



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“Diseño e implementación de un secador híbrido de cacao fino de aroma para la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Quinindé en la parroquia La unión.”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autor:

Guamushig Piray Patricio Hernán

Guanotasig Tamayo Luis Enrique

Tutor:

PhD. Ing. Enrique Torres Tamayo

Latacunga - Ecuador

Septiembre – 2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Guamushig Piray Patricio Hernán**, con cédula de ciudadanía N° **172334308-1** y **Guanotasig Tamayo Luis Enrique**, con cédula de ciudadanía N° **050335069-6** estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR HÍBRIDO DE CACAO FINO DE AROMA PARA LA FINCA “SANTA MARÍA” UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN QUININDÉ EN LA PARROQUIA LA UNIÓN**”, siendo el **Ing. Enrique Torres Tamayo Ph.D.**, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi 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.

.....

Guamushig Piray Patricio Hernán

C.I. 172334308-1

.....

Guanotasig Tamayo Luis Enrique

C.I. 050335069-6



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR HÍBRIDO DE CACAO FINO DE AROMA PARA LA FINCA “SANTA MARÍA” UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN QUININDÉ EN LA PARROQUIA LA UNIÓN”, de Guamushig Piray Patricio Hernán y Guanotasig Tamayo Luis Enrique, de la carrera de INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, 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 CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, septiembre, 2020

El Tutor

Ing. Torres Tamayo Enrique; PhD.

C.I. 1757121940



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **Facultad de Ciencias De La Ingeniería y Aplicadas**; por cuanto, los postulantes **Guamushig Piray Patricio Hernán**, con cédula de ciudadanía N°.172334308-1 y **Guanotasig Tamayo Luis Enrique**, con cédula de ciudadanía N°.050335069-6 con el título de Proyecto de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR HÍBRIDO DE CACAO FINO DE AROMA PARA LA FINCA “SANTA MARÍA” UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN QUININDÉ EN LA PARROQUIA LA UNIÓN**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, septiembre 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi MsC
C.I. 050259517-6

Lector 2

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes
C.I. 070440044-9

Lector 3

Ing. Cristian Gallardo Molina MsC
C.I. 050284769-2



AVAL DE IMPLEMENTACION DE LA PROPUESTA TECNOLOGICA FINCA “SANTA MARÍA”

Quinindé, septiembre 2020

Quien suscribe, Sr. Andrés Justo Guamushig Chasi en calidad de copropietario de la finca “Santa María”, **CERTIFICO** que los Sres. Guamushig Piray Patricio Hernán y Guanotasig Tamayo Luis Enrique, realizaron en las inmediaciones de la finca el proyecto de investigación titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR HÍBRIDO DE CACAO FINO DE AROMA PARA LA FINCA “SANTA MARÍA” UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN QUININDÉ EN LA PARROQUIA LA UNIÓN”**. En la ejecución de dicho proyecto los Sres. Demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad; así también generaron resultados que les serán de gran utilidad al área electromecánica, por cuanto se enfocaron a solucionar problemas inherentes e implementar el proyecto descrito que ayudara al proceso productivo del lugar, demostrando que estoy **CONFORME** con la entrega y el funcionamiento de la máquina entregada a nuestra finca.

Durante su estadía los Sres. En mención se hicieron acreedores a nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y profesionalismo demostrado.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los interesados dar uso a este documento como estimen conveniente.

Atentamente.

Sr. Andrés Justo Guamushig Chasi

C.C. 170888714-4



AGRADECIMIENTO

“La educación viene desde el interior; la obtienes mediante la lucha, el esfuerzo y el pensamiento”.
Napoleón

Gracias a Dios por permitirme tener una familia y amigos tan maravillosos, gracias a ellos por apoyarme en cada decisión, en cada proyecto de mi vida y por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. El desarrollo de este trabajo no lo puedo catalogar como algo fácil, pero lo que sí puedo hacer es afirmar que durante todo este tiempo pude disfrutar cada momento y no porque simplemente me dispuse a que así fuera, sino fue porque mis amigos y familia siempre estuvieron junto a mí y porque la vida misma me demostró que en ellos siempre puedo confiar. No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias al apoyo incondicional de mis padres el recorrido hacia esta meta complicada de lograr se ha notado menos.

A mi alma mater la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y brindarme una educación de calidad con los mejores docentes que me formaron para ser un gran profesional.

Al Ing. PhD. Enrique Torres en calidad de tutor, que supo compartir sus conocimientos técnicos e investigativos para el desarrollo exitoso este trabajo.

Patricio



AGRADECIMIENTO

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado, un esfuerzo total es una victoria completa.”

Mahatma Gandhi

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo me pones a prueba, aprendo de mis errores brindándome fuerza y perseverancia para poder llegar a este momento tan importante de mi vida en culminar mi carrera.

A mis padres, mi hermana que día a día lucharon, se sacrificó y me apoyaron siempre, a mi esposa y mi hijo que durante el tiempo transcurrido fueron el lazo a luchar depositándome su confianza en los momentos tan difíciles de mi vida.

A mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas con los mejores docentes de calidad, que me impartieron sus conocimientos y me formaron para ser un profesional digno, justo, con buenos valores.

Al Ing. PhD. Enrique Torres en calidad de tutor, que supo impartir sus conocimientos técnicos e investigativos para el desarrollo exitoso de este trabajo.

Luis



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quien ha sido mi pilar y mi guía para ir siempre por el buen camino, por darme fuerza y salud para llevar a cabo mis metas y objetivos.

A mis padres Andrés y Narcisa, que, gracias a su sacrificio y su apoyo incondicional, día tras día por mí y nuestra familia, me han demostrado ser un ejemplo de vida. A ellos les debo todo lo que soy, mis principios y valores los cuales me ayudaron a culminar exitosamente esta etapa y lograr conseguir mi título profesional.

A mi tío Nelson Guamushig, por ser un ejemplo de lucha, tenacidad e inspiración en nuestra familia, para poder superar cualquier obstáculo que me ponga la vida., y aunque ya no se encuentra con nosotros su recuerdo siempre me acompañara.

A mis hermanos Cristian y Jhosue que siempre me han brindado su apoyo para ayudarme a culminar con éxito mi carrera profesional, y por todos los buenos y malos momentos que hemos compartido juntos.

Patricio



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios y mi Virgencita de Mercedes quienes supieron guiarme por un buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y culminar mis estudios, por brindar salud a mi familia.

A mis padres Luis y Mercedes, que siempre me apoyaron incondicionalmente, lucharon y se sacrificaron día a día por mí, me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño para culminar mi carrera profesional.

A mi esposa Evelin, por ser la mujer que dios me puso en mi camino, por ser comprensiva y paciente, brindándome su apoyo día a día, por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre con tus consejos y cariño pude culminar mi carrera.

A mi hijo Dylan, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor, ya que a su corta edad su amor supo comprender mis ausencias debido al trabajo y estudio que día a día luchaba para culminar un logro importante en mi vida.

A mis hermanas Janeth que desde el cielo me bendice y Lisbeth, por todos los buenos y malos momentos que hemos tenido, para que cumpla todas sus metas propuestas y de igual manera culmine su carrera, para que sepa que siempre contara con todo mi apoyo

A mis suegros Augusto y María por ser pacientes unas personas buenas de corazón nos apoyaron con sus consejos y lucha diaria.

Luis

Índice

1.	INFORMACIÓN BÁSICA	1
2.	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1.	Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2.	Tipo de alcance.....	2
2.3.	Área de conocimiento.....	3
2.4.	Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	3
2.5.	Objeto de estudio y campo de acción.....	3
2.5.1.	Objeto de estudio.....	3
2.5.2.	Campo de acción	4
2.6.	Situación problémica y problema.....	4
2.6.1.	Situación problémica.....	4
2.6.2.	Problema	4
2.7.	Hipótesis o formulación de pregunta directriz	4
2.8.	Objetivos	4
2.8.1.	Objetivo general	4
2.8.2.	Objetivos específicos.....	4
2.9.	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	5
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	Antecedentes	7
3.2.	Secado del cacao	8
3.3.	¿Cuáles son los pasos en el secado?.....	9
3.4.	Tipos de secado de cacao	9
3.4.1.	Secado Natural del cacao	9
3.4.2.	Secado natural en tendales	10
3.4.3.	Tendal económico – INIAP.....	10
3.4.4.	Tendal rodante – Anecacao	11
3.5.	Ventajas y desventajas de los secadores naturales para el cacao	11
3.6.	Secado Artificial.....	11
3.6.1.	Secador solar de cacao	12
3.6.2.	Secador Rotatorio.....	12
3.6.3.	Secador de Bandejas.....	13
3.6.4.	Secador con removedor.....	13
3.6.5.	Secadores solares híbridos	14
3.7.	Ventajas y desventajas del secado artificial del cacao	14
3.8.	Detalles del prototipo	15

3.8.1. Diseño	15
3.8.2. Control.....	15
3.8.3. Materiales más usados para la fabricación de máquinas secadoras de cacao.....	16
3.9. Energía a utilizar	16
3.10. Colector solar de placa plana y sus características	16
3.11. Instrumentos de medición de la radiación.....	17
3.11.1. El Piranómetro	17
3.11.2. El solarímetro solar SM206.....	18
3.12. Fases en el proceso de secado	19
3.13. Calidad del cacao	19
3.14. Requerimientos básicos del prototipo	20
4. METODOLOGÍA	21
4.1. Matriz de Operacionalización de variables	21
4.1.1. Variable dependiente.....	21
4.1.2. Variable independiente.....	21
4.2. Métodos y técnicas de la investigación	22
4.2.1. Método cuantitativo	22
4.2.2. Método cualitativo	22
4.2.3. Método científico	22
4.2.4. Técnica experimental	22
4.2.5. Técnica de observación	22
4.2.6. Técnica de medición.....	22
4.3. Análisis de características de las secadoras de cacao	23
4.3.1. Comparación de los diferentes tipos de secadores artificiales	25
4.4. Metodología de la memoria de cálculo.....	26
4.4.1. Características Técnicas	26
4.4.2. Análisis Comparativo de energía	27
4.4.3. Propiedades del grano de cacao	28
4.5. Cálculos para la construcción de la cámara de secado	28
4.5.1. Diseño de la Estructura metálica.....	28
4.5.2. Cálculo para el volumen del plato o bandeja	28
4.5.3. Cálculo de la fuerza de la masa.....	29
4.5.4. Cálculo para el torque requerido	29
4.5.5. Cálculo para el diámetro del eje.....	29
4.5.6. Cálculo de la carga distribuida en las aspas	30

4.5.7. Cálculo de la inercia de masa para las aspas	30
4.5.8. Cálculo del sistema de transmisión	30
4.5.9. Cálculo de potencia para la selección del motor de las aspas	30
4.5.10. Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque	31
4.5.11. Cálculo para el número de revoluciones del motor	31
4.5.12. Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora	31
4.6. Cálculos térmicos para el dimensionamiento del secador	32
4.6.1. Cálculo para obtener la masa seca del Producto	32
4.6.2. Cálculo para obtener la variación de Humedad	32
4.6.3. Cálculo para obtener la cantidad de Agua a Retirar.....	32
4.6.4. Cálculo para el flujo de aire al interior del secador	33
4.6.5. Cálculo para obtener la energía consumida	33
4.6.6. Cálculo para obtener la cantidad de Calor Requerido por el Sistema.....	34
4.6.7. Cálculo para obtener las pérdidas de calor en las paredes	34
4.6.8. Circuito de resistencias Térmicas de las paredes de la máquina.....	34
4.6.9. Cálculo para obtener la convección Natural	36
4.6.10. Cálculo para obtener el número de Biot.....	36
4.6.11. Cálculo para obtener el Número de Rayleigh	37
4.6.12. Cálculo para obtener el Nusselt.....	37
4.6.13. Cálculo del coeficiente de convección	38
4.6.14. Ley de Stefan Boltzmann	38
4.6.15. Cálculo para obtener la convección forzada por el interior.....	38
4.6.16. Cálculo para obtener el Número de Reynolds.....	39
4.6.17. Cálculo para obtener el Nusselt.....	39
4.6.18. Cálculo para obtener las Pérdidas de calor por las paredes.....	39
4.6.19. Cálculo para obtener el Tiempo de calentamiento del aire en el interior del secador	40
4.7. Cálculo para obtener el Diseño del colector solar	40
4.7.1. Radiación solar en el cantón Quinindé	40
4.7.2. Cálculo para obtener el Área del colector solar	42
4.7.3. Materiales para la construcción de colectores solares.....	43
4.7.4. Procedimiento para la selección del ventilador.....	43
4.7.5. Cálculo para el dimensionamiento del ventilador.....	44
4.8. Cálculo del sistema eléctrico y control del secador de cacao	44
4.8.1. Cálculo eléctrico para el dimensionamiento del motor y de las protecciones eléctricas en general para el secador.....	44
4.8.2. Cálculo de las protecciones eléctricas.....	44
4.8.3. Cálculo para la corriente de sobre carga	44

4.8.4. Cálculo para el dimensionamiento del elemento termo magnético (Breaker)	45
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
5.1. Selección de materiales	46
5.2. Diseño de la estructura metálica	47
5.2.1. Boceto	47
5.2.2. Cálculo estructural	48
5.3. Resultados del diseño de la cámara de secado	50
5.4. Resultados para el dimensionamiento térmico del secador	51
5.5. Cálculo y consideraciones para el uso e implementación del colector solar	53
5.6. Dimensionamiento de protecciones eléctricas de la máquina	53
5.7. Dimensionamiento de los conductores eléctricos	54
5.8. Análisis de Radiación Solar.....	54
5.9. Datos de Radiación Solar incidente.....	55
5.10. Pruebas realizadas de secado de cacao aroma fino de manera natural.....	57
5.11. Pruebas realizadas de secado de cacao aroma fino con la máquina.....	58
5.12. Resultado de la curva de temperatura y humedad del cacao aroma fino	58
5.13. Pruebas realizadas en la máquina	60
5.14. Pruebas de calidad del cacao.....	63
5.15. Consumo de energía durante el proceso de secado.....	64
6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	67
6.1. Presupuesto.....	67
6.1.1. Costos directos	67
6.1.2. Costos indirectos.....	71
6.1.3. Mano de obra	71
6.1.4. Costo total de inversión	72
6.1.5. Análisis del VAN y TIR	72
7. ANÁLISIS DE IMPACTOS	73
7.1.1. Impacto práctico.....	73
7.1.2. Impacto tecnológico.....	73
7.1.3. Impacto ambiental.....	73
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
8.1. Conclusiones	74
8.2. Recomendaciones.....	75
9. BIBLIOGRAFIA	76

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación del proyecto.....	7
Figura 2. Secado de cacao	8
Figura 3. Secado natural del cacao.....	9
Figura 4. Cacao apilado en los tendales de Nestlé Ecuador.....	10
Figura 5. Tendal económico - INIAP	10
Figura 6. Tendal rodante	11
Figura 7. Tendal rodante	12
Figura 8. Secador Rotatorio.....	12
Figura 9. Secador de bandejas	13
Figura 10. Secador con removedor	13
Figura 11. Secadores híbridos	14
Figura 12. Proceso de secado de cacao.....	15
Figura 13. Esquema del colector	16
Figura 14. Piranómetro	18
Figura 15. Solarímetro.....	18
Figura 16. Humedad relativa vs tiempo	19
Figura 17. Diagrama de resistencias del secador	35
Figura 18. Diagrama de la Variación de temperatura en °C.....	41
Figura 19. Diagrama de precipitaciones en el cantón Quinindé	42
Figura 20. Esquema Funcionamiento de un Ventilador Centrífugo.....	43
Figura 21. Boceto de la secadora.	47
Figura 22. Resultados del análisis de tensiones	48
Figura 23. Resultados del análisis de las juntas y sujeciones.....	48
Figura 24. Resultados del análisis de la bandeja, tensiones	49
Figura 25. Resultados del análisis de la bandeja, desplazamiento	49
Figura 26. Resultados del análisis de la bandeja, deformación unitaria	49
Figura 27. Diagrama de radiación solar.....	55
Figura 28. Esquema de radiación directa	56
Figura 29. Curva de temperaturas	57
Figura 30. Pruebas de secado natural	57
Figura 31. Pruebas de secado con la máquina secadora	58
Figura 32. Curva de Humedad y Temperatura	60
Figura 33. Curva de Humedad y Temperatura utilizando el secado artificial	61
Figura 34. Curva de Humedad y Tiempo utilizando el secado artificial	62

Figura 35. Curva de Humedad y Tiempo utilizando el secado artificial	63
Figura 36. Consumo de energía durante el secado.....	65

Índice de Tablas

Tabla 1. Tareas por cumplir	5
Tabla 2. Etapas del secado	9
Tabla 3. Ventajas y desventajas del secado natural.....	11
Tabla 4. Ventajas y desventajas del secado artificial.	14
Tabla 5. Características de un colector solar	17
Tabla 6. Descripción del proceso de secado según la curva de temperatura.....	19
Tabla 7. Variable dependiente.....	21
Tabla 8. Variable independiente.....	21
Tabla 9. Herramientas y equipos.....	23
Tabla 10. Características de las máquinas de secado artificial de cacao	23
Tabla 11. Ponderación de los diferentes tipos de secadores artificiales.....	25
Tabla 12. Condiciones de operación y funcionamiento de la máquina (Norma INEN NTE 176)	26
Tabla 13. Características de Métodos de Generación de Calor	27
Tabla 14. Propiedades del grano del cacao (LutheranWorld Relief)	28
Tabla 15. Temperatura y precipitación en Quinindé (climate-date.org,)	41
Tabla 16. Radiación mensual de la concordia-Inamhi	41
Tabla 17. Parámetros de funcionamiento de la máquina automática	46
Tabla 18. Tabla de temperatura en las paredes en función del espesor aislante.....	47
Tabla 19. Resultados del dimensionamiento y cálculo para el diseño de la cámara de secado	50
Tabla 20. Resultados del dimensionamiento térmico y cálculo para las pérdidas de calor por conducción y el calor acumulado en las paredes.....	51
Tabla 21. Resultados del cálculo para las pérdidas de calor por convección libre o natural	51
Tabla 22. Resultados del cálculo para las pérdidas de radiación	52
Tabla 23. Resultados del cálculo para la selección del colector solar	53
Tabla 24. Resultados del cálculo para la selección del calibre del conductor.....	53
Tabla 25. Resultados del cálculo para la selección del calibre del conductor.....	54
Tabla 26. Radiación solar en nubosidad.....	54
Tabla 27. Radiación directa.....	55
Tabla 28. Temperatura Ambiente vs Colector solar.....	56
Tabla 29. Secado por método natural.....	58
Tabla 30. Datos de Humedad y Temperatura.....	59
Tabla 31. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 1)	60

Tabla 32. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 2)	61
Tabla 33. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 3)	62
Tabla 34. Pruebas del cacao secado natural vs secado con la máquina	64
Tabla 35. Costos de equipos eléctricos	67
Tabla 36. Costos de materiales para la construcción del secador.....	68
Tabla 37. Costos de materiales eléctricos para la construcción del secador	70
Tabla 38. Costos de insumos.....	71
Tabla 39. Costos de mano de obra	71
Tabla 40. Costo total de la inversión.....	72
Tabla 41. Cálculo del VAN y TIR	72



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: Diseño e implementación de un secador híbrido de cacao fino de aroma para la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Quinindé en la parroquia La unión.

Autor: Guamushig Piray Patricio Hernán

Guanotasig Tamayo Luis Enrique

RESUMEN

El presente proyecto está centrado en el diseño e implementación de un prototipo de máquina secadora híbrida de cacao, la maquina se basa en el consumo de energía eléctrica la cual alimenta al motor, ventilador y el tablero de control los cuales son fundamentales para obtener un secado uniforme. Por otro lado, para la generación de energía térmica se utiliza un colector solar que permite calentar el interior de la cámara de secado, además cuando se presentan condiciones climáticas adversas el prototipo cuenta con un sistema auxiliar de generación de energía térmica a base de GLP (Gas licuado de petróleo), el cual entra en funcionamiento únicamente cuando el sistema no alcanza la temperatura ideal de trabajo. Su implementación se la realizo en la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Quinindé en la parroquia la unión.

Este prototipo está pensado para que pueda resistir las condiciones climáticas del sector cumpliendo con un diseño apropiado e innovador para desempeñarse sin problemas en el ámbito térmico, mecánico y de control.

El fin con el que se creó esta máquina fue reducir el tiempo de secado del cacao sin repercutir las propiedades del mismo según la norma técnica INEN NTE 176, en la cual se hace menciones de los parámetros adecuados que deben presentar las almendras del cacao como la temperatura de trabajo la cual no debe sobrepasar los 60°C ya que se impediría la eliminación del ácido acético y repercutiría en el sabor final del chocolate, y su porcentaje de humedad el cual se debe reducir al 7% con un margen aceptable de $\pm 2\%$ ideal para su almacenamiento. El tiempo de deshidratación estimado es de 6 a 7 horas con una carga completa a comparación del secado natural el cual se lo realiza de 6 a 8 días beneficiando al sector campesino del lugar.

Palabras claves: Energía térmica, temperatura, tiempo y humedad.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED

TITLE: Design and implementation of a hybrid dryer for fine cocoa aroma for “Santa María” farm located in Esmeraldas province, Quinindé canton, La Unión parish.

Author: Guamushig Piray Patricio Hernán

Guanotasig Tamayo Luis Enrique

SUMMARY

The present project is focused on the design and implementation of a prototype of a hybrid cocoa dryer machine, the machine is based on the consumption of electrical energy which feeds the engine, fan and control panel which are essential to obtain a uniform drying. On the other hand, for the generation of thermal energy a solar collector is used which allows to heat the inside of the drying chamber, In addition, when adverse climatic conditions occur, the prototype has an auxiliary system for the generation of thermal energy based on LPG (liquefied petroleum gas), which comes into operation only when the system does not reach the ideal working temperature. Its implementation was carried out in "Santa Maria" farm, located in Esmeraldas province, Quinindé canton, La Union parish.

This prototype is designed so that it can withstand the climatic conditions of the sector fulfilling with an appropriate and innovative design to perform without problems in the thermal, mechanical and control field.

The purpose why this machine was created was to reduce the drying time of cocoa without affecting the properties of the same according to the technical standard INEN NTE 176, which mentions the appropriate parameters which cocoa almonds must have as the working temperature which must not exceed 60°C as it would prevent the removal of acetic acid and would have an impact on the final taste of chocolate, and its percentage of moisture which should be reduced to 7% with an acceptable margin of 2% ideal for storage. The estimated time of dehydration is from 6 to 7 hours with a full load, in comparison with the natural drying which is done from 6 until 8 days benefiting the local peasant sector.

Keywords: Thermal energy, temperature, time and 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 de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: GUAMUSHIG PIRAY PATRICIO HERNAN y GUANOTASIG TAMAYO LUIS ENRIQUE**, cuyo título versa **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SECADOR HÍBRIDO DE CACAO FINO DE AROMA PARA LA FINCA “SANTA MARÍA” UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS CANTÓN QUININDÉ EN LA PARROQUIA LA UNIÓN.”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Septiembre del 2020

M. Sc. Erika Cecilia Borja Salazar
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502161094



1. INFORMACIÓN BÁSICA

PROPUESTO POR:

- Guamushig Piray Patricio Hernán
- Guanotasig Tamayo Luis Enrique

TEMA APROBADO:

Diseño e implementación de un secador híbrido de cacao fino de aroma para la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Quinindé en la parroquia La unión.

CARRERA:

Ingeniería en Electromecánica

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

PhD. Ing. Enrique Torres Tamayo

EQUIPO DE TRABAJO:

Tutor

Nombres: Enrique
Apellidos: Torres Tamayo
Cédula de identidad: 175712194-0
Email: enrique.torres@utc.edu.ec

Coordinador 1:

Nombres: Patricio Hernán
Apellidos: Guamushig Piray
Cédula de identidad: 172334308-1
Celular: 0995471821
Dirección: Quito
Email: patricio.guamushig1@utc.edu.ec

Coordinador 2:

Nombres: Luis Enrique
Apellidos: Guanotasig Tamayo
Cédula de identidad: 050335069-6
Celular: 0979029230
Dirección: Latacunga
Email: luis.guanotasig0696@utc.edu.ec

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Región: Costa

Provincia: Esmeraldas

Cantón: Quinindé-La unión

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA: junio 2020 - septiembre 2020

FECHA DE ENTREGA: septiembre 2020

LÍNEAS Y SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

- **Línea de investigación de la universidad**
Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.
- **Línea de investigación de la carrera**
Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

Diseño e implementación de un secador híbrido de cacao fino de aroma para la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Quinindé en la parroquia La unión.

2.2. Tipo de alcance

Productivo: El presente proyecto está enfocado al mejoramiento de la producción en la postcosecha de cacao fino de aroma en la finca “Santa María”.

Desarrollo: Al optimizar el secado del cacao fino de aroma, se reducirá el tiempo en dicho proceso retirando un gran porcentaje de humedad para su posterior producción, lo cual ayudará a mejorar tanto el aspecto económico como investigativo del presente proyecto.

2.3. Área de conocimiento

Área: Ingeniería, industria y construcción (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES, 2019)

Sub área: 52 ingenierías y profesiones a fines

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, ingeniería energética y química.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

El presente proyecto se centró en el diseño e implementación de un prototipo de una máquina secadora híbrida de cacao con aplicación agroindustrial para la finca “Santa María” ubicada en la provincia de Esmeraldas cantón Quinindé en la parroquia “La unión”.

Por lo cual se trabajó con las almendras de cacao previamente fermentadas (96 horas), las cuales contienen una humedad del 50% aproximadamente, con lo cual una vez concluido el proceso de secado se redujo dicha humedad al 7,84 %, aceptable según la norma INEN NTE 176. Se logró reducir el tiempo de secado alrededor de 7 horas, sin afectar las propiedades y la calidad del producto, además de contar con una fácil utilización para el operario, ya que este prototipo cumple un proceso previamente establecido de funcionamiento, como lo es una temperatura óptima y debidamente controlada para el secado del cacao.

Con esta propuesta tecnológica se aprovechó al máximo una fuente de energía renovable como lo es la energía solar (radiación solar) para la generación de calor a través de un colector solar de placa plana con flujo de aire forzado y cuando las condiciones climáticas no sean favorables entra en funcionamiento una fuente de energía auxiliar a base de GLP (Gas de Petróleo Licuado) la cual entra en funcionamiento para compensar la falta de calor necesaria para el secado. Es así que con la implementación de este prototipo se logra solventar el problema excesivo de 5 a 6 días tiempo de secado al aire libre (secado natural) en los patios o suelos como lo suelen realizar tradicionalmente, beneficiando al sector campesino del área mencionada.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Máquina secadora de cacao fino de aroma para el mejoramiento de la producción.

2.5.2. Campo de acción

Uso de la energía solar (radiación solar) como instrumento de generación de calor para el secado de cacao aroma fino.

2.6. Situación problémica y problema

2.6.1. Situación problémica

Dado el actual uso de sistemas tradicionales para el secado del cacao en la finca “Santa María”, el cual se lo realiza exponiendo los granos al sol sobre tendales para que puedan ser secados, tardando muchos días en realizar este proceso es por esto que mediante el aprovechamiento de la energía solar (radiación solar) por medio de un colector solar y con un flujo de aire forzado y en caso de no cumplir con las expectativas de secado, este será apoyado por una fuente auxiliar GLP, que permitirá mantener un flujo de temperatura idónea dentro de la cámara de secado, a la vez que se reducirá considerablemente el tiempo para este proceso.

2.6.2. Problema

El tiempo elevado en el secado de cacao fino de aroma debido a que actualmente se lo realiza de forma artesanal en los diferentes cambios de temperatura las almendras de cacao tardan más tiempo de lo necesario en secar provocando una mala calidad del producto y pérdidas de producción.

2.7. Hipótesis o formulación de pregunta directriz

La implementación de un secador híbrido de cacao ayudará a reducir considerablemente el tiempo de secado del mismo.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un secador híbrido de cacao mediante la utilización de una fuente principal como es la energía solar y una fuente de energía auxiliar a base de GLP, para reducir el tiempo del proceso de secado de cacao en la finca “Santa María” provincia de Esmeraldas cantón Quinindé parroquia La Unión en el periodo académico junio - septiembre 2020.

2.8.2. Objetivos específicos

- Analizar datos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.
- Establecer el diseño del secador de cacao mediante un adecuado procedimiento de cálculo para la cámara de secado.

- Seleccionar los distintos componentes que lo conformaran ya sea mecánicos, térmicos y control.
- Construir, implementar y verificar su correcto funcionamiento del secador de cacao en condiciones reales de trabajo.

2.9. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Tabla 1. Tareas por cumplir

Objetivo	Tareas por cumplir
Analizar datos relacionados con el proceso de secado del cacao los cuales servirán de base para el desarrollo del presente proyecto.	Investigar y analizar los distintos tipos de secadores que sean los más comunes en el secado del cacao.
	Desarrollar tablas comparativas de los distintos tipos de máquinas secadoras de cacao.
	Identificar los distintos tipos de materiales, herramientas y equipos que sean indispensables para la realización del proyecto.
Establecer el diseño del secador de cacao mediante un adecuado procedimiento de cálculo para la cámara de secado.	Determinar las propiedades del cacao y cantidad de producto a secar.
	Establecer un procedimiento adecuado de cálculo mecánico y térmico del secador de cacao.
	Diseñar los planos para los distintos componentes mecánicos de la máquina mediante la utilización de un software CAD.
Seleccionar los distintos componentes que lo conformaran ya sea mecánicos, térmicos y control.	Determinar los diferentes materiales que conformarán el secador.
	Diseñar un colector solar de placa plana para la absorción de calor dentro de la cámara de secado.

	<p>Seleccionamiento de una fuente auxiliar de calor en caso de no cumplir con las expectativas de secado de producto.</p>
	<p>Construir un sistema de control para el encendido de la máquina.</p>
<p>Construir, implementar y verificar el correcto funcionamiento del secador de cacao en condiciones reales de trabajo.</p>	<p>Adquirir los distintos materiales y el equipo adecuado para realizar la construcción del secador.</p>
	<p>Realizar la construcción del secador en base a lo dispuesto anteriormente.</p>
	<p>Instalar la máquina en las inmediaciones de la finca "Santa María" para someterla a condiciones reales de trabajo.</p>
	<p>Realizar varias pruebas para revisar su correcto funcionamiento.</p>

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Basados en trabajos precedentes similares a este, se optó por un sistema híbrido que será muy beneficioso para el sector. Según [1] “la reducción del tiempo de secado se ve reflejado en el aumento de su producción”. Siendo una gran referencia al momento del desarrollo de este proyecto.

“Después de la cosecha es importante realizar lo que se refiere a la fermentación, aquí el cacao posee un porcentaje de humedad que varía entre 55 y 60 % aproximadamente, hay diferentes maneras de hacerlo sean estos mediante cajones de madera o tendales” [2].

Existen diversos tipos de máquinas automáticas en el mercado para el sacado del cacao, como el de Andrés Castrillón y Felipe López [3] los autores diseñan una máquina secadora de cacao con removedor donde definen la capacidad de producción de un quintal en 5 horas con una humedad del 9%, con una fuente combustible utilizan el gas para generar calor hasta obtener una temperatura de 35 a 60 °C la desventaja que existe contaminación directa con el grano, a diferencia de Cristina Espinosa y Valeria Ruíz [4] los autores diseñan una máquina secadora con capacidad de 100 kg, que al encender una resistencia de 2500 KW, el tiempo tarda en alcanzar los 59°C alrededor 40min tiene un elevado consumo de energía con una humedad del 9% la desventaja es que se debe estar moviendo de arriba abajo las bandejas para el secado del producto.

Ubicación: El presente proyecto se llevará a cabo en la finca “Santa María” ubicada en el cantón Quinindé, en la región litoral o costa del Ecuador, específicamente en la provincia de Esmeraldas, cuenta con grandes extensiones de terrenos aptos para la producción de cacao, ya que tiene unos suelos fértiles, blandos, profundos y con una temperatura ambiente de 25°C. [5]



Figura 1. Ubicación del proyecto

Origen del cacao. El cacao nace en las selvas de América Central y del Sur, conocido con un nombre científico Teobroma, esta palabra tiene un significado griego la que suele decir comida para los dioses, este fruto crece en zonas donde abundan mayor precipitación y están en temperaturas de 25 - 28 °C. La mazorca de cacao contiene en su interior de 30 a 40 semillas, a su vez rodeados de una pulpa, miden de 10 a 32 cm de longitud, pueden pesar de 200 a 1000 g. [6]

Tipos de cacao. Para el respectivo estudio se van analizar los dos tipos de cacao que son los siguientes:

Cacao fino de aroma. Este tipo de cacao se lo reconoce como Criollo o Nacional el fruto tiene un color amarillo, posee características de buen aroma y sabor en el chocolate siendo así muy reconocido a nivel mundial. [7]

Cacao CCN-51. A este tipo de cacao se lo conoce como Colección Castro Naranjal es un nuevo fruto de la obtención de un injerto, su mazorca es de color rojo lo que le diferencia del cacao fino de aroma, tienen un alto rendimiento en la extracción de semielaborados y producción de chocolates entre otros. [8]

3.2. Secado del cacao

El secado es la etapa final de una serie de operaciones, culminado el proceso se realiza el empaquetado y sellado del producto. Las condiciones para el secado de materiales sólidos dependen en su mayoría de la cantidad y volumen de sólido, de la naturaleza y estado del disolvente que se desea reducir, de la sensibilidad del producto a la temperatura de secado y la presión atmosférica a la cual se encuentre sometido. Después que los granos han sido fermentados tienen un contenido de humedad que va desde el 40 % al 50 % que debe reducirse al 6 % o al 7 %, para un almacenamiento seguro. [9]



Figura 2. Secado de cacao

3.3. ¿Cuáles son los pasos en el secado?

La masa del cacao se extiende sobre las plataformas de madera en los túneles o tendales para iniciar el proceso de secado. La capa del cacao que se extiende no debe sobrepasar los 5 centímetros de espesor. [10]

Tabla 2. Etapas del secado

Tiempo de Secado	Etapas y procesos de secado
1 – 2	El grano de cacao solamente se expondrá a la radiación solar directa durante un tiempo de tres (3) horas en las primeras horas de la mañana, para permitir que se evapore el agua libre de la superficie del grano.
3 – 5	Puede aumentarse gradualmente el tiempo de exposición solar, permitiendo reducir la humedad interna del grano a un contenido de humedad del 30 % aproximadamente.
6 – 8	Al grano de cacao se le puede dar exposición continua a la radiación solar hasta finalizar el proceso de secado con un contenido de humedad final entre el 6 % y el 7 % aproximadamente.

3.4. Tipos de secado de cacao

Existen dos procesos de secado para cacao de los cuales son: secado natural y secado artificial.

3.4.1. Secado Natural del cacao

Es el procedimiento más común empleado por los agricultores ecuatorianos, los exponen en tendales con camas de espesor bajos, sin embargo, su uso depende de la época y la zona, se obtiene una humedad baja dentro de 6 a 8 días.

