TUBO YEE DESAGUE	110 (mm) PLASTIGAMA	1		5,75	Iva 12%	5,75
13	TUBO TEE DESAGUE	110 (mm) PLASTIGAMA	1		4,96	Iva 12%	4,96
14	CUCHILLA	P/WIDIA RECTA Ø P30 X SANDVIK	1		9,5	Iva 12%	9,5
15	CUCHILLA	HSS M35 5/16 X 5/16 X 4 STABRO	1		14	Iva 12%	14
16	ANGULO	ANGULO 40 X 40 X 2	3		6,78	Iva 12%	20,34
17	SOLDADURA E6011	BLUEBOX ADVANCE E622 178	5	1LB	2,69	Iva 12%	13,45
18	SOLDADURA 308L	BLUEBOX APORTE 308L 1/16"	5	5LB	10,62	Iva 12%	53,1
19	DISCO DE CORTE	RD DISCO DE CORTE 7X1/16"	2		1,41	Iva 12%	2,82
20	DISCO DE PULIR	RD DISCO DE PULIR 7X1/16"	2		2	Iva 12%	4
21	PLANCHA HIERRO NEGRO	PLANCHA 48X - 2MM	1		49,22	Iva 12%	49,22
22	PLANCHA INOXIDABLE	PLAN.AC.INOX. 48X 304-2B 2.0MM	2		166,62	Iva 12%	333,24
23	REDUCTOR LINEAL	REDUCTOR LINEAL P/HEL C222 P36.8 P80 B3	1		603,51	Iva 12%	603,51
24	MOTOR MONOFASICO 1HP	MOTOR WEG 1HP 1800RPM	1		85	Iva 12%	85
25	BANDA EN V	CORREA LINA X ALTA PRESTACION DENTADA	1		15	Iva 12%	15
26	PIÑON 10 DIENTES	PIÑON DE METAL 10T	4		35	Iva 12%	140
27	CADENA	CADENA TRANSMISION DE POTENCIA	1		140	Iva 12%	140
28	BLOWER INDUSTRIAL	SOPLADOR DE AIRE INDUSTRIAL-AIRVAC TECHNOLOGY ASS	1		80	Iva 12%	80
SUBTOTAL							1951,5187
IVA 12							234,18224
TOTAL							2185,7

Fuente: Autor

4.7 Costo de construcción

El molino industrial de cacao está diseñado para trabajar en un turno depende la necesidad del cliente. El costo de construcción está conformado por todos los costos directos e indirectos en el proceso.

4.8 Costo directo de construcción

Los costos directos de construcción son todos los gastos y costes que incurren directamente en la máquina tales como los costos de: materia prima, mano de obra directa u otros productos, máquinas o tiempo de trabajo necesario para la construcción del molino industrial. En la tabla número 45 se muestra detalladamente los valores del (CMOD).

Tabla 45. Costos de mano de obra directa

Costos de Mano de Obra Directa (CMOD)		
N°	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	TORNEADO	200
2	FRESADO	150
3	CORTE	30
4	SOLDADURA	255
5	ENSAMBLE	50
6	TOTAL	685

Fuente: Autor

4.9 Costos indirectos de construcción

Los costos indirectos de construcción son todos los costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero forman parte del costo final de producción, esto es: Costos de materiales indirectos. Véase en la tabla 46.

Tabla 46. Costos de materiales indirectos

Costos de Materiales Indirectos						
N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD UN	UD. SECUNDARIA	PRECIO UNITARIO	IMPUESTOS	IMPORTE
1	BROCA DE CENTRO	1		2,3131	Iva 12%	2,3131
2	AVELLANADOR	1		28,7537	Iva 12%	28,7537
3	AVELLANADOR	1		66,6992	Iva 12%	66,6992
4	MACHUELO	1		63,7733	Iva 12%	63,7733
5	CUCHILLA	1		9,5	Iva 12%	9,5
6	CUCHILLA	1		14	Iva 12%	14
7	SOLDADURA E6011	5	1LB	2,69	Iva 12%	13,45
8	SOLDADURA 308L	5	5LB	10,62	Iva 12%	53,1
9	DISCO DE CORTE	1		1,41	Iva 12%	1,41
10	DISCO DE PULIR	1		2	Iva 12%	2
	TOTAL					254,9993

Fuente: Autor

Tabla 47. Gastos administrativos y Adicionales

Gastos Administrativos y Adicionales		
N°	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	MOVILIZACIÓN	100
2	DISEÑO	300
3	GASTOS VARIOS	100
4	TOTAL	500

Fuente: Autor

4.10 Estado integral de costos de construcción del molino

El estado integral de costos de construcción del molino industrial es un estado financiero de propósito especial que suministra información respecto al costo de fabricación de la máquina. Véase en la siguiente tabla:

Tabla 48. Estado integral de costos de construcción del molino

Material directo e indirecto	\$2.185,70
Mano de obra directa	\$685
Costo de producción del periodo	\$2.870,70
Gasto de administración	300
Gastos adicionales	200
Costo total de producción	500
Costo total	3370,7

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- Se estimó ciertos parámetros para la selección del tipo de molino adecuado, en este caso se escogió el molino de rodillos por sus características que tienen una capacidad de molienda rápida y su área permite que se triture más cantidad de materia, también porque el material es aplastado por compresión entre las dos superficies.
- El molino consta de dos rodillos el cual trabajarán con una potencia de 30 [RPM], el ángulo de separación de los rodillos es de $[47.44^\circ]$, el diámetro del moleteado de 83,02 [mm], la longitud total de los rodillos de 282,46 [mm] y la distancia entre centros de 141,18 [mm].
- Se diseñó un molino de rodillos para la molienda de granos de cacao que en un determinado rango de tiempo de 10 a 15 [min] tritura un quintal es decir 45,45 [kg]. En un sistema continuo soporta una capacidad de 272,72 [kg/h]. Para que el funcionamiento del diseño sea óptimo se selecciona un motor marca WEB, es modelo abierto de potencia [1hp] con 1800 [RPM] a 110 [V] y un reductor lineal de relación 40:1 con una potencia térmica de [1hp], el tipo de material para su construcción será de acero inoxidable AISI 304.
- El tipo de molienda seleccionada en este proyecto es la molienda seca ya que requiere más potencia por tonelada tratada, se requiere equipos adicionales para tratamiento de polvos y consume menos revestimiento.
- El cacao para satisfacer al cliente como un producto de muy alta calidad se debe cumplir con una granulometría muy estricta del 98%.
- En este proyecto de tesis se hace referencia a un soplador de aire para la parte del funcionamiento del descascarillado de la máquina esto cumple con las

especificaciones técnicas de: Potencia: 1/6 [HP], voltaje 220 [VAC], presión 0,9 [PSI] y caudal 500 [m^3/h].

- Se realizó la simulación del proceso del molino para granos de cacao en el programa AutoDESK Inventor diseñando cada pieza de la máquina con sus respectivas especificaciones técnicas.
- El proyecto es importante porque es una innovación dentro del sector industrial para la producción del cacao en el Ecuador que continúa siendo una de las principales actividades con mayor participación en el mercado a nivel nacional e internacional.
- Actualmente pese a la emergencia sanitaria del covid-19 la producción del cacao no se ha visto afectada.
- Para las Exportaciones de Ecuador según los datos arrojados en las bases del Ministerio de Agricultura y ganadería ((MAG)) en comparación general de los últimos años la materia prima de exportación de cacao en grano en el año 2019 fue de (352.253.185 USD) con un peso de (149.876 t), y durante el año 2020 a pesar de la situación del Covid19 Ecuador se mantiene constante siendo uno de los primeros países exportadores del mundo presentando un valor de (432.905.783 USD) con un peso de (170.903 t).
- Los comerciantes que se dedican a esta actividad se ven en la necesidad de reducir sus procesos logrando una producción continua, por lo consiguiente en este proyecto se pretende satisfacer a los comerciantes quienes se ven más afectados por la pandemia mundial, desarrollando un diseño de una máquina que cumpla con dos funciones al mismo tiempo lo que generará una ventaja competitiva en sus procesos aumentando la productividad.

