

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica

Tesis

Diseño de una tostadora semiautomática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva central del Perú

Henry Eduardo Garcia Canales

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecatrónico

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Ma. Ing. Rafael De la Cruz Casaño
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 17 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva central del Perú.

Autores:

1. Henry Eduardo Garcia Canales – EAP. Ingeniería Mecatrónica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Mag. Ing. Rafael De la Cruz Casaño

ASESOR

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la Facultad de Ingeniería y, en particular, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecatrónica, por compartir sus conocimientos y por su dedicación y guía a lo largo de mi formación profesional. Su enseñanza ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

A mi asesor el Mag. Ing. Rafael De la Cruz Casaño, por su valiosa orientación, su paciencia y su continuo apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y conocimientos fueron clave para la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis padres porque gracias al esfuerzo de ellos se ha cumplido este objetivo, por haberme encaminado con sabiduría y amor.

INDICE:

AGRADECIMIENTO.....	II
DEDICATORIA	III
INDICE:	IV
INDICE DE FIGURAS:.....	VII
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema:	1
1.1.1 Problema General:.....	2
1.1.2. Problemas Específicos:.....	2
1.2. Objetivos.	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos:.....	3
1.3. Justificación e importancia.	3
1.3.1 Justificación teórica.....	3
1.3.2 Justificación práctica.....	4
1.3.3 Justificación metodológica.....	4
1.4. Delimitación del Proyecto.	4
1.5 Hipótesis y variables	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO:.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	5
2.2.2 Antecedentes Nacionales.....	6
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1 El cacao en el Perú.	7
2.2.2 Tipos de cacao en el Perú.....	8
2.2.3 Proceso del tostado de cacao.....	10
2.2.4 Tipos de máquinas tostadoras	10
2.2.5 Controlador lógico programable (PLC)	11
2.2.6 Lenguaje Ladder.....	12
2.2.7 HMI.....	12
2.2.8 Motorreductores de corriente alterna	13

2.2.9 Termopar PT100	14
2.2.10 Calculo del volumen y espesor del acero del tambor de tostado.....	14
2.2.11 Cálculos para determinar el espesor del acero de la lámina del tambor de tostado y del secado.	14
2.2.12 Cálculos de dimensiones de la Tolva de alimentación.....	15
2.2.13 Calculo de potencia del motor.....	15
2.2.14 Control PID – Regla de sintonía de ganancia critica en lazo cerrado.	16
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	18
3.1. Método, tipo o alcance de la investigación	18
3.1.1 Método de la investigación	18
3.1.2 Tipo de investigación	18
3.1.4 Diseño metodológico de la investigación.....	18
3.1.5 Definir la tarea.....	19
3.1.6 Determinar el concepto de solución.....	20
3.1.7 Elaboración de conceptos de solución matriz morfológica.....	20
3.1.8 Diseño de proyecto.....	21
3.1.9 Elaboración de detalles.....	22
3.1.10 Simulación.....	22
3.1.11 Solución.....	22
3.2 Materiales y Métodos (aplicación de la ingeniería)	23
3.2.1 Detallar el problema.....	23
3.2.2 Definir la tarea.....	23
3.2.3 Lista de exigencia.....	24
3.2.4 Determinacion del concepto de solucion.....	26
3.2.5 Estructura de función de caja blanca.....	27
3.2.6 Analisis de Solucion matriz morfologica	28
3.2.7 Análisis de solución conceptos técnicos	29
3.2.8 Análisis de solución conceptos económico.....	29
3.2.9 Diseño definido	31
3.2.10 Modelamientos matemático	31
3.2.11 Selección de componentes	41
3.2.12 Plano generales.....	52
3.2.13 Planos específicos	53
3.2.15 Costos de fabricación	54
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1: Presentación de los resultados.....	57

4.2. Discusión de resultados.....	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1: Conclusiones	65
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	67
ANEXOS	70
ANEXO A: PREGRMACION DE PLC	70
ANEXO B: SIMULACION HMI	80
Anexo C: DATASHEET PLC S7-1200 CPU1214C.....	84
ANEXO D: PLANOS DE CONSTRUCCION.....	87

INDICE DE FIGURAS:

<i>Figura 1. Se muestra granos de cacao.</i>	2
<i>Figura 2. Se muestra cosecha de granos de cacao.</i>	8
<i>Figura 3. Se muestra granos de cacao criollo.</i>	8
<i>Figura 4. Se muestra granos de cacao forastero.</i>	9
<i>Figura 5. Se muestra granos de cacao trinitario.</i>	9
<i>Figura 6. Se muestra el tostado de forma manual.</i>	10
<i>Figura 7. Se muestra tostador continuo.</i>	11
<i>Figura 8. Se muestra tostador de tambores giratorios.</i>	11
<i>Figura 9. Se muestra PLC S7 1200</i>	12
<i>Figura 10. Se muestra contactos en lenguaje Ladder.</i>	12
<i>Figura 11. Se muestra HMI.</i>	13
<i>Figura 12. Se muestra motorreductor de velocidad.</i>	13
<i>Figura 13. Se observa un termopar PT100.</i>	14
<i>Figura 14. Función de transferencia de controlador PID.</i>	17
<i>Figura 15. Se muestra la estructura de la metodología adaptada.</i>	19
<i>Figura 16. Se muestra la caja blanca del proceso</i>	20
<i>Figura 17. Se muestra plantaciones de cacao criollo</i>	23
<i>Figura 18. Se muestra una tostadora de cacao semiautomática</i>	24
<i>Figura 19. Se muestra una tostadora de cacao automática</i>	24
<i>Figura 20. Se muestra la caja negra</i>	26
<i>Figura 21. Se muestra el proceso y funciones de la máquina</i>	27
<i>Figura 22. Se muestra el desarrollo de la caja blanca.</i>	27
<i>Figura 23. Se muestra las dimensiones de granos de cacao. (5)</i>	31
<i>Figura 24. Se muestra la tolva principal</i>	34
<i>Figura 25. Se muestra la tolva rectangular.</i>	35
<i>Figura 26. Llave termomagnética Schneider de 2 polos. 16 amperes.</i>	37
<i>Figura 27. Se muestra la estructura principal de la tostadora de cacao</i>	38
<i>Figura 28. Se muestra el análisis de esfuerzo de la estructura principal.</i>	39
<i>Figura 29. Se muestra el factor de seguridad según simulación.</i>	39
<i>Figura 30. Condiciones iniciales de simulación.</i>	40
<i>Figura 31. Simulación térmica del tambor de tueste.</i>	40
<i>Figura 32. Simulación por conducción de las tapas.</i>	41
<i>Figura 33. Se muestra un PLC SIEMENS DE CPU 1212C</i>	44
<i>Figura 34. Se muestra módulo de salidas analógicas de 0 a 10v.</i>	45
<i>Figura 35. Se muestra el HMI</i>	47
<i>Figura 36. Posición del instrumento en el proceso.</i>	48
<i>Figura 37. Control de lazo cerrado.</i>	49
<i>Figura 38. Función de planta de tostadora de cacao</i>	49
<i>Figura 39. Simulación de ganancia limite.</i>	50
<i>Figura 40. Simulación de control estable.</i>	50
<i>Figura 41. Diagrama P&D.</i>	51
<i>Figura 42. Se muestra el plano general.</i>	52
<i>Figura 43. Se muestra la vista explosiva.</i>	53
<i>Figura 44. Se muestra el plano de la estructura principal</i>	53
<i>Figura 45. Análisis de carga de estructura principal</i>	57

<i>Figura 46. Análisis térmico del tambor de tueste.</i>	58
<i>Figura 47. Datos de entradas y salidas.</i>	58
<i>Figura 48. Componentes de automatización</i>	59
<i>Figura 49. Tostadora semiautomática de granos de cacao.</i>	59
<i>Figura 50. Vista frontal de tostadora semiautomática de granos de cacao.</i>	60
<i>Figura 51. HMI de tostadora semiautomática.</i>	60
<i>Figura 52. Tiempo total de tostado de granos en la maquina semi automática.</i>	62
<i>Figura 53. Se muestra el segmento número 1 y 2.</i>	70
<i>Figura 54. Se muestra el segmento número 3.</i>	70
<i>Figura 55. Se muestra el segmento número 4.</i>	71
<i>Figura 56. Se muestra el segmento número 5.</i>	71
<i>Figura 57. Se muestra el segmento número 6.</i>	72
<i>Figura 58. Se muestra el segmento número 7.</i>	72
<i>Figura 59. Se muestra el segmento número 8.</i>	73
<i>Figura 60. Se muestra el segmento número 9.</i>	73
<i>Figura 61. Se muestra el segmento número 10.</i>	74
<i>Figura 62. Se muestra el segmento número 11.</i>	74
<i>Figura 63. Se muestra el segmento número 12.</i>	75
<i>Figura 64. Se muestra el segmento número 13.</i>	75
<i>Figura 65. Se muestra el bloque FB del tostado 1.</i>	76
<i>Figura 66. Se muestra el PID tostado 1 para grano criollo.</i>	76
<i>Figura 67. Se muestra el PID tostado 2 para grano criollo.</i>	77
<i>Figura 68. Se muestra el PID tostado 1 para grano forastero.</i>	77
<i>Figura 69. Se muestra el PID tostado 2 para grano forastero.</i>	78
<i>Figura 70. Se muestra el PID tostado 1 para grano trinitario.</i>	78
<i>Figura 71. Se muestra el PID tostado 2 para grano trinitario.</i>	79
<i>Figura 72. Se muestra el PID de precalentado.</i>	79
<i>Figura 73. Se muestra el encendido de leds indicadores en el HMI.</i>	80

INDICE DE TABLAS:

<i>Tabla 1. Parámetros del controlador PID.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Se muestra la tabla donde se desarrollará la lista de exigencias</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Se muestra la tabla de matriz morfológica</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Se muestra la tabla de evaluación del concepto de solución.</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. En la tabla 4 se desarrolla la lista de exigencias.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6. Se muestra el desarrollo de la matriz morfológica.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Se muestra los análisis técnicos de conceptos de solución</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 8. Se muestra los análisis técnicos económicos de conceptos de solución.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9. Tabla AWG según el amperaje</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 10. Se muestra las variables a usar</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11. Se muestra datos de interés del PLC logo</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 12. Se muestra datos de interés del PLC S7-1200 1212C AC/DC/relé</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13. Signal board SB1232</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 14. Se muestra el módulo de salidas analógicas SM1232</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 15. Se muestra características del HMI KTP700 basic.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 16. Se muestra características del HMI KTP400 basic.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 17. Se muestra el sensor de temperatura RTD PT100.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 18. Se desarrolla los costos tentativos de fabricación</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 19. Se desarrolla los costos de manufactura y mano de obra</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 20. Precio de la tostadora semi automática</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 21. Precio de máquinas en el mercado nacional.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 22. Base de datos de temperatura de tueste</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 23. Precio de la tostadora semi automática</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 24. Precio de máquinas en el mercado.....</i>	<i>62</i>

RESUMEN

La selva central del Perú es tierra fértil y produce muchas variedades de frutos y semillas, siendo una de las principales áreas de siembra de plantaciones cacao a nivel nacional, pero los pequeños agricultores de la zona aún tienen carencias tecnológicas debido a los altos costos de las máquinas tostadoras presentes en el mercado nacional e internacional, en consecuencia, se ven obligados a buscar empresas terceras para el tostado de los granos o vender los granos directamente a los intermediarios a precios muy bajos, reduciendo sus ganancias. Por ese motivo la presente investigación se propone diseñar una máquina semiautomática de 10 kg de capacidad para el proceso de tostado de los granos de cacao. Se ha investigado minuciosamente antecedentes de máquinas existentes en el mercado para reducir los costos de producción, así como también para definir los datos de tostado como la temperatura y el tiempo. En la selva central, se producen principalmente 3 tipos de granos de cacao: los granos criollos, trinitarios y forasteros; en consecuencia, la máquina estará programada para tostar estos 3 tipos de granos; sin embargo, se añadirá una sección donde el operador pueda seleccionar la temperatura y tiempo de tostado durante el proceso. Se ha adaptado una metodología en base a la VDI 2221 para lograr los objetivos planteados como la simulación de la automatización y los esfuerzos de la estructura principal de la máquina. La automatización será mediante el autómata PLC de la marca siemens, se realizó la programación con uso de bloques FC, FB, bloques tecnológicos y para controlar el proceso se instalará una pantalla HMI. Se elaboró los planos de construcción para trabajos futuros y se pueda materializar el proyecto.

ABSTRACT

The central jungle of Peru is fertile land and produces many varieties of fruits and seeds, being one of the main areas of planting cocoa plantations nationwide, but small farmers in the area still have technological deficiencies due to the high costs of roasting machines present in the national and international market, consequently, they are forced to seek third party companies for the roasting of beans or sell the beans directly to intermediaries at very low prices, reducing their profits. For this reason, the present research proposes to design a semi-automatic machine of 10 kg batch for the roasting process of cocoa beans. The background of existing machines in the market has been thoroughly investigated to reduce production costs, as well as to define the roasting data such as temperature and time. In the central jungle, mainly 3 types of cocoa beans are produced: criollo, trinitario and forastero beans; consequently, the machine will be programmed to roast these 3 types of beans; however, a section will be added where the operator can select the roasting temperature and time during the process. A methodology based on VDI 2221 has been adapted to achieve the proposed objectives such as the simulation of the automation and the efforts of the main structure of the machine. The automation will be by means of the PLC automaton of the siemens brand, the programming was carried out with the use of FC blocks, FB, technological blocks and to control the process an HMI screen will be installed. Construction drawings were prepared for future works and the project can be materialized.

INTRODUCCIÓN

La producción de cacao ha crecido significativamente a nivel nacional, sin embargo, en la selva central del Perú los pequeños agricultores tienen problemas con los procesos de postcosechas de los granos de cacao. Se ha identificado que no cuentan con tecnología para el proceso de tostado, aun sabiendo que es el proceso más importante para la producción de chocolate. Por ese motivo, el objetivo principal fue diseñar una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable, por otro lado, se analizó los posibles costos de fabricación y de esta forma ver la viabilidad del proyecto. Asimismo, se realizó las simulaciones requeridas para validar la programación del autómata. Se desarrolló una metodología adaptada, que nos permitió realizar el diseño para validar el trabajo de investigación, Por lo tanto, después de realizar el proyecto, se llegó a la conclusión de que la máquina diseñada tiene un valor menor a las máquinas en el mercado nacional e internacional. El trabajo de investigación está desarrollado en 5 capítulos, en los siguientes párrafos se hace una breve reseña del contenido de cada uno.

El primer capítulo abarco el planteamiento del problema, planteando la situación de los pequeños agricultores de cacao, se dio énfasis a los problemas detectados en la fase del tostado y los altos costos que tienen que asumir los agricultores. Asimismo, se plantea los objetivos y justificación del trabajo de investigación.

En el segundo capítulo, se detalló el marco teórico, también, se realizó una exhaustiva revisión de trabajos de investigación precursores al nuestro, con la misma problemática a nivel internacional y nacional, resaltando los resultados obtenidos para comparar con nuestros resultados al finalizar el trabajo de investigación. Asimismo, se informa sobre las variedades de cacao que se producen en el Perú y los tipos de máquinas existentes en el mercado nacional.

El tercer capítulo se detalla la metodología, siendo nuestro trabajo una investigación tecnológica, la cual tiene como objetivo fundamental generar soluciones en base nuevas invenciones como lo son las máquinas mecatrónicas. Por otra parte, se adaptó una metodología en función a la norma alemana de diseño 2221, esta metodología nos permitió simular el funcionamiento de la máquina diseñada.

El capítulo 4 está compuesto por el análisis y el diseño de solución, en ese capítulo se detalló la matriz morfológica, los conceptos de solución, y los cálculos requeridos para diseñar los elementos mecánicos y de control de la máquina.

En el capítulo final, se presenta la máquina diseñada, ensamblada, asimismo, la simulación del funcionamiento de la programación en el software TIA PORTAL V16. Por último, se detalla la lista de planos para la construcción de la máquina.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema:

El cacao, cuyo nombre científico *Theobroma cacao* L. Se cultiva en áreas tropicales como las amazonas, parte de África Occidental y Asia. Un gran porcentaje de la cosecha de este grano son exportados a naciones con gran industria alimentaria muy desarrollada que producen chocolates (1).

El cacao se cultiva en el Perú de manera importante, la producción de esta semilla se concentra mayormente en los departamentos de: San Martín, Junín, Cusco, Ucayali, Huánuco, Ayacucho y amazonas, la producción de estas regiones llegan a ser el 96% de la producción nacional de este grano. En el año 2020 la producción nacional ascendió a 153 mil toneladas en una superficie de 146,8 mil hectáreas, asimismo, es importante resaltar que el Perú posee el 60% de las variedades del grano de cacao a nivel nacional (1).

En el 2010, el Perú fue nombrado por la ICCO (convenio internacional del cacao) como el segundo país productor y exportador de cacao fino, después de Ecuador. De acuerdo con el estudio elaborado por el ministerio de agricultura y riego (MINAGRI) la producción de cacao en el Perú tiene dos tipos, la primera es el cacao fino que representa el 44% y el otro 56% corresponde al grano de cacao corriente (2).

La Selva central es una de las zonas más importantes en la siembra y producción del grano de cacao, pero también, presentan deficiencias, ya que tienen técnicas rudimentarias de agricultura, asimismo, los pequeños agricultores presentan desorganizaciones en la producción, y esto afecta directamente disminuyendo la rentabilidad y competitividad. Por otra parte, los procesos de postcosecha y de mercado presentan problemas por carencias de infraestructura vial y la poca o nula industrialización de parte de los pequeños agricultores, que viene siendo representadas por comunidades campesinas o agricultores independientes. En consecuencia, el índice de los costos es muy elevado, cuando el pequeño agricultor decide vender su grano tostado, tiene que llevar hasta el distrito de Satipo para que una empresa tercera pueda procesar los granos, este proceso demanda de costos muy elevados. Por ese motivo, en el presente trabajo de investigación tecnológico haremos énfasis en el problema de industrialización de postcosecha de los granos de cacao

producidos por los pequeños agricultores de la Selva central del Perú, ya que se evidenció la precaria infraestructura tecnológica en los agricultores de la zona (2). En consecuencia, el pequeño agricultor se ve obligado a vender su producción de granos a precios muy bajos.

El mundo tecnológico ha permitido automatizar procesos industriales, obteniendo mejores resultados a partir de maximizar la producción y minimizar costos.

Siendo este el motivo principal para diseñar una máquina automática de granos de cacao con capacidad de carga de 10 kg mediante controlador lógico programable, para ver la viabilidad de la construcción y analizar los costos (3).



*Figura 1. Se muestra granos de cacao.
Tomada de Minagri (3)*

1.1.1 Problema General:

De acuerdo con el problema mencionado, ¿De qué manera el diseño de una tostadora semi automática mediante controlador lógico programable de 10 kg de capacidad de bajo costo mejorará la producción de granos tostados de cacao en la Selva central del Perú?

1.1.2. Problemas Específicos:

- a) ¿Como evaluar y determinar el sistema mecánico, eléctrico y electrónico para diseñar los elementos de máquina y modelar la tostadora semi automática de granos cacao?

- b) ¿Cómo controlar el proceso de tueste de los granos de cacao trinitario, criollo y forastero mediante el controlador lógico programable?
- c) ¿Cómo realizar el análisis económico para determinar el costo de la máquina diseñada para evaluar si la construcción es viable?
- d) ¿Como determinar si existe una mejora de producción de granos tostados de cacao con el diseño de la máquina semi automática?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General

Diseñar y modelar una tostadora semi automática mediante controlador lógico programable de granos de cacao de 10 kg de capacidad de bajo costo para mejorar la producción de cacao tostado en la selva central del Perú.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- a) Evaluar y determinar el sistema mecánico, eléctrico y electrónico mediante cálculos matemáticos y software de diseño para diseñar y modelar la máquina.
- b) Desarrollar un programa para el controlador lógico programable y que ejecute el proceso de tostado desde una pantalla HMI con una base de datos para los granos trinitario, criollo y forastero.
- c) Determinar el costo de fabricación de la máquina semi automática y realizar un análisis económico frente a la maquinaria existente en el mercado nacional para determinar la viabilidad de la construcción.
- d) Realizar una evaluación de la cantidad de granos tostados manualmente frente a la cantidad de granos tostados en la máquina en 8 horas de trabajo para validar si existe una mejora de producción con el diseño de la máquina semi automática.

1.3. Justificación e importancia.

1.3.1 Justificación teórica.

La presente investigación tiene como objetivo realizar el diseño de una tostadora de cacao con capacidad de 10 kg con el propósito de automatizar el proceso para de esta formar mejorar la producción de chocolate en pequeños comerciantes en el distrito de Pichanaqui, para elaborar el diseño se tomará en cuenta los conceptos teóricos matemáticos de diseño de máquinas, como también se hará uso de software de diseño

mecánico como autodesk inventor y para la programación se usará el software Tia portal.

1.3.2 Justificación práctica.

El diseño se va a validar mediante una simulación de la parte de automatización, como también la parte mecánica, el trabajo en conjunto de estas dos áreas que nos va permitir realizar el proyecto, asimismo, el diseño debe de seguir rigurosamente las normas técnicas en tanto compete al diseño de máquinas.

1.3.3 Justificación metodológica.

Para el presente trabajo de investigación se ha adaptado una metodología tomando como base la norma alemana de diseño VDI 2221, de esta forma se va a poder realizar la simulación del proyecto para poder validar la automatización.

1.4. Delimitación del Proyecto.

La tostadora diseñada tiene como capacidad máxima 10 kg de granos de cacao, y solo es apta de tostar granos de cacao, más no de otro grano que se producen en la zona, los granos deben estar secos, las condiciones de instalación y montaje de la máquina van a ser importantes para el buen funcionamiento, la máquina debe estar alimentada con 220 volts y debidamente nivelada.

1.5 Hipótesis y variables

¿Se podrá diseñar una tostadora automática de granos de cacao con capacidad de 10 kg mediante controlador lógico programable reduciendo el 30% de los costos de producción en comparación con modelos existentes en la selva central del Perú?

- a) Variable dependiente: Costo de máquinas tostadoras de cacao en la selva central del Perú.
- b) Variable independiente: Diseño de una tostadora semi automática de cacao de 10 kg de capacidad reduciendo el 30% de los costos de producción.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO:

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales.

Cristhian Macaya E. (4) en su trabajo de tesis “Diseño de tostador de granos de cacao basado en un secador rotatorio con capacidad de hasta 10 quintales por día”, 2023; Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Cristhian busca la forma de adaptar una máquina tostadora de cacao a la secadora rotatoria de granos, en su problemática observa que los cacaoteros de la zona del sector de las Paulinas de la provincia de Bolívar que los pequeños agricultores no tienen máquinas de tostado por ese motivo tienen que llevar a otros lugares para venderlos a un menor precio o que les brinden el servicio de tostado, de esta forma Cristian detalla que los costos de producción se elevan o en consecuencia existe pérdida de materia prima debido al mal traslado de los granos. Por esta razón, Cristhian tiene como objetivo el diseño de un tostador de cacao partiendo del funcionamiento de una máquina secadora de cacao rotatorio en un predio rústico de las Paulinas ubicado en la provincia de Bolívar para la generación de valor agregado del producto. El diseño en mención tendrá como metodología la norma alemana VDI 2221, siguiendo a paso a paso todos los aspectos que la norma propone. Al finalizar el proyecto de diseño Cristian concluye que construir la maquinaria permitirá tostar 10 quintales de cacao y el costo de la inversión sería de 10 300 USD, lo que resulta más cómodo que adquirir una tostadora convencional, asimismo, nos detalla los planos de construcción y las simulaciones de mecánicas.

Gerardo Solorzano M y Cristopher López G (5) en su trabajo de investigación “Diseño de una tostadora de cacao para productores minoristas”; 2023; Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. En el trabajo de tesis se buscará realizar el diseño óptimo para construir una tostadora de cacao para la empresa chocotics, los parámetros de diseño serán seleccionados de acuerdo con los requerimientos de la empresa, el proyecto comienza con una comparativa entre las máquinas de lecho fluidizado y las tostadoras de tambor. La

problemática del trabajo de investigación nos detalla que las pequeñas empresas chocolateras en el Ecuador no tienen los recursos suficientes para adquirir maquinaria especializadas. Por ese motivo, el objetivo principal del trabajo de tesis es diseñar una máquina tostadora de cacao de bajo costo para productores minoristas, asimismo, se debe cumplir con ciertos requisitos, como, por ejemplo, la máquina debe cumplir los estándares y regulaciones que son exigidas por la industria alimentaria, se debe controlar la temperatura de tostado para no perder la materia prima, la capacidad de tostado debe ser de 20 kg por proceso. Después de elaborar el proyecto los investigadores concluyeron que si es viable construir una tostadora de cacao que sea accesible para los micro productores en el Ecuador, el diseño de la tostadora se adaptó a cada una de las exigencias de los micro productores, de esta forma se busca ofrecer una máquina fiable, funcional y accesible.

Juan Mayorca G. (6) en su tesis para optar por el grado de ingeniero electromecánico “Implementación de una máquina horno tostador de cacao con capacidad de 15 kg para la producción de chocolate en la asociación de campesinos Lamanenses del cantón la Mana”; 2022; La Mana, Ecuador. Juan, observa que una de las actividades económicas principales de la asociación es la producción de chocolate, pero lo realizan de manera tradicional, en consecuencia, la producción no está maximizada, durante la producción de chocolate se tiene que pasar por varios procesos, el objetivo este trabajo de investigación es agilizar el proceso de tostado diseñando y construyendo una máquina de horno tostador de cacao con una capacidad de 15 kg, asimismo, se busca identificar los diferentes procesos del tostado del grano, diseñar la máquina de acuerdo a los requerimientos técnicos de la asociación como también hacer las pruebas de funcionamiento. Al finalizar el trabajo llegaron a las siguientes conclusiones, que existen muchas formas de tostar el grano de cacao mediante máquinas tostadoras continuas, discontinuas, con resistencias eléctricas y demás, se logró construir la máquina de acuerdo a los requerimientos y usando acero inoxidable como exige la industria alimentaria, durante las pruebas de funcionamiento determinaron que para una mejor que para obtener un mejor tostado la máquina debería trabajar entre una temperatura de 110° C y 130° C.

2.2.2 Antecedentes Nacionales.

Apasa Larico E. (7) en su artículo científico “Diseño y construcción de un prototipo automatizado de máquina tostadora de café para productores de la provincia de Carabaya - región Puno”, 2020; Universidad Andina Néstor Cáceres Velázquez. Apasa llega a identificar un problema en los pequeños productores de café de la provincia de Carabaya, observa que los agricultores aún vienen tostando sus granos de manera artesanal, en consecuencia, tienen mucha pérdida debido a que no llegan a tostar los granos a la

temperatura adecuada y por consiguiente los granos salen más amargos, otra consecuencia es el alto costo producción debido a la cantidad de días que les toma tostar en pequeñas canallas. Después de analizar el problema, Apasa Larico propone diseñar una tostadora automatizada para reducir el tiempo de tostado, la cantidad de personas que hacen el trabajo de tostado y sobre todo tener un buen tueste de café para brindar una buena calidad a sus clientes. Apasa, identifica los objetivos del proyecto, la máquina debe estar construida en acero inoxidable de calidad 304, asimismo, debe poseer un software que facilite la supervisión del proceso de tueste. Al finalizar el trabajo, se llegó a cumplir los objetivos específicos del proyecto, y se realizó las pruebas necesarias validando el diseño, sin embargo, el software no era del todo confiable debido a que Apasa no considero las interferencias q emitidas por las vibraciones de la máquina, por eso recomienda, cambiar el tipo de motor de alta revoluciones por minutos a un motorreductor.