En el primer día de secado se extiende los granos en una capa de espesor gruesa de al menos 5 cm de espesor, se disminuye el espesor los próximos días. [11]



Figura 3. Secado natural del cacao

Este tipo de secado se lo realiza por medio de la radiación solar ya sea mediante el uso de tendales (madera/cemento), en donde los rayos del sol inciden directamente sobre la superficie, el producto se encuentra en montículos. Este tipo de secado conlleva mayor tiempo y área extensa para realizarlo, el cual en las épocas de lluvia el proceso se detiene, y el producto puede deteriorarse ocasionando pérdidas en la producción. [11]

3.4.2. Secado natural en tendales

El secado natural en tendales es un procedimiento en el cual el producto se esparce sobre un piso de concreto o de albañilería, con una ligera inclinación para facilitar el drenaje, o incluso sobre el asfalto de las carreteras, en una capa generalmente de 1 a 5 cm de espesor.

El intercambio de energía y de humedad, entre el aire y el producto, queda limitado casi exclusivamente a la superficie de la capa de producto, por lo que es necesario revolver el grano periódicamente. [12]



Figura 4. Cacao apilado en los tendales de Nestlé Ecuador

3.4.3. Tendal económico – INIAP

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en su publicación “Manual del Cultivo de cacao”, muestra un tipo de secador natural. Este tendal se construye con madera o caña. El complemento es una cubierta de polietileno negro de 0.04 pulgadas de espesor, sostenida con un caballete de madera, para proteger las almendras de la lluvia. [12]

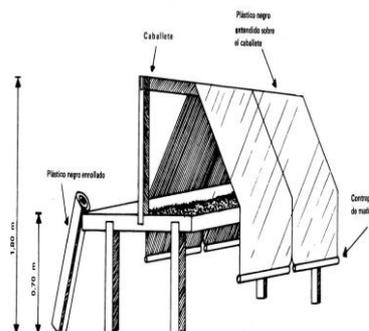


Figura 5. Tendal económico - INIAP

3.4.4. Tendal rodante – Anecacao

La Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACAO), da a investigar la muestra de tendal rodante cuyo objetivo es el secado de los granos de cacao y cuenta con un mecanismo que le permite cubrir al producto en el momento de lluvia. [12]



Figura 6. Tendal rodante

3.5. Ventajas y desventajas de los secadores naturales para el cacao

Tabla 3. Ventajas y desventajas del secado natural

Ventajas de Secado Natural	Desventajas de Secado Natural
La humedad requerida es alcanzada en condiciones climáticas ideales.	Dependencia de las condiciones climáticas
No hay riesgo de contaminación de olores anormales.	Baja eficiencia de producción por la duración del secado.
Mayor uniformidad en el secado.	Riesgo de producción de moho del grano por el largo tiempo de secado.

3.6. Secado Artificial

Para la aplicación de este tipo de secado se requiere el uso de máquinas en donde se optimiza el tiempo de secado y la mano de obra, sobre todo en donde no es posible realizar el secado natural debido a la baja incidencia del sol para dicho proceso específicamente en temporadas invernales donde existen variaciones climáticas. Se debe tener en cuenta que con este método el área de secado es menor a la que se utiliza con el secado natural de esta manera consiguiendo incremento en la producción. [13]

El secado del cacao, actualmente demora de 8 a 16 horas con el máximo de temperatura de 60 °C, ya que al exceder este limitante se impide la eliminación del ácido acético de la almendra,

para simular condiciones ambientales se recomienda ciclos de 2 horas de calor y 2 horas de ventilación. [13]

3.6.1. Secador solar de cacao

El calentador solar plano de aire está formado por dos láminas de policarbonato compacto colocadas en su parte superior e inferior; la primera se encuentra expuesta directamente a la irradiación solar y la segunda a la irradiación solar reflejada por una lámina de aluminio pulido colocada en el suelo. La placa compuesta divide en dos conductos iguales el espacio entre las láminas de policarbonato, a través de los cuales circula aire tomado del ambiente que se mueve por efecto de la convección natural y el tiro de la chimenea. De esta manera se garantiza una mayor área de transferencia de calor entre el aire y las dos placas absorbentes, lo que disminuye las pérdidas calor en el colector solar. [14]

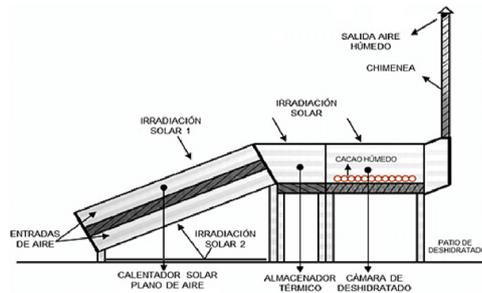


Figura 7. Tendal rodante

3.6.2. Secador Rotatorio

El secador rotatorio posee un movimiento giratorio que permite la remoción de los granos de cacao, cuando por su pared perforada ingresa el aire caliente de secado, este tipo de secador se utiliza generalmente gas licuado de petróleo como método energético de incremento de temperatura del aire. El desplazamiento longitudinal del grano se produce por la carcasa que se encuentra montada con un determinado ángulo de inclinación que permitirá la expulsión del producto seco. [15]



Figura 8. Secador Rotatorio

3.6.3. Secador de Bandejas

Este tipo de secador consiste en una cabina provista en su interior de un ventilador que será el encargado de circular el aire caliente de manera horizontal a una serie de bandejas dispuestas paralelamente entre sí. Cada bandeja contendrá cierta cantidad del producto a secar.

El secador de bandejas puede utilizar tanto energía eléctrica como energía a base de combustión para generar el calentamiento del aire provisto por el ventilador. [16]

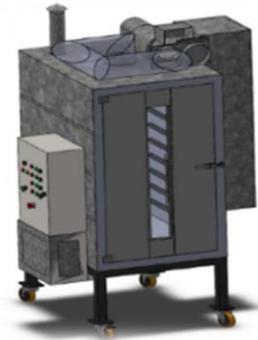


Figura 9. Secador de bandejas

3.6.4. Secador con removedor

Este tipo de secador posee un diseño muy utilizado durante los 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 de cacao.

En la parte superior se dispone de un mecanismo rotatorio con varios rastrillos que irán removiendo a los granos de cacao mientras el aire caliente ascendente los va secando; este secador genere una gran calidad final de secado gracias al sistema de remoción automático que evita la interacción de la mano de obra humana. [17]



Figura 10. Secador con removedor

3.6.5. Secadores solares híbridos

Este tipo de secador es desarrollado para general mejor el secado del cacao sin perdidas de calor y generando otro sistema que controle el secado con la radiación solar, son aplicaciones electrónicas que cubren las necesidades de los cacaoteros, agricultores, permitiendo que el cultivo tradicional se de en un breve tiempo y que incremente la producción. Esta aplicación electrónica se divide en los siguientes bloques, el sistema intercambiador de la entrada de aire, el sistema de control de flujo de aire a la cámara de secado, el sistema de control de la cámara de secado, el sistema experto para el control de calidad. [18]

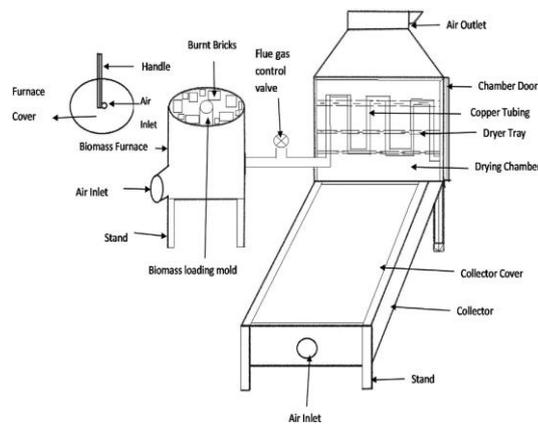


Figura 11. Secadores híbridos

El sistema intercambiador de la entrada de aire consiste en un prototipo híbrido en el cual la generación de aire caliente será con un sistema solar ya sea este tipo domo o con un colector solar y un sistema de GLP o diésel, las cuales dependiendo de la temperatura ambiente o la cámara de secado entraran a trabajar en forma independiente o las dos a la vez lo cual sería menos costos. [18]

3.7. Ventajas y desventajas del secado artificial del cacao

Tabla 4. Ventajas y desventajas del secado artificial.

Ventajas de Secado Artificial	Desventajas de Secado Artificial
1. La calidad del producto deshidratado es generalmente superior si se selecciona una buena tecnología del proceso.	Las desventajas guardan relación con el poco control que se ejercen sobre los factores químicos y físicos, los cuales son intrínsecos al propio proceso de secado
2. La velocidad de secado suele ser mucho mayor, disminuyendo considerablemente el	

tiempo de secado, lo que influye en la calidad y en el costo del producto.	
3. Las condiciones sanitarias y nutritivas (en casos de alimentos) son mejores al no estar el producto expuesto a la acción directa del sol, la lluvia, el polvo y los insectos.	Alto costo de la instalación, tanto por la cámara de secado como por el método que utiliza para elevar la temperatura, ejemplo; calderos, hornos o calentadores de aire, y el alto costo de producción en caso que se consuma combustibles derivados de petróleo o electricidad para el calentamiento del aire o del producto.
4. El área utilizada para el secado es menor que la utilizada en el secado natural.	

3.8. Detalles del prototipo

3.8.1. Diseño

Para el diseño del prototipo se tendrá como base la constitución del secador por bandejas ya que este es reforzado e ideal para conservar de mejor manera una temperatura estable dentro del secador. Y para garantizar un secado uniforme del cacao la remoción del mismo se basará en los removedores de paletas las cuales no maltratan el producto.

3.8.2. Control

Se lo realizará a través de un panel de control el cual constará de un controlador de temperatura de forma automatizada a través de un control PID y de una termocupla la cual se encargará de medir y mantener una temperatura constante e ideal dentro del prototipo.

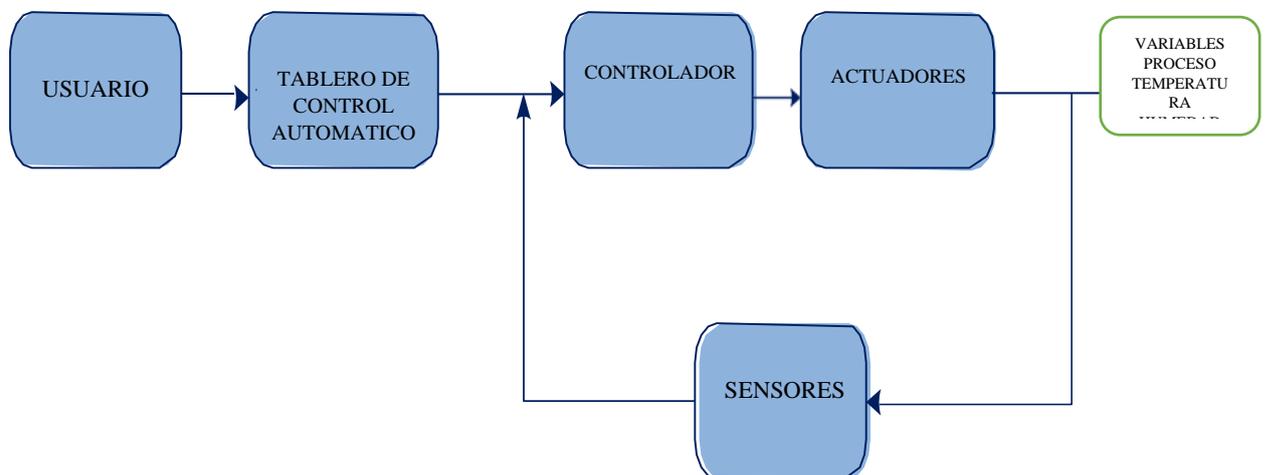


Figura 12. Proceso de secado de cacao

3.8.3. Materiales más usados para la fabricación de máquinas secadoras de cacao

Los materiales más usados que se emplean para la construcción de máquinas que intervienen directamente con alimentos a nivel mundial y local son los aceros inoxidables y los galvanizados.

Aceros inoxidables. Los aceros inoxidables por su excelente resistencia a la corrosión se utilizan en la industria alimenticia, tienen una alta gama de disponibilidad. El acero también dependerá de las tensiones que está sujeto, así como formalidad, maquinabilidad, dureza, soldabilidad y coste.

Acero inoxidable AISI 304. Este acero es el más utilizado por las propiedades de soldadura y conformado que presenta; el más versátil es de la serie 300, además de tener excelente resistencia a la corrosión. [19]

3.9 Energía a utilizar

Con las distintas fuentes de energía a las cuales podemos acceder, la energía por la que se optó fue la energía solar la cual se obtendrá a través de un colector de solar ya que es una de las más eficientes no obstante dependiendo del clima y de la temperatura del aire se decidió aumentar una energía auxiliar a base de GLP la cual ayudara al sistema a mantener la temperatura interior y solo se activara en base a dichas condiciones climáticas.

3.10. Colector solar de placa plana y sus características

Se basa en la idea de aprovechar la radiación solar para incrementar la temperatura del aire circulante. Los colectores solares encuentran múltiples aplicaciones en sistemas de calentamiento, de secado, de refrigeración. En los sistemas de secado con energía solar, el colector solar plano para el calentamiento del aire es quizás la parte esencial del sistema. Por tanto, es muy importante para el buen comportamiento del sistema de secado que el colector solar posea un elevado desempeño energético. [20]

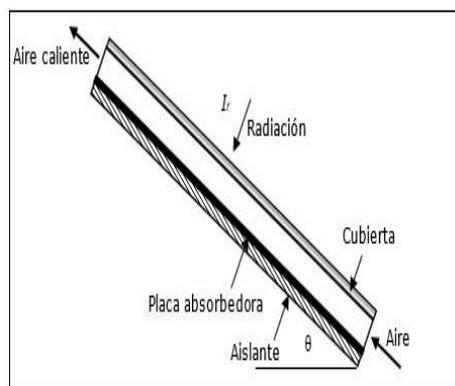


Figura 13. Esquema del colector

Tabla 5. Características de un colector solar

	Características del colector solar
Colector solar de placa plana	La construcción de un colector solar de placa plana es sencilla, no requiere tecnología especial y su diseño depende de la aplicación específica a la cual vaya a destinarse.
	Un colector solar convierte la radiación solar en calor para ejecutar en un secado de producto.
	La radiación tiende que atravesar una o varias capas de vidrio a algún otro material transparente, el número de cubiertas transparentes depende del diferencial de temperatura que se espera alcanzar
	La radiación es transformada en calor ya que el colector puede para alcanzar temperaturas altas, media y baja de acuerdo al porcentaje requerido.
	El colector solar de aire transmite al fluido de trabajo por conducción, convección forzada.
	Para la realización de la captación de la radiación comúnmente se la pinta de color negro u otro oscuro.
	Una de las placas traslúcidas se utiliza policarbonato alveolar transparente para absorción el cual tiene una transmisividad de un 76-80%. Ya que es una plancha trapezoidal de acero de color negro y un aislante de poliuretano.
	Para implementar un techo solar activo se requiere de un ventilador que permita la circulación del aire, forzando su ingreso y recorrido dentro de este, incrementando su temperatura. Se recomienda una velocidad del aire entre 2 y 4 [m/s].

3.11. Instrumentos de medición de la radiación

3.11.1. El Piranómetro

Instrumento que mide la radiación solar (radiación global) recibida desde todo el hemisferio celeste sobre una superficie horizontal terrestre.

El piranómetro mostrado a continuación se encuentra está constituido por un piranómetro de radiación solar global (superior) y un piranómetro de radiación solar reflejada (inferior). [21]



Figura 14. Piranómetro

3.11.2. El solarímetro solar SM206

Este medidor es un instrumento de precisión para medir la intensidad de la luz. Puede ser utilizado en mediciones de radiación solar, investigación solar, experimentos físicos y ópticos, meteorológicos y de agricultura. También puede ser utilizado para medir la intensidad de la luz a través de una ventana. [22]



Figura 15. Solarímetro

Este Solarímetro o Piranómetro Meteorológico es un instrumento de medición que mide la radiación solar y tiene las siguientes características:

- Seleccionable a partir de dos unidades: W/m^2 y Btu
- Valor máximo de retención de función
- Retención de datos función
- Medir directamente sin ajuste
- Medición constante durante un período prolongado

3.12. Fases en el proceso de secado

Dentro de la cámara de secado ocurren dos fenómenos, el primero permite extraer la humedad de la superficie del cacao y el segundo que es un proceso lento, más bien lo deshidrata internamente, así: [23]

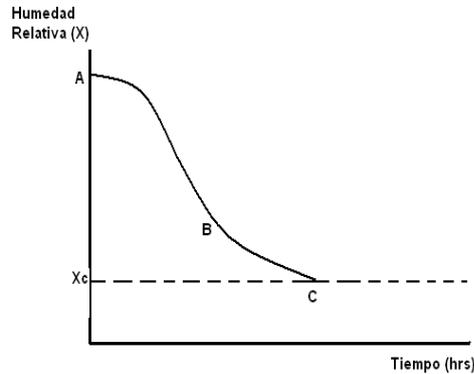


Figura 16. Humedad relativa vs tiempo

Tabla 6. Descripción del proceso de secado según la curva de temperatura

Zonas	Descripción de la curva del proceso de secado
Zona A- B	Período de rapidez constante, donde se evapora uniformemente la humedad superficial del producto.
Zona B- C	Período de secado de rapidez decreciente, donde la humedad interna sale hacia la superficie, para posteriormente evaporarse.
Punto XC	Es el valor donde ya no existe transferencia de humedad del producto a la cámara de secado.

El proceso de secado inicia con el cacao al 50% de humedad en sus almendras y a través de este proceso lo busca reducir la humedad al 7% +/- 2% de error según la NORMA NTE 176, la cual dicta las características ideales para el proceso y sus valores aceptables para su comercialización.

3.13. Calidad del cacao

Para determinar la calidad del cacao se deben tomar en cuenta ciertos parámetros como el peso del grano, porcentaje de cascarilla, porcentaje de impurezas, sabor y aroma (esta calificación es realizada por catadores especializados). Estas características están determinadas por el cumplimiento adecuado de las buenas prácticas de cultivo y postcosecha. [24]

Según la norma INEN 176 los requisitos específicos para calificar la calidad del cacao son:

- Porcentaje máximo de humedad del cacao será 7,5%.
- El cacao no deberá estar infestado.
- El cacao beneficiado no deberá exceder el 1% de granos partidos.
- El cacao beneficiado deberá estar libre de: olores a moho, ácido butírico (podrido), agroquímicos, o cualquier otro que pueda considerarse objetable.
- El cacao deberá estar libre de impurezas.

3.14. Requerimientos básicos del prototipo

Para el presente proyecto el prototipo deberá cumplir con los siguientes requerimientos para el secado de cacao:

- Elaborar un prototipo de máquina capaz de secar el cacao.
- Realizar un prototipo que funcione principalmente con energía limpia teniendo en cuenta el cambio de la matriz energética.
- Minimizar el tiempo de secado del cacao.
- Reducir la mano de obra en el secado.
- Cuidar las propiedades y la calidad del cacao.
- Realizar un diseño de bajo costo.

4. METODOLOGÍA

4.1. Matriz de Operacionalización de variables

4.1.1. Variable dependiente

Es la variable que representa el propósito del presente proyecto.

Tabla 7. Variable dependiente

Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Tiempo	Tiempo para el proceso de secado.	Horas	Medición	Reloj digital/ Cronometro
Flujo de energía calorífica	Es la energía utilizada en el secado del cacao	kW	Calculo	Flujómetro/ termopar tipo J

4.1.2. Variable independiente

Son aquellas variables que van a influir de manera directa en el desarrollo de la propuesta tecnológica.

Tabla 8. Variable independiente

Variable	Descripción	Unidad de medida	Técnica	Instrumento
Temperatura	Mantener una temperatura constante para no afectar al grano de cacao.	Grados Celsius (°C)	Medición	Termopar tipo K
Humedad	Es el porcentaje de agua que tiene el grano de cacao	Porcentaje (%)	Medición	Medidor de Humedad para granos.
Masa	Cantidad de material a ser secado	kg	Medición	Pesa/balanza

Radiación solar incidente	Es la cantidad máxima de calor que se obtiene a través del sol	kW/h	Medición	Piranómetro o medidor de radiación solar
Flujo de aire para el secado	Es la cantidad de aire requerida para el secado	m ³ /h	Medición	Flujómetro
Velocidad	Velocidad requerida para la correcta remoción del cacao	rpm	Medición	Tacómetro

4.2. Métodos y técnicas de la investigación

4.2.1. Método cuantitativo

Este método permite conocer los parámetros cuantitativos como es el caso de la humedad, temperatura y el tiempo para el proceso de secado.

4.2.2. Método cualitativo

Este método se lo utiliza para describir características tanto del producto como de la máquina las cuales serán usadas para su respectiva comparación y ponderación que permitirán un mejor proceso de selección para la construcción de la máquina.

4.2.3. Método científico

Este método permite formular todos los cálculos tanto mecánicos como térmicos obteniendo datos reales que son requeridos al momento de la construcción de la máquina

4.2.4. Técnica experimental

La técnica experimental permite llevar un registro en la toma de datos y análisis de variables las cuales ayudan a conocer el tiempo necesario que requiere el proceso de secado para producción del cacao.

4.2.5. Técnica de observación

Esta técnica permite conocer modelos similares y así lograr determinar todos los parámetros técnicos para su construcción.

4.2.6. Técnica de medición

Esta técnica permite conocer los datos de las magnitudes físicas medibles del prototipo, las cuales incluyen instrumentos unidades y su respectiva función.

Tabla 9. Herramientas y equipos

Instrumento de medición	Unidad de medida	Función
Voltímetro	Voltio	Para medir la tensión conectada al secador.
Amperímetro	Ampere	Para medir la corriente eléctrica que consume el secador.
Termopar tipo J	Grados Celsius	Para medir la temperatura de interior del secador
Medidor solar SM-260	Wattios/metros cuadrados	Para medir la radiación que se obtiene en el sector de implementación
Higrómetro	Porcentajes	Para medir la humedad del cacao
Calibrador	Milímetros	Para medir diámetros exteriores, interiores o profundidades.
Flexómetro	Metros	Para medir la distancia o longitud de las partes del secador en general.
Cronómetro/ reloj digital	Horas	Para medir la duración del tiempo de secado
Báscula	Kilogramos	Para medir el peso de la materia prima.

4.3. Análisis de características de las secadoras de cacao

Posteriormente de haber investigado cada una de las máquinas de secado y los tipos de secadores procedemos a realizar una tabla comparativa con las características más primordiales para seleccionar el secador más idóneo dichas características se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Características de las máquinas de secado artificial de cacao

No.	Tipos de secadores de cacao	Características
1	Secador Solar	Proceso técnicamente sencillo.

		Muy bajo coste de implantación y mantenimiento
		No requiere mano de obra especializada.
		No hace uso de combustibles.
2	Secador Rotatorio	Exceso de combustible GLP (gas licuado de petróleo) daña la capa de ozono.
		Alto Rendimiento de Temperatura excesiva.
		Es una máquina de gran dimensión de forma giratoria para el secado.
		Elevado grado de automatización para girar el producto.
		Alto costo de implementación
		Temperaturas elevadas de 70 °C
3	Secador de Bandejas	El flujo del aire interno con temperaturas graduales.
		Utilizan bandejas perforadas para el secado.
		Medio grado de automatización para el control del aire que circula en el interior.
		Utiliza energía eléctrica como energía de combustible.
		Aumento de producción del producto.
		Circulación del aire forzada
4	Secador con removedor	Control de temperaturas entre 50°C a 60°C.
		Elevado grado de automatización para girar el producto.
		Máquina eficiente para el secado.
		Alto en costo de implementación.
		Paletas de remoción.
5	Secador Hibrido	Máquina extremadamente costosa.

		Alta eficiencia en el producto del cacao.
		Genera energía por radiación del solar para el secado del cacao.
		Lleva implementado un colector solar de fuente primaria.
		Mejor garantía electrónica para el secado de manera rápida.
		Elevado grado de automatización para girar el producto.
		Circulación del aire forzada

4.3.1. Comparación de los diferentes tipos de secadores artificiales

Una vez que se ha podido recopilar la información necesaria acerca de los diferentes tipos de secadores artificiales, se tendrá una base sólida para la construcción del prototipo. Para poder tener una idea más clara sobre cada una de los diferentes secadores se los valoraran cualitativamente en base a su costo de fabricación, costo de operación, el tiempo con el cual realiza el proceso y su mantenimiento respectivamente.

Tabla 11. Ponderación de los diferentes tipos de secadores artificiales

		TIPOS DE SECADOR				
		Secado solar	Secador rotatorio	Secador de bandejas	Secador con removedor	Secador hibrido
CARACTERISTICAS	Uso de energía	4	3	3	3	4
	Costo de fabricación	3	2	3	2	4
	Costo de operación	4	3	3	3	3
	Tiempo de secado	3	3	3	4	3
	Mantenimiento	3	3	4	3	4
	TOTAL	17	14	16	15	18

Ponderación: (1) Malo, (2) Bueno, (3) Regular, (4) Muy Bueno.

Una vez conocido los resultados cualitativos se tomaron como base las características que tuvieron una ponderación alta con respecto a los demás y se optó por escoger varias características de cada uno de los secadores que servirán de guía para la construcción del

prototipo en mención , por lo que la fuente principal de energía que se utilizara en el secador será una fuente de energía solar la cual es ideal para la alimentación del sistema ya que es a base de energía solar no obstante dependiendo del clima se preverá una fuente de energía auxiliar.

Además, se tomará como base la constitución del secador por bandejas ya que su diseño permite usar menos energía y conservar mejor el calor para tener una temperatura constante, también se tomará como guía el diseño de una bandeja perforada la cual se utilizará para recolectar la materia prima y permitir un flujo continuo de aire a través de sus perforaciones.

Para garantizar un secado parejo y uniforme del cacao, el secador debe incluir un removedor ya que será necesario tenerlo en cuenta para que este realice un mecido homogéneo del cacao.

Por lo tanto, se decidió tomar en cuenta el trabajo y funcionamiento del secador hibrido ya que este proyecto tiene un enfoque muy similar como lo es el aprovechar al máximo la energía solar mediante la captación de la radiación solar del sector en el cual se va a implementar este proyecto.

4.4. Metodología de la memoria de cálculo

4.4.1. Características Técnicas

Previo al conocimiento de los requerimientos del cliente, se enumera las características técnicas que debe ser consideradas para el diseño del prototipo del secador de cacao, se debe considerar que las mismas son de carácter cuantitativo con el objetivo de dar soluciones a las necesidades del usuario. Parámetros y descripción de los valores recomendados para el proceso de secado de los granos de cacao según procesos experimentales de secado investigados.

Tabla 12. Condiciones de operación y funcionamiento de la máquina (Norma INEN NTE 176)

No.	CRITERIO	VALOR
1	Temperatura de aire de secado	Max 60 °C
2	Humedad Inicial del Producto	Aprox. 50%
3	Humedad Final del Producto	7% ±2%
4	Velocidad Ventilador	0.3 a 4 m/s
5	Utilización de materiales anticorrosivos	Mayor a 70 %

Realizando el análisis de la Norma INEN NTE 176: Cacao en grano-Requisitos, la cual menciona los estándares que debe cumplir los granos de cacao se elaboró una tabla con los más importantes.

4.4.2. Análisis Comparativo de energía

Se requiere realizar la selección del mejor tipo de energía para la generación de calor; a continuación, se desplegarán las opciones estudiadas y sus características, para luego efectuar un cuadro comparativo que se correlacione con cada una de sus características.

Tabla 13. Características de Métodos de Generación de Calor

Método de Calefacción	Ventajas	Desventajas
Energía Eléctrica	Energía segura	Alto costo de implementación.
	Vida útil prolongada	Bajo poder calorífico.
GLP	Alto poder calorífico.	Requiere mantenimiento constante.
	Bajo costo de funcionamiento.	Tendencia de baja disponibilidad.
	Costo de implementación moderado	Requiere conocimiento químico para combustión óptima.
Energía solar obtenida por un colector solar plano	Su instalación es muy sencilla y rápida.	Genera pérdidas razonables como cualquier sistema de transferencia de calor.
	No requieren de electricidad por lo que su inversión es la inicial, el coste del producto e instalación.	Expuesto a inclemencias del clima.
	Ocupan muy poco espacio y siempre en la azotea	

En esta tabla se realiza un análisis de las diferentes ventajas y desventajas que tienen cada una de las fuentes de generación de energía para la máquina, con el cual se busca una fuente de calor que sea fácil de obtener, además se tendrá en cuenta una segunda fuente de energía que

compense la temperatura al interior de la máquina cuando las condiciones climáticas también para el secado del cacao que brindara una temperatura idónea para secar el producto.

4.4.3. Propiedades del grano de cacao

Para el cálculo de balance térmico y pérdidas de calor en el secador de cacao se necesita algunas propiedades físicas y térmicas del grano.

Tabla 14. Propiedades del grano del cacao (LutheranWorld Relief)

	Porosidad	Densidad aparente [Kg/m³]	Calor Específico [J/kg. K°]	Conductividad térmica W/m K°	Difusividad térmica m²/h
Cacao	0,56	775	1728	0.18	0.000721

4.5. Cálculos para la construcción de la cámara de secado

4.5.1. Diseño de la Estructura metálica

Diseño general: En esta parte se realiza el diseño estructural para el secador determinando sus dimensiones, características geométricas partiendo desde la información previamente obtenida y ciertos requerimientos establecidos.

Dimensionamiento estructural: La estructura se va a dividir en dos partes:

- La estructura del secador
- La estructura que servirá para albergar la materia prima

Estructura de la máquina: Esta estructura es la base que soporta todas las cargas, en si deberá reunir varias características como resistencia, ligereza, durabilidad y seguridad. Para determinar las características, el diseño se lo realizará a través de un software CAD, gracias a este programa se facilitará determinar los parámetros necesarios para su cálculo y dichos resultados se los comparará con las características de los materiales (perfiles metálicos, tubos, láminas de acero, entre otros) determinadas por el fabricante para su construcción.

4.5.2. Cálculo para el volumen del plato o bandeja

Esta ecuación ayudará a determinar el volumen a ocupar del plato o bandeja que poseerá el secador, se utiliza la siguiente ecuación.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.1)$$

Donde:

$V = \text{volumen a ocupar [m}^3]$

$m = \text{masa requerida [Kg]}$

$\rho = \text{Densidad del cacao [Kg/m}^3]$

4.5.3. Cálculo de la fuerza de la masa

Para el cálculo de la fuerza que se requiere para mover toda la masa se aplica la siguiente ecuación

$$\mathbf{F = m * g * f_d} \quad (4.2)$$

Donde:

$F = \text{fuerza de masa total [N]}$

$M = \text{masa (Cacao húmedo) [Kg]}$

$G = \text{Gravedad [9,81 m/s}^2]$

$f_d = \text{Factor de seguridad [asumido por el diseño]}$

4.5.4. Cálculo para el torque requerido

Para el cálculo del torque requerido para mover el cacao se determina con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{T = F * d * f_d} \quad (4.3)$$

Donde:

$T = \text{Torque requerido [Nm]}$

$F = \text{Fuerza [N]}$

$d = \text{Distancia [m]}$

$f_d = \text{Factor de diseño [dato asumido por el diseño]}$

4.5.5. Cálculo para el diámetro del eje

Para el cálculo del radio de eje es dado por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \tau_c &= \frac{T * \rho}{2\pi * J} \\ \tau_c &= \frac{T * r}{2\pi * r^4} \rightarrow \tau_{\max} = \frac{T}{2\pi * r^3} \\ \tau_{\max} &= Sy^I \rightarrow Sy^I = \frac{T}{2\pi * r^3} \\ r &= \sqrt[3]{\frac{T}{2\pi * Sy^I}} \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$S_y^I = S_y / 2$$

$$\emptyset = r * 2 * fs$$

Donde:

T = Torque requerido [N.m]

S_y = Limite de fluencia [MPa] (dato del material)

r = Radio del eje [m]

fs = Factor de seguridad [dato asumido por diseño]

4.5.6. Cálculo de la carga distribuida en las aspas

Con la finalidad de realizar un secado uniforme en el cacao para el presente análisis se determinó como elemento crítico el sistema removedor, el cual se acopla al eje y a la base estructural, en este elemento es donde se aplica mayor carga al ser removidos durante todo el proceso. Para el cálculo distribuido en las aspas aplica la ecuación 4.4

$$q = \frac{F}{L} \quad (4.5)$$

Donde:

F : fuerza (N)

L : longitud (m) (dato asumido por diseño)

q : carga (N/m)

4.5.7. Cálculo de la inercia de masa para las aspas

La inercia de un cuerpo se determina por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{m * d^2}{g} \quad (4.6)$$

Donde:

d = Diámetro del plato o bandeja [m]

m = Masa del cuerpo [kg]

I = Inercia del cuerpo [kg.m²]

4.5.8. Cálculo del sistema de transmisión

Para el cálculo de la transmisión se necesita conocer la potencia requerida del motor, se determina con el torque requerido necesario para mover la masa.