RECOMENDACIONES

- Para llevar a cabo un excelente diseño, es obligatorio realizar un correcto estudio de campo que permita toda la información y valoración necesaria para guiar ese diseño y ajustarse en las expectativas del cliente, de esta manera se evitará problemas para el proceso de fabricación y funcionamiento de la máquina.
- Si se desea ejecutar el diseño es necesario que se cumplan los objetivos del proyecto, las especificaciones técnicas de cada pieza o elemento de la máquina y no descuidar del presupuesto para lograr un buen resultado.
- A los pequeños y medianos comerciantes del sector cacaotero se les recomienda invertir en este tipo de mecanismo para que tengan en sus instalaciones máquinas que les permitan mejorar el proceso y reducir el tiempo de producción.
- Si se requiere una producción continua, es necesario modificar principalmente el elemento y estructura de la tolva realizando una extensión del mecanismo para abarcar un deslizamiento constante de la pepa del cacao manteniendo así un rendimiento persistente automatizando el proyecto.
- Una vez construido el molino se recomienda realizar un mantenimiento predictivo para llevar un debido control del desgaste de los rodillos.
- A los operarios se le recomienda que mantenga graduada la máquina cumpliendo con la granubilidad deseada por los clientes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] (CFN), C. F. (2018). FICHA SECTORIAL: CACAO Y CHOCOLATE.
- [2] (MAG), M. D. (2019). Balanza Comercial del Sector Agropecuario. BOLETIN COMERCIAL EXTERIOR NACIONAL, 1-2.
- [3] A.FEDOTOV. (2019). Aplicación del sistema de medición de información para mejorar la alimentación. Oremburgo: Journal of Physics.
- [4] Alsina., W. E. (1993). Boletín bibliográfico nacional “Trituración, Molienda y Separación de Minerales” (Vol. Número 33). (1. La Dirección, Ed.) Buenos Aires, Argentina.
- [5] ALULEMA, O. O. (2018). Diseño de un molino-extrusor automático para pasta de cacao fino de aroma. TESIS, UNIVERSIDAD UTE FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS.
- [6] ANECACAO. (JUNIO de 2018-2020). REVISTA ESPECIALIZADA EN CACAO. (A. N. ECUADOR, Ed.) SABOR ARRIBA(16).
- [7] ARTURO CAMPAÑA, F. H. (2016). CACAO Y CAMPESINOS: EXPERIENCIA DE PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN. Con el auspicio de la Fundación Rosa Luxemburg (FRL), SIPAE, Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador, QUITO.
- [8] BOGDANOV VS, S. R. (2019). Modelo matemático del movimiento del cuerpo del molino vibratorio con oscilaciones biarmónicas. (Y. A. VS Bogdanov, Ed.) 1353(1), 1-7.
- [9] CACAO, F. N. (16 de JUNIO de 2018). ANECACAO. Obtenido de <http://www.anecacao.com/uploads/magazine/anecacao-junio-2018-sabor-arriba-16th.pdf>
- [10] GIOVANNI JAVIER MIELES. (2016). "Diseño de un Procesador para harina de arroz". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias , Guayaquil-Ecuador.
- [11] Inc., S. X. (27 de Octubre de 2018). Procesos de molienda SCIENCE DIRECT, China. (Xinhai) Obtenido de Shandong Xinhai Mining Technology & Equipment Inc.: https://language-house.es/bo/11_procesos/de/molienda/sciencedirect-2018-10-27.html
- [12] Investigación, D. d. (2015). Análisis del sector cacao y elaborados. PRO ECUADOR, 3.
- [13] LUDIGER, A. (s.f.). Gearbox design development for central mill drives and vertical roller grinding mill drives. IEEE. Charleston, SC, USA.
- [14] Metallurgist, 9. (6 de Julio de 2016). 911 Metallurgist. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/metalurgia/molino-a-bolas/>
- [15] NACIONAL, C. F. (FEBRERO de 2018). CACAO Y CHOCOLATE. BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, 30.

- [16] PAÚL LOZADA CASCO. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE EXTRACCIÓN DE CHOCOLATE A PARTIR DEL GRANO DE CACAO. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECATRONICA, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCIAL , QUITO.
- [17] Peng Huang, Y. D. (17 de julio de 2019). A novel approach of evaluating crushing energy in ball mills using regional total energy. SCIENT DIRECT .
- [18] RAFAEL ESCOBAR, M. A. (2015). CATALOGO DE MAQUINARIA PARA PROCESAMIENTO DE CACAO. Cooperación Alemana al Desarrollo - GIZ, Proyecto Energía, Desarrollo y Vida - EnDev/GIZ. LIMA18, PERÚ: Ilata SAC.
- [19] Ríos, A. (2015). La ingeniería agrícola del productor cubano. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Investigación Científica. La Habana: Infoiima.
- [20] Rueda Diego, S. G. (Marzo de 2015). Diseño y construcción de una máquina para acondicionamiento final del chocolate. Biblioteca digital Escuela Politécnica Nacional, 34-35.
- [21] Safarov, D. K. (16 de DICIEMBRE de 2017). Diseño de placas de molienda para una máquina de molienda universal. (P. Publishing, Ed.) Springer Link, 37(11), 1014-1016.
- [22] SATHIRI. (JULIO de 2017). RESEARCH TRENDS IN COCOA: OPPORTUNITIES FOR RESEARCH IN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS. SCOPUS, 12(2), 24-25.
- [23] The International Cocoa Organization (ICCO) Freddy Amores (International Project Coordinator), D. B. (18 de SEPTIEMBRE de Actualización 2018). PROJECT TO DETERMINE THE PHYSICAL, CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC PARAMETERS TO DIFFERENTIATE BETWEEN FINE AND BULK COCOA. CIENTÍFICO, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), DESARROLLO E INVESTIGACIÓN, ECUADOR, PAPUA NUEVA GUINEA, TRINIDAD TOBAGO, VENEZUELA.
- [24] UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. (ABRIL 2018). Cocoa Boom & Bust. In L. Pipitone (Ed.), A Review of Cocoa Market Developments. 10th MULTI-YEAR EXPERT MEETING ON COMMODITIES AND, p. 16. GENEVA: UNCTAD.
- [25] UNIVERSITY, S. I. (2018). CACAO, THE TREASURE OF THE AMAZON. LIMA, PERÚ: DE LA FUENTE DE DIEZ CANSECO (ED) LIMA: FONDO EDITORIAL USIL.
- [26] UNIVERSO, E. (8 de ABRIL de 2020). EL SECTOR PRODUCTOR CACAOTERO PESE A LA EMERGENCIA SANITARIA POR EL COVID-19. EL UNIVERSO, pág. 1.
- [27] VULCANOTEC. (2020). FABRICANTES DE MÁQUINAS PARA LA INDUSTRIA. INFORME OBETNIDO DE <https://vulcanotec.com/es/inicio/>, VULCANOTEC, LIMA-PERÚ.