Beethssy Hurtado Soria. (8) en su trabajo de investigación “Optimización del tostado de cacao (teobroma cacao L.) en estufa y tambor para retención de polifenoles aplicando superficie de respuesta”; 2023; Universidad Nacional Agraria la Molina Beethssy, asegura que la perdida de polifenoles al momento del tostado es lo que genera la pérdida de un buen aroma y sabor en los chocolates, por ese motivo, investigo acerca de los cambios químicos que sufren los granos de cacao en dos diferentes procesos de tostado como el tostado en tambor giratorio y mediante una estufa, la investigación se centra en analizar la perdida de polifenoles y las consecuencias que traen en el aroma y sabor. Los objetivos específicos que planteo fueron los siguientes; validar los valores de temperatura y tiempo de tostado de los granos; caracterizar física, química y microbiológicamente los cambios al momento de tostar los granos de cacao, después de realizar la toma de muestra y analizar los datos en los laboratorios de la facultad de industrias alimentarias de la Universidad Nacional Agraria la Molina , la investigadora llego a las conclusiones en que la temperatura óptima del tostado es de 130° c y el tiempo adecuado es de 11 minutos, Beethssy recomienda esas condiciones para conservar los polifenoles y evitar propiedades antioxidantes al momento de procesar los granos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1 El cacao en el Perú.

El día 1 de octubre se celebra el día del cacao y chocolate, el país se encuentra en el tercer lugar como exportador de materia orgánica de granos de cacao, Asimismo, el Perú ofrece una amplia variedad genética de este grano, pero la variedad más producida es la CCN51 ya que representa una mayor rentabilidad económica para los productores, cabe

señalar que la región San Martín posee la mayor área dedicada a la producción de este grano. En la *Figura 2*. Se muestra cosecha de granos de (8).



Figura 2. Se muestra cosecha de granos de cacao, tomada de Ministerio de Agricultura (8)

2.2.2 Tipos de cacao en el Perú

Criollo: Esta variedad de cacao tiene origen en América *Figura 3*. Se muestra granos de cacao criollo. En los países que comparten territorio amazónico, esta variedad proviene de árboles de crecimiento lento y muy susceptibles a sufrir de plagas, lo que hace su cultivo bastante difícil, la producción mundial de esta variedad está representada solo entre el 5% y 8%, es por esto que se convierte en uno de los mejores cacaos del mundo y su demanda es alta en mercados internacionales, el fruto que posee es dulce, por eso, produce un chocolate de menor amargor y gran calidad, asimismo, presenta sabores suaves, delicados y tiene aromas intensos (9).



Figura 3. Se muestra granos de cacao criollo. Tomada de catálogo de cacaos del Perú (9)

Forastero: Esta variedad de grano de cacao es fuerte, presenta un sabor amargo con una ligereza de acides, posee un gran aroma, pero no presenta diversidad de sabores. Sin embargo, a diferencia de los granos criollos, el árbol de cacao forastero es vigoroso, fuerte lo que le hace resistente a las enfermedades, en el Perú se usa este grano para elaborar chocolates corrientes, debido a que este grano tiene una cosecha precoz y los costos de cultivo no son tan elevados en la *Figura 4. Se muestra granos de cacao forastero.* (9).



*Figura 4. Se muestra granos de cacao forastero.
Tomada de catálogos de cacao del Perú (9)*

Trinitario: Este grano de cacao es el resultado híbrido de los granos criollos y forasteros, posee una mayor resistencia a las plagas que el grano criollo, y a la vez es más aromático y menos amargo que el forastero. Este grano tiene una gran popularidad entre los productores debido a que posee una alta tasa de productividad, en la *Figura 5. Se muestra granos de cacao trinitario.* (9).



*Figura 5. Se muestra granos de cacao trinitario.
Tomada de catálogo de cacao del Perú (9).*

2.2.3 Proceso del tostado de cacao

El proceso de tostado de los granos es uno de los más importantes, ya que, gracias a este se le da el profundo aroma a chocolate, asimismo, ayuda a deshacerse de la cascarilla, como también, elimina los microorganismos que pueden estar presentes en los granos. Es importante que previamente al tostado de los granos se lleve una selección según tamaño para obtener un tostado homogéneo. El tiempo de tostado está entre los 20 y 45 minutos, la temperatura se debe encontrar entre los 95° C y 140 ° C, esto va a variar dependiendo el tipo de grano, el tamaño de los granos y es importante considerar la humedad del ambiente, si este proceso de tostado es el adecuado, los granos irán adquiriendo el aroma y sabor adecuado para elaborar un chocolate de calidad. En la actualidad, muchos pequeños agricultores de cacao en la selva central del Perú aun vienen tostado los granos de forma manual a falta de tecnología, en consecuencia, al día pueden llegar a tostar 10 kilogramos, lo que conlleva a una baja producción. En la *Figura 6. Se muestra el tostado de forma manual.* Donde se observa las pequeñas cantidades que se tuestan por un tiempo aproximado de 2 horas desde el precalentado hasta el tueste final.



*Figura 6. Se muestra el tostado de forma manual.
Tomado de: Poscosecha de cacao (9)*

2.2.4 Tipos de máquinas tostadoras

Tostador continuo: El tostador de inducción tiene como principio insertar aire caliente a la superficie de los granos, de esta manera se logra obtener un tostado homogéneo en la *Figura 7. Se muestra tostador continuo.* El aire caliente se obtiene desde una resistencia eléctrica o un quemador, este mecanismo permite eliminar la humedad de los granos para ir secándolos y tostando de manera homogénea (10).



*Figura 7. Se muestra tostador continuo.
Tomada de Vulcano tec (10).*

Tostador discontinuo: El tostador de tambores giratorios en la *Figura 8. Se muestra tostador de tambores giratorios.* Es un mecanismo que está accionado por un motor eléctrico, asimismo, el calor será generado por quemadores de gas que van instalado en la parte inferior de la máquina, el calor tiene un contacto directo con los granos (11).



*Figura 8. Se muestra tostador de tambores giratorios.
Tomada de Vulcano tec (11).*

2.2.5 Controlador lógico programable (PLC)

Los PLC's son componentes electrónicos basados en microprocesadores que permite la automatización de procesos industriales, en la *Figura 9. Se muestra PLC S7 1200*, el uso de controladores surge a raíz de la necesidad de automatizar procesos para maximizar la

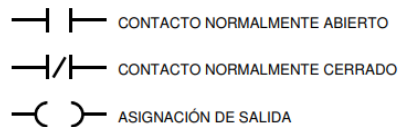
producción en la década de los 70'. En la actualidad, casi todos los controladores se configuran y programan mediante un software que proporciona la marca del autómata de esta forma se puede crear programas de control de procesos (12).



*Figura 9. Se muestra PLC S7 1200
Tomada de Digikey(12).*

2.2.6 Lenguaje Ladder

Es un lenguaje que está derivado del lenguaje de lógica en relés en la *Figura 10. Se muestra contactos en lenguaje Ladder.*, mediante símbolos representa contactos, boninas, temporizadores, contadores y demás componentes. Una de las ventajas que posee es que están normalizados de acuerdo con la norma IEC (13).



*Figura 10. Se muestra contactos en lenguaje Ladder.
Tomada de Educación urbana (13).*

2.2.7 HMI

El HMI o también conocido como interfaz hombre máquina en la *Figura 11. Se muestra HMI.*, sirve para que el operador ingrese al panel de control, es una herramienta que en su mayoría los operarios y supervisores de líneas utilizan para coordinar y controlar los procesos, los sistemas HMI son especialistas en mostrar información del proceso en tiempo real de los motores, las válvulas, los sensores, los tanques y demás instrumentos que están instalados en el proceso (14).

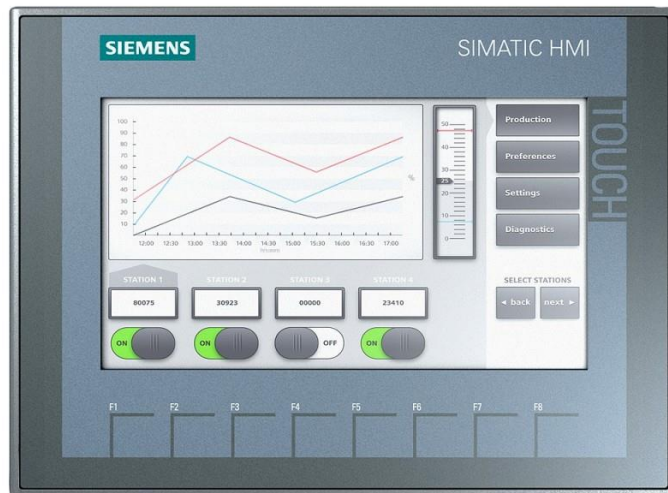


Figura 11. Se muestra HMI.

Tomada de Aveva.(14).

2.2.8 Motorreductores de corriente alterna

Son unidades que se encargan de regular la velocidad de los motores en la *Figura 12. Se muestra motorreductor de velocidad.* Por lo general permite que pasen de altas velocidades a bajas sin dañar el mecanismo, para que de esta forma puedan funcionar con un ritmo determinado, asimismo, en su mecanismo poseen un reductor de velocidad (15).

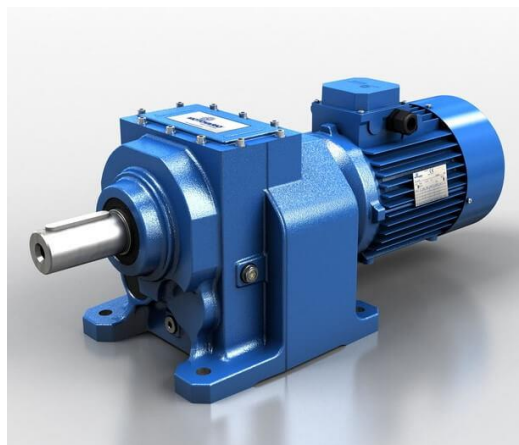


Figura 12. Se muestra motorreductor de velocidad.

Tomada de transmisores (15).

2.2.9 Termopar PT100

El termopar es un sensor de temperatura muy útil y que se usa en diferentes procesos debido al tamaño, la precisión y el rango de trabajo que tiene. Además, son muy fáciles de instalar, en el mercado existen diferentes tipos de termopares, se puede diferenciar entre un tipo y otro por los extremos y sus colores de cable, cada termocupla tiene diferentes características de funcionamiento. En la figura 12 se puede observar una termocupla de tipo PT100 (16).



*Figura 13. Se observa un termopar PT100
Tomada de mastersi (16).*

2.2.10 Calculo del volumen y espesor del acero del tambor de tostado

Para dimensionar el volumen de la semilla se usará la siguiente ecuación.

$$V_s = \frac{4}{3} \pi * a * b * c \quad (1)$$

2.2.11 Cálculos para determinar el espesor del acero de la lámina del tambor de tostado y del secado.

El cálculo para determinar el espesor de la plancha de acero del tambor de tostado será mediante la siguiente ecuación.

$$T_d = P * \frac{r}{St} \quad (2)$$

$T_d = \text{espesor de la placa}$

$P = \text{presion del contenido}$

$St = \text{resistencia mecanica del material}$

$r = \text{radio del cilindro}$

2.2.12 Cálculos de dimensiones de la Tolva de alimentación

Para la tolva de alimentación se está considerando una tolva piramidal truncada, la cual dimensionaremos con la siguiente ecuación (5).

$$3v_t = \frac{h}{3}(A_1 + A_2) + \sqrt{A_1 * A_2} \quad (3)$$

$v_t = \text{volumen total}$

$h = \text{altura}$

$A_1 = \text{area mayor}$

$A_2 = \text{area menor}$

2.2.13 Cálculo de potencia del motor

Para hacer una correcta selección del motor, se debe hallar el torque requerido

$$T = W_G + T_t \quad (4)$$

$T = \text{Torque}$

$W_G = \text{peso de los granos}$

$T_t = \text{Radio exterior del tambor}$

Para calcular la potencia del motor principal se debe tomar la siguiente fórmula matemática.

Asimismo, se considerará una velocidad de 40 rpm, este dato se obtuvo del trabajo de investigación de (4)

$$5p = T * np = T * n \quad (6)$$

$p = \text{potencia mecanica}$

$T = \text{Torque}$

$T = \text{velocidad angular}$

- Cálculo de la potencia corregida

$$P_{\text{corregido}} = p * f_{\text{servicio}} \quad (7)$$

$P_{\text{corregido}} = \text{potencia corregida}$

$p = \text{potencia}$

$f_{\text{servicio}} = \text{factor de servicio}$

- Cálculo de selección del conductor

$$I = \frac{P}{V * n * \cos \phi} \quad (7)$$

$I = \text{intensidad de corriente.}$

$V = \text{voltaje}$

$n = \text{eficiencia}$

Coseno de ϕ

2.2.14 Control PID – Regla de sintonía de ganancia crítica en lazo cerrado.

Para determinar los valores del controlador PID, se usará la función de planta determinada para una tostadora de granos de cacao mediante quemadores, en la *Tabla 1. Parámetros del controlador PID* se observa los parámetros para el cálculo de los valores del controlador.

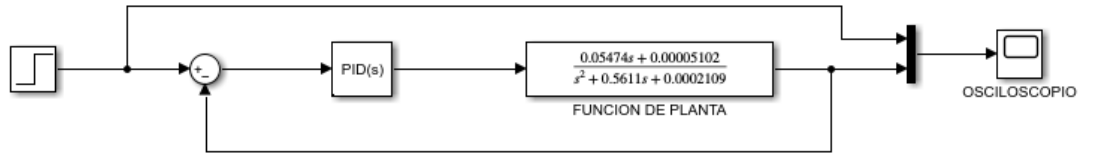


Figura 14. Función de transferencia de controlador PID

Tabla 1. Parámetros del controlador PID

Controlador	k_p	k_i	k_d
P	$0.5k_c$		
PI	$0.45k_c$	$\frac{0.54k_c}{t_c}$	
PD	$0.8k_c$		$0.075k_c * t_c$
PID	$0.59k_c$	$\frac{1.18k_c}{t_c}$	$0.075k_c * t_c$

k_p = ganancia porporcional

k_i = ganancia integral

k_d = ganancia derivativa

Se debe dar valores de 0 a la ganancia derivativa k_d y a la ganancia integral k_i , vamos aumentando paulatinamente los valores de la ganancia proporcional k_p hasta buscar estabilizar el proceso, determinamos que la temperatura de set point es de 150° C para la simulación.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

El método empleado en el presente trabajo de investigación será el método científico, debido a que seguiremos rigurosamente los pasos que propone, el trabajo de investigación debe ser de carácter riguroso, objetivo, progresivo, racional y verificable. Asimismo, se adaptará una metodología que nos permita validar el prototipo en base a la norma alemana de diseño VDI 2221(17).

3.1.2 Tipo de investigación.

La investigación tecnológica es un tipo de investigación que busca solucionar problemas a partir de invenciones como son las máquinas mecatrónicas, de esta forma contribuye conocimientos para solucionar necesidades, este tipo de investigación es puramente experimental ya que se tiene que hacer los cálculos correspondientes, diseñar y validar la investigación mediante un prototipo (18).

3.1.3 Diseño metodológico de la investigación

La metodología empleada en el presente trabajo de investigación será una metodología adaptada como se muestra en la *Figura 15. Se muestra la estructura de la metodología*

adaptada. En base a la norma alemana de diseño VDI 2221, la adaptación nos va a permitir simular el diseño.

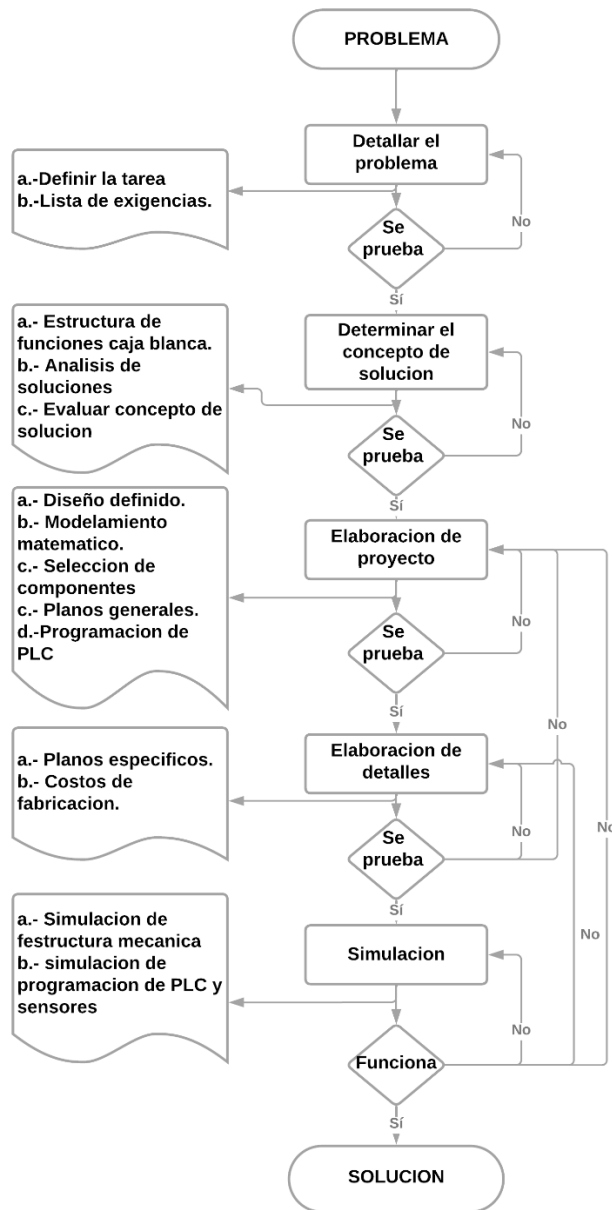


Figura 15. Se muestra la estructura de la metodología adaptada.

3.1.4 Definir la tarea

En esta etapa se debe elaborar la lista de exigencias definiendo características de la máquina a diseñar, asimismo, delegar funciones y responsables, como también, se debe planificar el proyecto en la *Tabla 2*. Se muestra la tabla donde se desarrollará la lista de exigencias

Tabla 2. Se muestra la tabla donde se desarrollará la lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO	Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú		FECHA:9/03/2024
			ELABORADO: Henry Garcia Canales
Nº	D/E	DESCRIPCION	ENCARGADO

3.1.5 Determinar el concepto de solución

En esta etapa se determinará e identificar la estructura de funciones, se debe elaborar los conceptos de solución idóneos para la matriz morfológica. En este periodo se elabora las operaciones secuencialmente como se muestra en *Figura 16. Se muestra la caja blanca del proceso*

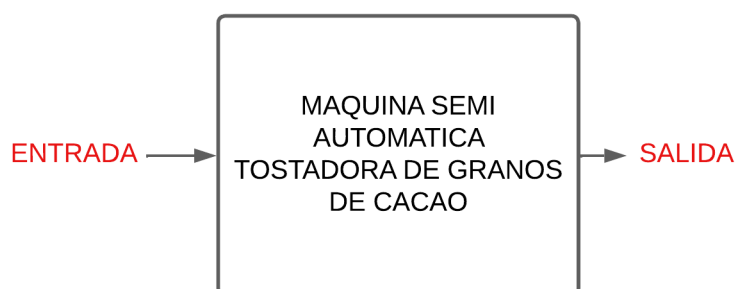


Figura 16. Se muestra la caja blanca del proceso

3.1.6 Elaboración de conceptos de solución matriz morfológica

La elaboración de la matriz morfológica provee de diferentes conceptos de solución para poder generar los procesos de solución. En la *Tabla 3. Se muestra la tabla de matriz morfológica.*

Tabla 3. Se muestra la tabla de matriz morfológica.

MATRIZ MORFOLOGICA				
Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú.				
Nº	ITEMS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	IT1	S1 1	S2 1	S3 1
2	IT2	S1 2	S2 2	S3 2
3	IT3	S1 3	S2 3	S3 3
4	IT4	S1 4	S2 4	S3 4
5	IT5	S1 5	S2 5	S3 5

3.1.7 Diseño de proyecto

En esta etapa se debe analizar el concepto de solución en base de los criterios técnicos y económicos, asimismo, se debe realizar los cálculos estructurales mecánicos, la programación del controlador lógico programable, se debe realizar los planos generales, como también diseñar el sistema mecánico y de automatización de la máquina en la *Tabla 4. Se muestra la tabla de evaluación del concepto de solución.*

Tabla 4. Se muestra la tabla de evaluación del concepto de solución.

ANÁLISIS TÉCNICO DE CONCEPTOS DE SOLUCIÓN							UC	
Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú.								
Características principales		Solucion 1			Solucion 2		Solucion 3	
Criterios de evaluacion		G	P	GP	P	GP	P	GP
1	Funcion principal							
2	Material							
3	Energia							
4	Software							
5	Control							
6	Comunicación							
7	Montaje							
8	Seguridad							
9	Uso							
10	Transportacion							
11	Puntaje maximo							
12	Puntaje maximo							

3.1.8 Elaboración de detalles

En esta fase se debe realizar el plano de despiece, plano de las vistas ensambladas y los costos de fabricación, por otro lado, los diagramas de cableado del controlador lógico programable, los sensores, y detallar la programación del PLC.

3.1.9 Simulación

Se debe simular el funcionamiento de la estructura en un software CAM, analizar la resistencia de esta y validar el diseño, asimismo, se debe realizar la programación del controlador lógico programable y simular en funcionamiento mediante PLS SIM.

3.1.10 Solución

Se debe validar los resultados de acuerdo con los objetivos específicos, la lista de exigencias y las normativas de diseño, para sustentar la viabilidad del proyecto.

3.2 Materiales y Métodos (aplicación de la ingeniería)

3.2.1 Detallar el problema

Los pequeños agricultores de granos de cacao de la selva central del Perú se ven obligados a tercerizar el servicio de tostado, llegando a pagar altos precios, otro problema que surgen al y trasladar los granos desde la zona de cultivo hasta la planta de procesamiento, debido a que muchos agricultores tienen sus chacras en zonas alejadas sin fácil acceso en la *Figura 17. Se muestra plantaciones de cacao criollo*, lo que eleva los costos de producción. En consecuencia, muchos agricultores optan por vender sus granos secos a precios muy bajos, siendo los revendedores los más beneficiados. Por este motivo, se ha visto necesario desarrollar una máquina a bajo costo en comparación con las máquinas existentes en el mercado (20).



*Figura 17. Se muestra plantaciones de cacao criollo
Tomada de agraria.pe. (20).*

3.2.2 Definir la tarea

- Tostadora 10 kg BATCH – marca FIMAC

La empresa FIMAC, empresa líder en el diseño de tostadoras de granos de cacao y café en la selva central ofrece entre sus productos el diseño innovador de una tostadora de cacao de 10 kg, elaborada en acero AISI 304, el tipo de combustión es de gas propano, actualmente la empresa tiene 3 presentaciones del equipo, el equipo principiante presenta el control mediante pulsadores y lógica cableada y muchas de las funciones son manuales, la máquina amateur es semi automática con variadores de frecuencia, controladores del flujo de gas y la máquina más completa es el experimentado, este diseño está automatizado mediante PLC y posee un software Artisan para visualizar el proceso de tostado (21).



*Figura 18. Se muestra una tostadora de cacao semiautomática
Tomada de FIMAC (21)*

➤ Tostadora ERTC- marca IMSA

IMSA PERU tiene el diseño de una tostadora de cacao convencional, el control de la máquina es mediante lógica cableada, el material en el que está construido es INOX 304, posee una cámara de enfriamiento automático, un ventilador centrífugo para lograr un enfriamiento rápido, asimismo, posee un horno especial de doble aislamiento(22).



*Figura 19. Se muestra una tostadora de cacao automática
Tomada de: IMSA (22)*

3.2.3 Lista de exigencia

Para el desarrollo de diseño de la máquina se debe cumplir ciertos requerimientos por ese motivo en la tabla 4 se detalla la lista de exigencias y deseos que debe cumplir la máquina a diseñar. Tabla 5. En la tabla 4 se desarrolla la lista de exigencias.

Tabla 5. En la tabla 4 se desarrolla la lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS			
PROYECTO		Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú	FECHA:9/03/2024 ELABORADO: Henry Garcia Canales
Nº	D/E	DESCRIPCION	ENCARGADO
1	E	Funcion Principal: Tostar los granos secos de cacao.	Henry Garcia Canales
1	E	Mecanismo: El mecanismo debe ser de facil ensamblaje para facilitar el mantenimiento y limpieza.	Henry Garcia Canales
1	E	Seguridad: Los sistemas mecanicos y electronicos deben tener componentes y elementos de maquinas destinados a prevalecer la seguridad de los operarios	Henry Garcia Canales
1	E	Ergonomia: El diseño debe ser realizado de acuerdo a los criterios ergonomicos, para evitar dolencias y posturas incomodas.	Henry Garcia Canales
1	E	Energia: La maquina debe ser alimentada por una red electrica monofasica de 220 v.	Henry Garcia Canales
1	E	Controlador: Se debe usar un controlador logico programable con modulos de entradas analogicas capaz de llevar a cabo los procesos.	Henry Garcia Canales
1	E	Software: Se debera usar un software compatible con el controlador.	Henry Garcia Canales
1	E	Comunicación: La interacion entre el operador y la maquina debe ser sencilla y de facil entendimiento.	Henry Garcia Canales
1	E	Señales: Las señales de puesta en marcha, parada de emergencia y apagado de la maquina deser ser por pulsadores,sensores y HMI.	Henry Garcia Canales
1	D	El diseño debería ser accionado mediante un dispositivo remoto.	Henry Garcia Canales

3.2.4 Determinación del concepto de solución

➤ Proceso de sujeción -caja negra

En esta estructura se debe posicionar las entradas y salidas según su correspondencia en cada función como se muestra en la *Figura 20*. Se muestra la *caja negra*.



Figura 20. Se muestra la caja negra

➤ Determinar las funciones

Alimentar: Se debe alimentar la máquina únicamente con granos de cacao secos, una cantidad máxima de 10 kg.

Energizar: La máquina debe ser alimentada por una red monofásica de 220, y un balón de gas de 10 kg para poder realizar el proceso de combustión.

Control: La etapa de control será mediante un controlador lógico programable, (PLC) y un HMI.

Electroválvula: La electroválvula deberá regular en ingreso de gas para de esta forma llegar a la temperatura adecuada de tostado.

Motorreductor: El motor reductor debe ser de bajas RPM para lograr un tostado uniforme.

Proceso de tostado: Da inicio el proceso de tostado de los granos de cacao, durante el proceso el tambor debe de tener ligeros movimientos para poder lograr un tostado uniforme.

Descarga: Al terminar el proceso los granos de cacao deben quedar tostados de una forma uniforme, el proceso de retirar los granos de cacao de la máquina será de una forma manual.

➤ Asociar las funciones

En esta etapa se busca asociar las funciones de una manera entendible, detallando cada etapa del proceso que debe cumplir la máquina en la *Figura 21*. Se muestra el proceso y funciones de la máquina.