4.5.9. Cálculo de potencia para la selección del motor de las aspas

La potencia necesaria que debe poseer el motor se lo obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$P = \frac{T * \pi * n}{6000} \quad (4.7)$$

Donde:

P = Potencia del motor [HP]

T = Torque [Nm]

N = número de revoluciones por minuto [rpm]

4.5.10. Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque

La tensión de arranque está dada con la siguiente ecuación:

$$F_t = \frac{T_m}{r} \quad (4.8)$$

Donde:

T_m = torque del motor [Nm]

r = radio del eje [m]

F_t = Fuerza de tensión [N]

4.5.11. Cálculo para el número de revoluciones del motor

Las revoluciones por minuto que se requiere obtener para el motor, está dado por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{120 * f}{p} \quad (4.9)$$

Donde:

f = Frecuencia [Hz]

p = Número de polos

n = Número de Rev./min [rpm]

4.5.12. Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora

Para determinar la relación del motorreductor se determina con la siguiente ecuación:

$$\text{relación} = \frac{\text{rev/min del motor}}{\text{rev/min de la máquina}} \quad (4.10)$$

Donde:

Relación de reducción (Adimensional)

4.6. Cálculos térmicos para el dimensionamiento del secador

4.6.1. Cálculo para obtener la masa seca del Producto

Para calcular la masa seca del cacao se requiere una masa húmeda total a secar de 125 Kg con un contenido de humedad del 50% de acuerdo a la Norma INEN NTE 176 del Cacao en grano - Requisitos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$M_{seca} = M_p * W_o \quad (4.11)$$

Donde:

M_{seca} = Masa total de material seco [Kg]

M_p = Masa total de cacao a secar [Kg]

W_o = Contenido de humedad inicial del producto [%]

4.6.2. Cálculo para obtener la variación de Humedad

Para calcular el porcentaje de humedad a retirar de la almendra de cacao, el contenido de humedad final del mismo va de acuerdo a la norma INEN NTE 176, la cual señala que, para alcanzar un grano de calidad, la humedad final debe ser del 7% con un margen aceptable del $\pm 2\%$, y se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta W = \frac{W_o - W_f}{1 - W_f} * 100\% \quad (4.12)$$

Donde:

ΔW = Variación de humedad [%]

W_o = Contenido de humedad inicial del producto

W_f = Contenido de humedad final del producto

4.6.3. Cálculo para obtener la cantidad de Agua a Retirar

Para calcular la cantidad de agua a retirar en el proceso de secado de la semilla del cacao, se conoce la masa de material seco por la variación de humedad ya determinada en la ecuación 4.3, por ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$W_a = \frac{M_{seca} * \Delta W}{100 - \Delta W} \quad (4.13)$$

Donde:

$W_a =$ Cantidad de agua retirada [$Kg_{agua}/hora$]

$W_f =$ Contenido de humedad final del producto [Kg]

$M_{seca} =$ Masa de material seco [Kg]

4.6.4. Cálculo para el flujo de aire al interior del secador

Para calcular el consumo de aire que se usa en el proceso para el secado de la semilla de cacao en el interior de la máquina, con la cantidad de agua a retirar de la ecuación 4.4 y la diferencia de la humedad absoluta de la entrada y salida de aire del colector al interior de la máquina de secado se utiliza la siguiente ecuación:

$$m_a = \frac{W_a}{W_2 - W_1} \quad (4.14)$$

Donde:

$m_a =$ Flujo másico de aire [Kg/s]

$W_a =$ Cantidad de agua retirada [$Kg_{agua}/hora$]

$W_2 =$ Humedad absoluta del aire a la salida del colector [Kg/m^3]

$W_1 =$ Humedad absoluta del aire a la entrada del colector [Kg/m^3]

4.6.5. Cálculo para obtener la energía consumida

Para obtener la cantidad de energía consumida por el sistema se determina a través del flujo másico de la ecuación 4.5 con el C_p específico de las propiedades del cacao $1,720 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}^\circ$ y la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la máquina utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_a = m_a * C_{pcacao} * (T_2 - T_1) \quad (4.15)$$

Donde:

$m_a =$ Flujo másico de aire [Kg/s]

$Q_a =$ Energía consumida en la evaporación de la humedad del producto [W]

$C_{pcacao} =$ Calor específico del cacao [$J/Kg \cdot ^\circ K$]

$T_1 = \text{Temperatura ambiente } [^{\circ}\text{C}]$

$T_2 = \text{Temperatura de secado } [^{\circ}\text{C}]$

4.6.6. Cálculo para obtener la cantidad de Calor Requerido por el Sistema

Para calcular la cantidad de calor que se necesita en el interior de la máquina para el secado del cacao, se necesita el Q_a la cantidad de calor consumida que se determinó a través de la ecuación 4.15 y la cantidad de calor por pérdidas se va determinar más adelante con la siguiente ecuación:

$$Q_u = Q_a + Q_{\text{pérdidas}} \quad (4.16)$$

Donde:

$Q_u = \text{Calor suministrado por el sistema } [W]$

$Q_a = \text{Energía consumida en la evaporación de la humedad del producto } [W]$

$Q_{\text{pérdidas}} = \text{Pérdidas de calor}$

4.6.7. Cálculo para obtener las pérdidas de calor en las paredes

Para determinar las pérdidas de calor en las paredes del secador se requiere el cálculo de las pérdidas por conducción acumuladas en las paredes de la máquina y las pérdidas por radiación desde la pared exterior de la máquina, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{pérdidas}} = Q_k + Q_{\text{radiación}} \quad (4.17)$$

Donde:

$Q_{\text{pérdidas}} = \text{Pérdidas de calor a través de las paredes } [W]$

$Q_k = \text{Pérdidas por conducción acumuladas en las paredes } [W]$

$Q_{\text{radiación}} = \text{Pérdidas por radiación desde la pared exterior de la máquina } [W]$

4.6.8. Circuito de resistencias Térmicas de las paredes de la máquina

Se realiza un diagrama de resistencias térmicas de la cámara de secado en el que se encuentra el material del interior y exterior de las paredes, que se utiliza para evitar pérdidas o fugas de calor y así ganar más temperatura para el secado del cacao.

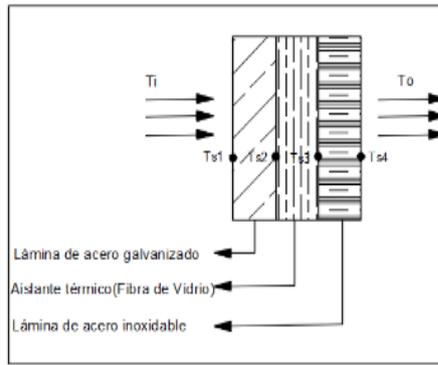


Figura 17. Diagrama de resistencias del secador

De acuerdo al análisis de la Figura N°17 se determina un circuito de resistencias por conducción a través del material colocado en las paredes de la máquina.



Figura 18. Circuito de resistencias

Donde:

$L_1 =$ Espesor de lámina de acero galvanizado [m]

$L_2 =$ Espesor del aislante [m]

$L_3 =$ Espesor de lámina de acero [m]

De acuerdo al sistema del circuito por conducción se determina la resistencia total de las paredes del secador de cacao con el coeficiente de convección por el área de la pared de la máquina y k_1 es la conductividad térmica de la lámina de acero inoxidable AISI 303, se utiliza la ecuación:

$$R_T = \left(\frac{1}{h_1 * A_1} + \frac{L_1}{k_1 * A_1} + \frac{L_2}{k_2 * A_1} + \frac{L_3}{k_3 * A_1} + \frac{1}{h_2 * A_1} \right) \quad (4.18)$$

Donde:

$R_T =$ Resistencia total de las paredes del secador de cacao

$h_1 =$ Coeficiente de convección [W/m². k]

$A =$ Área de la pared [m]

$k_1 =$ Conductividad térmica de la lámina de acero inoxidable AISI 303 [W/m. k]

$k_2 =$ Conductividad térmica del aislante [W/m. k]

$k_3 =$ Conductividad térmica de la lámina de acero [W/m². k]

Una vez obtenida la resistencia total se reemplaza en la siguiente ecuación para encontrar las pérdidas por conducción acumuladas en las paredes, se utiliza la ecuación:

$$Q_k = \frac{(T_i + T_0)}{R_T} \quad (4.19)$$

Donde:

$Q_k =$ Pérdidas por conducción acumuladas en las paredes [W]

$T_i =$ temperatura interior [°K]

$T_0 =$ temperatura exterior [°K]

$R_T =$ Resistencia total de las paredes del secador de cacao

4.6.9. Cálculo para obtener la convección Natural

Se calcula la temperatura pelicular para poder despejar el número de Raleigh y se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_f = \frac{(T_{s4} + T_{sur})}{2} \quad (4.20)$$

Donde:

$T_f =$ Temperatura pelicular [°C]

$T_{s4} =$ Temperatura exterior [K°]

$T_{sur} =$ Temperatura superficial [K°]

4.6.10. Cálculo para obtener el número de Biot

Una vez obtenida la temperatura pelicular se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (4.21)$$

Donde:

$\beta =$ Numero de biot

$T_f = \text{Temperatura pelicular } [^\circ K]$

4.6.11. Cálculo para obtener el Número de Rayleigh

Se reemplaza los datos obtenidos previamente para determinar el número de Rayleigh, se utiliza la ecuación 4.13

$$R_a = \frac{g * \beta * (T_{s4} + T_{sur}) * L^3}{v^2} * P_r \quad (4.22)$$

Donde:

$R_a = \text{Número de Rayleigh.}$

$g = \text{Gravedad } [m^2/s]$

$\beta = \text{Numero de Biot}$

$v^2 = \text{Velocidad promedio del aire } [m/s]$

$P_r = \text{Número de Prandlt.}$

4.6.12. Cálculo para obtener el Nusselt

El Nusselt es un número adimensional que mide el aumento de la transmisión de calor desde una superficie por la que un fluido discurre (transferencia de calor por convección) comparada con la transferencia de calor si ésta ocurriera solamente por conducción y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Nu = \left(0,825 + \frac{0,387 * (Ra)^{\frac{1}{6}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2 \quad (4.23)$$

Donde:

$N_u = \text{Numero de Nusselt}$

$R_a = \text{Número de Rayleigh}$

$\text{Perdidas por Radiación}$

4.6.13. Cálculo del coeficiente de convección

Se reemplaza en el despeje del Cálculo del coeficiente de convección para paredes verticales, se utiliza la siguiente ecuación:

$$h_2 = \frac{K_e}{L} * N_u \quad (4.24)$$

Donde:

h_2 = Coeficiente de convección

N_u = Numero de Nusselt

K_e = Número de Rayleigh

L = Longitud de la pared

4.6.14. Ley de Stefan Boltzmann

Mediante la ley de Stefan Boltzmann se va determinar las pérdidas por radiación en el exterior de la cámara para ver el tipo de material se necesita de la siguiente ecuación:

$$Q_{rad} = \varepsilon * A_1 * \sigma * (T_{s4}^4 - T_{sur}^4) \quad (4.25)$$

Donde:

Q_{rad} = Pérdidas por radiación desde la pared exterior de la cámara [W]

ε = Emisividad del material de la resistencia.

σ = Constante de Boltzmann [W/m². K⁴]

4.6.15. Cálculo para obtener la convección forzada por el interior

Se determina el coeficiente de convección forzada por el interior del secador por la entrada de aire forzado en el interior de la cámara de secado, se utiliza la ecuación 4.17

$$h_i = \frac{N_u \cdot K_{aire}}{D_{hidráulico}} \quad (4.26)$$

Donde:

h_i = coeficiente de convección forzada por el interior del secado [W/m². k]

$N_u = \text{Numero de Nusselt}$

$K_{\text{aire}} = \text{Coeficiente de conductividad térmica de aire [W/m. k]}$

$D_{\text{hidráulico}} = \text{Diámetro hidráulico [m]}$

4.6.16. Cálculo para obtener el Número de Reynolds

$$R_e = \frac{\rho \cdot D_{\text{hidraulico}} \cdot v}{\mu} \quad (4.27)$$

Donde:

$R_e = \text{Número de Reynolds}$

$\rho = \text{Densidad [m}^3/\text{kg]}$

$D_{\text{hidráulico}} = \text{Diámetro hidráulico [m]}$

$v = \text{Velocidad promedio del aire [m/s]}$

$\mu = \text{Viscosidad}$

4.6.17. Cálculo para obtener el Nusselt

$$N_{UD} = 0.023 \cdot Re^{\frac{4}{5}} \cdot Pr^n \quad (4.28)$$

Donde:

$N_{UD} = \text{Nuselt}$

$R_e = \text{Número de Reynolds}$

$Pr^n = \text{Número de Prandtl del aire.}$

4.6.18. Cálculo para obtener las Pérdidas de calor por las paredes

Una vez obtenidos los valores de la ecuación 4.26 reemplazamos en la ecuación:

$$R_T = \left(\frac{1}{h_1 \cdot A_1} + \frac{L_1}{k_1 \cdot A_1} + \frac{L_2}{k_2 \cdot A_1} + \frac{L_3}{k_3 \cdot A_1} + \frac{1}{h_2 \cdot A_1} \right) \quad (4.29)$$

Se reemplaza las pérdidas por conducción acumuladas en las paredes ecuación 4.19

$$Q_{k1} = 2 \cdot \frac{(T_i - T_0)}{R_{T1}} \quad (4.30)$$

Donde:

Q_{k1} = Perdidas de calor por las paredes [W]

T_i = Temperatura interna del secador [°C]

T_o = Temperatura al exterior del secador [°C]

R_{T1} = Resistencia total

Se realiza la sumatoria de cada perdida de conducción acumuladas ecuación 4.30.

$$\Sigma Q_k = (Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3}) \quad (4.31)$$

4.6.19. Cálculo para obtener el Tiempo de calentamiento del aire en el interior del secador

Se determina el cálculo del aire en el interior del secador que ingresa a la cámara interna del secador con un determinado tiempo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta t = \frac{m_{aire} \cdot C_{paire}}{0.92 * (Q_U - Q_{perd})} \quad (4.32)$$

Donde:

Δt = Variación de temperatura [°K]

m_{aire} = Flujo másico del aire

C_{paire} = Capacidad calorífica del aire

ΔT = Variación de las temperaturas [°C]

Q_u = Calor Útil

Q_{perd} = Perdidas de calor

4.7. Cálculo para obtener el Diseño del colector solar

4.7.1. Radiación solar en el cantón Quinindé

Las propiedades meteorológicas específicas del cantón Quinindé (lugar donde se realizará la implementación del equipo) se toman desde enero del 2018 del INAMHI y climate-date.org, se relacionan de acuerdo a la tabla de sectorización de acorde al nivel de radiación evidenciada en la Concordia y la de la parroquia la Unión, en la tabla que se muestra a continuación se puede evidenciar los niveles de radiación solar durante todo el año. [25]

Tabla 15. Temperatura y precipitación en Quindiné (climate-date.org,)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	25.3	25.7	25.9	26.2	25.7	24.9	24.7	24.5	24.4	24.7	24.6	25
Temperatura min. (°C)	21.5	21.6	21.8	21.9	21.8	21.3	20.9	20.7	20.5	20.9	20.6	21.1
Temperatura máx. (°C)	29.2	29.8	30.1	30.5	29.7	28.6	28.5	28.4	28.4	28.6	28.6	28.9
Precipitación (mm)	334	323	458	359	221	188	69	43	61	51	49	141

Tabla 16. Radiación mensual de la concordia-Inamhi

M0025		LA CONCORDIA							INAMHI										
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCÍO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación			
		ABSOLUTAS		M E D I A S		Máxima	Mínima	Mensual	Máxima	Mínima	Mensual			Máxima en 24hrs	Mensual				
ENERO	36.4	31.0	3	21.1	16							28.0	22.1			24.2	100	9	67
FEBRERO	63.7	32.6	25	20.8	10	29.0	21.9	24.5	100	15	63	12	87	22.1	26.6	518.7	124.9	27	27
MARZO	82.5	32.7	25	21.8	19	29.8	22.7	25.2	100	3	64	25	88	22.9	27.9	566.7	117.8	27	27
ABRIL	89.2	33.5	14	21.4	29	29.6	22.6	25.2	99	6	62	14	88	22.9	27.9	582.2	125.2	19	27
MAYO	39.3	31.0	1	21.0	5	27.8	22.0	24.1	99	10	64	13	90	22.2	26.7	152.1	34.8	27	26
JUNIO	43.2	30.7	6	20.6	6	27.5	21.6	23.8	98	1	63	19	88	21.6	25.7	38.9	15.6	3	14
JULIO	69.8	30.5	9	19.4	26	27.4	20.6	23.3	99	19	67	31	86	20.8	24.5	30.3	14.9	5	11
AGOSTO	88.4	33.0	24	18.7	31	28.2	20.5	23.4					84	20.4	24.0	9.5	1.6	25	13
SEPTIEMBRE	61.0	33.1	26	18.7	5	29.0	20.6	24.0	98	22	56	26	82	20.6	24.3	7.1	1.5	28	12
OCTUBRE	63.1	33.1	7	19.9	4	28.6	21.0	24.0	98	12	55	3	83	20.8	24.6	26.6	15.7	27	14
NOVIEMBRE	65.7	33.0	29	18.4	9	28.7	20.9	23.9	98	21	52	27	82	20.5	24.1	7.2	1.6	3	8
DICIEMBRE	50.9	33.6	6	19.4	22	29.0	21.0	24.1	98	5	48	6	84	21.0	24.9	138.6	69.1	25	21
VALOR ANUAL	753.2	33.6	18.4	20.6	21.5	24.1							86	21.5	25.7	2770.6	125.2		

El clima del cantón es cálido, con mayores temperaturas y mayor precipitación durante los meses de marzo, abril, y mayo. Los meses de junio a diciembre las temperaturas y precipitaciones bajan, pero se mantienen, desde marzo a mayo es la época más lluviosa. La temperatura máxima en promedio es de 25° a 30° C y la más baja en promedio es de 19.6° C a 20°C, a pesar de pertenecer geográficamente a la sierra ecuatoriana, su geografía es más similar a la costanera. [25]

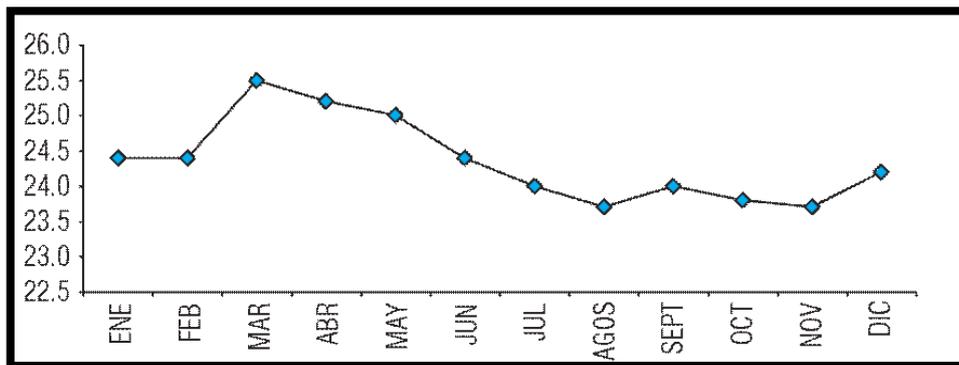


Figura 18. Diagrama de la Variación de temperatura en °C

En los diagramas veríamos que en marzo es el mes más cálido del año. La temperatura en marzo promedios 26.0 ° C y la máxima es de 30 ° C, en noviembre tiene la temperatura promedio más baja del año. Es 24.1 ° C y llega a 20°C.

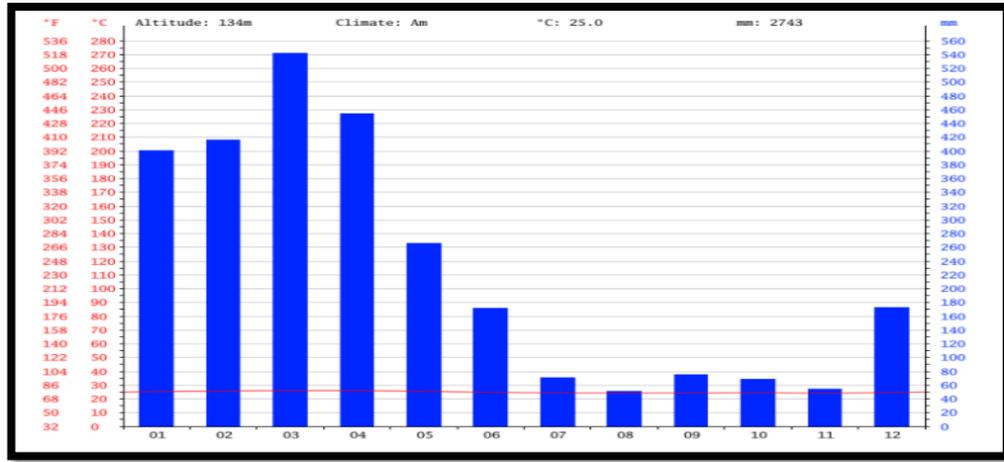


Figura 19. Diagrama de precipitaciones en el cantón Quinindé

El mes más seco es agosto, con 51 mm de lluvia. Con un promedio de 542 mm, la mayor precipitación cae en marzo.

4.7.2. Cálculo para obtener el Área del colector solar

El área del colector es directamente proporcional a la demanda energética para realizar el proceso de deshidratado e inversamente proporcional a la radiación solar incidente y la eficiencia.

$$A_c = \frac{Q_u}{I * n} \quad (4.33)$$

Dónde:

A_c = Área del colector [m^2]

Q_u = Calor util del sistema [W]

I = Radiación solar del lugar donde se implementa [Kwh/m^2 día]

N = Eficiencia de colectores de placa plana

Nota: La eficiencia en colectores solares de placa plana es del 84.3 % (Rev. Int. Contam. Ambient vol.32 no.3 México ago. 2016) [26]

4.7.3. Materiales para la construcción de colectores solares

Los materiales de construcción para colectores solares son similares a los de los colectores solares para calentamiento de agua los cuales se encuentran estandarizados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 11 capítulo 14. [27]

- a) **Marco exterior:** “Los marcos son comúnmente fabricados a base de acero inoxidable o aluminio anodizado por su resistencia a la corrosión, y deben tener la rigidez necesaria para soportar a los componentes internos.”
- b) **Recubrimiento de la placa colectora:** “Se debe comprobar que el pigmento negro sea totalmente uniforme en toda la superficie de la placa colectora. Así mismo se debe comprobar que no existan agrietamientos, irregularidades, etc.”
- c) **Cubierta:** “Esta puede ser fabricada de vidrio o de plástico, por lo general son preferibles las cubiertas de vidrio, permitiendo alcanzar altas temperaturas. Este vidrio puede ser de tipo solar o normal transparente por lo que puede contener cantidades bajas de hierro en su composición, lo que aumenta su transividad y disminuye su emisividad.” [27]

4.7.4. Procedimiento para la selección del ventilador

Para su selección se tiene en cuenta su flujo volumétrico, para el presente diseño se parte de la velocidad del fluido que será acorde a las recomendaciones para granos que es de 0.3 a 4 m/s. (INEN NTE 1462- Granos y cereales-Determinación del contenido de humedad)

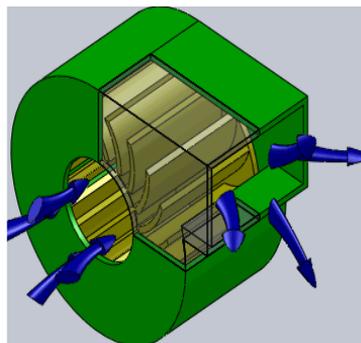


Figura 20. Esquema Funcionamiento de un Ventilador Centrífugo

Se selecciona de esta manera el sistema más óptimo de ventilación y su dimensionamiento se realiza a través de la siguiente información:

- Caudal o flujo másico de aire
- Presión Estática
- Tipo de servicio

- Ruido
- Tipo de acople

4.7.5. Cálculo para el dimensionamiento del ventilador

Una vez obtenido el flujo de aire necesario para el secador (ecu. 4.5), se obtiene:

$$Q_V = \frac{m_a}{\delta_{aire}} \quad (4.34)$$

Donde:

$Q_u =$ Flujo volumétrico [m^3/s]

$m_a =$ Flujo de aire en el secador [Kg/s]

$\delta_{aire} =$ Densidad del aire a temperatura de secado [Kg/m^3]

Nota: La velocidad permitida para el secado de granos de cacao es de 0.3 a 4 m3/s (Norma INEN NTE 176: Granos de cacao-Requisitos)

4.8. Cálculo del sistema eléctrico y control del secador de cacao

4.8.1. Cálculo eléctrico para el dimensionamiento del motor y de las protecciones eléctricas en general para el secador

Nos permite determinar las protecciones ideales para proteger a la máquina contra sobrecargas y cortocircuitos.

4.8.2. Cálculo de las protecciones eléctricas

Para determinar las protecciones se parte de la fórmula de Potencia = 0.324 kW para un sistema monofásico.

$$P = V * I * \cos\phi \rightarrow I_N = \frac{P}{V * \cos\phi} \quad (4.35)$$

Donde:

$P =$ Carga del motor

$V =$ Voltaje

$\phi =$ Factor de potencia

$I_N =$ Corriente nominal

4.8.3. Cálculo para la corriente de sobre carga

Para la corriente de sobrecarga se determina con la siguiente ecuación *

$$I_{SC} = I_N * 1.1 \quad (4.36)$$

Donde:

$I_N =$ Corriente nominal [Amp]

$I_{sc} =$ Corriente de sobrecarga [Amp]

4.8.4. Cálculo para el dimensionamiento del elemento termo magnético (Breaker)

Para el dimensionamiento del elemento de protección (Breaker), en el circuito de fuerza utilizamos la, I_N en la siguiente ecuación:

$$I_p = I_N \cdot 1,25 \quad (4.37)$$

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El prototipo de máquina secadora de cacao al contar con un sistema de control de temperatura automático que permita un correcto proceso de secado, para reducir la intervención de un operario, será capaz de secar alrededor de 125 kg de cacao húmedo de forma homogénea durante todo el proceso. Los parámetros de funcionamiento, como tiempo y temperatura de secado que debe cumplir la secadora son las recomendadas por la Norma INEN NTE 176 (Cacao en grano-Requisitos), pero el tiempo de secado va a depender de la cantidad de materia prima que ingresen al plato de la máquina. La producción de la máquina es establecida por requerimientos del usuario, debido a que este necesita un secador con los siguientes parámetros.

Tabla 17. Parámetros de funcionamiento de la máquina automática

Parámetros	Valor	Norma
Temperatura de secado	Max 60°C	Según la norma técnicas INEN- NTE 176
Humedad inicial del cacao	Aprox. 50%	Según la norma técnicas INEN- NTE 176
Humedad final del cacao	7% ± 2	Según la norma técnicas INEN- NTE 176
Tiempo de secado	2 - 3	Depende de la cantidad de materia prima
Cantidad de producción	125 kg	Requerimiento por el usuario

5.1. Selección de materiales

Para la selección de los materiales más idóneos para la realización de este prototipo, se ha tenido en cuenta varios factores que pueden influir en el diseño del secador entre los cuales se destacan el clima, su entorno y el contacto con la materia prima.

Estructura: Se ha optado por realizar un bastidor de acero, con un tratamiento contra la corrosión.

Recubrimiento: Para el recubrimiento de la cámara de secado se tomó en cuenta tres tipos de materiales:

- Acero inoxidable 304: El cual se usó para el recubrimiento exterior e interior y para los componentes que componen la bandeja y las aspas ya que estas tienen contacto directo con el cacao.

- **Vidrio:** Se lo uso para su recubrimiento exterior el cual tiene la función de generar energía calorífica dentro de la cámara de secado.
- **Fibra de vidrio:** Para evitar las pérdidas innecesarias de calor se optó por la fibra de vidrio AW ya que es un buen aislante y es de bajo costo. Para el secador se requiere un espesor del aislante de 50 mm de espesor. En el mercado se logró conseguir fibra de vidrio de 2.5 pulgadas de espesor, con el cual no existe inconveniente alguno debido a que este se puede comprimir y adaptar al espacio, al momento de la construcción.

Tabla 18. Tabla de temperatura en las paredes en función del espesor aislante.

Espesor de Lana de vidrio (m)	Flujo de calor q (W)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)
0,01	1288,91	199,83	92,42	92,25
0,02	769,84	199,90	71,59	71,49
0,03	548,81	199,92	62,72	62,72
0,04	426,40	199,94	57,81	57,75

5.2. Diseño de la estructura metálica

5.2.1. Boceto

A partir del siguiente boceto preliminar este servirá de referencia para la construcción del secador el cual cumple con los parámetros de diseño según el análisis realizado a los diferentes materiales.

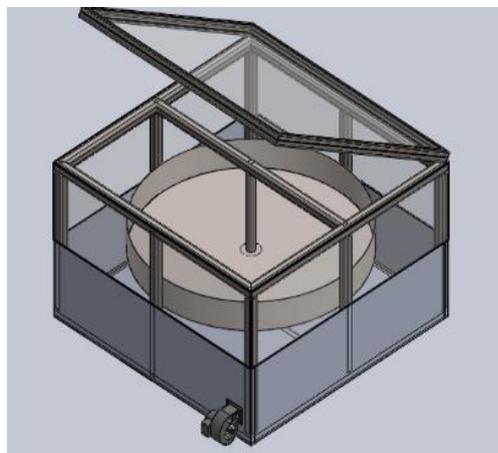


Figura 21. Boceto de la secadora.

5.2.2. Cálculo estructural

Para esta parte del proyecto se utiliza un programa de diseño mecánico a través de un software CAD, el cual permite bosquejar el diseño de la máquina acorde a los requerimientos presentados anteriormente. Cada uno de los elementos del cual se compone la máquina serán diseñados detallando las medidas con las que se va realizar su respectiva construcción.

Análisis de resultados, en la estructura del secador

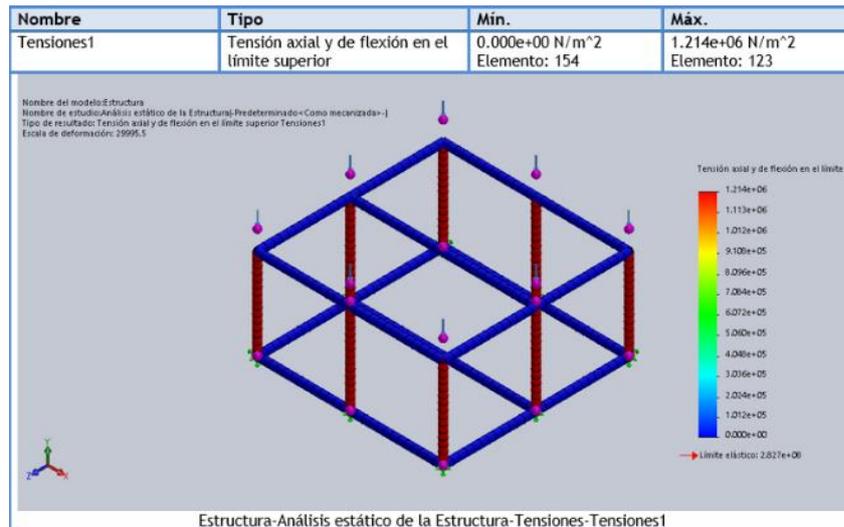


Figura 22. Resultados del análisis de tensiones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 8 <u>Joint(s)</u> Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 8 <u>Juntas</u> Referencia: Arista < 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, 1245 N Momentos: ---, ---, --- <u>N.m</u>

Figura 23. Resultados del análisis de las juntas y sujeciones.

Análisis de resultados en la bandeja del secador

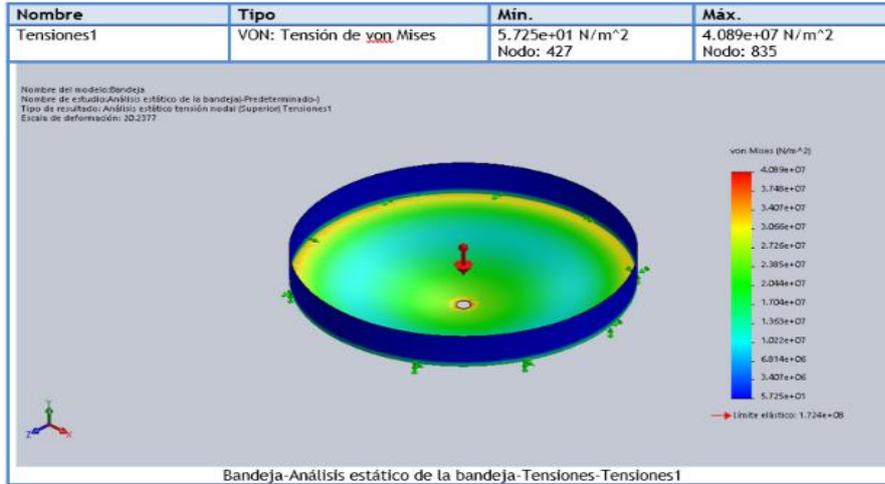


Figura 24. Resultados del análisis de la bandeja, tensiones

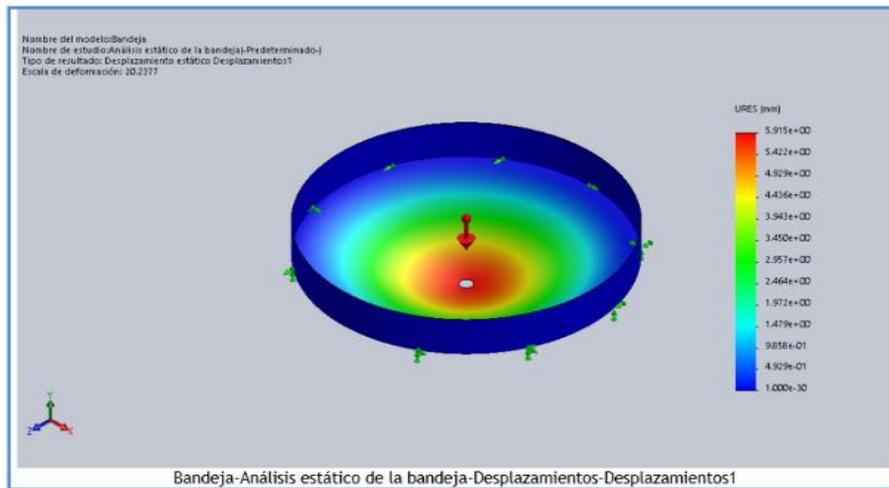


Figura 25. Resultados del análisis de la bandeja, desplazamiento

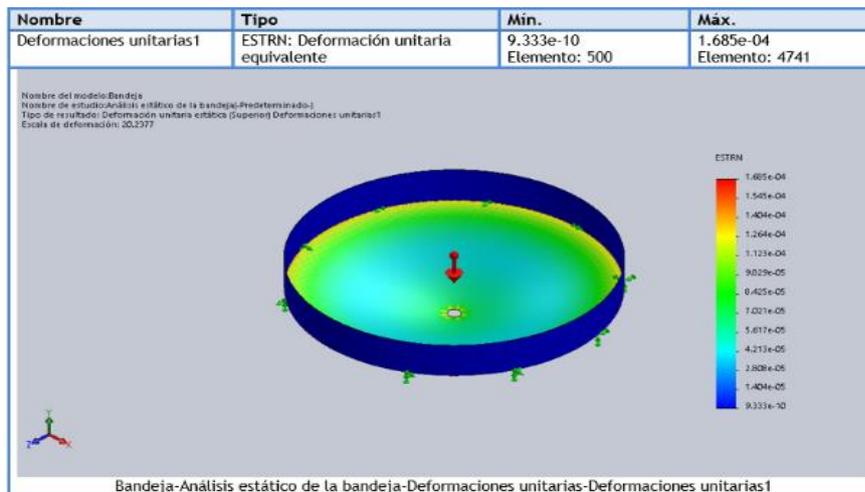


Figura 26. Resultados del análisis de la bandeja, deformación unitaria

5.3. Resultados del diseño de la cámara de secado

Con la cantidad de producción requerida por el usuario se procede a dimensionar el volumen del plato del secador, que debe ser construido en acero AISI 304, al estar en contacto directo con el cacao.

Tabla 19. Resultados del dimensionamiento y cálculo para el diseño de la cámara de secado

No. Ecu.	Parámetro a calcular	Ecuación	Resultado
4.1	Cálculo para el volumen del plato o bandeja	$V = \frac{m}{\rho}$	$V = 0.16 \text{ m}^3$
4.2	Cálculo de la fuerza de la masa	$F = m * g * f_d$	$F = 1839 \text{ N}$
4.3	Cálculo para el torque requerido	$T = F * d * f_d$	$T = 3310 \text{ N.m}$
4.4	Cálculo para el diámetro del eje	$\phi = r * 2 * f_s$	$\phi = 0.038 \text{ m}$
4.5	Cálculo de la carga distribuida en las aspas	$q = \frac{F}{L}$	$q = 1495 \text{ kg}$
4.6	Cálculo de la inercia de masa para las aspas	$I = \frac{m * d^2}{8}$	$I = 22.5 \text{ kg.m}^3$
4.7	Cálculo de potencia para la selección del motor de las aspas	$P = \frac{T * \pi * n}{6000}$	$P = 0.852 \text{ HP}$
4.8	Cálculo de la fuerza de tensión del eje al arranque	$F_t = \frac{Tm}{r}$	$F_t = 2.648 \times 10^5 \text{ N}$
4.9	Cálculo para el número de revoluciones del motor	$n = \frac{120 * f}{p}$	$n = 3438 \text{ rpm}$
4.10	Cálculo para el número de revoluciones de la caja reductora	relación = $\frac{\text{rev/min del motor}}{\text{Rev/min de la maquina}}$	$rel = 13.4 \text{ rpm}$

5.4. Resultados para el dimensionamiento térmico del secador

Según los requerimientos antes estipulados y una vez obtenidas las dimensiones para la construcción de la máquina se procede al dimensionamiento térmico el cual lograra generar y conservar de mejor manera el calor necesario para realizar el proceso de secado.

