



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN “LA MANÁ”

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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACION DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO
AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150
KILOGRAMOS.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros en
Electromecánica

Autores:

German Fabricio Chimborazo Aguaisa
Yanny José Vera Millingalle

Tutor:

Ing. M.Sc. Guido Gabriel Carrillo Velarde

**LA MANÁ-ECUADOR
AGOSTO-2021**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Chimborazo Aguaisa German Fabricio con cédula de ciudadanía 1208097335 y Vera Millingalle Yanny José con cédula de ciudadanía 0503816159, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150 KILOGRAMOS", siendo Ing. M.Sc. Guido Gabriel Carrillo Velarde tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión "La Maná" y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



German Fabricio Chimborazo Aguaisa

C.I: 1208097335



Yanny José Vera Millingalle

C.I: 0503816159

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150 KILOGRAMOS”, de German Fabricio Chimborazo Aguaisa y Yanny José Vera Millingalle, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión “La Maná” designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 12 Julio del 2021.



Ing. M.Sc. Guido Gabriel Carrillo Velarde

C.I: 060424330-3

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto los postulantes: German Fabricio Chimborazo Aguaisa con cédula de ciudadanía 1208097335 y Yanny José Vera Millingalle con cédula de ciudadanía 0503816159 con el título de Proyecto de Investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150 KILOGRAMOS” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

La Maná, 20 de Agosto del 2021.

Para constancia firman:

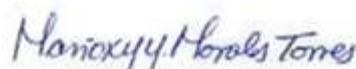


Lector 1 (Presidente)
M.Sc. Joao Lázaro Bázaga Quesada
CC: 1757025406



Firmado digitalmente por:
NELSON JHONATAN
VILLARROEL
HERRERA

Lector 2
M.Sc. Nelson Jhonatan Villarroel Herrera
CC: 0502753254



Lector 3
Ph.D. Marioxy Janeth Morales Torres
CC: 1757728926

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que hicieron posible nuestra formación estudiantil, brindándonos el apoyo económico y moral. A la “Universidad Técnica de Cotopaxi” por abrirnos las puertas, y contar con docentes aptos para impartir conocimientos, lo más importante la sensibilidad de quienes conformamos la UTC.

German & José

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios por haberme dado la Sabiduría y la Fuerza necesaria para seguir adelante. A mis queridos padres: Cesar Chimborazo y Yolanda Aguaisa, quienes me apoyaron durante mi vida estudiantil, brindándome sus consejos y me dieron la mejor herencia, el estudio.

A mis hermanos: Widinson, Hilda y Erika con quienes crecí en un mundo lleno de felicidad y recibí un apoyo incondicional. También a todas mis amistades con quienes compartí mi etapa estudiantil.

German

Dedico este proyecto a mis padres José Vera y María Millingalle por apoyarme incondicionalmente, conducirme por el camino del bien y sin importarle mis fallas me brindaron su apoyo siempre.

A Dios por brindarme la paciencia y fuerza para realizar este trabajo, pues él siempre me acompaña en los buenos y malos momentos, sembrando fuerza y voluntad en mí, para luchar día a día por mis ideales.

José

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN “LA MANÁ”

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150 KILOGRAMOS”

Autores:

Chimborazo Aguaisa German Fabricio

Vera Millingalle Yanny José

RESUMEN

El presente proyecto nace de una necesidad en el recinto Calabi de Sillagua perteneciente al cantón Pangua, al existir una gran cantidad de sembríos de cacao donde en época de invierno se disminuye los ingresos económicos al no poder secar el producto. Esto motivó a implementar una máquina secadora de cacao automática que cumpla con las características de secado eficiente y reducir el tiempo. Este proyecto es realizado en el programa solidworks 2018 versión estudiante para el diseño mecánico de los elementos, donde se proyectan las medidas exactas para la construcción de la máquina. Además, lleva un tablero automático de control con elementos como pulsadores, contactores, equipos de control y maniobra. El tablero de control permite monitorear las variables de secado y la energización de los equipos de potencia de la máquina para lograr tener el producto con características de humedad deseadas. Esta máquina se realiza con capacidad de 150 kilogramos, siendo apto para 100000 m^2 de cultivo, realizando la cosecha cada 20 días. Incorpora un succionador de aire con turbinas centrifugas, un quemador a base de gas licuado de petróleo, lo más importante del proyecto es la automatización, la cual permite controlar de manera automática la velocidad de un motor reductor acoplado al removedor de paletas, para mejorar los tiempos de secado. En base a las pruebas realizadas se calcula que tarda un promedio de 2 horas en secar la capacidad completa de la máquina.

Palabras Claves: Automatización, cacao, secado, tablero de control, humedad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED COCOA ROTARY DRYER BASED ON HOT AIR WITH A CAPACITY OF 150 KILOGRAMS”

Authors:

Chimborazo Aguaisa German Fabricio

Vera Millingalle Yanny José

ABSTRACT

This project arises from a need in the Calabi de Sillagua site, belonging to the Canton of Pangua, since there are a large number of cocoa crops where in winter times an important economic value is lost as the product cannot be dried. This motivated to implement an automatic cocoa drying machine that meets the characteristics of efficient drying and reduces drying time. This project is carried out in the SolidWorks program for the mechanical design of the elements, where the exact measurements for the construction of the machine are projected. In addition, it has an automatic control panel with elements such as pushbuttons, contactors and control and maneuvering equipment. The control panel allows to monitor the drying variables and the energization of the power equipment of the machine to achieve the product with the desired humidity characteristics. This machine is made with a capacity of 150 kilograms, it incorporates an air suction device with centrifugal turbines, a burner based on liquefied petroleum gas, the most important part of the project is automation, which allows automatic control of the speed of a motor - reducer coupled to the paddle remover, to improve drying times.

Keywords: Automation, cocoa, drying, control board, humidity.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés presentado por el estudiante Egresado de la Facultad De Las Ciencias e Ingenierías Aplicadas, Chimborazo Aguaisa German Fabricio y Vera Millingalle Yanny José cuyo título versa IMPLEMENTACION DE UNA SECADORA GIRATORIA DE CACAO AUTOMATIZADA A BASE DE AIRE CALIENTE CON CAPACIDAD DE 150 KILOGRAMOS”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

La Maná, Julio del 2021

Atentamente,



MSc. Ramón Amores Sebastián Fernando
C.I: 050301668-5

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 RESUMEN DEL PROYECTO	2
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4 BENEFICIARIOS	3
4.1 Beneficiarios directos	3
4.2 Beneficiarios Indirectos.....	3
5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
5.1 Planteamiento del problema	4
5.2 Formulación del problema.....	4
6 OBJETIVOS.....	5
6.1 Objetivo General	5
6.2 Objetivos Específicos	5
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1 Antecedentes	7
8.2 Fundamentación teórica	7
8.2.1 El cacao en América.....	7

8.2.2	Historia del cacao en Ecuador	8
8.2.3	Cacao en Ecuador	9
8.2.4	Factores climáticos en el cultivo de cacao	10
8.2.5	Tiempo de secado del cacao	11
8.2.6	Tratamiento post cosecha del cacao	11
8.2.7	Secado y selección del grano.....	12
8.3	Tipos de secados.....	13
8.3.1	Secado Solar tipo túnel.....	13
8.3.2	Tecnología térmica solar aplicada en el proceso de secado de cacao	14
8.4	Automatización eléctrica	14
8.4.1	Automatización electrónica.....	15
8.5	Tipos de máquinas secadoras de cacao	15
8.5.1	Secador rotatorio	15
8.5.2	Secador de Bandejas.....	16
8.5.3	Secador con removedor	16
8.6	Composición química del cacao	17
8.7	De las exportaciones.....	18
8.7.1	La compra por el exportador	18
8.7.2	Dificultades en la venta del cacao	18
8.8	La Automatización	19
8.8.1	Principales razones para automatizar	19
8.8.2	Automatización de las secadoras de cacao.....	20
8.9	Diseño y partes mecánico de la máquina	21
8.9.1	Motor reductor.....	21
8.9.2	Contenedor de granos	22
8.9.3	Estructura de soporte base	22
8.9.4	Sistema removedor	22
8.9.5	Quemador y motor para ventilación	22
8.9.6	Tablero de control	22
8.10	Normas para la construcción del equipo	23
8.10.1	Especificaciones de construcción de un tablero de control de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC.....	23
8.10.2	El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando la Norma NEC24	

8.10.3	Código de colores.....	24
9	HIPOTESIS.....	25
10	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
10.1	Contexto geográfico.....	25
10.2	Descripción del diseño de la máquina.....	26
10.2.1	Características técnicas.....	26
10.2.2	Solución de sub - problemas de conceptos.....	27
10.2.3	Tabla de combinación de conceptos.....	28
10.2.4	Descripción del tipo de máquina.....	28
10.2.5	Descripción de los elementos que componen la máquina.....	29
10.2.6	Descripción de los componentes de la máquina secadora de cacao.....	30
10.2.7	Estructura del control de mando.....	33
10.3	Dimensionamiento y cálculo de los equipos.....	36
10.3.1	Cálculo del removedor por paletas.....	36
10.3.2	Cálculo del torque que van a ejercer las paletas del removedor.....	37
10.3.3	Cálculo del perímetro de las paletas.....	38
10.3.4	Cálculo de las masas de cada paleta.....	38
10.3.5	Cálculo de las fuerzas de remoción de las paletas.....	39
10.3.6	Cálculo del torque de remoción para cada paleta.....	39
10.3.7	Cálculo del torque de remoción del sistema removedor por paletas.....	40
10.3.8	Selección del motor.....	41
10.3.9	Alimentación del motor.....	41
10.3.10	Potencia del motor reductor.....	41
10.3.11	Cálculo de la corriente del motor reductor.....	42
10.3.12	Cálculo de la corriente del motor del ventilador.....	42
10.3.13	Cálculo de la corriente del variador de frecuencia.....	43
10.3.14	Cálculo para la cámara del secado o contenedor.....	43
10.3.15	Cálculo del diseño del cilindro para la máquina secadora de cacao.....	44
10.3.16	Cálculo de la fluencia del acero inoxidable.....	47
10.3.17	Cálculo del eje removedor.....	47
10.3.18	Selección del material para el contenedor.....	48
10.3.19	Cálculos térmicos.....	49
10.3.20	Prueba para determinar el funcionamiento de la máquina.....	52

10.4	Diseño del sistema eléctrico	53
10.4.1	Circuito de control.....	53
10.4.2	Circuito de potencia.....	54
10.4.3	Elección de relés magneto térmicos	55
10.4.4	Elección del variador de frecuencia	55
10.4.5	Elección del lector de temperatura	56
10.4.6	Elección de cables	57
10.5	Diseño en el programa SOLID WORKS	58
10.5.1	Pared del contenedor	58
10.5.2	Estructura del pórtico para el motor reductor.....	58
10.5.3	Eje removedor por paletas.....	59
10.5.4	Carcasa para el ventilador centrifugo.....	59
10.5.5	Contenedor con ductos	60
10.5.6	Diseño del removedor por paletas	60
10.6	Construcción e implementación	61
10.6.1	Estructura del contenedor.....	61
10.6.2	Estructura de paletas para la remoción.....	62
10.6.3	Estructura del pórtico	63
10.6.4	Estructura de soporte	65
10.6.5	Estructura del Ducto de ventilación	65
10.6.6	Procesos de elaboración del tablero de control	66
11	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
11.1	Prueba de funcionamiento de la máquina.....	67
11.2	Resultado de la prueba de secado.....	69
11.3	Prueba del PH para comprobar la calidad del producto seco una vez ingresado a la máquina.	70
11.3.1	Procedimiento.....	72
12	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS).....	74
12.1	Impacto Técnico	74
12.2	Impacto Social.....	74
12.3	Impacto ambiental	75
12.4	Impacto económico	75
13	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	76

14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
14.1	Conclusiones	77
14.2	Recomendaciones	78
15	BIBLIOGRAFÍA	79
16	ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados.....	5
Tabla 2: Composición química de variedades de cacao.	18
Tabla 3: Nivel de prioridad del cliente	26
Tabla 4: Características técnicas para el diseño de la secadora de cacao automatizada.	27
Tabla 5: Conjunto de problemas y soluciones más adaptable al prototipo deseado.....	27
Tabla 6: Solución de la energía a utilizarse	28
Tabla 7: Solución para el almacenamiento y remoción de granos.	28
Tabla 8: Solución para el control de mando y sensores.	28
Tabla 9: Descripción de los elementos mecánicos	30
Tabla 10: Descripción de los elementos eléctricos.....	34
Tabla 11: Volúmenes de remoción de las 6 paletas del sistema removedor	38
Tabla 12: Densidad Aparente de los granos de cacao.	45
Tabla 13 Secado del cacao por un proceso automático	52
Tabla 14: Corriente máxima de cada elemento eléctrico.	55
Tabla 15: Características del motor reductor.....	55
Tabla 16: Calibre de cableado eléctrico con su amperaje.	57
Tabla 17: Descripción de los materiales a utilizar para la comprobación del pH del cacao. ...	71
Tabla 18: Mediciones obtenidas del PH de los 5 granos de cacao.	73
Tabla 19: Presupuesto del proyecto.....	76
Tabla 20: Especificaciones técnicas de la maquina.....	106
Tabla 21 Elementos o equipos de protección personal para el operador del equipo.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 América latina es el principal productor de cacao en el mundo	8
Figura 2 Historia del cacao en Ecuador	9
Figura 3 Cacao fino de aroma.....	10
Figura 4 Cacao CCN-51	10
Figura 5 Cosecha del cacao	12
Figura 6 Fermentación del cacao en gavetas	12
Figura 7 Secado de cacao	13
Figura 8 Secador tipo túnel.....	13
Figura 9 Tecnología térmica solar	14
Figura 10 Secador rotatorio	16
Figura 11 Modelo del secador de bandejas	16
Figura 12 Secador de cacao con removedor	17
Figura 13 La importancia de la Automatización	19
Figura 14 Secadora de cacao	20
Figura 15 Diseño de la máquina secadora de cacao	21
Figura 16 Funcionamiento del motor reductor	21
Figura 17 Tablero de control.	23
Figura 18 Ubicación GPS	26
Figura 19 Esquema del diseño de la máquina secadora de cacao	29
Figura 20 Dimensionamientos de las paletas para el removedor.	36
Figura 21 Vista superior de la trayectoria de las paletas.	37
Figura 22 Diseño del contenedor.....	45
Figura 23 Sistema eléctrico.	53
Figura 24 Circuito de control del encendido	54
Figura 25 Sistema de remoción por paletas y el ventilador centrifugo activados por los contactores.....	54
Figura 26 Variador de frecuencia Modelo: MX CFW10	56
Figura 27 Lector de temperatura.	56
Figura 28 Sensor termo cúpula.....	56
Figura 29 Diseño del contenedor.....	58
Figura 30 Diseño del pórtico	58

Figura 31 Diseño del eje removedor por paletas	59
Figura 32 Diseño de la carcasa del ventilador centrífugo	59
Figura 33 Diseño del contenedor con ductos.....	60
Figura 34 Diseño del removedor por paletas.....	60
Figura 35 Lámina circular.	61
Figura 36 Rolado del contenedor	61
Figura 37 Estructura terminada.	62
Figura 38 Fabricación de las paletas para el sistema removedor.	62
Figura 39 Fabricación del eje para el acople al sistema removedor por paletas.	63
Figura 40 Montaje del sistema removedor por paletas dentro del contenedor.....	63
Figura 41 Estructura del pórtico donde se empotra el contenedor.	64
Figura 42 Soldadura para el soporte de secador.	64
Figura 43 Colocación del motor reductor.....	64
Figura 44 Estructura del soporte del contenedor.....	65
Figura 45 Estructura del ducto de ventilación soldada al contenedor.	65
Figura 46 Armado de canaletas y riel DIN para el acople de los dispositivos eléctricos.....	66
Figura 47 Instalaciones de los conductores eléctricos entre componentes.....	66
Figura 48 Conexiones del tablero de control.....	66
Figura 49 Tablero de control implementado a la máquina secadora de cacao.	67
Figura 50 Acumulación de granos.....	69
Figura 51 Variación en la contextura	70
Figura 52 Secado uniforme.....	70
Figura 53 Esquema sobre el procedimiento de medición de PH.....	73
Figura 54 Instalación a 220 (CA) desde el medidor.....	100
Figura 55 Instalación del lector de tempera digital	100
Figura 56 Instalación de los selectores y otros elementos.....	100
Figura 57 Unión de cableado.....	101
Figura 58 Instalación del motor y capacitor del ventilador	101
Figura 59 Sistema de encendido automatizado	101
Figura 60 Comprobación de los pulsadores y luces piloto.....	102
Figura 61 Programación del variador de frecuencia, según las variables de salida.	102
Figura 62 Identificación de los componentes del tablero de control.....	102
Figura 63 Pintada de la máquina secadora de cacao	103

Figura 64 Instalación de canaletas.....	103
Figura 65 Implementación de la máquina secadora de cacao terminada.	103
Figura 66 Modelo del secador de cacao	104
Figura 67 Partes del panel de control de la máquina secadora de cacao	105

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos del tutor del proyecto.....	81
Anexo 2 Datos del estudiante German Chimborazo	82
Anexo 3 Datos del estudiante José Vera	83
Anexo 4 Pared contenedor del secador.....	84
Anexo 5 Diseño de la estructura del pórtico	85
Anexo 6 Diseño del eje removedor de paletas.	86
Anexo 7 Diseño de la carcasa del ventilador.....	87
Anexo 8 Diseño del ventilador centrifugado.....	88
Anexo 9 Diseño del contenedor con ductos.	89
Anexo 10 Diseño del eje con chaveta.....	90
Anexo 11 Diseño del soporte interno.	91
Anexo 12 Diseño del sistema con ductos.	92
Anexo 13 Diseño del removedor por paletas.....	93
Anexo 14 Diseño de la plancha perforada.....	94
Anexo 15 Diseño del motor reductor.	95
Anexo 16 Diseño del motor eléctrico.	96
Anexo 17 Diseño de la estructura tipo caracol.	97
Anexo 18 Diseño del tablero de control.	98
Anexo 19 Diseño del sistema con ductos.	99
Anexo 20 Fuente de energía para la secadora de cacao automatizada.	100
Anexo 21 Instalación del tablero de control.....	100
Anexo 22 Instalación de los sistemas de flujo y encendido.	101
Anexo 23 Verificación del funcionamiento de cada elemento.....	102
Anexo 24 Identificación del control de mando y pintado del equipo.....	102
Anexo 25 Manual de usuario.....	104
Anexo 26 Certificación del antiplagio del URKUND.....	109

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Implementación de una secadora giratoria de cacao automatizada a base de aire caliente con capacidad de 150 kilogramos

Tiempo de ejecución

Fecha de inicio: Abril del 2021

Fecha de finalización: Agosto del 2021

Lugar de ejecución

Parroquia: Moraspungo

Cantón: Pangua

Provincia: Cotopaxi

Institución: Finca “Condado de Montecristi”

Unidad académica que auspicia: Facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas.

Carrera que auspicia: Carrera de ingeniería en electromecánica.

Equipo de trabajo

Tutor del proyecto: Ing. M.Sc Carrillo Velarde Guido Gabriel.

Autores: Sr. Chimborazo Aguaisa German Fabricio.

Sr. Vera Millingalle Yanny José.

Área de conocimiento: Ingeniería, industria y construcción.

Línea de investigación: Procesos industriales.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Automatización, control y protección de sistemas electromecánicos

2 RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto nace de una necesidad en el recinto Calabi de Sillagua perteneciente al cantón Pangua, al existir una gran cantidad de sembríos de cacao donde en época de invierno se disminuye los ingresos económicos al no poder secar el producto. Esto motivó a implementar una máquina secadora de cacao automática que cumpla con las características de secado eficiente y reducir el tiempo. Este proyecto es realizado en el programa solidworks 2018 versión estudiante para el diseño mecánico de los elementos, donde se proyectan las medidas exactas para la construcción de la máquina. Además, lleva un tablero automático de control con elementos como pulsadores, contactores, equipos de control y maniobra. El tablero de control permite monitorear las variables de secado y la energización de los equipos de potencia de la máquina para lograr tener el producto con características de humedad deseadas. Esta máquina se realiza con capacidad de 150 kilogramos, siendo apto para 100000 m^2 de cultivo, realizando la cosecha cada 20 días. Incorpora un succionador de aire con turbinas centrifugas, un quemador a base de gas licuado de petróleo, lo más importante del proyecto es la automatización, la cual permite controlar de manera automática la velocidad de un motor reductor acoplado al removedor de paletas, para mejorar los tiempos de secado. En base a las pruebas realizadas se calcula que tarda un promedio de 2 horas en secar la capacidad completa de la máquina.

Palabras Claves: Automatización, cacao, secado, tablero de control, humedad.

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Cabe recalcar que en la finca “Condado de Montecristi” perteneciente a la parroquia Moraspungo del Cantón Pangua existe todavía el secado tradicional del cacao a base de luz solar, que requiere secar por varios días hasta que esté totalmente seco lo que lleva tiempo y dinero al productor.

La implementación de nuevas prácticas para el secado del cacao de manera más rápida, es a través de una máquina que de manera eficiente seque el cacao en un menor tiempo y mejor aún si es automatizada, reduciendo la mano de obra y el trabajo forzoso de remoción que realizan para secar el grano de cacao.

Es por ello el interés de diseñar una máquina automatizada que realice el secado del cacao en el menor tiempo posible y de manera eficiente, para facilitar al propietario de la finca mayores ganancias en sus cosechas del cacao.

4 BENEFICIARIOS

Con la presente investigación se identifican los beneficiarios directos e indirectos detallados a continuación.

4.1 Beneficiarios directos

El beneficiario directo será el señor Chimborazo Yanchaliquin Segundo Cesar, propietario de la finca “Condado de Montecristi” al recibir la secadora giratoria de cacao automatizada a base de aire caliente con capacidad de 150 kilogramos.

4.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos serán los cacaoteros de la zona, ya que ninguno posee secadora de cacao, el secado lo realizan de manera tradicional (tendal).

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Planteamiento del problema

En Ecuador el sector agrícola es el más afectado en cuanto a producción y comercialización de sus productos en relación a los intermediarios que son los que obtienen mayores ganancias. El método de secado de los pequeños productores de cacao en temporada de verano es través de la luz solar, que deben sacar durante varios días hasta que esté totalmente seco, para poderlo vender a los intermediarios, lo que lleva tiempo y dinero ya que su precio fluctúa entre los 90 a 130 dólares el quintal.

Por otra parte, en la temporada invernal por las condiciones del clima es difícil secar el cacao, algunas personas lo hacen otras no, por lo cual lo venden en baba entre 12 a 15 dólares el tacho y el productor pierde casi el 40 por ciento de ganancias.

Un caso práctico referente a la falta de mejora en el proceso de secado de cacao sucede en el invierno en la finca “Condado de Montecristi”, el problema radica que un día viernes se recolectaron 24 tachos de cacao la cual se llevó a vender a la Ciudad, estando a 15 dólares el tacho obtuvo un total de 360 dólares, teniendo en cuenta que con 6 tachos produce un quintal secándolo.

Suponiendo que el precio de cacao en seco estuviera a 110 dólares, al secar el lote recolectado en ese día se obtuvo 4 quintales de cacao seco, que al venderlo se recibe 440 dólares, por lo cual el productor pierde en cada cosecha efectuada cada 20 días, alrededor de 80 dólares de ganancias. Esto más sucede en época invernal por lo cual no hay mucha la presencia del sol, además afecta a los pequeños productores del sector, ya que no poseen secadoras de cacao en relación a los mayores productores de cacao que cuentan con sus propias secadoras y tienen sus propias micro o macro empresas lo cual no pierden.

5.2 Formulación del problema

¿Cómo disminuir el tiempo del secado de cacao sin importar la temporada del año y garantizar que la finca “Condado de Montecristi” perteneciente a la parroquia Moraspungo obtengan mayores ganancias en sus cosechas de cacao utilizando la secadora de cacao automatizada a base de aire caliente giratorio con capacidad de 150 kilogramos?

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Implementar una secadora giratoria de cacao automatizada con capacidad de 150 Kg con el propósito de una optimización en los tiempos de secado y mejoramiento en la calidad del producto

6.2 Objetivos Específicos

- Investigar bibliográficamente acerca de los tipos giratorios y procesos de secado de cacao con su automatización.
- Diseñar la máquina secadora de cacao a base de aire caliente giratorio en el programa SolidWorks 2018 versión estudiante.
- Construir la máquina secadora de cacao automatizada de acuerdo al diseño propuesto y a las normas de seguridad establecidas.
- Evaluar el funcionamiento del sistema automatizado de la máquina secadora de cacao en la Finca “Condado de Montecristi”

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y tareas en relación a los objetivos planteados

ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:			
OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Investigar bibliográficamente acerca de los tipos giratorios y procesos de secado de cacao con su automatización.	Se procedió a investigar a través de libros, manuales, revistas confiables acerca de los tipos y procesos de secado de cacao de manera artificial.	Se pudo determinar el tipo giratorio y proceso de secado de cacao para su respectiva automatización.	Documentación bibliográfica sobre el tipo y proceso de secado de cacao a utilizarse.