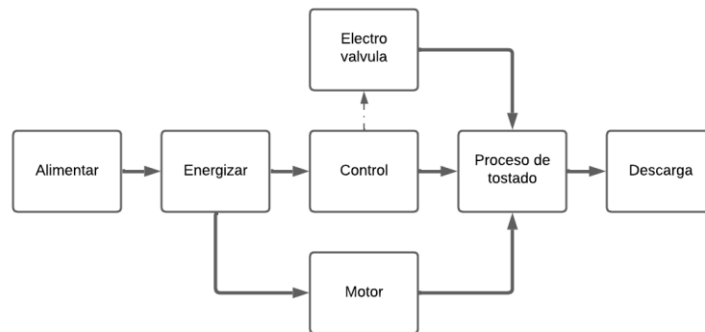


Figura 21. Se muestra el proceso y funciones de la máquina

3.2.5 Estructura de función de caja blanca

Se identifica los procesos con la finalidad de reconocer posibles problemas, en la

Figura 22. Se muestra el desarrollo de la caja blanca.

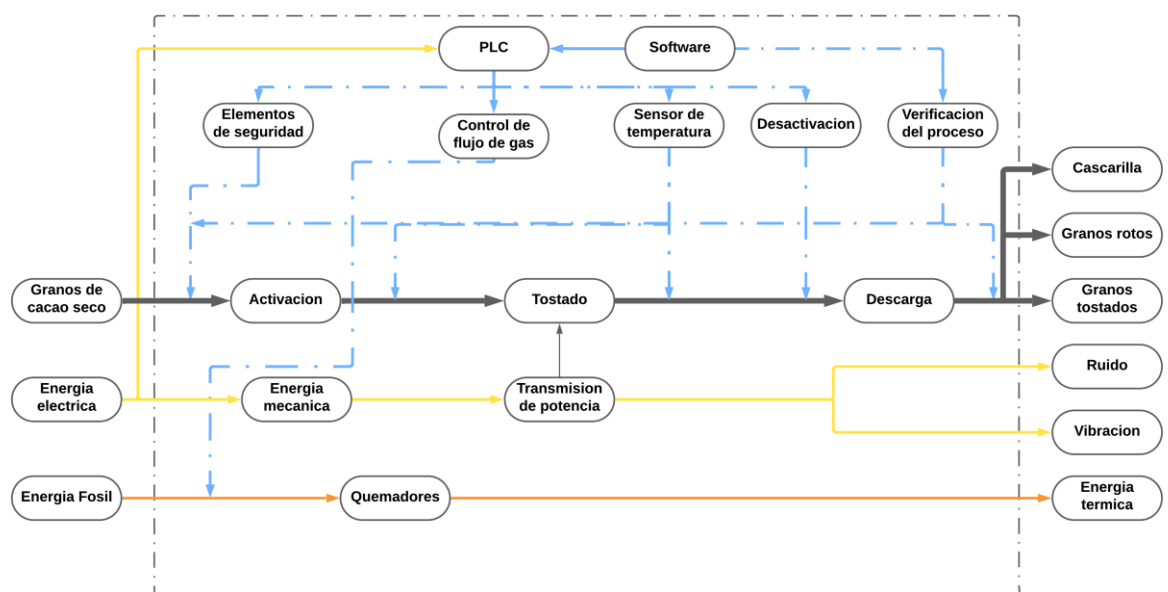





























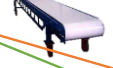






Figura 22. Se muestra el desarrollo de la caja blanca.

3.2.6 Análisis de Solución matriz morfológica

En la Tabla 6. Se muestra el desarrollo de la matriz con los posibles conceptos de solución de acuerdo a la lista de exigencias.

Tabla 6. Se muestra el desarrollo de la matriz morfológica

MATRIZ MORFOLOGICA				
Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú				
Nº	ITEMS	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
1	Energía eléctrica	Batería 24 v 	Red eléctrica 220 v 	Grupo electrogeno 
2	Activación	Pulsadores 	HMI 	Laptop 
3	Elementos de seguridad	Pulsador de emergencia 	Sensor fotoeléctrico 	Limitador de carrera 
4	Energía mecánica	Motor eléctrico monofásico 	Servo motor 	Motoreductor eléctrico 
5	Controlador lógico programable	PLC S7 1200 Siemens 	Arduino 	PLC Logo V8 Siemens 
6	Software	Tia portal 	Arduino 	Logo Soft 
7	Sensor de temperatura	TH11 	LM38 	PT100 
9	Control de flujo de gas	Valvula ONN/OFF 	Valvula de control 	
10	Quemadores	Hornillas industriales 	Resistencia eléctrica 	
12	Verificación del proceso	HMI 	Laptop 	Smart phone 
13	Descarga	Operador 	Faja transportadora 	Elevador de gangilones 
14	Desactivación	Pulsadores 	Laptop 	HMI 
		Concepto de solución 3	Concepto de solución 2	Concepto de solución 3

3.2.7 Análisis de solución conceptos técnicos

En la *Tabla 7. Se muestra los análisis técnicos de conceptos de solución* de acuerdo con la metodología adaptada de la norma de diseño VDI 2221, el diseño más adecuado será aquel que se acerque más al valor técnico ideal.

Los puntajes estarán comprendidos en un rango de evolución de 0 a 4.

0	1	2	3	4
No satisface	Casi aceptable	Suficiente	Aceptable	Muy aceptable

Tabla 7. Se muestra los análisis técnicos de conceptos de solución

ANALISIS TECNICO DE CONCEPTOS DE SOLUCION								UC
Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú.								
Características principales		Solucion 1			Solucion 2		Solucion 3	
Criterios de evaluacion		G	P	GP	P	GP	P	GP
1	Funcion principal	9	4	36	4	36	4	36
2	Material	7	3	21	4	28	2	14
3	Energia	6	4	24	2	12	1	6
4	Software	7	4	28	2	14	2	14
5	Control	7	3	21	4	28	3	21
6	Comunicación	9	3	27	3	27	2	18
7	Montaje	9	3	27	4	36	1	9
8	Seguridad	9	3	27	3	27	1	9
9	Uso	9	4	36	2	18	1	9
10	Transportacion	7	2	14	1	7	0	0
11	Puntaje maximo	79	33	261	29	233	17	136
12	Puntaje maximo			261		233		136

3.2.8 Análisis de solución conceptos económico

En la *Tabla 8. Se muestra los análisis técnicos económicos de conceptos de solución* el diseño más adecuado será aquel que se acerque más al valor técnico ideal.

Tabla 8. Se muestra los análisis técnicos económicos de conceptos de solución

ANÁLISIS TÉCNICO DE CONCEPTOS DE SOLUCION							UC	
Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador lógico programable para mejorar la producción en la selva Central del Perú.								
Características principales		Solucion 1			Solucion 2		Solucion 3	
Criterios de evaluacion		G	P	GP	P	GP	P	GP
1	Funcion principal	7	4	28	2	14	4	28
2	Material	7	3	21	2	14	2	14
3	Energía	6	4	24	3	18	1	6
4	Software	6	4	24	2	12	1	6
5	Control	7	3	21	2	14	0	0
6	Comunicación	8	3	24	4	32	1	8
7	Montaje	5	3	15	1	5	2	10
8	Seguridad	6	3	18	0	0	3	18
9	Uso	7	4	28	1	7	3	21
10	Transportacion	6	2	12	3	18	0	7
11	Puntaje maximo	65	33	215	20	134	17	118
12	Puntaje maximo			215		134		118

➤ Determinación del diseño preliminar

Mediante los análisis técnicos se determinó que el concepto de solución 1 es ideal para el diseño de la tostadora semi automática de granos de cacao bajo las siguientes características:

La máquina debe ser alimentada por una red eléctrica monofásica de 220 volts, el proceso de activación podrá ser desde un tablero eléctrico mediante pulsadores como también desde el HMI, se implementará elementos de seguridad como pulsadores de emergencia, la energía mecánica será proporcionada mediante un motorreductor para lograr los giros lentos en la tostadora, la relación de transmisión estará dada por una caja reductora.

La etapa de control será mediante un PLC s71200 con CPU 1214 AC/DC/ RELAY de la marca siemens el cual será debidamente programado mediante su software oficial tia portal, se debe requerir un módulo de salidas analógicas para controlar la temperatura y el flujo de gas, asimismo, se usara un HMI para poder supervisar y controlar algunas variables del proceso, los sensores a usar serán una termocupla para poder lograr el set point de la temperatura, un sensor tipo switch para lograr determinar la capacidad máxima de la tostadora, el proceso de combustión será a

gas, por ese motivo se implementará una electroválvula que nos permitirá regular la entrada del gas y se usara hornillas industriales.

La descarga de los granos tostados será llevada de forma tradicional, un operario debe retirar los granos de la tolva de descarga.

3.2.9 Diseño definido

- El diseño debe de cumplir con las exigencias y los objetivos específicos.
- Se debe determinar mediante cálculos matemáticos el diseño de la máquina tostadora de cacao.
- Se debe realizar el diseño de la tostadora con una capacidad de 10 kg de capacidad.
- Se debe desarrollar la programación del controlador lógico programable en el software Tia portal.
- Se debe validar el funcionamiento de la tostadora mediante simulación con software de ingeniería.

3.2.10 Modelamientos matemático

- Cálculos para determinar el volumen y espesor del tambor

De acuerdo con los objetivos del proyecto de investigación el volumen del tambor debe albergar 10 kg de granos de cacao, así que, se tomara datos de una de las medidas de los granos de caco en promedio de una investigación de la universidad Politécnica del norte en Ecuador, se ha observado que para que se obtenga granos de cacao tostado uniformemente y sin romperse el volumen de los granos a tostar deben ser el 40% del volumen total del tambor (4).

En la *Figura 23. Se muestra las dimensiones de granos de* De acuerdo, a un estudio realizado en ecuador.

Cultivares de cacao	Variables		
	Largo (mm)*	Ancho (mm)*	Espesor (mm)*
Nacional Ecuador	21.96 ± 0.13 ^c	12.32 ± 0.17 ^b	8.19 ± 0.09 ^a
CCN 51 Ecuador	22.45 ± 0.32 ^{bc}	12.79 ± 0.16 ^b	8.24 ± 0.36 ^a
CCN 51 Perú	24.97 ± 0.40 ^a	13.80 ± 0.89 ^a	9.78 ± 0.94 ^a
ICS 6 Perú	23.39 ± 1.24 ^b	12.82 ± 0.34 ^b	9.32 ± 1.38 ^a

Figura 23. Se muestra las dimensiones de granos de cacao. (5)

De acuerdo con esta investigación la forma que presentan los granos de cacao se asemejan aun elipsoide, por consecuencia, para calcular el volumen de un grano se usara la siguiente formula.

$$a = \frac{Ls}{2} \quad b = \frac{As}{2} \quad c = \frac{Es}{2}$$

Donde:

Ls: Largo de la semilla.,

As: Ancho de la semilla,

Es: Espesor de la semilla.

Tomando los valores de la tabla para las dimensiones de los granos de cacao en el Perú se obtienen los siguientes resultados.

$$a=12,485 \text{ mm} \quad b= 6.9 \text{ mm} \quad c=4.89 \text{ mm}$$

Con estos datos reemplazamos en la siguiente ecuación matemática:

$$Vs = \frac{4}{3} \pi * a * b * c \text{ (1)}$$

$$Vs = \frac{4}{3} \pi * 11,695 * 6.41 * 4.66$$

$$Vs = 4188.79 \text{ mm}^3$$

Obtenemos que el volumen promedio de un grano de cacao es de 4188.79 mm^3

Para continuar con el cálculo del volumen del tambor es necesario calcular el volumen total de los 10 kg de semillas. De acuerdo con la investigación realizada 50 g de cacao contienen 40 semillas. Por consiguiente, en 10 kg de cacao contendría 8000 granos.

Para calcular el volumen total usamos la siguiente ecuación.

$$Vt = Vs * 8000$$

Donde:

$$Vt = 4188.79 \text{ mm}^3 * 8000$$

$$Vt = 33\ 510\ 320 \text{ mm}^3$$

El volumen de 10 kg de semillas de cacao seria $Vt = 33\ 510\ 320 \text{ mm}^3$

De acuerdo con la investigación de Elías López, el volumen de los granos de cacao no debe ocupar el 40% del volumen del tambor de esa forma se calcula el volumen mínimo requerido para realizar el diseño del tambor.

$$V_t = 83\,775\,800$$

Para calcular las dimensiones geométricas del tambor de la tostadora reemplazamos los datos en la siguiente ecuación.

$$L = \sqrt[3]{\frac{V_t * 16}{\pi}}$$

Donde el cálculo obtenido es de 752,828 mm \approx 0,73 m

El dato obtenido lo reemplazamos en la siguiente ecuación.

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

Donde D = 0.38 m

Conclusión: Las medidas geométricas del tambor de la tostadora tendrá un diámetro de 0,38 m y un largo de 0,73 m.

➤ Cálculos para determinar el espesor de la lámina del tambor de tostado.

$$T_d = P * \frac{r}{S_t}(2)$$

Por normativa se debe considerar que el material a usar debe ser de acero inoxidable de grado alimenticio, en este caso se usara el acero AISI 304 por su resistencia a la corrosión.

$$T_d = 4,5 \text{ N/mm}^2 * \frac{140 \text{ mm}}{538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$T_d = 1,17 \text{ mm} \approx 1,2 \text{ mm}$$

El espesor mínimo para soldar es de 0,6 mm y la elección de nuestro espesor nos asegura un adecuado proceso de rolado y soldadura.

- Cálculo de espesor de la placa de acero de enfriado.

De acuerdo con la normativa el material a usarse debe ser de acero inoxidable en calidad 304, debido a que va a tener contacto directo con el alimento.

$$T_d = P * \frac{r}{St}$$

$$T_d = 1.5 \text{ N/mm}^2 * \frac{640 \text{ mm}}{538 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$T_d = 1,85 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$$

El espesor de la tolva de enfriamiento debe de ser de 2 mm.

- Cálculos de dimensiones de la Tolva de alimentación

Para el cálculo de las dimensiones de la tolva se ha revisado trabajos anteriores donde se realiza el volumen para una máquina de 20 kg, basados en esa información se ha trabajado las medidas para la tolva de la máquina a diseñar. En la *Figura 24. Se muestra la tolva principal.*

área de pirámide trunca

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$A_1 = 150 \text{ mm} * 150 \text{ mm}$$

$$A_2 = 450 \text{ mm} * 450 \text{ mm}$$

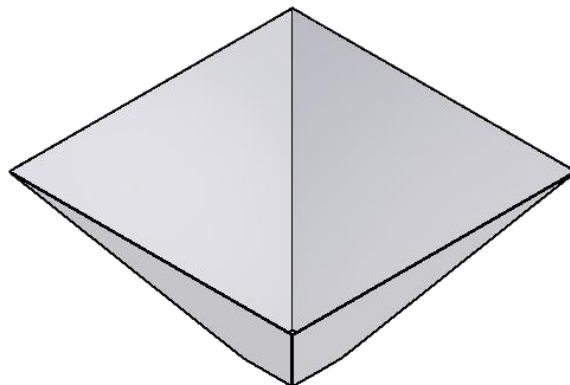


Figura 24. Se muestra la tolva principal

$$v_t = \frac{350}{3} (22500 + 202500) + \sqrt{22500 * 202500} \quad (3)$$

$$v_t = 34125000 \text{ mm}^3$$

Cálculo del volumen rectangular de la tolva de ingreso en la *Figura 25*. Se muestra la tolva rectangular.

$$h = 93 \text{ mm}$$

$$A_1 = 150 \text{ mm} * 150 \text{ mm}$$

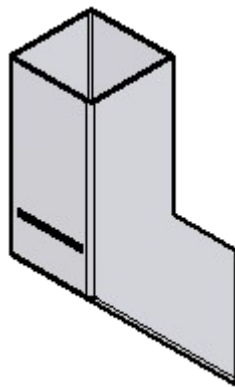


Figura 25. Se muestra la tolva rectangular.

$$v_t = 150 \text{ mm}^2 * 93 \text{ mm}$$

$$v_t = 2092500 \text{ mm}^3$$

Como resultado final se obtuvo que la tolva tiene un volumen total de $36\ 217\ 500 \text{ mm}^3$, este volumen es suficiente para los 10 kg de granos de cacao.

➤ Cálculo de potencia del motor

Para hacer una correcta selección del motor, se debe hallar el torque requerido

$$T = W_G + T_t \quad (4)$$

$$T = 98.1 \text{ N} + 0.73 \text{ m}$$

$$T = 71.613 \text{ N.M}$$

Para calcular la potencia del motor principal se debe tomar la siguiente fórmula matemática.

$$p = t * n$$

$$p = 71.613 * 4.8818$$

$$p = 349.6 \text{ watts}$$

Para calcular el valor de la potencia corregida, se hace uso del factor de servicio en base a la norma NEMA MG-1.

$$P_{\text{corregido}} = p * f_{\text{servicio}} \text{ (5)}$$

$$P_{\text{corregido}} = 349.6 * 1.4$$

$$P_{\text{corregido}} = 489.44 \text{ watts}$$

Después de hacer los cálculos necesarios, se selecciona un motorreductor de 0,75 hp con una salida de 40 rpm

- Selección de conductor del motor

$$I = \frac{P}{V * n * \text{COS } \phi}$$

$$I = \frac{559 \text{ watts}}{220 \text{ v} * 66\% * 0.85}$$

$$I = 4.53 \text{ A}$$

Se obtuvo un resultado de 4.53 amperes, asimismo, a este valor se le multiplica por una constante de seguridad de 125% para asegurar que trabaje correctamente cuando este en su máxima carga, y se obtiene un resultado de I=5.66 A.

Tabla 9. Tabla AWG según el amperaje

Tabla AWG Según el Amperaje

Sección AWG	Sección mm ²	Corriente (Amperios)
20	0.5	3
18	1	7
16	1,5	10
14	2,5	15
12	4	20
10	6	30
8	10	40
6	16	55
4	25	70

De acuerdo, con la tabla se está seleccionando el cable de calibre número 14 que tiene una sección de 2.5 mm^2 y conduce como máximo una intensidad de corriente de 15 amperes.

➤ Selección de termomagnéticos

De acuerdo con la intensidad de corriente consumida por el motor se ha seleccionado el termomagnético de la marca Schneider modelo Easy9 riel 2P 16^a 4,5 KW curva C. En la *Figura 26. Llave termomagnética Schneider de 2 polos. 16 amperes.*



*Figura 26. Llave termomagnética Schneider de 2 polos. 16 amperes.
Tomada de: Schneider eléctrico(6).*

➤ Cálculo del consumo de energía

$$I_{Total} = I_{motor} + I_{plc} + I_{HMI} + I_{Sensores}$$

$$I_{Total} = 5.66 \text{ A} + 4 \text{ A} + 0.3 \text{ A} + 1 \text{ A}$$

$$I_{Total} = 10.93$$

Al valor obtenido en la ecuación se le multiplica por un factor de seguridad de 125% y se obtiene una intensidad de corriente de 14 Amperios.

Para hallar el consumo de energía se está tomando en cuenta que la máquina estará trabajando 8 horas diarias durante 5 días calendarios a la semana, lo que nos da 160 horas mensuales.

$$P = I * V$$

$$P = 14 * 220$$

$$P = 3080 \text{ w}$$

Para calcular el consumo mensual de la máquina se debe convertir el calor la potencia a kwh, se obtiene como resultado 3.08 kwh, este valor lo multiplicamos por el número de horas de trabajo de la máquina en el mes, donde se obtiene un resultado de 492.8 kwh x mes.

➤ Estructura metálica

Para lograr un diseño y modelamiento funcional, se ha revisado antecedentes de investigaciones donde plantean que la altura de la estructura no debería exceder 1.6 m y el área no debe ser menor a 2 m^2 , por lo tanto, se va a proponer una estructura fija, como se muestra en la *Figura 27*. Se muestra la estructura principal de la tostadora de cacao.

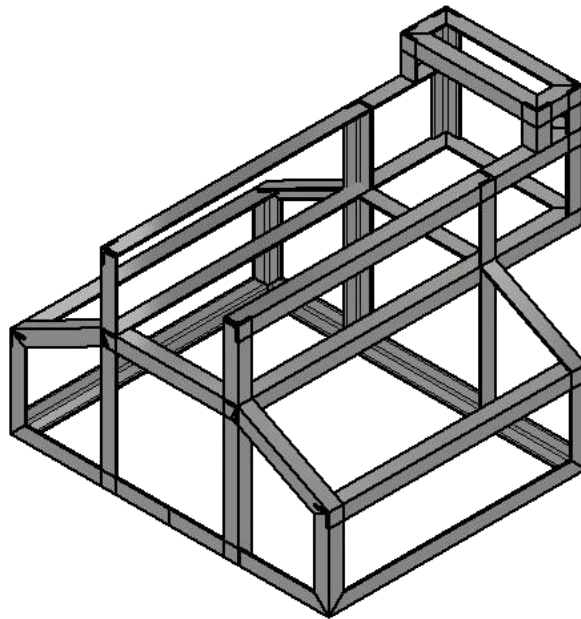


Figura 27. Se muestra la estructura principal de la tostadora de cacao

Se analizó la estructura mediante elementos finitos a través del software CAM Autodesk Inventor, aplicando las cargas se observa que la estructura soportará 163.5 MPa como máximo.

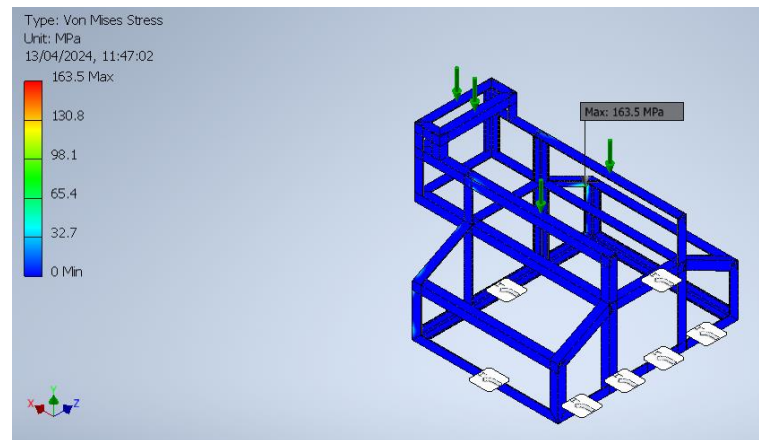


Figura 28. Se muestra el análisis de esfuerzo de la estructura principal

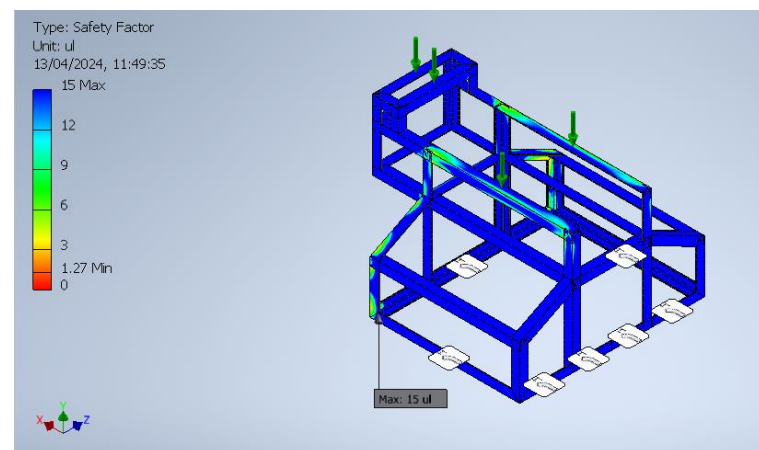


Figura 29. Se muestra el factor de seguridad según simulación.

➤ Cálculo de inercia del tambor del tostado

Para determinar el cálculo de la inercia del tambor se debe usar la fórmula de inercia de un cilindro hueco.

$$I_{cm} = m(r_1^2)$$

Se asume que la densidad es la misma en todas las partes del tambor del tostador

$$I_{cm} = 51.463m^3(0.38m^2)$$

$$I_{cm} = 7,4312$$

➤ Simulación térmica del tambor de tueste

Se ha determinado el uso de acero inoxidable de calidad 304 que soporta una temperatura de hasta 1150° C, para realizar la simulación del comportamiento térmico

de la máquina se considera que la temperatura máxima en el horno debe de ser de 150° C, esta temperatura de alcanza en el precalentado del horno. Para determinar el comportamiento de tambor de tueste se sometió a una simulación térmica en el software inventor NASTRAN, en la *Figura 30. Condiciones iniciales de* se observa las condiciones de simulación a la que sometió.

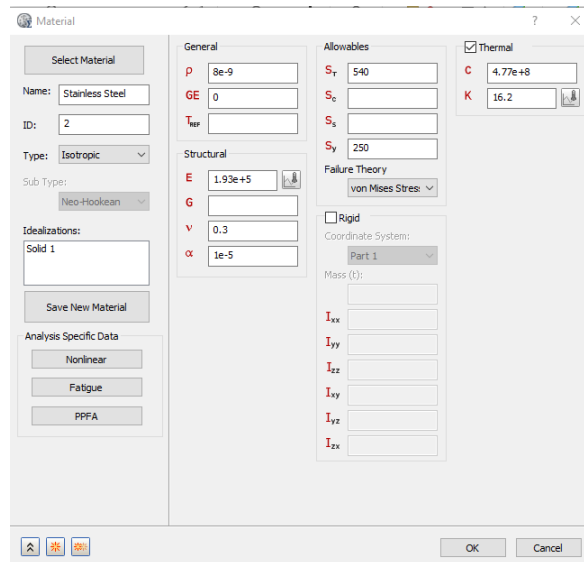


Figura 30. Condiciones iniciales de simulación

Se sometió a simulación el tambor de tueste a una temperatura de 180 ° C por radiación debido a que será calentada directamente por los quemadores, como se observa en la *Figura 31. Simulación térmica del tambor de tueste* se obtiene un resultado favorable, al tener una forma circular y estar en constante movimiento la temperatura el calor se propaga de forma uniforme por todo el tambor, lo que, a su vez, va a permitir obtener un tostado uniforme de los granos de cacao.

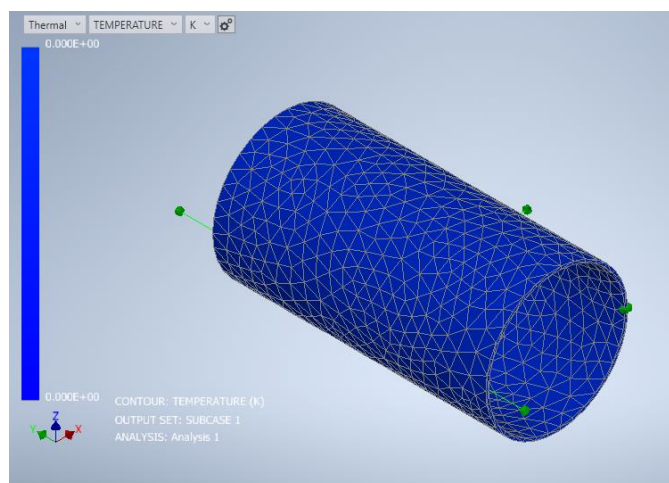


Figura 31. Simulación térmica del tambor de tueste

En la Figura 32. Simulación por conducción de las tapas, esto sucede debido a que las tapas están ensambladas el tambor de tueste mediante el eje, la temperatura máxima alcanzada de acuerdo con los resultados de simulación es de 32 ° C, esta temperatura no ocasionara quemaduras en los operadores.