Tabla 20. Resultados del dimensionamiento térmico y cálculo para las pérdidas de calor por conducción y el calor acumulado en las paredes

No. Ecu.	Parámetro a calcular	Ecuación	Resultado
4.11	Cálculo para la Masa seca del Producto	$M_{seca} = M_p * W_o$	$M_{seca} = 125 \text{ Kg}$
4.12	Cálculo para la Variación de Humedad	$\Delta = \frac{W_o - W_f}{1 - W_f} * 100\%$	$\Delta w = 46.237 \%$
4.13	Cálculo para la Cantidad de Agua a Retirar	$W_a = \frac{M_{seca} * \Delta W}{100 - \Delta W}$	$W_a = 35.83 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$
4.14	Cálculo para el flujo de aire al interior del secador	$m_a = \frac{W_a}{W_2 - W_1}$	$m_a = 4.051 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$
4.15	Cálculo para el Energía Consumida	$Q_a = m_a * C_{pcacao} * (T_2 - T_1)$	$Q_a = 7.004 * 10^3 \text{ W}$
4.17	Cálculo para las Pérdidas de Calor en las paredes	$Q_{pérd} = Q_k + Q_{radiación}$	$Q_k = 456.833 \text{ W}$

Tabla 21. Resultados del cálculo para las pérdidas de calor por convección libre o natural

No. Ecu.	Parámetro a calcular	Ecuación	Resultados
4.20	Cálculo de la temperatura pelicular	$T_m = \frac{T_{s4} - T_{amb}}{2}$	$T_f = 300.65 \text{ }^\circ\text{K}$
4.21	Cálculo del número de Biot	$\beta = \frac{1}{T_f}$	$\beta = 0.003 \frac{1}{\text{K}}$

4.22	Cálculo del número de Rayleigh	$Ra = \frac{g * \beta * (T_{s4} + T_{sur}) * L^3}{\nu^2} * Pr$	$Ra = 1.004 e^9$ Régimen Turbulento
4.23	Cálculo del número de Nusselt	$Nu = \left(0,825 + \frac{0,387 * (Ra)^{\frac{1}{6}}}{\left(1 + \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right)^{\frac{8}{27}}} \right)^2$	$Nu = 122.922$
4.24	Cálculo del coeficiente de convección para paredes verticales	$h_2 = \frac{K_e}{L} * Nu$	$h_2 = 123.811 \frac{W}{m^2K}$

Tabla 22. Resultados del cálculo para las pérdidas de radiación

No. Ecu.	Parámetro	Ecuación	Resultados
4.25	Cálculo de pérdidas de calor Ley de Stefan Boltzmann	$Q_{rad} = \varepsilon * A_1 * \sigma * (T_{s4}^4 - T_{sur}^4)$	$\Sigma Q_{rad} = 98.66 W$
4.26	Cálculo para obtener la convección forzada por el interior	$h_i = \frac{Nu \cdot K_{aire}}{D_{hidráulico}}$	$h_i = 0.912 \frac{W}{m^2K}$
4.27	Cálculo para obtener el Número de Reynolds	$Re = \frac{\rho \cdot D_{hidraulico} * v}{\mu}$	$Re = 2.034 \times 10^5$ Régimen turbulento
4.28	Cálculo para obtener el Nusselt	$N_{UD} = 0.023 * Re^{\frac{4}{5}} * Pr^n$	$N_{UD} = 363.303$

4.29	Cálculo para obtener las pérdidas de calor por las paredes	$Q_k = 2 * \frac{(T_i - T_0)}{R_{T1}}$	$Q_{k1} = 208.02 W$ $Q_{k2} = 61.488 W$ $Q_{k3} = 21.133 W$
4.30	Sumatoria de las pérdidas de calor por las paredes en el sistema	$\Sigma Q_k = (Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3})$	$\Sigma Q_k = 290.647 W$
4.16	Cálculo de la cantidad de calor requerida por el sistema	$Q_U = (Q_a + Q_{perd})$	$Q_U = 74190 W$

5.5. Cálculo y consideraciones para el uso e implementación del colector solar

Una vez obtenido el calor necesario con la ecuación 4.16 se procede a calcular el área necesaria que debe abarcar el colector solar para generar dicha cantidad.

Tabla 23. Resultados del cálculo para la selección del colector solar

No. Ecu.	Parámetro	Ecuación	Resultados
4.33	Cálculo para obtener el Área del colector solar	$A_c = \frac{Q_u}{I * n}$	$A_c = 1.54 m^2$

5.6. Dimensionamiento de protecciones eléctricas de la máquina

Una vez obtenido la potencia del sistema se realiza el cálculo de las protecciones eléctricas para colocar en el tablero de control.

Tabla 24. Resultados del cálculo para la selección del calibre del conductor

No. Ecu.	Parámetro a calcular	Ecuación	Resultado
4.9.2	Cálculo de las protecciones eléctricas	$P = V * I * \cos\phi \rightarrow I_N = \frac{P}{V * \cos\phi}$	$I_N = 2.95A$
4.9.3	Cálculo para la corriente de sobre carga	$I_{SC} = I_N * 1.1$	$I_{SC} = 3.25A$

4.9.4	Cálculo para el dimensionamiento del elemento termo magnético (Breaker)	$I_p = I_N \cdot 1,25$	$I_p = 3.69A$
-------	---	------------------------	---------------

5.7. Dimensionamiento de los conductores eléctricos

El dimensionamiento de los conductores se lo realizó de acorde con la norma eléctrica ecuatoriana NEC-SB-IE de instalaciones eléctricas [28], mediante esta norma se evidencio los siguientes calibres de conductores de acuerdo al tipo de aparato al cual van a ser instalados:

Tabla 25. Resultados del cálculo para la selección del calibre del conductor

Tipo de carga	Cargas especiales	Tomacorrientes	Tableros de control
Calibre	10AWG	12AWG	14AWG
Amperaje	30/32A	20A	15/16 A

5.8. Análisis de Radiación Solar

A continuación, se presenta los datos de radiación solar tomadas con el medidor solar SM206, en la finca “Santa María” directamente del sol y presencia de nubosidad en cada hora durante el día (W/m2) *h.

Tabla 26. Radiación solar en nubosidad

No.	Tiempo(H)	Radiación(W/m2)
1	7:00	558,5
2	8:00	678,7
3	9:00	759
4	10:00	856,2
5	11:00	949,1
6	12:00	984,2
7	13:00	992,1
8	14:00	995,4
9	15:00	838,6
10	16:00	788,1
11	17:00	632,4

De los datos obtenidos en la tabla se realizó un análisis de la radiación en la finca “Santa María”, con un diagrama se obtendrá una curva de radiación máximo y mínimo de temperatura para el secado del producto con presencia de nubosidad.

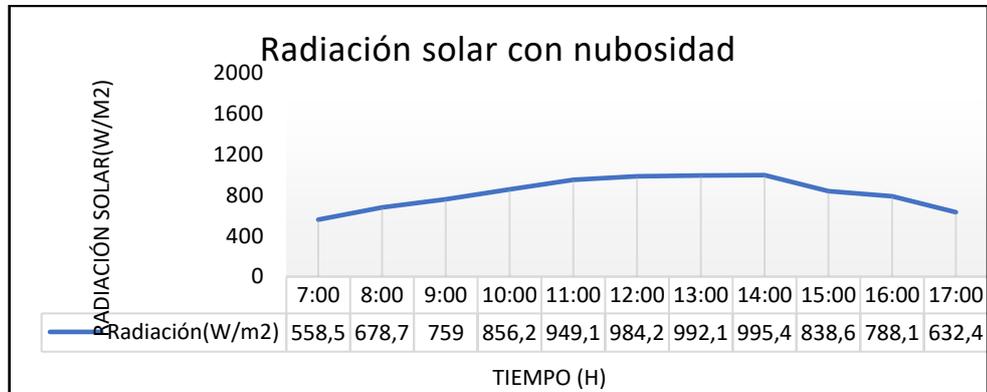


Figura 27. Diagrama de radiación solar

En la tabla se observa que la mayor concentración del valor resultante en el medio día tiene un valor promedio de 984,2 (W/m²), ya que va incrementando según la posición del sol o va disminuyendo por la nubosidad, en el cual la radiación no da una eficiencia optima en el colector generando poca temperatura para el secado del cacao.

5.9. Datos de Radiación Solar incidente

Se presenta los datos de radiación directa en el que se tomó con el medidor solar de acuerdo a las horas del día, medio día y la tarde se efectuó la siguiente tabla:

Tabla 27. Radiación directa

No.	Tiempo(H)	Radiación(W/m ²)
1	7:00	786,1
2	8:00	995,4
3	9:00	1295,4
4	10:00	1553,5
5	11:00	1796,7
6	12:00	1919,6
7	13:00	1913,6
8	14:00	1822
9	15:00	1679,2
10	16:00	1453,4
11	17:00	992,1

De los datos obtenidos en la tabla No. 27, se realizó un análisis de la radiación en la finca “Santa María”, con un diagrama se obtendrá una curva de radiación máximo y mínimo de temperatura para secado del producto de manera directa del sol.

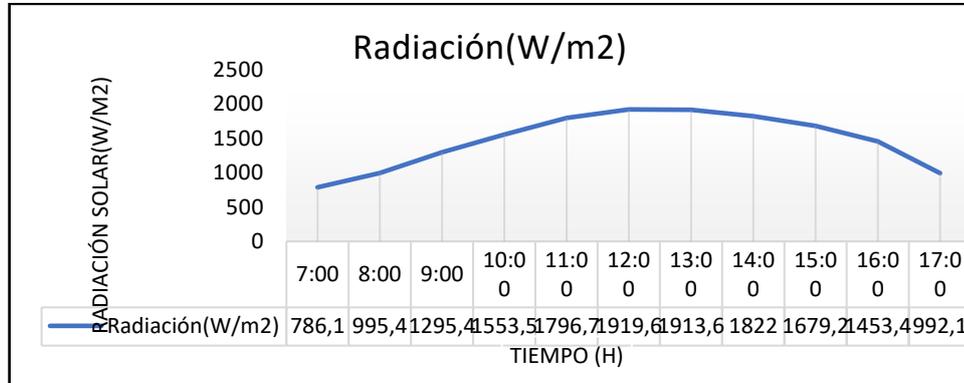


Figura 28. Esquema de radiación directa

En la Figura 28, se muestra la frecuencia de la radiación solar directa de un día completo, se ha tomado las horas del mediodía con un valor de 1822 (W/m²), en el cual durante el periodo del tiempo tiene una mayor radiación eficiente y van siendo constantes durante las horas de la tarde mejorando el secado del cacao aroma fino con buena calidad, garantizando el índice de humedad necesaria con el porcentaje optimo a 7,84 % de la semilla.

5.10. Datos de temperaturas ambiente vs colector solar

Mediante los datos de radiación directa obtenidos con el solar SM-206, también se tomó datos de temperatura mediante con dos higrómetros uno en el colector solar y el otro mide la temperatura ambiente que ingresa a la cámara de secado.

Tabla 28. Temperatura Ambiente vs Colector solar

Tiempo (horas día)	Temperatura Ambiente °C	Temperatura del colector °C	Temperatura de la cámara de secado °C
7:00	21,3	19,5	40,8
8:00	25,1	23,2	48,3
9:00	28,2	25,3	53,5
10:00	29,8	27,4	57,2
11:00	30,9	28,7	59,6
12:00	30,4	30,1	60,5
13:00	31,2	30,4	61,6
14:00	30,8	30,6	61,4
15:00	28,5	29,7	58,2
16:00	22,6	21,2	43,8
17:00	19,8	18,3	38,1

Una vez realizada estas pruebas nos dio temperaturas aceptables y rangos que se necesita para el ingreso a la cámara de secado y así cumplir estándares de temperaturas de 40 a 60°C bajo la norma INEN 176 que son requisitos para un buen secado de cacao aroma fino.

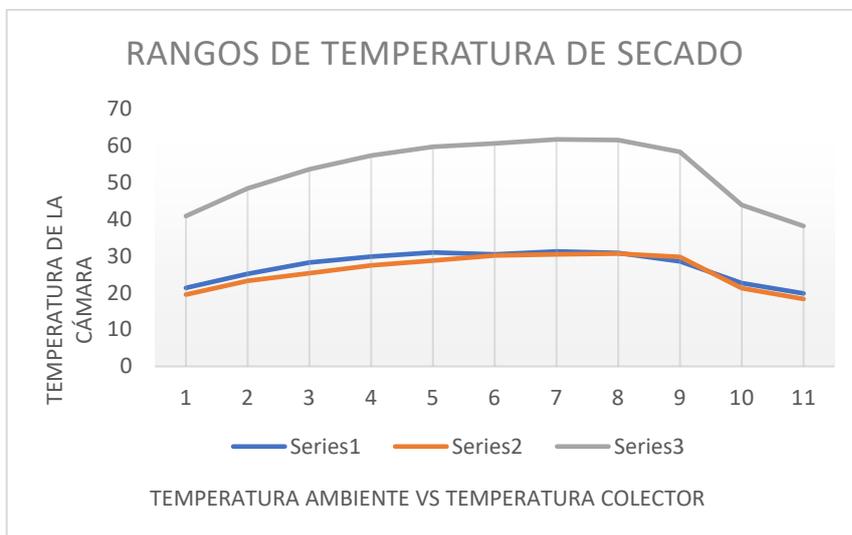


Figura 29. Curva de temperaturas

De acuerdo a la curva la sumatoria de la temperatura ambiente vs Colector solar muestra el resultado con 40 y 60 °C en el que ingresa a la cámara de secado obteniendo un índice establecido bajo la norma INEN 176 de las propiedades de secado del cacao

5.11. Pruebas realizadas de secado de cacao aroma fino de manera natural

Se realizó pruebas de manera natural en el secado del cacao aroma fino mediante la radiación solar, se utilizó 200g de cacao húmedo con un porcentaje de humedad de 50 - 52% que se midió con un higrómetro digital con temperaturas de 21,3°C A 31,2°C.



Figura 30. Pruebas de secado natural

Una vez realizado las pruebas de secado en tendales durante 5 días el cacao tiende secarse, en el que algunas semillas se llenan de moho, al 6 día con una radiación elevada presenta a quemarse en el que se va pudriendo, se salva el 60% y el 40% se desperdicia.

Tabla 29. Secado por método natural

Tiempo (Días)	Porcentaje
1 - 2	La semilla tiende a secarse el grado de humedad
3 - 4	La semilla tiende a variar su color y otras con moho por los cambios climáticos.
5 - 6	De acuerdo de secado se alcanzó un 60% para la producción y el 40% se quema perdiendo sus características en olor y sabor, con un porcentaje del 9% de humedad.

5.12. Pruebas realizadas de secado de cacao aroma fino con la máquina

Se realizó las pruebas con la máquina automática se coge de muestra unos 200g de cacao seco de la máquina, para verificar la humedad que ya es alcanzada mediante 4 horas de trabajo su resultado final va reduciendo constantemente, conserva el sabor y aroma, su color es café claro lo que se busca en el proceso para así satisfacer la necesidad del cliente.



Figura 31. Pruebas de secado con la máquina secadora

El resultado final de porcentajes de humedad como se puede apreciar en la tabla es del 7.84% con una temperatura promedio a 60 – 61°C, lo que resulta que la máquina secadora para cacao aroma fino dejó al producto en los estándares de la norma INEC 176 que al estar en procesos de secado entre las 6 a 7 horas.

5.13. Resultado de la curva de temperatura y humedad del cacao aroma fino

Para visualizar el comportamiento de la curva de secado del cacao humedad, temperatura en función del tiempo se realiza con granos de cacao que no estén secos totalmente en este caso esta con un grado de fermentación del 52 % de humedad y se lo secará hasta conseguir un

porcentaje adecuado entre 7,84 % en la respectiva máquina secadora de cacao para lo cual se toman datos cada 20 minutos durante las horas de secado.

Tabla 30. Datos de Humedad y Temperatura

Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
0	52	21,3
20	51,1	25,1
40	47,4	27,5
60	40,3	29,8
80	33,4	34,2
100	31,1	38,7
120	29,8	40,8
140	28,2	48,3
160	26,8	53,5
180	25,1	55,7
200	24,3	56,1
220	22,1	56,5
240	22,8	56,8
260	20,2	57,4
280	17,3	59,6
300	15,5	60,3
320	13,1	61,6
340	13,9	61,4
360	12,5	61,2
380	11,8	61,1
400	9,2	60,6
420	7,84	60,2

Los datos se tomaron de acuerdo a la temperatura, humedad en que se va secando el cacao aroma fino detallada la temperatura del controlador y con el higrómetro digital proporcionan datos para la curva de humedad vs temperatura.

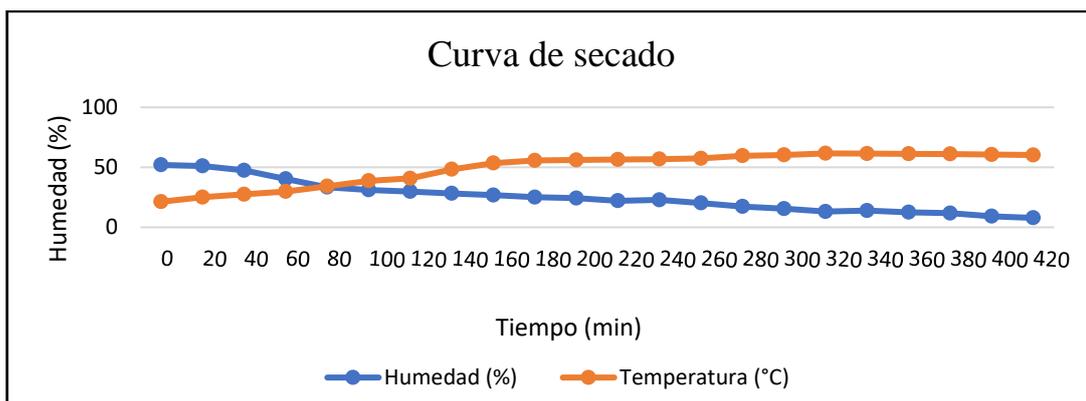


Figura 32. Curva de Humedad y Temperatura

De acuerdo a la curva de humedad vs temperatura se tomaron por un periodo de 7 horas hasta conseguir el porcentaje aproximado del 7 a 9% de humedad en el cacao aroma fino establecida en la norma INEN 176.

5.14. Pruebas realizadas en la máquina

Estas pruebas se las realizaron en el lugar de la implementación de la máquina y se trabajó en condiciones reales, con una carga de 200 lb.

Tabla 31. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 1)

Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
0	55.7	20.4
60	48.6	60
120	42.3	60
180	36.6	60
240	28.4	60
300	21.6	60
360	15.2	60
420	7.4	60

Los datos se obtuvieron tras haber realizado la primera prueba de secado en condiciones reales de trabajo, cabe recalcar que las condiciones climáticas no eran las ideales ya que estuvo nublado y con una sensación térmica de 20 °C.

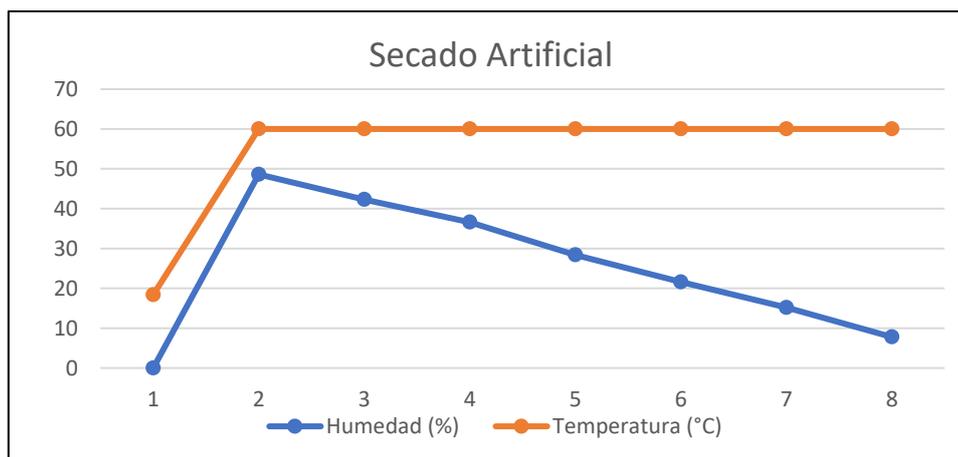


Figura 33. Curva de Humedad y Temperatura utilizando el secado artificial

Para visualizar el comportamiento de la curva de secado del cacao en función a su humedad y temperatura, se la realizo con una carga de 200 lb es decir 2 quintales, los granos de cacao iniciaron con una humedad del 55.7% y se lo fue midiendo cada hora para constatar su evolución hasta conseguir un porcentaje adecuado entre 7 al 9 %.

Nota: Tras tener un clima frio la energía auxiliar estuvo la mayor parte del tiempo encendido ya que no hubo suficiente radiación solar, se usó un total de 10 kg de GLP para esta prueba.

Prueba 2. Condiciones de lluvia

En la segunda prueba a pesar que se inició el secado con un clima nublado y una sensación térmica de 18°C, se presentó repentinamente una ligera lluvia la cual no seso durante todo el proceso de secado.

Tabla 32. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 2)

Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
0	50.6	18.6
60	46.6	60
120	40.3	60
180	35.6	60
240	27.4	60
300	20.6	60
360	14.2	60
420	7.4	60

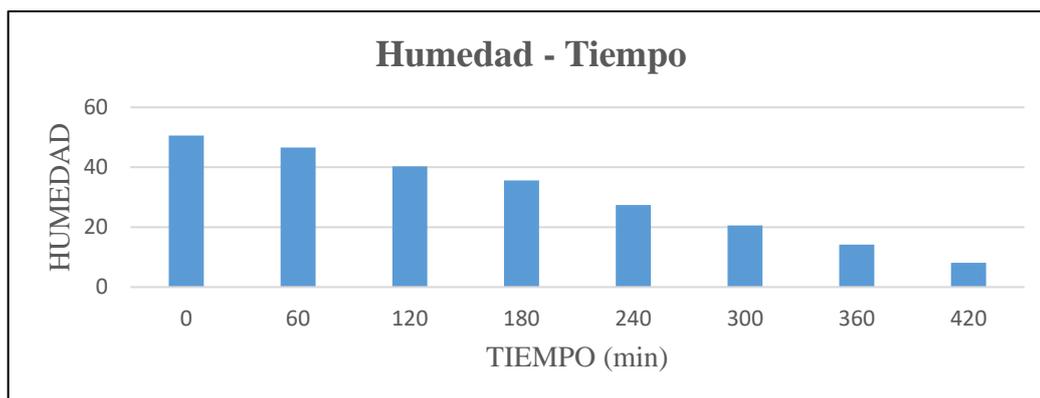


Figura 34. Curva de Humedad y Tiempo utilizando el secado artificial

Los granos de cacao iniciaron con una humedad del 50.6% y se lo fue midiendo cada hora para constatar su evolución hasta conseguir un porcentaje adecuado del 8.1%.

Nota: A pesar de la lluvia el secador demostró ser efectivo y trabajar sin inconvenientes, el consumo de GLP se incrementó de los 10 kg en el secado anterior a 13.5 kg siendo este el único sistema que funciono en todo el proceso.

Prueba 3. Secado en la noche

Para la tercera prueba se quiso comprobar su funcionamiento y desempeño del secador en la noche, con una sensación térmica de 20°C.

Tabla 33. Datos de Humedad y Temperatura (Prueba 3)

Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
0	53.6	20.1
60	48.6	60
120	40.3	60
180	35.6	60
240	26.4	60
300	21.6	60
360	15.2	60
420	8.8	60

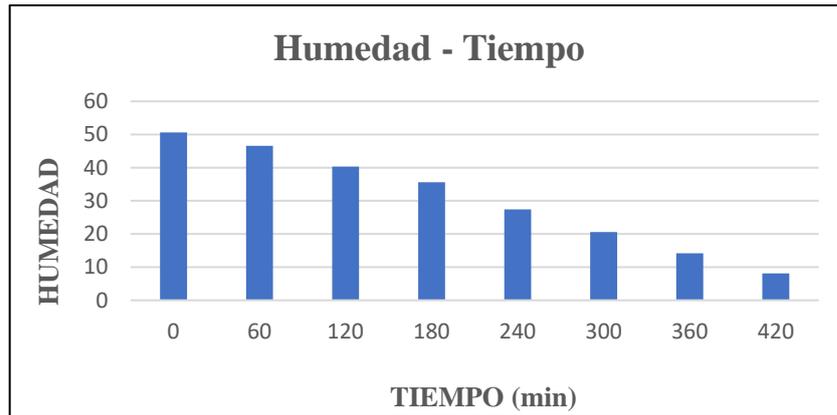


Figura 35. Curva de Humedad y Tiempo utilizando el secado artificial

Los granos de cacao iniciaron con una humedad del 53.6% y se lo fue midiendo cada hora para constatar su evolución hasta conseguir un porcentaje aceptable del 8.8%.

Nota: El consumo de GLP al igual que en el proceso anterior se incrementó de los 10 kg con respecto con el primer secado a 12.7 kg teniendo en cuenta la noche y ya que este es el único sistema que funciono durante todo el proceso.

Observaciones realizadas durante las pruebas de secado

- El sistema auxiliar ayuda como precalentamiento de la cámara tardando alrededor de 30 a 45 min aproximadamente este tiempo fluctúa dependiendo si hay presencia del sol.
- El consumo del GLP durante el proceso de secado aumenta conforme se van presentando condiciones climáticas adversas.
- Los cambios más evidentes en las semillas se los notan después de las 2 primeras horas una vez iniciado el proceso.
- Para garantizar un proceso de secado optimo las almendras de cacao deben estar con un proceso de fermentación de 72 a 96 horas después de su cosecha, ya que si se lo realiza sin este proceso suelta una pasta viscosa que obstruye el paso del aire a través de los agujeros y tardando un promedio de 2 horas más en el secado.

5.15. Pruebas de calidad del cacao

Una vez realizadas las pruebas de secado en el tiempo establecido se toman muestras del producto en secado natural y con la máquina secadora de cacao, el cual se realiza las diferencias para visualizar la parte externa e interna del grano que este en óptimas condiciones de secado y buena calidad.

Tabla 34. Pruebas del cacao secado natural vs secado con la máquina

Tipos de secado	Prueba de calidad	Tiempo	Humedad alcanzada	observación
Secado natural		El Secado en 6 días de acuerdo al cambio climático	5 %	El cacao aroma fino tiende a quemarse y podrirse.
		El secado de 4 a 5 días	9 %	El cacao conserva su aroma y color, en algunas esta con moho.
Máquina de secado		El secado de 7 horas	7,84 %	El cacao mantiene su aroma color café y de buena calidad bajo norma INEN 176.

5.16. Comparación de los tiempos de secado

Una vez realizadas las pruebas de secado se pudo evidenciar que hubo una reducción considerable en el tiempo de este proceso. También se tomó en cuenta las condiciones climáticas prestadas al momento del secado.

Tabla 34. Comparación del tiempo de secado

Tipo de Secado	Cantidad	Tiempo	Observaciones
Natural	200 lb	3 días	Los procesos se realizaron a partir de la fermentación del cacao por ende solo se toma el tiempo desde este proceso.
Artificial	200 lb	7 horas	

5.17. Consumo de energía durante el proceso de secado

Durante todas las pruebas realizadas anteriormente se tomó en cuenta el consumo energético, ya que este prototipo requiere de energía eléctrica para el funcionamiento del motor, ventilador y el tablero de control.

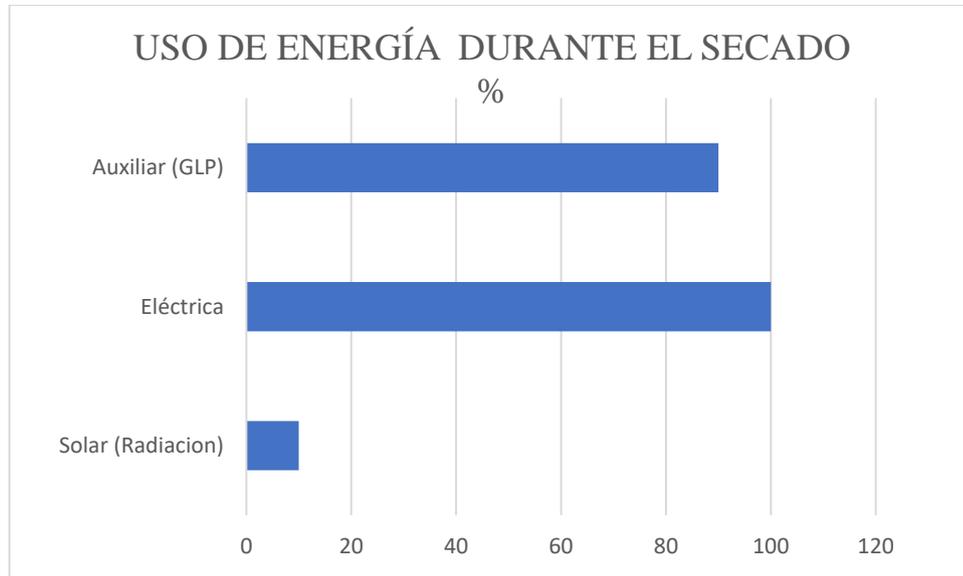


Figura 36. Consumo de energía durante el secado

Los porcentajes de utilización de energía durante el proceso de secado se lo obtuvo en condiciones climáticas adversas para las que fue creado.

A pesar que se estimaba solo el uso de energía solar (radiación solar) para la generación de calor y energía eléctrica para su funcionamiento, además previniendo las condiciones climáticas del sector fue imperativo el uso de energía térmica auxiliar a base de GLP la cual serviría para compensar la falta de calor.

Tabla 35. Componentes eléctricos del secador

Componente	Potencia	Amperaje	Voltaje
Motor	1/12 HP	1.2 A	110 V
Ventilador	250 W	3.5 A	110 V
Extractor	12 W	2.2 A	110 V

Para realizar el costo de la energía eléctrica utilizada en el proceso de secado se tomó un tiempo base de 7 horas.

$$P = 0.324 \text{ kW}$$

$$t = 7 \text{ horas}$$

$$\varepsilon = P * t$$

$$\varepsilon = 0.324 \text{ kW} * 7 \text{ h}$$

$$\varepsilon = 2.268 \text{ kW} * \text{h}$$

Costo del kWh = \$ 0.092 según el pliego tarifario proporcionado por el ARCONEL para servicio Comercial.

Costo total por secado = \$0.22 en consumo de energía eléctrica.

Para el consumo del GLP, se tomó una media del consumo durante la realización de las pruebas siendo este de 12.06 kg. teniendo en cuenta que prácticamente se lo realizó únicamente con este sistema.

Costo del cilindro de 15 kg, precio comercial sin subsidio = \$22

Realizando una regla de tres obtenemos el valor real = \$ 17.60

Así que el costo promedio por cada secado ronda alrededor de \$ 17.82

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

En este apartado se detalla el aspecto financiero que se ilustra a continuación se fijan los precios de los equipos y materiales a utilizar en el proyecto en su respectiva producción de cacao.

6.1.1. Costos directos

Tipo de gasto que tiene una relación directa a la realización por medio de la adquisición de los productos necesarios para la construcción de la máquina.

Tabla 35. Costos de equipos eléctricos

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Motorreductor	1	90.00	90.00
Chispero y modulo	1	8.00	8.00
Extractor de aire	1	15.00	15.00
Blower 3"	1	64.30	64.30
Par de amortiguadores	1	30.00	30.00
Puente de diodos	2	4.00	8.00
Contactador Ls s/bobina 9 A	1	7.34	7.34
Bobina Ls MC9 12v 110vac	2	6.80	13.60
Contactador Ls s/bobina 12 A	1	9.57	9.57
Controlador de temperatura Rex-100 a 110v - 220v	1	36.40	36.40
Relé 8 pines planos 110VAC	2	3.03	6.06
Breaker Schneider	1	7.69	7.69
Breaker Schneider 2 p de 20 Amp	2	7.15	14.30
Breaker Schneider 2 p de 16 Amp	1	7.15	7.15
Mandril para sierra Copa 14-30mm	1	6.70	6.70
Electroválvula CNC 1/2"	1	37.35	37.35
Cacao para Pruebas	1	25.00	25.00
		Sub Total	386.46

Tabla 36. Costos de materiales para la construcción del secador

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Tubo cuadrado 2"x 1,5mm	2	28.43	56.86
Pedazos de Tubos 2"x1,5mm	2	9.50	19.00
Platina	1	20.00	20.00
Pedazo de acero de 1/2"	1	2.00	2.00
Angulo 1 1/2"x3mm	1	11.76	11.76
Pedazos de Tubos 2"x3mm	2	11.00	22.00
Pedazo de tubo galvanizado 2"x3mm	1	5.50	5.50
Plancha de inox	1	80.00	80.00
Eje de Inox	1	20.00	20.00
Planchas de Inox 1.22x2.40	3	42.09	126.27
Platina de inox de 2"x6mm	1	22.50	22.50
Angulo 1"x2mm	1	6.01	6.01
Angulo 3/4"x2mm	1	4.98	4.98
Corte de platina de inox	1	1.50	1.50
Cortes de plancha de inox	3	9.70	29.10
Piñón grande 42 Dientes	1	25.00	25.00
Piñón grande 12 Dientes	1	5.00	5.00
Cadena	1	22.00	22.00
Plancha de vidrio y cortes	1	60.73	60.73
Tizas	2	0.50	1.00
Flexómetro	1	2.50	2.50

Broca 3/8	5	7.30	36.50
Broca 3/8 para Inox	1	26.90	26.90
Brocas 3/8 para concreto	2	2.80	5.60
Brocas 3/16"	2	3.60	7.20
Brocas 1/64"	2	1.00	2.00
Disco de corte 9"	1	3.92	3.92
Disco de desbaste 7"	1	2.50	2.50
Disco de corte 5"	5	2.60	13.00
Electrodos para Inox	42	1.00	42.00
Sika Flex para metal	1	17.38	17.38
Sierra de copa 22 mm	2	6.90	13.80
Tubos de silicón	1	4.60	4.60
Pega epoxica	1	3.00	3.00
1/4 de aceite 20w-50	2	8.00	16.00
Litro de antioxidante	2	7.00	14.00
Litro de desoxidante	2	5.00	10.00
Colocación de vidrios	2	5.00	10.00
Remaches 3/16"	200	0.04	8.00
Remaches 5/8"	50	1.5	75.00
Pernos 3/16"x1"	4	2	8.00
Acople 1/4 a 1/2"	1	4.5	4.50
B63 de 1/2" a 5/16"	1	3	3.00
Neplo 3/8"	1	4.5	4.50

Metros de caucho 2"x5mm	5	12.5	62.50
Pernos auto roscantes	4	2.4	9.60
Pernos 7/16"x1" con tuercas	4	4.4	17.60
Pernos 3/8"x1" con tuercas	4	2	8.00
Pernos 3/8" cabeza avellanada	4	4.8	19.20
Reducción de 1/2" a 3/8"	1	4	4.00
Bincha #14	1	0.5	0.50
Codo 3/8"	1	3.5	3.50
Binchas para el eje #60	2	4	8.00
Pares de bisagras de 1/2"	2	3	6.00
Binchas para el templador #14	1	0.5	0.50
		Sub Total	1014.51

Tabla 37. Costos de materiales eléctricos para la construcción del secador

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Pulsador plástico 2 mm verde	2	1.78	3.56
Pulsador plástico 2 mm rojo	2	1.78	3.56
Luz piloto 2 mm verde 110 V	2	1.44	2.88
Luz piloto 2 mm roja de 110 V	2	1.34	2.68
Paro de emergencia de retención	1	2.28	2.28
Base para relé 8 pines plano 110vac	2	1.74	3.48
Riel Dim 1m	1	1.74	1.74
Cable Flexible Awg #12	100	0.3286	32.86
Canaleta ranurada 25x25 gris	1	4.12	4.12
Espiral Dixon 12mm 1/2 negro	1	0.67	0.67
Gabinete metálico 400x300x200	1	30.6	30.6
		Sub Total	88.43

6.1.2. Costos indirectos

Son los costos que intervienen en un producto para complementar indirectamente la terminación de la construcción de la máquina.