Diseñar la máquina secadora de cacao a base de aire caliente giratorio en el programa solidworks 2018 versión estudiante.	Se diseñó cada componente mecánico de la máquina en software con sus respectivas medidas.	Se logró diseñar las partes mecánicas en el programa Solidworks 2018 versión estudiante.	Los archivos y planos del diseño de la máquina realizado en el programa.
Construir la máquina secadora de cacao automatizada de acuerdo al diseño propuesto y a las normas de seguridad establecidas.	Se investigó las diversas normas existentes para la construcción de los equipos automatizados.	Se pudo construir la máquina automatizada en base a las normas ecuatorianas de construcción. (NEC).	Fotografías de la construcción de la máquina y tablero de control.
Evaluar el funcionamiento del sistema automatizado de la máquina secadora de cacao en la finca “Condado de Montecristi”	Valorar el funcionamiento de la máquina construida y medición del pH del grano seco una vez secado en la máquina por medio de un ensayo de laboratorio.	Se pudo probar con precisión los valores de las principales variables de la máquina, así como el rendimiento que ofrece.	Fotografías, tabulaciones, hojas de registro donde se destaca el funcionamiento eficaz de la máquina.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Antecedentes

La problemática que hoy en día presenta la finca “Condado de Montecristi”, del señor Chimborazo Yanchaliquin Segundo Cesar, es que no presenta un proceso de secado de cacao automático por lo cual lo realizan de manera tradicional en tendales.

En Ecuador el principal producto para sostener la economía es el cacao, debido a su aroma y sabor que poseen, lo cual son transformado como producto elaborado el chocolate, a través de procesos realizados en fábricas. Convirtiéndose así en uno de los productos con mayor demanda a nivel nacional e internacional. Uno de los procesos más importantes para lograr el producto de calidad, es el proceso de secado del grano de cacao, lo que se realizan por dos métodos como son secado natural y artificial.

Según (Nuñez, 2017) en su proyecto” Automatización de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales”, realizado en Perú – con el propósito de secar de manera automática, logro también mayor relevancia al secar el grano de manera homogénea, conservando características sensoriales en un secador con dos paletas, a una temperatura de $333.15\text{ }^{\circ}\text{K}$ y una velocidad de 0.12 rad/s , su combustible utilizado es GLP.

Según (Orna, Chuquin, Saquina, & Cueva, 2018) en su proyecto “Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg”, realizado en Ecuador – Chimborazo con el fin de disminuir el tiempo de secado, además la máquina realizada logra un secado adecuado del 9% de humedad en un periodo de 4 a 5 horas durante el proceso, mejorando así la eficiencia y producción.

8.2 Fundamentación teórica

8.2.1 El cacao en América

Según (García, 2019) menciona que cacao es uno de los productos agrícolas más relevantes utilizado en estos últimos años en todo el mundo como materia prima para la elaboración de diversos productos en especial para la obtención del chocolate. En cifras reales el cacao beneficia a 329.607 productores la cual es importante ya que promueve la economía, la

Organización Internacional del Cacao de América Latina y Caribe indica que los países más productores de cacao son Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador y México.

En todo el mundo se consume mucho los chocolates por lo cual crece cada año más con respecto a años anteriores en la cual la demanda era baja por ello existen varios proyectos en fortalecimientos de sembríos del cacao fino de aroma más conocido como el cacao nacional ya que es el más apetecido por las empresas que fabrican el chocolate.



Figura 1 América latina es el principal productor de cacao en el mundo

Fuente: Tomado de (Freire, 2019)

8.2.2 Historia del cacao en Ecuador

Según (Perez R. , 2009) menciona que existen muchas historias sobre de cómo se integró esta planta a nuestro país entre las principales se destaca que es una planta que tiene sus orígenes en las selvas tropicales de Sudamérica y de América Central por lo general estas plantas se da en los lugares más cálidos de cada región del país. Durante el siglo XIX, en las provincias de Los Ríos, Guayas y el Oro se hicieron los primeros sembríos de cacao pero no obstante en las zonas de la parte de arriba del río Guayas era la principal región donde se producía el cacao fino de aroma por ello la denominación de origen “Arriba”, este cacao por su calidad y aroma es muy apreciado en el mercado internacional donde obtiene altos precios.

Entre los años 1880 a 1890, el Ecuador se convirtió en uno de los países principales en cuanto a la producción y comercialización del grano de cacao en Latinoamérica, el cacao que se produce en Ecuador es el cacao nacional más conocido como el cacao fino de aroma además existen varias clases, gracias a las grandes exportaciones que se realizaron fueran del país se construyeron los primeros bancos de país donde se maximizó la economía y el comercio nacional y se lo llamó la por excelencia “Pepa de Oro”



Figura 2 Historia del cacao en Ecuador

Fuente: Tomado de (ANECACAO, 2015)

8.2.3 Cacao en Ecuador

Según (Miranda F. , 2019) en nuestro país Ecuador las provincias donde se concentran las mayores producciones de cacao son Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos teniendo en cuenta que la planta se da en las regiones que cuenten con clima cálido. El cacao CCN – 51 denominado Cacao Nacional en sus características principales es un cacao fino de Aroma conocido como anteriormente se lo menciona como “Arriba” desde su historia.

El Ecuador es el país que cuenta con una mayor enfoque en el segmento del mercado mundial con un 63 % de acuerdo con las estadísticas de Pro Ecuador, cabe recalcar que nuestro país recibió el premio como el mejor cacao por su calidad y considerado el mejor grano de cacao en su reconocimiento del restaurant “Salón du Chocolat” en París Francia.

Características del producto (Cacao)

Según (Malvaceae, 2015) menciona en sus características conforme a la planta destaca su hoja perenne y tronco larguirucho, mide entre 4 a 8 metros de altura durante su desarrollo y de 5 a 25 centímetros de ancho durante su desarrollo su tiempo aproximado de producción y cosecha es aproximadamente de 5 años. Su pigmentación de las flores es de un color amarillo pálido, posee como característica principal el crecimiento de flores alrededor de todo el tronco que es inusual en otros árboles. Sus frutos son de vainas rojizas o marrones, de forma cilíndrica donde se encuentra numerosas semillas en una pulpa rojiza.

Tipos de cacao en Ecuador

Según (Acuña, 2017) en nuestro país existen dos tipos de cacao el cacao CCN-51 más conocido como el cacao ramilla se distingue por su coloración del fruto rojizo es preferido en gran porcentaje en empresas dedicadas a la elaboración de productos derivados del cacao ya que no posee un aroma igual al que tiene el cacao nacional reconocido en los mercados extranjeros a nivel mundial.



Figura 3 Cacao fino de aroma.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 4 Cacao CCN-51

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

8.2.4 Factores climáticos en el cultivo de cacao

Según (Peña, 2017) indica que los principales factores climáticos a la cual se asocia el cacao son la humedad relativa del ambiente, la luminosidad como factor el sol, el tipo de terreno donde se encuentra sembrado, precipitaciones bajas y altas, la temperatura del ambiente donde se encuentre se establece podar la planta en épocas de luna oscura para que adquiera más floración durante las próximas cosechas.

Humedad relativa y temperatura

El cacao es una planta que se desarrolla en un ambiente despejado con claridad en donde la humedad relativa es el factor en cuanto a la propagación de algunas enfermedades o plagas. Dicha planta debe encontrar en zonas que tengan temperaturas entre los 21 a 25 °C, con una humedad relativa entre 70 – 80 %.

Luminosidad

Se requiere una luminosidad adecuada por medio de la luz solar, para que el fruto se desarrolle adecuadamente y alcance su estado de madurez y floración como factor importante dependerá de la latitud y el tiempo, debe tener un porcentaje de luminosidad del 55 %, mientras que en otros países lo tienen como invernadero ya que posee un grado de luminosidad del 170% por ende son tratada con fertilizantes para lograr su producción.

Exigencias en el suelo

Se requiere de suelos que sean muy ricos en materia orgánica, profundos, negros o arcillosos, que tengan un buen porcentaje de humedad deseada ya que las raíces del cacao alcanzan varios metros de profundidad por lo general se recomienda hacer los analices del suelo para detallarle que le hace falta o que abonos o nutrientes proporcionarle a la planta.

8.2.5 Tiempo de secado del cacao

Durante la cosecha del cacao se recomienda dejar que se fermente en sacos, gavetas y cajas de madera durante unos 3 a 5 días, para su posterior secado al sol por medio de tendales o secado artificial que se lo realiza en las secadoras tradicionales.

En secadoras tradicionales duran entre 5 a 10 horas el secado por la remoción que se debe hacer al cacao por medio de palas dependiendo del porcentaje de humedad interna del grano, su temperatura no debe excederse de los 50 a 60 °C, que es la temperatura recomendable para que el grano adquiera la contextura adecuada de acuerdo a los estándares de calidad del grano seco.

8.2.6 Tratamiento post cosecha del cacao

Cosecha del cacao

Según (Joaquin, 2009) menciona que durante la etapa de cosecha del cacao se debe distinguir cual fruto cosechar escoger solamente el fruto que esté totalmente maduro con el fin de tener una uniformidad durante la segunda etapa que es la fermentación y hacer la separación de mazorcas inmaduras o aquellas que han sido afectadas por alguna enfermedad.



Figura 5 Cosecha del cacao

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Fermentación

Según (Joaquin, 2009) dice que en el proceso también conocido como “La cura del grano” este proceso se lleva a cabo mediante la cosecha del grano se deja en fermentación entre 3 a 5 días por medio de gavetas, cajas de madera o sacos en la cual el grano de cacao experimenta cambios físicos y químicos que harán el grano siga cambiando su composición química.



Figura 6 Fermentación del cacao en gavetas

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

8.2.7 Secado y selección del grano

Según (Tinocolo H. Y., 2010) menciona que para la selección del grano de cacao se debe dejar secar al sol entre 3 a 5 días que exista una buena radiación por parte del sol de esto dependerá

que el grano salga de buen calidad es necesario hacer la prueba de humedad del grano por medio de formula o equipo que mida dicha variable y la comprobación del pH que esté de acuerdo a los estándares de calidad como lo establece el mercado.



Figura 7 Secado de cacao

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

8.3 Tipos de secados

8.3.1 Secado Solar tipo túnel

Según (Lopez & Chavez, 2018) indica que el secado solar tipo túnel es muy utilizados en regiones donde tienen climas cálidos, es basado a un diseño tipo tailandés que fue realizado para el uso de secado de alimentos por industrias pequeñas. Las principales características de este secador consisten en que tiene un techo parabólico cubierto con hojas de policarbonato, una estructura de acero galvanizado y piso de concreto en dimensiones se deja en consideración de acuerdo a la producción de la finca y el porcentaje de terreno, además cuenta con una celda solar para acelerar el proceso de secado.



Figura 8 Secador tipo túnel

Fuente: Tomado de (López & Chavez, 2018)

8.3.2 Tecnología térmica solar aplicada en el proceso de secado de cacao

Según (Obando & Guzman, 2020) menciona que los productores de cacao de todos los países buscan métodos alternativos de secados más económicos y efectivos posibles tales como sistemas térmicos solares que es la opción más viable en la mayor parte de países desarrollados, permite un gran beneficio ya que es una opción higiénica que se requiere para la conservación de producto, reduce pérdidas en las cosechas, mejoramiento de la calidad del producto, eficiente tiempo de secado y en lo esencial ocupan menos espacio que es lo que se requiere.



Figura 9 Tecnología térmica solar

Fuente: Tomado de (Obando & Guzmán, 2020)

8.4 Automatización eléctrica

Según (Leopard, 2020) recalca que para cualquier equipo por pequeño que sea siempre va tener un tipo de automatismo eléctrico lo cual va gobernar lo que son los motores encargados de dar funcionamiento al equipo. Se utiliza la técnica eléctrica para el control de movimiento lineal o angular, existen varios casos donde se precisan lo que son las velocidades constantes y desplazamientos precisos. Se requiere de una fuente de energía eléctrica de 110 o 220 V en equipos industriales. Entre los elementos de mando más comunes para la automatización son los:

- Pulsadores
- Interruptores
- Conmutadores
- Detectores fotoeléctricos
- Relés

- Temporizadores
- Contactores

8.4.1 Automatización electrónica

Según (Leopard, 2020) menciona que la automatización electrónica se da en las empresas industriales para no ocupar mucho personal en los diversos campos de trabajo el modo de automatización se lo realiza de forma digital, en la que se utiliza como equipo de programación el programador lógico controlable PLC, estos equipos deberán ubicarse alejados de:

- Zonas libres de contaminación.
- De áreas expuestas cerca de ríos para evitar inundaciones.
- Lugares expuestos a invasiones de plagas
- Zonas en las que no entren los recogedores de basuras por lo cual se deberán quemar todos los desechos de la empresa que se quemaría y ocasionaría daño al medio ambiente.

Según (Vidal, 2004) sugiere que para dichos establecimientos deben estar alejados de viviendas del sector los pisos y paredes deberán ser de un material lavable como la baldosa, las superficies y materiales con los que están contruidos los establecimientos deberán construirse de materiales que tengan bajos grados de contaminación por que estarán en contacto con alimentos, no pueden ser tóxicos y deben ser fáciles de mantener, limpiar, desinfectar como lo es el acero inoxidable.

8.5 Tipos de máquinas secadoras de cacao

8.5.1 Secador rotatorio

Según (Nonhebel M. , 2008) recalca que esta máquina de forma rotatoria es elevada por la rotación del secador, la corriente del aire caliente que circula a lo largo de la carcasa del secador permite el secado del grano de manera uniforme la función principal de estos secadores de gran tamaño es que poseen un enfriador del producto que opera bajo el mismo principio de funcionamiento anterior de manera generalizada.

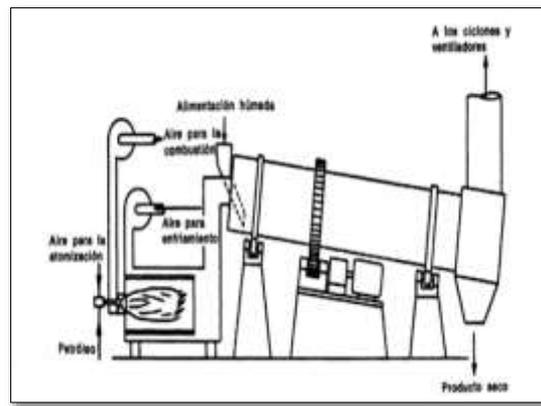


Figura 10 Secador rotatorio

Fuente: Tomado de (Nonhebel, 2008)

8.5.2 Secador de Bandejas

Según (Calle & Aparicio, 2011) menciona que este tipo secador posee una cabina en el interior del ventilador el cual será el encargado de la circulación del aire caliente que pasa de manera horizontal a una serie de bandejas dispuestas paralelamente entre sí, cada una de esas bandejas tendrá una cierta cantidad de producto fermentado a secar cuya principal fuente de alimentación a utilizarse es la energía eléctrica 220 V.

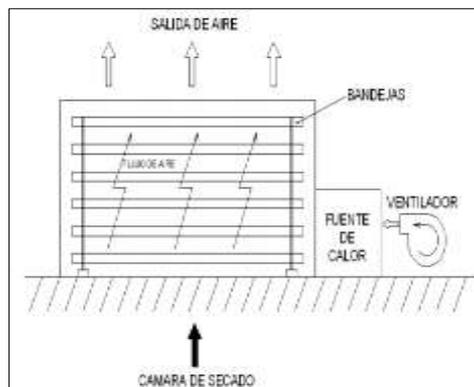


Figura 11 Modelo del secador de bandejas

Fuente: Tomado de (Calle & Aparicio, 2011)

8.5.3 Secador con removedor

Según (García, 2015) recalca que este tipo de secador con removedor es el más utilizado en estos últimos años por la mayorías de las industrias dedicadas a la elaboración del chocolate y demás productos derivados del cacao, está compuesto principalmente de un ventilador el cual se encarga de ingresar el aire caliente a través del conducto del contenedor, dicho aire caliente

se desplaza de manera vertical hasta llegar a la bandeja perforada que está encargada de almacenar la capacidad del cacao para la cual fue diseñada.

En su parte superior dispone de un mecanismo rotatorio que posee varios rastrillos cuya función que desempeña es de ir removiendo los granos de cacao mientras el aire caliente ascendente generado por el quemador lo va secando, este secador permite obtener una gran calidad final gracias a su sistema de remoción automática la cual evita la interacción de la mano de obra humana.



Figura 12 Secador de cacao con removedor

Fuente: Tomado de (García, 2015)

8.6 Composición química del cacao

Según (Salvador, 2016) describe en cuanto a su composición química que el grano de cacao depende de varios factores exigentes como son: los tipos de cacao puede ser CCN – 51 o el cacao nacional, grado de madurez de la mazorca, calidad de fermentación del grano que dependerá del tiempo, el secado y procesamiento del grano hacia las empresas.

Entre los principales constituyentes que integran el cacao son:

- El agua
- Grasa
- Compuestos fenólicos
- Materia nitrogenada
- Proteínas
- Purinas
- Cafeína
- Otros carbohidratos
- Materia inorgánica

Tabla 2: Composición química de variedades de cacao.

Parámetro	Variedad de cacao		
	cv. Criollo*	cv. Criollo OC63**	cv. MAR 4***
Humedad	52,5	4,62	6,37
Proteína	7,88	19,15	14,0
Grasa	23,92	56,37	56,0
Fibra cruda	3,13	4,23	0,37
Cenizas	2,07	5,24	3,32
Carbohidratos	10,5	10,39	19,94

Fuente: Tomado de (Reyes, 2016)

8.7 De las exportaciones

8.7.1 La compra por el exportador

El exportador o comerciante que realiza la compra del cacao para venderlo al exterior tiene dificultades al momento de comprarlo a los pequeños propietarios dueños de fincas dedicadas al cultivo del cacao una evaluación minuciosa del grano seco de cacao puede durar hasta una hora para comprobar su calidad, el exportador almacena el cacao en sacos por lo cual es difícil evaluar su calidad por la cual tiene que retener una parte del pago para asegurarse que el cacao entregado no sea de calidad inferior a la esperada.

Esta son las principales razones para que los pequeños cultivadores de cacao formen micro o macro empresas destinadas a las exportaciones de cacao hasta el exterior.

8.7.2 Dificultades en la venta del cacao

Según (ECORAE, 2015) distingue algunas dificultades al momento de la venta la cual recalca que en la cosecha se cultivan el cacao monilla y el bueno, al momento de la fermentación y secado no lo seca por separado para que no se mezclen lo que ocasiona que el cacao lo evalúen de mala calidad, Las grandes comercializadoras son las más exigentes al momento de la evaluación del grano.

8.8 La Automatización

Según (Perez L. , 2014) menciona que al nivel mundial la automatización ha causado un gran impacto en cuanto a la innovación de varios procesos industriales para hacer más eficientes la elaboración de diversos productos y facilitar al empleador que el proceso de trabajo sea más eficiente.

Según (Jaqueline, 2018) destaca que en estos ultimo años se ha logrado mejorar la tecnologia para dar funcionamiento a maquinarias sofisticadas por medio de la automatizacion, La Real Academia de la Ciencias Físicas y Exactas define la automatizacion como un conjutos metodos y procedimientos enfocados en procesos industriales.



Figura 13 La importancia de la Automatización

Fuente: Tomado de (Prado, 2018)

8.8.1 Principales razones para automatizar

Incrementa la productividad

Según (Nuñez, 2017) sugiere la estandarización de procesos para su posterior revisión y maniobra, se incorpora nuevas tecnologías para hacer énfasis en lo que es el desarrollo y la distribución y mejoramiento de los diversos procesos.

Reduce costos

Se recupera la inversión de la automatización de los equipos gracias a que la producción incrementará y se tendrá más ingresos.

Continuidad del proceso

La automatización logra tener una continuidad del proceso, si de pronto habría un accidente laboral en la empresa la maquina siguiera operando de manera automática.

Niveles de calidad óptimos

Gracias a la automatización permite tener los procesos en niveles óptimos de calidad, pero se debe realizar mantenimientos preventivos y correctivos a los equipos para alargar la vida útil.

Seguridad del personal

Se incrementa la seguridad personal del operario ya que los equipos cuentan con su respectiva automatización y manual de usuario.

8.8.2 Automatización de las secadoras de cacao

Según (Nuñez, 2017) menciona que en nuestro país el Ecuador existen un sinnúmero de secadoras tradicionales todas con algún grado de automatización la cual imposibilita tener un secado óptimo ya que no existe automatización sin embargo los tiempos de ejecución y el control de variables en periodos de tiempo completos mejorando la rentabilidad del proceso y el nivel de vida de los trabajadores de la empresa.

Las empresas transnacionales son dedicadas a la compra del grano de cacao para exportar a sus grandes clientes hacia otros países, implementan en sus procesos mayor tecnificación en cuanto a automatización, existen en todo el mundo varios sistemas automatizados para la fabricación de varios productos que utilizan como materia prima granos de café, maíz, cacao, etc.



Figura 14 Secadora de cacao

Fuente: Tomado de (Nuñez, 2017)

8.9 Diseño y partes mecánicas de la máquina

Para el diseño de la máquina secadora de cacao automatizada se debe tomar en cuenta el dimensionamiento del equipo la selección de los elementos y tipo de material a utilizarse para la construcción y la fuente de alimentación como es la parte eléctrica.

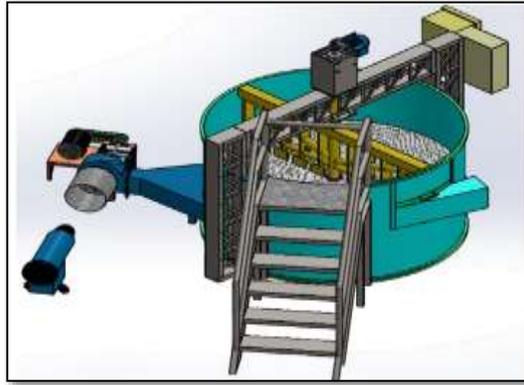


Figura 15 Diseño de la máquina secadora de cacao

Fuente: Tomado de (Moreno, 2015)

8.9.1 Motor reductor

La función principal del motor reductor es reducir la velocidad de giro a lo requerido para el proceso, de acuerdo a los diseños de los motores reductores se debe elegir la potencia requerida según el proceso. Se debe tener en cuenta el diseño del par reductor para determinar un motor reductor adecuado para cargas ligeras, medias o pesadas. Estas características principales transmiten la fuerza desde el eje del motor hacia la entrada del eje de salida además se le acopla un variador de frecuencia que se lo programa de acuerdo a la marca según el catalogo del equipo.

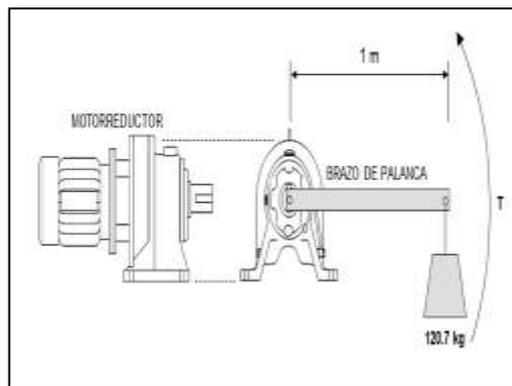


Figura 16 Funcionamiento del motor reductor

Fuente: Tomado de (Colina, 2013)

8.9.2 Contenedor de granos

Es donde se almacenará el grano fermentado para su posterior secado y el secado se lo realizará por medio del removedor por paletas.

8.9.3 Estructura de soporte base

La base de soporte del contenedor será construida a base de acero y será el que va a soportar el peso lleno del contenedor con toda su capacidad llena además soportara el peso del motor reductor, y tablero de control del equipo.

8.9.4 Sistema removedor

El sistema removedor por paleta cuya función principal será de remover el cacao de manera lenta o rápida, está diseñada conforme lo requiera la empresa además todas las paletas estarán girando con la ayuda del motor reductor y programado con el variador de frecuencia.

8.9.5 Quemador y motor para ventilación

Se utilizará un quemador de los tradicionales a base de Gas Licuado de Petróleo (GLP), incluido a eso ira instalado un motor con hélices centrífugas que harán ingresar el calor al contenedor por medios de los ductos para efectuarse el secado del grano de cacao.

8.9.6 Tablero de control

Según (Sector TI, 2015) recalca que los tableros de control son la parte fundamental de toda automatización de equipos, deben estar instalados de acuerdo a las normas de seguridad e instalación establecida su función principal es de permitir medir el estado actual del equipo por medio de indicadores luminosos y evaluarlos frente a diversos objetivos. De tal forma facilita al momento de la toma de decisiones aumentando la precisión del equipo y minimizando la probabilidad de error.

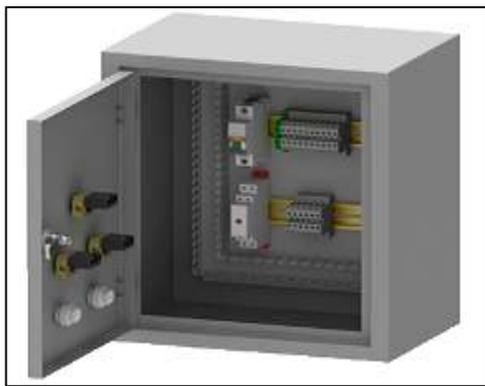


Figura 17 Tablero de control.

Fuente: Tomado de (Energiza corporativo, s.f.)

8.10 Normas para la construcción del equipo

8.10.1 Especificaciones de construcción de un tablero de control de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC.

Según (Norma Ecuatoriana de Construcción NEC, 2013) establece que para la construcción de tablero de control se debe tener en cuenta lo siguientes parámetros a continuación.