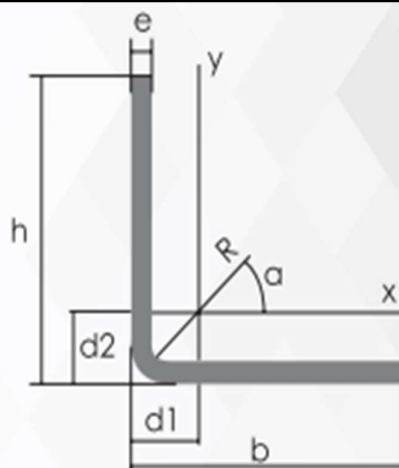
ANEXO 1

CATÁLOGO DE PERFILES ESTRUCTURALES ÁNGULOS L DOBLADO

Anexo 1. Catálogo de perfiles estructurales ángulos L doblados

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2,00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro



Ángulos de alas iguales																				
Descripción	b	h	e	Masa	Área	d1	d2	Ángulo a	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									Ix	Wx	rx	Iy	Wy	ry	Iu	Wu	ru	Iv	Wv	rv
	mm	mm	mm	Kg/m	cm2	cm	cm	(°)	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53

Fuente: DIPAC productos de acero

ANEXO 2

CATÁLOGO DE EJES ACERO INOXIDABLE

Anexo 2. Catálogo de ejes acero inoxidable

EJES

ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

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

Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA

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

PROPIEDADES MECÁNICAS

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

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/16"
 1/4"
 5/16"
 3/8"
 1/2"
 5/8"
 3/4"
 1"
 1-1/4"
 1-1/2"
 2"
 2-1/2"
 3"
 3-1/2"
 4"
 5"
 6"

Fuente: DIPAC productos de acero

ANEXO 3

CHUMACERAS TIPO SOPORTE DE BRIDA DE HIERRO FUNDIDO

Anexo 3. Especificaciones técnicas de las chumaceras

Tipo de Alojamiento Material : Hierro Fundido		Cubierta	Tipo de Rodamiento					
			 UC	 UEL REL	 UK	 AS AR	 AEL JEL	 CS
Tipo brida cuadrada		—	UCF	UELF RELF	UKF	ASF ARF	AELF JELF	—
		Acero	S(M)-UCF	—	S(M)-UKF	S(M)-ASF S(M)-ARF	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCF	—	C(M)-UKF	C(M)-ASF C(M)-ARF	—	—
Tipo brida cuadrada con borde para montaje		—	UCFS	UELFS	UKFS	—	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFS	—	C(M)-UKFS	—	—	—
Tipo brida redonda con borde para montaje		—	UCFC	UELFC RELFC	UKFC	ASFC ARFC	AELFC JELFC	—
		Acero	S(M)-UCFC	—	S(M)-UKFC	S(M)-ASFC S(M)-ARFC	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFC	—	C(M)-UKFC	C(M)-ASFC C(M)-ARFC	—	—
Tipo brida ovalada		—	UCFL	UELFL RELFL	UKFL	ASFL ARFL	AELFL JELFL	—
		Acero	S(M)-UCFL	—	S(M)-UKFL	S(M)-ASFL S(M)-ARFL	—	—
		Hierro fundido	C(M)-UCFL	—	C(M)-UKFL	C(M)-ASFL C(M)-ARFL	—	—
Tipo brida cuadrada		—	UCFU	UELFU RELFU	UKFU	ASFU ARFU	AELFU JELFU	—
Tipo brida ovalada		—	UCFLU	UELFU RELFLU	UKFLU	ASFLU ARFLU	AELFLU JELFLU	—
Tipo brida ovalada modificada		—	UCFA	UELFA RELFA	UKFA	ASFA ARFA	AELFA JELFA	—
		Acero	S(M)-UCFA	—	S(M)-UKFA	S(M)-ASFA S(M)-ARFA	—	—
Tipo brida ovalada liviana		—	—	—	—	ASFB ARFB	AELFB JELFB	CSFB
		—	—	—	—	ASFD ARFD	AELFD JELFD	—
Tipo brida ovalada modificada		—	UCFH	UELFB RELFB	UKFH	ASFH ARFH	AELFH JELFH	—

Observación 1: Los códigos "S-" y "C-" en la cabecera de los tipos de código indican la chumaceras cubiertas de chapa de acero y las chumaceras cubiertas de hierro fundido, respectivamente.

2: También hay disponibles chumaceras cubiertas por un lado fabricadas en acero y hierro fundido. Estas chumaceras vienen identificadas con los códigos "SM-" (chapa de acero) y "CM-" (hierro fundido) al principio de los tipos de código, respectivamente.

3: También hay disponibles rodamientos de acero inoxidable tipo "UC". Para obtener más información, consulte NTN (Chumaceras Serie de Acero Inoxidable).

Fuente: Catálogo 2400 IX-S NTN Chumacera

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PIÑÓN

Anexo 4. Especificaciones técnicas del piñón

PIÑONES SPROCKETS		5/8"x3/8" 10B-1-2-3	Z	d _e	d _p	Simple				Doble				Triple			
						d _m	D ₁	A	Kg.	d _m	D ₁	A	Kg.	d _m	D ₁	A	Kg.
Para cadena de rodillos For roller chains		s/ DIN 8187 ISO/R 606	8	47	41,48	25	10	25	0,12	25	12	40	0,19	25	12	55	0,27
			9	52,6	46,42	30	10	25	0,16	30	12	40	0,27	30	12	55	0,38
			10	57,5	51,37	35	10	25	0,22	35	12	40	0,36	35	16	55	0,47
			11	63	56,34	37	12	30	0,29	39	16	40	0,43	39	16	55	0,61
			12	68	61,34	42	12	30	0,37	44	16	40	0,55	44	16	55	0,78
			13	73	66,32	47	12	30	0,46	49	16	40	0,68	49	16	55	0,96
			14	78	71,34	52	12	30	0,56	54	16	40	0,82	54	16	55	1,15
			15	83	76,36	57	12	30	0,67	59	16	40	0,97	59	16	55	1,37
			16	88	81,37	60	12	30	0,76	64	16	45	1,26	64	16	60	1,72
			17	93	86,39	60	12	30	0,88	69	16	45	1,46	69	16	60	1,99
			18	98,3	91,42	70	14	30	1,01	74	16	45	1,67	74	16	60	2,27
			19	103,3	96,45	70	14	30	1,15	79	16	45	1,9	79	16	60	2,58
			20	108,4	101,49	75	14	30	1,21	84	16	45	2,14	84	16	60	2,91
			21	113,4	106,52	75	16	30	1,35	85	16	45	2,27	85	20	60	3,12
			22	118	111,55	80	16	30	1,41	90	16	45	2,54	90	20	60	3,48
			23	123,4	116,58	80	16	30	1,47	95	16	45	2,82	95	20	60	3,86
			24	128,3	121,62	80	16	30	1,54	100	16	45	3,11	100	20	60	4,25
			25	134	126,66	80	16	30	1,6	105	16	45	3,15	105	20	60	4,67
			26	139	131,70	85	20	35	1,96	110	20	45	3,74	110	20	60	5,1
			27	144	136,75	85	20	35	2,04	110	20	45	3,94	110	20	60	5,43
			28	148,7	141,78	90	20	35	2,25	115	20	45	4,28	115	20	60	5,9
			29	153,8	146,83	90	20	35	2,33	115	20	45	4,5	115	20	60	6,25
			30	158,8	151,87	90	20	35	2,41	120	20	45	4,87	120	20	60	6,65
			31	163,9	156,92	95	20	35	2,64	120	20	45	5,1	120	20	60	7,18
			32	168,9	161,95	95	20	35	2,73	120	20	45	5,34	120	20	60	7,56
			33	174,5	167,00	95	20	35	2,82	120	20	45	5,59	120	20	60	7,97
			34	179	172,05	95	20	35	2,92	120	20	45	5,84	120	20	60	8,36
			35	184,1	177,10	95	20	35	3,01	120	20	45	6,11	120	20	60	8,74
			36	189,1	182,15	100	20	35	3,27	120	20	45	6,38	120	25	60	9,15
			37	194,2	187,20	100	20	35	3,37	120	20	45	6,66	120	25	60	9,61
			38	199,2	192,24	100	20	35	3,47	120	20	45	6,95	120	25	60	10,08
			39	204,2	197,29	100	20	35	3,58	120	20	45	7,25	120	25	60	10,57
			40	209,3	202,34	100	20	35	3,69	120	20	45	7,55	120	25	60	11,07