Tabla 38. Costos de insumos

INSUMOS	DETALLE	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Transporte	Latacunga - Quito	30 días	4,00	120,00
Equipos de Seguridad personal	Casco, gafas, guantes, orejeras, mascarilla	1	20,00	20,00
Complementos y señalética	Regatones, pegatinas, fundas flexibles de espiral, acoples	1	10,00	10,00
			Sub Total	150,00

6.1.3. Mano de obra

Es el costo de construir la máquina media procesos de fabricación tomando en cuenta el número de horas empleado en cada tarea.

Tabla 39. Costos de mano de obra

OPERACIÓN	CAPACIDAD	TIEMPO (Horas)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Proceso de cortado	8 horas de lunes a viernes	20	3.00	60.00
Proceso de soldadura	8 horas de lunes a viernes	8	10.00	80.00
Proceso de mecanizado	8 horas de lunes a viernes	8	15.00	120.00
Ensamblaje y terminado	8 horas de lunes a viernes	10	10.00	100.00
			Sub Total	360.00

6.1.4. Costo total de inversión

En la siguiente tabla se enlista los rubros a base de los costos directos e indirectos, además se toma en cuenta la mano de obra que corresponde para la implementación de la máquina refinadora.

Tabla 40. Costo total de la inversión

Costos de equipos eléctricos	386.46
Costos de materiales	1014.51
Costos de materiales eléctricos	88.43
Imprevistos	150.00
Mano de obra	360.00
TOTAL	1999.40

6.1.5. Análisis del VAN y TIR

El análisis del valor actual neto y la tasa interna de retorno se lo realiza mediante el flujo de caja proyectada durante 5 años, donde se debe recuperar la inversión, para poder calcularlo se utiliza una hoja de cálculo en Excel con la función de VAN y TIR, colocando una tasa interna de interés del 10 %. En la tabla 41 se aprecia el resultado del VAN y TIR.

Tabla 41. Cálculo del VAN y TIR

Inversión Inicial	1999.4
Tasa	10%

ESTIMADOS DE INGRESOS	
V. del secado	10
No. De secados al mes	8
No. De secados al año	96
ESTIMADO DE EGRESOS	
Energía eléctrica y GLP/secado	1.50
Mantenimiento	10

	1999.4		2%	3%	4%	5%
PERIODO		1	2	3	4	5
Ingresos		960	979.20	1008.58	1048.92	1101.36
Egresos		144	146.88	151.29	157.34	165.20
TOTAL	-1999.4	816.00	832.32	857.29	891.58	936.16
Valor Actual Neto (VAN)	1940.01					

Tasa Interna de Retorno (TIR)	32%
--------------------------------------	-----

7. ANÁLISIS DE IMPACTOS

7.1.1. Impacto práctico

La máquina está diseñada para cumplir con los requerimientos y necesidades estipuladas hasta el momento de realizar el proceso de secado de cacao, a base de un sistema electromecánico con el fin de mejorar dicho proceso.

7.1.2. Impacto tecnológico

La máquina posee un sistema híbrido, el cual se compone de un colector solar que permitirá aprovechar al máximo la generación de temperatura naturalmente y como apoyo cuenta con otra forma de generación de energía térmica que en este caso será el uso de GLP el cual solamente se utilizará como ayuda para mantener una temperatura estable dentro de la cámara de secado al no contar con un clima fijo. Además, cuenta con un sistema automatizado de temperatura, mediante un controlador de temperatura Rex C100, con el cual se buscó abaratar costos sin descuidar dicho sistema.

7.1.3. Impacto ambiental

El diseño de la máquina se basa en el consumo de energía eléctrica para remover las almendras de cacao y abastecer el ventilador para tener un secado uniforme, y en la generación de energía térmica a través del uso de un colector solar, además cuenta con un uso mínimo de GLP el cual ayuda a mantener una temperatura estable en climas que no presten las condiciones apropiadas para que se pueda abastecer solo con el colector solar que evita dañar el medio ambiente con respecto a otros diseños que funcionan netamente con combustibles para su funcionamiento.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- El secado de cacao se puede realizar de dos formas de modo natural y artificial mediante el secado artificial se puede garantizar una mejor producción en relación a la reducción del tiempo de secado del cacao ya que no existe riesgos de contaminación de olores con el medio ambiente.
- Los materiales usados para su construcción son ideales para las condiciones climáticas del sector ya que este debe ser resistente y duradero teniendo en cuenta las aplicaciones que se les dará a cada una de las piezas, con la cual se determinó el acero inoxidable AISI 304 para la construcción de toda la cámara de secado ya que con sus propiedades son óptimas para el contacto de productos alimenticios.
- Según el análisis de las diferentes características de cada uno de los secadores de cacao, las más importantes son las siguientes: el tipo de energía, su funcionamiento, su estructura y control de temperatura, las cuales permitirán crear un prototipo ideal basado en las necesidades del sector.
- Realizadas las pruebas de secado en condiciones reales se obtuvieron resultados favorables a pesar que las condiciones climáticas no ayudaron en el proceso, la máquina demostró cumplir fielmente con el proceso de secado lográndolo en un tiempo estimado de 7 horas, el cacao alcanzo valores entre 7,84 % de humedad ya que se encuentran en los rangos aceptables según la norma INEN NTE 176, logrando mejorar satisfactoriamente su producción de cacao.
- El secador híbrido es eficiente pues debido a las condiciones climáticas de Quinindé cantón la Unión se alcanza a obtener, mediante el colector solar una temperatura de 29.8 °C que solo llega a la cámara de secado, siendo medido por un controlador de temperatura REX-100, entonces para compensar la temperatura necesaria se utiliza una fuente auxiliar a base de GLP, mediante un tablero de control que enciende automáticamente el quemador, alcanzando la temperatura de 60°C permitiendo reducir la humedad del cacao a un 7,84%.

8.2. Recomendaciones

- Se recomienda el uso solo de cacao fermentado ya que si no se lo hace el proceso de secado tiende a variar tardando más tiempo y consumiendo más energía.
- Se recomienda no dejar fuera de operación al secador por periodos largos, ya que esto ocasiona que los vidrios de la máquina se llenen de impurezas y no permitan su correcto funcionamiento.
- Antes de realizar el proceso de secado se debe revisar el set-point a la temperatura correcta de trabajo ya que si esta no es la indicada el producto podría dañarse.
- Una vez acabado el proceso de secado se debe dejar reposar el cacao unos minutos hasta alcanzar la temperatura ambiente para realizar su almacenamiento.
- Para un futuro se puede repotenciar el secador de cacao para añadir más materia prima y automatizar el sistema de vaciado, que por el momento es manual.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Barbecho, «Desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de granos de cacao con sistema de control automático de temperatura,» 1 2019. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17131/1/UPS-CT008186.pdf>. [Último acceso: 18 6 2020].
- [2] M. B. Jácome Bazurto, «Incidencia de tecnología de secado de la aplicación de tecnología del valor agregado de cacao,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.Incidencia de la aplicacion de tecnologia de secado en màquinas de secado>. [Último acceso: 15 08 2020].
- [3] A. Castrillon y F. Flores, «Diseño y construcción de una máquina automática con removedor,» 6 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12081/T-ESPE-053351.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 17 05 2020].
- [4] V. A. Ruíz y C. Espinosa, «Diseño y construcción de una máquina secadora de cacao por medio de bandejas,» 2015. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/8521220/departamento-de-ciencias-de-la-energ%C3%ADa-y-mec%C3%A1nica>. [Último acceso: 21 04 2020].
- [5] «EcuRed,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Quinind%C3%A9_\(Ecuador\)](https://www.ecured.cu/Cant%C3%B3n_Quinind%C3%A9_(Ecuador)). [Último acceso: 15 05 2020].
- [6] «Observatorio del cacao,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.observatoriodelcacao.com/origen/>. [Último acceso: 20 05 2020].
- [7] «Anecacao,» Asociación Nacional de Exportadores de cacao-Ecuador, 2015. [En línea]. Available: <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacao-nacional.html>. [Último acceso: 22 05 2020].
- [8] «Anecacao,» Asociación Nacional de Exportadores de cacao - Ecuador, 2015. [En línea]. Available: <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacaoccn51.html>. [Último acceso: 22 05 2020].
- [9] C. Aguilar, «Lutheran Word Relief,» El secado del cacao, [En línea]. Available: <https://www.cacaomovil.com/guia/8/contenido/secado/>. [Último acceso: 01 06 2020].
- [10] C. Leidy , «SENA,» Prácticas y procesos que inciden en el aseguramiento de la calidad de cacao, 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/329922418_Practicas_y_procesos_que_inciden_en_el_aseguramiento_de_la_calidad_de_cacao_Theobroma_cacao_L. [Último acceso: 07 06 2020].
- [11] J. R. Nogales, «Secados naturales,» Poscosechacacao, [En línea]. Available: <http://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>. [Último acceso: 10 02 2020].

- [12] R. Pérez Piza, «Metodos de secado en tendales,» Beneficiado del cacao, [En línea]. Available: <http://www.anecacao.com/uploads/SEMINARIOS/beneficiado-del-cacao-rcpp.pdf>. [Último acceso: 13 06 2020].
- [13] P. Parra Rosero, «Secado artificial de cacao,» [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10984/1/Secado%20artificial%20de%20cacao%20Estado%20del%20arte.pdf>. [Último acceso: 15 06 2020].
- [14] L. E. Masias Rivera, «Diseño de un secador solar directo de circulación natural tipo,» 07 2019. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4234/IME_270.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 17 06 2020].
- [15] A. J. Mora Caranqui, «Diseño de un secador rotatorio para granos de cacao con capacidad de 3 toneladas diarias para la producción nacional.,» Secador rotatorio, 06 07 2016. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/35067>. [Último acceso: 20 06 2020].
- [16] C. N. Espinosa Martínez, «Diseño y construcción de una máquina secadora de cacao para aplicación agroindustrial,» Secadora de bandejas, 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10323>. [Último acceso: 24 06 2020].
- [17] A. F. Castrillón Cueva, «Diseño y construcción de un prototipo de secadora de cacao,» Secador de removedor, 06 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12081/1/T-ESPE-053351.pdf>. [Último acceso: 26 06 2020].
- [18] Elsevier Ltd, «Sostenibilidad exergética y análisis económico del secador híbrido solar-biomasa integrado con tubería de cobre como intercambiador de calor,» *Heliyon*, vol. 6, nº 2, p. 12, 2020.
- [19] «La Paloma Compañía de Metales S.A. de C.V.,» La Paloma, [En línea]. Available: https://www.lapaloma.com.mx/lapaloma_metales/aceroinoxidable.html. [Último acceso: 30 06 2020].
- [20] A. Koulibaly, «Modelación de un colector solar para calentamiento de aire,» *Ingeniería energética*, vol. 36, nº 3, p. 10, 2015.
- [21] «Piranómetros y albedómetros,» [En línea]. Available: <http://www.gisiberica.com/piran%F3metros/Piranometros.htm>. [Último acceso: 10 07 2020].
- [22] «Sagaon,» Tecnología, 2020. [En línea]. Available: <https://www.sagaon.tech/products/solarimetro-206>. [Último acceso: 14 07 2020].
- [23] N. Gomez, «Curva de secado de alimentos,» 10 02 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/nicolasmgomez7509/secado-de-los-alimentos>. [Último acceso: 18 07 2020].
- [24] «NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 176,» INEN, [En línea]. Available: <http://www.anecacao.com/uploads/standard/requisitos.pdf>. [Último acceso: 20 07 2020].

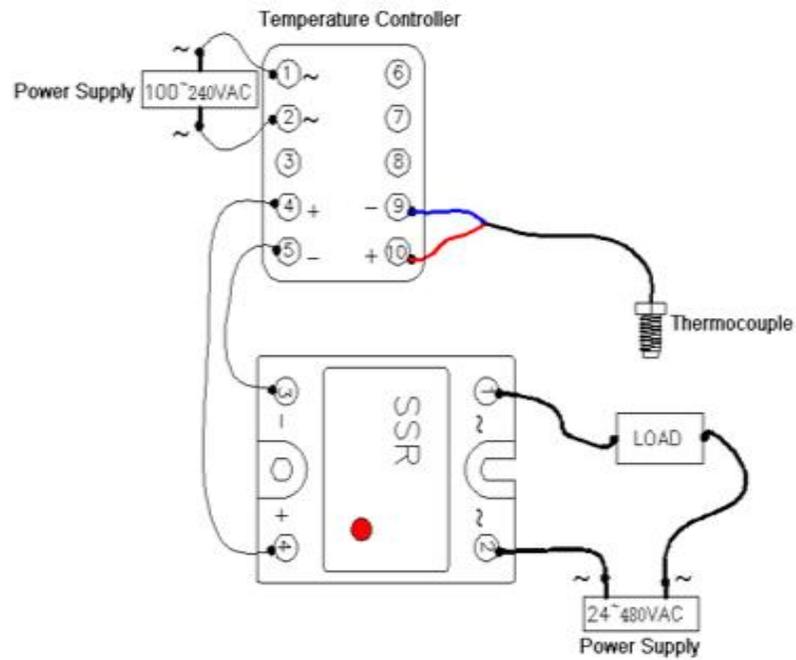
- [25] «climate-data.org,» climatología Emerladas - Quininde, 2020. [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador-63/>. [Último acceso: 12 02 2020].
- [26] «La eficiencia en colectores solares de placa plana,» *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 32, nº 3, 2016.
- [27] «Norma Ecuatoriana de la construccion,» Energias Renovables, [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>. [Último acceso: 15 03 2020].
- [28] N. E. D. L. CONSTRUCCIÓN, *NEC-SB-IE (INSTALACIONES ELÉCTRICAS)*, Quito, 2018.

ANEXOS



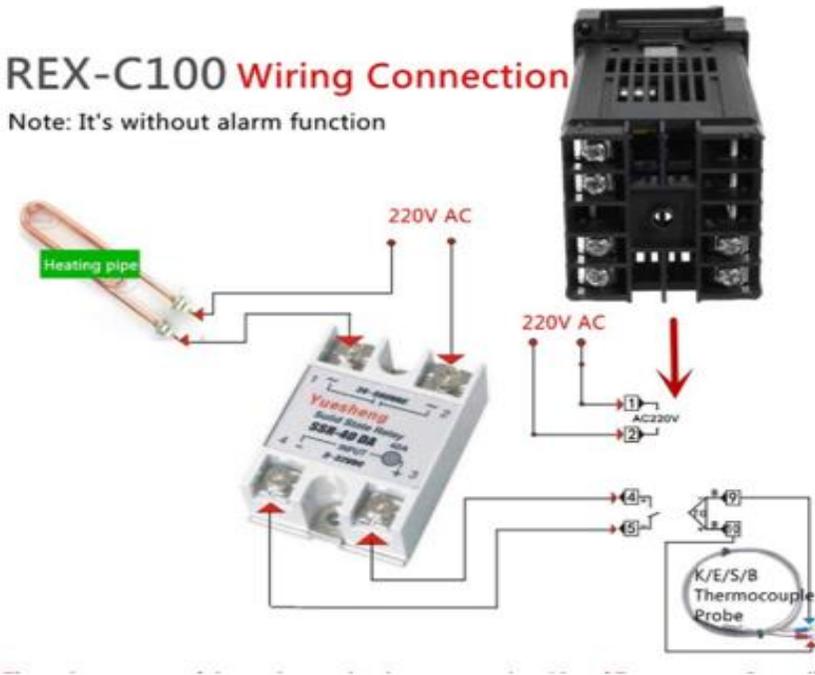
ANEXO

CONEXIÓN DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA



REX-C100 Wiring Connection

Note: It's without alarm function

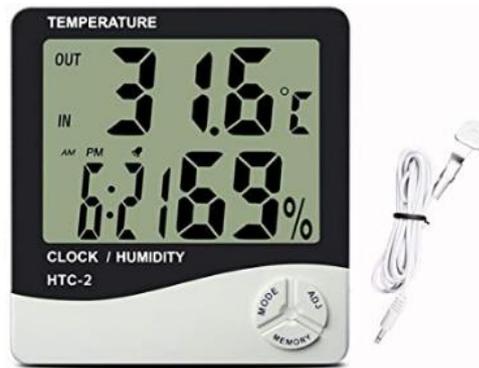




Descripción Técnica

Termostato Digital Rex-c100 – Pid Control De Temperatura

- Control PID REX-C100
- Exactitud de medición: $\pm 0.5\%$
- Alimentación: 110 – 220 VAC (50/60Hz)
- Resolución: 14 bit
- Ciclo de muestreo: 0.5 segundos
- Dimensiones: 48 x 48 x 110 (mm) ± 0.2 mm
- Leds indicadores de Valor del Proceso (PV), Valor Configurado (SV), Salida relé, Alarma y Auto sintonía
- Tipos de control disponibles: ON/OFF, tipo paso PID y PID continuo
- Control de Auto sintonía
- Salida de Relé: Capacidad del contacto 250V AC 3A (para cargas resistivas)
- Funciones de alarma: 1 vía
- Rango de medición: 0-400°C
- Rango de Configuración SET: 0-400°C
- Banda Proporcional (P): 0~rango completo (control ON/OFF cuando es configurado en 0)
- Tiempo Integral (I): 0~3600 segundos (Sin acción integral cuando es configurado en 0)
- Tiempo Derivativo: 0~3600 segundos (Sin acción derivativa cuando es configurado en 0)
- Reseteo de ciclo proporcional de calentamiento: 1~100 segundos
- Resistencia de aislamiento: >50M ohm (500V DC)
- Rigidez dieléctrica: 1500V AC/min
- Temperatura ambiental de trabajo: 0~50°C
- Humedad relativa soportada sin gases corrosivos: 30~85% HR



Características:

- Gran pantalla LCD multifunción.
- Muestra la temperatura interior y exterior, visualización de la humedad interior y la visualización de la hora.
- Memoria de MAX y MIN medir el valor.
- 12 horas / 24 horas mostrando sistema seleccionable.
- °C / ° F Unidad.
- Reloj, fecha y función de calendario (mes y día).
- Función de alarma diaria.
- Sobremesa colocar o colgar de la pared.
- Bajo consumo de energía.
- Alta estabilidad y precisión.
- pliego de condiciones:
- El color del dispositivo: Blanco
- Rango de temperatura: interior y exterior -50 ~ 70 °C (-58 ~ 158 ° F)
- Rango de humedad: 10% ~ 99% RH
- Fuente de alimentación: 1.5V * 1 (tamaño AAA)
- Dimensión del dispositivo: 10,5 * 9,8 * 2,4 cm
- Peso del dispositivo: 126g
- Tamaño del paquete: 18 * 13 * 4cm
- Peso del paquete: 162g



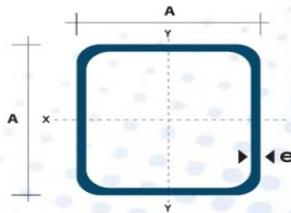
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo Normal	6.00 m
Otros Largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
Espesor	Desde 1.20 mm a 5.00 mm

TUBERÍA



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



ANEXO

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO Y PROPIEDADES DEL ACERO

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

ESPEORES	desde 0.40-15mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids^a

Composition	Melting Point (K)	Properties at Various Temperatures (K)													
		Properties at 300 K				k (W/m·K)/ c_p (J/kg·K)									
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg·K)	k (W/m·K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Stainless steels															
AISI 302		8055	480	15.1	3.91			17.3	20.0	22.8	25.4				
AISI 304	1670	7900	477	14.9	3.95	9.2	12.6	512	559	585	606				
AISI 316		8238	468	13.4	3.48			272	402	515	557	582	611	640	682
AISI 347		7978	480	14.2	3.71			15.2	18.3	21.3	24.2				
								504	550	576	602				
								15.8	18.9	21.9	24.7				
								513	559	585	606				



ANEXO

DATOS DE SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES EN EL
TABLERO DE CONTROL



Arranque Directo 220 VAC. Monofásico

Pleno Voltaje

Potencia		Consumo	Breaker	Fusibles	Schneider Electric		
HP	KW	(A)	2 POLOS (A)	(A)	GUARDAMOTOR *	CONTACTOR	RELÉ TÉRMICO
0,25	0,18	2,9	6	6	GV2-ME08(2,5...4A)	LC1-D09(9A)	LRD-08(2,5...4A)
0,5	0,37	4,8	10	6	GV2-ME10(4...6,3A)	LC1-D09(9A)	LRD-10(4...6A)
1	0,75	8	16	10	GV2-ME14(6...10A)	LC1-D12(12A)	LRD-14(7...10A)
1,5	1,1	10	20	16	GV2-ME16(9...14A)	LC1-D12(12A)	LRD-16(9...13A)
2	1,5	12	25	20	GV2-ME16(9...14A)	LC1-D18(18A)	LRD-16(9...13A)
3	2,2	17	40	20	GV2-ME21(17...23A)	LC1-D25(25A)	LRD-21(12...18A)
5	3,7	28	50	32	GV2-ME32(24...32A)	LC1-D32(32A)	LRD-32(23...32A)
7,5	5,5	40	70	50	GV3-P50(37...50A)	LC1-D50A(50A)	LRD350(37...50A)
10	7,5	50	100	63	GV3-P65(48...65A)	LC1-D65A(65A)	LRD365(48...65A)



ANEXO

CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE VIDRIO

PROPIEDADES FÍSICAS Y ESPECIFICACIONES

PRODUCTO	LONGITUD (mm)	ANCHO mm	ESPESOR (1) mm	PESO NETO ± 10% kg/m2 (g/ft2)
600" x 48" x 1"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	25.4 ± 5 mm	0.44 (40.76)
600" x 48" x 1. ½"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	38.1 ± 5 mm	0.64 (59.47)
600" x 15. 3/4" x 1. 1/4 "	15240 ± 30mm	400 ± 13 mm	31.75 ± 5 mm	0.55 (51.11)
600" x 48" x 2"	15240 ± 30mm	1219 ± 13 mm	50.8 ± 5 mm	0.90 (83.64)

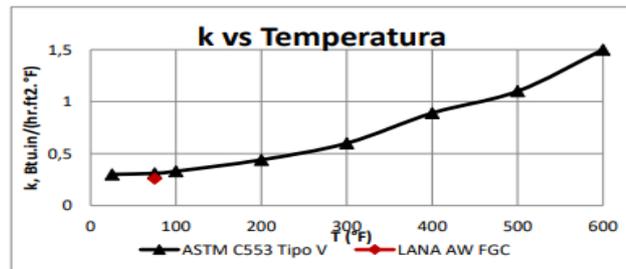
(1) Espesor mínimo 100% a seis semanas de ser producido.

PROPIEDAD	NORMA	DESCRIPCIÓN
Límites de operación	ASTM C447	Máx. Temperatura 538°C (1000°F)
Desempeño térmico (Conductividad térmica)	ASTM C518	0.0375 W/m.°C Valor típico a 24°C Temp. media (0.26 BTU.in/hr.ft²°F a 75°F Temp. media)
Absorción de vapor de agua	ASTM C1104/ C1104M	<5% en peso a 120°F (49°C), 95% R.H.
Características de Combustión Superficial	E84 / UL723	Índice de propagación de llama < 25 Índice de generación de humo < 50
Corrosividad	ASTM C665 / ASTM 795	Cumple con los requerimientos
Flexibilidad	ASTM C1101/c1101M	Clasificado como flexible resiliente
Resistencia a hongos	ASTM C1338	Cumple con los requerimientos
Emisión de Olores	ASTM 1304	
Contenido de Decabromuro	Oregon State	Cumple los requerimientos

Los datos presentados a continuación son una guía para el desempeño térmico según lo requerido por la norma ASTM C553 Tipo V comparado con un punto del desempeño térmico del producto en referencia (LANA AW):

ASTM C553 Tipo V			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.ft².°F	W/m.°C
25	-3.9	0.30	0.043
75	23.9	0.31	0.045
100	37.8	0.33	0.048
200	93.3	0.44	0.063
300	148.9	0.60	0.087
400	204.4	0.89	0.128
500	260.0	1.10	0.159
600	315.6	1.50	0.216

LANA AW FGC			
TEMPERATURA		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	
°F	°C	BTU.in/hr.ft².°F	W/m.°C
75	23.9	0.26	0.0375



Espesor del aislamiento (in)		Temperatura de Servicio (°F)				
		200	400	600	800	1000
1	ST (°F)	97.7	147.0	218.3	309.8	414.8
	HL (Btu/hr/ft²)	39.06	146.10	344.80	675.80	1178.00
	EFF (%)	78.01	76.32	72.49	68.76	65.87
1,5	ST (°F)	91.4	128.1	183.1	256.4	344.0
	HL (Btu/hr/ft²)	27.43	102.10	240.50	471.80	824.10
	EFF (%)	84.56	83.45	80.81	78.19	76.12
2	ST (°F)	87.8	117.3	162.3	223.8	299.3
	HL (Btu/hr/ft²)	21.15	78.51	184.70	362.30	633.30
	EFF (%)	88.09	87.28	85.27	83.25	81.65



Construcción de la máquina de secado

Ya con el diseño obtenido en toda la etapa se procede a la construcción de la máquina de secado de cacao aroma fino en el que se utiliza planchas de acero galvanizado, plancha de acero inoxidable AISI-304(brillante) en 1 mm en espesor, para la bandeja redonda de acero inoxidable perforada de 3mm en espesor, tubo cuadrado de 1,5 mm en espesor, se utiliza técnicas de doblado, cortado y soldadura.

La máquina para el secado de cacao que conforma la estructura en el que ayudará a conservar la cantidad de calor adecuada para el proceso de secado del producto, así como:

- Lámina de acero galvanizado,
- Lámina de fibra de vidrio,
- Lámina de acero inoxidable AISI-304

La máquina tendrá un colector en el que genera aire caliente por convección forzada en el interior de la cámara, a la vez tendrá una Fuente auxiliar que se ocupará cuando la temperatura no alcance los límites máximos para el secado según los estados climatológicos, en el que se apoyará con un sistema de control sencillo, que constará de los elementos necesarios para su funcionamiento como los pulsadores, contactor, Breaker Schneider, todo esto se apoyará en el controlador de temperatura REX-C100FK02-M, en el que mantendrá la temperatura estable.

A continuación, para la construcción del secador de cacao de aroma fino seguiremos los siguientes pasos:

- Construcción de la estructura
- Construcción de la cámara interior y cubierta exterior
- Ensamblaje de los elementos que constituyen el secador de cacao
- Construcción del tablero de control
- Implementación del secador de cacao



1. Construcción de la estructura

Para la construcción de la estructura se empleó un tubo cuadrado de acero reforzado, se realizó los cortes necesarios de acuerdo al diseño, con las medidas detalladas en el plano, de la misma manera en el proceso de unión de los tubos cuadrados se utilizó soldadura INFRA con electrodos E6011.



Figura 1. unión del tubo cuadrado

2. Estructura de la máquina

Con la unión de los tubos cuadrados se procederá con la estructura formada en el diseño para la máquina de secado según los detalles y medidas que conforma la estructura, además se le coloca una pintura anticorrosiva negra para aceros, ya que los cambios climatológicos varían.



Figura 2. Estructura la máquina



3. Construcción del eje en la base de la estructura

Para la construcción del eje de acero se utilizó el torno en que se le da la forma y tamaño para centrar en la estructura, según los detalles del diseño del plano se lo fija de forma correcta para el giro necesario de las paletas.



Figura 3. Modelado del eje

4. Centrado del eje en la base de la estructura

Para el centrado del eje en la estructura se basa en el diseño de los planos de acuerdo a las medidas específicas, en el que va hacer girar a las paletas para el secado del cacao.



Figura 4. Centrado del eje en la base de la estructura



5. Construcción de la cámara interior y cubierta exterior

Para la construcción de la cubierta interior de la cámara de secado se utilizó acero galvanizado con las medidas específicas del diseño del plano, a su vez se utilizó una dobladora de láminas para dar forma en el interior de la estructura y electrodos E6011, para fijar las planchas en el interior de la estructura de la cámara de secado.



Figura 5. Colocación de la plancha interior

6. Colocación del aislante térmico, la lana mineral de fibra de vidrio

Para seguir con el ensamblaje de la máquina de secado, la siguiente capa de aislamiento térmico se coloca lana mineral de fibra de vidrio de color verde, cortada en las medidas detalladas en los planos que se acople adecuadamente a las paredes de la cámara de secado evitando pérdidas de calor a exterior.



Figura 6. Colocación fibra de vidrio



7. Ensamblaje del exterior de la máquina

Para la construcción de la cubierta exterior de la máquina se realiza el cortado de acuerdo al diseño de los planos y sus medidas específicas, se utilizó acero galvanizado (brillante) para el cubrimiento de la máquina.



Figura 7. Cubierta exterior del secador

8. Colocación del eje en la base de la estructura

Para colocar el eje de acuerdo a los planos del diseño se centra de forma manual con sus respectivos elementos para el movimiento del motor y giro del eje con las paletas con el grado de producto que se requiere secar.



Figura 8. Colocación del eje en la base de la estructura



9. Construcción de la bandeja redonda para el producto

Para la construcción de la bandeja redonda se empleó acero inoxidable AISI-304 (perforada) de 3mm de acuerdo a la norma 176, que se utiliza en productos alimenticios, se realizó el corte necesario de forma redonda, con la medida detallada en el plano.



Figura 9. Corte de la bandeja redonda

10. Ensanchamiento de los orificios de la lámina de acero

Para el ensanchamiento de los orificios de la lámina de acero inoxidable, se utilizará la máquina fresadora colocando una broca de concreto de 6,5 mm, para ensanchar los orificios en el que la temperatura fluirá a través de ellos con más capacidad de secado del producto.



Figura 10. Ensanchamiento de los orificios



11. Construcción del contenedor del cacao

Para la construcción del contenedor se empleó una lámina de 18 cm de altura alrededor de la lámina redonda, se realizó los cortes necesarios de acuerdo al diseño, con las medidas detalladas en el plano, de la misma manera en el proceso de unión de las planchas de acero se utilizó soldadura INFRA, con electrodos MG -629 para uniones y resistente a la corrosión.



Figura 11. Construcción del contenedor del cacao

12. Montaje del contenedor dentro de la cámara de secado

Para el montaje del contenedor de cacao, se fija el centro en el que va conectado con el eje se instalará en la máquina, según los detalles del plano, a su vez se colocan el vidrio templando de 6mm de espesor en los laterales y parte superior en el que mantendrá la temperatura estable en la cámara de secado.



Figura 12. Montaje del contenedor en la máquina



13. Colocación de una fuente auxiliar en la máquina

Para la construcción de una fuente auxiliar GLP (gas licuado de petróleo), se utilizó un sistema que intercambia el calor con una temperatura mínima hacia la cámara interna del secado, compensando la temperatura que debe alcanzar el cacao aroma fino ya sea los días de poca radiación solar.



Figura 15: Fuente auxiliar

14. Construcción del Tablero de Control

Para la construcción de sistema de control, se utilizó un gabinete metálico de 20 cm de espesor para la colocación de luces piloto, paro de emergencia, pulsadores, también se utilizó un controlador de temperatura REX-C100FK02-M, contactores Ls s/bobina de 12v, relé de 8 pines a 110Vac, para la protección breacker Schneider 2 polos de 20Amp, cable número AWG -12.



Figura 16: Tablero de control



15. Colocación del tablero de control en la máquina

Para la colocación de utilizó herramientas del taller en el que se colocó de acuerdo al diseño de los planos realizados, en forma que se pueda manipular de forma fácil al operador.



Figura 17: Implementación del tablero

16. Funcionamiento de la máquina de secado de cacao

Después de realizar los planos y detalles en un software CAD se desarrolló la máquina, según los pasos y cálculos con los materiales específicos se realizó la máquina para empezar su prueba de funcionamiento.



Figura 18. Funcionamiento de la máquina



Año: 2020	DATOS TÉCNICOS – PARTES PRINCIPALES	Tipo: Secador híbrido de cacao
	Construcción y diseño mecánico	Dirección: Quinindé - Ecuador



MARCA

NACIONAL

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Motor: Emerson

Dimensiones:

Potencia: 1/12 HP

Largo: 135cm

Frecuencia: 60Hz

Alto: 150 cm

Voltaje: 110Vac

Ancho: 135cm

Velocidad: 1550
RPM

Amperaje: 1.2 A

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Descripción	Parámetros
Capacidad de secado	125 kg
Peso	500 kg
Tiempo de secado	6 - 8 horas
Temperatura de secado(°C)	Max. 60
Velocidad de trabajo	1500 RPM/ con reducción a 13.4 RPM
Material del contenedor	Acero inoxidable AISI 304
Estructura de la máquina de secado de cacao	Estructura Tubo Cuadrado
Aislante Térmico	Fibra de vidrio
Radiación incidente	Medidor solar SM206
Colector solar	Madera/ temperatura máx. que alcanza 76 °C
Ventilador Blower	Centrífugo
Intercambiador de calor	Industrial
Combustible auxiliar	GLP (Gas Licuado de Petróleo)
Tablero de Control	ON/OFF



ANEXO XI

PRUEBAS REALIZADAS CON EL CACAO

Se realizan pruebas de radiación de forma de natural en el secado del cacao utilizando el medidor de radiación solar SM206 manteniendo las horas de la mañana hasta la tarde con temperaturas variadas.



Figura 21. Radiación solar con nubosidad

Se realiza pruebas de radiación solar directa en rangos de la mañana tarde y a medio día alcanzando temperaturas acordes para el secado de cacao aroma fino.



Figura 22. Radiación solar directa

Se toma datos de radiación solar en un secado natural de forma directa con muestras de cacao seco dentro de 4 a 5 días el cacao tiene una presencia de moho y es oscuro.



Figura 23. Muestras de radiación natural



Se realiza un análisis pasado los 5 a 6 días de secado natural del cacao con los diferentes cambios climáticos el cacao tiende a dañarse, pudriéndose y quemado con la radiación solar.