- Todos los dispositivos y componentes eléctricos del tablero de control deberán montarse dentro de cajas metálicas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen y a las funciones del equipo.
- Los tableros deben de estar fabricados de materiales resistentes a la oxidación, fuego autos extingüibles, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.
- Todos los tableros de control deben tener una cubierta interna de pronto se encuentre a la intemperie está cubierta tiene la finalidad de impedir el contacto de cuerpos extraños con respecto a las partes energizadas, solo debe quedar al alcancé del operario del equipo, debe contar con perforaciones de tamaño adecuado para poder dejar pasar el cableado y demás conexiones existentes en el equipo, sin que ello permita la introducción de los mencionados cuerpos extraños, sin que ninguno de los elementos indicados sea solidario a ella, palancas, perillas de operación o piezas de reemplazo, si procede, de los dispositivos de maniobra o protección.
- La cubierta que cubre al equipo se fijará mediante bisagras en disposición vertical, en este último caso los tornillos de fijación empleados deberán ser del tipo no desprendible para que no se pierdan. La puerta de cierre del tablero de control deberá estar totalmente

cerrada y sobre fuera de ella se mostrará elementos electrónicos como son pulsadores, indicadores luminosos, selectores y equipos de medidas.

- Los tableros podrán ser montados empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o mediana capacidad, tamaño y peso. Si los tableros son de gran capacidad, tamaño y peso, éstos deberán ser auto soportados mediante una estructura metálica anclada directamente al piso o sobre una estructura de hormigón. Posición en las paredes.

8.10.2 El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando la Norma NEC

- El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas o canaletas de material no conductor que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.
- Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
- Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero. Instalaciones electromecánicas.
- Las cajas, gabinetes o armarios en que se monten los tableros podrán ser construidos con láminas de hierro, acero o materiales no conductores.

Las cajas y gabinetes metálicos podrán estar constituidos por láminas de hierro o acero plegadas y soldadas las que le darán forma y rigidez mecánica. Los armarios metálicos se estructurarán sobre bastidores de perfiles de resistencia mecánica adecuada a las exigencias del montaje y se cerrarán con placas plegadas las que formarán sus cubiertas y puertas. Es recomendable la construcción modular de estos contenedores de modo de poder construir tableros de gran tamaño mediante el montaje de grupos de estos módulos. (Norma Ecuatoriana de Construcción NEC, 2013)

8.10.3 Código de colores

Todas las tuberías a la vista deberán ser pintadas en todo su recorrido o al menos en tramos utilizando franjas de mínimo 20 cm. espaciadas como máximo 3 metros. Todos los cajetines o cajas de paso o terminación deben ser pintados en su totalidad. Los colores establecidos en esta norma para identificar los diferentes subsistemas eléctricos y electrónicos son:

Instalaciones eléctricas

Verde Oscuro

Acometidas eléctricas de Bajo Voltaje

Rojo

Acometidas de media Tensión

Azul eléctrico

Circuitos de tomacorrientes con energía normal

Blanco

Circuitos de tomacorriente con energía regulada (Norma

Ecuatoriana de Construcción NEC, 2013)

9 HIPOTESIS

Se obtendrá un secado de cacao uniforme en un tiempo adecuado y se podrá controlar de manera manual o automática el proceso de secado del cacao garantizando la buena calidad del producto.

10 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un tipo de investigación experimental, inicialmente se recopila información sobre el diseño y construcción de una secadora automatizada previo a su implementación, se parte del método deductivo que permite analizar la información obtenida en el proceso investigativo y de las variables utilizadas para realizar el proyecto antes mencionado. En cuanto a las técnicas fueron necesarias la observación, el análisis documental y la experimentación, donde se observa y se analiza la documentación investigada, para ejecutar el proyecto y posteriormente realizar pruebas y modificando sus variables.

10.1 Contexto geográfico

La finca es dedicada al sector cacaotero, no cuenta con un secador de cacao, el secado se lo realiza luz solar utilizando tendal. Motivo por el cual, se ha visto la necesidad de implementar un proyecto nuevo de una máquina automatizada en beneficio del sector, ya que ninguno cuenta con dicha máquina. Siendo en la actualidad el propietario de la finca el Sr, Segundo Cesar Chimborazo Yanchaliquin, En cuanto al sitio de localización se encuentra ubicado en el recinto Calabi de Sillagua, parroquia Moraspungo, cantón Pangua, en el sub trópico de la provincia de Cotopaxi.

Cuenta con una área alrededor de 10 Ha (100000 m^2) con una altitud de 500 m.s.n.m. Como se observa en la figura No 18, la ubicación de la finca a través del GPS.

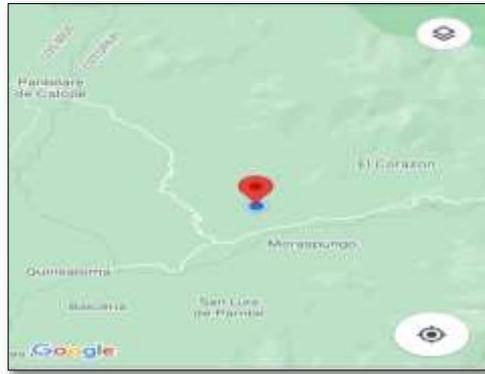


Figura 18 Ubicación GPS

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.2 Descripción del diseño de la máquina

En el diseño de la máquina se considera las necesidades de la finca “Condado de Montecristi” auspiciante del proyecto de investigación requiere para el secado de cacao lo siguiente:

Tabla 3: Nivel de prioridad del cliente

Ítems	Requisitos del cliente	Prioridad
		5: muy relevante 1: No relevante
1	Reducir la mano de obra	5
2	Minimizar el tiempo de secado	4
3	Preservar la calidad del cacao	5
4	Realizar el diseño de bajo costo	3
5	Secar sin importar el tiempo(Invierno, verano)	5
6	Bajo consumo de Energía	4

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.2.1 Características técnicas

Previo a los requerimientos del cliente, se enlista las características técnicas que debe ser considerado para el diseño de la secadora de cacao automatizada, se considera las características cuantitativas para dar soluciones a las necesidades de la finca “Condado de Montecristi”. En la siguiente tabla se muestra los valores posibles de características técnicas.

Tabla 4: Características técnicas para el diseño de la secadora de cacao automatizada.**Ítems Características técnicas**

1	Velocidad del removedor	0.83 rad/s
2	Potencia del motor	372.85 W
3	Temperatura del flujo de aire	318.15 - 343.15 ° K
4	Consumo de Energía	Energía Eléctrica, GLP
5	Materiales	Acero Inoxidable, plástico

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.2.2 Solución de sub - problemas de conceptos

En la siguiente grafica se muestra un conjunto de problemas, acompañado de soluciones a utilizarse, seleccionando la mejor variable o la que más se adapte al prototipo deseado.

Tabla 5: Conjunto de problemas y soluciones más adaptable al prototipo deseado.

Alimentación de la máquina secadora	Contenedor de granos de cacao	Tipos de señales	Actuadores	Sistema de mando y control	Sensores de temperatura	Tipo de quemador
Generador a base de combustible	Contenedor	Señal hidráulica	Motor DC	Relés mecánicos industriales	RDT	Quemador de GLP
GLP	Cernidero	Señal Eléctrica	Motor AC	Contactores	Termómetro	Resistencias Eléctricas
Baterías	Tolva	Señal neumática	Motor reductor	Disyuntores	Termo cúpulas	Intercambiador de calor
Energía Eléctrica			Motor a pasos	Relés de estado solido		
Energía Solar			Motor hidráulico			

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.2.3 Tabla de combinación de conceptos

Una vez evaluado las posibles soluciones de los sub problemas, se estableció la mejor alternativa para el prototipo en la finca “Condado de Montecristi” mediante la combinación de conceptos estudiados como se observa en las tablas siguientes:

Tabla 6: Solución de la energía a utilizarse

Suministro de energía	Conversión de energías Eléctrica – mecánica	Aplicación de la energía mecánica para remoción
GLP	Movimiento lineal	Motor lineal
Baterías	Movimiento rotacional	Motor a Pasos
Energía Eléctrica		Motor reductor
Energía Solar		

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Tabla 7: Solución para el almacenamiento y remoción de granos.

Tipo de almacenamiento	Forma	Remoción de granos
Cernidero	Hermético	Removedor de paletas
Tolva	Base perforada	Removedor de hélice
Contenedor	Rotatorio	Removedor de turbina

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Tabla 8: Solución para el control de mando y sensores.

Tipo de controlador	Tipo de calefactor	Tipo de sensor
Control manual	Resistencias Eléctricas	Termómetro
Controlador Automática	Quemador GLP	Electroválvula
Control PID	Intercambiador de calor	Termo cúpulas

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.2.4 Descripción del tipo de máquina

Para el diseño se utilizó el secador con removedor por paletas ya que es un diseño muy utilizado en estos últimos años debido a sus grandes capacidades de secado. Está compuesto por un

ventilador que ingresa aire caliente a través de un conducto en la base del contenedor, dicho aire caliente se desplaza verticalmente a través de una bandeja perforada que está encargada de contener toda la capacidad del cacao.

En la parte superior se dispone de un mecanismo rotatorio con varias paletas que irán removiendo a los granos de cacao mientras el aire caliente ascendente los va secando, este secador genera una gran calidad final del secado gracias al sistema de remoción automático que evita la interacción de la mano de obra humana.

10.2.5 Descripción de los elementos que componen la máquina.

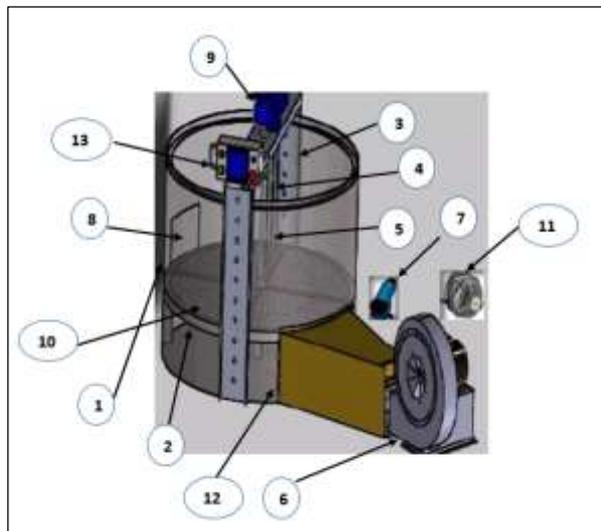
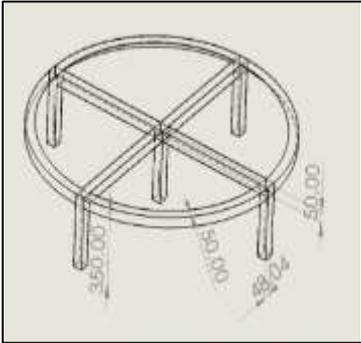
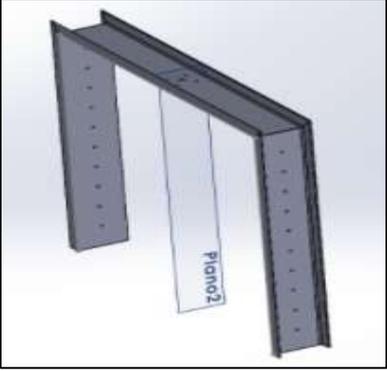


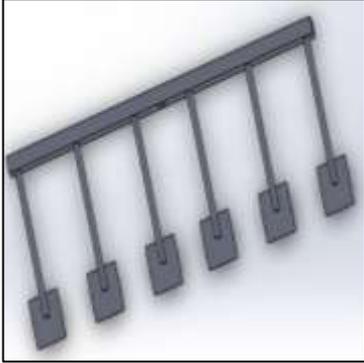
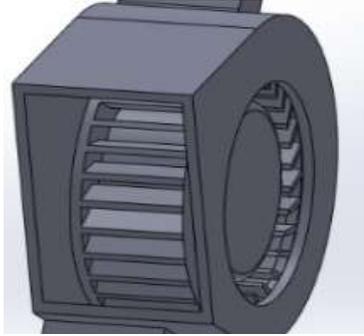
Figura 19 Esquema del diseño de la máquina secadora de cacao

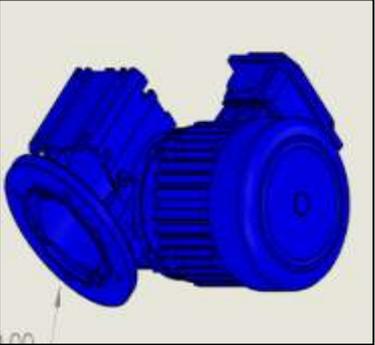
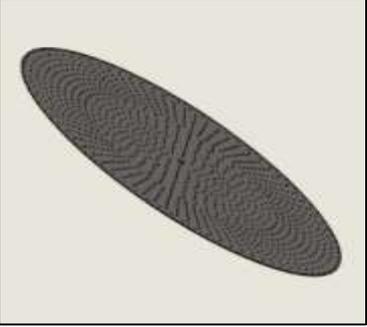
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

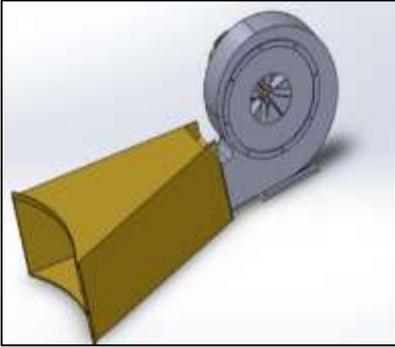
10.2.6 Descripción de los componentes de la máquina secadora de cacao.

Tabla 9: Descripción de los elementos mecánicos

COMPONENTE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<p>1. Contenedor</p>		<p>Se eligió como materia prima para la construcción del contenedor el acero inoxidable AISI 304, ya que el grano de cacao que ingresa al equipo con un porcentaje de húmeda y eso hace que oxide los metales por ello la elección del material para alargar la vida útil del equipo.</p>
<p>2. Estructura de soporte base</p>		<p>Esta estructura está fabricada de Tubo cuadrado (3/4" x 1.5) de acero inoxidable para soportar el peso para la cual fue construido.</p>
<p>3. Estructura pórtico</p>		<p>Está fabricado en acero al carbono ASTM A36, la cual brindara soporte al motor reductor donde se instaló el eje y el sistema removedor por paletas.</p>

<p>4. Eje</p>		<p>El eje nos sirvió para la transmisión desde el motor-reductor al sistema removedor por paletas para realizar el proceso de remoción para el secado del cacao.</p>
<p>5. Sistema removedor por paletas</p>		<p>El sistema removedor es el principal componente para la remoción del secado del cacao se utilizó tubos y láminas de acero inoxidable y para su unión se utilizó soldadura de electrodo revestido.</p>
<p>6. Ventilador centrifugo</p>		<p>Su función es generar una circulación de aire por el ducto para lograr el secado del grano de cacao. Se necesita un motor para dar movimiento al centrifugado.</p>
<p>7. Quemador</p>		<p>Su función es producir calor al sistema, dependiendo del tipo de combustible es capaz de generar el calor requerido para el secado, en nuestro caso utilizamos GLP.</p>

<p>8. Compuerta del vaciado</p>		<p>Fabricado en la parte trasera del contenedor y se obtuvo un diseño adecuado para el vaciado del cacao después de su secado automáticamente con la posición de paletas.</p>
<p>9. Motor reductor</p>		<p>Su función es reducir la velocidad de giro del motor, se acoplado eje del sistema removedor por paletas para que tenga un movimiento moderado para la remocion del secado del grano de cacao.</p>
<p>10. Lamina perforada</p>		<p>Sirve de base o fondo para el contenedor donde se almanecera el cacao fermentado, tendra pequeños agujeros para la expulsion de desechos del cacao ya seco.</p>
<p>11. Motor para el ventilador</p>		<p>Su funcion es de mover las aspas centrifugadas que producen el recorrido de aire al sistema, lo cual se requerira una fuente de voltaje de 220V y 559.27 W de potencia.</p>

<p>12. Entrada de aire</p>		<p>Sirve para el ingreso del aire de forma radial en donde calor debe distribuirse dentro del contenedor para el secado del cacao.</p>
<p>13. Tablero de control</p>		<p>Donde se controlara el proceso de secado automático por medio de sistema de control, con todos sus elementos eléctricos que la conforman.</p>

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

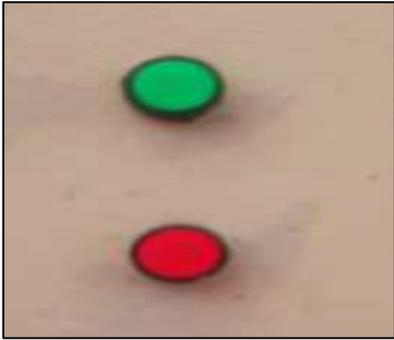
10.2.7 Estructura del control de mando

En la siguiente tabla se muestran todos los componentes del tablero de control, se dispone de un interruptor de encendido y apagado de la máquina, pulsadores de marcha y paro, paro de emergencia, indicadores de temperatura del sistema, selector de velocidad del ventilador centrífugo, luces pilotos, potenciómetro de velocidad y sentido de giro del removedor de paletas.

Tabla 10: Descripción de los elementos eléctricos

COMPONENTE	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
<p>1. Selector de encendido y apagado de la máquina.</p>		<p>Se utilizó un selector para el encendido y el apagado, su función principal es dejar pasar o no la corriente del circuito eléctrico del tablero de control de la máquina.</p>
<p>2. Pulsadores de marcha y paro</p>		<p>Se utilizó dos pulsadores uno de marcha y el otro de paro su función principal es de abrir y cerrar el circuito, cuando lo presione y al soltarlo vuelve a su posición inicial.</p>
<p>3. Pulsador de paro de emergencia</p>		<p>Se utilizó un pulsador de paro de emergencia que nos va a servir para prevenir situaciones de peligros, evitar daños a la máquina su función es de interrumpir el circuito y eliminar el poder desde el relé que mantiene el circuito energizado.</p>

<p>4. Indicadores de temperatura del sistema</p>		<p>Se utilizó un indicador de temperatura para el sistema la cual nos va a permitir observar a que temperatura se va a estar secando el cacao cuya función es la de procesar la señal de los sensores de temperatura e indicarlos en la pantalla</p>
<p>5. Selector de velocidad del flujo de aire del ventilador centrífugo</p>		<p>Permite seleccionar la velocidad del caudal de aire, la velocidad alta (es $0.94 \frac{m^3}{s}$) y la velocidad baja es $0.56 \frac{m^3}{s}$.</p>
<p>6. Potenciómetro de velocidad</p>		<p>El potenciómetro sirve para aumentar o disminuir la velocidad de giro del motor reductor acoplado al sistema removedor por paletas.</p>
<p>7. Sentido de giro del removedor de paletas</p>		<p>Se utilizan tres interruptores, el primero es para el sentido de giro del removedor, el segundo interruptor es para el modo Local/Remoto y el tercero es para encendido y apagado de las paletas</p>

<p>8. Luces pilotos</p>		<p>Se utilizó dos luces pilotos la una de color verde para observar el encendido de la máquina que está en funcionamiento la otra de color rojo para observar que la máquina está apagada fuera de operación.</p>
--------------------------------	---	---

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.3 Dimensionamiento y cálculo de los equipos

10.3.1 Cálculo del removedor por paletas

Los removedores por paletas o agitadores son utilizados en las industrias para un sin número de procesos y giran a una velocidad baja de 0.52 rad/s a 2.30 rad/s. Su característica principal es que posee una remoción suave en un contenedor abierto para el secado de los diferentes tipos de granos.

Las paletas para la remoción del cacao se establecieron las siguientes medidas como se muestra en la siguiente imagen a continuación.

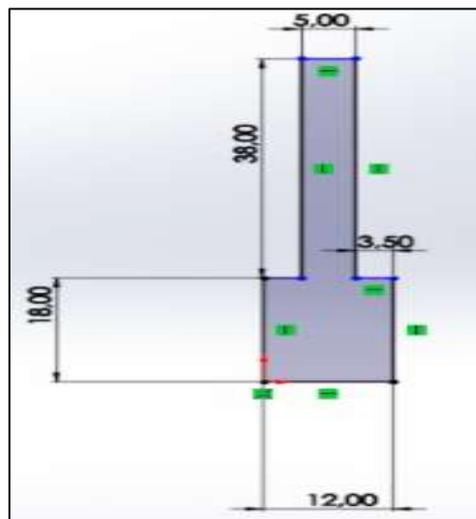


Figura 20 Dimensionamientos de las paletas para el removedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.3.2 Cálculo del torque que van a ejercer las paletas del removedor

Para calcular el torque que ejercen las paletas sobre el cacao se toma en cuenta el contacto que va a existir entre las paletas cuyos valores se calcula en base a la siguiente formula:

$$A_p = b_1 * h_1 + b_2 * h_2$$

Donde:

A_p : Área de la sección transversal de cada paleta, (m²)

b_1 : Base menor de la paleta. (m)

b_2 : Base mayor de la paleta. (m)

h_1 : Altura mayor de la paleta. (m)

h_2 : Altura menor de la paleta. (m)

Solución:

$$A_p = b_1 * h_1 + b_2 * h_2$$

$$A_p = 0.05m * 0.35m + 0.12m * 0.18m$$

$$A_p = 0.0175m^2 + 0.0216m^2$$

$$A_p = 0.0391m^2$$

El removedor por paletas tiene 6 paletas 3 de cada dado respecto al eje de rotación del motor reductor. Cada paleta tiene una separación de 0.25 m entre centros para el paso del cacao para ser removido.

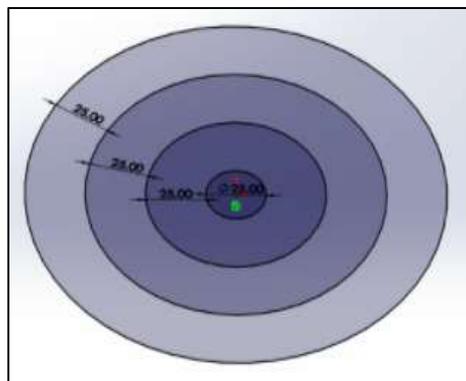


Figura 21 Vista superior de la trayectoria de las paletas.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Para calcular el volumen aproximado que remueve cada paleta se toma en cuenta el perímetro de la circunferencia la cual rota constantemente multiplicada por su respectiva sección transversal.

10.3.3 Cálculo del perímetro de las paletas

Fórmulas a utilizarse:

$$\text{Perímetro circunferencia, (P)} = \pi * d$$

$$\text{Área rectángulo, (A)} = b * h$$

$$\text{Volumen remoción, (V)} = A * P$$

Tabla 11: Volúmenes de remoción de las 6 paletas del sistema removedor

<i>Paleta</i>	<i>Radio, r (m)</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Perímetro (m)</i>	<i>Volumen (m³)</i>
1 y 2	0,25 m	0.0391 m²	1,57 m	0.061387 m ³
3 y 4	0,50 m		3.14 m	0.122774 m ³
5 y 6	0,75 m		4.71 m	0.184161 m ³

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.3.4 Cálculo de las masas de cada paleta

Se calcula a partir de la siguiente formula:

$$m_i = \rho \text{ cacao} * v_i$$

Donde:

m_i : Masa de la paleta 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (kg)

v_i : Volumen de las paletas 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (m³)

ρ_{cacao} : Densidad del cacao, 480 (kg/m³) (Tinoco & Yomali, 2010)

Cálculo:

$$m_i = \rho \text{ cacao} * V_i$$

Masa de paleta 1 y 2.

$$m_{1,2} = \rho \text{ cacao} * V_{1,2}$$

$$m_{1,2} = 480 \text{ kg/m}^3 * 0.061387\text{m}^3 = 29.46 \text{ kg}$$

Masa de paleta 3 y 4.

$$m_{3,4} = \rho \text{ cacao} * V_{3,4}$$

$$m_{3,4} = 480 \text{ kg/m}^3 * 0.122774\text{m}^3 = 58.93 \text{ kg}$$

Masa de paleta 5 y 6.

$$m_{5,6} = \rho \text{ cacao} * V_{5,6}$$

$$m_{5,6} = 480 \text{ kg/m}^3 * 0.184161\text{m}^3 = 88.40 \text{ kg}$$

10.3.5 Cálculo de las fuerzas de remoción de las paletas

Se considera la aceleración de la gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$ a la cual se exponen los granos de cacao, de modo que las fuerzas de remoción de las paletas son:

$$F_i = m_i * g$$

Fuerza de paleta 1 y 2.

$$F_{1,2} = m_{1,2} * g$$

$$F_{1,2} = 29.46 \text{ kg} * 9,81\text{m/s}^2 = 289 \text{ N}$$

Fuerza de paleta 3 y 4.

$$F_{3,4} = m_{3,4} * g$$

$$F_{3,4} = 58.93 \text{ kg} * 9,81\text{m/s}^2 = 578.10 \text{ N}$$

Fuerza de paleta 5 y 6.

$$F_{5,6} = m_{5,6} * g$$

$$F_{5,6} = 88.40 \text{ kg} * 9,81\text{m/s}^2 = 867.20 \text{ N}$$

10.3.6 Cálculo del torque de remoción para cada paleta

Se calcula a través de la siguiente formula donde:

$$\tau_i = F_i * r_i$$

Donde:

τ_i : Torque de las paletas 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (Nm)

F_i : Fuerza de remoción de las paletas 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (N)

r_i : Radio de momento de las paletas 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (m)

Torque de remoción de la paleta 1 y 2.

$$\tau_{1,2} = F_{1,2} * r_{1,2}$$

$$\tau_{1,2} = 289 \text{ N} * 0.25\text{m}$$

$$\tau_{1,2} = 72.25 \text{ Nm}$$

Torque de remoción de la paleta 3 y 4.

$$\tau_{3,4} = F_{3,4} * r_{3,4}$$

$$\tau_{3,4} = 578.10 \text{ N} * 0,50\text{m}$$

$$\tau_{3,4} = 289.05 \text{ Nm}$$

Torque de remoción de la paleta 5 y 6.

$$\tau_{5,6} = F_{5,6} * r_{5,6}$$

$$\tau_{5,6} = 867.20 \text{ N} * 0,75\text{m}$$

$$\tau_{5,6} = 650.40 \text{ Nm}$$

10.3.7 Cálculo del torque de remoción del sistema removedor por paletas.

Se calcula a partir de esta fórmula:

$$\tau_{total} = \sum_{i=1}^8 \tau_i$$

Donde:

τ_{total} : Torque total de remoción del sistema. (Nm)

τ_i : Torque de las paletas 1 y 2, 3 y 4, 5 y 6. (Nm)

Cálculo:

$$\tau_{total} = \sum_{i=1}^8 \tau_{1,2} + \tau_{3,4} + \tau_{5,6}$$

$$\tau_{total} = 72.25 Nm + 289.05 Nm + 650.40 Nm$$

$$\tau_{total} = 1011.70 Nm$$

10.3.8 Selección del motor

Para la selección del motor eléctrico que va a transmitir energía mecánica al mecanismo rotacional del removedor por paletas se debe tener en cuenta las siguientes características:

- Tipo de alimentación de la red eléctrica
- Potencia requerida para el trabajo.
- Velocidad del motor.
- Condiciones medioambientales a la cual va estar sometida seria en la época de invierno y verano.