PIÑÓN	SPROCKET	mm
Radio diente	Tooth radius	r3 16
Ancho curva	curve width	C 1,6
Ancho diente	Tooth width	B1 9,1
Ancho diente	Tooth width	b1 9
Ancho diente	Tooth width	B2 25,5
Ancho diente	Tooth width	B3 42,1

CADENA	CHAIN	mm
Paso	Pitch	15,875
Ancho interior	Inner width	9,65
Diámetro rodillo	Roller diameter	10,16

Fuente: Fuente: Catálogo de productos CAUSER

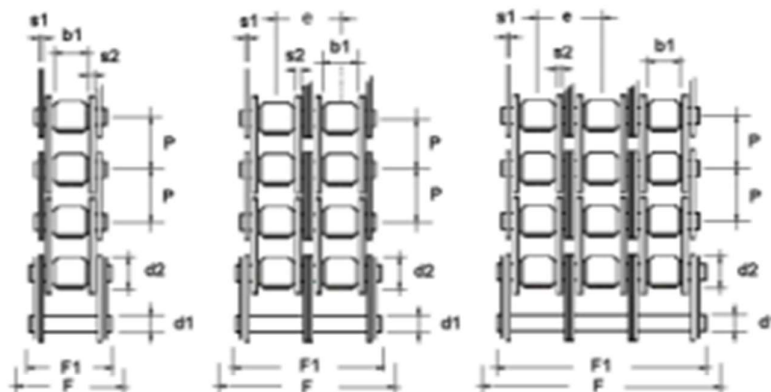
ANEXO 5

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA CADENA

Anexo 5. Especificación técnica de la cadena

CADENAS DE TRANSMISIÓN

Serie ASA Norma Americana ANSI B 29.1 DIN 8188 Cadenas Simples, Dobles y Triples



Ref. ASA	PASO (mm.)	PASO (pulg.)	Ancho Interior	Ø Rod.	Ø Eje	Grosor Mallas		Ancho Entre Filas	Ancho max. Sujetos	Ancho total cadena	Superf. Articul. cm2.	Carga de Rotura Kg.	Peso por metro Kg/mtr.
	P	P	b1	d2	d1	S1	S2	e	F1	F			
04C	6,35	1/4	3,18	3,30	2,30	0,73	0,73	—	8,00	12,50	0,11	450	0,140
06C	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	—	11,90	17,50	0,27	1050	0,330
08A-1	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	—	16,30	21,50	0,45	1850	0,640
10A-1	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	—	20,10	26,50	0,71	2900	1,060
12A-1	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	—	28,00	32,00	0,97	3900	1,580
16A-1	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	—	35,30	44,50	1,76	6700	2,610
20A-1	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	—	43,40	55,50	2,58	11000	3,800
24A-1	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	—	53,40	67,00	3,90	15500	5,550
28A-1	44,45	1 3/4	25,40	22,23	12,70	5,60	5,60	—	56,40	74,00	4,67	21000	7,700
32A-1	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	—	68,50	85,50	6,40	26500	10,000
40A-1	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	—	76,50	111,00	10,85	43000	16,690
06C-2	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	13,13	22,00	28,50	0,54	2100	0,650
08A-2	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	14,38	30,70	37,50	0,90	3700	1,280
10A-2	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	18,11	38,20	46,50	1,42	5800	2,100
12A-2	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	22,78	51,20	57,00	1,94	7800	3,150
16A-2	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	29,29	61,40	77,00	3,60	13400	5,190
20A-2	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	35,76	79,20	95,00	5,16	22000	7,700
24A-2	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	45,44	98,90	117,00	7,80	31000	11,100
28A-2	44,45	1 3/4	25,40	22,23	12,70	5,60	5,60	48,87	105,40	128,00	9,34	42000	15,400
32A-2	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	58,55	127,10	150,00	12,80	53000	20,000
40A-2	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	71,55	148,00	190,00	21,70	86000	33,000
06C-3	9,525	3/8	4,77	5,08	3,59	1,25	1,25	13,13	32,20	39,50	0,81	3150	0,950
08A-3	12,70	1/2	7,95	7,92	3,96	1,50	1,50	14,38	45,10	53,50	1,35	5550	1,900
10A-3	15,875	5/8	9,53	10,16	5,08	2,00	2,00	18,11	56,30	66,50	2,13	8700	3,140
12A-3	19,05	3/4	12,70	11,91	5,94	2,40	2,40	22,78	70,70	82,00	2,91	11700	4,710
16A-3	25,4	1	15,88	15,88	7,92	3,20	3,20	29,29	90,60	110,00	5,28	20100	7,760
20A-3	31,75	1 1/4	19,05	19,05	9,53	4,20	4,20	35,76	115,00	134,00	7,74	33000	11,500
24A-3	38,10	1 1/2	25,40	22,23	11,10	4,80	4,80	45,44	144,40	167,00	11,70	48500	16,600
28A-3	44,45	1 3/4	25,40	22,23	12,70	5,60	5,60	48,87	154,30	181,50	18,00	63000	23,000
32A-3	50,80	2	31,75	28,58	14,27	6,30	6,30	58,55	185,60	214,50	19,20	79500	30,000
40A-3	63,50	2 1/2	38,10	39,67	19,84	8,00	8,00	71,55	219,50	268,00	32,55	129000	46,310

Fuente: Internet

ANEXO 6

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ESPÁRRAGOS Y TUERCAS

Anexo 6. Especificación técnica de espárragos y tuercas

ESPÁRRAGOS Y TUERCAS

La función principal de un espárrago es deformar el empaque puesto en la unión bridada evitando fugas del fluido al exterior tanto en instalación como en operación, debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las cargas adicionales ocasionadas en servicio por las diversas variables: Presión, temperatura y número de ciclos.

ASTM A 193

Especificación estándar para espárragos de aceros aleados y aceros inoxidables para altas temperaturas o altas presiones de servicio y aplicaciones especiales.

La norma ASTM incluye sujetadores destinados a ser utilizados en recipientes a presión, válvulas, bridas y accesorios. Aunque este material está a menudo disponible en pasos de rosca nacionales (UNC), si se usan en aplicaciones tradicionales, las roscas se especifican 8 hilos por pulgada (8UN) para diámetros superiores a una pulgada.