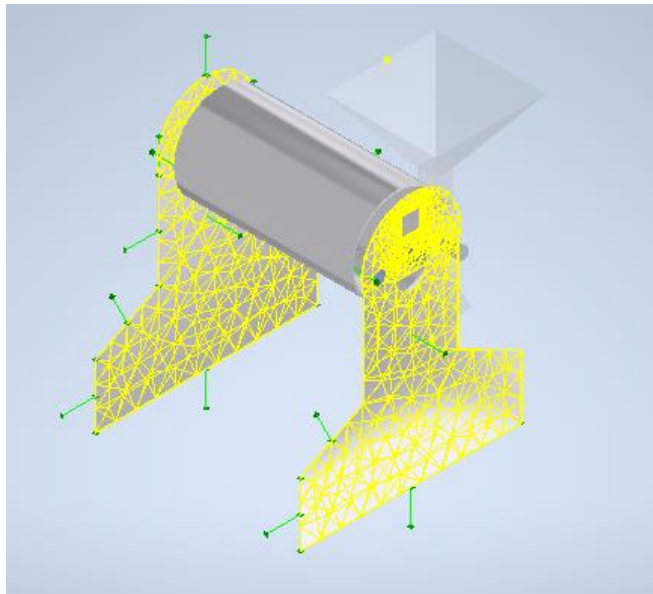


Figura 32. Simulación por conducción de las tapas.

3.2.11 Selección de componentes

➤ Selección del controlador lógico programable

Para la selección del controlador lógico programable se debe tener en consideración los siguientes puntos:

- La marca y modelo del controlador lógico programable y la facilidad de adquisición en el mercado
- Número de entradas y salidas digitales.
- Número de entradas y salidas analógicas.
- Protocolo de comunicación.
- Software de programación.
- Costo de adquisición.


En la *Tabla 10. Se muestra las variables a usar*, se detalla el número de entradas y salidas que debe de contar como mínimo el controlador lógico programable a usar.

Tabla 10. Se muestra las variables a usar

TABLA DE VARIABLES		
DI/DO	DESCRIPCION	TIPO DE VARIANLE
DI 0.0	Parada de emergengica	Entrada Digital
DI 0.1	Pulsador start	Entrada Digital
DI 0.2	Pulsador stop	Entrada Digital
DO 0.0	Chispero electrico ON/OFF	Salida Digital
DO 0.1	Bobina de contactor del motor 1	Salida Digital
DO 0.2	Piloto start	Salida Digital
DO 0.3	Piloto stop	Salida Digital
AI	sensor RTD PT 100 de 2 hilos con rango de trabajo de 0 - 10 v	Entrada Analogica
AO	Electrovalvula con rango de trabajo de 0 mA - 20 mA	Salida Analogica
Puerto Ethernet	Comunicación PN con HMI	Profinet

En la industria se ve ampliamente el uso de los microcontroladores de la marca siemens, debido a la correcta funcionalidad, distribución en el mercado nacional, accesibilidad al software de programación, asimismo el costo de los equipos son bastantes accesibles frente a su homologado Rockwell-Automación. En la *Tabla 11. Se muestra datos de interés del PLC logo*.

Tabla 11. Se muestra datos de interés del PLC logo

PLC LOGO 8 12/24 RC		6ED1052-1MD08-0BA1					
	Cantidad						
Número de entradas:							
Digitales	4						
Analogas	4						
Número de salidas:							
Digitales	4						
Analogas	-						
Tipo de puerto:							
Ethernet	1				Ancho A	Ancho B	Ancho C
HMI	1				72 mm	90 mm	55 mm
Ampliacion de modulo:		Seccion de cable					
Señales Digitales	4	2 mm ²	3 mm ²				
Señales Analogicas	3						
Comunicación	1	Clase de proteccion					
Signal board	0						
Software de programacion							
LOGO;SOTF							

Asimismo, se revisó la ficha técnica del PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/relé con referencia 6ES7 212-1BE40-0XB0 con el objetivo de evaluar si cumple con el número de entradas y salidas digitales requeridas por el proyecto. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** (14)

Tabla 121. Se muestra datos de interés del PLC S7-1200 1212C AC/DC/relé

PLC S7-1200 CPU 1212 C AC/DC/relé		6ES7 212-1BE40-0XB0		
	Cantidad			
Número de entradas:				
Digitales	8			
Analogas	2			
Número de salidas:				
Digitales	6			
Analogas	0			
Tipo de puerto:				
Ethernet	1			
HMI	1			
Ampliacion de modulo:		Ancho A	Ancho B	Ancho C
Señales	2	110 mm	100 mm	75 mm
Comunicación	3	Seccion de cable		
Signal board	1	2 mm ² 3 mm ²		
Software de programacion		Clase de proteccion		
Tia portal		IP65		

Los controladores de la marca SIEMENS son la alternativa ideal, debido a que son compactos, eficientes y tienen una amplia gama de funciones, el PLC SIMATIC S7-1200 posee diferentes tipos de CPU como se muestra en la Tabla 12. Se muestra el PLC S7-1200 CPU'S.

Tabla 12. Se muestra el PLC S7-1200 CPU'S

PLC S7-1200		
CPU	SOFTWARE	DESCRIPCION
PLC S7-1200 1211C	TIA PORTAL	No admite modulos adicionales
PLC S7-1200 1212C	TIA PORTAL	Si admite modulos adicionales
PLC S7-1200 1214C	TIA PORTAL	
PLC S7-1200 1215C	TIA PORTAL	
PLC S7-1200 1217C	TIA PORTAL	

Dado que la tostadora es semi automática se va a optar por seleccionar un PLC S7-1200 con CPU 1212C debido a que presenta ciertas ventajas sobre el PLC LOGO como:

- Permite una alimentación de 220 V.
- Facilita el uso de una signal board de salidas analógicas, se evitará comprar un módulo SM de salidas analógicas.
- Tiene una protección de clase IP 65, lo que va permite trabajar en el ambiente en el que estará instalada la máquina.
- Comunicación PROFINET nativo.

El PLC S7-1200 CPU 1212C AC/DC/relé con referencia 6ES7 212-1BE40-0XB0 es un controlador compacto y a la vez modular lo que va a permitir añadir módulos de señales y módulos de comunicación. Cuando se requiera automatizar por completo la tostadora desde la alimentación del grano hasta el enfriado de estos. En la Figura 33. Se muestra un PLC SIEMENS DE CPU 121C con módulos adicionales.



Figura 33. Se muestra un PLC SIEMENS DE CPU 1212C
Tomada de: Digikey (14)

➤ Selección de módulo de salidas analógicas

Los controladores lógicos programables de la marca siemens en los modelos S7-1200 CPU1212C no tiene salidas analógicas integradas de forma nativa. Por ese motivo, para el control de la válvula se debe añadir un módulo de salida análoga que permita trabajar en señales normalizada, para la selección se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Costo del módulo de salidas analógicas
- Numero de salidas de salidas analógicas.

Signal board: Son dispositivos de fácil montaje que va instalado sobre el controlador lógico programable, tiene un número reducido de entradas o salidas analógicas, ideal para proyectos de envergadura pequeña. En la *Tabla 13. Signal board SB1232* y sus principales características.

Tabla 13. Signal board SB1232

SIGNAL BOARD SB1232		6ES7232-4HA30-0XB0		
	Cantidad			
Número de entradas:				
Digitales	0			
Analogas	0			
Número de salidas:				
Digitales	0			
Analogas	1			
Rango de salida:				
Tension	0-10 v			
Intensidad	0-20 mA			
Intensidad		Ancho A	Ancho B	Ancho C
Alimentacion max.	25 mA	38 mm	62 mm	21 mm
Resolucion		Seccion de cable		
Rango de rebase	12 bit	2 mm ² 3 mm ²		
		Clase de proteccion		

SIMATIC S7-1200 módulo de salida SM1232: En la *Tabla 14. Se muestra el módulo de salidas analógicas SM1232* posee 4 salidas analógicas con rangos de trabajo de intensidad y tensión, es de fácil montaje, va instalado en la parte derecha del controlador, tiene un resolución de 14 bits lo que lo hace más preciso al momento de hacer las lecturas, sim embargo, su costo es más elevado.

Tabla 14. Se muestra el módulo de salidas analógicas SM1232

MODULO DE SALIDAS ANALOGICAS SM1232		6ES7232-4HD30-0XB0.					
							
Número de entradas:					Cantidad		
Digitales	0						
Analogas	0						
Número de salidas:							
Digitales	0						
Analogas	4						
Rango de salida:							
Tension	1-10 v				Ancho A	Ancho B	Ancho C
Intensidad	0-20 mA				45 mm	100 mm	75 mm
Tension		Seccion de cable					
Alimentacion max.	24VDC	2 mm ²	3 mm ²				
Resolucion		Clase de proteccion					
Rango de rebase	14 bit						

Des pues de evaluar ambas posibilidades, se ha determinado que signal board SB 1232 con referencia 6ES7232-4HA30-0XB0 es la alternativa idónea debido a que posee una salida analógica con rango de trabajo de 0 mA – 20 mA o de 0 a 10 v de acuerdo como este configurada, trabaja con una resolución de 12 bits, por otro lado, tiene un costo menor de adquisición. En la *Figura 34. Se muestra módulo de salidas analógicas de 0 a 10v..(12)*



Figura 34. Se muestra módulo de salidas analógicas de 0 a 10v.
Tomada de: Digkey (12)

➤ Selección del HMI

Para la selección de HMI (interfaz hombre máquina) se debe tener en cuenta los siguientes puntos.

- Compatibilidad con el modelo de controlador lógico programable.
- Software de programación.
- Debe contar con un puerto ethernet nativo para la comunicación por Profinet LAN.
- El tamaño de la pantalla debe de ser adecuado para poder ser manipulada los procesos, evitar molestias disergonómicas y cansancio visual en el operario.

Bajo esos criterios se ha revisado dos dispositivos HMI básicos de la marca Siemens, y se realizó una comparación de ambas fichas técnicas, dando a conocer los aspectos más significativos, la *Tabla 15. Se muestra características del HMI KTP700 basic*, asimismo, en la *Tabla 16. Se muestra características del HMI KTP400 basic*

Tabla 15. Se muestra características del HMI KTP700 basic



HMI KTP 700 BASIC				
Puerto		Cantidad		
	Ethernet RJ45	1		
	RS422/485	0		
Pantalla				
	Colores representables	16 bits		
	Tipo	LCD-TFT		
Memoria				
	Datos	256 MB		
	Programa	512 MB		
Comunicación				
	Profinet LAN	Si		
	Profibus DP	No		
Alimentación				
	DC	24 v / 440 mA		
Montaje				
	Recto 90°	50 ° c		
			Ancho A	Ancho B
			154,1 mm	85,9 mm
			Sección de cable	
			4 mm ²	
			Peso	
			780 g	

Tabla 16. Se muestra características del HMI KTP400 basic

HMI KTP 400 BASIC				
Puerto		Cantidad		
	Ethernet RJ45	1		
	RS422/485	0		
Pantalla				
	Colores representables	16 bits		
	Tipo	LCD-TFT		
Memoria				
	Datos	256 MB		
	Programa	512 MB		
Comunicación				
	Profinet LAN	Si		
	Profibus DP	No		
Alimentación				
	DC	24 v / 3100 mA		
Montaje				
	Recto 90°	50 ° c		
			Ancho A	Ancho B
			95 mm	53,9 mm
			Sección de cable	
			4 mm ²	
			Peso	
			360 g	

Después de realizar un análisis, se determinó que:

- Ambos dispositivos tienen un puerto RJ45 nativo para la comunicación Profinet LAN.
- Ambos dispositivos son compatibles con el PLC S7-1200 CPU 1212C

- Se puede programar ambos dispositivos desde el software TIA PORTAL.
- La diferencia que presentan ambos dispositivos se presenta en las dimensiones de la pantalla LCD-TFT

En consecuencia, se ha optado por elegir el HMI KTP700 BASIC de la marca SIEMENS, debido a que presenta una pantalla de mayor dimensión lo que permitirá una mejor visualización del proceso, manipulación de este, y se estará cumpliendo con la normativa básica de Ergonomía. En la *Figura 35. Se muestra el HMI (14)*.



*Figura 35. Se muestra el HMI
Tomada de: Aveva (14)*


➤ Selección de sensor de temperatura.


Para la elección del sensor de temperatura se debe considerar ciertos criterios como:

- Material no debe contaminar los granos de cacao.
- Debe tener señal normalizada y compatible con la entrada analógica del PLC en el rango de 0 v- 10 v.
- El rango de temperatura no debe exceder el 8% al valor SP del proceso para lograr una mejor lectura.
- Debe ser un sensor de 2 hilos.

Entre los múltiples instrumentos que existen para la lectura de temperatura, los RTD PT100 son sensores muy usados en rango de temperaturas bajas, debido a la precisión que poseen, se ha precisado revisar 2 sensores de bajo costo para seleccionar el que mejor se adecua al proceso en la *Tabla 17. Se muestra el sensor de temperatura RTD PT100*, donde se detalla las consideraciones a tomar en cuenta.

Tabla 17. Se muestra el sensor de temperatura RTD PT100

SENSOR DE TEMPERATURA RTD PT100 (2 HILOS)			
Material y medidas	Cantidad		
Acero inoxidable	Si		
Diametro del bulbo	6 mm		
Largo del bulbo	150 mm		
Conexión al proceso	1/2 NPS		
Rango de trabajo		Diametro	Largo
Tolerancia de precisión	$\pm 0.3^\circ\text{C}$	6 mm	150 mm
Rango de temperatura	-100°C a 250°C		
Protocolo		Señal normalizada	
Industria alimentaria	Si	0 v a 10v	
Hornos industriales	Si		

SENSOR DE TEMPERATURA RTD PT100 (2 HILOS)			
Material y medidas	Cantidad		
Acero inoxidable	Si		
Diametro del bulbo	4 mm		
Largo del bulbo	60 mm		
Conexión al proceso			
Rango de trabajo		Diametro	Largo
Tolerancia de precisión	$\pm 5\%$	6 mm	150 mm
Rango de temperatura	-20°C a 450°C		
Protocolo		Señal normalizada No	
Industria alimentaria	Si	REQUIERE DE UN TRANSMISOR	
Hornos industriales	Si		

Después de revisar la ficha técnica de ambos sensores, se ha determinado que se debe seleccionar el sensor RTD PT100 con transmisor incluido para agilizar las conexiones a la entrada analógica del PLC. En la *Figura 36*.



Figura 36. Posición del instrumento en el proceso.

- Determinar los valores del controlador PID mediante sintonización de ganancia limite.

La tostadora tendrá un control de lazo cerrado, y de debe determinar los valores del PID para estabilizar el proceso a través del tiempo. En la *Figura 37. Control de lazo cerrado.*

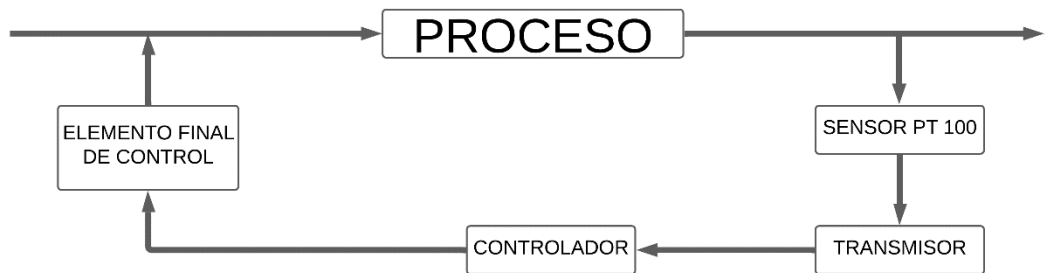


Figura 37. Control de lazo cerrado.

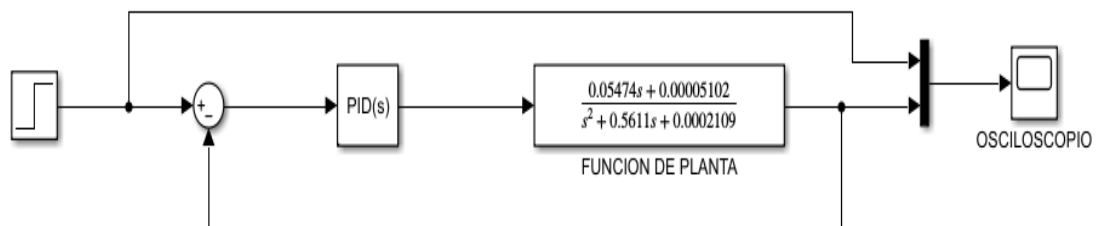


Figura 38. Función de planta de tostadora de cacao

Se ingreso la función de planta al software matlab para realizar la simulación del controlador y buscar los valores optimos para estabilizar el proceso en el menor tiempo. Para determinar el valor de k_p , se tuvo que llevar al minimo valor la ganancia derivativa y la ganancia integral, se fijo el SP en una temperatura de 150 °C y se fue elevando el valor del k_p hasta encontrar una oscilacion permanente, en la Figura 39. Simulación de ganancia limite para obtener el valor ideal del k_p .

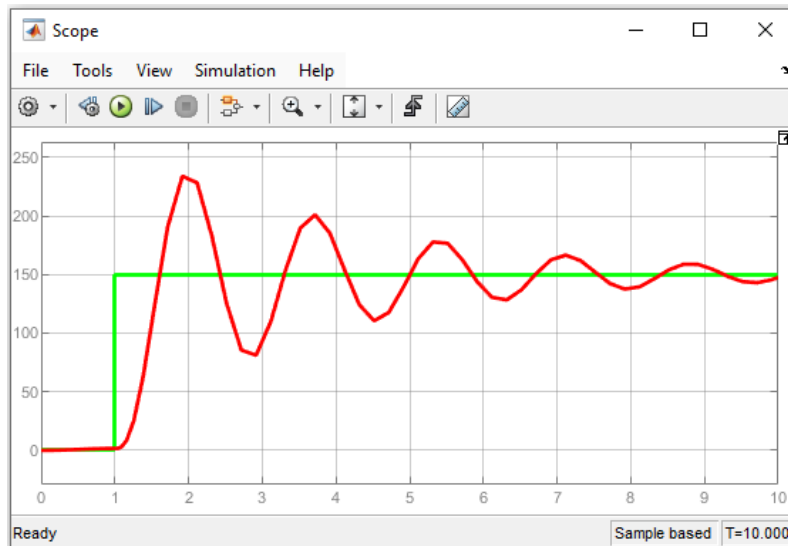


Figura 39. Simulación de ganancia limite

De la simulación se obtuvo que el valor del k_p es de 126, una vez hallado este valor se procede a hallar los valores de la ganancia integrativa y la ganancia derivativa.

$$k_p = 126$$

$$k_i = 204.87$$

$$k_d = 19.2785$$

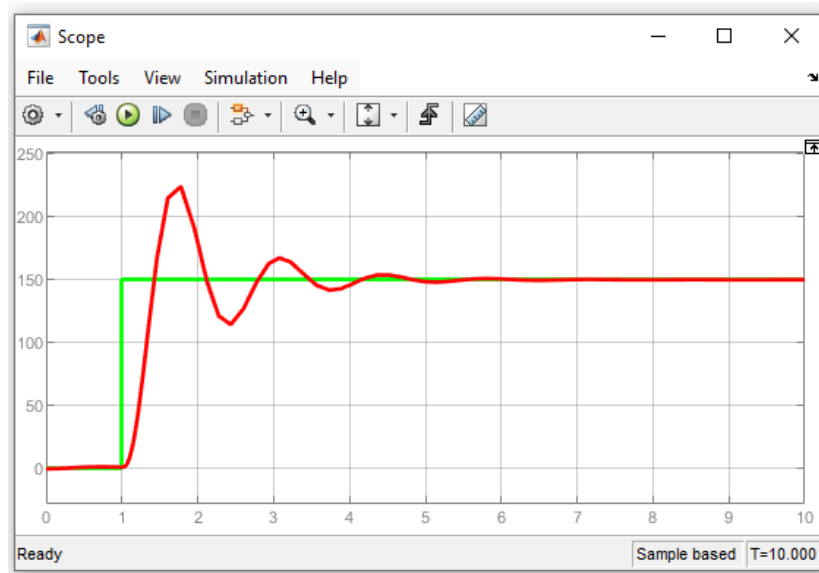


Figura 40. Simulación de control estable.

En la *Figura 40. Simulación de control estable.* realizada en el software simulink, se ingresó los datos hallados y bajo estos valores se logran estabilizar el proceso.

Elaboración del diagrama P&D.

Control del proceso del tostado de granos, en la Figura 41. Diagrama P&D de los componentes de control.

TT: Transmisor de temperatura

TC: Controlador de temperatura

FV: Válvula de flujo

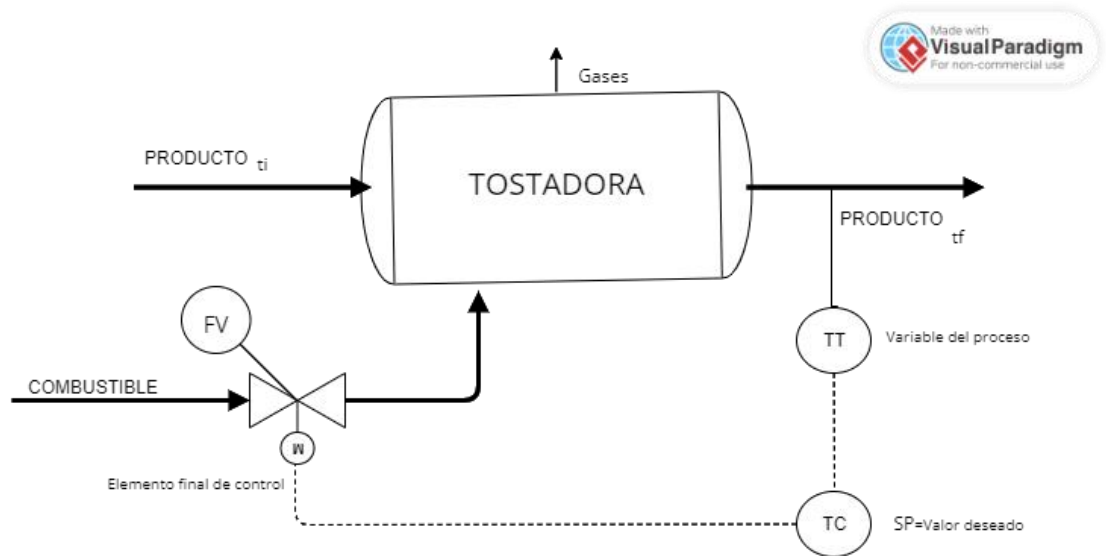


Figura 41. Diagrama P&D

3.2.12 Plano generales

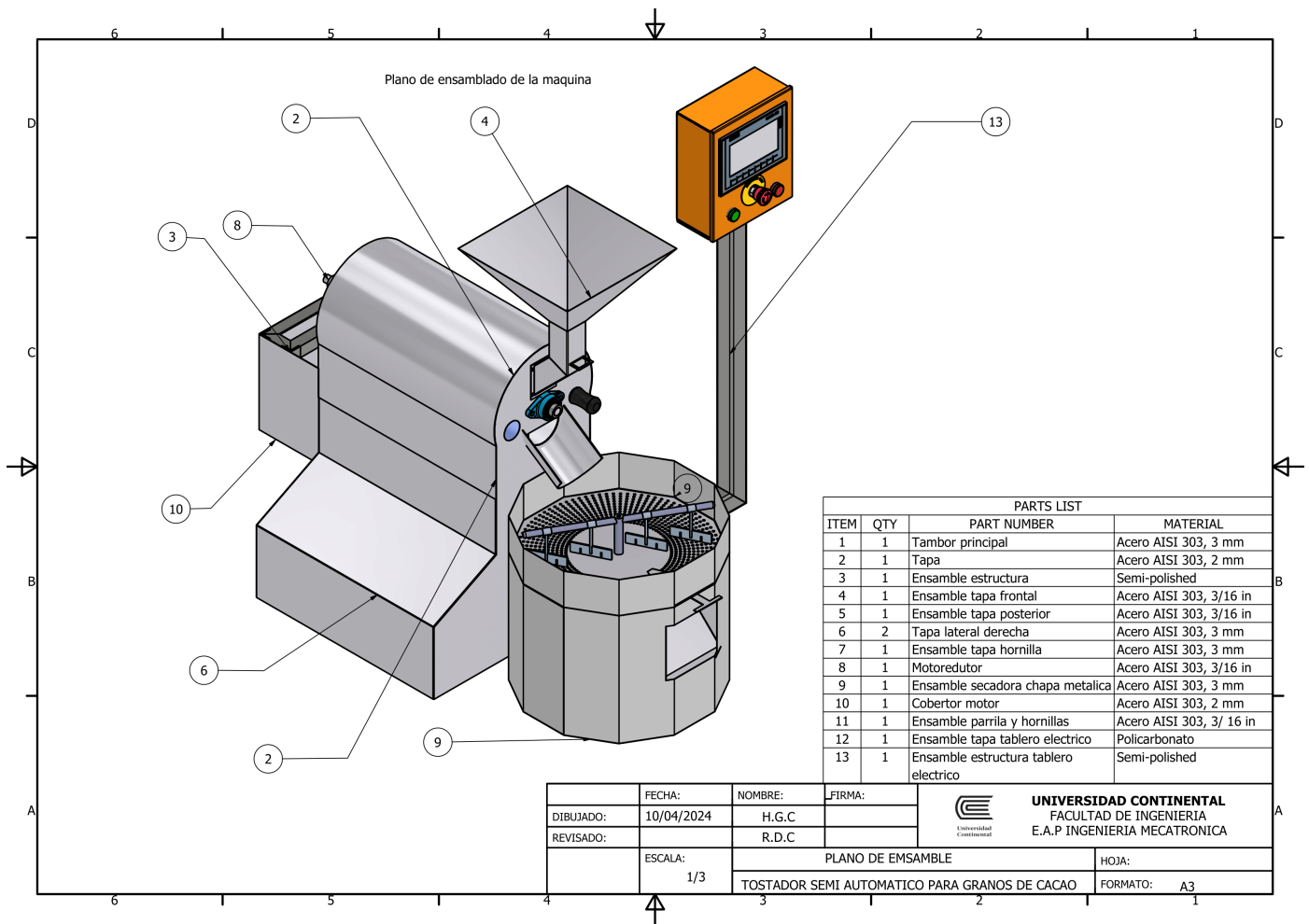


Figura 42. Se muestra el plano general.