Figura 24. Pruebas de secado natural

Se utilizó un higrómetro para medir la temperatura ambiente más la humedad del cacao que nos proporciona la finca para secarlo, en que debemos saber si el cacao fermentado está dentro de los parámetros bajo la norma INEN 176 con un 50% de humedad.

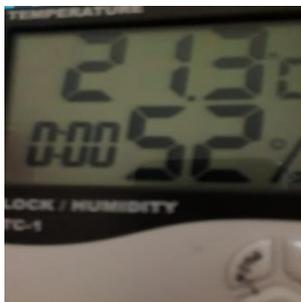


Figura 25. Porcentaje de humedad de cacao

Se colocó el cacao fermentado para el secado en la máquina secadora y obtener datos de las pruebas realizadas sin perder el color sabor y aroma del producto.



Figura 26. Máquina a prueba



ANEXO XIII

PRUEBAS REALIZADAS CON EL CACAO

Se recoge en una bandeja 300g de cacao en el lapso de 3 horas para verificar que temperatura alcanza cada semilla y a su vez con el higrómetro se mide la humedad alcanzada del producto manteniendo su aroma y color café del cacao.



Figura 27. Pruebas por horas

De acuerdo a estos dos tipos de secado de la semilla de manera natural y con la máquina de secado se pudo manifestar que el cacao presenta varios defectos de acuerdo al secado de forma directa y de forma automática en una máquina de secado, así como:

- 1.- Secado natural en el lapso de 5 a 6 días presenta el cacao podrirse y quemarse



Figura 28. El cacao dañado

- 2.- Secado natural en el lapso de 4 a 5 días presencia de moho.



Figura 29. El cacao con moho

- 3.- Secado del cacao en la máquina secadora de cacao con uniformidad color y textura.

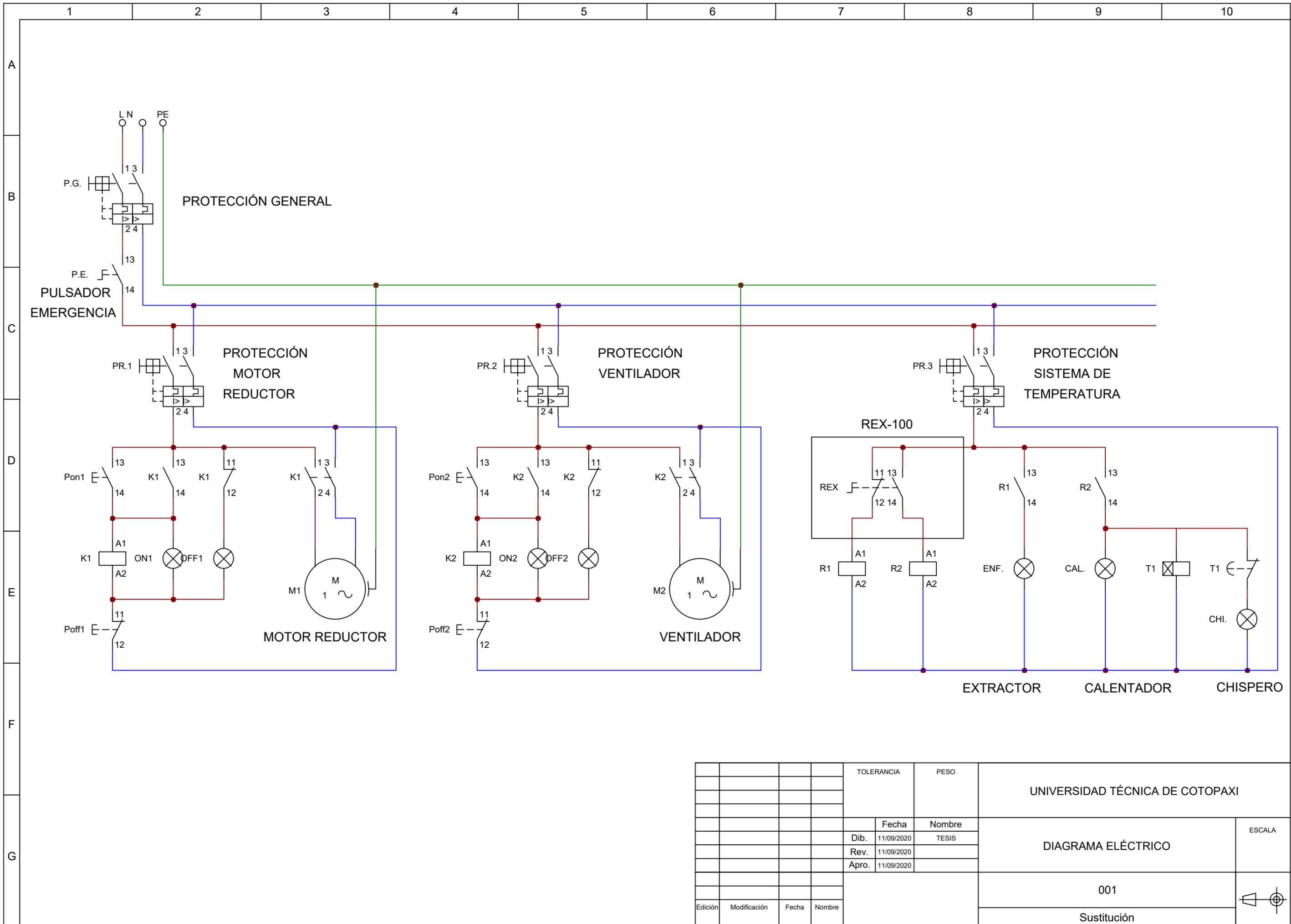


Figura 30. Cacao en la máquina de secado

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



DIAGRAMA ELÉCTRICO
DE LA
MÁQUINA SECADORA DE
CACAO



				TOLERANCIA	PESO	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
						DIAGRAMA ELÉCTRICO	ESCALA	
						001		
						Sustitución		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

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



PLAN DE
MANTENIMIENTO DE LA
MÁQUINA SECADORA DE
CACAO

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SECADOR DE CACAO

1. RESUMEN

En esta sección del proyecto se tratará sobre la puesta en marcha y mantenimiento adecuado del secador de cacao para su correcto funcionamiento.

2. ¿COMO FUNCIONA?

El secador de cacao es una caja recubierta de vidrio y acero inoxidable en el cual se produce el secado de las almendras de cacao, en su interior se produce un incremento de temperatura que va desde los 25°C hasta a los 60°C. La temperatura de su interior se controla automáticamente evitando un cambio brusco de la misma, este proceso se realiza a través de un colector solar el cual se encarga de generar suficiente energía calorífica para realizar el secado del cacao no obstante con la fluctuación del clima se previó una compensación de energía calorífica la cual se obtiene a través de un intercambiador de calor que trabaja a base de GLP, este sistema auxiliar entra en funcionamiento cuando el interior de la cámara de secado se encuentre por debajo de los 60°C.

Además, el cacao esta siempre en movimiento gracias al giro de sus aspas, que van mezclando constantemente el cacao para asegurar un secado uniforme y homogéneo. Una vez alcanzado el tiempo de secado se debe dejar reposar el cacao hasta que alcance la temperatura ambiente. Y luego se procede a abrir la compuerta de vaciado y almacenar el producto.

3. ELEMENTOS PRINCIPALES QUE COMPONEN EL SECADOR DE CACAO

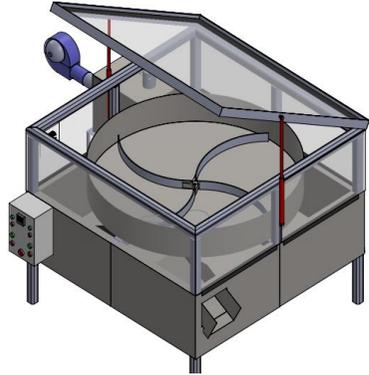


Figura 1. Esquema del secador de cacao

Sus principales componentes son:

- El Blower o ventilador
- El motor que se encuentra al interior del secador
- El panel de control, usado para controlar la temperatura
- El intercambiador de calor (auxiliar) a base de GLP.

4. ALIMENTACION CON LA CARGA AL SECADOR

La alimentación del secador debe hacerse manualmente arrojando las almendras de cacao hacia la bandeja del mismo, no se debe sobrepasar los 5 cm de apilamiento del cacao dentro de la bandeja porque causara que los granos no se sequen de forma uniforme y tarde más tiempo el proceso.

5. TIEMPO DE SECADO

El tiempo que dura este proceso dependerá no solo del clima en el que se realice el proceso sino también de cuanta materia prima

se desee secar. El tiempo estimado para una carga completa (125 kg) tarda alrededor de 6 – 7 horas con buen control de la temperatura y un flujo adecuado.

6. NIVEL DE PH

El nivel de pH debe estar en los rangos de 5 a 5.8 establecidos para el correcto almacenamiento del cacao. El rango óptimo es de 5,2.



Figura 4. Medidor electrónico de pH

7. Mantenimiento preventivo del secador

Para poder realizar la limpieza y mantenimiento primero se procede a retirar los pernos que sujetan la puerta de servicio, así

se logra tener un acceso por un costado del secador sin tener que levantar la bandeja u olla.

Tabla 1. Mantenimiento preventivo del secador

Ítem	DESCRIPCION	PERIODO DE MANTENIMIENTO
1	Limpieza exterior del secador	Siempre cada vez que se utilice
2	Reemplazo de cilindro de GLP	Cada 2 procesos de secado
3	Limpieza y calibración del quemador	Cada 6 meses
4	Revisión, corrección y ajuste de toda la parte eléctrica	Cada 6 meses
5	Revisión y calibración del control de temperatura	Cada 3 meses
6	Desarme y limpieza de la bandeja	Cada 4 o 6 procesos de secado
7	Mantenimiento de motor reductor	Cada 3 a 4 meses

1. Problemas con el secado. ¿Cómo detectarlo?

Tabla 2. Problemas, causas y posibles soluciones

Ítem	PROBLEMA	CAUSA	SOLUCION
1	No enciende el Blower	Falla de conexión	Revisar la conexión que va del tablero al Blower
2	No enciende el motor reductor	Falla de conexión	Revisar la conexión que va del tablero al motor
3	Remordimiento de las aletas	Exceso del producto Falla en la caja de reducción del motor Rodamientos resacos o inservibles	Retirar el exceso del producto Revisar o cambiar el aceite de la caja Revisar los rodamientos del eje
4	No alcanza la temperatura de trabaja	Falla en la termocupla Falla en el controlador de temperatura	Limpiar la termocupla o reemplazarla Calibrar el controlador de temperatura

5	El quemador no enciende	Falla en el módulo del chispero Chispero roto o averiado No hay chispa para el encendido	Revisar el módulo o reemplazarlo Reemplazar el chispero Revisar la conexión del chispero
6	Sobrepasa la temperatura de trabajo	Falla en el extractor Falla en la termocupla Falla en el controlador de temperatura	Revisar la conexión del extractor Revisar y limpiar la termocupla Revisar y calibrar el controlador de temperatura

8. RECOMENDACIONES GENERALES

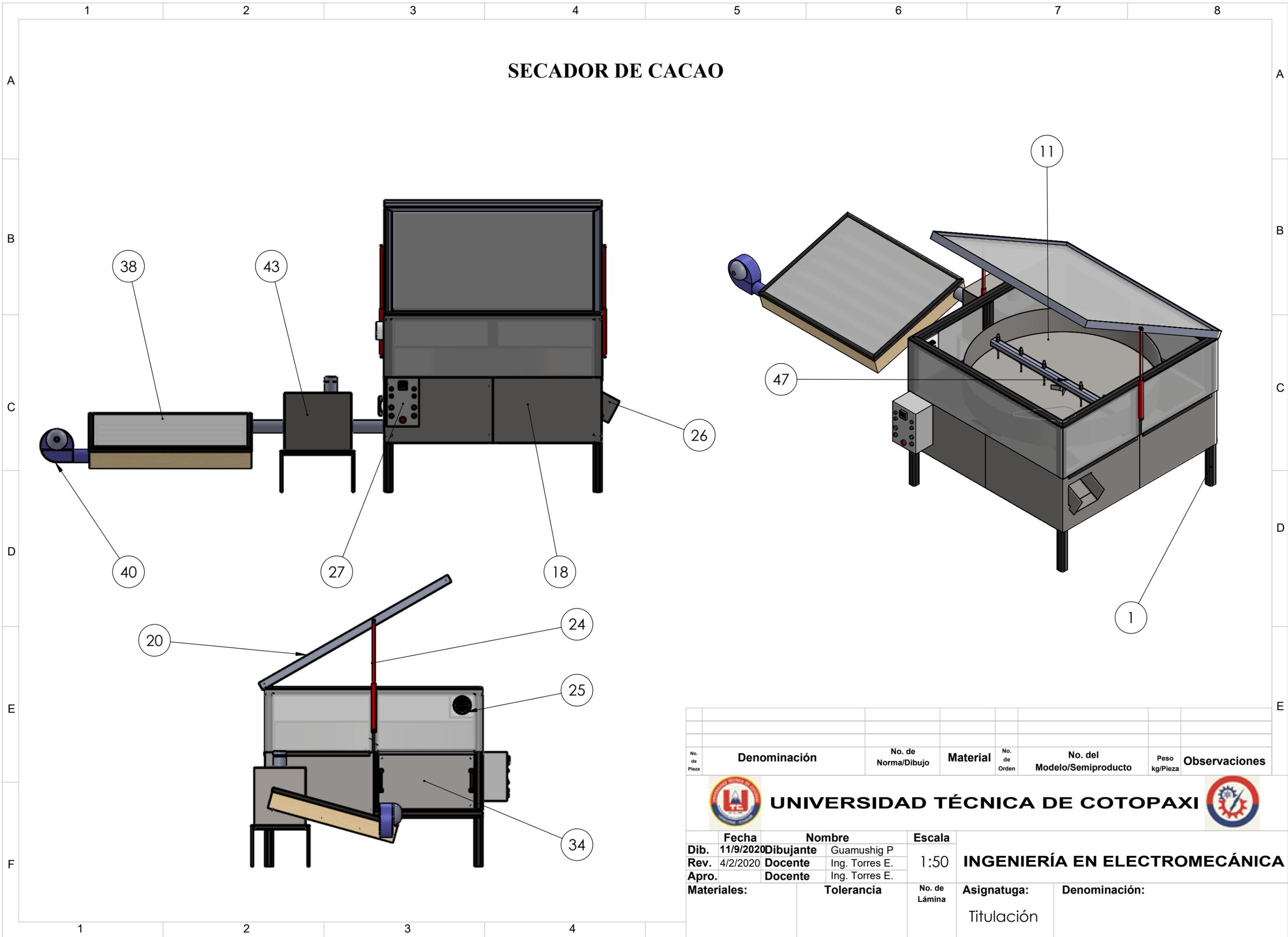
- Utilizar mascarillas al momento de manipular el grano de cacao.
- No encender un cigarrillo o cerillos cerca del lugar donde está instalado el cilindro del gas GLP ya que podría ocasionar quemaduras o incendios.
- Verificar los cambios de olor en el producto ya que son síntomas de posibles fallos de temperatura.

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

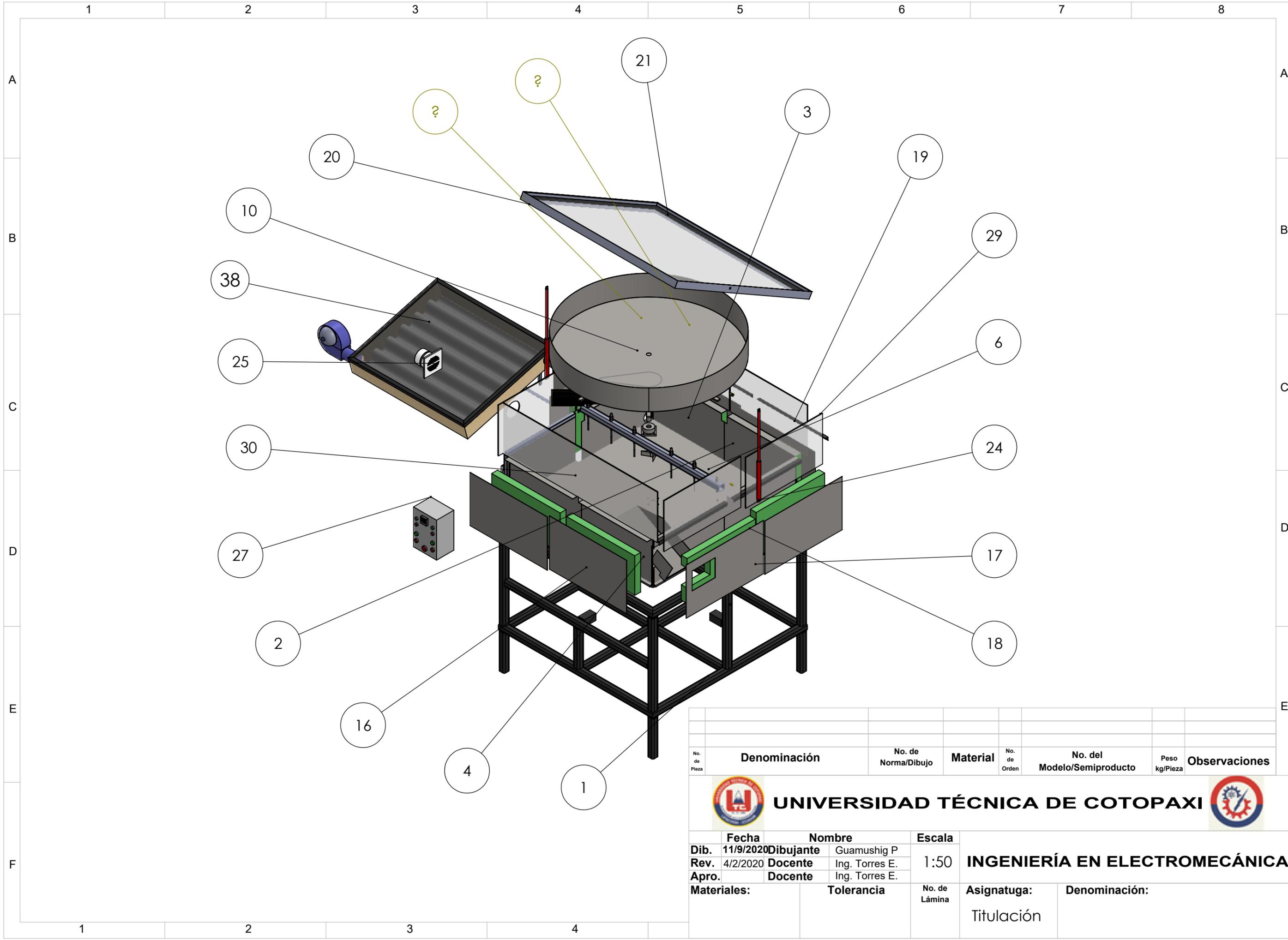


PLANOS DE LA
MÁQUINA SECADORA DE
CACAO

SECADOR DE CACAO



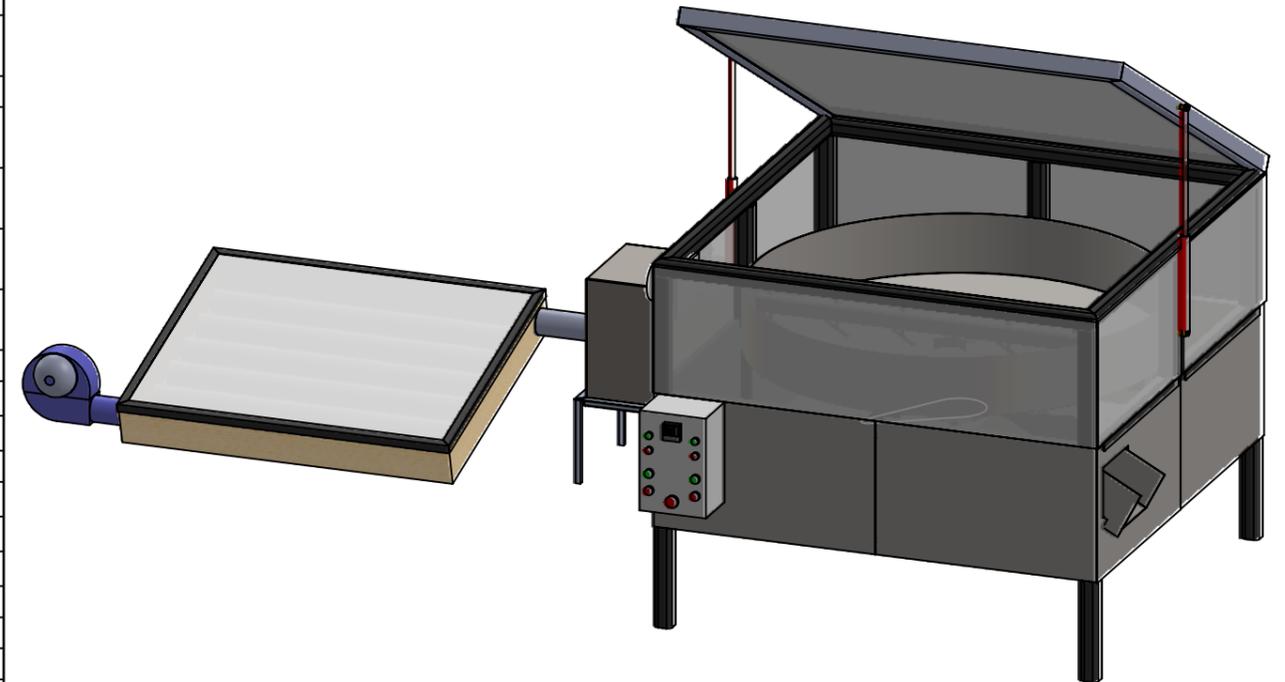
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 							
Dib.	11/9/2020	Dibujante	Guamushig P	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA		
Rev.	4/2/2020	Docente	Ing. Torres E.	1:50			
Apro.		Docente	Ing. Torres E.				
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:	
					Titulación		



No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 							
Dib.	Fecha	Nombre		Escala		INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA	
Rev.	4/2/2020	Dibujante		1:50			
Apro.		Docente		Ing. Torres E.			
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:	
					Titulación		

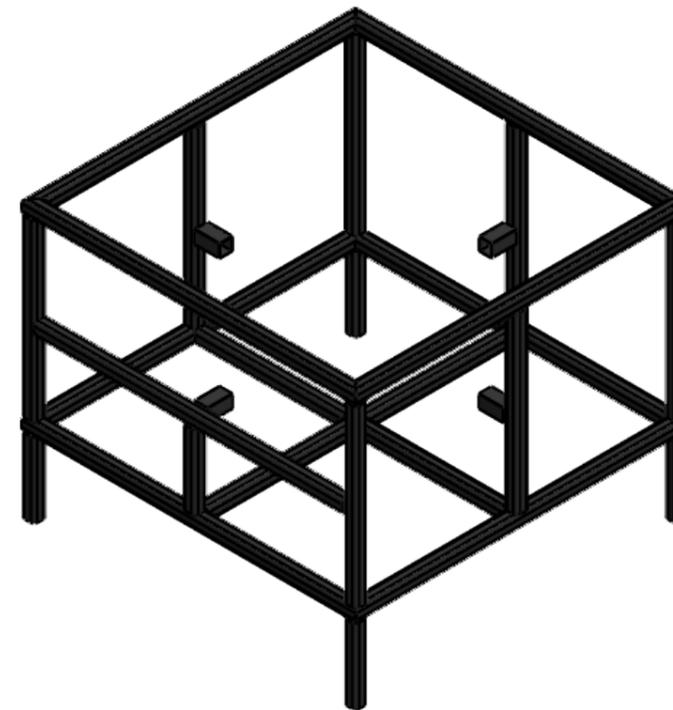
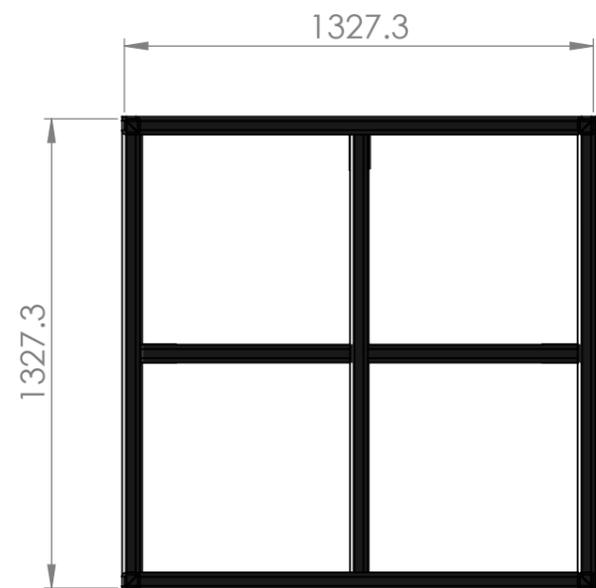
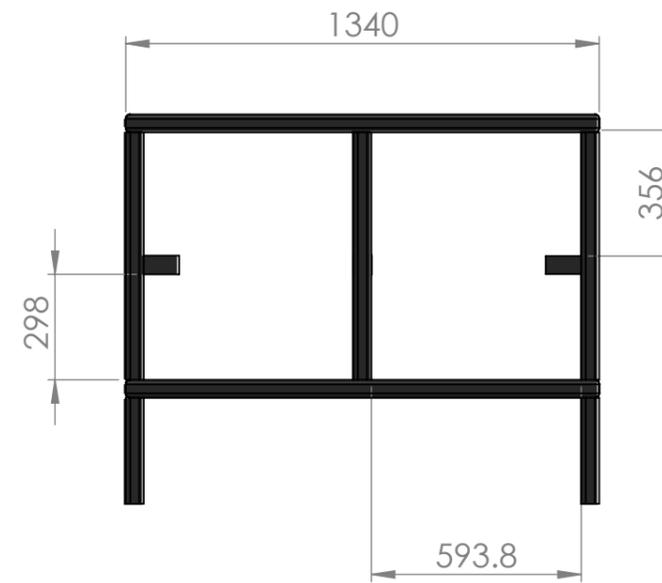
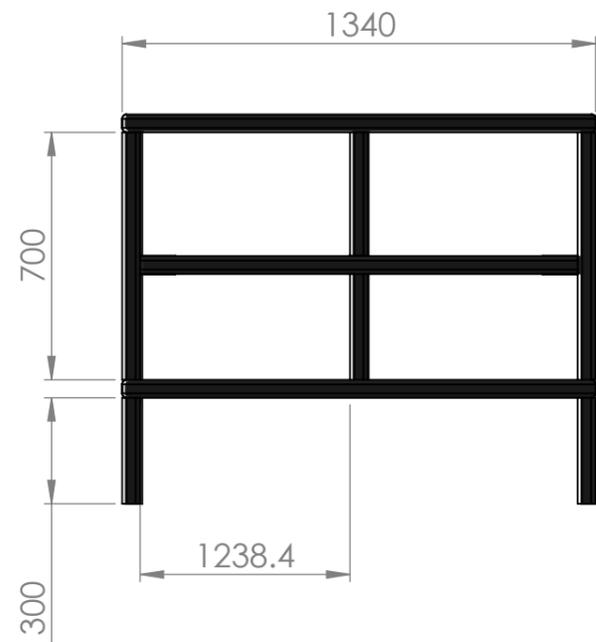
ITEM NO.	N.º DE ELEMENTO	DENOMINACIÓN	Material	QTY.
1	1	Estructura	Acero negro	1
2	2	Plancha delnox Int.	Acero Inoxidable 304	3
3	3	Plancha delnox Int.	Acero Inoxidable 304	2
4	4	Plancha delnox Int.	Acero Inoxidable 304	1
5	5	Plancha delnox Int.	Acero Inoxidable 304	1
6	6	Plancha delnox Int.	Acero Inoxidable 304	1
7	7	Base del Eje Inf.	Acero Inoxidable 304	1
8	8	AFBMA 12.1.4.1 - 0300-42 - 26,SI,NC,26 68	Acero	1
9	9	Eje	Acero Inoxidable 304	1
10	10	Base del Eje Sup.	Acero Inoxidable 304	1
11	11	Bandeja	Acero Inoxidable 304	1
12	12	Metric - Spur gear 4M 42T 20PA 12FW ---S42N75H50L30N	Acero	1
13	13	Motoreductor	Acero	1
14	14	Metric - Spur gear 3M 12T 20PA 12FW ---S12N75H50L30N	Acero	1
15	15	Metric - Spur gear 3M 15T 20PA 15FW ---S15B30H30L30N	Acero	1
16	16	Recubrimiento de Lana de Vid.	Lana Mineral de vidrio	2
17	17	Recubrimiento de Lana de Vid.	Lana Mineral de vidrio	5
18	18	Recubrimiento de Inox. Ext.	Acero Inoxidable 304	7
19	19	Angulo	Acero	5
22	20	Estructura para la Tapa	Acero	1
23	21	Recubrimiento de Vidrio	Vidrio	2
24	22	Estructura para la Tapa 2	Acero	1
25	23	Perno 3/8 de sujesion	Acero	4
26	24	Amortiguador	Acero	2
27	25	Estractor de aire	Plastico Pvc	1
35	26	Tolva	Acero Inoxidable 304	1
36	27	Tablero de Control		1
37	28	Base quemador	Acero Negro	1
38	29	Recubrimiento de Vidrio	Vidrio	6
39	30	Recubrimiento de Vidrio	Vidrio	1
40	31	Tubo Puerta		1
41	32	EXT. Puerta de servicio		1
42	33	Fibra de Vid. Puerta		1
43	34	Inox Puert		2
44	35	Manija		2
45	36	Colector		1
46	37	Zinc		1
47	38	Vidrio Colect		1
48	39	Marco Colect		1
34	40	Blower	Aluminio	1
28	41	Quemador de glp	Acero Negro	1
29	42	Quemador de glp	Acero Negro	2
30	43	Caja del Quemador	Acero Negro	1
31	44	Chimenea	Acero Galvanizado	1
32	45	Tubo 3" x 3mm	Acero Galvanizado	2
33	46	Aleta de la chimenea	Acero	1
50	47	Aspas		1
20	48	Estrella	Acero Inoxidable 304	1
51	49	Paletas		6
52	50	HTNUT 0.5000-13-D-N		12

ELEMENTOS QUE COMPONEN LA MÁQUINA



No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 							
Dib.	11/9/2020	Dibujante	Guamushig P	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA		
Rev.	4/2/2020	Docente	Ing. Torres E.	1:50			
Apro.		Docente	Ing. Torres E.				
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:	
					Titulación		

ESTRUCTURA DEL SECADOR



1	Estructura de soporte del secador	Acero	1				
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones

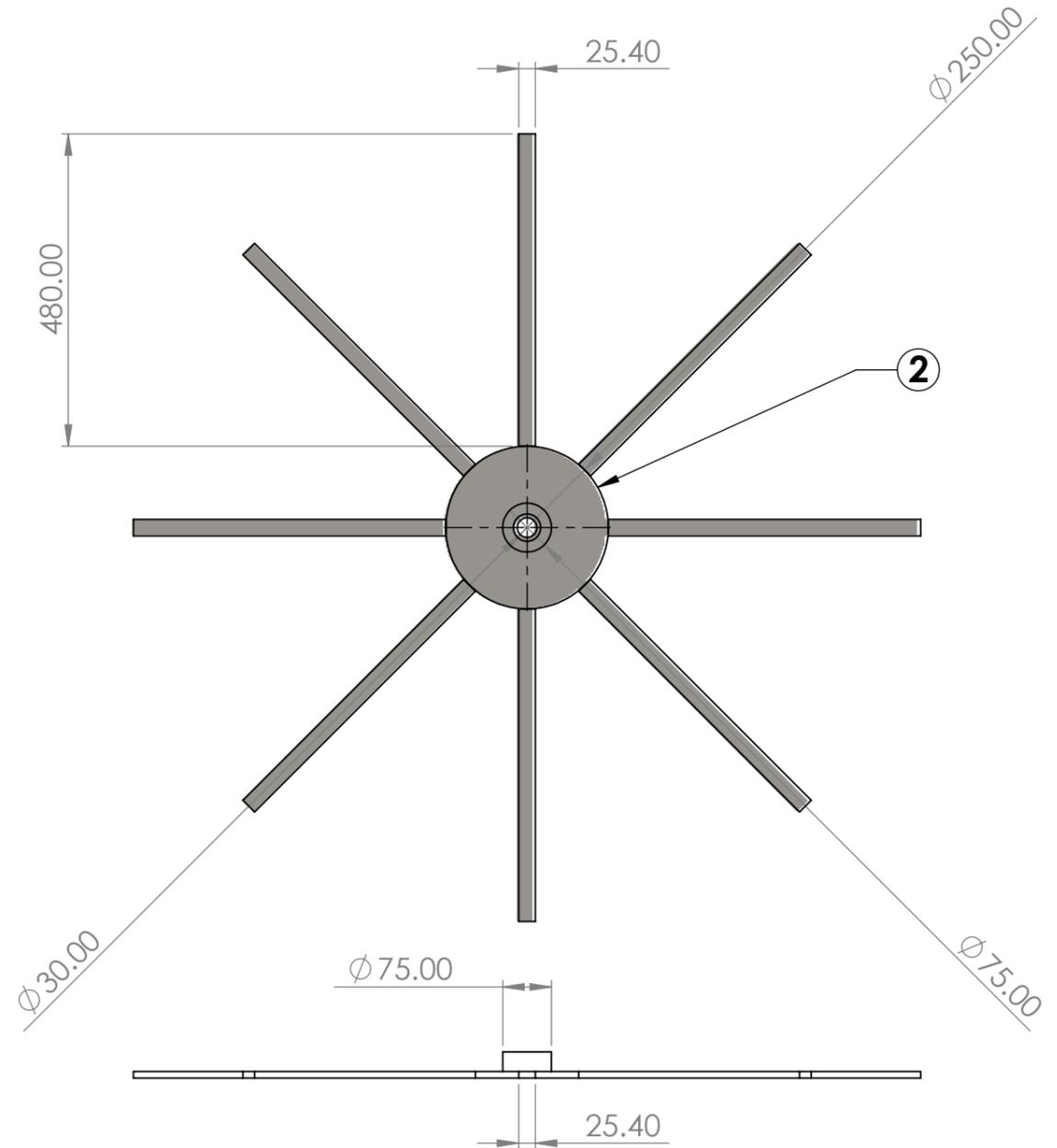
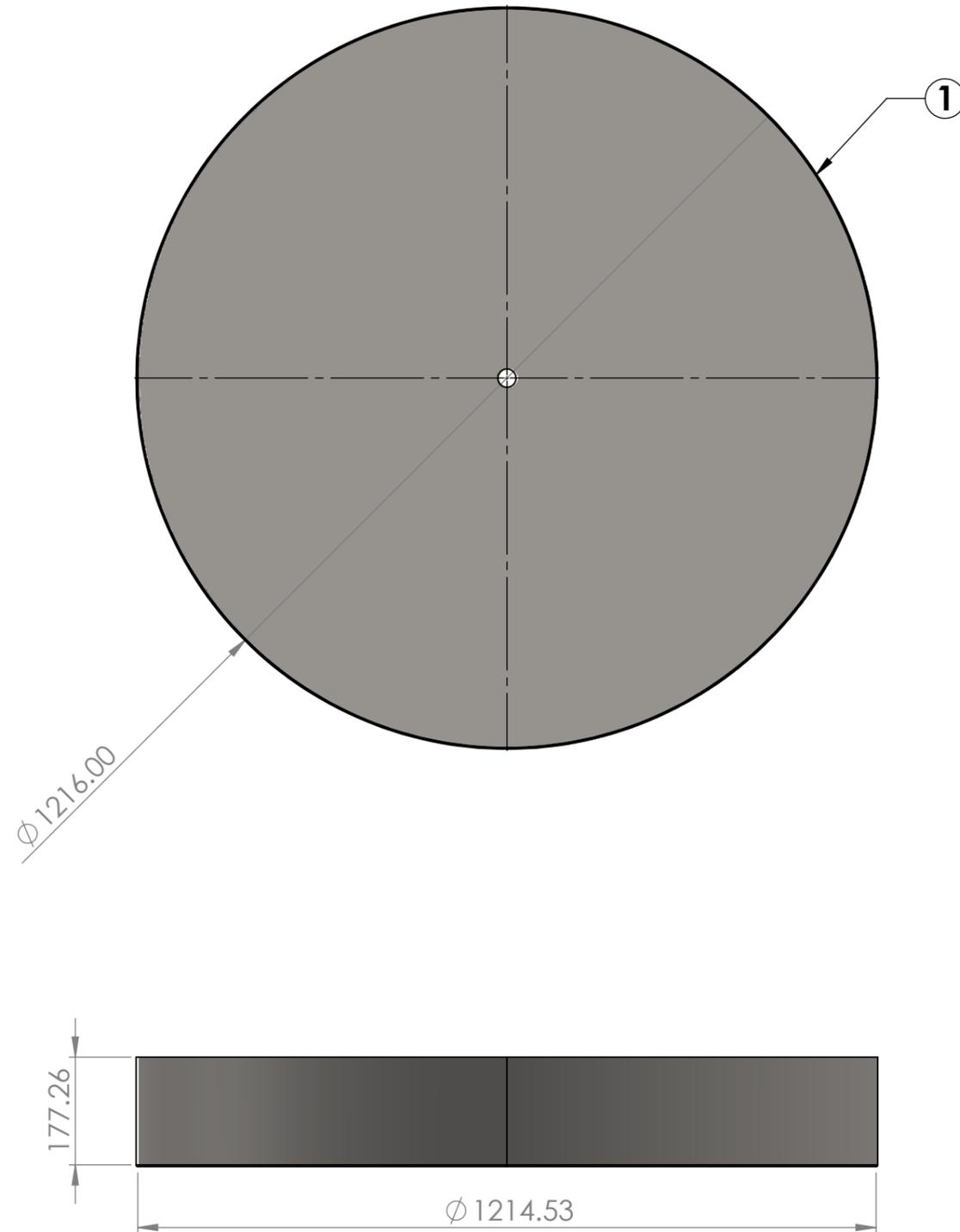