B7	Acero aleado, AISI 4140/4142, templado y revenido
B8 Clase 1	Acero inox, clase 1, AISI 304, recocido por disolución de carburo
B8M Clase 1	Acero inox, clase 1, AISI 316, recocido por disolución de carburo
B8 Clase 2	Acero inox, clase 2, AISI 304, recocido por disolución de carburo, endurecido por estruñ en frío
B8M Clase 2	Acero inox, clase 2, AISI 316, recocido por disolución de carburo, endurecido por estruñ en frío
B16	Acero con tratamiento térmico, cromo-molibdeno-vanadio, para alta presión y alta temperatura

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL

Elemento	B7 (AISI 4140)	B8 (AISI 304)	B8M (AISI 316)	B16 (AISI 4140)
Carbono	0.37 - 0.49%	0.08% max	0.08% max	0.36-0.47%
Manganeso	0.65 - 1.10%	2.00% max	2.00% max	0.45-0.70%
Fosforo, max	0.035%	0.045%	0.045%	0.035%
Azufre, max	0.040%	0.030%	0.030%	0.04%
Silicio	0.15 - 0.35%	1.00% max	1.00% max	0.15-0.35%
Cromo	0.75 - 1.20%	18.0 - 20.0%	16.0 - 18.0%	0.80-1.15%
Níquel		8.0 - 11.0%	10.0 - 14.0%	
Molibdeno	0.15 - 0.25%		2.00 - 3.00%	0.50-0.65%
Vanadio				0.25-0.35%
Aluminio				0.05%

ASTM A 194

Especificación estándar de tuercas en acero carbono, aceros aleados y aceros inoxidables para altas temperaturas o altas presiones de servicio y aplicaciones especiales.

La especificación de ASTM A194 cubre las tuercas de acero carbono, de acero aleado y de acero inoxidable previstas para el uso en servicio de alta presión y/o alta temperatura. A menos que se especifique lo contrario, se utilizará la serie pesada estándar dimensionada bajo los parámetros de ASME/ANSI B 18.2.2 y ASME/ANSI B 1.1. Las tuercas hasta D.N 1" serán de la Serie UNC Serie 2B. Las tuercas mayores a D.N 1" serán de tipo 8UN serie 2B.

Fuente: Espárrago y tuercas FLEXILATINA

ANEXO 7

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA PLANCHA DE ÁCERO INOXIDABLE

Anexo 7. Plancha acero inoxidable

PLANCHA ACERO INOXIDABLE 										
Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-6Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-6Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 + max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 31		4505	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317	317	4402	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-6Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-6Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 + max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrítico	13Cr-4Ni	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-4Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensítico	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 32	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

Fuente: Plancha acero inoxidable Norma AISI 304 DIPAC

ANEXO 8

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA POLEA

Anexo 8. Especificación técnica de la polea

			
POLEAS DE 2" A 4.5" PULGADAS, 1 RANURA	POLEAS DE 5" A 6" PULGADAS, 1 RANURA	POLEAS DE 6" A 9" PULGADAS, 1 RANURA	POLEAS DE 9" A 22" PULGADAS PARA 1 RANURA
POLEA SOLIDA FABRICADA A BASE DE ALUMINIO $AlSi_{12}Cu$ (Fe). DIAMETRO EXTERIOR DE 2 A 4.5 PULGADAS, 1 RANURA PARA TIPO A O B. EL DIAMETRO INTERIOR DE LA FLECHA SON: BARRENO PILOTO, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{8}$. LA POLEA PUEDE LLEVAR CUÑERO $\frac{3}{16}$ AL IGUAL QUE OPRESOR $\frac{5}{16}$ AMBOS SON OPCIONALES.	POLEA CON RAYOS FABRICADA A BASE DE ALUMINIO $AlSi_{12}Cu$ (Fe). DIAMETRO EXTERIOR DE 5 Y 6 PULGADAS, 1 RANURA PARA TIPO A O B. EL DIAMETRO INTERIOR DE LA FLECHA SON: BARRENO PILOTO, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{8}$. LA POLEA PUEDE LLEVAR CUÑERO $\frac{3}{16}$ AL IGUAL QUE OPRESOR $\frac{5}{16}$ AMBOS SON OPCIONALES.	POLEA CON RAYOS FABRICADA A BASE DE ALUMINIO $AlSi_{12}Cu$ (Fe). DIAMETRO EXTERIOR DE 6 A 9 PULGADAS, 1 RANURA PARA TIPO A O B. EL DIAMETRO INTERIOR DE LA FLECHA SON: BARRENO PILOTO, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{8}$. LA POLEA PUEDE LLEVAR CUÑERO $\frac{3}{16}$ AL IGUAL QUE OPRESOR $\frac{5}{16}$ AMBOS SON OPCIONALES.	POLEA CON RAYOS FABRICADA A BASE DE ALUMINIO $AlSi_{12}Cu$ (Fe). DIAMETRO EXTERIOR DE 9 A 22 PULGADAS, 1 RANURA PARA TIPO A O B. EL DIAMETRO INTERIOR DE LA FLECHA SON: BARRENO PILOTO, $\frac{1}{8}$, $\frac{5}{8}$. LA POLEA PUEDE LLEVAR CUÑERO $\frac{3}{16}$ AL IGUAL QUE OPRESOR $\frac{5}{16}$ AMBOS SON OPCIONALES.

Fuente: Poleas PR

ANEXO 9

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA BANDA DENTADA EN V

Anexo 9. Especificación técnica de la banda

BLUEBIRD				Polea tensora, OEM#35.81600589			154MM
CONVENTIONAL	9	2001	2001	CT8K695	Cummins Isb Diesel, Alt. B.a., OEM#35.81608694	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
CONVENTIONAL	9	2001	2003	CT8K725	DM66 Diesel, Serp., OEM#35.81600726	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 73 1/4"; 1860Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
CONVENTIONAL	9	1999	1999	CT8K730	International DM66 Diesel, Serp.; OEM#35.81608730	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 73 5/8"; 1870Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
CONVENTIONAL	9	2005	2005	CT8K740	DM66 Diesel, Serp.; OEM#35.81608740	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 74 5/8"; 1895Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
FE	9	2004	2006	CT8K580	Caterpillar C7 Diesel, Banda Alt.	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; In 58 5/8"; 1490Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
MICRO BIRT	7.3	2002	2002	CT8K1223	Cid; V8; Diesel; Banda Serpentin.	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
MINI BIRD	5.7	1998	1998	CT8K870	V8, Banda Serp.	8 Costillas 27/32; 21Mm; In 87 5/8"; 2225Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
MINI BIRD	5.7	1998	1998	CT8K875	V8, Banda Serpentin	8 Costillas 27/32; 21Mm; In 88 1/4"; 2240Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
MINI BIRD	5.7	1998	1998	CT8K960	V8, Banda Serp.	8 Costillas 27/32; 21Mm; In 96 5/8"; 2455Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1998	1998	CT8K610	Cummins Isc Diesel, Alt. B.a.; OEM#35.81608610	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 61 5/8"; 1565Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1999	2000	CT8K610	Cummins Isc Diesel, Vent. Alt.; OEM#35.81608610	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 61 5/8"; 1565Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1998	1998	CT8K630	Cummins Isc Diesel, Alt. B.a.; OEM#35.81608630	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 63 5/8"; 1615Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1999	2000	CT8K630	Cummins Isc Diesel, Vent. Alt.; OEM#35.81608630	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 63 5/8"; 1615Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1999	1999	CT8K632	Cummins Isb Diesel, Vent. Alt.; OEM#35.85528717	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 64 1/8"; 1630Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	1998	2000	CT8K632	Cummins Isc Diesel, Vent. Alt.; OEM#35.85528717	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 64 1/8"; 1630Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	2003	2003	CT8K690	Cummins Isc Diesel, Serp.; OEM#35.85522124	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 69 5/8"; 1770Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
RE	9	2002	2004	CT8K695	Cummins Isc Diesel, Serp.; OEM#35.81608694	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
TC1000	9	1998	1998	CT8K575	Cummins Isb Diesel, Serp.; OEM#35.81600095	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
TC2000	9	1998	2003	CT8K580	Cummins Isb Diesel, Banda Vent. Alt.	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; In 58 5/8"; 1490Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
TC2000	9	1998	2000	CT8K485	Cummins Isb Diesel, Alt. B.a.; OEM#35.85522026	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 49 1/4"; 1250Mm	Banda Micro-V (Serpentin)
TC2000	9	2001	2003	CT8K485	Cummins Isb Diesel, Vent. Alt.; OEM#35.85522026	8 Costillas 1 1/8"; 28Mm; Long 49 1/4"; 1250Mm	Banda Micro-V (Serpentin)