10.3.9 Alimentación del motor

Para la alimentación del motor se requiere utilizar una red bifásica de 220V AC (corriente alterna) y una frecuencia de 60 Hz. La red eléctrica es la encargada de alimentar al variador de frecuencia, el cual convierte el sistema bifásico en un sistema trifásico para alimentar al motor eléctrico acoplado al removedor de paletas.

10.3.10 Potencia del motor reductor

Encontrar la potencia del motor que vamos a utilizar será de vital importancia ya de que ello depende la elección de nuestro motor que estará acoplado al sistema removedor por paletas el cual hará la remoción para el secado del cacao.

Para encontrar la potencia del motor se obtiene a partir de la siguiente formula.

$$P = \tau_{total} * n_{rad/s}$$

Donde:

P: Potencia total del sistema de remoción en (W).

τ_{total} : Torque total de remoción en (Nm).

$n_{rad/s}$: Velocidad angular de remoción considerada, 0.84 (rad/s).

Cálculo:

$$P = \tau_{total} * n_{rad/s}$$

$$P = 1011.70 \text{ Nm} * 0.84 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 849.83 \text{ W}$$

10.3.11 Cálculo de la corriente del motor reductor

Fórmula para la corriente del motor trifásico:

$$I = \frac{P_{motor}}{\sqrt{3} * V * \cos(\theta)}$$

Donde:

I: Intensidad de la corriente del motor (A).

$\cos(\theta)$: Es el factor de potencia. Se asume 0.9.

P_{motor} : Es la potencia del motor reductor (W).

V: el voltaje del motor (V).

Calculo:

$$I = \frac{P_{motor}}{\sqrt{3} * V * \cos(\theta)}$$

$$I = \frac{849.83 \text{ W}}{\sqrt{3} * 220\text{V} * \cos(0.9)}$$

$$I = 2.23 \text{ A}$$

10.3.12 Cálculo de la corriente del motor del ventilador

$$3/4 \text{ hp} * \left(\frac{745.7\text{w}}{1 \text{ hp}}\right) = 559.27 \text{ W}$$

$$I = \frac{P_{motor}}{V * \cos(\theta)}$$

Donde:

I: Intensidad de la corriente del motor (A).

$\cos(\theta)$: Es el factor de potencia. Se asume 0.9.

P_{motor} : Es la potencia del motor reductor (W).

V: el voltaje del motor (V).

Cálculo:

$$I = \frac{P_{motor}}{V * \cos(\theta)}$$

$$I = \frac{559.27 \text{ w}}{220 \text{ V} * \cos(0.9)}$$

$$I = 2.54 \text{ A}$$

10.3.13 Cálculo de la corriente del variador de frecuencia

$$P = 849.83 \text{ W}$$

$$I = \frac{P_{motor}}{V * \cos(\theta)}$$

$$I = \frac{849.83 \text{ W}}{220 \text{ V} * \cos(0.9)}$$

$$I = 3.86 \text{ A}$$

10.3.14 Cálculo para la cámara del secado o contenedor

Para el diseño de la cámara de secado o contenedor se tomó en cuenta las medidas de las planchas de acero inoxidable (1.22 m x 2.44 m), para lo cual se calcula el perímetro de una circunferencia, con un diámetro de contenedor de 1.37 m y una altura de 1m.

Se calcula a partir de la siguiente fórmula a continuación donde:

P: Perímetro de la circunferencia. (m)

D: Diámetro de la circunferencia. (m)

Cálculo:

$$P = \pi * D$$

$$P = 3.14 * 1.37m$$

$$P = 4.30 \text{ m}$$

Es indispensable determinar el número de planchas de acero inoxidable a utilizar para la fabricación del contenedor, se utiliza la siguiente fórmula.

$$P = n * L$$

Donde:

P: Perímetro de la circunferencia. (m)

L: Largo de Planchas. (m)

n: Número de planchas (unid)

Se utiliza la fórmula del perímetro donde se despeja que n que es el número de planchas utilizarse.

$$P = n * L$$

$$n = \frac{P}{L}$$

$$n = \frac{4.30 \text{ m}}{2.44 \text{ m}}$$

$$n = 1.76$$

$$n = 1.76 \approx 2 \text{ unidades}$$

En conclusión, se requiere dos planchas de acero inoxidable para la fabricación del contenedor que tiene un perímetro de 4.30 m y de largo 2.44 m que es la medida de fabricación de las planchas de acero inoxidable.

10.3.15 Cálculo del diseño del cilindro para la máquina secadora de cacao

Donde m es la masa a la que va estar sometido el equipo y D_{cacao} va a ser la densidad del cacao ya fermentado.

$$M = 150 \text{ kg}$$

$$D \text{ cacao} = 775 \text{ kg/m}^3$$

Tabla 12: Densidad Aparente de los granos de cacao.

PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m ³)
Alfalfa, granos	750 - 800
Algodón, granos con su fibra	420
Algodón, granos no apretados	100 - 120
Arroz cáscara	500 - 630
Arroz, gavillas	80- 120
Arroz blanqueado	800 - 850
Arroz de embarque (descascarado)	700 - 750
Avena	500 - 540
Cacahuete con cáscara para aceite	370 - 400
Cacahuete sin cáscara	600 - 620
Cacahuete con cáscara para consumo directo	270 - 300
Cacao (granos frescos)	900
Cacao (granos fermentados)	775
Cacao (granos secos)	635
Café (granos frescos)	620

Fuente: Tomado de (Multon 2000)

Donde:

Di: Diámetro del contenedor. (m)

L: la longitud del contenedor desde la parte inferior hasta la parte superior. (m)

H: La parte donde estará los 150 kg de cacao para el secado. (m)

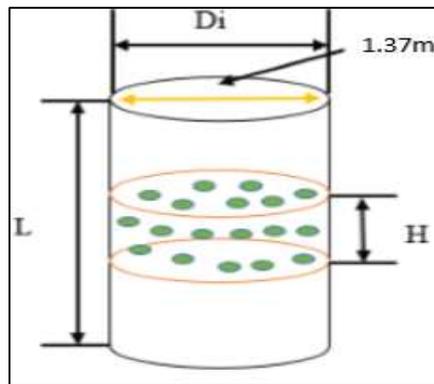


Figura 22 Diseño del contenedor

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Cálculo del volumen:

$$V = \frac{m}{d}$$

Donde:

V= Volumen del contenedor. (m³)

m = Masa a la que estará sometido el contenedor. (kg)

D_{cacao} = La densidad del grano de cacao fermentado. ($\frac{kg}{m^3}$)

Solución:

$$V = \frac{m}{D_{cacao}}$$

$$V = \frac{150kg}{775 kg/m^3}$$

$$V = 0.19m^3$$

Cálculo de la masa del contenedor:

$$m = V \times D_{cacao}$$

$$m = 0.19m^3 \times 775 kg/m^3$$

$$m = 147.25 kg$$

Cálculo del radio:

Donde:

r = Radio del contenedor. (m)

D = Diámetro del contenedor. (m)

Solución:

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{1.37m}{2}$$

$$r = 0.68m$$

Cálculo de la altura que ocupara los 150 kg de cacao dentro del contenedor:

$$V = A \times H$$

$$H = \frac{V}{A}$$

Donde:

H : Altura o espacio que ocupara los 150kg. (m)

V: Volumen del contenedor. (m)

A: Área del contenedor $\pi * r^2$. (m^2)

Solución:

$$H = \frac{V}{A}$$

$$H = \frac{0.19m^3}{\pi * r^2}$$

$$H = \frac{0.19m^3}{3.1416 * (0.68m)^2}$$

$$H = 0.13 \text{ m}$$

10.3.16 Cálculo de la fluencia del acero inoxidable

Para el siguiente cálculo hay que tener en cuenta lo siguiente donde:

σ_a : Resistencia a la fluencia del acero inoxidable 304, 310 (MPa) (Sumitec, 2016)

n: Factor de seguridad seleccionado, 10.

Cálculo:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_a}{n}$$

$$\sigma_t = \frac{310}{10}$$

$$\sigma_t = 31 \text{ MPa}$$

10.3.17 Cálculo del eje removedor

El eje removedor esta únicamente sometido a torsión por las paletas que van arrastrando el grano de cacao, de tal manera que el esfuerzo cortante de torsión es uniforme.

Fórmula:

$$De = \left(\frac{32n}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Donde:

D_e = Diámetro del eje (m), (Mott, 2006)

n = Factor de seguridad (2)

T = Torque total (Nm)

S_y = Limite de fluencia 31(Nipa)

Solución:

$$D_e = \left(\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{1011.70 \text{ Nm}}{3,1 \times 10^7 \text{ N/m}^2} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = \left(20.37 \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{1011.70 \text{ Nm}}{310000000 \text{ N/m}^2} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = \left(20.37 \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{1011.70}{310000000 \text{ m}} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = \left(20.37 \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{1011.70}{310000000 \text{ m}} \right)^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = 0.035 \text{ m}$$

Se eligió factor de seguridad 2 porque cuyo valor mantiene confianza entre cargas y resistencia de materiales para ejes sólidos.

10.3.18 Selección del material para el contenedor

El acero inoxidable es usado por su alta resistencia a la oxidación, dureza, higiene y belleza de acabado, además previene la contaminación de la superficie del acero inoxidable por acero al carbono en todas las etapas de manejo, almacenamiento, fabricación, transporte y construcción (Aminox, 2018). El acero inoxidable AISI 304 es recomendado para procesos que contengan contacto directo con alimentos, los cuales se detallan a continuación:

- El acero inoxidable facilita el mantenimiento de limpieza y desinfección

- Alta resistencia a la corrosión y durabilidad.
- No tiene ninguna mala reacción cuando entra en contacto con el alimento (grano de cacao).
- Resistencia al calor

10.3.19 Cálculos térmicos

- ✓ Determinación del consumo de energía

Para hallar la determinación de energía del equipo con capacidad completa, se halla a partir de la prueba 2 donde tenemos como datos que ingresa 150 kg de cacao fermentado a una temperatura de secado de 333.15 °K con una humedad de 45%, luego de 2 horas de secado se obtiene un peso 138 kg con una humedad reducida al 8%.

Formula:

$$\frac{(100 - \text{Humedad final del secado})}{(100 - \text{Humedad inicial del secado})} * \frac{\text{Peso de la Muestra}}{\text{Tiempo}}$$

Cálculo:

$$\frac{(100 - \text{Humedad final del secado})}{(100 - \text{Humedad inicial del secado})} * \frac{\text{Peso de la Muestra}}{\text{Tiempo}}$$

$$\frac{(100 - 8)}{(100 - 45)} * \frac{138 \text{ kg}}{2 \text{ h}}$$

$$115.23 \text{ kg/h}$$

- ✓ Determinación del consumo de combustible del equipo

Para hallar el consumo de combustible del equipo se hace referencia las siguientes medidas como son: El diámetro del contenedor de 1.37 m, la altura de 1m y el tiempo en 2 horas de secado en base a la segunda prueba con capacidad de 150 kg para cual fue construida.

Fórmula:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{h}{t}$$

Cálculo:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * \frac{h}{t}$$

$$V = \frac{3.1416}{4} * (1.37m)^2 * \frac{1m}{2h}$$

$$V = 0.73 \frac{m^3}{h}$$

✓ Determinación del flujo calorífico

Para la siguiente ecuación se tiene en cuenta el flujo calorífico del gas licuado de petróleo (GLP). Según (Repsol, 2006) afirma en la ficha de datos de seguridad del gas licuado de petróleo contiene un flujo calorífico de 11800 kcal/kg, se toma en consideración a la capacidad máxima del equipo 150 kg y el tiempo en base a la prueba dos que es 2 horas.

Fórmula.

$$\frac{\text{flujo calorífico}}{\text{Volumen} * \text{Tiempo}}$$

Cálculo:

$$\frac{\text{flujo calorífico}}{\text{Volumen} * \text{Tiempo}}$$

$$\frac{11800 \text{ kcal/kg}}{150 \text{ kg} * 2 \text{ h}}$$

$$39.33 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

✓ Determinación del caudal del aire

Para el siguiente cálculo del caudal del aire que ingresa al sistema se toma en cuenta lo que es el consumo energético 115.23 kg/h, la variación de la temperatura que resalta la temperatura final siendo 333.15 °K en el proceso de secado, menos la temperatura inicial es decir la temperatura del ambiente y la constante de Foster que es 17.

Según la aplicación “clima” instalado en los teléfonos inteligentes la temperatura del ambiente en Calabi de Sillagua fuera del equipo es de 293.15 °K.

Fórmula:

$$Caudal = \frac{\text{consumo energético}}{\Delta T * 17}$$

Cálculo:

$$Caudal = \frac{\text{consumo energético}}{(T_f - T_i) * 17}$$

$$Caudal = \frac{115.23 \frac{kg}{h}}{(333.15^\circ K - 293.15^\circ K) * 17}$$

$$Caudal = 0.17 \frac{kg}{h}$$

Transformación al SI

$$0.17 \frac{kg}{h} * \frac{0.00000028 \frac{m^3}{s}}{1 \frac{kg}{h}} = 4.76 * 10^{-08} \frac{m^3}{s}$$

✓ Determinación de la eficiencia del secador

Para su determinación de eficiencia del sistema se tiene una masa del contenedor de 147.25 kg, una variación de temperatura siendo la final de 333.15 °K durante el proceso menos la temperatura del ambiente de dicho sector siendo 293.15 °K.

Según (Motorgiga, 1998) Afirma en la tabla de elementos que el calor específico del acero es de $0.460 \frac{kJ}{kg} \cdot ^\circ k$. Se calcula de la siguiente formula:

$$Q = m * c_p * \Delta T$$

Cálculo:

$$Q = m * c_p * (T_f - T_i)$$

$$Q = 147.25 \text{ kg} * 0.460 \frac{kJ}{kg} \cdot ^\circ k * (333.15^\circ K - 293.15^\circ K)$$

$$Q = (67.73 \text{ kJ} * ^\circ k) * (40^\circ K)$$

$$Q = 2709.20 \text{ KJ}$$

10.3.20 Prueba para determinar el funcionamiento de la máquina

Tabla 13 Secado del cacao por un proceso automático

Pruebas	Total de peso ingresado.	Temperatura de secado.	Humedad relativa al ingresar a la Máquina.	Humedad reducida luego del secado.	Total de horas.
1	120kg	323.15 °K	45%	8.33 %	2 horas
2	150kg	333.15 °K	45%	8 %	2 horas
3	130kg	335.15 °K	48%	8.46 %	1 ½ horas
4	100 kg	313.15 °K	45%	8 %	2 ½ horas
5	140 kg	323.15 °K	45%	8.57 %	2 ½ horas

Fuente: Chimborazo G. v Vera J. (2021)

Según la norma NTE INEN 0173 (1975), la fórmula empleada para hallar la humedad es la siguiente:

$$\text{Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Donde:

m_1 : Masa al inicio del proceso (kg)

m_2 : Masa al final del proceso (kg)

Cálculo de humedad prueba 1

$$\text{Humedad} = \frac{120 \text{ kg} - 110 \text{ kg}}{120 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Humedad} = 8.33 \%$$

Cálculo de humedad prueba 2

$$\text{Humedad} = \frac{150 \text{ kg} - 138 \text{ kg}}{150 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Humedad} = 8\%$$

Cálculo de humedad prueba 3

$$\text{Humedad} = \frac{130 \text{ kg} - 119 \text{ kg}}{130 \text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Humedad} = 8.46 \%$$

Cálculo de humedad prueba 4

$$\text{Humedad} = \frac{100\text{kg} - 92\text{kg}}{100\text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Humedad} = 8. \%$$

Cálculo de humedad prueba 5

$$\text{Humedad} = \frac{140\text{kg} - 128\text{kg}}{140\text{ kg}} \times 100$$

$$\text{Humedad} = 8.57 \%$$

10.4 Diseño del sistema eléctrico

En cuanto al sistema eléctrico de la máquina secadora de cacao se encuentran conformado con todos los elementos que hacen posible la automatización del proyecto, es decir los que energizan y transmiten señales entre diferentes componentes mediante conductores eléctricos. Así como también los que brindan protección al sistema de control y de mando



Figura 23 Sistema eléctrico.
Fuente: Recuperado de (Full electrónica, 2015)

10.4.1 Circuito de control

Se simuló un circuito de control para el accionamiento de los actuadores (motor reductor y ventilador) entran en funcionamiento, mediante pulsadores, para su lógica de control se utilizó contactores y circuito de enclavamiento ver figura 24 El voltaje del circuito de control esta energizado por una fuente de CC de 24 V, y un amperaje de 6.20A

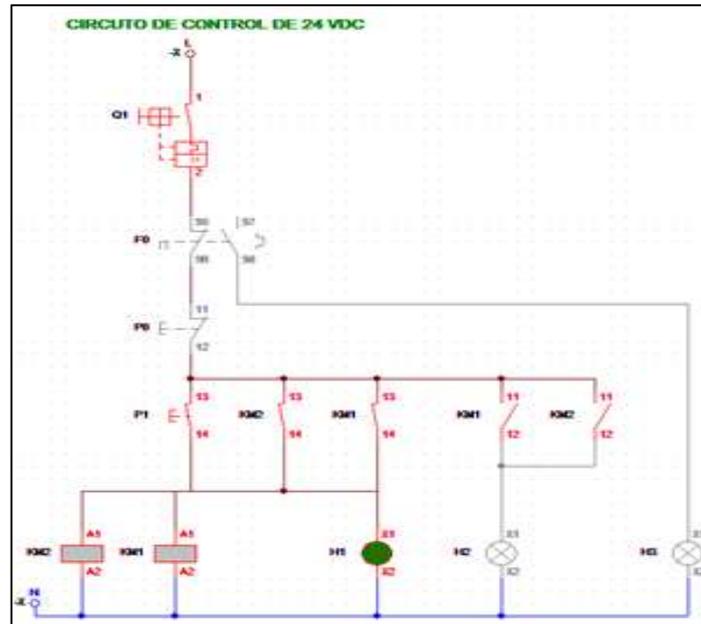


Figura 24 Circuito de control del encendido

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.4.2 Circuito de potencia

Para entrar en funcionamiento el circuito de potencia se seleccionó dos contactores cuya bobina energizada a 24 VDC, que al accionar el pulsador “P1” (Ver figura 25) se activara el sistema de remoción por paletas y el ventilador centrífugo activados por los contactores KM1 y KM2 (ver figura 25). El pulsador “P0” permite detener el sistema de remoción y ventilación (ver figura 25).

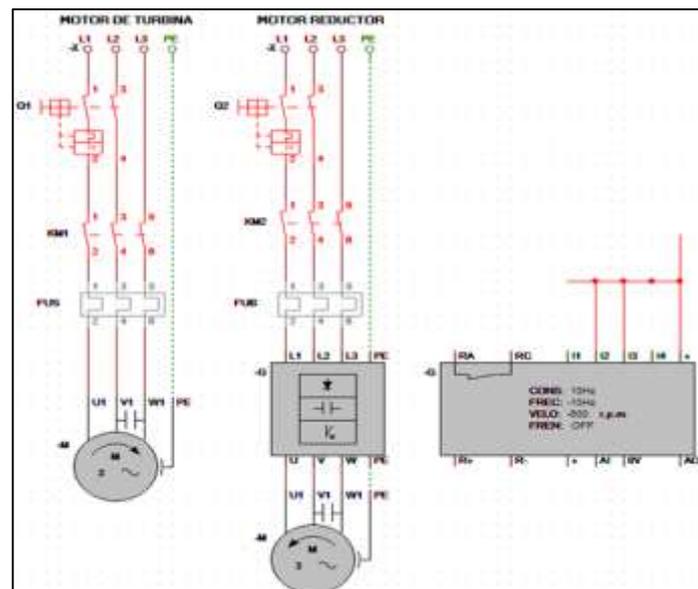


Figura 25 Sistema de remoción por paletas y el ventilador centrífugo activados por los contactores.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.4.3 Elección de relés magneto térmicos

Para seleccionar el interruptor adecuado sumamos los amperios que consumen cada elemento de la máquina que se detallan a continuación.

Tabla 14: Corriente máxima de cada elemento eléctrico.

ELEMENTO	VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN	POTENCIA SUMINISTRADA	CORRIENTE MÁXIMA
Motor reductor	220 V	849.83 W	2.23 A
Ventilador centrífugo	220 V	559.27 W	2.54 A
Variador de frecuencia	220 V	849.83 W	3.86 A

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Tomando referencia la tabla anterior resulta con una corriente máxima de 8.63 A, por tanto se concluye utilizar un interruptor magnético de 3.86 A, la función de este es proteger a los equipos de cortocircuito y sobre corriente.

10.4.4 Elección del variador de frecuencia

En cuanto al variador de frecuencia, para su selección se tomó en cuenta las características del motor reductor, se elige un variador con código: 10194088, modelo: MX CFW10 0040 S 2024 SSZ, cuya tensión de salida es 220 V – 3AC trifásica, su corriente nominal es 4 A, de tal forma funciona hasta en motores de 745.7 W.

Tabla 15: Características del motor reductor.

CONVERTIDORES DE FRECUENCIA								
CFW10								
0,18 a 4 kW (0,25 a 5 HP)								
Código	Modelo	Corriente Nominal (A)	Transistor Frenado Reostát.	Motor (HP)	Tamaño	Peso (kg)	Dimensiones Al. x An. x Pr. (mm)	PRECIO UNITARIO
11 0-127 V - 1A C								
10687141	MX CFW10 0016 S 1112 SSZ	1.6	No	0.25	1	0.9	132 x 95 x 121	254.58
10234109	MX CFW10 0026 S 1112 SSZ	2.6	No	0.5	1	0.9	132 x 95 x 121	271.56
10687143	MX CFW10 0040 S 1112 SSZ	4.0	Si	1	2	1.5	161 x 115 x 122	431.10
220 V - 1AC								
10687144	MX CFW10 0016 S 2024 SSZ	1.6	No	0.25	1	0.9	132 x 95 x 121	220.64
10194087	MX CFW10 0026 S 2024 SSZ	2.6	No	0.5	1	0.9	132 x 95 x 121	235.91
10194088	MX CFW10 0040 S 2024 SSZ	4.0	No	1	1	0.9	132 x 95 x 121	242.70
10194089	MX CFW10 0073 S 2024 SSZ	7.3	Si	2	2	1.5	161 x 115 x 122	375.09
10194090	MX CFW10 0100 S 2024 SSZ	10.0	Si	3	3	1.8	191 x 115 x 122	446.37
220 V - 3AC								
10883596	MX CFW10 0016 T 2024 SSZ	1.6	No	0.25	1	0.9	132 x 95 x 121	269.86
10883597	MX CFW10 0026 T 2024 SSZ	2.6	No	0.5	1	0.9	132 x 95 x 121	283.44
10883608	MX CFW10 0040 T 2024 SSZ	4.0	No	1	1	0.9	132 x 95 x 121	293.62
10883609	MX CFW10 0073 T 2024 SSZ	7.3	Si	2	2	1.5	161 x 115 x 122	363.21
10883610	MX CFW10 0100 T 2024 SSZ	10.0	Si	3	3	1.8	191 x 115 x 122	468.44
10883611	MX CFW10 0152 T 2024 SSZ	15.2	Si	5	3	1.8	191 x 115 x 122	566.87

Fuente: Tomado de (Calderón, 2017)



Figura 26 Variador de frecuencia Modelo: MX CFW10

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.4.5 Elección del lector de temperatura

Para controlar la temperatura del aire caliente en el sistema se lo realiza en base a características requeridas, tomando referencia el voltaje de alimentación de 220 VAC, lo cual se necesita recopilar datos de temperatura de (0-1272.15 °K). Optamos por seleccionar un controlador industrial de temperatura marca MYPIN.



Figura 27 Lector de temperatura.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 28 Sensor termo cúpula

Fuente: Tomado de (Mandil, 2010)

10.4.6 Elección de cables

De acuerdo a la tabla 16 se utiliza el mismo calibre para todo el cableado del sistema eléctrico con diferencia de colores, para distinguir las fases y neutro. Al utilizarse en una línea de 10 amperios, el calibre de 14 AWG sería adecuado, ya que soporta hasta 14 A, pero de acuerdo a la NEC instalaciones eléctricas, menciona que para cargas tipo motor eléctrico o de fuerza, el calibre mínimo es 12 AWG.