3.2.13 Planos específicos

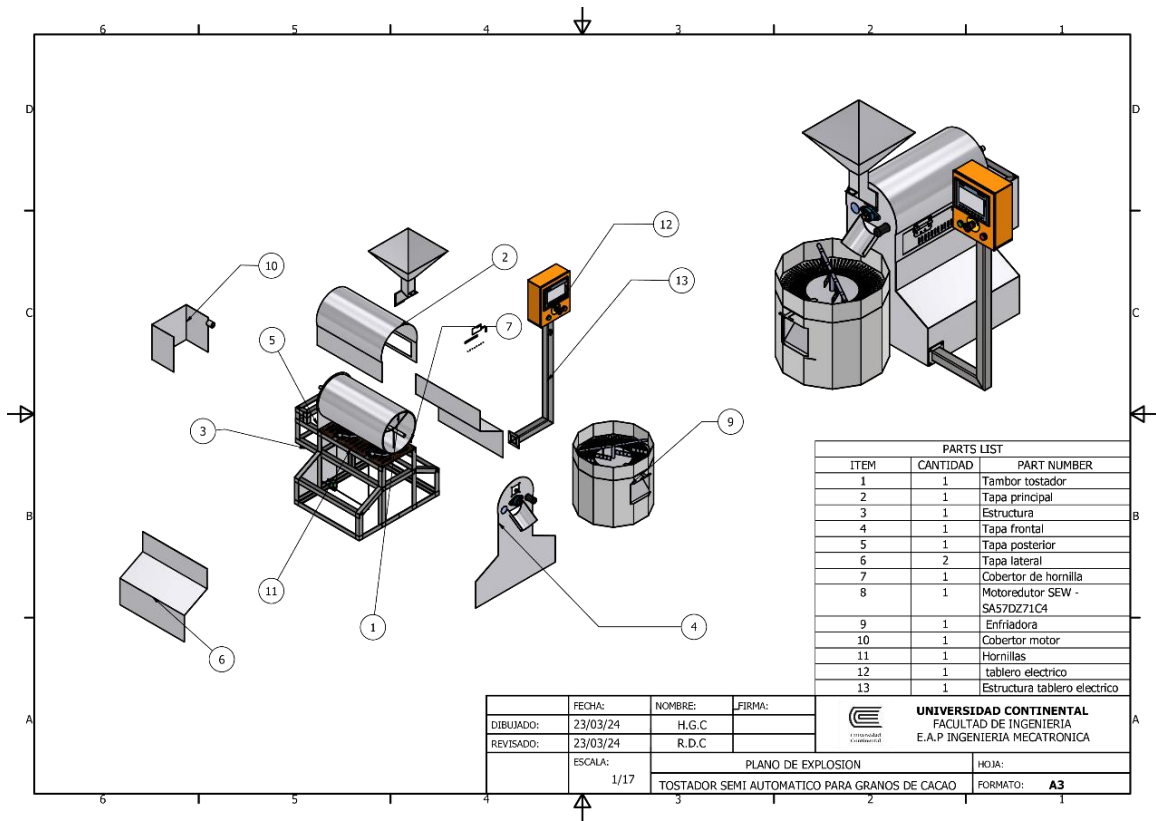


Figura 43. Se muestra la vista explosiva.

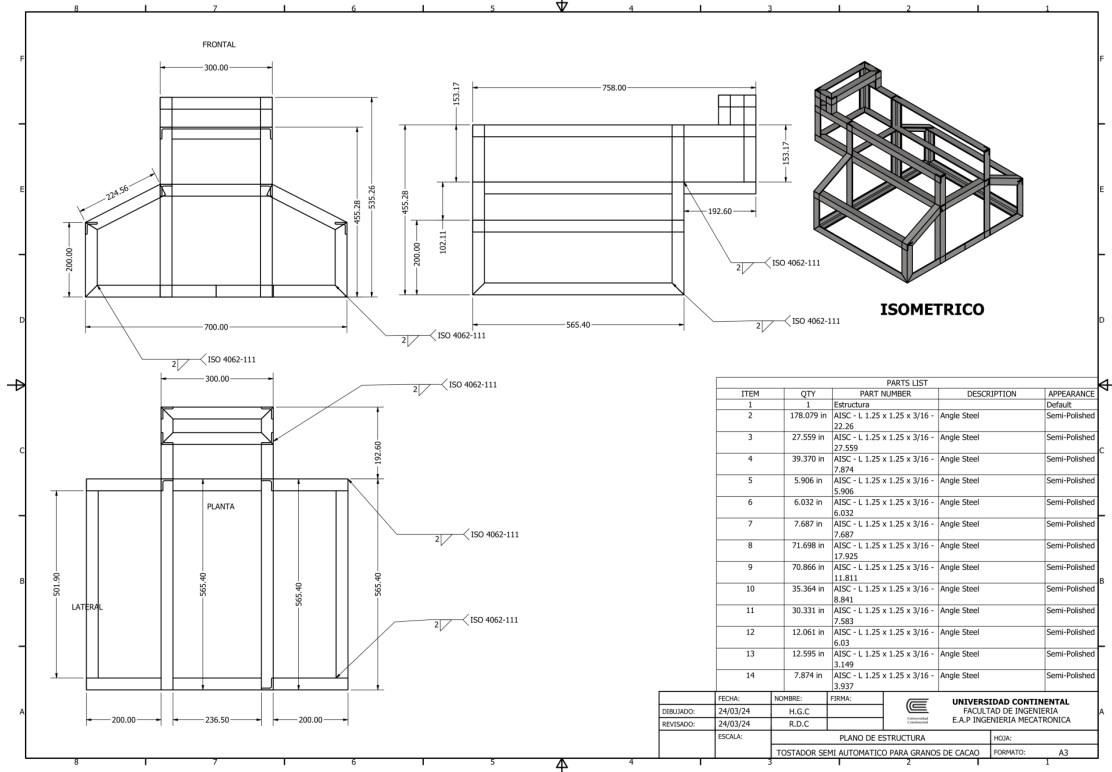


Figura 44. Se muestra el plano de la estructura principal

3.2.15 Costos de fabricación

En la *Tabla 18. Se desarrolla los costos tentativos de fabricación.* Se realizó los cálculos de costos tentativos con cotización de los materiales y componentes con fecha 06 de junio del 2024.

Tabla 18. Se desarrolla los costos tentativos de fabricación

COSTO DE MATERIALES				
PROYECTO	Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador logico programable para mejorar la produccion en la selva central del Perú		FECHA: 6/06/2024	
			Elaborado: Henry Garcia Canales	
ITEMS	MATERIAL Y/O COMPONENTE	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO
1	PLC SIEMENS S7-1200	CPU 1212C AC/DC/RLAY	1	S/ 1,200.00
2	Signal board	SB1232 AQ	1	S/ 550.00
3	HMI KTP 7"	KTP700 BASIC PN	1	S/ 3,150.00
4	PT 100	Sensor de temperatura	1	S/ 350.00
5	Pulsador NC	Pulsador START	1	S/ 16.00
6	Pulsador NO	Pulsador STOP	1	S/ 16.00
7	Pulsador de parada de emergencia	Parada de emergencia	1	S/ 25.00
8	Electrovalvula	Valvula de control de gas	1	S/ 560.00
9	Hornillas industriales	Quemadores	1	S/ 350.00
10	Chispero electrico	Generador de combustion	1	S/ 85.00
11	Plancha de acero inox	Calidad 304 / 2 mm	1	S/ 950.00
12	Perfil L 1 1/2 X 1 1/2	Estructura de la maquina	5	S/ 435.00
13	Motorreductor de 0.75 HP	Fuerza motriz	1	S/ 450.00
14	Plancha de acero inox	Calidad 304 / 3 mm	1	S/ 1,200.00
15	Tablero electrico	Tablero adosable	1	S/ 120.00
16	Cañeria de cobre	4 metros	1	S/ 350.00
17	Cables	Cable de control / Cable de fuerza AWG	1	S/ 250.00
18	Pernos	Calidad inox 304	1	S/ 120.00
19	Accesorios	N.A	1	S/ 500.00
20	Costos extras	Se esta considerando un factor de 0.2% de los costos para eventuales cambios de precios		S/ 10,677.00
COSTO TENTATIVO DE MATERIALES				S/ 12,812.40

Tabla 19. Se desarrolla los costos de manufactura y mano de obra

COSTOS DE MANUFACTURA Y MANO DE OBRA					
PROYECTO	Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador logico programable para mejorar la produccion en la selva central del Perú			FECHA: 6/06/2024	
				Elaborado: Henry Garcia Canales	
ITEMS	PROCESO	DESCRIPCION	UNIDAD	Costo	
1	Corte laser 2 mm	Precio por minuto del corte s/ 4.30	42	S/	180.60
2	Corte laser 3 mm	Precio por minuto del corte s/ 5.80	28	S/	162.40
3	Plegado de plancha de 2 mm	Precio por dobles de la plancha s/ 4.00	14	S/	56.00
4	Plegado de plancha de 3 mm	Precio por dobles de la plancha s/ 4.50	8	S/	36.00
5	Rolador de plancha de 3 mm	Precio por el diametro de la pieza	1	S/	35.00
5	Proceso de soldadura por arco electrico	Se cotiza el Kg de electrodos E6011	1.5 KG	S/	25.50
6	Proceso de soldadura TIG	8 m^3 de gas argon	m ^3	S/	224.00
7	Pintura	9 m^3 de gas argon	1 galon	S/	89.60
7	Mano de obra	Programacion, cableado de tablero	3 dias	S/	660.00
8	Mano de obra	Corte, soldadura, esmerilador	3 dias	S/	540.00
9	Mano de obra	Pintado de la estructura	1 dia	S/	220.00
10	Mano de obra	Emsamble de maquina	2 dia	S/	350.00
11	Costos extras	Se esta considerando un factor de 0.2% de los costos para eventuales cambios de precios		S/	2,579.10
COSTO DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA Y MANO DE OBRA					S/ 3,094.92

Tabla 20. Precio de la tostadora semi automática

PRECIO DE LA TOSTADORA SEMI AUTOMATICA					
PROYECTO	Diseño de una tostadora semi automática de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador logico programable para mejorar la produccion en la selva central del Perú		FECHA: 6/06/2024		
			Elaborado: Henry Garcia Canales		
Para determinar el precio tentativo de la tostadora semiautomática se debe sumar los costos obtenidos de :					
1	Costo de manufactura y mano de obra			S/	3,094.92
2	Costo de materiales			S/	12,812.40
3	PRECIO FINAL DE FABRICACION			S/	15,907.32

Se ha determinado que el precio final de fabricación bordea los S/ 15 ,907. 32 nuevos soles. Sin embargo, es un precio tentativo debido a que los costos de materiales y equipos tienen fijado un costo en el día de la cotización, lo cual no exime que estos puedan variar a la fecha de fabricación.

En la *Tabla 21. Precio de máquinas en el mercado nacional* se detalla el precio de las máquinas con existen en el mercado nacional, haciendo una comparativa de precios del diseño de la máquina desarrolla en el trabajo de investigación se observa que existe una gran diferencia. En Consecuencia, podría ser viable para la adquisición de los pequeños productores de cacao en la selva central del Perú.

Tabla 21. Precio de máquinas en el mercado nacional

PRECIO DE MAQUINAS EN EL MERCADO				
ITEMS	MARCA	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO
1	IMSA- MODELO ERTD	Tolva de enfriamiento. Calidad de inox 304. Motor de 0.75 HP. Horno especial con doble aislamiento. Batch de 10 KG. Nanometro para visulaisar la presion del gas.	1	S/ 42,000.00
2	GRUPO FIMAC-MODELO PRINCIPIANTE	Controles manuales de proceso. Regulacion manual del flujo d eaire. Chispero con pulsado.	1	S/ 45,000.00
3	GRUPO FIMAC-MODELO AMAUTER	Variador de frecuencia para control de griro de tambor. Chispero electrico. Controles manuales del proceso.	1	S/ 58,000.00
4	GRUPO FIMAC-MODELO EXPERIMENTADO	Variador de frecuencia para control de giro de tambor. Chipsero electrico. Sistema de control automatico PLC.	1	S/ 70,000.00

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1: Presentación de los resultados

En este capítulo se resumirán los resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos específicos del proyecto de investigación.

De acuerdo con el objetivo número uno, se ha evaluado y determinado la parte mecánica bajo modelos matemáticos de diseño de elementos de máquinas, asimismo, se ha modelado, y simulado los esfuerzos de la estructura principal como también se realizó una simulación térmica del tambor de tueste, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Los resultados del análisis de carga:

La máquina puede soportar una carga máxima de 163.5 Mpa antes de entrar al límite de deformación, como se muestra en la Figura 45. Análisis de carga de estructura principal

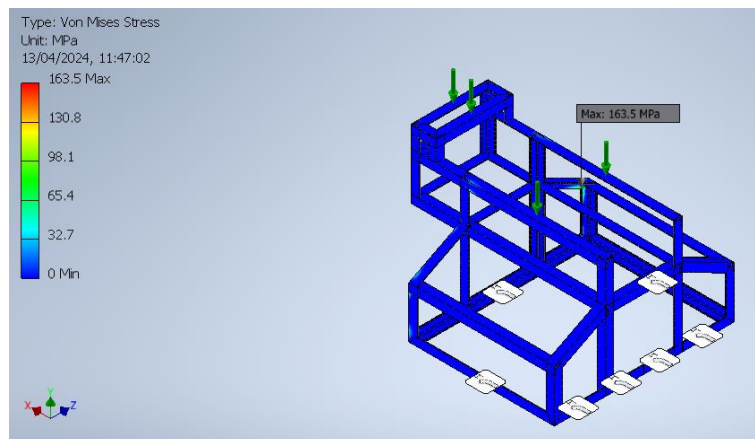


Figura 45. Análisis de carga de estructura principal

Los resultados del análisis térmico:

Se sometió a una simulación el tambor de tueste a una temperatura de 180° c, sobrecalentando el valor de la temperatura ideal de tostado para evaluar el comportamiento del material, se obtuvo un resultado favorable, debido al diseño cilíndrico del tambor, en la *Figura 46. Análisis térmico del tambor de tueste*. Se observa calentamiento uniforme del material.

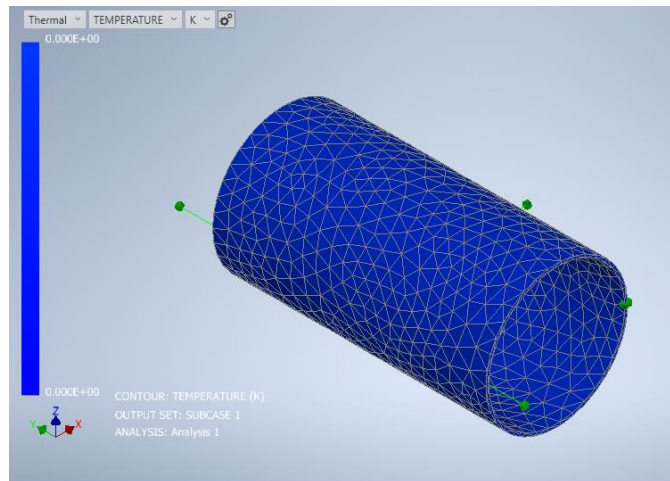


Figura 46. Análisis térmico del tambor de tueste.

Asimismo, se ha seleccionado los componentes de automatización de acuerdo con los requerimientos de entradas y salidas, según el tipo de señal normalizada de los sensores y actuadores. En la *Figura 47. Datos de entradas y salidas*. Se define los tipos de entradas y salidas de las variables.

TABLA DE VARIABLES		
DI/DO	DESCRIPCION	TIPO DE VARIANLE
DI 0.0	Parada de emergengica	Entrada Digital
DI 0.1	Pulsador start	Entrada Digital
DI 0.2	Pulsador stop	Entrada Digital
DO 0.0	Chispero electrico ON/OFF	Salida Digital
DO 0.1	Bobina de contactor del motor 1	Salida Digital
DO 0.2	Piloto start	Salida Digital
DO 0.3	Piloto stop	Salida Digital
AI	sensor RTD PT 100 de 2 hilos con rango de trabajo de 0 - 10 v	Entrada Analogica
AO	Electrovalvula con rango de trabajo de 0 mA - 20 mA	Salida Analogica
Puerto Ethernet	Comunicación PN con HMI	Profinet

Figura 47. Datos de entradas y salidas.

Primero: Se ha seleccionado un controlador lógico programable de la marca siemens con CPU 1212 AC/DC/relé con referencia 6ES7 212-1BE40-0XB0 debido al costo de adquisición y que es un PLC modular, con la finalidad de poder automatizar por completo el proceso de tostado.

Segundo: Se ha determinado el uso de una signal board con referencia AQ 1X12 bit 6ES7 232-4HA30-0XB0 para el control de la válvula de flujo.

Tercero: Se ha seleccionado un sensor de temperatura TRD PT100 con transmisor incluido con una señal normalizada de 0-10 v con un rango de trabajo de -100°c a 250°c .




PLC S7-1200 CPU 1212C	SIGNAL BOARD	RTD PT100
		

Figura 48. Componentes de automatización

Para la programación del PLC se debe usar el software TIA PORTAL desde la versión V14 en adelante, debido al firmware que tiene el modelo seleccionado.

Por último, se ha diseñado y modelado la máquina semi automática tostadora de cacao con una capacidad de 10 kg y ha calculado el consumo energético es 3.08 kwh, siendo un resultado favorable debido a que va permitir reducir el consumo de energía eléctrica.

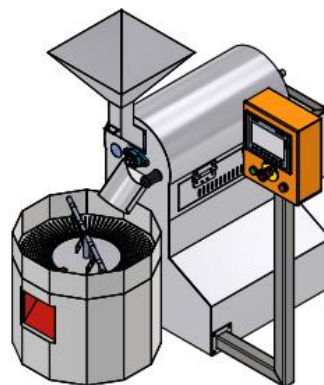


Figura 49. Tostadora semiautomática de granos de cacao con 10 kg de capacidad.

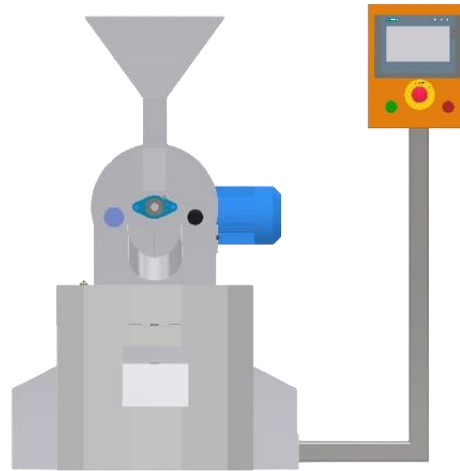


Figura 50. Vista frontal de tostadora semi automática de granos de cacao.

De acuerdo con el objetivo número dos, se ha desarrollado el programa en lenguaje Ladder que va a permitir ejecutar el control de tueste de las variedades de granos trinitario, criollo y forastero siendo estos los granos más comunes en la selva central del Perú, asimismo, se ha elaborado una interfaz amigable e intuitivo para que el operador pueda controlar los procesos de tueste. En la *Figura 51. HMI de tostadora semi automática.*, asimismo, se ha colocado horómetros para ir viendo el tiempo de tueste en la etapa de precalentado, primer tostado y segundo tostado, como también la temperatura en cada momento del proceso, para ver la programación completa vea el anexo

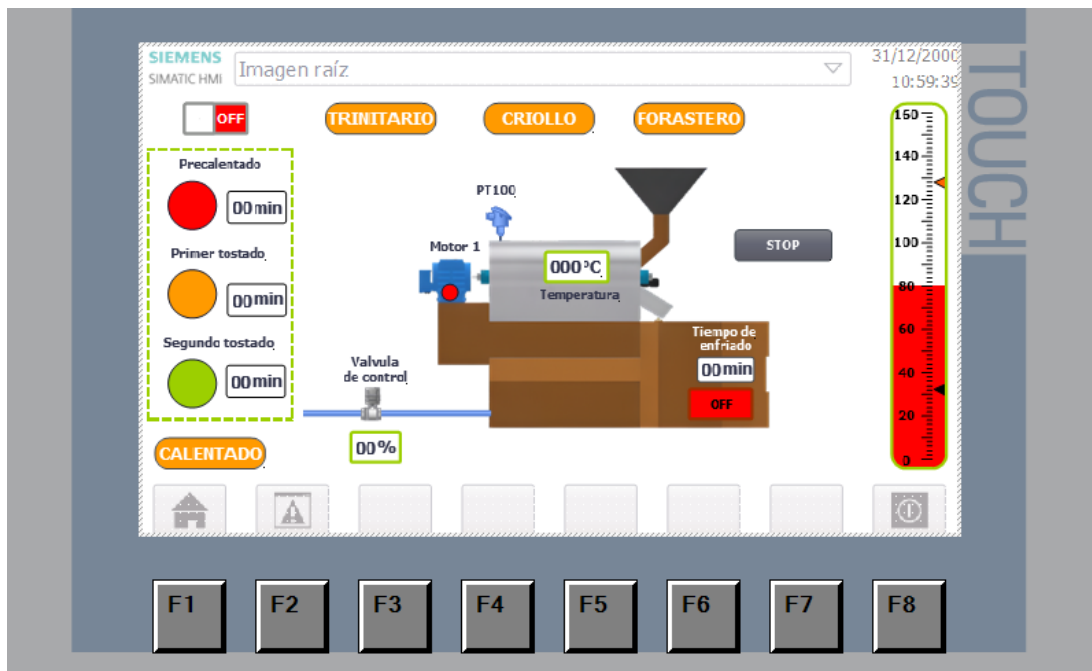


Figura 51. HMI de tostadora semi automática.

Los tiempos y temperaturas programadas están de acuerdo con el trabajo de investigación de la doctora Beethssy Hurtado Soria. Optimización del tostado de cacao (teobroma cacao L.) en estufa y tambor para retención de polifenoles aplicando superficie de respuesta (8) en la Tabla 22. Base de datos de temperatura de tueste

Tabla 22. Base de datos de temperatura de tueste

	PRE CALENTADO	1° TOSTADO	2° TOSTADO
TRINITARIO	150°C	130° C	120° C
CRIOLLO	150°C	140 °C	110° C
FORASTERO	150°C	140 °C	120° C

De acuerdo con el objetivo número tres, se ha determinado el costo de la fabricación de la máquina semi automática de acuerdo con las cotizaciones de los materiales, componentes eléctricos, electrónicos, proceso de manufactura, mano de obra por día de trabajo.

El costo total de la máquina equivale a S/ 15 907.32 nuevos soles, lo que es un costo favorable en comparación con las máquinas de similares características en el mercado.

Tabla 23. Precio de la tostadora semi automática

PRECIO DE LA TOSTADORA SEMI AUTOMATICA		
PROYECTO	Diseño de una tostadora semi automatica de granos de cacao de 10 kg de capacidad mediante controlador logico programable para mejorar la produccion en la selva central del Perú	FECHA: 6/06/2024 Elaborado: Henry Garcia Canales
Para determinar el precio tentativo de la tostadora semiautomatica se debe sumar los costos obtenidos de :		
1	Costo de manufactura y mano de obra	S/ 3,094.92
2	Costo de materiales	S/ 12,812.40
3	PRECIO FINAL DE FABRICACION	S/ 15,907.32

Asimismo, se presenta la evaluación de los costos de las máquinas más comercializadas con capacidad de 10 kg para la industria de los granos en la selva central del Perú.

Tabla 24. Precio de máquinas en el mercado.

PRECIO DE MAQUINAS EN EL MERCADO				
ITEMS	MARCA	DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO
1	IMSA- MODELO ERTD	Tolva de enfriamiento. Calidad de inox 304. Motor de 0.75 HP. Horno especial con doble aislamiento. Batch de 10 KG. Nanometro para visulaisar la presion del gas.	1	S/ 42,000.00
2	GRUPO FIMAC-MODELO PRINCIPIANTE	Controles manuales de proceso. Regulacion manual del flujo d eaire. Chispero con pulsado.	1	S/ 45,000.00
3	GRUPO FIMAC-MODELO AMAUTER	Variador de frecuencia para control de griro de tambor. Chispero electrico. Controles manuales del proceso.	1	S/ 58,000.00
4	GRUPO FIMAC-MODELO EXPERIMENTADO	Variador de frecuencia para control de giro de tambor. Chipsero electrico. Sistema de control automatico PLC.	1	S/ 70,000.00

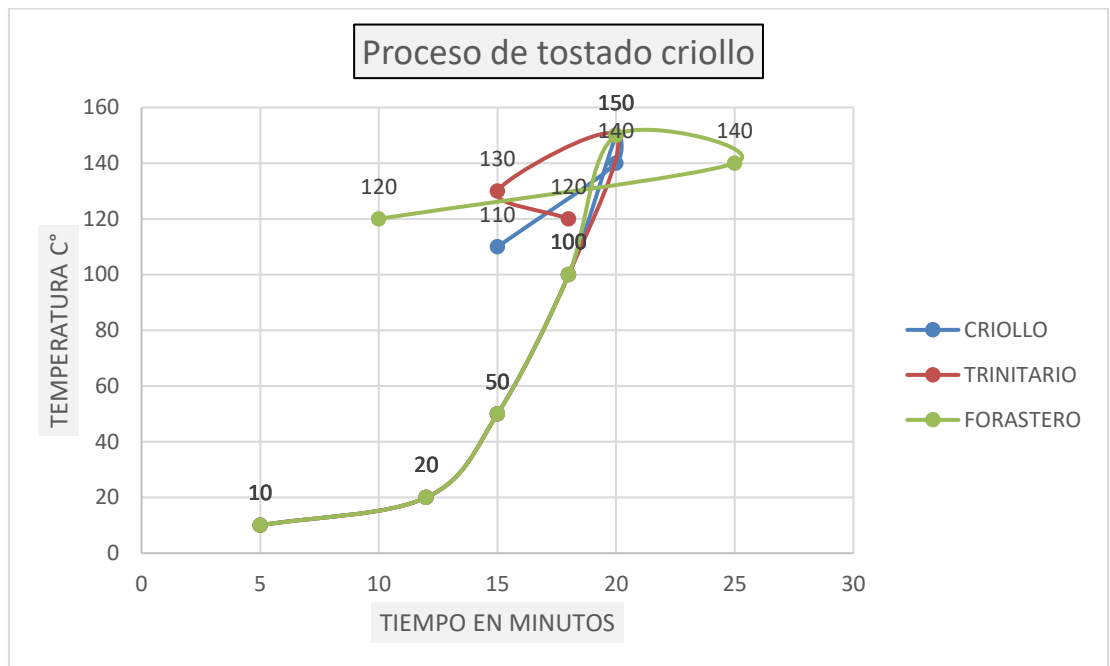
Después de la comparación de calidad y precio, se determina que la máquina diseñada en el proyecto de investigación es favorable para la economía de los pequeños y medianos agricultores de cacao en la selva central del Perú.

De acuerdo con el objetivo número cuatro, se ha evaluado la cantidad de granos que podría tostarse en 8 horas de trabajo con la máquina diseñada, para determinar si existe una mejora en la producción de los pequeños y medianos agricultores, se tomó en cuenta los 3 procesos, el tiempo de precalentado, primer calentado, y segundo calentado. En la Figura 52. Tiempo total de tostado de granos en la máquina semi automática.

	GRANO TRINITARIO			GRANO CRIOLLO			GRANO FORASTERO	
	TIEMPO	TEMPERATURA		TIEMPO	TEMPERATURA		TIEMPO	TEMPERATURA
Pre. Calentado	20 min	150° C	Pre. Calentado	20 min	150° C	Pre. Calentado	20 min	150° C
1 tostado	15 min	130° C	1 tostado	20 min	140° C	1 tostado	25 min	140° C
2 tostado	18 min	120° C	2 tostado	15 min	110° C	2 tostado	10 min	120° C
Tiempo total	53 min		Tiempo total	55 min		Tiempo total	55 min	

Figura 52. Tiempo total de tostado de granos en la máquina semi automática

El tiempo y la temperatura del proceso de tostado depende del tipo de grano que se vaya a tostar, en la figura se observa una gráfica de temperatura en grados centígrados vs. el tiempo expresado en minutos.



Los resultados obtenidos de acuerdo con el tiempo de tueste según la programación para cada proceso según el tipo de grano son menores a una hora. De acuerdo con, este resultado, se puede decir que en una jornada de 8 horas se puede tostar 80 kg de granos de cacao independientemente del tipo de grano que se tueste.

4.2. Discusión de resultados

De acuerdo con la cotización de la máquina amateur de 10 kg de Bach del grupo FIMAC su costo es de S/58 000 nuevos soles, la máquina está construida en acero AISI 304, posee un motor de 1.5 KW, trabaja con una tensión monofásica de 220 V, y tiene instalado una válvula solenoide on/off, la transmisión de potencia está dada por un motor eléctrico y poleas, lo que genera ruido y vibraciones que a veces pueden producir malestares en los operadores que permanecen varias horas tostando los granos, los controles son manuales mediante pulsadores.