Fuente: Catálogos de bandas KARTER

ANEXO 10

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MOTOR

Anexo 10.Especificación técnica del motor

MOTORES ELECTRICOS / Trifásicos

MOTOR WEG NEMA 56 - 1HP

WEG - 2P - 220/380V - 3HP CÓD. 1182603001

Carcasa: Chapa. Potencias: 0,25 a 3 HP. (carcasa B48 a G56H). Aislación: Clase B.
 Ventilación interna. Rodamientos: Rulemanes rodillo. Categoría: N. Tensión: 110/220V.
 Descansos: rodamientos de bolas. Normas: NEMA MG-1. Color: Gris oscuro (50Hz). Altos pares.

Fuente: Catálogo motor WEB

ANEXO 11

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL REDUCTOR

Anexo 11. Especificación técnica del reductor

COEFICIENTES DE SERVICIO

Horas trabajo	Carga uniforme	Carga variable	Carga con choque
3 - 4	0.8 - 1.0	1.0 - 1.2	1.5 - 1.8
8 - 10	1.0 - 1.2	1.2 - 1.4	1.8 - 2.1
24	1.2 - 1.4	1.5 - 1.8	2.0 - 2.4

Arranques hora	Coef.
5	1.0
25	1.2
100	1.4
500	1.6
1000	1.8

Tomamos el mayor de estas comparaciones $1.8 - 2.1 > 1.6$

Luego tomamos 2.1

Calculamos los Cv corregidos del reductor $Cv = 2.1$ multiplicar 0.5 Cv resulta 1.0 Cv corregidos.

En la fila 40: 1 busca el valor de los Cv corregidos, en este caso resulta en tamaño 60.

RELACION R=1		rpm salida	Tamaño 45			Tamaño 60			Tamaño 80			Tamaño 90			Tamaño 102		
F	Real		Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm	Kw _i	Cv _i	Nm
30	30.5	57	0.4	0.6	41	0.8	1.1	90	1.8	2.4	208	2.7	3.7	317	3.7	4.9	484
35	35	50	0.4	0.5	40	0.7	1.0	91	1.7	2.2	220	2.5	3.4	324	3.4	4.6	504
40	40	44	0.4	0.5	43	0.7	1.0	104	1.5	2.0	216	2.3	3.1	323	3.0	4.1	493

Fuente: Catálogo FAMA

ANEXO 12

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL TUBO PVC

Anexo 12. Especificación técnica del tubo PVC

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		DIAMETRO EXTERIOR PROMEDIO		ESPESOR DE PARED MINIMO		PESO METRO
(mm)	(pulgada)	TUBO 5 METROS	TUBO 6 METROS	(mm)	(pulgada)	(mm)	(pulgada)	(kg)
48	1 1/2	1110015006	1110016006	48.28	1.900	2.79	0.110	0.6
60	2	1110015007	1110016007	60.32	2.375	2.92	0.115	0.8
82	3	1110015009	1110016009	82.56	3.250	3.18	0.125	1.2
114	4	1110015010	1110016010	114.30	4.500	3.30	0.130	1.8
168	6	1110015011	1110016011	168.28	6.625	4.12	0.162	3.3
219	8	1110015012	1110016012	219.08	8.625	5.33	0.209	5.4

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		C MINIMO
(mm)	(pulgada)			mm
48	1 1/2	2110025006		17
60	2	2110025007		19
83	3	2110025009		38
114	4	2110025010		44
168	6	2110025011		76

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		C MINIMO
(mm)	(pulgada)			mm
60 X 42	2 X 1 1/2	2110022675		17
60 X 48	2 X 1 1/2	2110022676		17
83 X 48	3 X 1 1/2	2110022696		17
83 X 60	3 X 2	2110022697		19
114 X 60	4 X 2	2110022707		19
114 X 83	4 X 3	2110022709		38
168 X 114	6 X 4	2110022710		44

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		C MINIMO
(mm)	(pulgada)			mm
60 x 42	2 x 1 1/2	2110022575		17
60 x 48	2 x 1 1/2	2110022576		17

DIAMETRO NOMINAL		REFERENCIA		C MINIMO
(mm)	(pulgada)			mm
48	1 1/2	2110005706		17
60	2	2110005707		19
83	3	2110005709		38
114	4	2110005710		44
168	6	2110005711		76

Autor: Catálogo Coval

ANEXO 13

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SOPLADOR

Anexo 13. Especificación técnica del blower



Los sopladores industriales usan un principio bastante simple de funcionamiento: una ventola dotada de aspas, que rueda en el interior de un estator.

La fuerza centrífuga en la rotación crea unos pequeños vórtices de aire que van trasladando de las paletas de la aspiración hasta la salida. No hay partes en contacto, por lo cual el soplador no necesita de mantenimiento ordinario, sin embargo pueden trabajar en continuo solamente en ciertos intervalos de presión, en cuanto a el aire aspirado es utilizado como fluido de refrigeración.

También puede ver Bombas de vacío

El aire se expulsa rápidamente debido a la presión no mayor que la presión en el sistema cuando el aire pasa por la toma de corriente.