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Dib. 11/9/2020	Dibujante Guamushig P	1:20	
Rev. 4/2/2020	Docente Ing. Torres E.		
Apro.	Docente Ing. Torres E.	No. de Lámina	Asignatura:
Materiales:	Tolerancia		Denominación:
			Titulación

Bandeja / Soporte de Bandeja



2	Estructura de soporte para la bandeja	Acero 304	2				
1	Bandeja para el secado	Acero 304	1				
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones

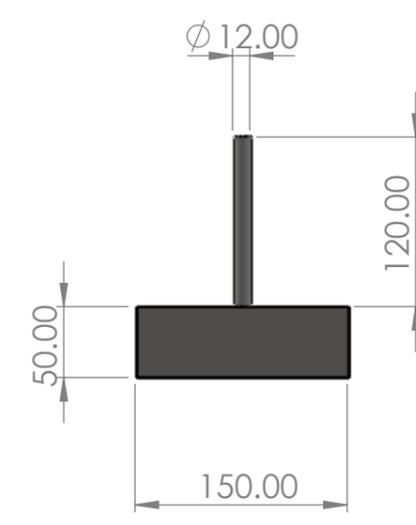
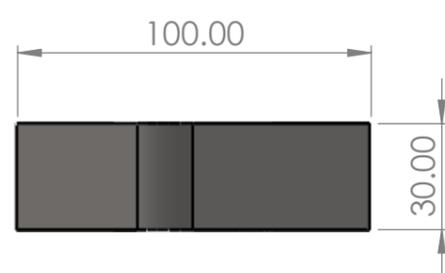
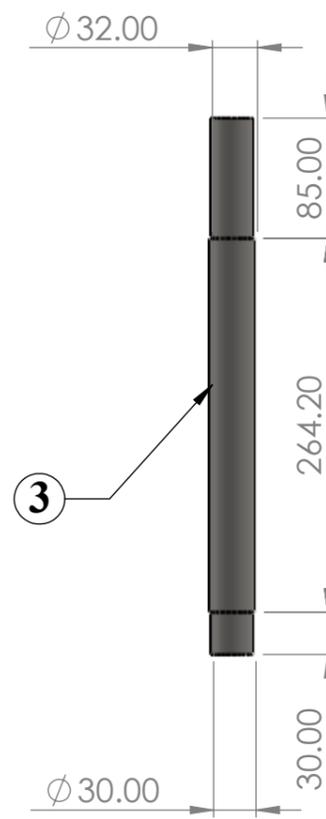
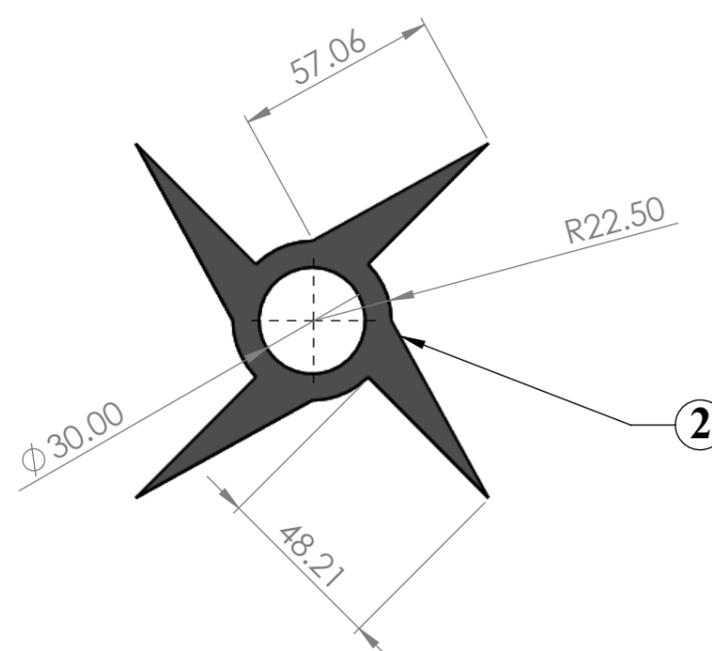
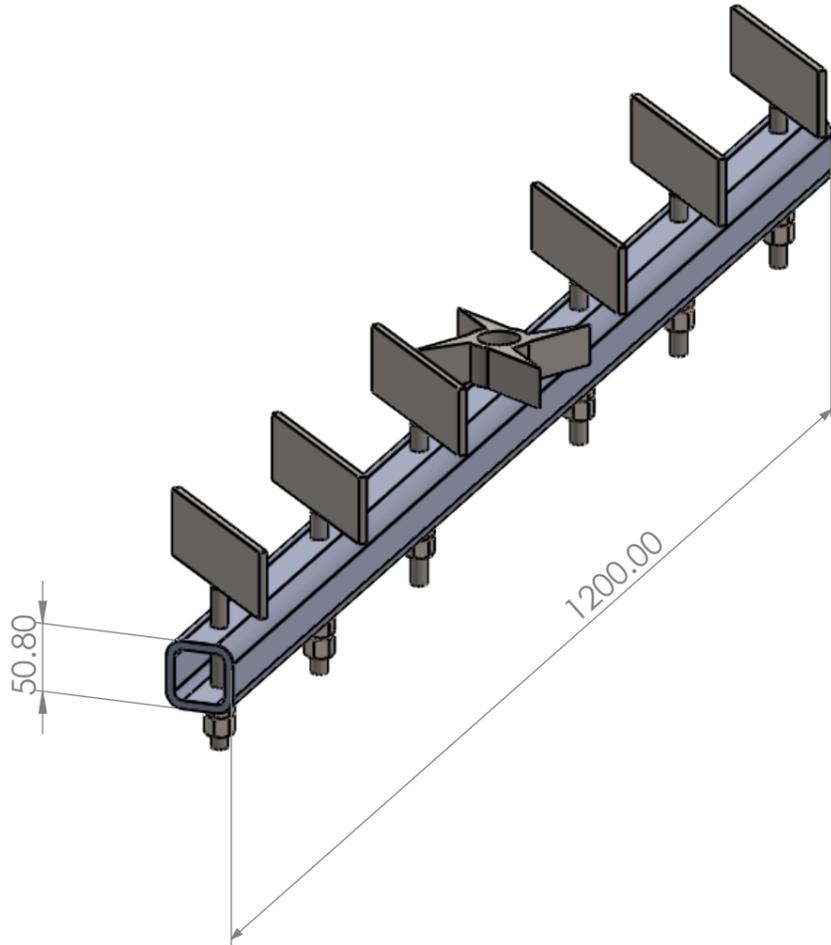


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib. 11/9/2020	Dibujante Guamushig P	Escala 1:20	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev. 4/2/2020	Docente Ing. Torres E.		
Apro.	Docente Ing. Torres E.		
Materiales:	Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura: Titulación
			Denominación:

ASPAS-SOPORTE / EJE



3	Eje			3	Acero 304		
2	Mariposa para sujeción de las aletas			2	Acero 304		
1	Aletas para remoción del cacao			1	Acero 304		
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones

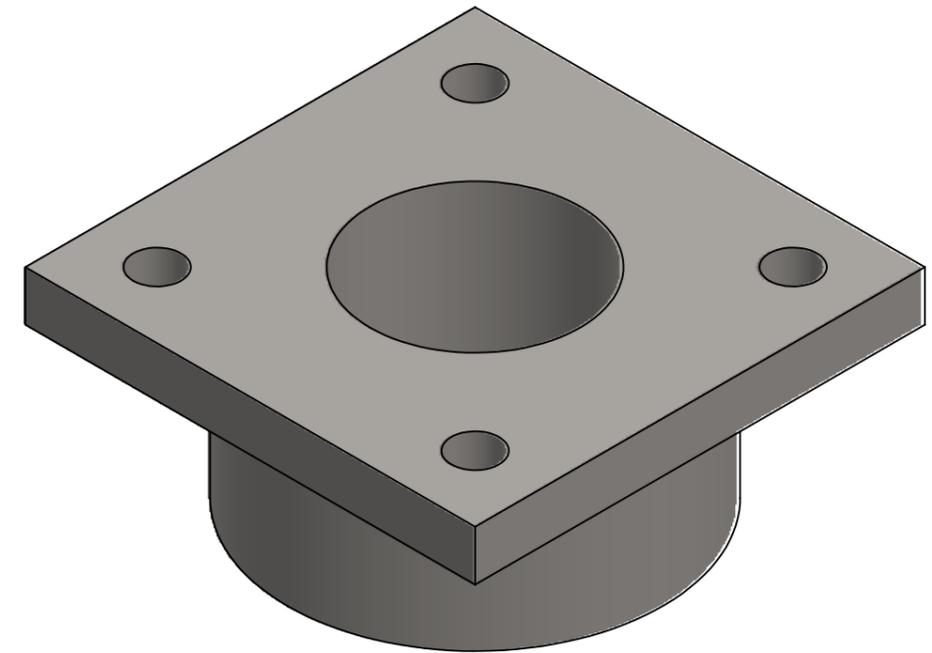
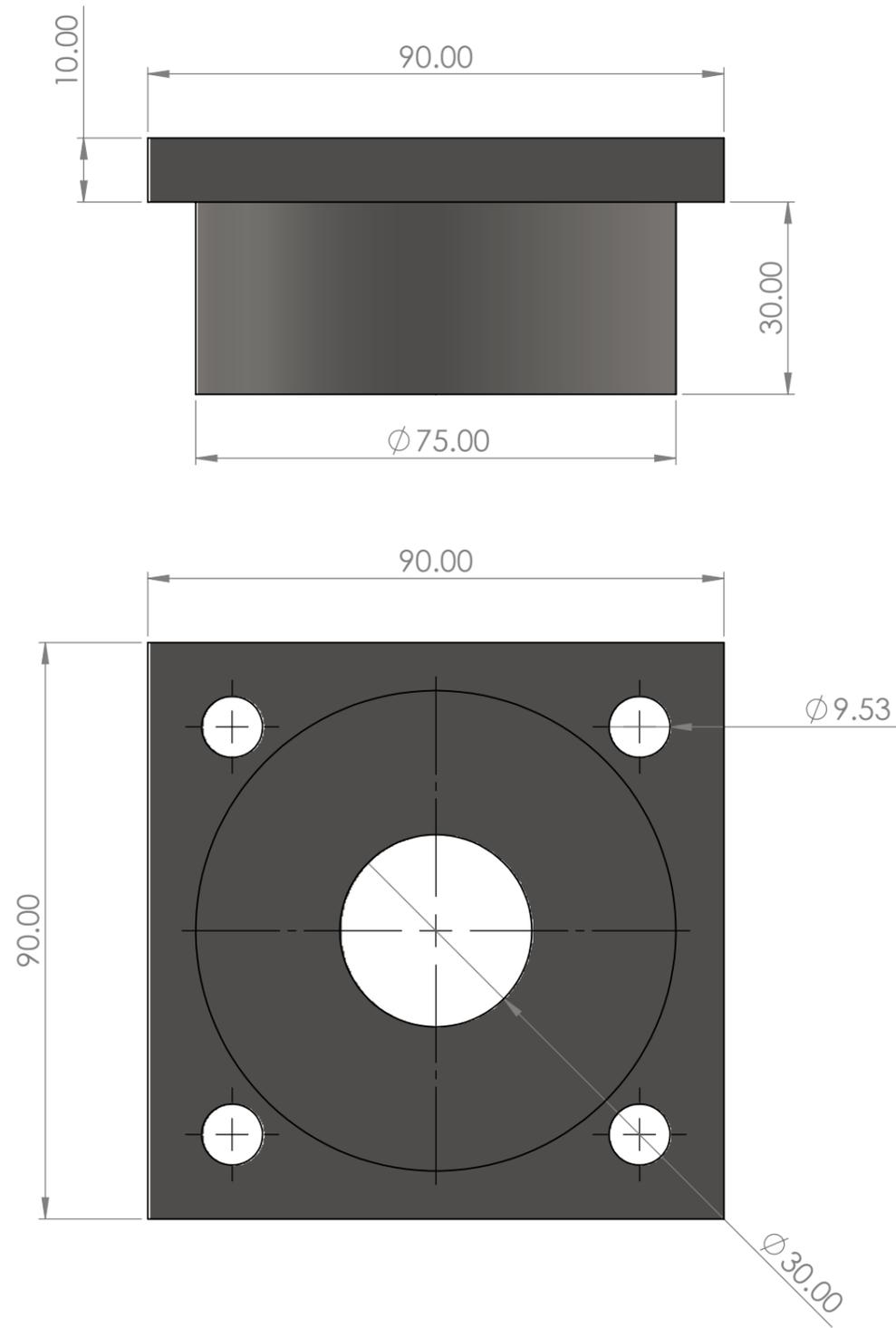


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib. 11/9/2020	Dibujante Guamushig P	Escala 1:20	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev. 4/2/2020	Docente Ing. Torres E.		
Apro.	Docente Ing. Torres E.		
Materiales:	Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura: Titulación
			Denominación:

Base superior e inferior del eje



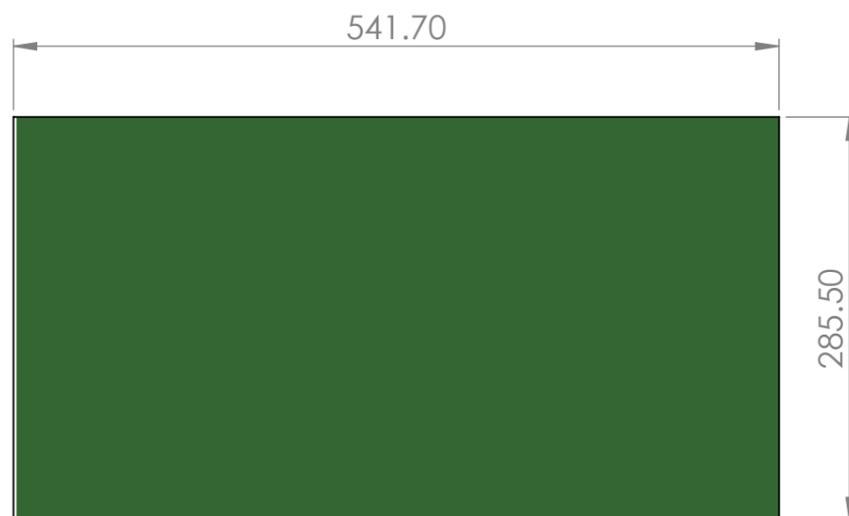
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
2	Base de apoyo del eje superior		Acero 304		2		
1	Base de apoyo del eje inferior		Acero 304		1		



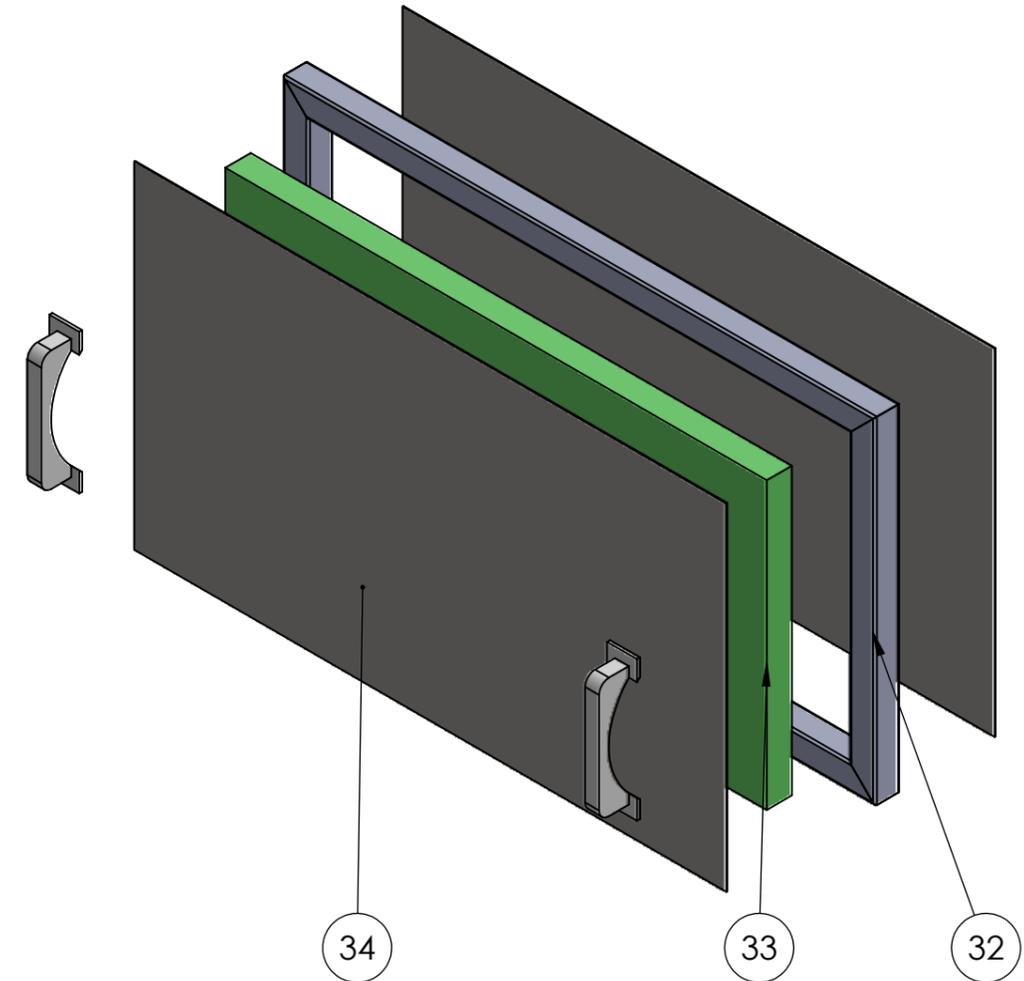
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha	Nombre	Escala		
Dib. 11/9/2020	Dibujante Guamushig P	1:1	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA	
Rev. 4/2/2020	Docente Ing. Torres E.			
Apro.	Docente Ing. Torres E.			
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura: Titulación
				Denominación:



PUERTA DE SERVICIO



34	Recubrimiento de la puerta de servicio		Acero 304				
33	Aislamiento de la puerta de servicio		Fibra de V.				
32	Marco de la puerta de servicio		Acero				
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones



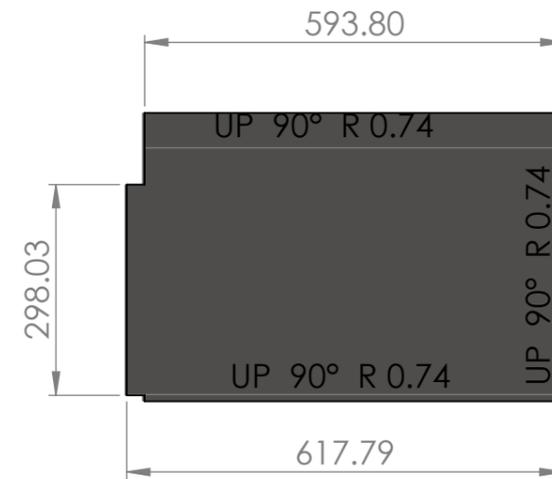
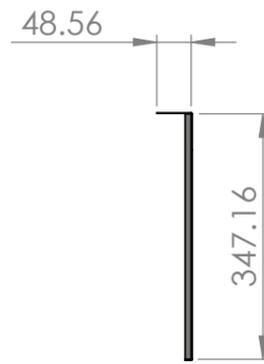
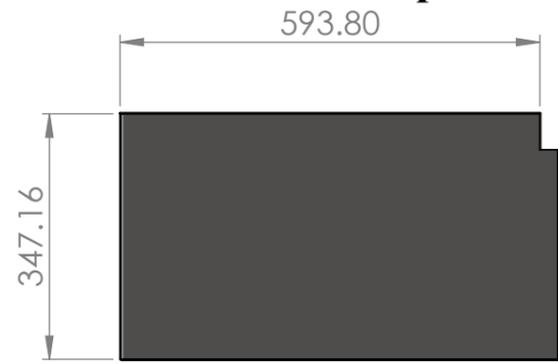
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



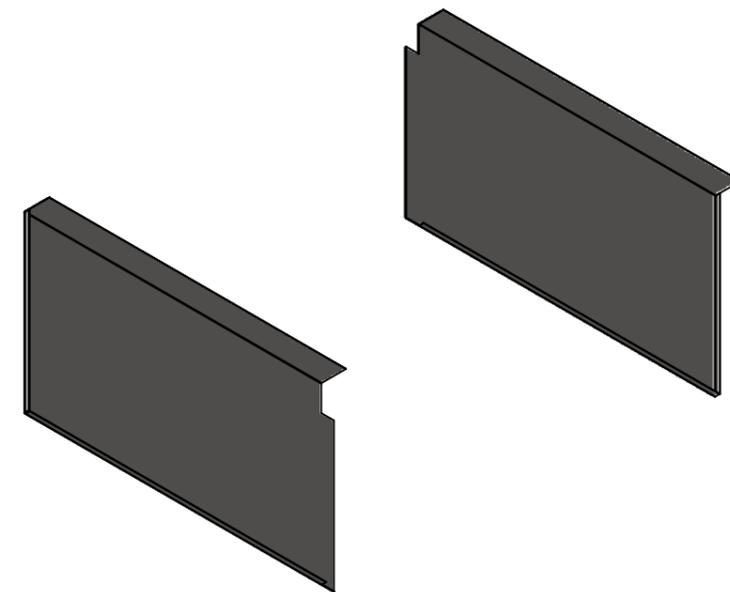
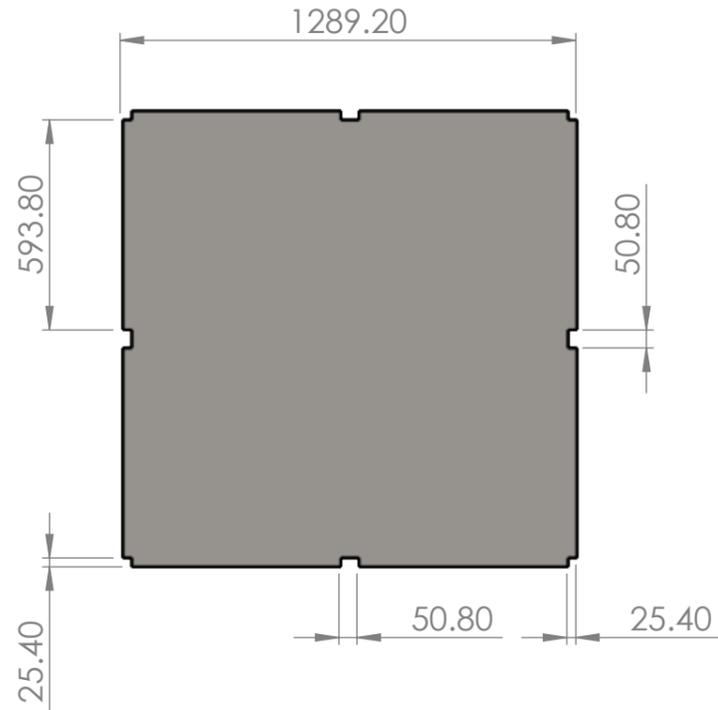
Dib.	11/9/2020	Dibujante		Escala	1:20	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev.		Docente				
Apro.		Docente				
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:

Recubrimiento de la estructura con planchas acero inoxidable

Recubrimiento Interior de las paredes (x4)



Recubrimiento Interior y Exterior del piso (x2)



Recubrimiento Exterior de las paredes (x4)



2	Recubrimiento Exterior de las paredes		Acero 304		3		Espesor 0.7 mm
2	Recubrimiento interior y exterior del piso		Acero 304		2		Espesor 0.7 mm
1	Recubrimiento interior de las paredes		Acero 304		1		Espesor 0.7 mm
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones



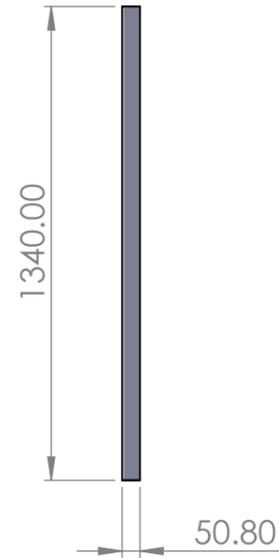
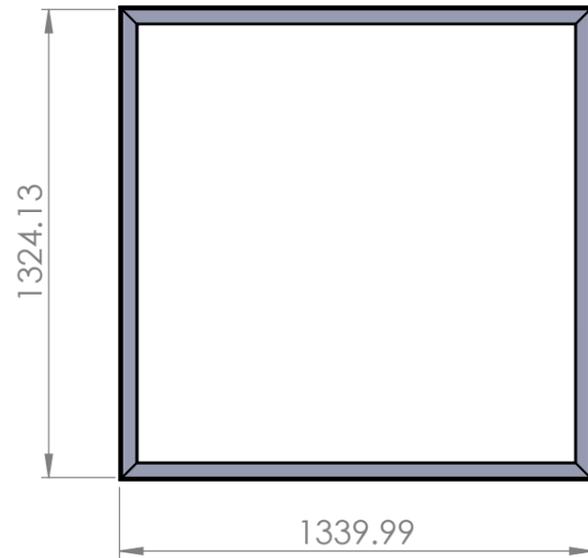
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



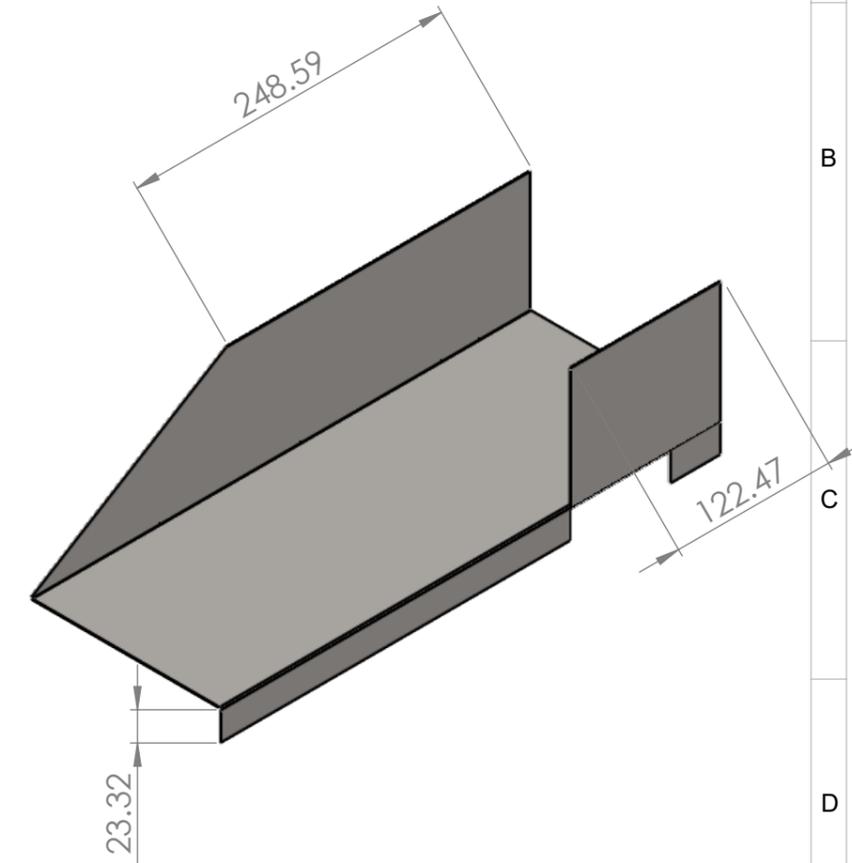
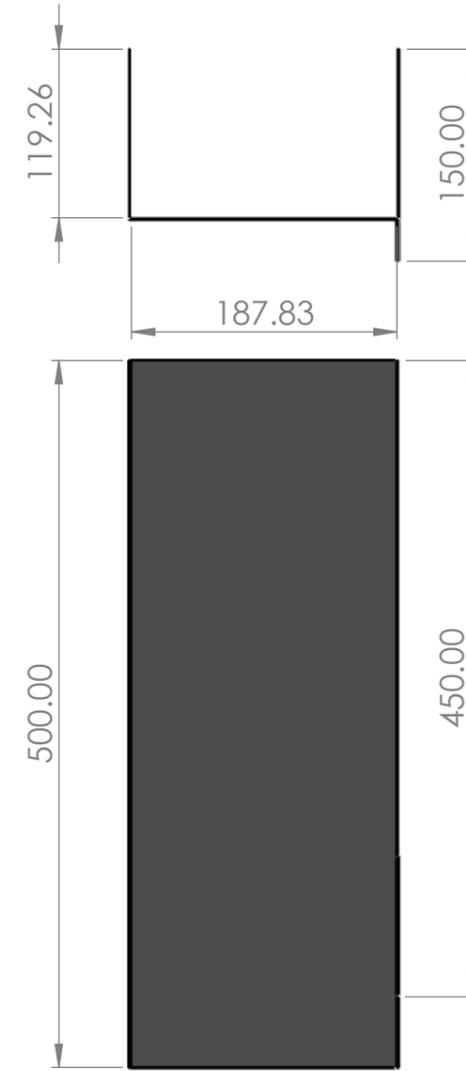
Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Dib. 11/9/2020	Dibujante Guamushig P	1:5	
Rev. 4/2/2020	Docente Ing. Torres E.		
Apro.	Docente Ing. Torres E.		
Materiales:	Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura: Titulación
			Denominación:

Tapa y tolva del secador

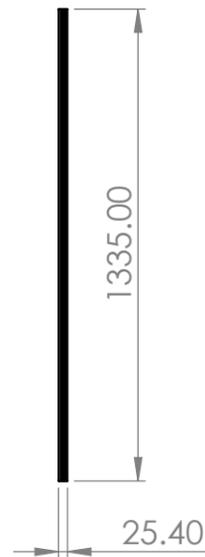
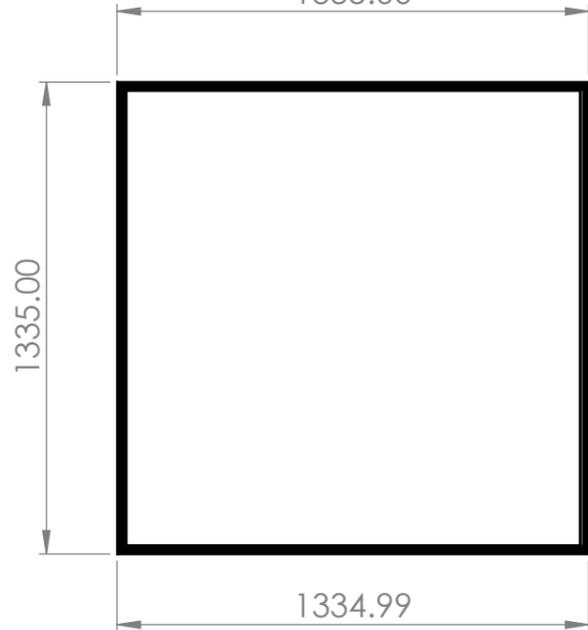
Tapa exterior del secador



Tolva del secador



Tapa interior del secador



3	Tolva para la recolección del cacao		Acero 304		2		
2	Tapa Interior del secador		Acero		2		
1	Tapa Exterior del secador		Acero		2		
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones



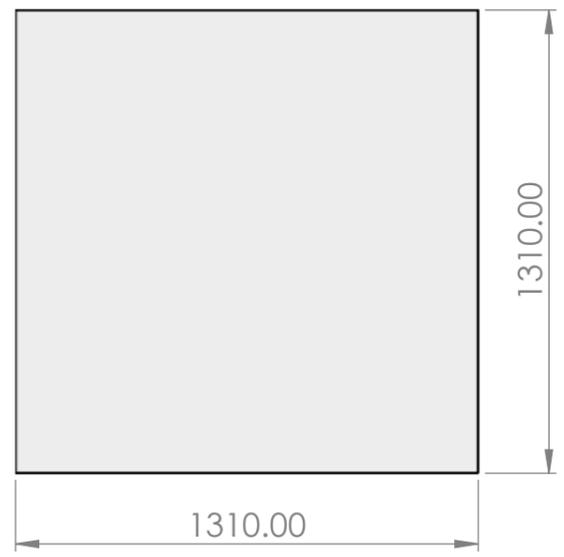
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib. 11/9/2020	Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev. 4/2/2020	Dibujante	Guamushig P	1:20	
Apro.	Docente	Ing. Torres E.		
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura: Titulación
				Denominación:

Vidrios para el recubrimiento exterior del secador

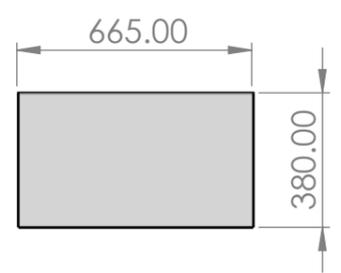
Vidrios para el recubrimiento de la tapa del secador (x2)



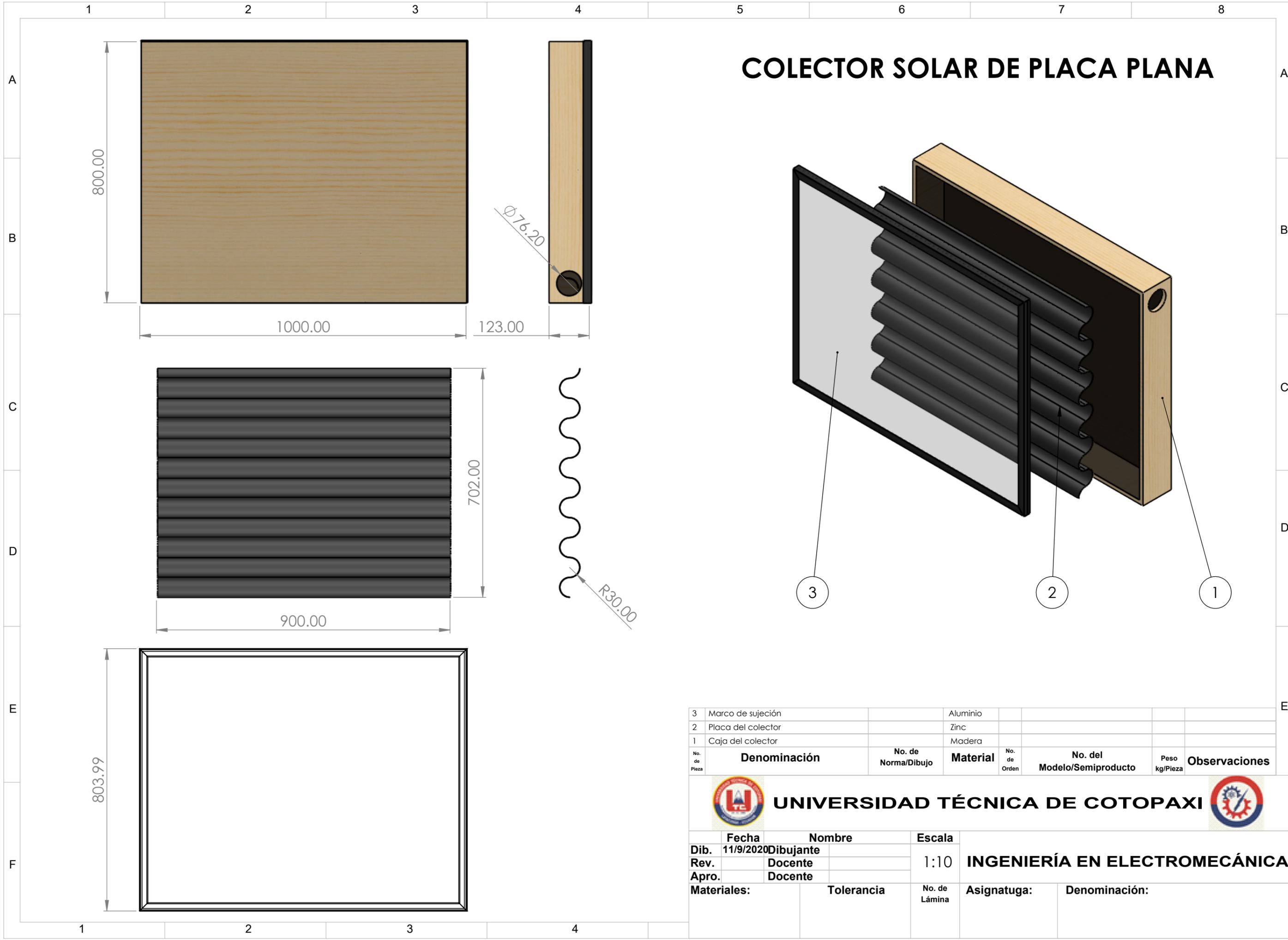
Vidrio para el recubrimiento de la pared frontal del secador (x2)



Vidrios para el recubrimiento exterior (x4)



3	Vidrio para el recubrimiento exterior		Vidrio		3		6 Unid. de 6 mm.
2	Vidrio para la pared frontal del secador		Vidrio		2		2 Unid. de 6 mm.
1	Vidrio para el recubrimiento de la tapa		Vidrio		1		2 Unid. de 6 mm.
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 							
Dib.	Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA			
Rev.	Dibujante						
Apro.	Docente						
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:		
				Titulación			



COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA

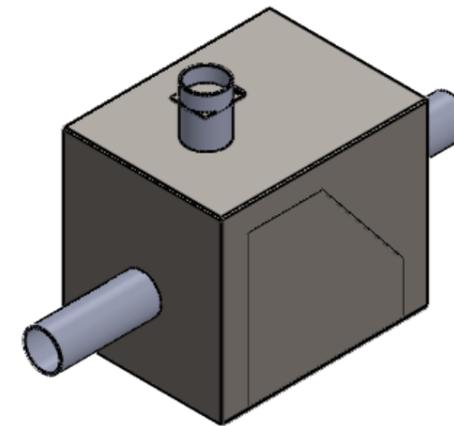
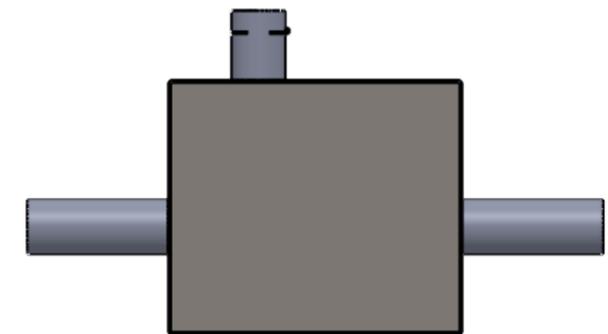
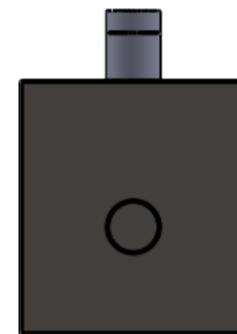
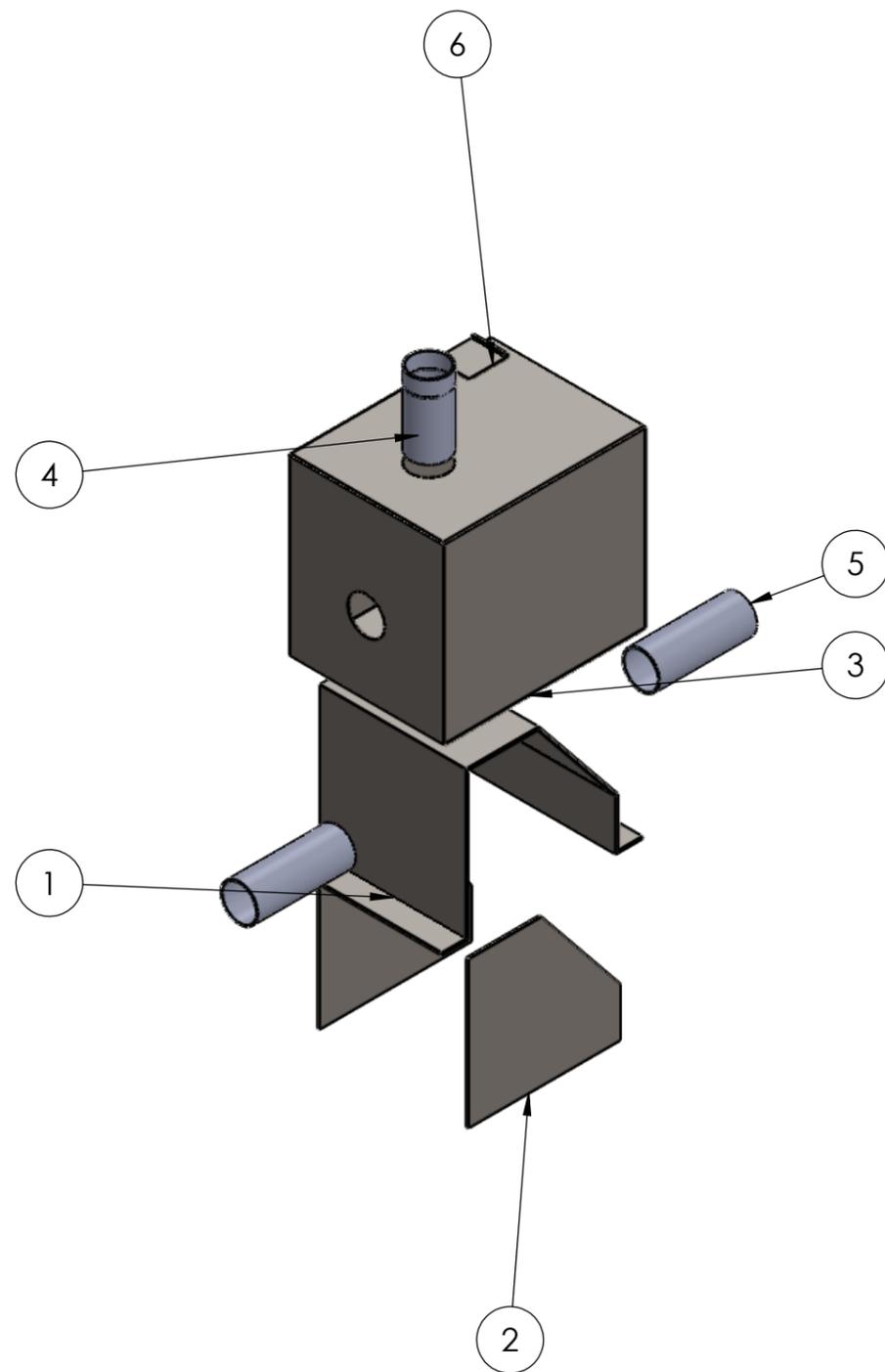
3	Marco de sujeción		Aluminio				
2	Placa del colector		Zinc				
1	Caja del colector		Madera				
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Dib.	11/9/2020	Dibujante		Escala	1:10	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev.		Docente				
Apro.		Docente				
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:



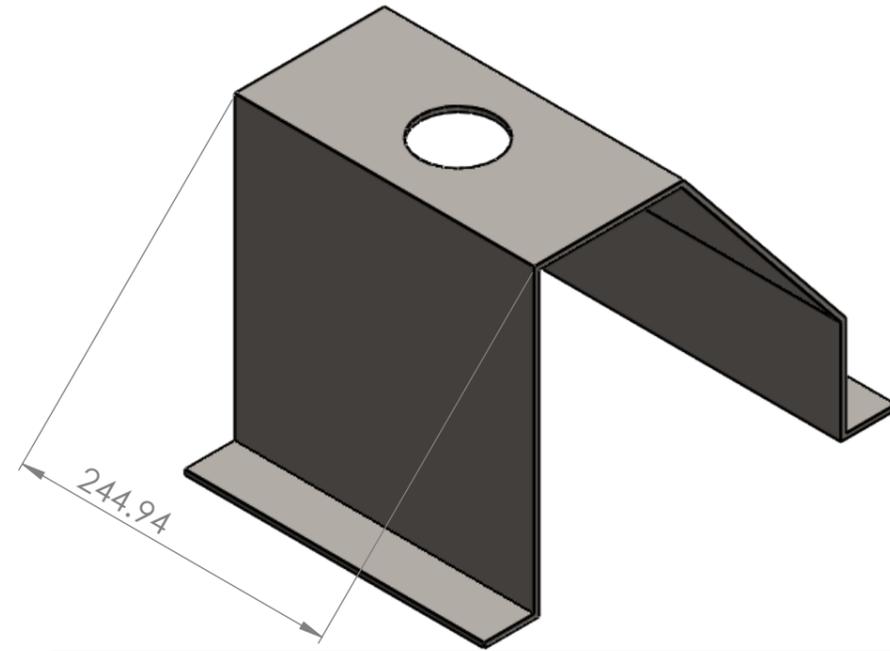
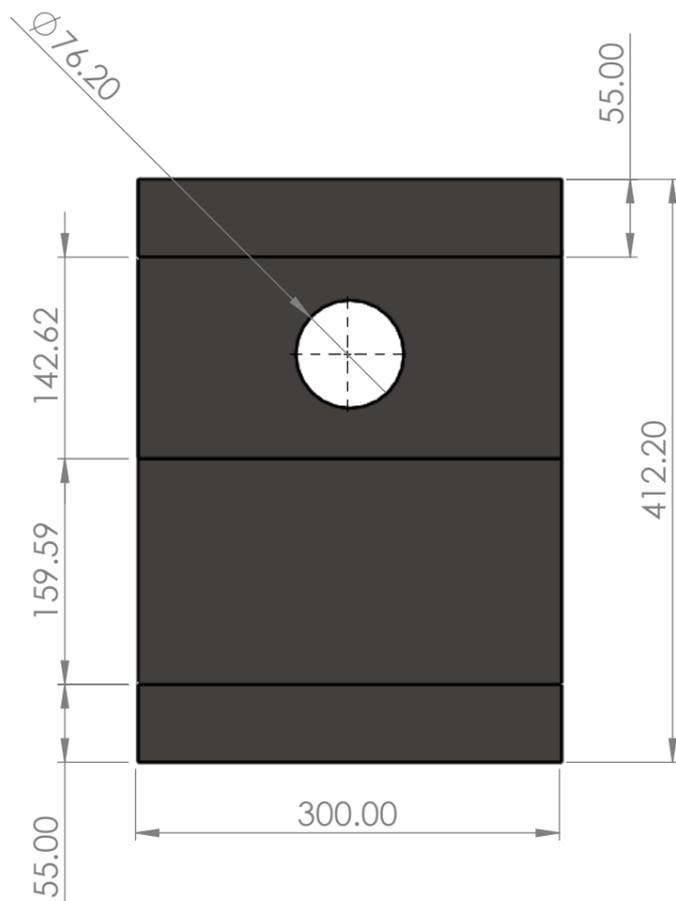
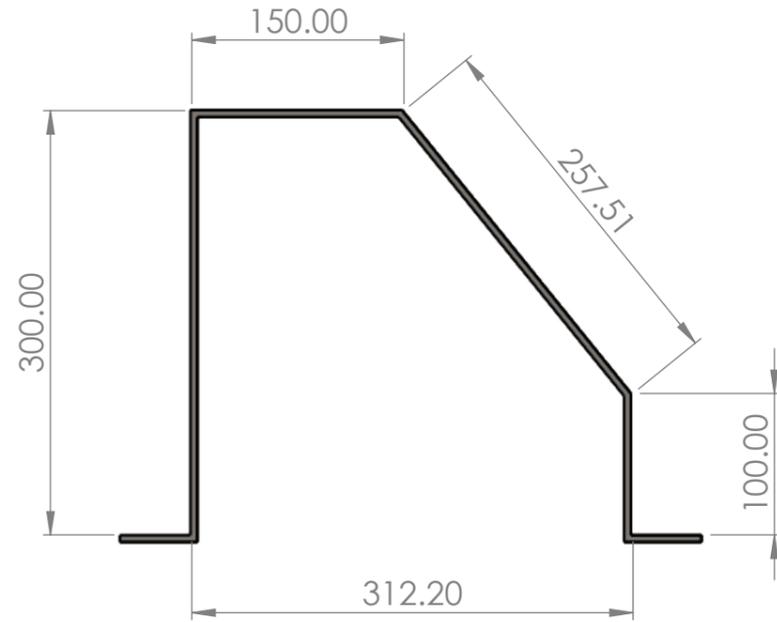
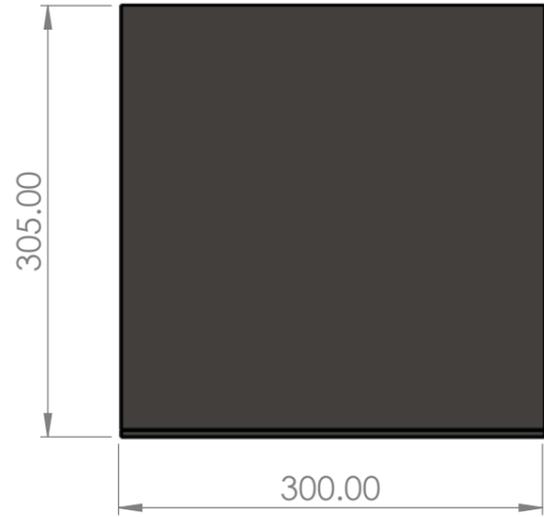
6	Aleta por el control de la Chimenea		Acero		6		
5	Tubo de desfogue del aire		Acero		5		
4	Chimenea		Acero		4		
3	Caja de recubrimiento del quemador		Acero		3		
2	Tapa lateral de la plancha de calentamiento		Acero		2		
1	Plancha de calentamiento		Acero		1		
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones



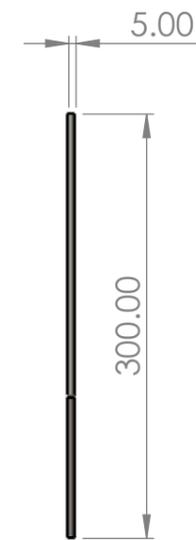
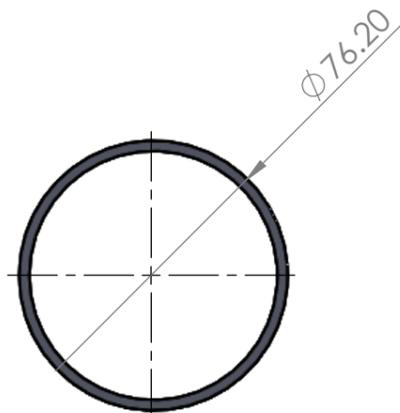
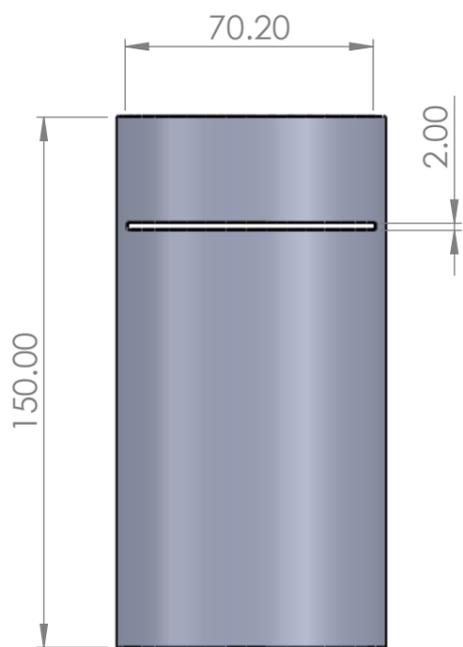
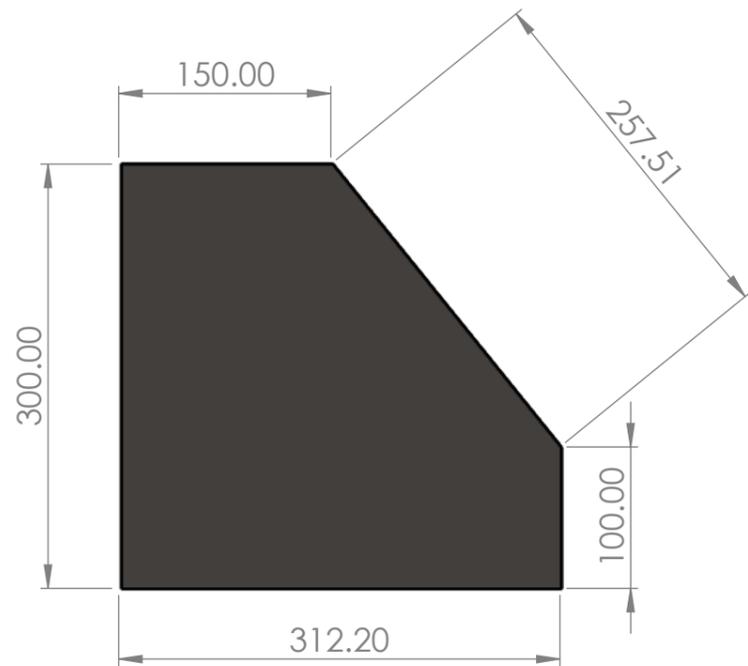
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



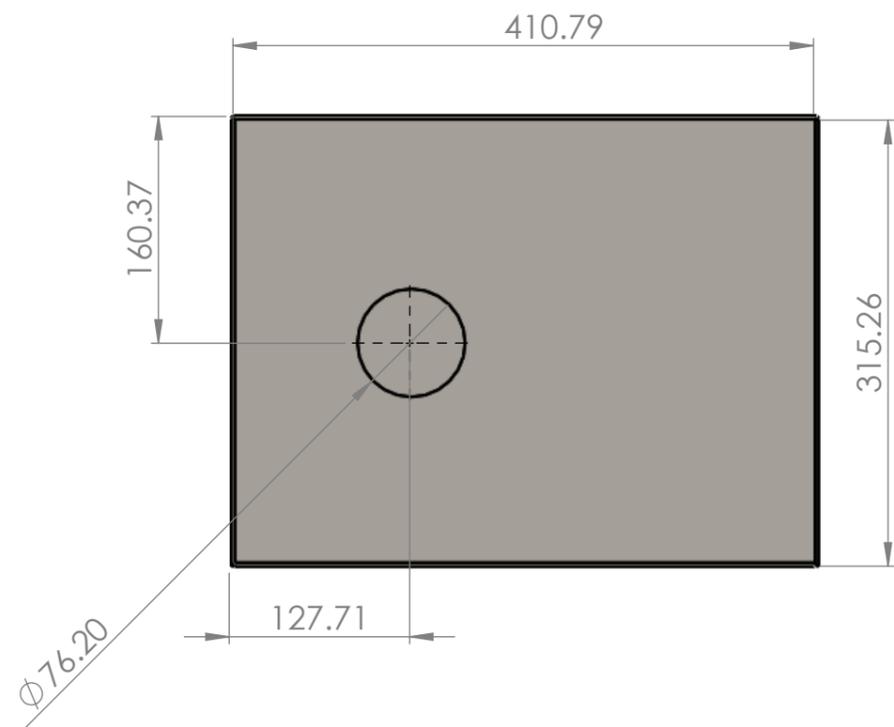
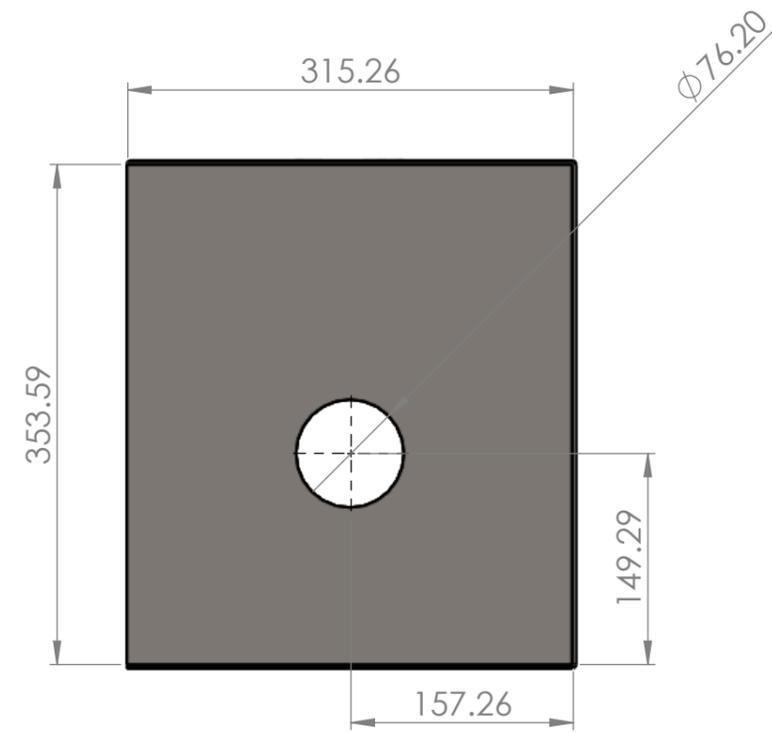
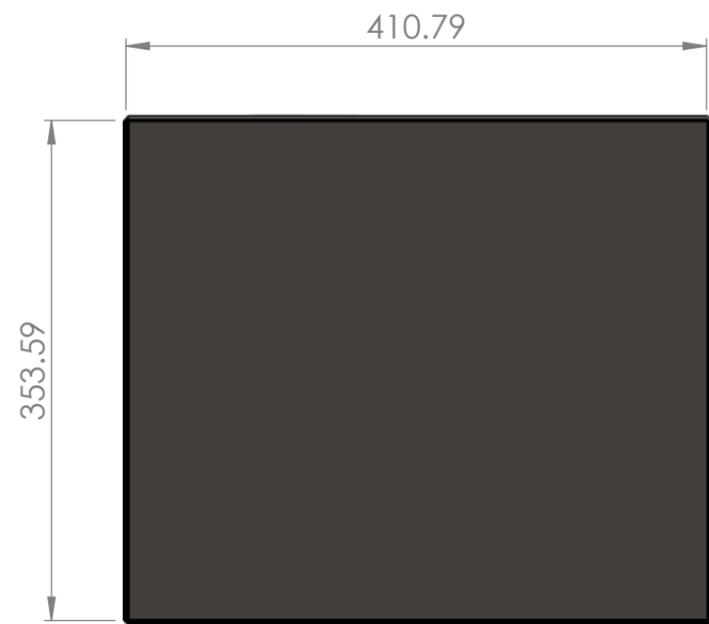
Dib.	4/2/2020	Dibujante	Guamushig P.	Escala 1:20	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
Rev.	4/2/2020	Docente	Ing. Torres E.		
Apro.		Docente	Ing. Torres E.		
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura: Titulación
					Denominación:



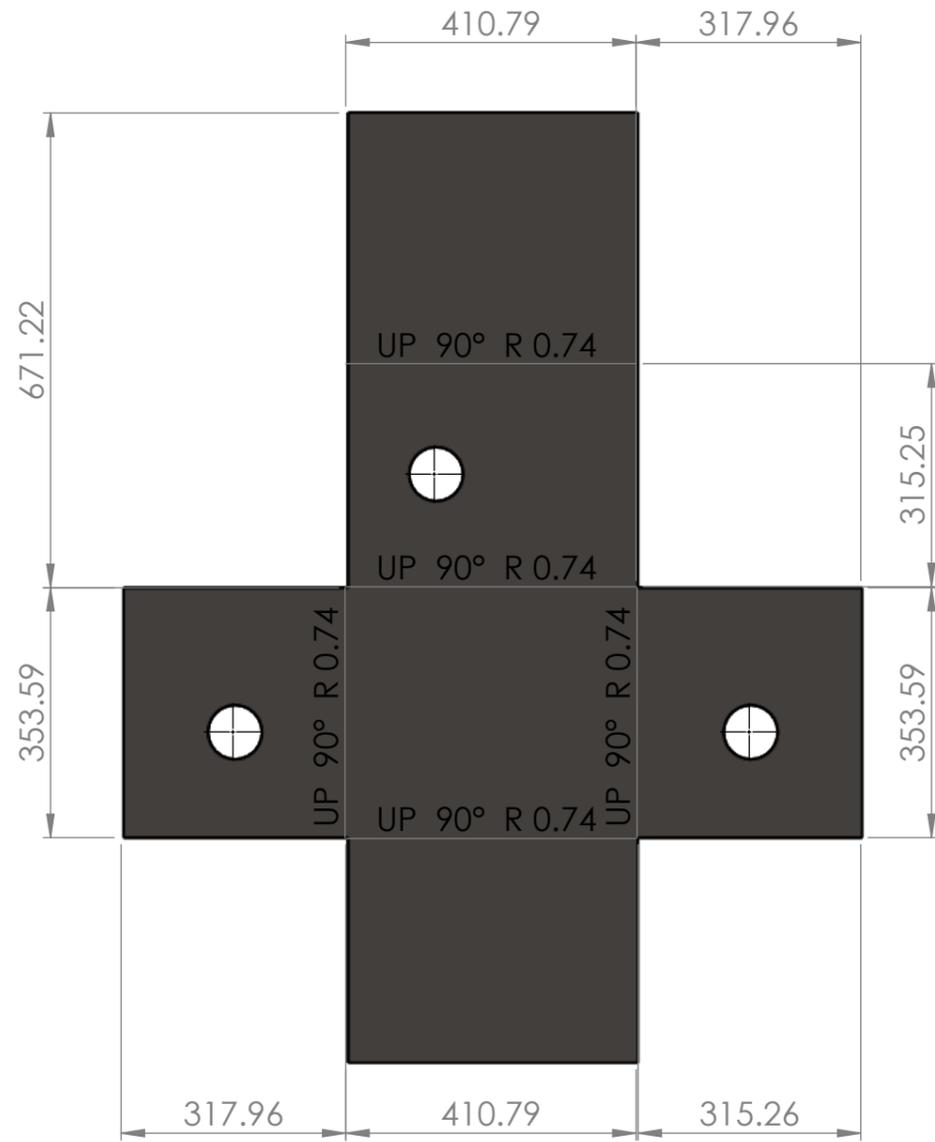
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 							
Dib.	Fecha	Nombre	Escala				
4/2/2020	4/2/2020	Guamushig P	1:5	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA			
Rev.	Docente	Ing. Torres E.					
Apro.	Docente	Ing. Torres E.		Asignatura:		Denominación:	
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Titulación			



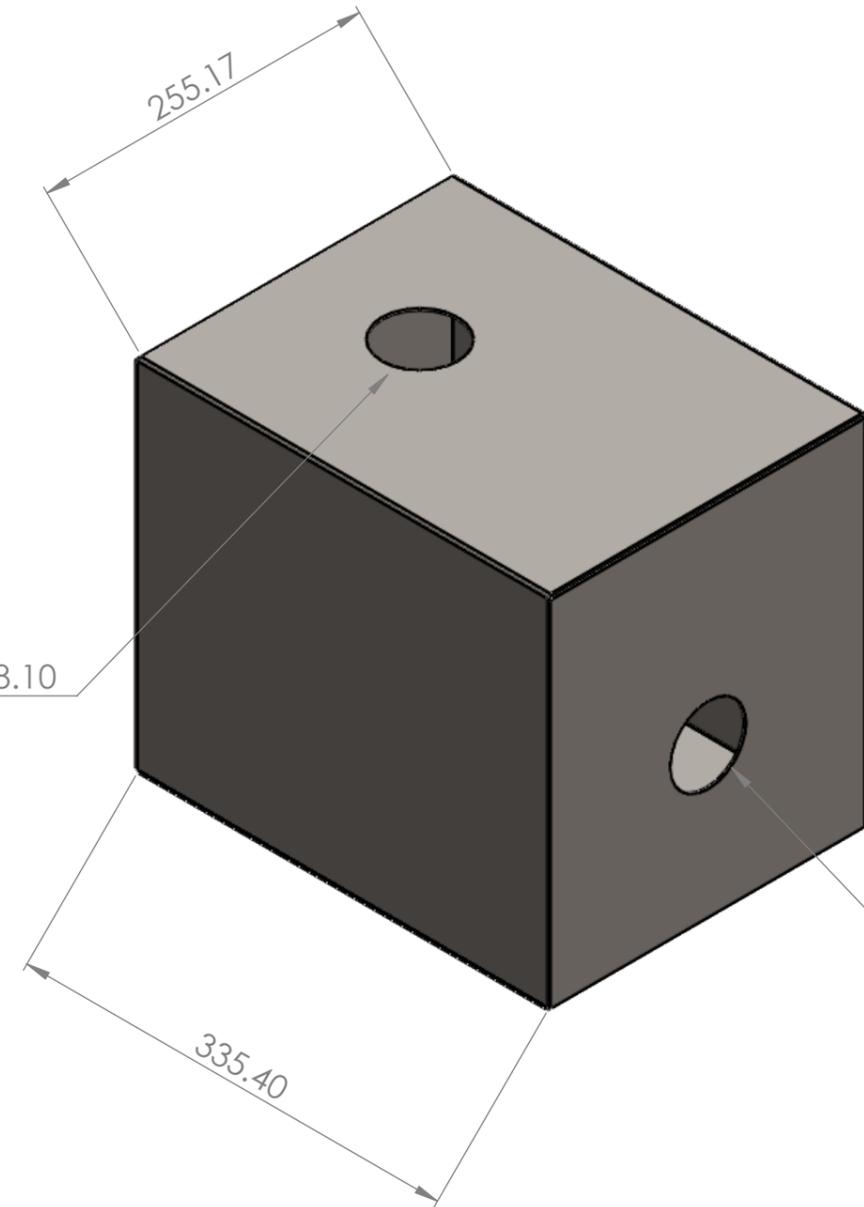
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 						
Dib.	Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA			
Rev.	4/2/2020	Dibujante	1:2				
Apro.		Docente					
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:		
				Titulación			



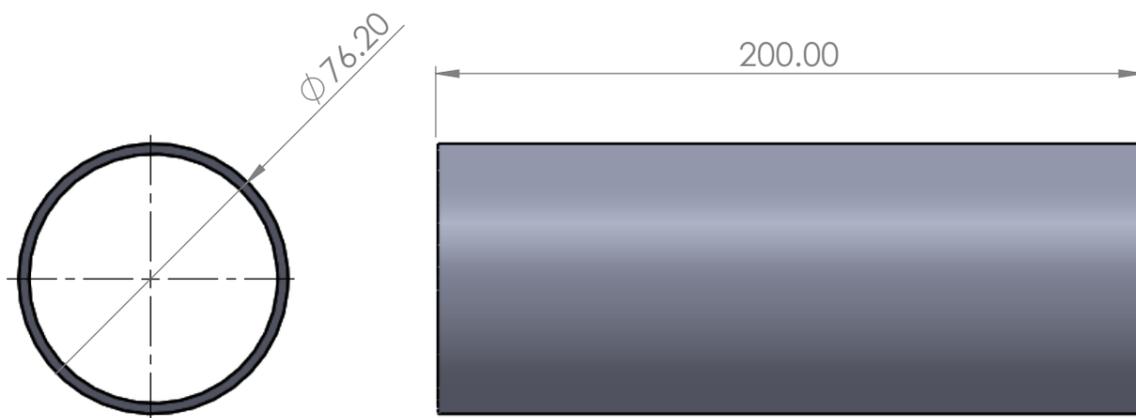
No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 						
Dib.	Fecha	Nombre	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA			
Rev.	4/2/2020	Dibujante Guamushig P	1:5				
Apro.		Docente Ing. Torres E.					
Materiales:		Tolerancia	No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:		
				Titulación			



R VERDADERO 38.10



R VERDADERO 38.10



No. de Pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/Pieza	Observaciones
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI						
Dib.	4/2/2020	Dibujante	Guamushig P	Escala	INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA		
Rev.	4/2/2020	Docente	Ing. Torres E.	1:5			
Apro.		Docente	Ing. Torres E.				
Materiales:		Tolerancia		No. de Lámina	Asignatura:	Denominación:	
					Titulación		