Mediante nuestro trabajo de investigación se realizó el diseño de una máquina de 10 kg de capacidad reduciendo los costos en comparación con las máquinas en el mercado, se realizó mejoras en el sistema de transmisión aun motorreductor de 0.75 hp monofásico, el material que se determinó para la construcción de las partes que tengan contacto con los granos será de acero inoxidable AISI304, la alimentación eléctrica debe de ser de 220 V monofásico, la parte de control está dada por un autómata de la marca SIEMENS CPU1212C, asimismo, contara con un HMI para controlar el proceso de tueste. Para mejorar la precisión del proceso se ha seleccionado un RTD PT100 para la lectura de la temperatura y una válvula de control que va a permitir el paso del gas.

Después de realizar las cotizaciones del material, componentes y mano de obra, se determinó el costo del diseño llegando a la suma de S/ 15 907.32 nuevos soles, lo que es mucho menor en comparación con las tostadoras de otras empresas presentes en la selva central del Perú.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1: Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos después de realizar el trabajo de investigación, siguiendo los lineamientos de la metodología adaptada y respondiendo a los objetivos específicos, se concluye.

Primero, se determinó las características de diseño, como muestra la investigación se ha desarrollado cálculos matemáticos para dimensionar la estructura, el tambor de tueste y demás elementos de la máquina, asimismo, se ha dimensionado la potencia del servomotor cumpliendo con los requerimientos del proceso de tostado de granos de cacao. Con los resultados obtenidos de la parte de diseño estructural y en cumplimiento de los objetivos planteados, se ha modelado la tostadora en el software CAM autodesk inventor, y se ha realizado la simulación térmica en el software Nastran de autodesk. Asimismo, se realizó los planos de construcción, planos específicos y de despiece, detallando los materiales, número de piezas y proceso de manufactura.

Segundo, se ha seleccionado los dispositivos electrónicos de automatización bajo criterios técnicos específicos se ha seleccionado un PLC de la marca siemens con CPU 121C AC/DC/relé, un sensor de temperatura del tipo RTD PT100 con una señal normalizada de 0-10 v, por otro lado, se ha desarrollado la programación lineal en lenguaje Ladder para controlar el proceso desde una pantalla HMI de los granos trinitarios, criollos y forasteros, para obtener mejores resultados en el momento del control de temperatura se está usando bloques tecnológicos con un control de lazo cerrado PID para disminuir el error y el tiempo de calentado de la máquina.

Tercero, se elaboró el análisis económico de la construcción de la máquina teniendo en cuenta el costo de los materiales, costo de los componentes electrónicos y los procesos de manufactura, la mano de obra por día, llegando a obtener un resultado favorable, debido a que, presenta un 30% menos del valor en comparación las máquinas existentes en el

mercado que tienen la misma capacidad, tras este análisis se ha demostrado que la máquina es de bajo costo.

Cuarto, para la validación de la mejora de producción en los pequeños y medianos productores se ha evaluado el tiempo de tueste por 10 kg de cada tipo de grano, para determinar la capacidad de producción de tuestes en 8 horas de trabajo, después de desarrollar se ha llegado a un resultado de que la máquina tras un trabajo continuo de una jornada de 8 horas puede tostar 80 kg de granos de cacao independientemente de la variedad, lo que lleva a maximizar la producción y minimizar los costos de tuestes manual que se viene realizando.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Agraria.pe.** *Cultivo de cacao considerado principal fuente de trabajo en Mazamari* [En línea] Agraria.pe, 19 de mayo de 2022. [Citado el: 10 de abril de 2021.] <https://agraria.pe/noticias/cultivo-del-cacao-considerado-principal-fuente-de-trabajo-en-8357>
2. **APASA LARICO, Estip Roddy;** *Diseño y construcción de un prototipo automatizado de maquina tostadora de café para productores de la provincia de Carabaya - región Puno.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez: Repositorio UANCV, 2020. Tesis.
3. **Aveva.** *¿Qué es un HMI?* [En línea] Aveva, 02 de marzo de 2024. [Citado el: 10 de abril de 2024.] [https://www.aveva.com/es/solutions/operations/hmi/#::~:~:text=La%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20\(HMI,panel%20de%20control%20del%20operario.](https://www.aveva.com/es/solutions/operations/hmi/#::~:~:text=La%20Interfaz%20Hombre%2DM%C3%A1quina%20(HMI,panel%20de%20control%20del%20operario.)
4. **BEETHSSY ZZUSSY, Hurtado Soria;** *Optimización del tostado del cacao en estufa y tambor para retención de polifenoles aplicando superficie de respuesta.* Universidad Agraria la Molina. Repositorio: UNAM,2023. Tesis.
5. **Ministerio de agricultura y riego.** *Estudio del cacao en el Perú y el mundo.* s.l. Agrario; 2016. págs. 5,6,7,8.
6. **MACAY ERAZO, Cristhian Andrés;** *Diseño de tostador de granos de cacao basado en un secador rotatorio con capacidad de hasta 10 quintales por día.* Escuela superior politécnica del litoral. Repositorio. ESPL,2023, Tesis.
7. **Digikey.** *PLC: Un resumen técnico con ejemplo siemens.* [En línea] Digikey.com, 25 de mayo de 2022. [Citado el: 10 de abril de 2024.] [https://www.digikey.com/es/articles/programming-plcs-a-technical-summary#:~:text=Los%20controladores%20%C3%B3gicos%20programables%20\(PLC,el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales](https://www.digikey.com/es/articles/programming-plcs-a-technical-summary#:~:text=Los%20controladores%20%C3%B3gicos%20programables%20(PLC,el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales)

8. **Educación urbana.** *Instrumentación y comunicaciones industriales* [En línea] Educación urbana 02 de agosto de 2020. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://www.educacionurbana.com/apuntes/ladder.pdf>
9. **EUMED.** *Investigación científica e investigación tecnológica como componentes para la innovación: consideraciones técnicas y metodológicas.* [En línea] EUMED 05 de agosto de 2019. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://www.eumed.net/rev/cccss/13/ibrs.html>
10. **FIMAC.** *Industria del cacao, línea completa para el proceso del cacao.* [En línea] FIMAC 06 de enero de 2024. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <http://www.grupofimac.com/equipos-cacao.html>
11. **SOLORZANO MENDOZA, Gerardo Alberto; LOPEZ HUAMAN, Elías.** *Diseño de una tostadora de cacao para productores minoristas.* Universidad Politécnica Salesiana: Repositorio UPS,2023. Tesis.
12. **IMSA.** *Tostadora para cacao.* [En línea] IMSA, 22 de marzo de 2024. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://www.imsacafe.com/producto/cacao/linea-bean-to-bar-licor-de-cacao/tostadora-para-cacao/>
13. **ANDRADE ALMEIDA, José y otros.** *Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao en Ecuador y Perú.* Universidad Agraria la Molina: Repositorio: UNAM, 2021: Artículo científico.
14. **Mastersi.** *¿Qué Es Una Termocupla y Como Funciona?* [En línea] Mastersi, 20 de diciembre de 2020. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://www.mastersi.com.pe/mastersi/blog/69-que-es-una-termocupla>
15. **MAYORCA GAIBOR, Juan Carlos; SOLIZ FALCONES, Eduardo José.** *Implementación de una maquina horno tostador de cacao con la capacidad de 10 kg para la producción de chocolates en la Asociación de campesinos Lamanenses "ASACALA" del cantón la mana.* Universidad técnica de Cotpaxi: Repositorio: UTC, 2020. Tesis.

16. **Concepto.** *Método Científico*. [En línea] Concepto, 24 de abril de 2020. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://concepto.de/metodo-cientifico/>
17. **Ministerio de agricultura.** *Catalogo de cultivares del Perú*. [En línea] ministerio de agricultura, 15 de mayo de 2020. [Citado el: 10 de abril de 2024.] https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/cultivares_cacao.pdf
18. **CAYETANO TERREL, Paolo y otros** *Estudio de vigilancia tecnológica en el estudio de cacao*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Repositorio: INIA, 2021, Revista.
19. **Transmisiones y equipos.** *Reductores y motorreductores: concepto, tipos y aplicaciones*, [En línea] transmisiones y equipos, 1 de septiembre de 2022. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://www.ajtransmisiones.com/blog/reductores-motorreductores-definicion-aplicaciones-tipos>
20. **Vulcano TEC.** *Tostadora de aire caliente para cacao y café*. [En línea] Vulcano TEC, 12 de octubre de 2023. [Citado el: 10 de abril de 2024.] <https://vulcanotec.com/machinery/cocoa-and-coffee-hot-air-roaster/>
21. **Vulcano TEC.** *Tostador rotativo para cacao y café*, [En línea] Vulcano TEC, 12 de octubre de 2023. [citado el: 10 de abril de 2024.] <https://vulcanotec.com/maquinaria/tostador-rotativo/>

ANEXOS

ANEXO A: PREGRMACION DE PLC

En la *Figura 53*. Se muestra el segmento número 1 y 2, en este segmento se normaliza y escala el valor del sensor de temperatura PT100 de un valor int a un valor real, asimismo, en el segmento 2 se normaliza y escala el valor de la válvula de control de un valor real a un valor int.

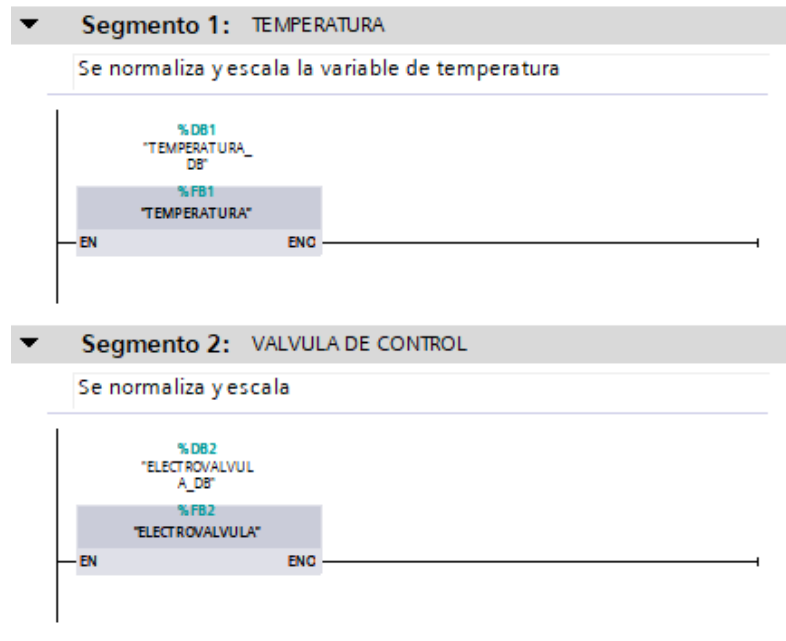


Figura 53. Se muestra el segmento número 1 y 2.

En la *Figura 54*. Se muestra el segmento número 3. En este segmento arrancamos de forma manual el motor de la enfriadora.

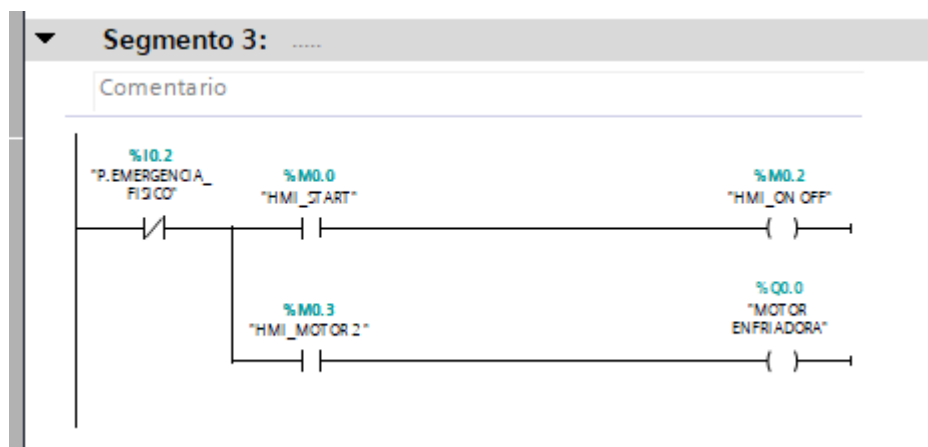


Figura 54. Se muestra el segmento número 3.

En la *Figura 55*. Se muestra el segmento número 4. Donde arrancaremos el motor de la tostadora desde una salida digital, asimismo para activar el motor de la tostadora desde los

pulsadores de los tipos de granos, previamente la temperatura del precalentado debe ser la adecuada

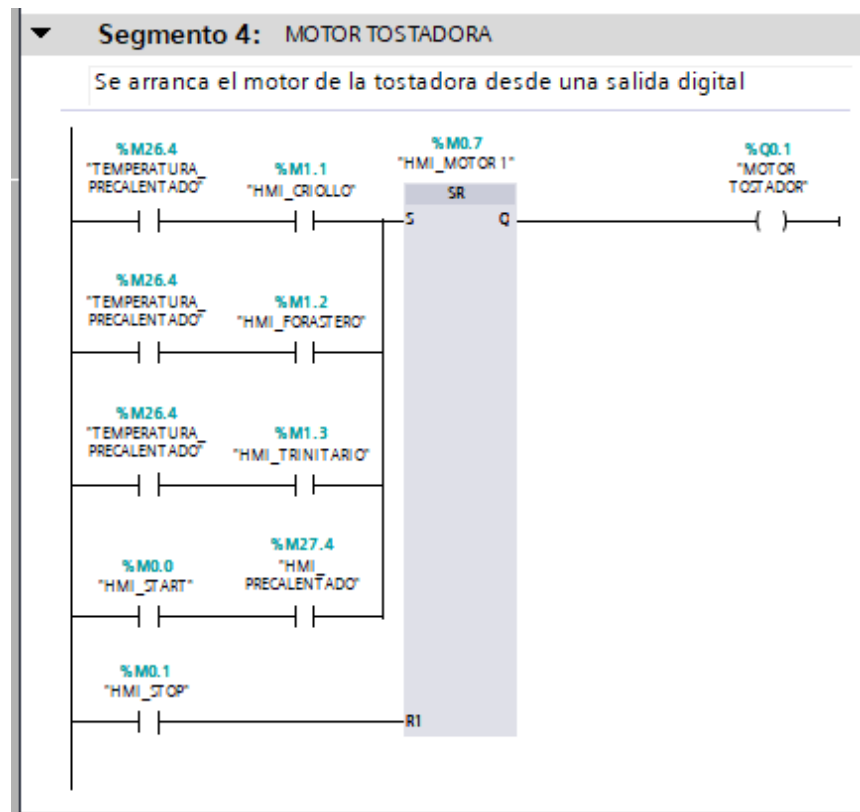


Figura 55. Se muestra el segmento número 4.

En la Figura 56. Se muestra el segmento número 5.podremos iniciar el proceso de precalentado

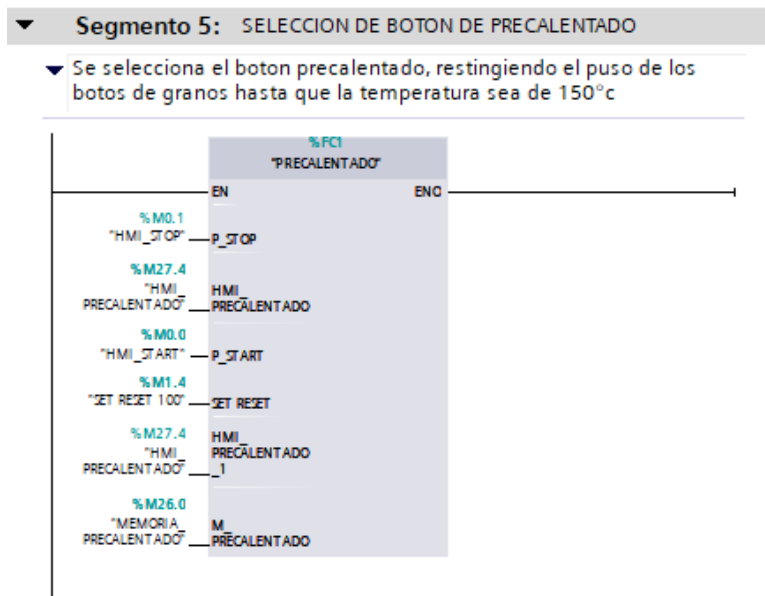


Figura 56. Se muestra el segmento número 5.

En la *Figura 57*. Se muestra el segmento número 6. podremos seleccionar el tipo de grano criollo, si previamente se llevo a cabo el precalentado y esta a la temperatura adecuada.

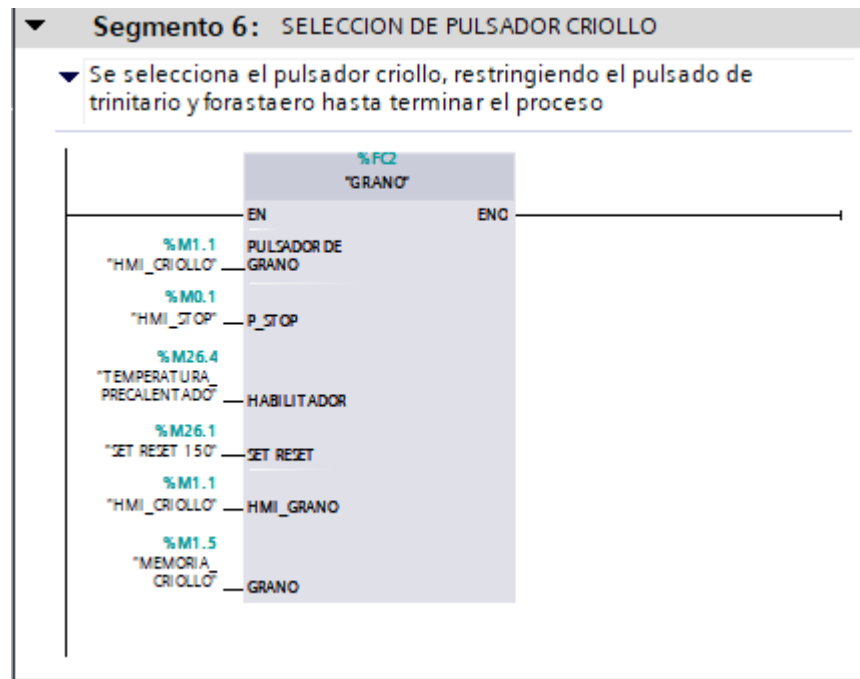


Figura 57. Se muestra el segmento número 6.

En la *Figura 58*. Se muestra el segmento número 7. Podremos seleccionar el tipo de grano forastero, si previamente se llevo a cabo el precalentado y esta a la temperatura adecuada.

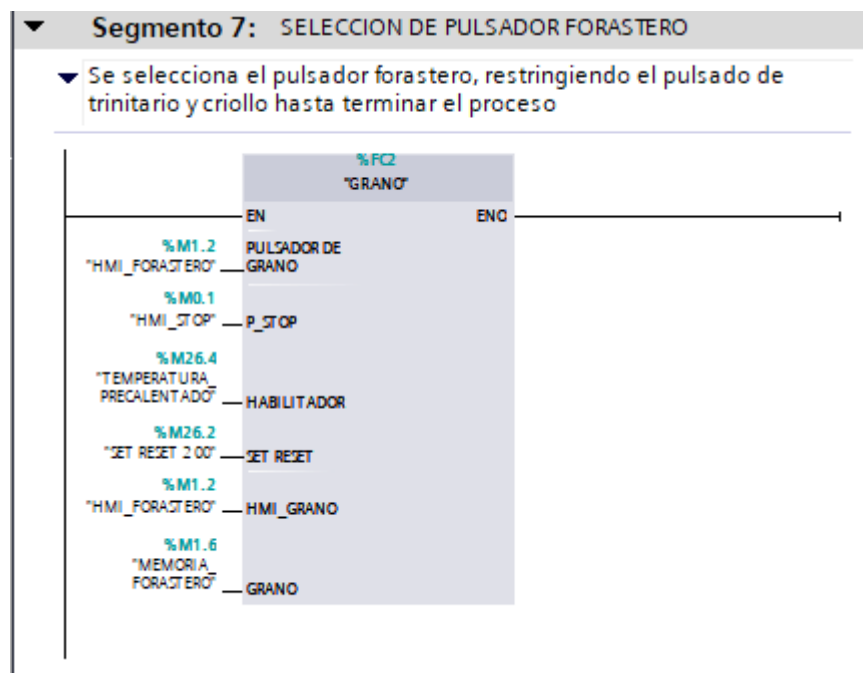


Figura 58. Se muestra el segmento número 7.

En la *Figura 59*. Se muestra el segmento número 8. Podremos seleccionar el tipo de grano trinitario, si previamente se llevo a cabo el precalentado y esta a la temperatura adecuada.

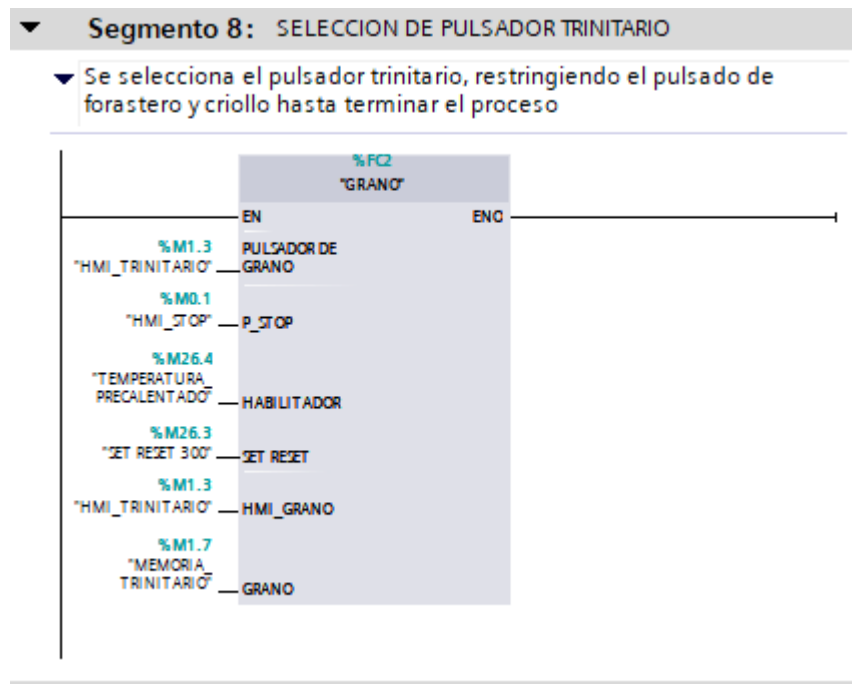


Figura 59. Se muestra el segmento número 8.

En la *Figura 60*. Se muestra el segmento número 9. Se realiza la combustión para iniciar el proceso de tostado de los granos criollos.

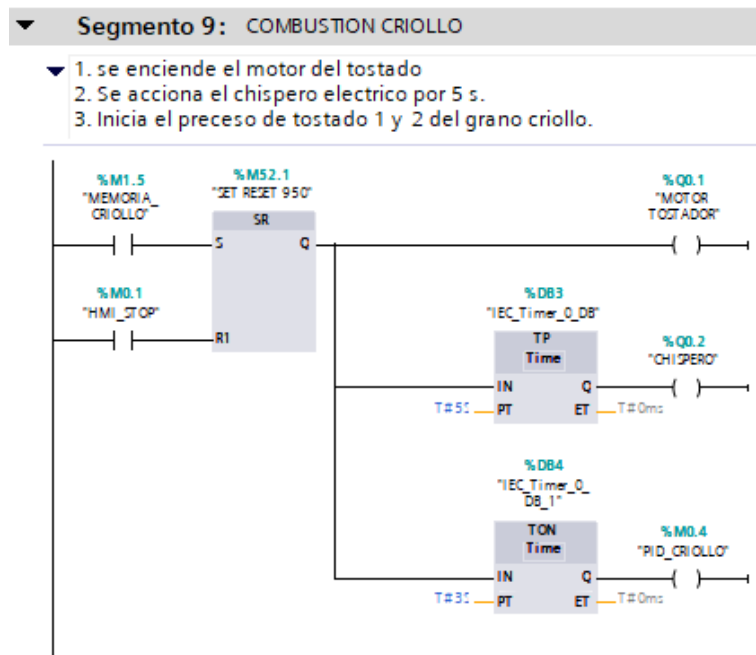


Figura 60. Se muestra el segmento número 9.

En la *Figura 61*. Se muestra el segmento número 10. Se realiza la combustión para iniciar el proceso de tostado de los granos trinitarios.

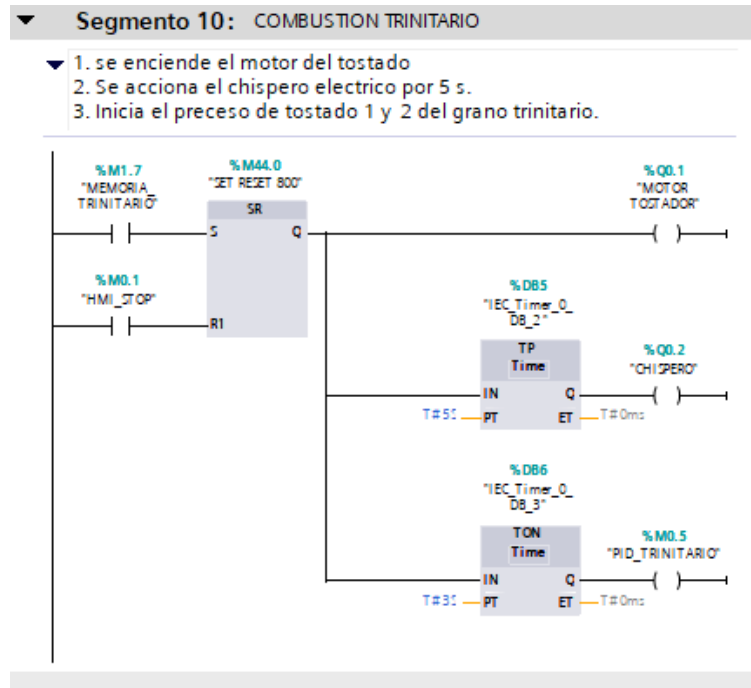


Figura 61. Se muestra el segmento número 10.

En la *Figura 62*. Se muestra el segmento número 11. Se realiza la combustión para iniciar el proceso de tostado de los granos forastero.

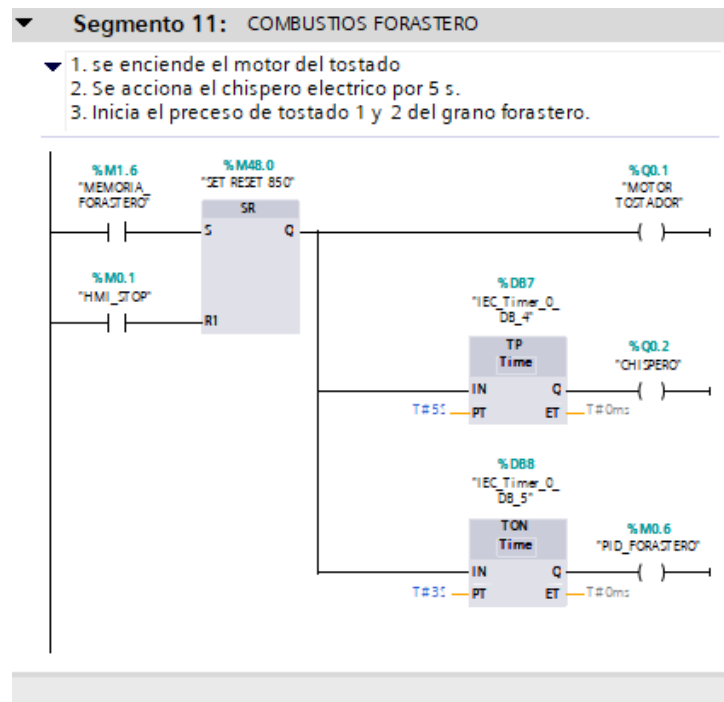


Figura 62. Se muestra el segmento número 11.