ESPECIFICACIONES

Características dependiendo del modelo

Marca: Pumpower

Potencia: Desde 1/6 H.P. hasta 17 HP

Voltaje: 220VAC o 440VAC – 60 Hz – Monofásico o Trifásico

Presión Desde 0,9 hasta 12 PSI

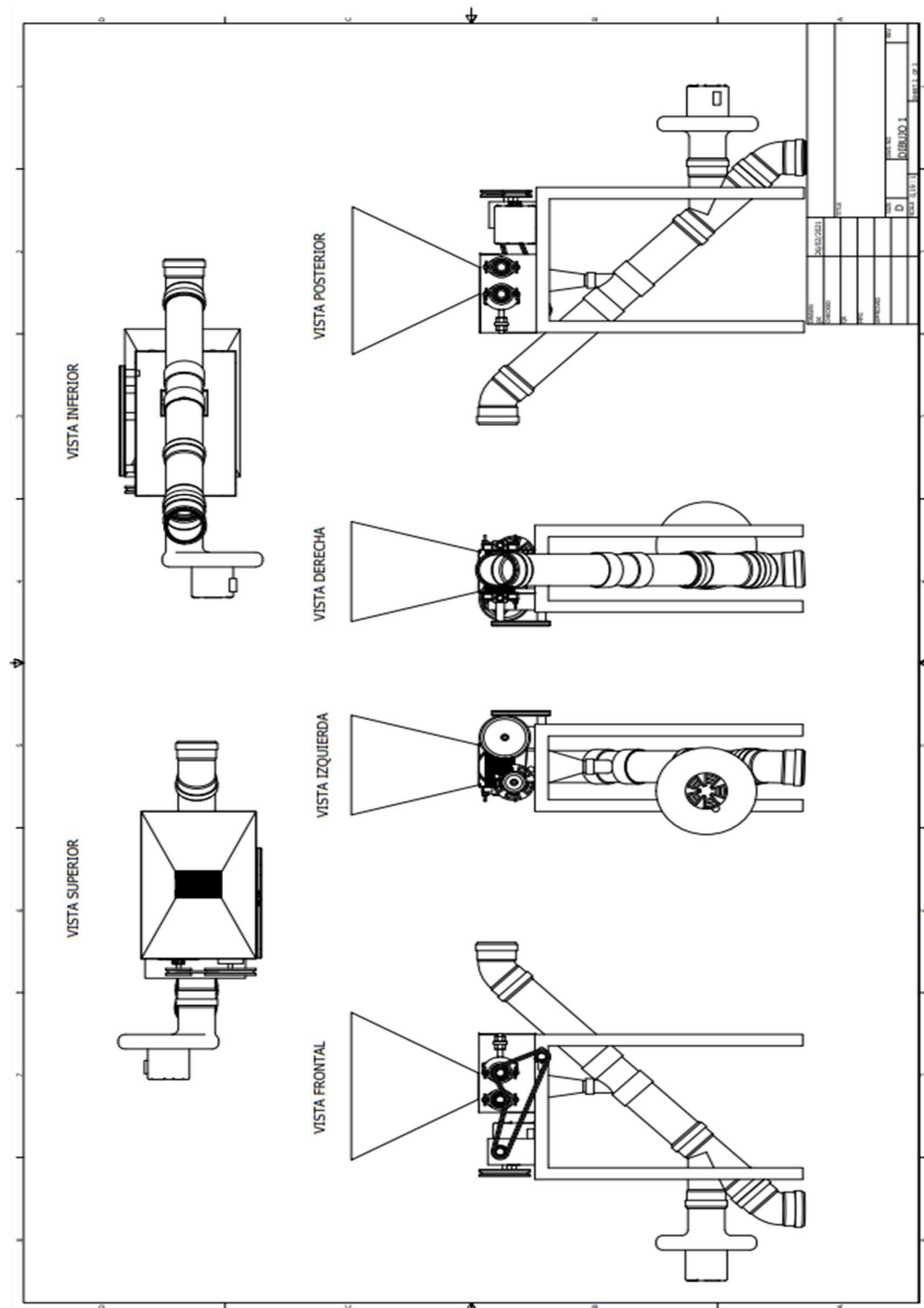
Caudal: Hasta 500 m³/h / 300 CFM

Fuente: VIMATEC

PLANOS

VISTAS DEL MOLINO REALIZADLO EN AUTODESK INVENTOR

Plano 1. Vistas del plano