Tabla 16: Calibre de cableado eléctrico con su amperaje.

AMPERAJE - CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW,THW, THWN	THHN,XHHW-2 THWN-2
Nivel de temperatura	60°C	75°C	90°C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Fuente: Tomado de (Mena, 2018)

Se utilizará el cableado con las siguientes características:

- Calibre: 12 AWG
- Corriente máxima a soportar: 20 A
- Tipo de Cable: THHN

10.5 Diseño en el programa SOLID WORKS

10.5.1 Pared del contenedor

Para el dimensionamiento del contenedor en el programa SolidWorks se tomó en cuenta las siguientes características como son el volumen del contenedor de $0.19m^3$, diámetro de 1370 mm y una altura de 1000 mm, siendo estas medidas el resultado de los cálculos anteriores.

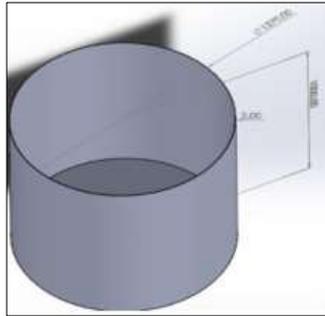


Figura 29 Diseño del contenedor

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.5.2 Estructura del pórtico para el motor reductor

Para la estructura del pórtico se hace referencia el diámetro del contenedor para la cual se diseñó el pórtico con las siguientes medidas 1150 mm de altura y 1499 mm de ancho y se hicieron perforaciones a los extremos del pórtico con una separación entre centros de 100 mm y en la parte superior del pórtico también se hizo una perforación justa en la parte media con un ángulo 95 mm.

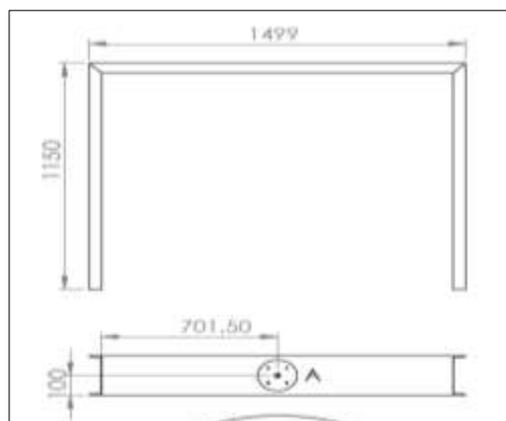


Figura 30 Diseño del pórtico

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.5.3 Eje removedor por paletas

Para el diseño del eje del sistema removedor por paletas se tendrá una altura de 800 mm desde la parte inferior hasta la parte superior, lo que será el eje de transmisión del sistema removedor por paletas acoplado al motor reductor.

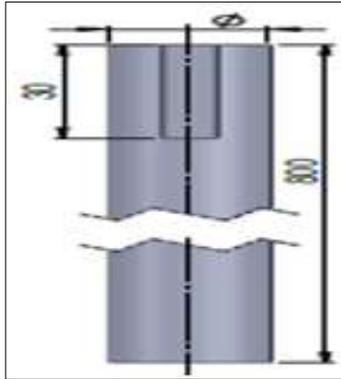


Figura 31 Diseño del eje removedor por paletas
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.5.4 Carcasa para el ventilador centrifugo

Para dimensionar la carcasa del ventilador se hace referencia el tamaño del equipo y en especial las medidas del ducto de ventilación donde pasa el flujo de aire al contenedor, lo cual es producido por el ventilador centrifugo.



Figura 32 Diseño de la carcasa del ventilador centrifugo

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.5.5 Contenedor con ductos

Para el contenedor principal se hicieron dos perforaciones una para el acople del ducto de ventilación y la segunda para la salida del grano de cacao ya seco con las medidas que se observa en la imagen.

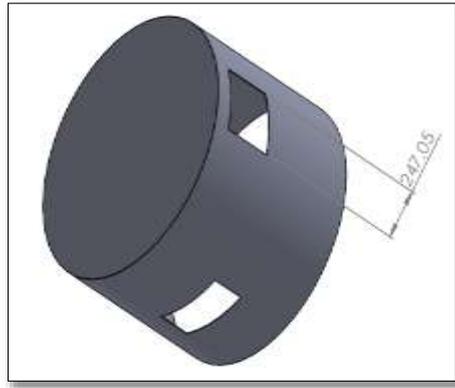


Figura 33 Diseño del contenedor con ductos

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.5.6 Diseño del removedor por paletas

El eje removedor por paletas tendrá 6 paletas 3 de cada lado tendrá 130 mm de largo con una separación entre las paletas de 250 mm y las alturas de las paletas de 53.05mm como se muestra en la figura 34.



Figura 34 Diseño del removedor por paletas

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Los elementos diseñados se muestran en los siguientes anexos: Anexo 4 (pared contenedor) , Anexo 5 (Estructura del pórtico para el motor reductor) , Anexo 6 (Eje removedor de paletas), Anexo 7 (Carcasa del ventilador), Anexo 8 (Ventilador centrifugo), Anexo 9 (Contenedor con ductos), Anexo 10 (Eje con chaveta), Anexo 11 (Soporte interno), Anexo 12 (Sistema de ducto

para la salida del cacao), Anexo 13 (Removedor por paletas), Anexo 14 (Plancha perforada), Anexo 15 (Motor reductor), Anexo 16 (Motor eléctrico), Anexo 17 (Estructura tipo caracol), Anexo 18 (Tablero de control) y Anexo 19 (Ensamble de la máquina).

10.6 Construcción e implementación

10.6.1 Estructura del contenedor

Para la fabricación de la estructura del contenedor fue necesario realizar un proceso de corte y posteriormente el rolado para dar forma cilíndrica, el contenedor es el encargado de almacenar el cacao fermentado mientras ocurre el proceso de secado.



Figura 35 Lámina circular.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Durante el proceso de fabricación se utilizó el disco de corte, el disco de pulir, para eliminar la rebaba. Para el rolado de la plancha de acero inoxidable se utilizó una máquina roladora por tubos con motor reductor, se constató que tenía un radio de 68.5mm obteniendo como resultado un doblado perfecto.



Figura 36 Rolado del contenedor

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Finalmente se realizó la unión de planchas de las puntas roladas, se empleó un electrodo E308-16, todo el material utilizado fue acero inoxidable, ya que el cacao oxida los metales.



Figura 37 Estructura terminada.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.6.2 Estructura de paletas para la remoción

En la fabricación de estructura de paletas para la remoción del grano de cacao, fue necesario utilizar el proceso de corte, fresado y soldadura con electrodo revestido, es decir un proceso de mecanizado para lograr lo requerido. La estructura de paletas es encargada de realizar la remoción de granos de cacao durante el proceso de secado.

Las paletas removedores fueron fabricadas con tubos de acero inoxidable de 20 mm de radio. En cuanto a la unión se continúa utilizando el electrodo revestido, en total de paletas son 6 para el sistema de remoción con un espacio entre paletas de 250 mm.



Figura 38 Fabricación de las paletas para el sistema removedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

En consecuencia, se fabrica la unión entre el eje y el motor reductor, lo cual tiene un acople utilizando una chaveta entre sí, para transmitir la potencia y evitar que se produzca deslizamiento o torsión.



Figura 39 Fabricación del eje para el acople al sistema removedor por paletas.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Se puede apreciar el montaje del removedor dentro de la estructura del contenedor de la secadora de cacao. Dicho funcionamiento se caracteriza por tener un margen mínimo de vibración e interferencias mecánicas, su apoyo es totalmente en una chumacera colocado en el piso del recipiente cuya medida es de 25.4 mm.



Figura 40 Montaje del sistema removedor por paletas dentro del contenedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.6.3 Estructura del pórtico

La materia prima utilizado fue de acero al carbono A36, para la estructura donde se empotra el motor reductor, como la estructura no tiene contacto directo con los granos de cacao, más bien

solo brinda soporte a la máquina secadora de cacao. El proceso a realizar es medición, corte, soldar, esmerilar y pintar.



Figura 41 Estructura del pódium donde se emotra el contenedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

La soldadura por arco fue aplicada para unir estas piezas formando un soporte para el secador de cacao, se seleccionó el electrodo 60-11 con un amperaje de 70, el electrodo más común utilizado para soldar acero al carbono.



Figura 42 Soldadura para el soporte de secador.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

A continuación del proceso de soldadura se realiza el esmerilado, utilizando una amoladora y su respectivo disco de pulir, desprendiendo las rebabas del material que posteriormente será unido con el recipiente



Figura 43 Colocación del motor reductor

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.6.4 Estructura de soporte

En la fabricación de la estructura de soporte fue necesario colocar una estructura con un proceso de corte, rolado y suelda también por electrodo revestido, la función que cumple es brindar soporte a los granos de cacao, cabe destacar que encima de este soporte ira colocado una lámina perforada en donde reposa el grano de cacao y es secado a través del aire caliente, emanado del gas licuado de petróleo, con la ayuda del ventilador centrifugado.



Figura 44 Estructura del soporte del contenedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.6.5 Estructura del Ducto de ventilación

En cuanto al ducto de ventilación, como no entra en contacto con el alimento (grano de cacao), sino más bien permite el paso del aire caliente para secar el cacao, el material seleccionado fue de tol galvanizado, además es allí donde va ir acoplado el sistema de encendido por GLP. Que con ayuda del ventilador centrífugo, provee calor al sistema



Figura 45 Estructura del ducto de ventilación soldada al contenedor.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

10.6.6 Procesos de elaboración del tablero de control

En el armado y diseño del tablero de control cumple con todas las condiciones de acuerdo a la norma eléctrica nacional e IEC 61439. Para realizar los agujeros se utilizaron brocas de diversas medidas de diámetro para el perforado, se implementó el montaje de canaletas y riel DIN para el acople de los diferentes dispositivos de mando y control del equipo.



Figura 46 Armado de canaletas y riel DIN para el acople de los dispositivos eléctricos.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Para el proceso de las conexiones eléctricas se utilizó una cortadora y peladora de cables.

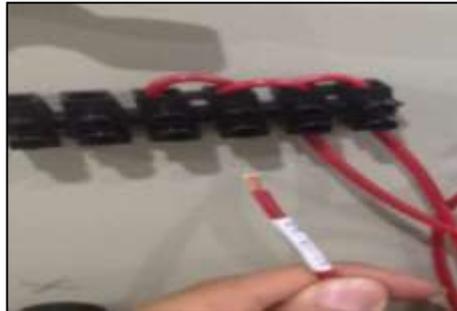


Figura 47 Instalaciones de los conductores eléctricos entre componentes.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 48 Conexiones del tablero de control.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 49 Tablero de control implementado a la máquina secadora de cacao.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1 Prueba de funcionamiento de la máquina

En cuanto a las pruebas realizadas en la máquina secadora de cacao automatizada, se ejecutó cinco pruebas con cambios de variables tales como el peso, humedad, temperatura, total de horas.

PRUEBA 1. Se ingresó 120 kg de cacao a una temperatura de 323.15 °K, luego de 2 horas de secado el peso se redujo a 110 kg, en grano seco con una humedad del 8.33 %, la calidad requerida por los mercados locales. La máquina actuó de manera eficiente ya que el removedor tuvo la fuerza suficiente para remover dicha cantidad de cacao.

PRUEBA 2. En esta prueba se agregó la capacidad completa para la cual fue diseñado la máquina como es de 150 kg con una temperatura de 333.15 °K, luego de 2 horas de secado redujo el peso a 138 kg. La humedad del grano de entrada a la máquina fue de 45% que luego del proceso de secado se obtiene una humedad de 8%. La máquina funcionó con normalidad en todo el proceso de secado.

PRUEBA 3. Se ingresó a la maquina un peso de 130 kg, en esta prueba el grano de cacao estaba más húmedo con un porcentaje de 48%, por lo que fue necesario subir la temperatura a 335.15 °K para que la baba del grano se secase, sin hacer masa con ello, logrando así un tiempo de secado de una hora y media, la masa total de este lote se redujo a 119 kg y la humedad se disminuyó a 8%, porcentaje requerido por el mercado local.

PRUEBA 4. En este lote se incorpora una temperatura de secado mínimo de 313.15 °K, donde de ingresa un peso de 100 kg de cacao fermentado con una humedad de 45%, después de 2 horas y media de secado se redujo el peso a 92 kg dando como resultado una humedad de 8%. En esta prueba se logra deducir que el lote de cacao obtenido tiene más dureza en el grano. Además, al ponerlos más aire que calor la humedad se mantiene al pasar los días sin variar.

PRUEBA 5. Se agregó 140 kg de cacao fermentado a 45% de humedad, variamos la temperatura a 323.15 °K, como resultado el peso del cacao se redujo a 138 kg, con una humedad de 8%. A diferencia de la prueba 2 tiene la misma cantidad en peso, variando la temperatura, se tardó 30 min más en secarse.

La temperatura de secado oscilaba entre 275.15 °K, con referencia a la temperatura deseada por el operario, es decir en la primera prueba secaba entre 321.15 - 325.15 °K

La máquina secadora de cacao tuvo un rendimiento eficiente, en todas las tres pruebas ejecutadas. En cuanto a la regulación de la velocidad de remoción en relación con el tiempo de secado, influye en gran manera se evidencio al realizar las pruebas, allí se concluye que el grano de cacao tendrá que ser removido a una baja velocidad para que el calor que fluya por el sistema y tenga tiempo de secar el grano antes de ser removido nuevamente por el sistema removedor. Esto se lo puede controlar con el variador de frecuencia que en tablero de control se maniobra por un potenciómetro.

Análisis

Una vez que se realiza la fermentación del cacao por medios de cajas de maderas, gavetas o sacos durante 3 a 5 días, se reduce la humedad entre unos 45 – 50%, lo que se consigue durante el proceso de secado una vez ingresado a la maquina secadora automatizada reducir la humedad a un 8 – 10 % con el fin de evitar alteraciones en la contextura del grano de cacao por el almacenaje. Además, facilita el transporte y manejo del producto, lo cual se debe tener en cuenta si se reduce la humedad menos de 8 % la cascara se vuelve quebradiza.

En las pruebas antes mencionado cumplimos con el objetivo de optimizar el tiempo de secado, para el cual fue diseñada la máquina. Por lo que logramos secar en un promedio de 2 horas la misma cantidad que se secaría en 3 días de manera tradicional (tendal).

11.2 Resultado de la prueba de secado

Se constató que el secado del cacao en la maquina se lo realiza de manera eficiente la cual se escogió 5 granos de cacao secos al azar en donde durante el experimento se obtuvo un pH promedio de 5.27 que está dentro de los estándares de calidad del producto a diferencia del secado tradicional que se lo realiza en tendales sacados al sol.

En cuanto al mejoramiento de la calidad del grano de cacao seco, en las pruebas ejecutadas verificamos que secándolo normalmente en tendales, siempre existirá una desigualdad del proceso de secado, esto ocurre al dejar partes del tendal con una mayor acumulación de granos ya que el trabajo lo realiza el hombre con una herramienta llamada rastrillo y no una máquina removedor, por lo que al tener una acumulación de granos y estar en contacto con el sol, la parte que está debajo del montón de cacao, no llega la luz solar, por lo que no hay un secado uniforme. Es decir, las contexturas del grano de cacao seco son de colores diferentes, afectando a la hora de vender el producto, ya que los comerciantes realizan un porcentaje de descuentos por no cumplir con los estándares de calidad requeridos en el mercado.



Figura 50 Acumulación de granos

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Lo mismo ocurre en las secadoras tradicionales sin automatización, en cuanto a la contextura del grano ya que dentro del contenedor de dicha secadora vierten el cacao fermentado y la acumulación del grano en exceso, no permite un secado uniforme, pues terminan secándose la capa de grano de la parte inferior al estar en contacto con el calor, que al mover los granos lo realizan con una pala ya que la cantidad acumulado es muy significativa, mezclando así los granos que están secándose en la capa inferior con la capa superior que contiene más humedad, como resultado en la contextura del grano existe variación en el color y la humedad que contiene.



Figura 51 Variación en la contextura
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

En la secadora automatizada con paletas removedores, existe una gran ventaja ya que en este caso se puede remover uniformemente toda la cantidad de granos que se ingresa a la máquina, al existir seis paletas removedores, las primeras tres que pasan para ir formando una capa uniforme y las tres siguientes, remueven y permiten que el grano se voltee de posición y pone en contacto con el calor que existe dentro del contenedor.

Además, el contenedor emana aire caliente debajo de la capa y encima al estar cerrado la parte superior, aprovechándose así todo el calor del sistema. Como resultado del proceso de secado en la máquina tenemos una contextura igual en todos los granos al tener el mismo color. Además, el punto más importante es que la humedad del cacao de toda la sección que se obtiene de la máquina es igual en un 8%.



Figura 52 Secado uniforme
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

11.3 Prueba del PH para comprobar la calidad del producto seco una vez ingresado a la máquina.

Se considera que para los granos secos de cacao debe tener un pH de 5 y 5.2 como mencionan (Stevenson, Corven, & Villanueva, 1993). Para realizar la prueba del pH se utilizó el protocolo de (Bravo & Mingo, 2011)

Tabla 17: Descripción de los materiales a utilizar para la comprobación del pH del cacao.

MATERIALES	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1. Cinco granos de cacao seco		Se escogió cinco granos de cacao seco al azar de la prueba 2 que se ejecutó en el equipo.
2. Mortero de cristal		Son fabricados en vidrio prensado, es una herramienta que se utiliza para moler y mezclar sustancias, incluidos productos químicos de laboratorio.
3. Agua destilada		El agua destilada está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, cuya molécula se representa químicamente por la fórmula H_2O . El componente líquido ha sido sometido a un proceso de destilación en el que se han eliminado las impurezas e iones del agua de origen.
3. Pinzas		Una pinza o pinzas es un ingenio simple cuyos extremos se aproximan para sujetar algo. Puede funcionar con el mecanismo de palancas simples y accionado manualmente.

<p>4. Vaso de precipitado milimetrados</p>		<p>Un recipiente cilíndrico de vidrio borosilicatado fino que se utiliza muy comúnmente en el laboratorio, sobre todo, para preparar o calentar sustancias, medir o traspasar líquidos. Es cilíndrico con un fondo plano; se le encuentra de varias capacidades, desde 100 ml hasta de varios litros.</p>
<p>5. pH-metro Thermo-Scientific Orion 3 STAR pH Benchtop</p>		<p>Medidor de un solo canal fácil de usar con algoritmo de estabilidad mejorado para aumentar la precisión de calibración y medición. Medición de pH confiable y preciso para cualquier laboratorio general o aplicación de control de calidad.</p>

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

11.3.1 Procedimiento

1. Con la ayuda de las pinzas se procede a retirar la cascarilla de los 5 granos de cacao seco escogido aleatoriamente de los 150 kg que se secó en la máquina.
2. Se procedió a triturar las almendras de cacao sin la cascarilla en el mortero de cristal hasta obtener una masa pura.
3. Se añade 3 ml de agua destilada a la masa del cacao se mezcla bien hasta que tenga una buena contextura y se deja reposar por unos 10 minutos aproximadamente.
4. Se debe comprobar que el pH-metro Thermo-Scientific Orion debe estar calibrado el ph por medio del agua destilada.
5. Por ultimo luego de esperar los 10 minutos y comprobar el ph del equipo, se mide el ph de las muestras de cacao.



Figura 53 Esquema sobre el procedimiento de medición de PH.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Tabla 18: Mediciones obtenidas del PH de los 5 granos de cacao.

Muestra	PH
Grano 1	5.33
Grano 2	5.53
Grano 3	5.26
Grano 4	5.03
Grano 5	5.20
Promedio	5.27

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

12 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONOMICOS).

12.1 Impacto Técnico

En cuanto al impacto técnico del proyecto de investigación, será de gran importancia para el recinto Calabi de Sillagua donde está ubicado la finca “Condado de Montecristi” ya que permitirá desarrollar el uso de un sistema automatizado de una máquina secadora de cacao y con ello optimizar el tiempo de secado y mejorar la calidad del producto, ya que en la actualidad ninguna finca del sector cuenta con esta innovación, por lo que en algunas fincas existen secadoras tradicionales, donde el operario tiene que estar al pendiente tanto en encendido como el apagado del equipo y su remoción del grano de cacao.

Además, contará con un manual de usuario donde el operario puede utilizar las variables especificadas según el porcentaje de secado deseado, para realizar el mantenimiento de la máquina deberá seguir las especificaciones del manual.

12.2 Impacto Social

En consecuencia este tema de investigación es importante, ya que beneficiara al señor Chimborazo Yanchaliquin Segundo Cesar propietario de la Finca “Condado de Montecristi” y a los pequeños finqueros de la parroquia Moraspungo para avanzar en el desarrollo social del cantón Pangua, ya que a través de este proyecto es de gran utilidad, para el mejoramiento de la calidad de secado y reducción de tiempo, ya que antes de construirse la maquina la Finca gastaba en cada cosecha el transporte y secado para la posterior venta.

En sí, el impacto social rige de tal forma que las algunas personas tienen problemas con el secado tradicional de pasar horas y horas secando el cacao a través de tendales o gangochas en días soleados, por lo cual perjudican su salud ya que en algunos casos son adultos mayores. Con el nuevo sistema empleado en la localidad solucionaremos los problemas mencionados, ya que al ser automatizada y de fácil manejo el operario solo es el encargo de dar marcha al equipo.

12.3 Impacto ambiental

La implementación de este proyecto tendrá un impacto ambiental positivo, al reducir el grado de contaminación a la atmosfera, ya que en el sector algunas personas en temporada invernal producen calor a partir de leña y demás residuos sólidos como el plástico, retazos de cartones para el secado, pero al mismo tiempo el humo emanado perjudica a las plantas de los alrededores y así también a los habitantes del lugar.

El secado artificial acompañado de la automatización es de mucha utilidad para reducir proporcionalmente el índice de contaminación y con ello proteger el medio ambiente, ya que se ahorra una cantidad considerable de gas licuado de petróleo (GLP), es decir necesitamos una menor fuente de calor ya que el sistema removedor ayuda a distribuir el grano de cacao y el flujo de aire caliente emanado por el ventilador centrifugo y el mechero, es aprovechado de manera óptima en el contenedor. Reduciendo así la cantidad de gas utilizado en el proceso de secado en comparación con las secadoras tradicionales manuales que consume más GLP, para secar la misma cantidad de producto.

12.4 Impacto económico

Con respecto a este impacto la finca “Condado de Montecristi” mejoraría su situación económica en cuanto al secado de cacao, el grano seco tendrá un pH óptimo correspondiente, por lo que los ingresos que genera la finca subirán al estar su producto en buena calidad conforme las características que requieren en el mercado.

Cabe destacar en la época invernal la finca, se veía afectada sus ingresos normales ya que el producto no tenía las características de secado adecuado, existía veces que lo más factible era vender en baba el producto. Al implementar este proyecto se pretende ir mejorando la situación económica de la finca sin importar la temporada del año, lo cual el costo de la maquina se puede recuperar en un tiempo corto.

13 PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

A continuación, se detalla los elementos empleados en la implementación del proyecto.

Tabla 19: Presupuesto del proyecto

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA			
1	Pantalla digital de temperatura MYPIN	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Sensor termo cúpula	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Temporizador	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Electroválvula	\$ 20,00	\$ 20,00
SISTEMA DE CONTROL DEL REMOVEDOR			
1	Motor reductor 1 hp	\$ 450,00	\$ 450,00
1	Fuente de poder de 24VDC	\$ 45,00	\$ 45,00
2	Pulsador	\$ 5,00	\$ 10,00
2	Contactador Schneider 24 VDC y 9A.	\$ 35,00	\$ 70,00
1	Variador de frecuencia	\$ 200,00	\$ 200,00
1	Implementos para el tablero de control	\$ 183,00	\$ 183,00
SISTEMA DE CONTROL DE VENTILACION			
1	Ventilador centrifugo de 3/4 hp	\$ 500,00	\$ 500,00
1	Selector de 2 posiciones	\$ 5,00	\$ 5,00
1	Estructura de protección	\$ 40,00	\$ 40,00
MATERIALES			
33	Brocas y pernos de acero inox	\$ 0,50	\$ 16,50
2	Chumacera	\$ 16,00	\$ 32,00
18	Borneras y cable 10	\$ 1,00	\$ 18,00
1	Disco de corte	\$ 12,00	\$ 12,00
1	Eje de Acero inox	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Gasolina	\$ 12,00	\$ 12,00
11	Cable de luces piloto	\$ 2,00	\$ 22,00
1	Disco de pulir, limas, cable de enchufe de 24V	\$ 30,00	\$ 30,00
1	Plancha de Acero inox, tubo cuadrado, Perfil.	\$ 450,00	\$ 450,00
1	Plancha de Acero inox perforada	\$ 180,00	\$ 180,00
1	Aislante Térmico, Lana de roca	\$ 120,00	\$ 120,00
2	Pasta para acabados	\$ 7,00	\$ 14,00
OTROS SERVICIOS			
1	Servicios de Tornos y Fresado	\$ 290,00	\$ 290,00
1	Transporte	\$ 15,00	\$ 15,00
		Subtotal	\$ 2.849,50
		IVA 12%	\$ 341,94
		Total	\$ 3.191,44

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Se eligió el secador con removedor con paletas tipo giratorio ya que es un diseño muy utilizado durante los últimos años debido a sus grandes capacidades de secado, según fuentes bibliográficas confiables. En la parte superior se dispone de un mecanismo rotatorio con varias paletas que irán removiendo a los granos de cacao mientras el aire caliente ascendente los va secando; este secador genera un secado eficiente de calidad final de secado gracias al sistema de remoción automático
- Se diseñaron todos los elementos mecánicos del equipo con las dimensiones asignadas de acuerdo a los cálculos obtenidos y tomando en consideración algunas variables a utilizarse.
- En cuanto a la selección de materiales a utilizarse para la construcción de maquina fue la mayoría de tubos y láminas de acero inoxidable AISI 304 lo que corresponde a los elementos mecánicos mientras que en los elementos eléctricos se seleccionó de acuerdo a la función que desempeñara cada equipo teniendo en cuenta la marca y calidad.
- Para la construcción del equipo se utilizó la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), que se enfoca en la construcción del equipo y tablero de control, la cual se tomó en cuenta los siguientes parámetros como son: El control de temperatura adecuada para el grano, la capacidad del tanque para secar una producción máxima de 150 kg, el flujo de aire caliente y el movimiento de paletas para que el grano de cacao obtenga un secado uniforme.
- Una vez implementada la máquina secadora de cacao automatizada con todos sus componentes tanto mecánicos como eléctricos en la finca “Condado de Montecristi”, se hicieron tres pruebas con diferentes pesos (Kg) donde se pudo modificar variables y apreciar valores cercanos a un secado de acuerdo a los estándares de calidad.