En la *Figura 63*. Se muestra el segmento número 12. Se realiza la combustión para iniciar el proceso de precalentado.

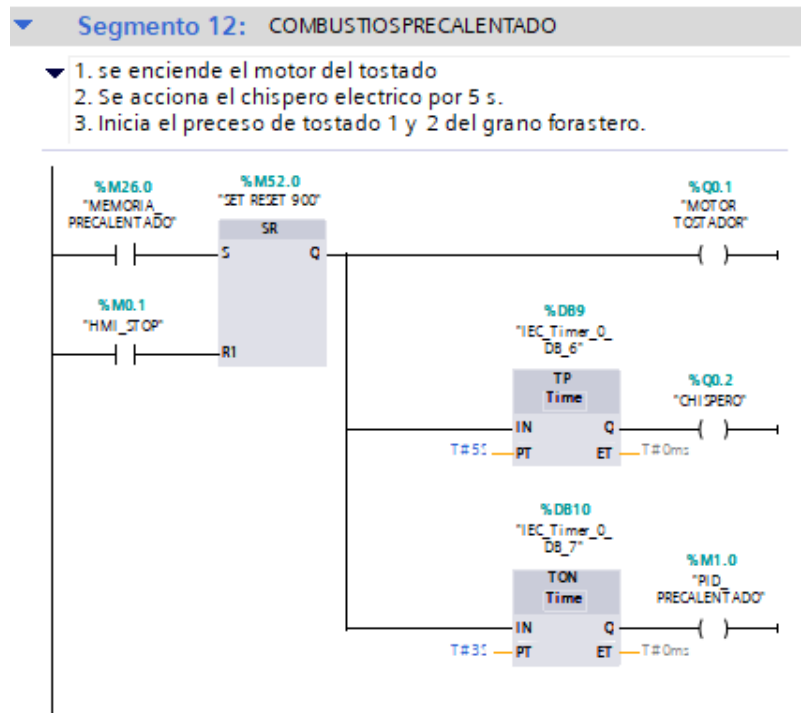


Figura 63. Se muestra el segmento número 12.

En la *Figura 64*. Se muestra el segmento número 13. Se realizará el conteo del precalentado por un tiempo de 20 minutos.

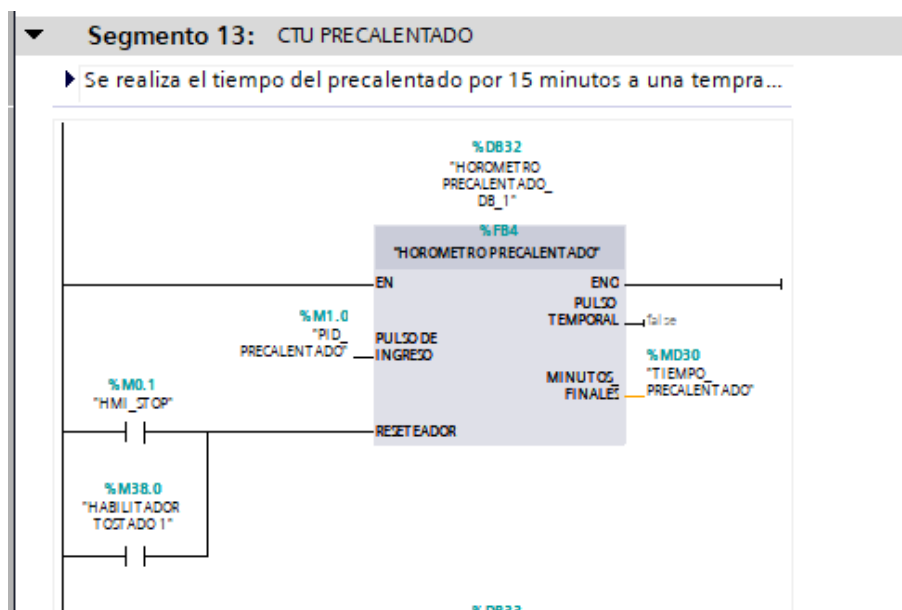


Figura 64. Se muestra el segmento número 13.

En la *Figura 65*. Se muestra el bloque *FB* del tostado 1. donde se realizará el conteo del primer tostado por un tiempo de 15 minutos.

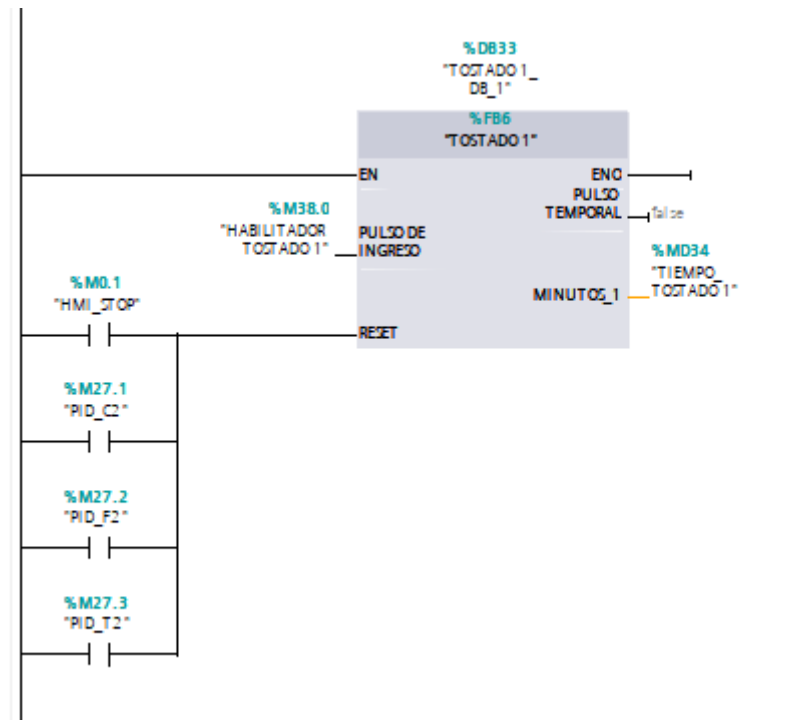


Figura 65. Se muestra el bloque *FB* del tostado 1.

En la *Figura 66*. Se muestra el *PID* tostado 1 para grano criollo. scon un set point de 140 ° C.

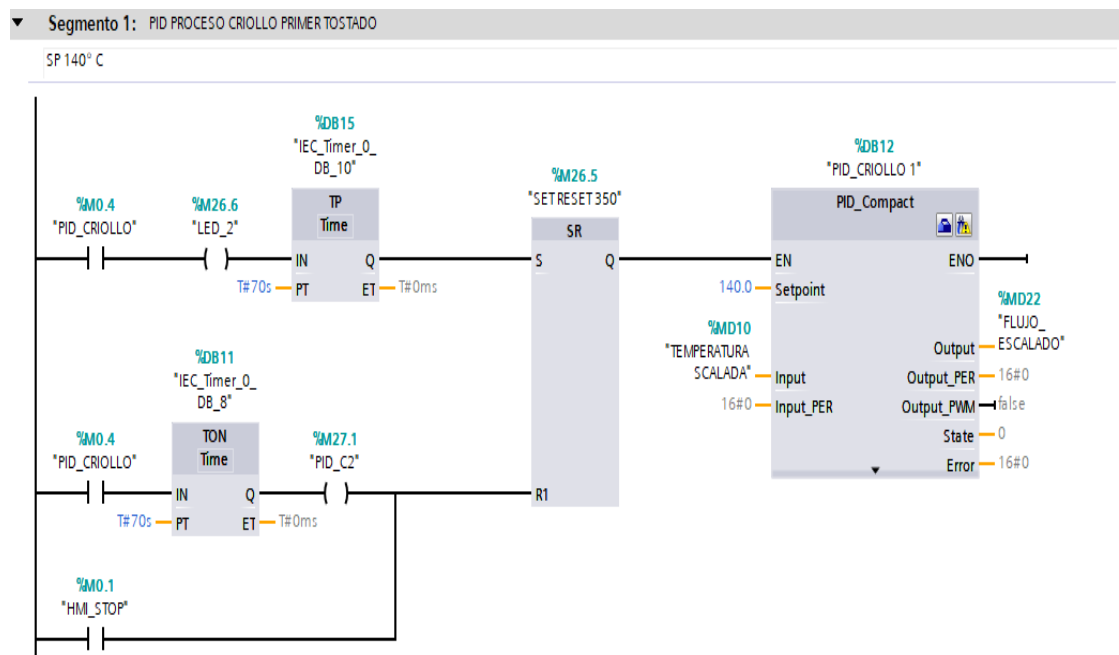


Figura 66. Se muestra el *PID* tostado 1 para grano criollo.

En la *Figura 67*. Se muestra el PID tostado 2 para grano criollo. con un set point de 110 ° C

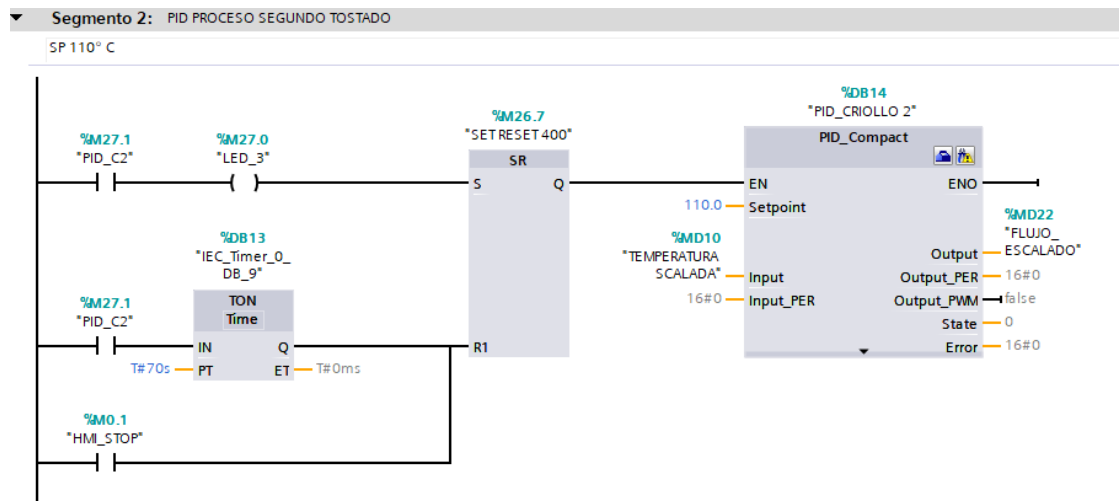


Figura 67. Se muestra el PID tostado 2 para grano criollo.

En la *Figura 68*. Se muestra el PID tostado 1 para grano forastero. con un set point de 140 ° C.

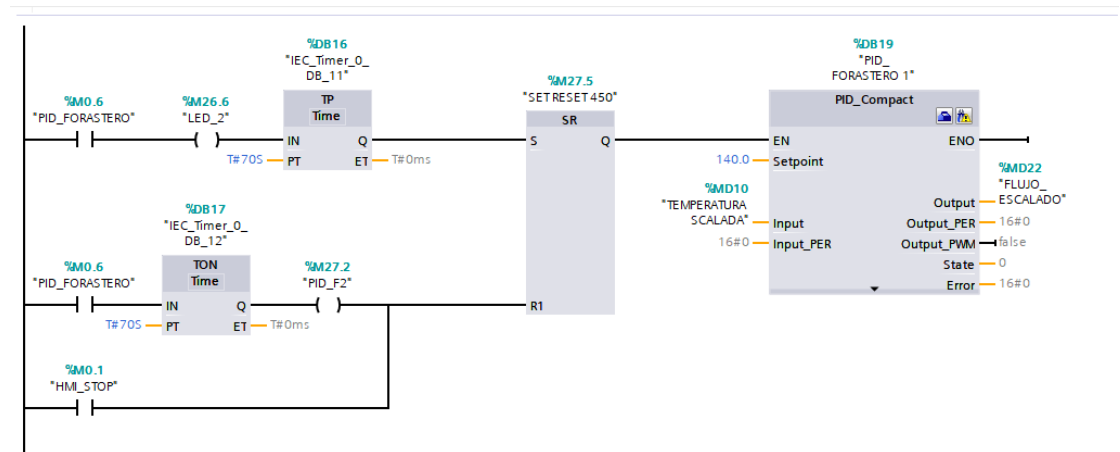


Figura 68. Se muestra el PID tostado 1 para grano forastero.

En la *Figura 67*. Se muestra el *PID tostado 2* para grano criollo con un set point de 120 ° C

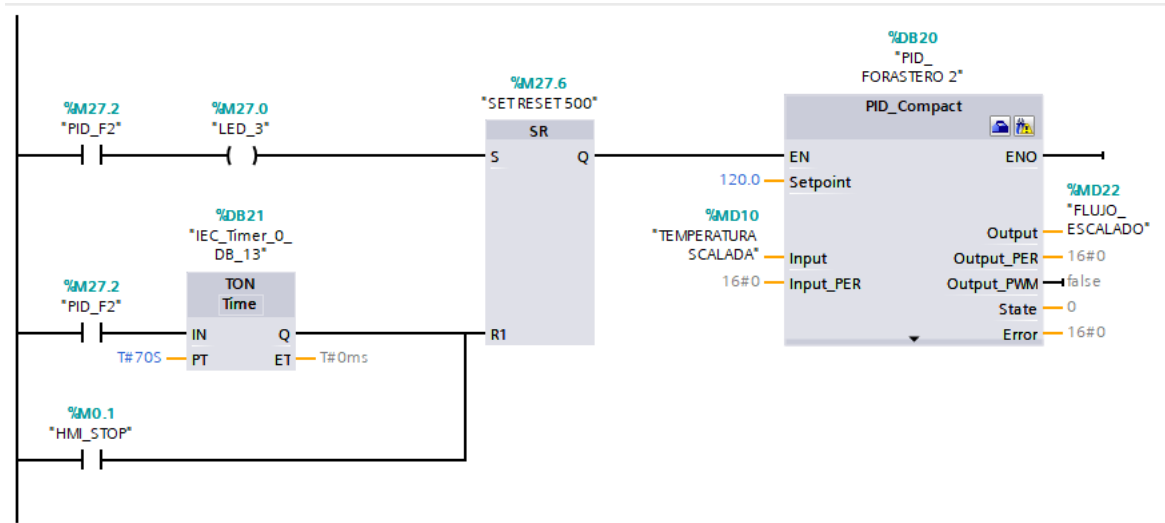


Figura 69. Se muestra el *PID tostado 2* para grano forastero.

En la *Figura 70*. Se muestra el *PID tostado 1* para grano trinitario. con un set point de 130 ° C.

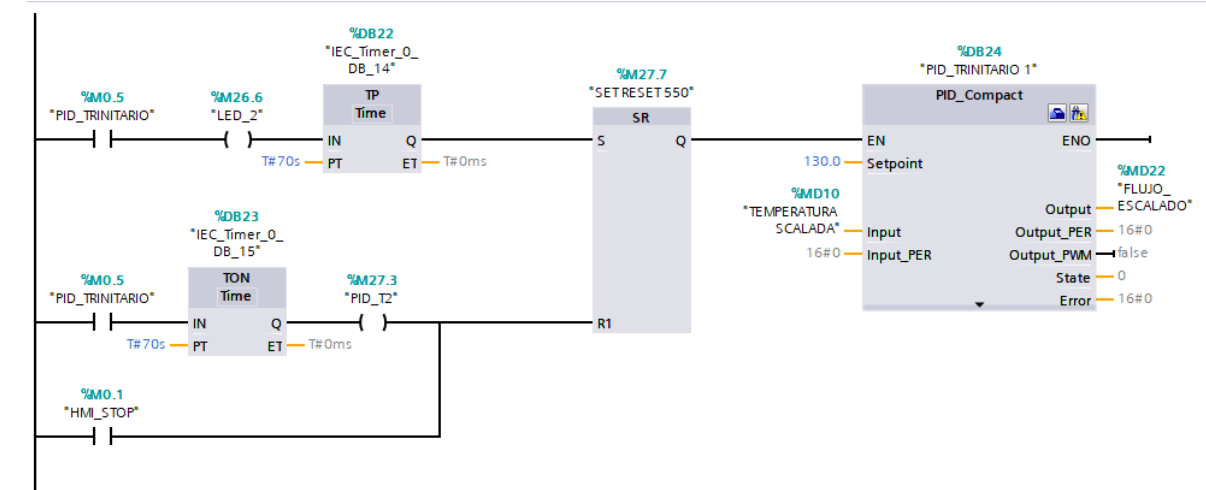


Figura 70. Se muestra el *PID tostado 1* para grano trinitario.

En la Figura 71. Se muestra el PID tostado 2 para grano trinitario. con un set point de 120 ° C.

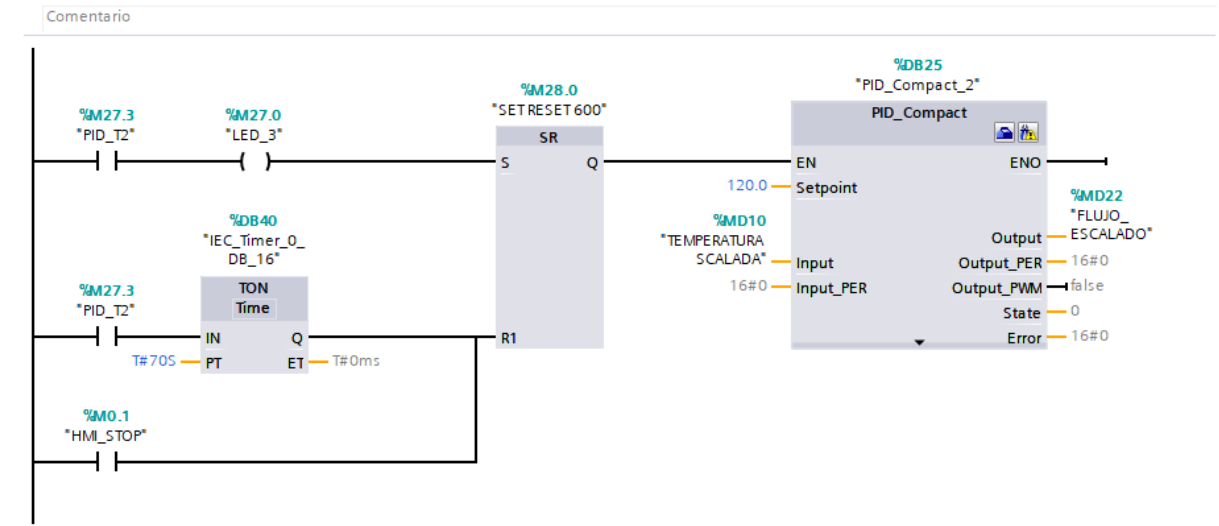


Figura 71. Se muestra el PID tostado 2 para grano trinitario.

En la Figura 72. Se muestra el PID de precalentado. En el segmento se inicia el proceso de precalentado con un set point de 150°C.

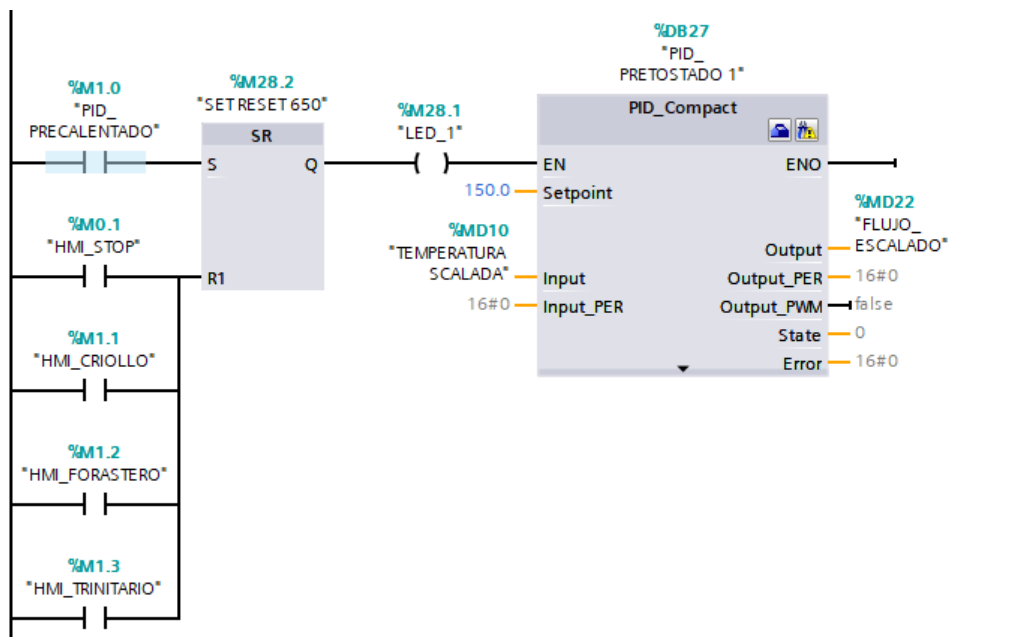


Figura 72. Se muestra el PID de precalentado.

En la *Figura 73*. Se muestra el encendido de leds indicadores en el HMI. En bloque DB LEDS_HMI se realiza el encendido de las memorias.

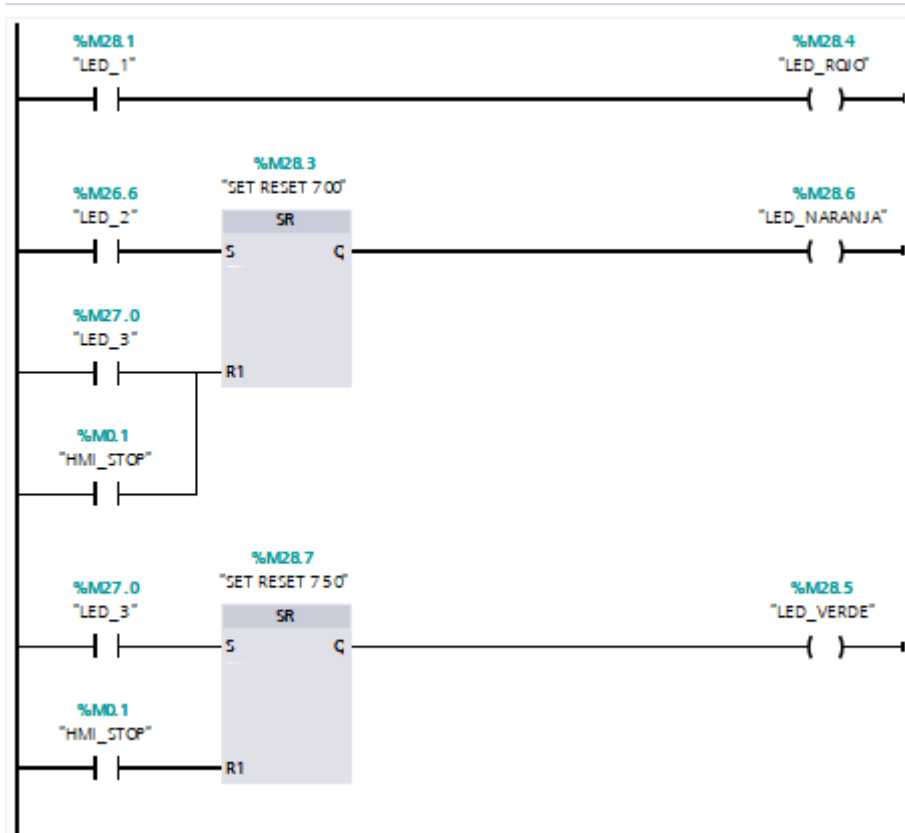
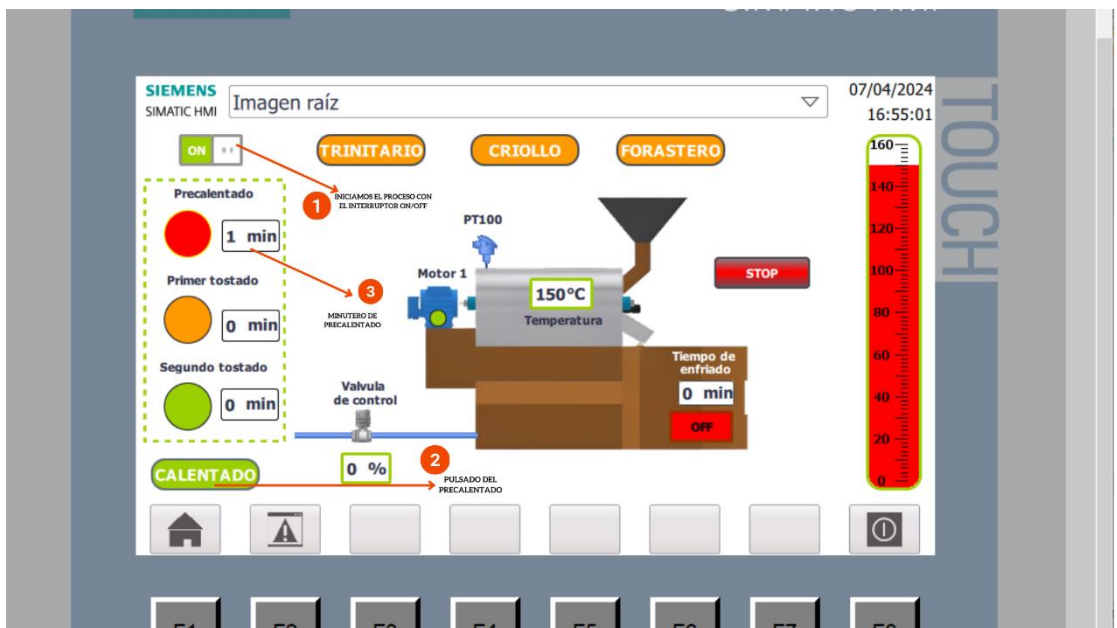
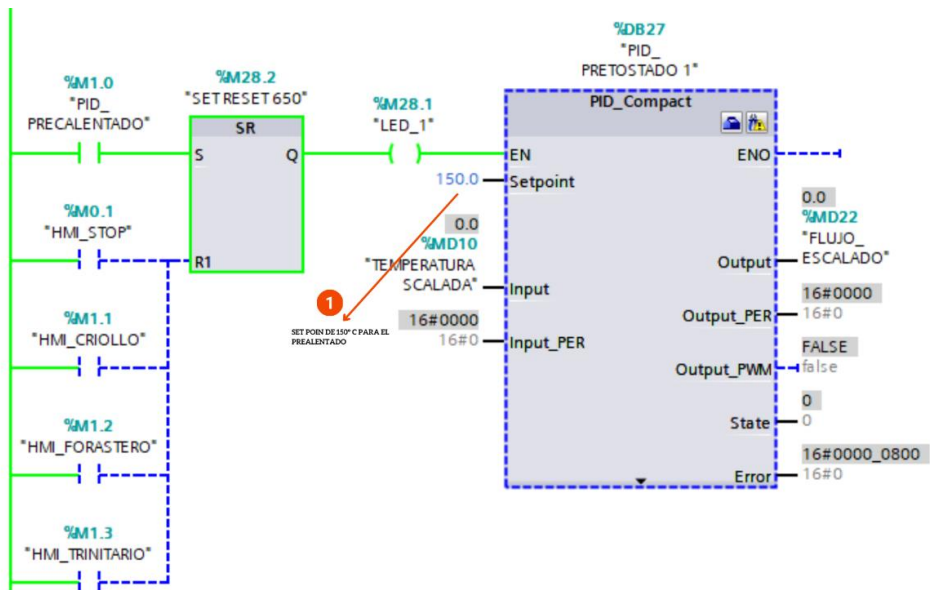
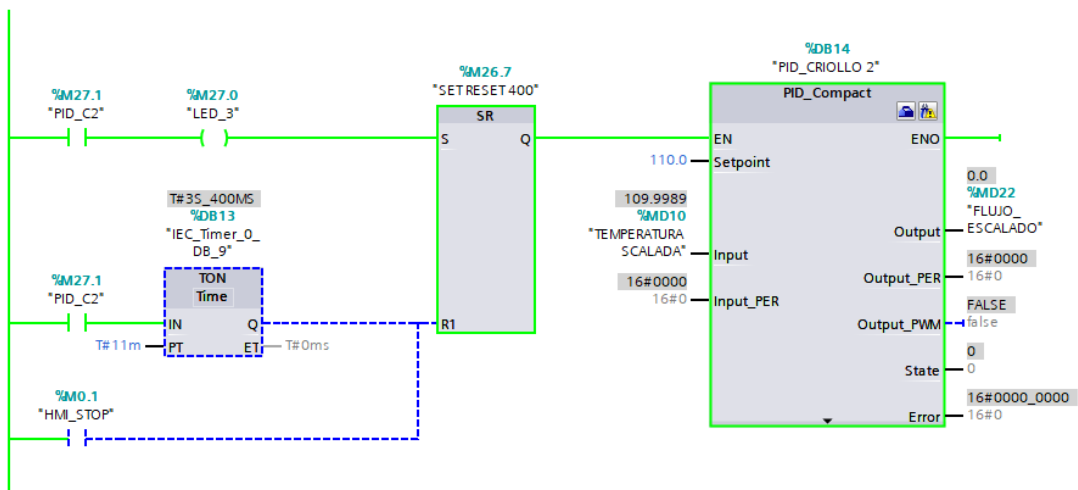
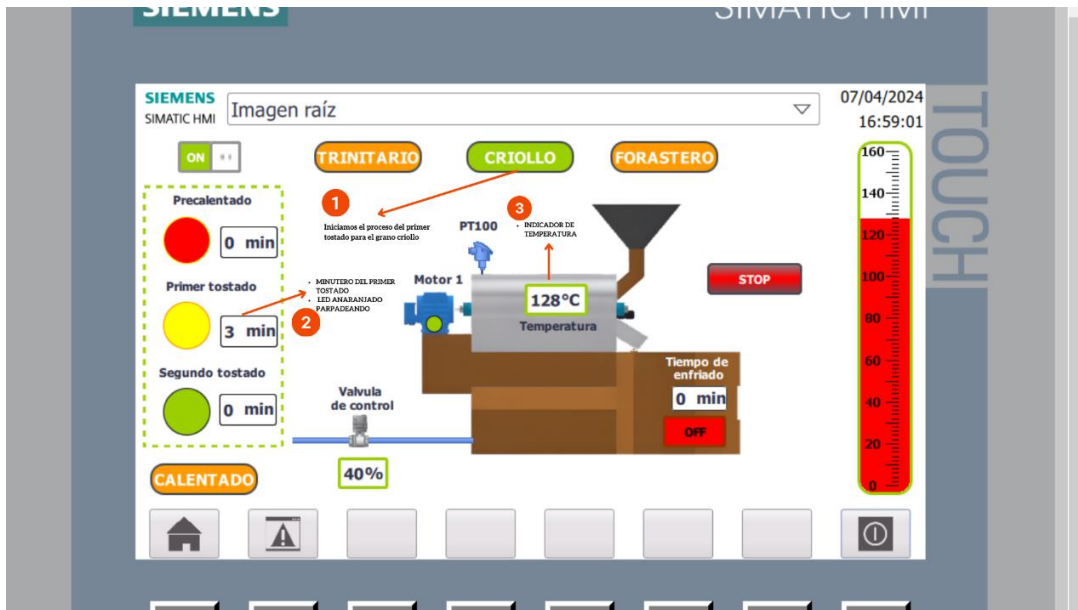