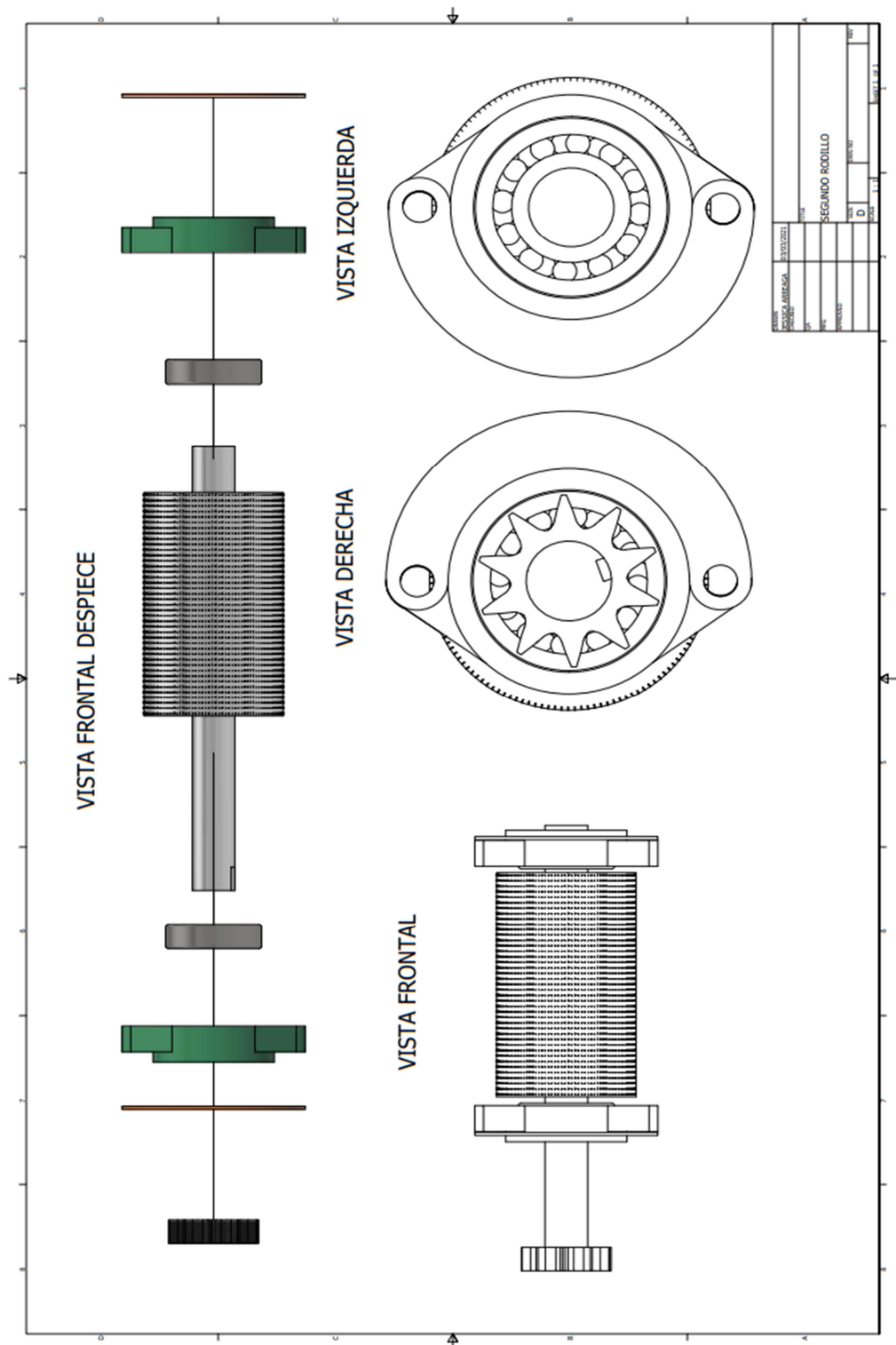
Fuente: Autor

Plano 2. Vistas del rodillo



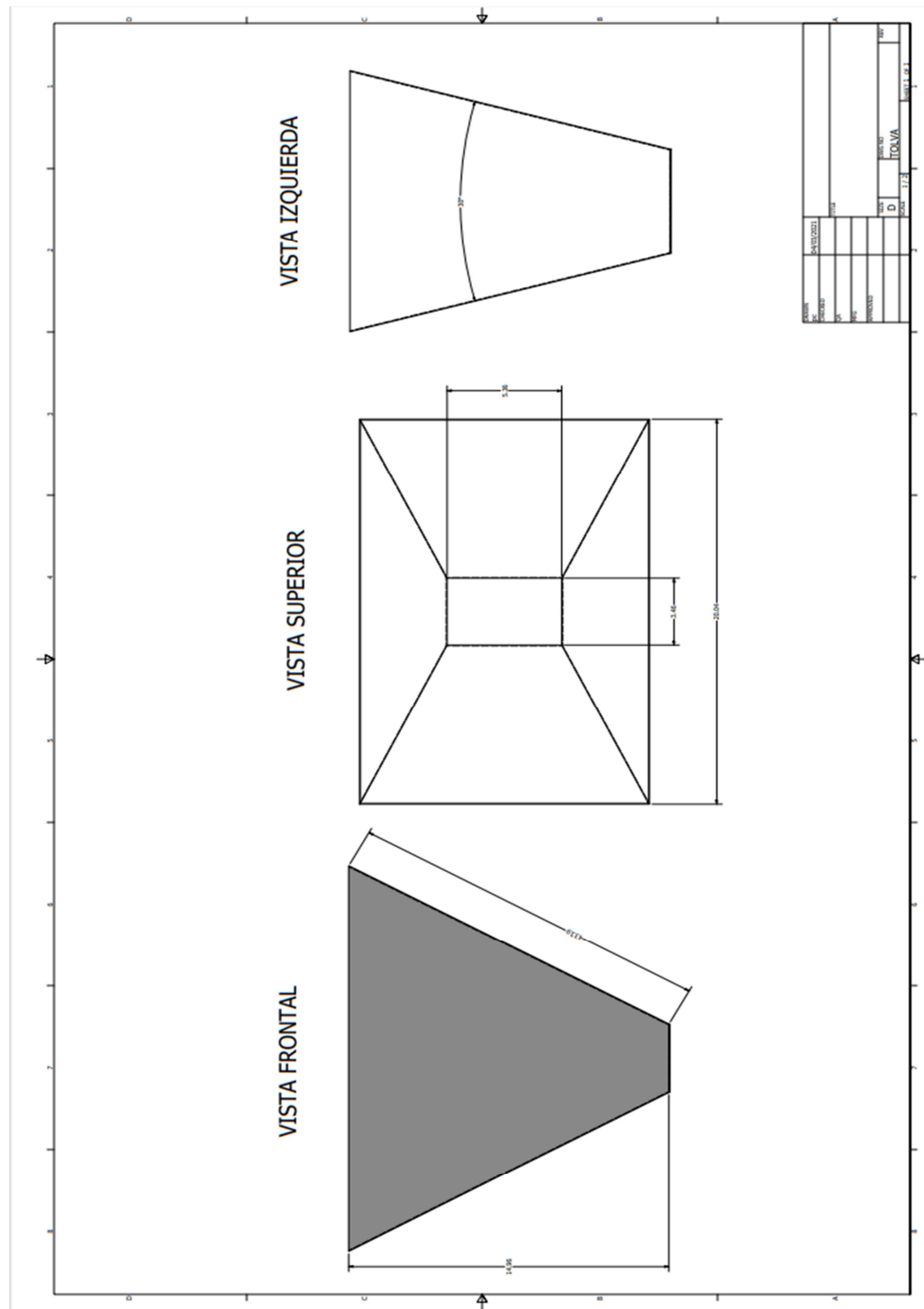
VISTAS DEL RODILLO REALIZADLO EN AUTODESK INVENTOR

Plano 3. Vistas del rodillo



Fuente: Autor

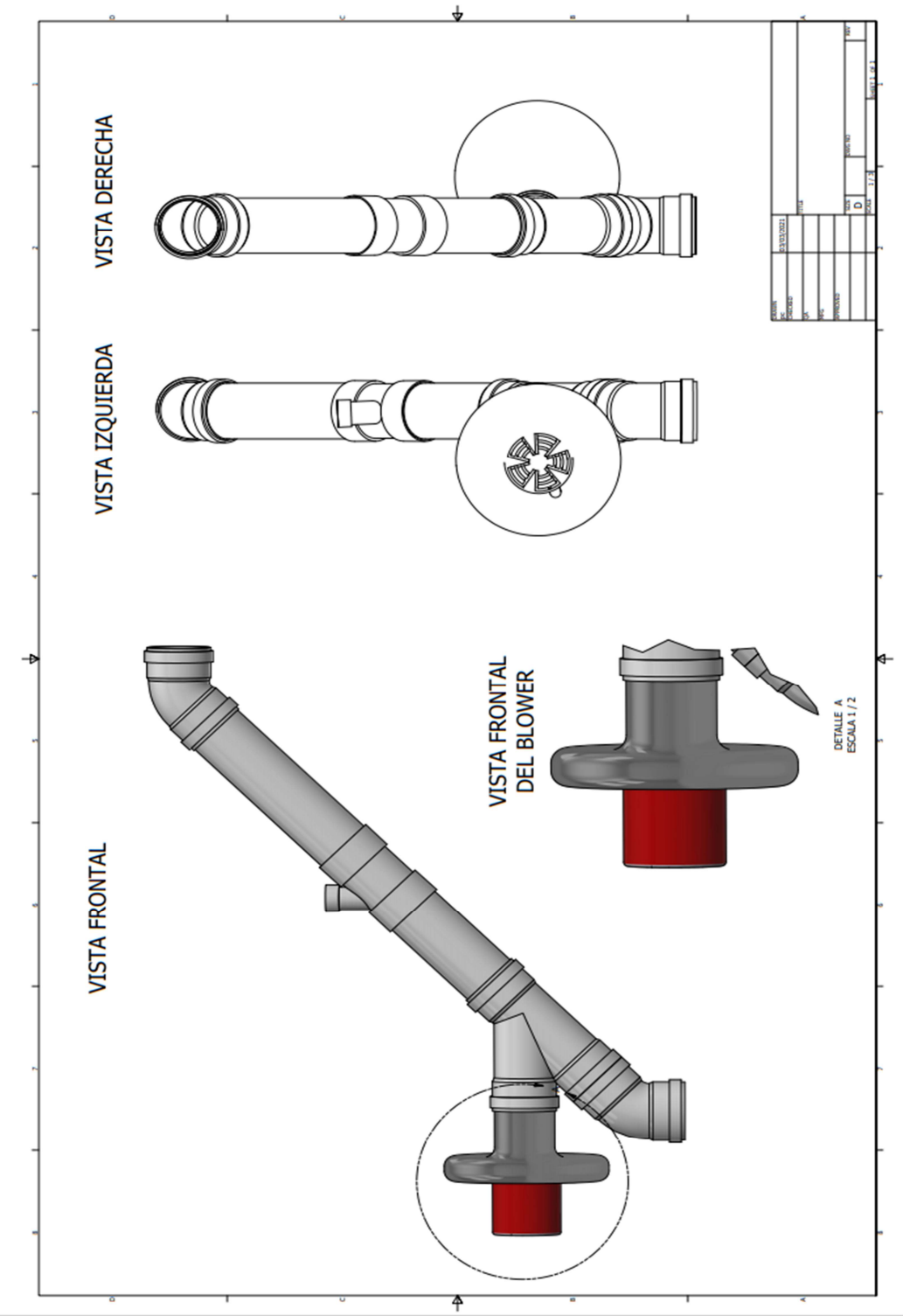
Plano 4. Vistas de la tolva



Fuente: Autor

VISTAS DE LAS TUBERÍAS REALIZADO EN AUTODESK INVENTOR

Plano 5. Vistas de las tuberías



Fuente: Autor