14.2 Recomendaciones

- Se debe instruir al operador que vaya a manejar la maquina secadora de cacao automatizada que lea en primer lugar el manual de funcionamiento del equipo, para que no exista ningún problema a la hora del secado.
- Se sugiere no sobrepasar la temperatura de 343.15 °K en el proceso de secado del cacao ya que si sobrepasara ocasionaría daños en el producto y no estará de acuerdo a los estándares de calidad establecido por el mercado.
- Se debe realizar el mantenimiento preventivo cada semana como lo dice el manual del equipo. Además, toda persona que esté en contacto con el equipo debe estar alejada del quemador al momento que se active de forma automática ya que puede ocasionar algunas quemaduras.
- La máquina está diseñada para utilizar el gas licuado de petróleo como medio de combustión y energía eléctrica de 220 voltios (CA) por lo cual se debe mantener los alrededores de la maquina libre de vapores inflamables y combustible como la gasolina.

15 BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, M. (2017). Ecuador y Chocolate. Ecuador Ama la Vida.
- Aminox, F. (2018). Acero inoxidable en la generación de energía.
- ANECACAO. (2015). Asociación Nacional de exportadores de cacao.
- Belitz, G. (2007). Química de los alimentos. Acribia.
- Bravo, N., & Mingo, F. (2011). Protocolo para comprobar el pH del cacao. Loja. Obtenido
- Calderon, P. (2017). Electro Tecnic Motor. Obtenido de <http://www.etm-ec.com/images/CFW10.pdf>
- Calle, R., & Aparicio, J. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas.
- Centre, I. (2012). Guía de prácticas comerciales. Ginebra: Burbujas.
- Chuquin, O. (2014). Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg. Scielo.
- ECORAE. (2015). Programa de capacitación en la cadena del cacao. Ginebra: Burbujas.
- García, D. (2015). Secadora de cacao con removedor.
- Grupo MCR. (2016). El secado solido en la Industria química. España: Reverte. S. A.
- Kulke, J. (2016). Secador Hibrido Solar con caldera. Obtenido de <http://altertec.com/secadores-solares/>
- Leopard, B. (2020). Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/p6hq5vk/El-mantenimiento-del-estado-del-aire-ya-que-debe-mantenerse-perfecto>
- Liviana, M., & Guanche, J. (2008). Producción de cacao. Portal de la cultura América Latina y El Caribe.
- López, I., & Chávez, E. (2018). Eficiencia del secado solar tipo túnel. Scielo.
- Miranda, F. (2019). Cacao el sabor dulce del Ecuador. El Productor, 7.
- Miranda, G. (2005). Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bandejas con convección forzada de aire. Barcelona: Burbujas.
- Moreno Cueva, O. (2015). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SECADORA. Ecuador: Burbujas.
- Moreno, L., & Sánchez, A. (1989). Fundación Hondureña de Investigaciones agrícolas (FHIA). Honduras.
- Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación.

- Murillo, D. (2014). Estudio del proceso de secado del cacao y su automatización para Universidad Tecnica de babahoyo, 114.
- Nonhebel, G. (2009). El secado sólido en la Industria química. España: REVERTÉ, S.A.
- Norma Ecuatoriana de Construcción NEC. (2013). Obtenido de <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECHANICAS2013.pdf>
- Nuñez, S. (2017). Automatización de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales. Ecuador: Burbujas.
- Obando, J., & Guzman, T. (2020). La tecnología térmica solar aplicada al proceso de secado de cacao.
- Pérez, R. (2009). El cacao en la historia ecuatoriana: “La pepa de oro”. Consorcio Camaren. Obtenido de <https://camaren.org/la-calidad-del-cacao-2/>
- Quiroz, J., & Soria, J. (1994). Caracterización fenotípica del cacao nacional ecuatoriano. Ecuador: INIAP.
- Salvador, H. (2016). Disertación previa a la obtención del título de licenciada en ciencias químicas especiales químicas analítica. Quito: Burbujas.
- Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). Manual para analisis de cacao en lanoratorio. Costa Rica.
- Sumitec. (2016). Suministros Técnicos S.A. Obtenido de Suministros Técnicos S.A:
- Tinocolo, H. Y. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para disminucion del tiempo de secado. EIA, 53.
- Tinocolo, J. (2011). Analisis del proceso de deshidratacion de cacao para la disminucion del tiempo de secado.
- Urquhart.D.h. (2017). Cacao. Costa Rica: SIC.
- Vidal, R. (2004). Reglamento de buenas prácticas para alimentos procesados. 268.

16 ANEXOS

Anexo 1: Datos del tutor del proyecto

CURRICULUM VITAE				
INFORMACIÓN				
Nombres y Apellidos:	Guido Gabriel Carrillo Velarde			
Cédula de Identidad:	06042424330-3			
Celular:	0996191841			
Correo electrónico:	gabcavel_27@hotmail.com			
PERFIL PROFESIONAL				
<p>Ingeniero Electrónico en Control y Redes Industriales con experiencia en la docencia, la industria del petróleo y minería habilidades técnicas en sistemas eléctricos de potencia gestión de proyectos electrónica de potencia diseño de sistemas Scada automatización de proceso y máquina.</p>				
TÍTULOS				
<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Electrónico en control y redes industriales • Magister en Ingeniería 				
IDIOMAS				
<ul style="list-style-type: none"> • Español • Inglés 95% 				
TRAYETORIA				
<i>ESTUDIOS</i>				
ESTUDIOS	INSTITUCION	PAIS	FECHA	
PONENCIA: Congreso Internacional de Investigación Científica La Maná, Artículo: Filtro activo de potencia en sistema tracción DC	Universidad Técnica De Cotopaxi	Ecuador	Mayo 2019	
DISEÑO MAQUINARIA: Calibrador de válvulas de seguridad y Manómetros para beaterios Petroecuador.	TECNHA	Ecuador	April 2013	
SOPORTE TÉCNICO: Primer concurso nacional interuniversitario de mecatrónica organizado por la Cámara de la pequeña y mediana Industria de Pichincha.	TECNHA	Ecuador	Oct 2012	
<i>TRABAJO</i>				
DESARROLLO DE TESIS: Análisis de un compensador de armónicos, reactivos y fluctuaciones de tensión con filtro activo de potencia.	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia	Jan 2018	
BECA: Miembro del grupo de ganaderos de una beca completa para Estudio de Maestría en Colombia	ICETEX	Colombia	May 2016	
PROYECTO: Generación de energías alternativas. 1ra competencia Nacional interuniversitaria "Logo conocimiento en acción".	Siemens Industry	Ecuador	Sep 2012	
PONENCIA: Prótesis de miembro superior actuado por músculos neumáticos y controlado por señales mioeléctricas y neuronales.	15Th International Convention 2013	Cuba	Mar 2013	
COMPETENCIA: Primer lugar VI concurso de robótica ESPOCH 2011	ESPOCH	Ecuador	April 2011	

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 2 Datos del estudiante German Chimborazo

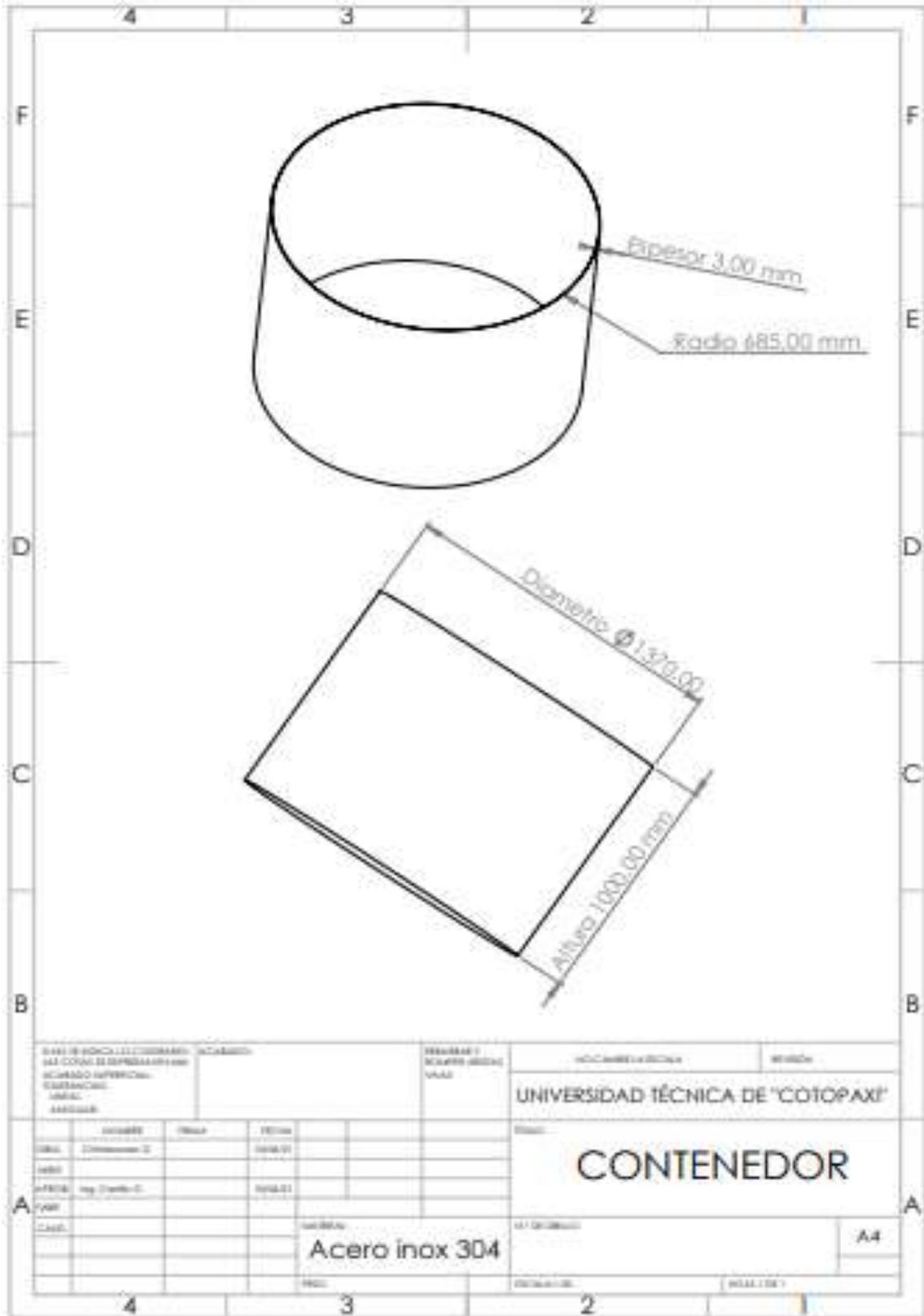
CURRICULUM VITAE	
INFORMACIÓN	
Nombres y Apellidos:	German Fabricio Chimborazo Aguaisa
Cédula de Identidad:	120809733-5
Lugar y fecha de nacimiento:	Moraspungo, 03 de noviembre de 1998
Domicilio:	Moraspungo
Dirección:	Calabi de Sillagua, vía San Francisco
Teléfono:	3-272-9376
Celular:	0960917957
Correo electrónico:	german.chimborazo7335@utc.edu.ec
	
ESTUDIOS	
Primaria:	Escuela Fiscal Mixta “Gabriela Mistral”
Secundaria:	Unidad Educativa Moraspungo
Tercer Nivel:	Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”
TÍTULOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Contabilidad y administración • Conductor Profesional Tipo “C” 	
IDIOMAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Español (nativo) • Suficiencia en el Idioma Inglés B1 	
CURSOS DE CAPACITACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ I Jornada Científico Empresarial de Ingeniería Electromecánica - UTC La Maná ❖ II Congreso Internacional de Investigación Científica - UTC La Maná ❖ III Congreso Internacional de Investigación Científica - UTC La Maná ❖ Curso de Auxiliar en Domótica - UTC La Maná ❖ Centro de Formación Artesanal “Centro Técnico Quevedo” ❖ Licencia de Prevención en Riesgos Laborales. 	

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 3 Datos del estudiante José Vera

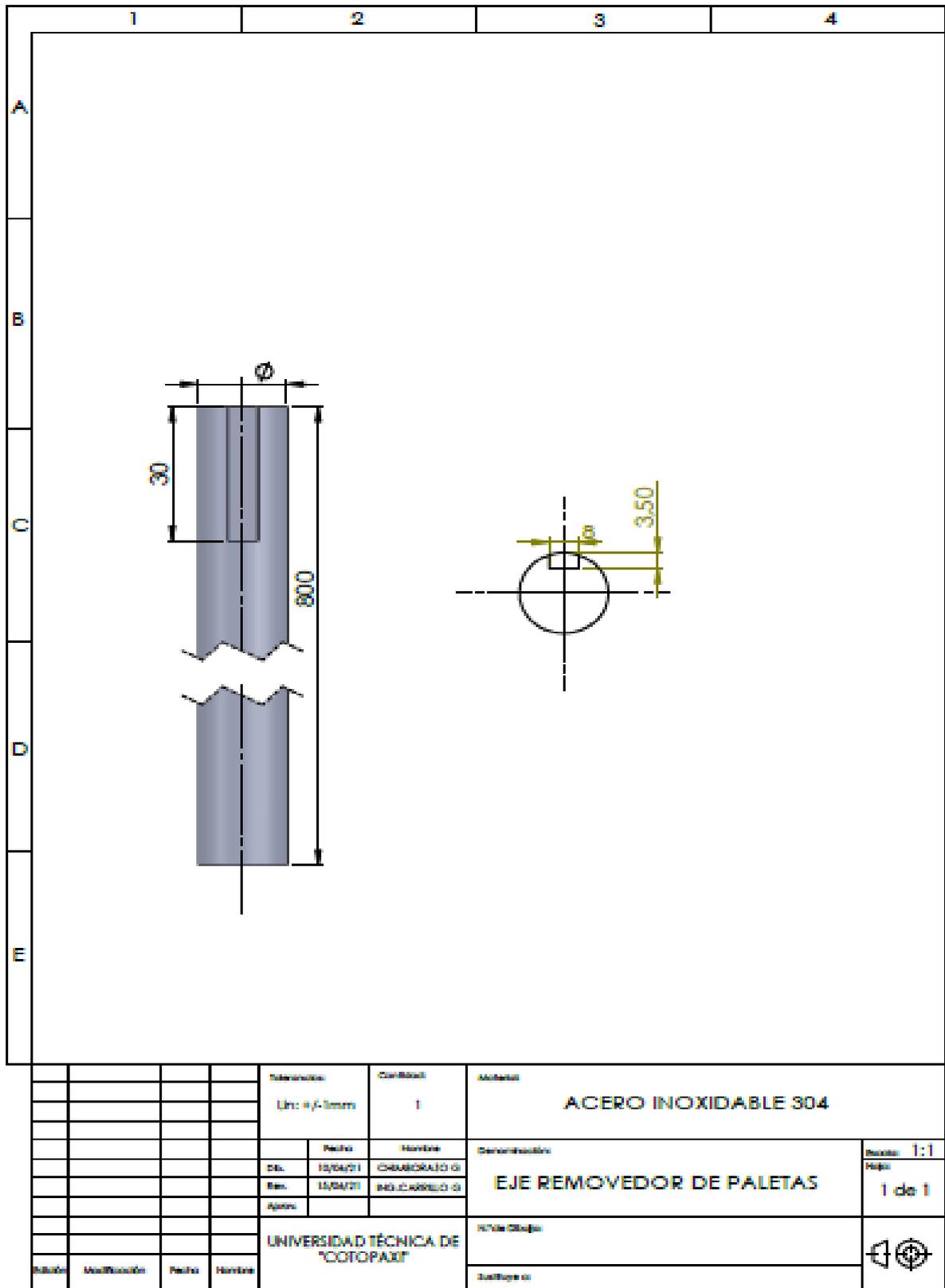
CURRICULUM VITAE	
INFORMACIÓN	
Nombres y Apellidos:	Yanny José Vera Millingalle
Cédula de Identidad:	050381615-9
Lugar y fecha de nacimiento:	La Maná, 15 de enero de 1998
Domicilio:	La Maná
Dirección:	recinto Juan Cobo
Celular:	0999341122
Correo electrónico:	yanny.vera6159@utc.edu.ec
	
ESTUDIOS	
Primaria:	Escuela Fiscal Mixta Chile
Secundaria:	Unidad Educativa “La Maná”
Tercer Nivel:	Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”
TÍTULOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Bachillerato General Unificado • Conductor Profesional Tipo “C” 	
IDIOMAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Español (nativo) • Suficiencia en el Idioma Inglés B1 	
CURSOS DE CAPACITACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ I Jornada Científico Empresarial de Ingeniería Electromecánica - UTC La Maná ❖ II Congreso Internacional de Investigación Científica - UTC La Maná ❖ III Congreso Internacional de Investigación Científica - UTC La Maná ❖ Curso de Auxiliar en Domótica - UTC La Maná ❖ Centro de Formación Artesanal “Centro Técnico Quevedo” ❖ Licencia de Prevención en Riesgos Laborales. 	

Anexo 4 Pared contenedor del secador



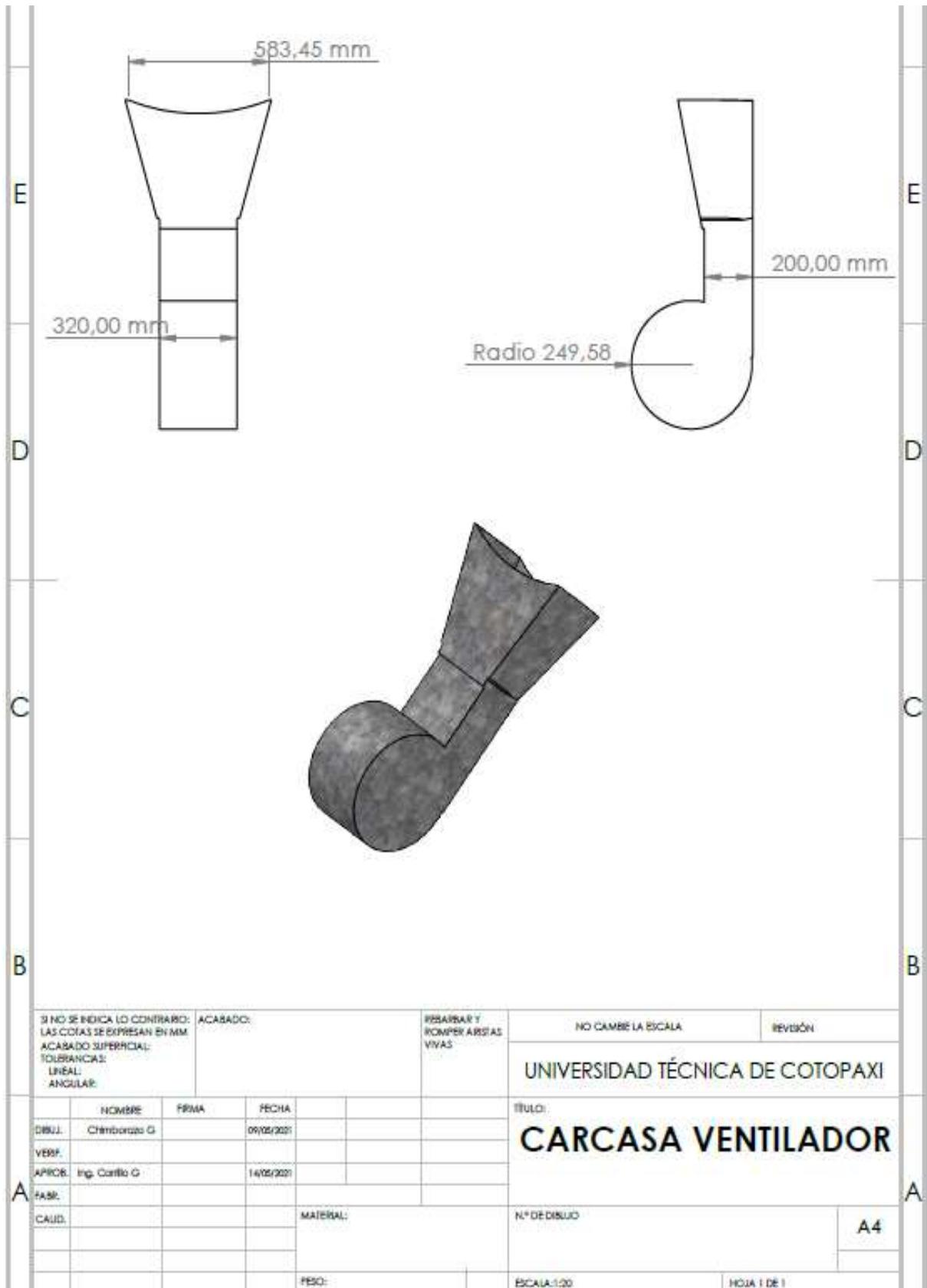
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 6 Diseño del eje removedor de paletas.



Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

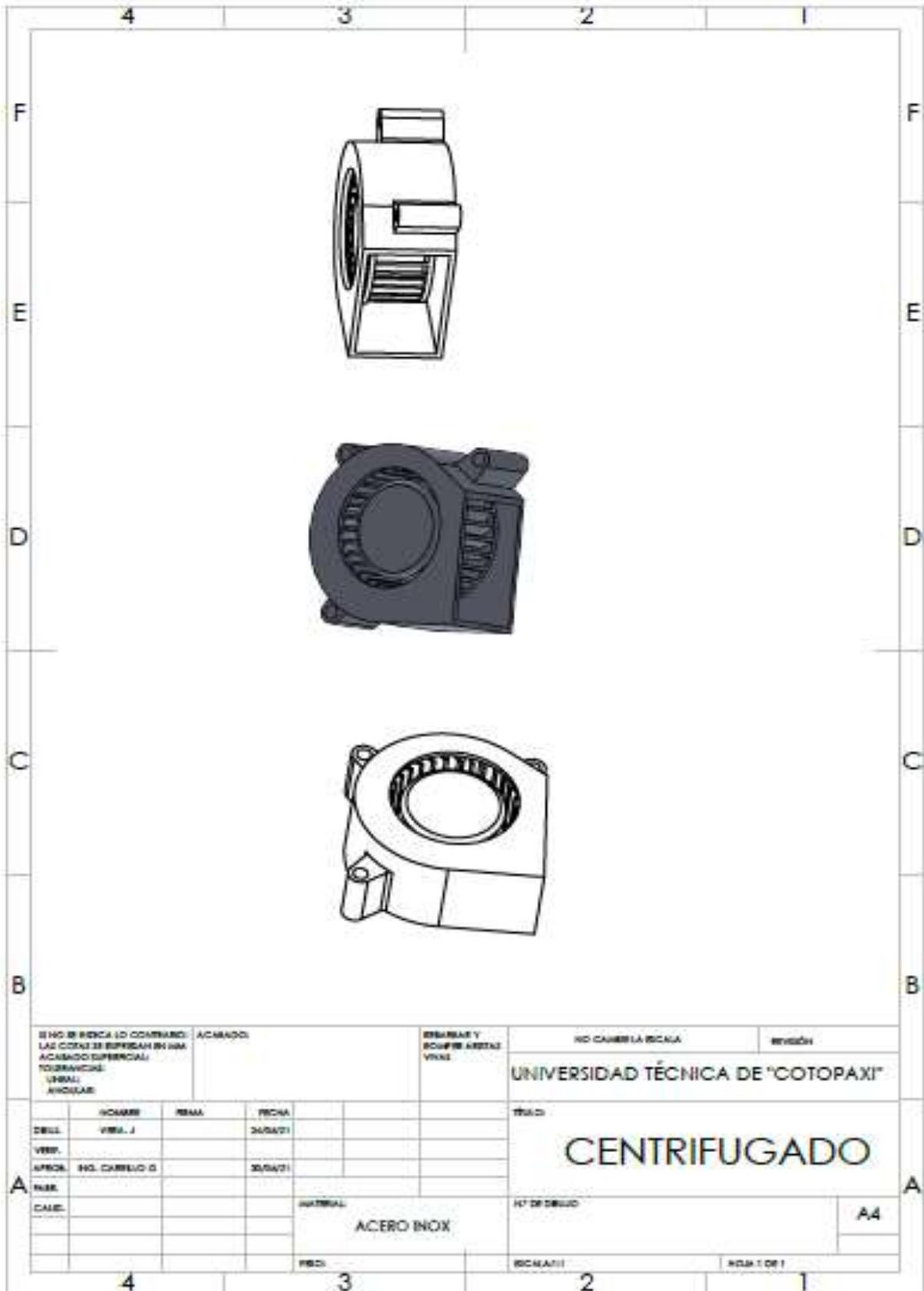
Anexo 7 Diseño de la carcasa del ventilador.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:		REBARBAR Y PONER A RISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL ANGULAR:						UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
DIBUJ.		NOMBRE		FECHA		TÍTULO:			
VERIF.		Chimborazo G		09/05/2021		CARCASA VENTILADOR			
APROB.		Ing. Carillo G		14/05/2021					
FABR.									
CAUD.				MATERIAL:		N° DE DIBUJO		A4	
				FESO:		ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1	

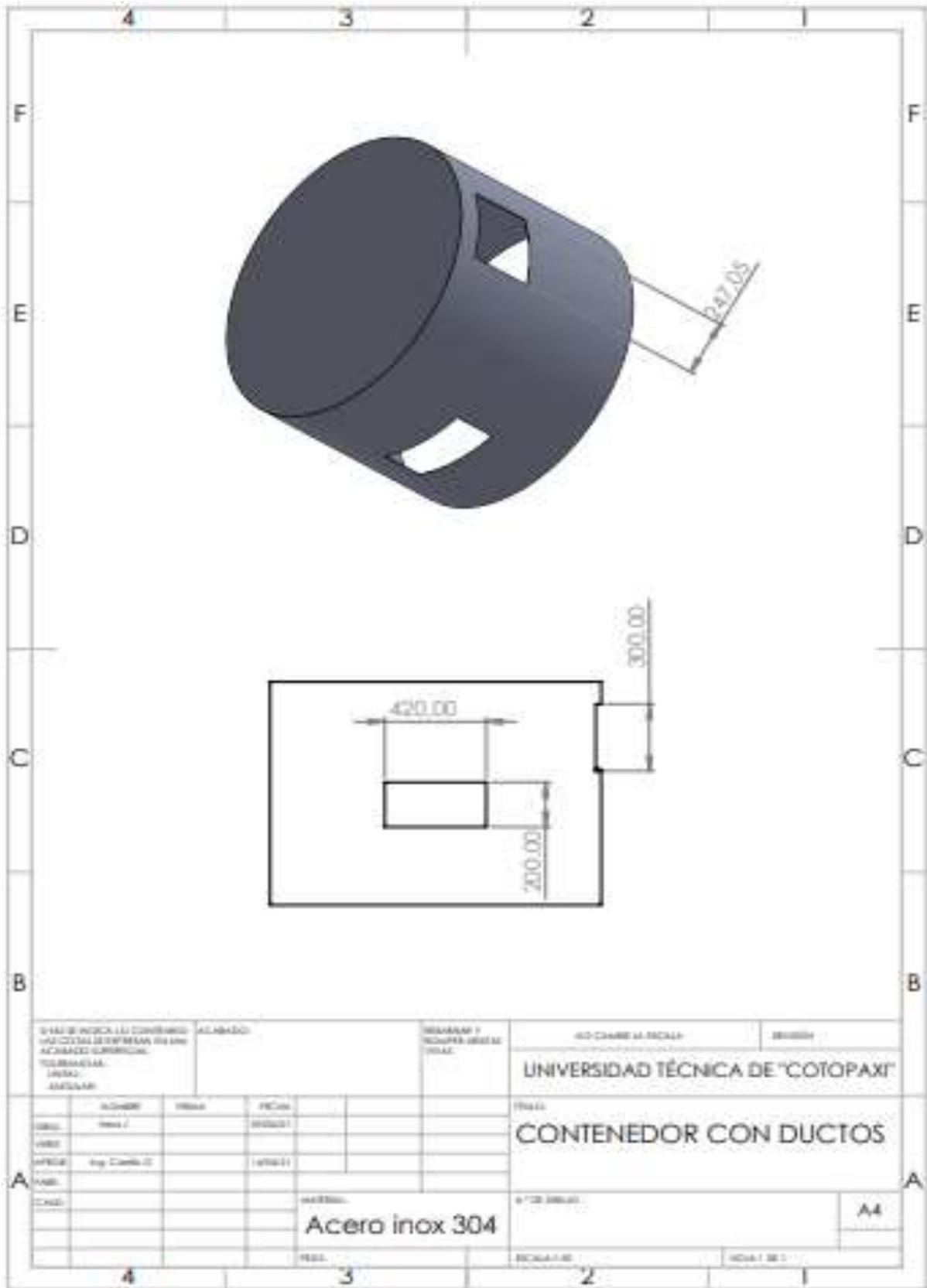
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 8 Diseño del ventilador centrifugado.



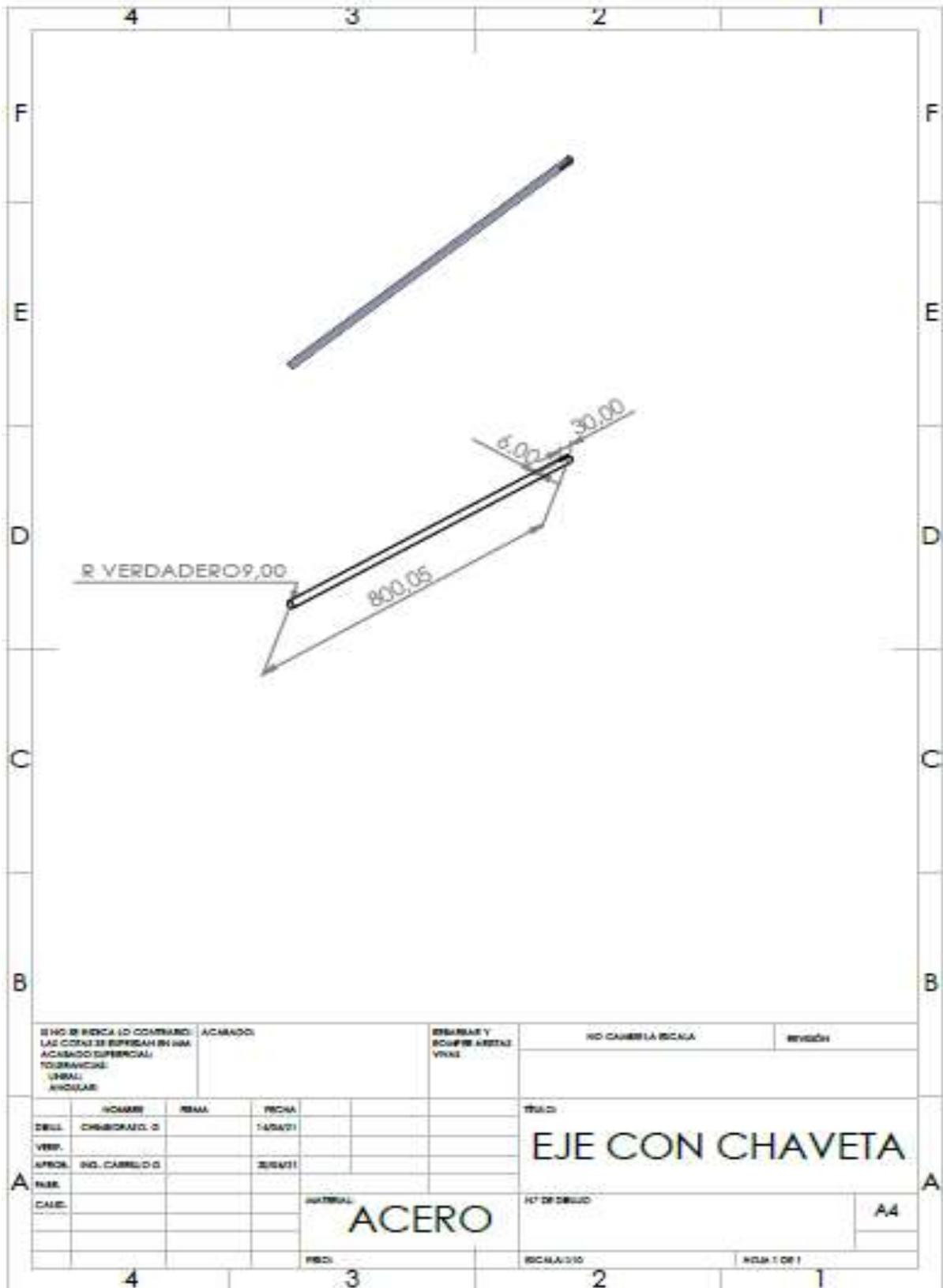
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 9 Diseño del contenedor con ductos.



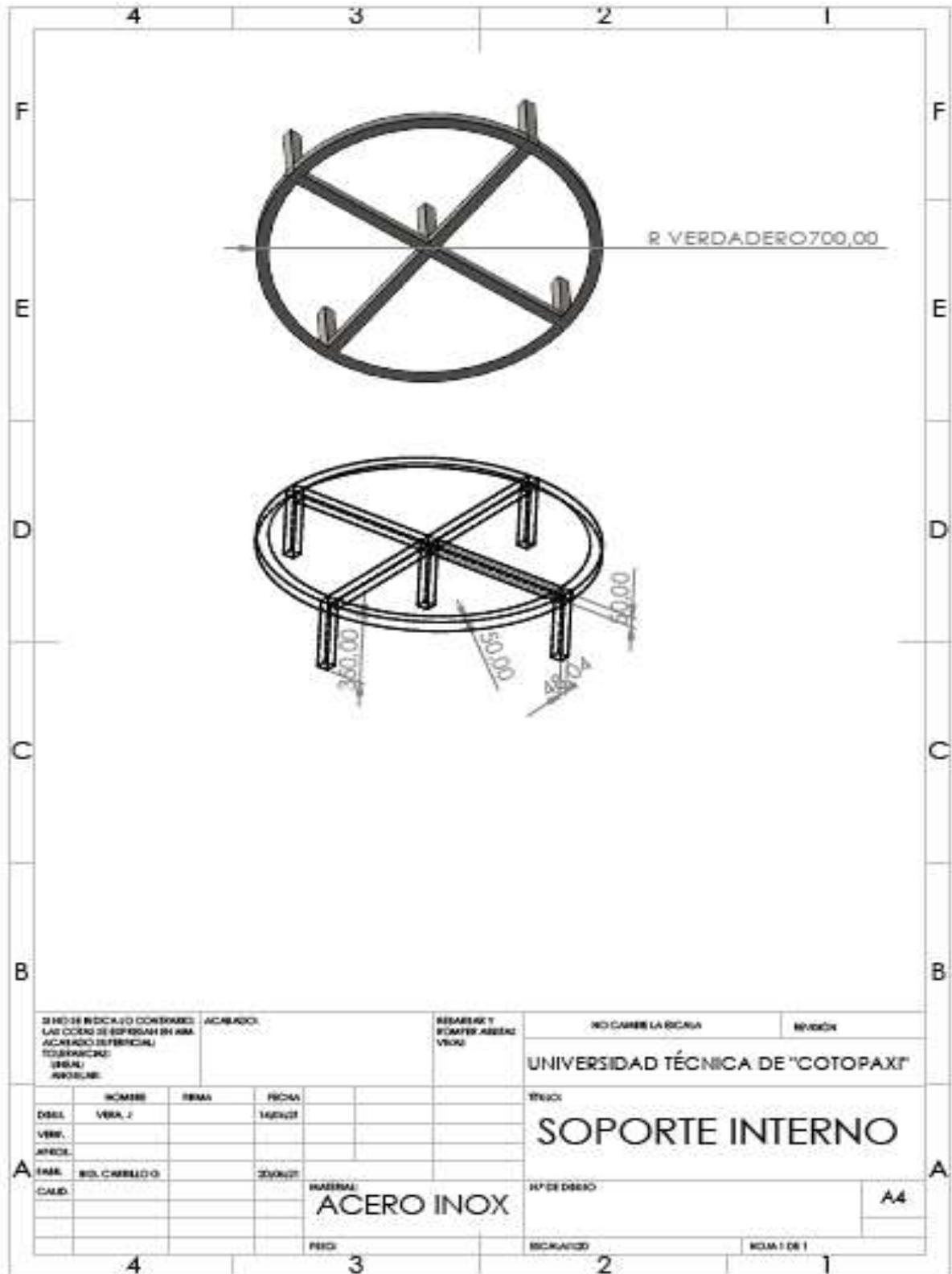
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 10 Diseño del eje con chaveta.



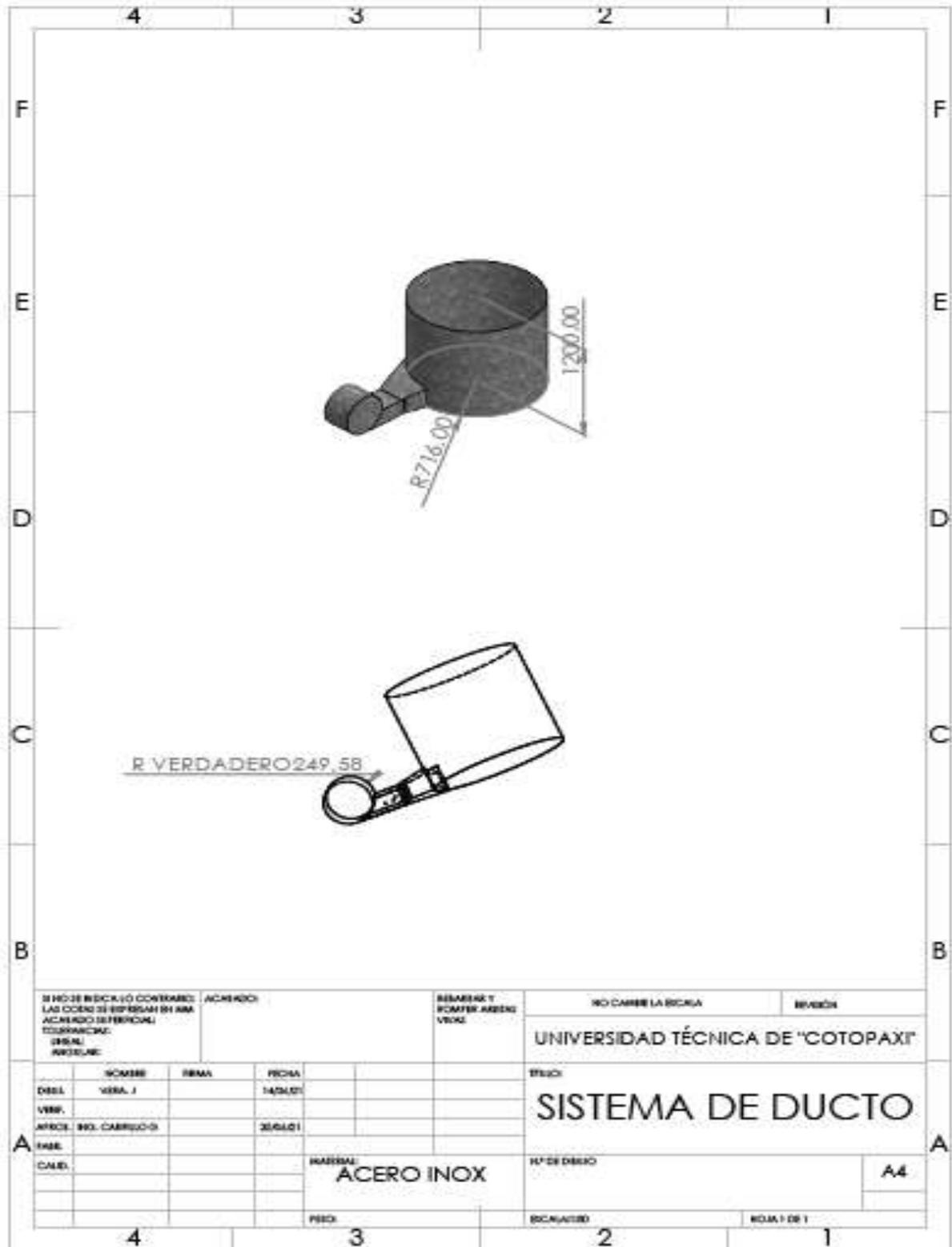
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 11 Diseño del soporte interno.



Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

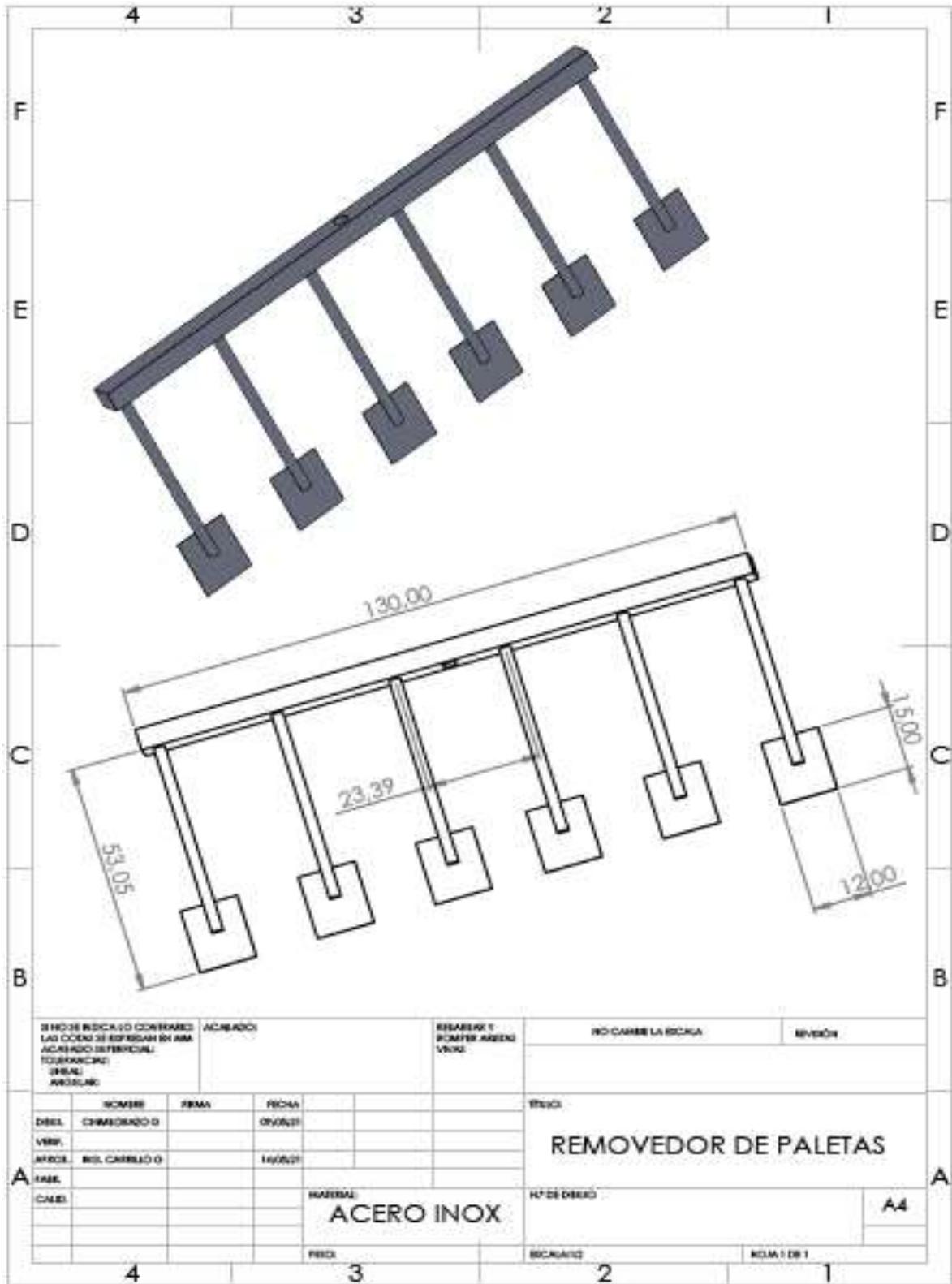
Anexo 12 Diseño del sistema con ductos.



SI NO SE INDICÓ CONTARME: ACERADO: LAS OTRAS SE ESPESAN EN MM ACERADO SE FERRICUM TOLERANCIAS: UNAS/ ANTEQUE		ACERADO:		REMANEY COMER ARBES VELOS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
						UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "COTOPAXI"			
						TÍTULO:			
						SISTEMA DE DUCTO			
						MATERIAL:		N° DE DIBUJO	
						ACERO INOX		A4	
						FECH:		HOJA 1 DE 1	

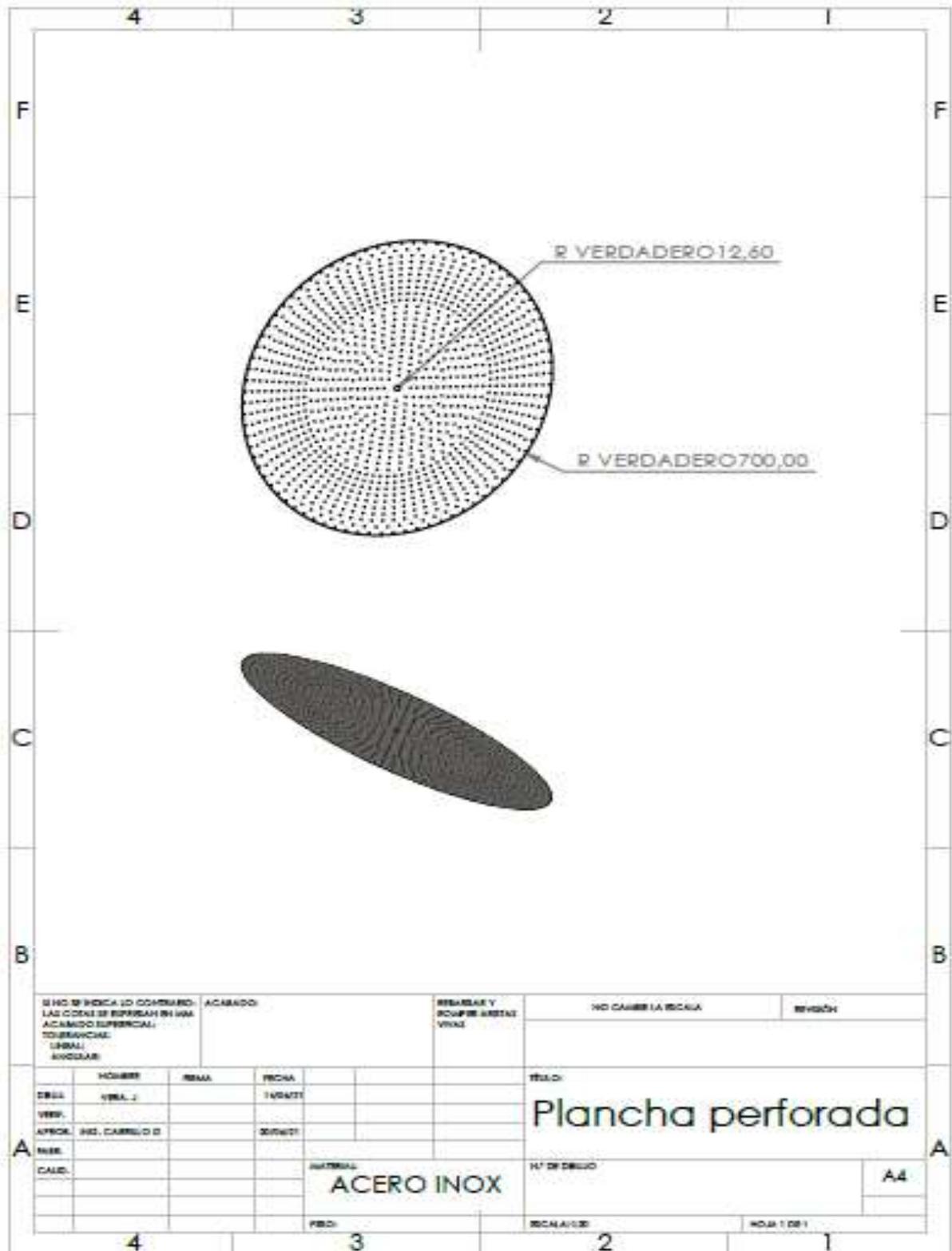
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 13 Diseño del removedor por paletas.



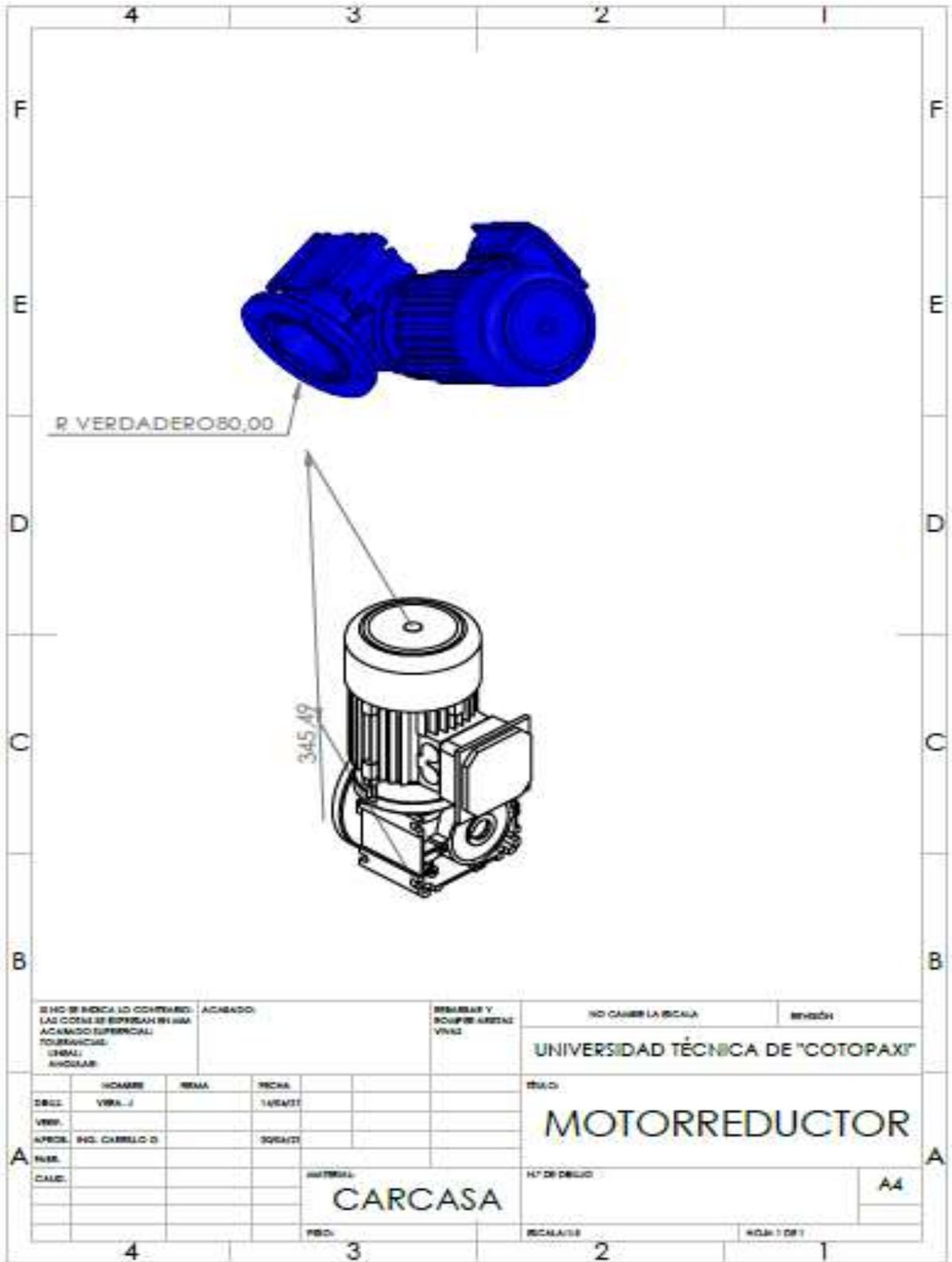
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 14 Diseño de la plancha perforada.



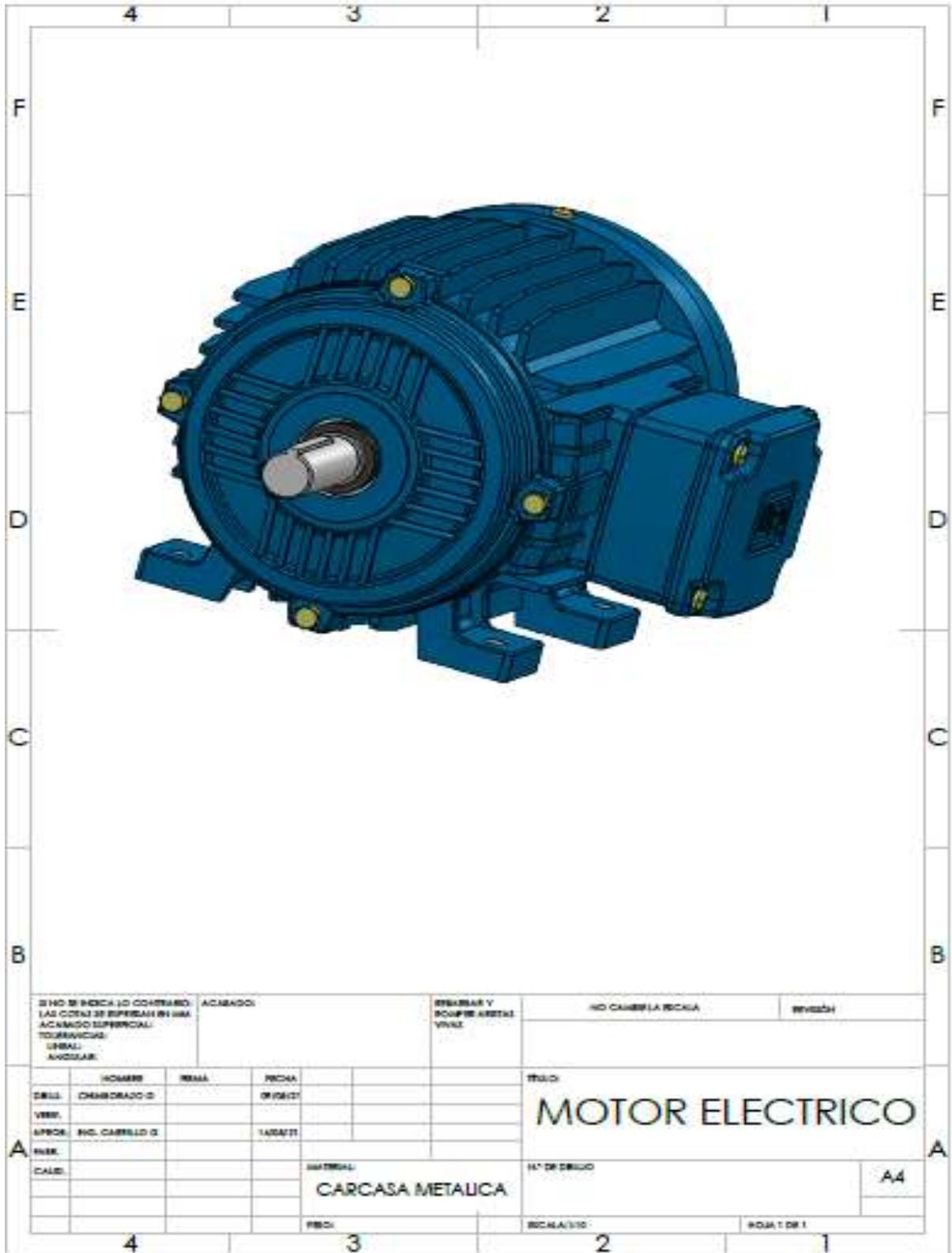
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 15 Diseño del motor reductor.



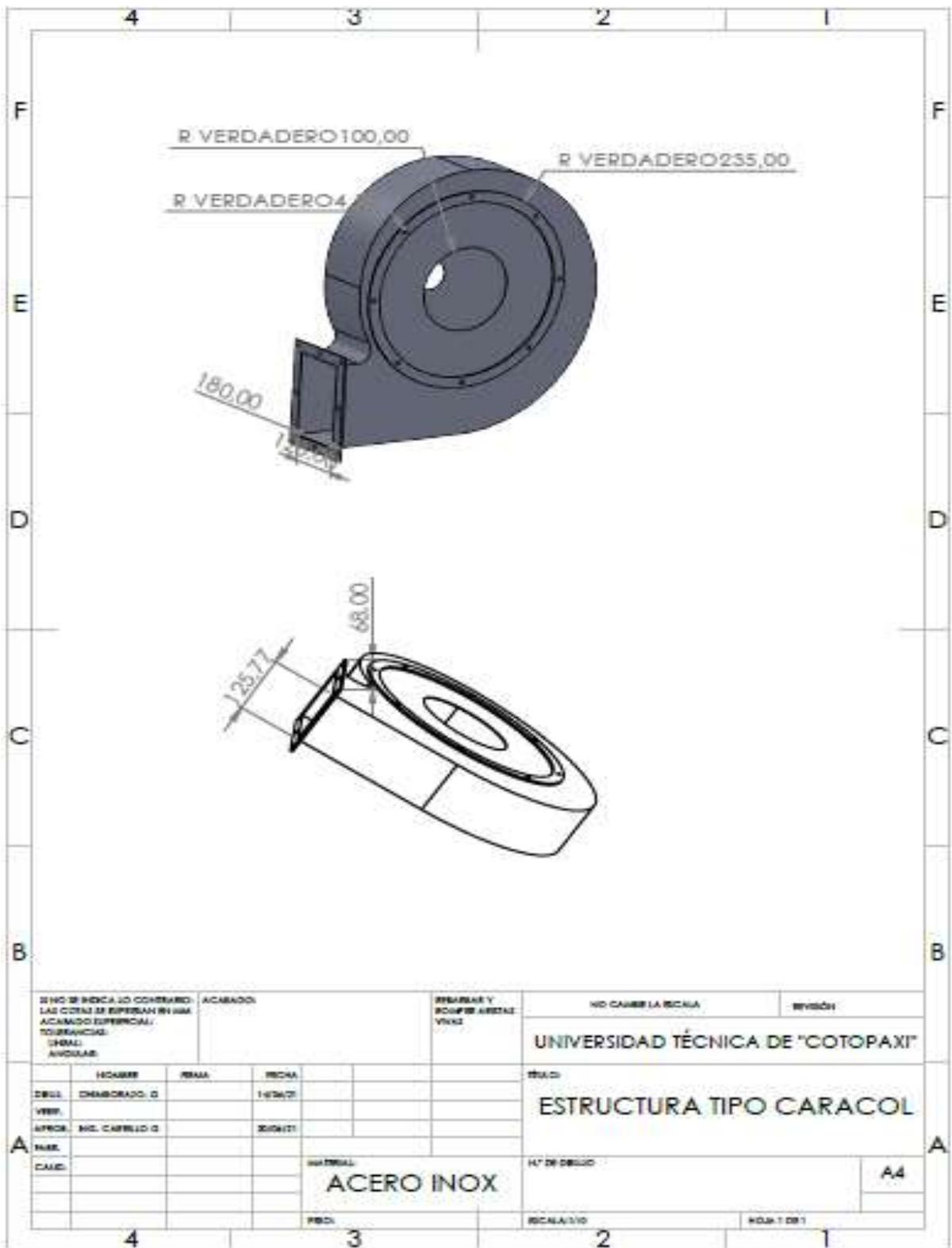
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 16 Diseño del motor eléctrico.



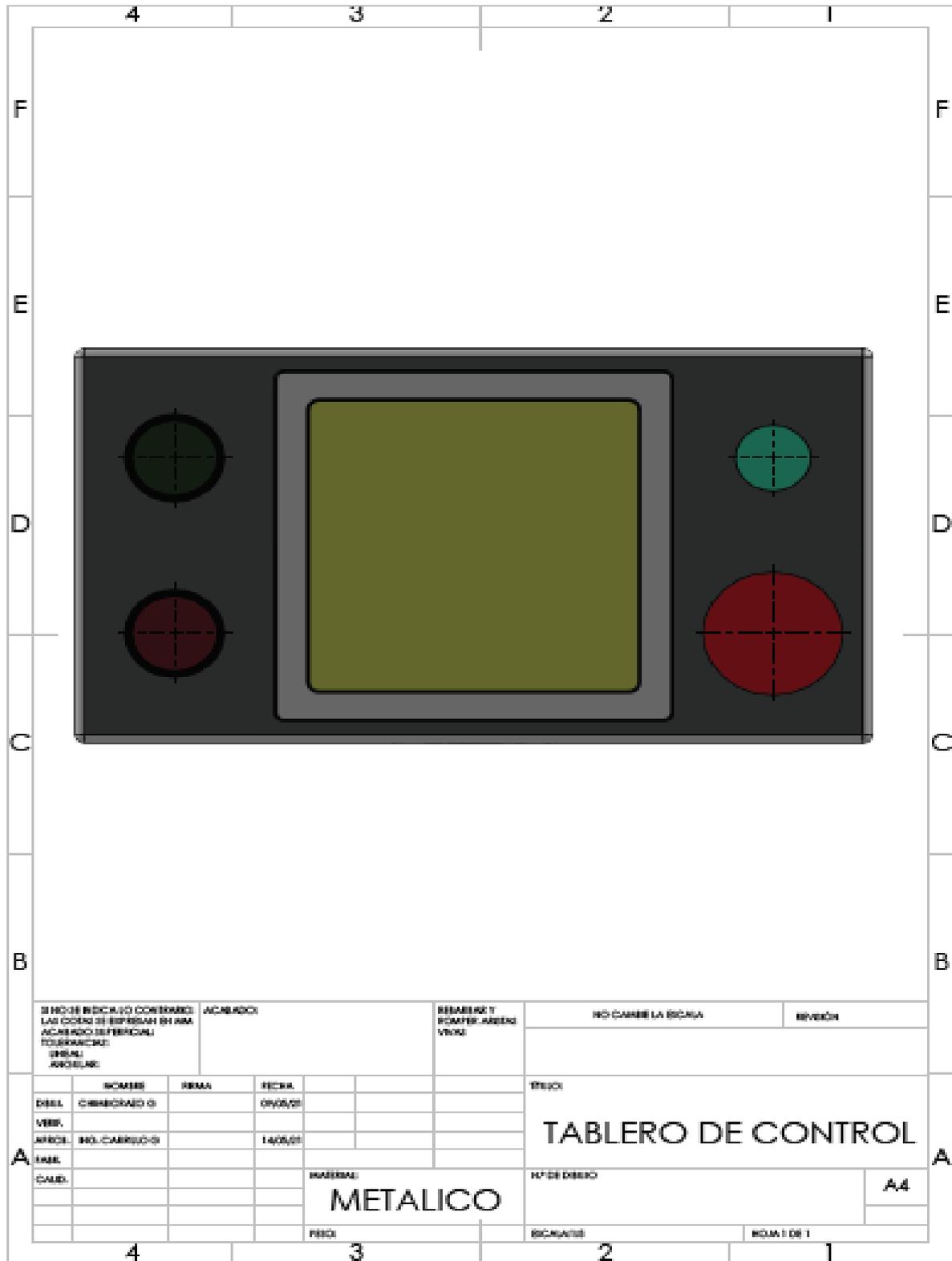
Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 17 Diseño de la estructura tipo caracol.



Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 18 Diseño del tablero de control.



Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 19 Diseño del sistema con ductos.

SI NO SE INDICA LO CONTENIDO: LAS COSES SE ESPESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL NO BRAVADO UNDAJ. ANGULAR		ACABADO:		RENDER Y EQUIPARAR VINO		NO CAMBIE LA ESCALA		Escala:	
						UNIVERSIDAD TÉCNICA DE "COTOPAXI"			
						TÍTULO:			
						ENSAMBLAJE 1			
						N° DE DISEÑO:			
						A4			
						MATERIAL:			
						ACERO INOX			
						FECHA:			
						ESCALA: 1/1			
						HOJA 1 DE 1			

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 20 Fuente de energía para la secadora de cacao automatizada.



Figura 54 Instalación a 220 (CA) desde el medidor

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 21 Instalación del tablero de control.



Figura 55 Instalación del lector de temperatura digital

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 56 Instalación de los selectores y otros elementos

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 57 Unión de cableado

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 22 Instalación de los sistemas de flujo y encendido.



Figura 58 Instalación del motor y capacitor del ventilador

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 59 Sistema de encendido automatizado

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 23 Verificación del funcionamiento de cada elemento.



Figura 60 Comprobación de los pulsadores y luces piloto

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

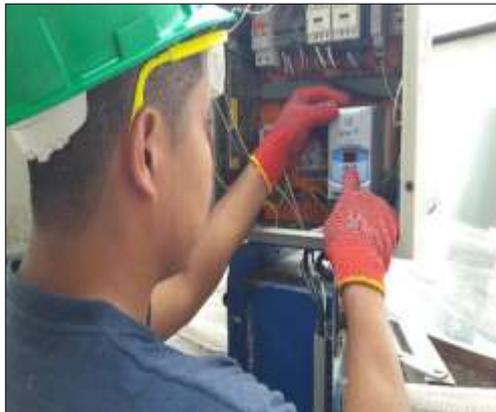


Figura 61 Programación del variador de frecuencia, según las variables de salida.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 24 Identificación del control de mando y pintado del equipo.



Figura 62 Identificación de los componentes del tablero de control

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 63 Pintada de la máquina secadora de cacao

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 64 Instalación de canaletas

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)



Figura 65 Implementación de la máquina secadora de cacao terminada.

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 25 Manual de usuario.

SECADOR DE CACAO AUTOMATIZADO

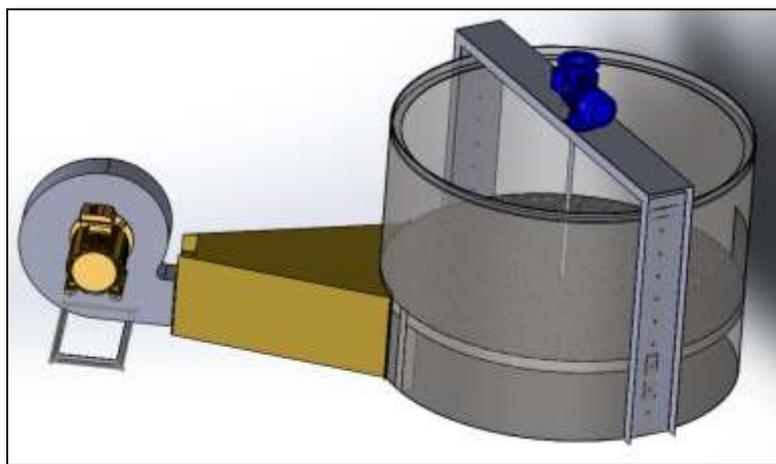


Figura 66 Modelo del secador de cacao

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Antes de usar, lea el instructivo de operación cuidadosamente:

¡Advertencia!

Para prevenir un probable daño al equipo o lesiones personales, deben seguir las siguientes reglas:

- ❖ Antes de utilizar la máquina, revise las instalaciones.
- ❖ Mantener limpia y bien iluminada la zona de trabajo.
- ❖ Mantener alejado a niños y otras personas que no sepan operar a la máquina.
- ❖ El enchufe del aparato eléctrico debe ser adecuado para la toma de corriente.
- ❖ No energizar el equipo mientras se realiza limpieza.
- ❖ No desarmar el equipo, reparar o modificar los actuadores del equipo, esto podría ocasionar una descarga eléctrica, fuego o mal funcionamiento.

Panel de control:

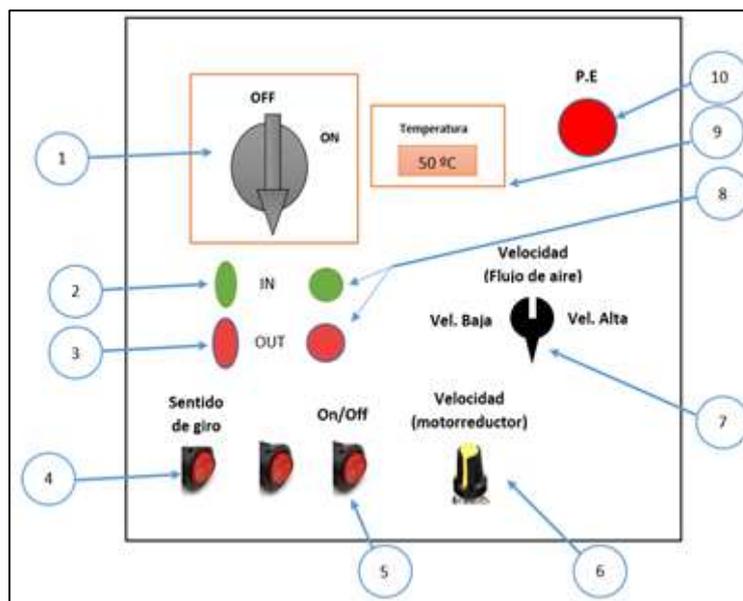


Figura 67 Partes del panel de control de la máquina secadora de

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

1. Selector de fuerza ON/OFF: Permite encender y apagar al equipo por medio de un selector.
2. IN/Inicio: Permite arrancar el sistema de ventilación de aire por medio de un pulsador.
3. OUT/Paro: Permite apagar el sistema de ventilación de aire por medio de un pulsador.
4. Interruptor 1: Permite cambiar el sentido de giro del removedor de paletas.
5. Interruptor 2: Permite encender y apagar el removedor de paletas.
6. Potenciómetro: Permite variar la velocidad del removedor entre 4 a 22 rpm.
7. Selector 2: Permite seleccionar la velocidad del aire, la velocidad alta (es 2000CFM y la velocidad baja es 1200CFM).
8. Luces piloto ON/OFF: Indicadores luminosos, el indicador ON color verde indica que el equipo se encuentra operando y el indicador OFF color rojo indica que el equipo se encuentra en estado de paro.
9. Indicador de temperatura: Indica el valor de la temperatura de secado.
10. Paro de emergencia: Permite desconectar la máquina en situaciones de emergencia.

Especificaciones:

Tabla 20: Especificaciones técnicas de la maquina

Fuente de alimentación	220V (monofásico)/60Hz
Consumo de energía:	2258.93 W
Revoluciones removedor de paletas:	0.52 rad/s a 2.30 rad/s.
Velocidad ventilador centrifugo	$0.56 \frac{m^3}{s}$ $0.94 \frac{m^3}{s}$
Rango de temperatura de secado	40° - 70°
Capacidad máxima por lote:	≤150 Kg
Tiempo de secado	2 - 4 horas

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Instrucciones de uso:

1. Enchufar la máquina a la red 220V monofásico.
2. Verter hasta 150 Kg de cacao previamente fermentado (Sin Baba).
3. Esparcir el cacao por todo el contenedor, formando una cama del mismo espesor.
4. Mover el selector de fuerza ON/OFF al estado ON.
5. Establecer el parámetro de temperatura inicial en 30°C
6. Esperar durante 5 minutos para que los sistemas se calienten y funcionen correctamente.
7. Mover la perrilla del ventilador a la posición 2 (Velocidad baja).
8. Pulsar IN para encender el sistema de ventilación.
9. Encender y apagar el removedor por medio del interruptor 2 durante el tiempo requerido por el usuario, es importante no apagar mientras no se seque la baba de la cascara de grano de cacao.
10. Modificar el parámetro de temperatura cada hora para aumentar la ~~temperatura~~ ^{tiempo} de secado.
11. Medir la humedad del grano por cada hora para verificar la humedad.
12. Esperar durante 2 horas.
13. Mover el selector de fuerza ON/OFF al estado OFF.

14. Descargar el cacao.

Mantenimiento preventivo y limpieza:

1. Realizar 1 vez cada 7 días de utilización.
2. Disminuir al máximo posible la suciedad y polvo en los dispositivos de seguridad, las rendijas de ventilación y la carcasa del motor.
3. Limpiar con paños húmedos o soplar con aire comprimido las superficies de la máquina.
4. Se recomienda limpiar y extraer las cascara del cacao después del secado, para que el próximo lote salga con la misma calidad de secado.
5. No realizar lubricación en motores ya que vienen lubricados herméticamente.
6. Lubricar la chumacera cada 4 meses con grasa N° 3.
7. Verificar la integridad de los equipos y dispositivos del tablero de control cada mes.

Tabla 21 Elementos o equipos de protección personal para el operador del equipo

EQUIPOS DE PROTECCIÓN DE SEGURIDAD PARA EL OPERARIO.	ACCESORIOS
1. Gafas	
2. Casco	

<p>3. Mascarilla</p>	
<p>4. Guantes</p>	
<p>5. Zapatos con punta de acero</p>	

Fuente: Chimborazo G. y Vera J. (2021)

Anexo 26 Certificación del antiplagio del URKUND.



Document Information

Analyzed document	Proyecto Chimborazo - Vera_2.pdf (D111547182)
Submitted	8/22/2021 3:54:00 AM
Submitted by	
Submitter email	yoandrys.morales@utc.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	yoandrys.morales.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7380/1/UTC-PIM-000326.pdf Fetched: 7/9/2021 4:50:57 PM		11
W	URL: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6935/1/UTC-PIM-000276.pdf Fetched: 8/18/2021 5:54:39 AM		1
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / TESIS GAVILANEZ LIMBER-LOZANO JACKSON.docx Document TESIS GAVILANEZ LIMBER-LOZANO JACKSON.docx (ID97675657) Submitted by: paco.vasquez@utc.edu.ec Receiver: paco.vasquez.utc@analysis.orkund.com		6
SA	306-Texto del artículo-985-1-6-20180425 (1).docx Document 306-Texto del artículo-985-1-6-20180425 (1).docx (D39914326)		1
W	URL: https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECAICAS2013.pdf Fetched: 8/22/2021 3:55:00 AM		7
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / REV Tesis Chimborazo - Vera Secadora de cacao 19-08-21_Ultimo.pdf Document REV Tesis Chimborazo - Vera Secadora de cacao 19-08-21_Ultimo.pdf (D111522994) Submitted by: yoandrys.morales@utc.edu.ec Receiver: yoandrys.morales.utc@analysis.orkund.com		4
W	URL: http://dspace.esoche.edu.ec/bitstream/123456789/8079/1/15T00678.pdf Fetched: 1/20/2021 11:47:00 PM		2
SA	1615834460_Tesis Duarte-Morán RediseñoSecadorCacao.pdf Document 1615834460_Tesis Duarte-Morán RediseñoSecadorCacao.pdf (D98440392)		1
W	URL: https://www.coursehero.com/file/p6hq5vk/EI-mantenimiento Fetched: 8/22/2021 3:55:00 AM		1
SA	Proyecto.pdf Document Proyecto.pdf (D109736252)		1