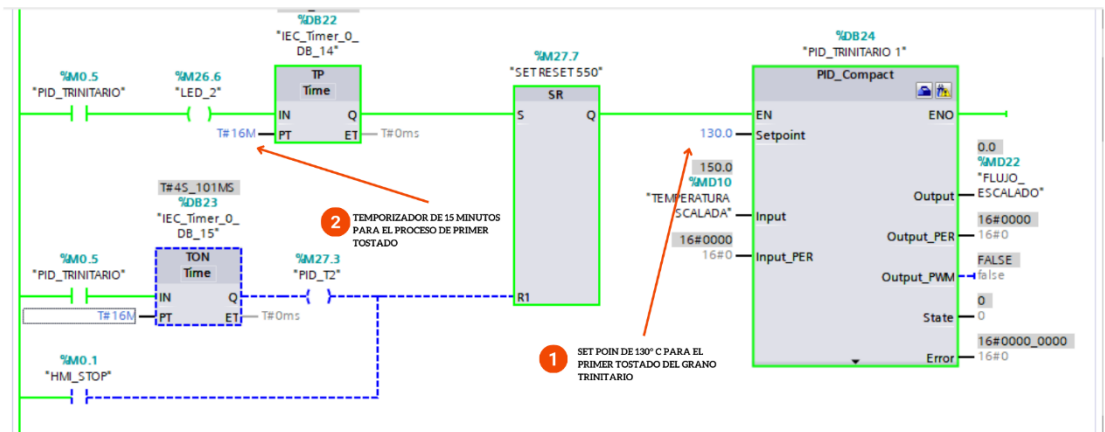
Figura 73. Se muestra el encendido de leds indicadores en el HMI.

ANEXO B: SIMULACION HMI









SIEMENS

Product data sheet

6ES7214-1HE30-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C,
 COMPACT CPU, DC/DC/RELAY,
 ONBOARD I/O: 14 DI 24V DC;
 10 DO RELAY 2A;
 2 AI 0 - 10V DC,
 POWER SUPPLY: AC 20.4 - 28.8 V DC,
 PROGRAM/DATA MEMORY: 50 KB

General information	
Engineering with	
Programming package	STEP 7 V10.5 or higher
Display	
integrated	No
Supply voltage	
24 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	5 V
permissible range, upper limit (DC)	250 V
Input current	
Current consumption (rated value)	500 mA ; Typical

Date:
03/21/2012

subject to modifications
© Copyright Siemens AG 2012

Current consumption, max.	1.2 A ; 24 V DC
Inrush current, max.	12 A ; at 28.8 V DC
Encoder supply	
24 V encoder supply	
24 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V
Output current	
Current output to backplane bus (DC 5 V), max.	1600 mA ; Max. 5 V DC for SM and CM
Power losses	
Power loss, typ.	12 W
Memory	
Usable memory for user data	50 kbyte
Work memory	
integrated	50 kbyte
expandable	No
Load memory	
integrated	2 Mbyte
expandable, max.	24 Mbyte ; with SIMATIC memory card
Backup	
present	Yes ; Entire project maintenance-free in the integral EEPROM
without battery	Yes
CPU processing times	
for bit operations, min.	0.1 μ s ; / Operation
for word operations, min.	12 μ s ; / Operation
for floating point arithmetic, min.	18 μ s ; / Operation
CPU-blocks	
Number of blocks (total)	DBs, FCs, FBs, counters and timers. The maximum number of addressable blocks ranges from 1 to 65535. There is no restriction, the entire working memory can be used
OB	
Number, max.	Limited only by RAM for code
Data areas and their retentivity	
retentive data area in total (incl. times, counters, flags), max.	2048 byte

A.4 CPU 1214C

A.4.1 Especificaciones generales y propiedades

Tabla A- 47 General

Datos técnicos	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 214-1BG40-0XB0	6ES7 214-1HG40-0XB0	6ES7 214-1AG40-0XB0
Dimensiones A x A x P (mm)	110 x 100 x 75	110 x 100 x 75	110 x 100 x 75
Peso de envío	475 gramos	435 gramos	415 gramos
Disipación de potencia	14 W	12 W	12 W
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1600 mA máx. (5 V DC)	1600 mA máx. (5 V DC)	1600 mA máx. (5 V DC)

Controlador programable S7-1200

Manual de sistema, 03/2014, A5E02486683-AG

893

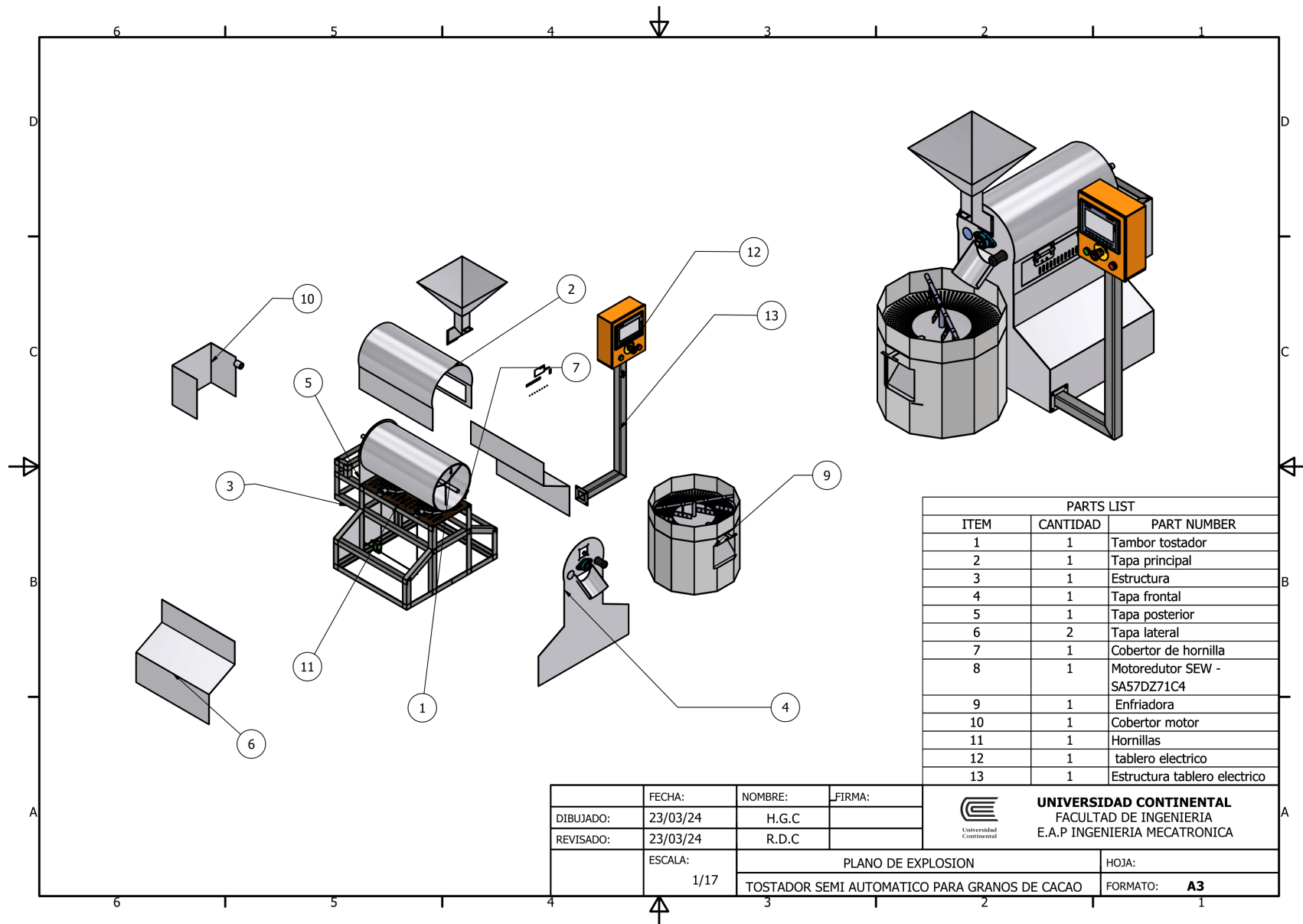
Datos técnicos

A.4 CPU 1214C

Datos técnicos	CPU 1214C AC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/relé	CPU 1214C DC/DC/DC
Intensidad disponible (24 V DC)	400 mA máx. (alimentación de sensores)	400 mA máx. (alimentación de sensores)	400 mA máx. (alimentación de sensores)
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada	4 mA/entrada utilizada	4 mA/entrada utilizada

Datos técnicos	Descripción	
Memoria de usuario	Trabajo	75 KB
	Carga	4 MB, interna, ampliable hasta tamaño de tarjeta SD
	Remanente	10 KB
E/S digitales integradas	14 entradas/10 salidas	
E/S analógicas integradas	2 entradas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)	
Área de marcas (M)	8192 bytes	
Memoria temporal (local)	<ul style="list-style-type: none"> 16 KB para arranque y ciclo (incluyendo los FB y FC asociados) 6 KB para cada uno de los niveles de prioridad de alarma (incluidos los FB y FC asociados) 	
Ampliación con módulos de señales	8 SM máx.	
Ampliación con SB, CB o BB	1 máx.	
Ampliación con módulos de comunicación	3 CM máx.	
Contadores rápidos	<p>Se han configurado un máximo de 6 para usar cualquier entrada integrada o de SB. Véase la tabla CPU1214C: Asignaciones de direcciones predeterminadas del HSC (Página 425)</p> <ul style="list-style-type: none"> 100/80 kHz (de Ia.0 a Ia.5) 30/20 kHz (de Ia.6 a Ia.5) 	
Salidas de impulsos ²	<p>Se han configurado un máximo de 4 para usar cualquier salida integrada o de SB</p> <ul style="list-style-type: none"> 100 kHz (de Qa.0 a Qa.3) 30 kHz (de Qa.4 a Qb.1) 	
Entradas de captura de impulsos	14	

ANEXO D: PLANOS DE CONSTRUCCION



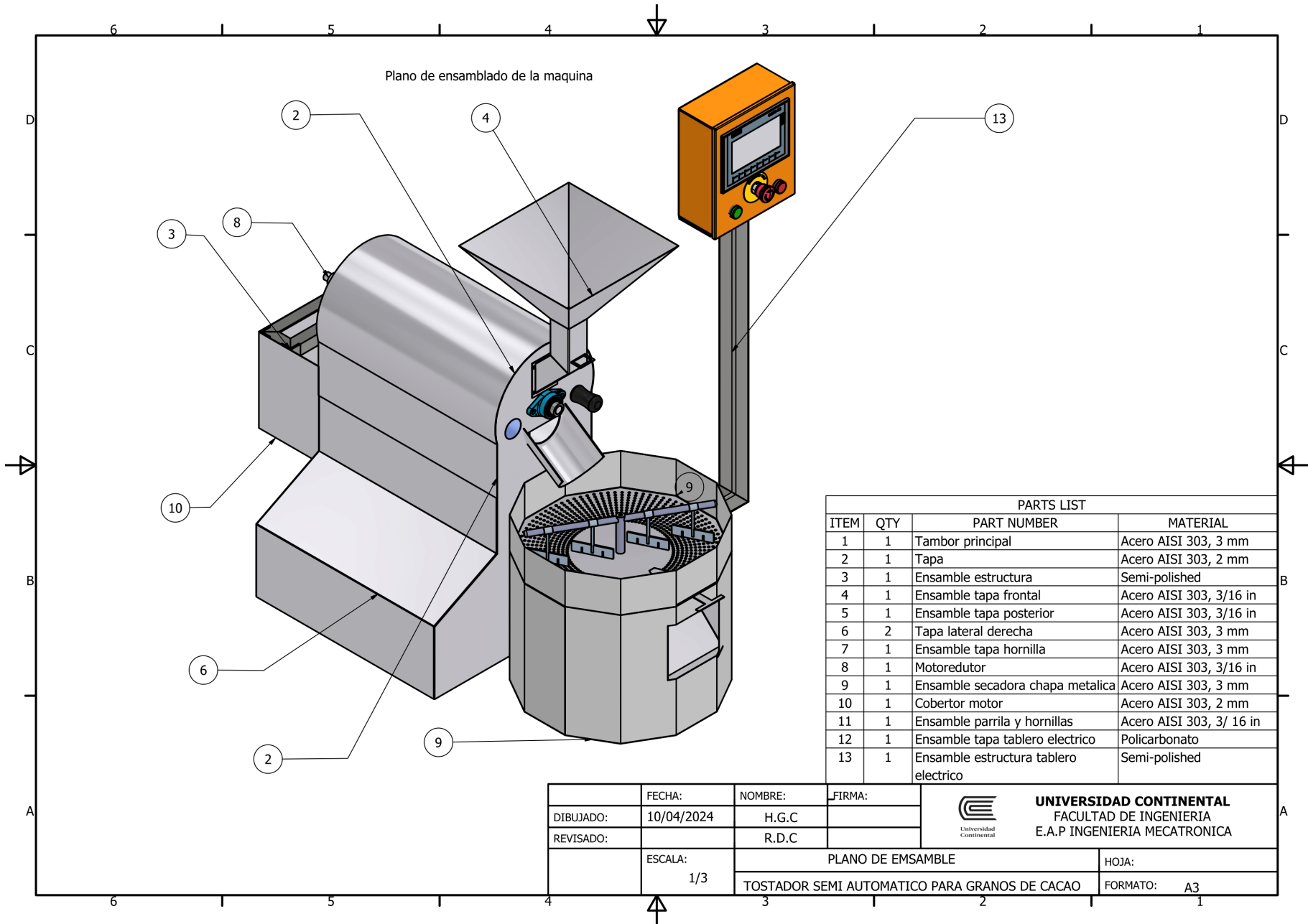
PARTS LIST		
ITEM	CANTIDAD	PART NUMBER
1	1	Tambor tostador
2	1	Tapa principal
3	1	Estructura
4	1	Tapa frontal
5	1	Tapa posterior
6	2	Tapa lateral
7	1	Cobertor de hornilla
8	1	Motoreductor SEW - SA57DZ71C4
9	1	Enfriadora
10	1	Cobertor motor
11	1	Hornillas
12	1	tablero electrico
13	1	Estructura tablero electrico

	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:
DIBUJADO:	23/03/24	H.G.C	
REVISADO:	23/03/24	R.D.C	
	ESCALA:	PLANO DE EXPLOSION	
	1/17	TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO	




UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P INGENIERIA MECATRONICA

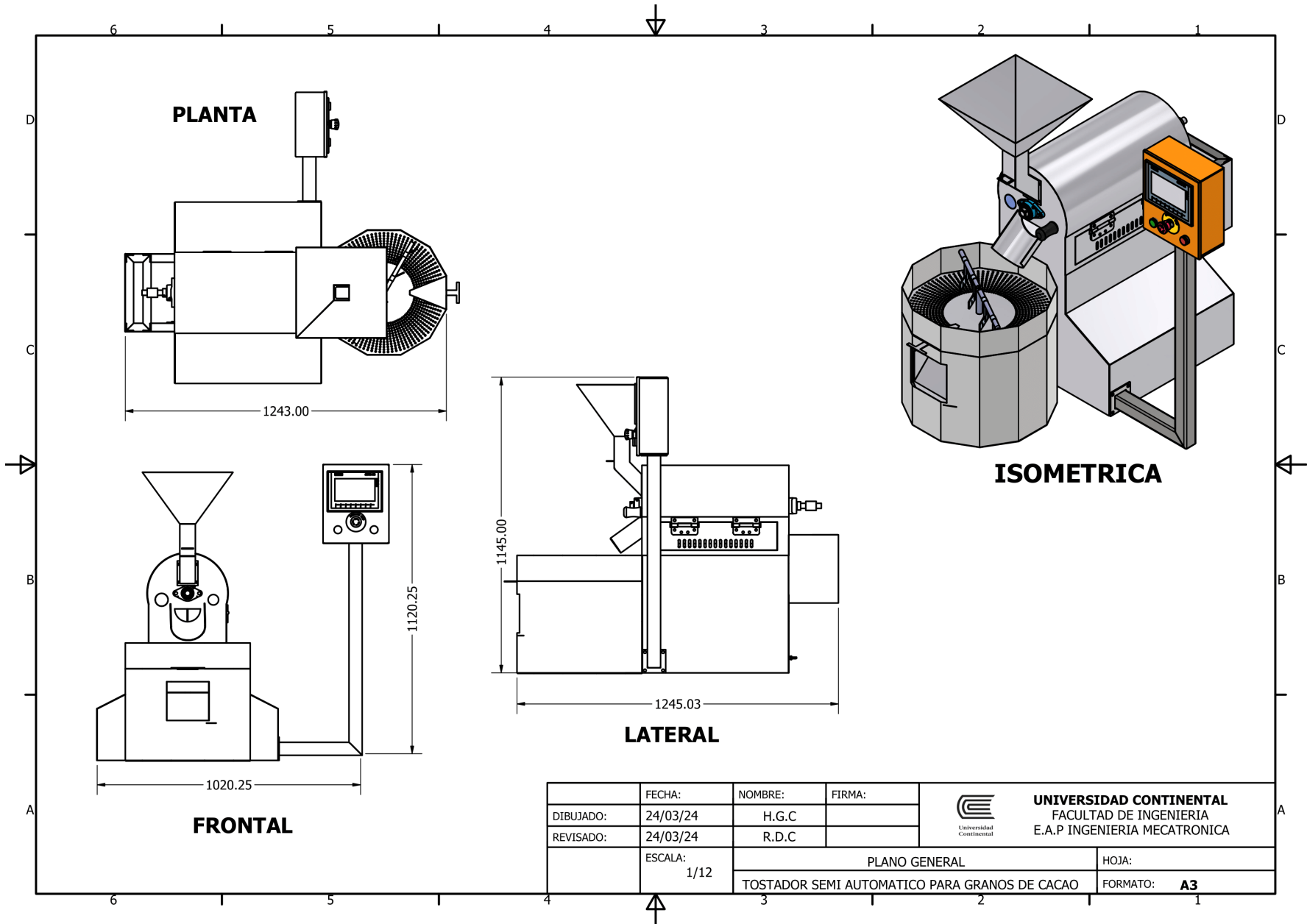
HOJA:
FORMATO: **A3**



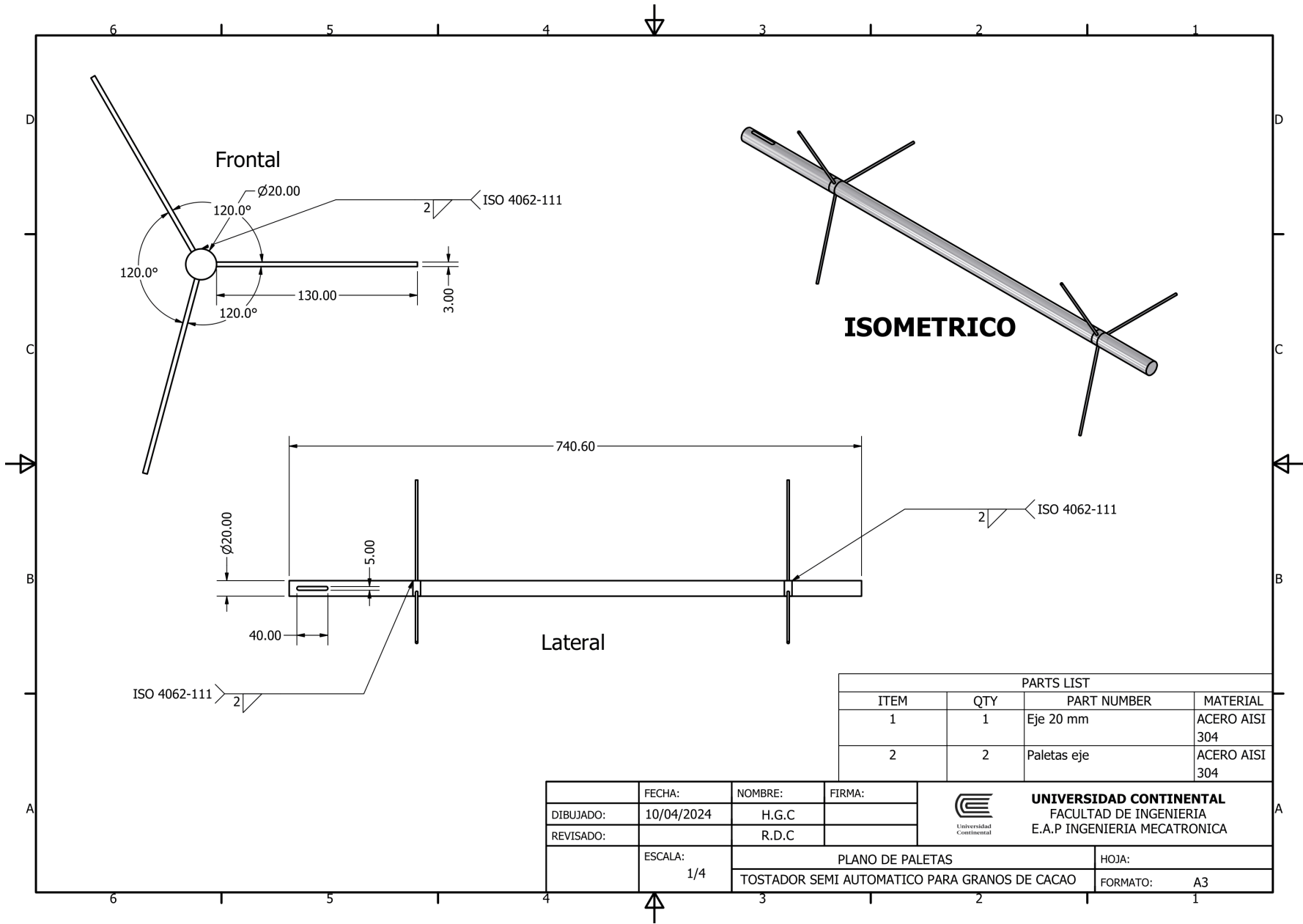
Plano de ensablado de la maquina

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL
1	1	Tambor principal	Acero AISI 303, 3 mm
2	1	Tapa	Acero AISI 303, 2 mm
3	1	Ensamble estructura	Semi-polished
4	1	Ensamble tapa frontal	Acero AISI 303, 3/16 in
5	1	Ensamble tapa posterior	Acero AISI 303, 3/16 in
6	2	Tapa lateral derecha	Acero AISI 303, 3 mm
7	1	Ensamble tapa hornilla	Acero AISI 303, 3 mm
8	1	Motoreductor	Acero AISI 303, 3/16 in
9	1	Ensamble secadora chapa metalica	Acero AISI 303, 3 mm
10	1	Cobertor motor	Acero AISI 303, 2 mm
11	1	Ensamble parrilla y hornillas	Acero AISI 303, 3/ 16 in
12	1	Ensamble tapa tablero electrico	Policarbonato
13	1	Ensamble estructura tablero electrico	Semi-polished

	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P INGENIERIA MECATRONICA
DIBUJADO:	10/04/2024	H.G.C		
REVISADO:		R.D.C		
	ESCALA:	PLANO DE EMSAMBLE		HOJA:
	1/3	TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO		FORMATO: A3



	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:	 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P INGENIERIA MECATRONICA
DIBUJADO:	24/03/24	H.G.C		
REVISADO:	24/03/24	R.D.C		
	ESCALA:	PLANO GENERAL		HOJA:
	1/12	TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO		FORMATO: A3



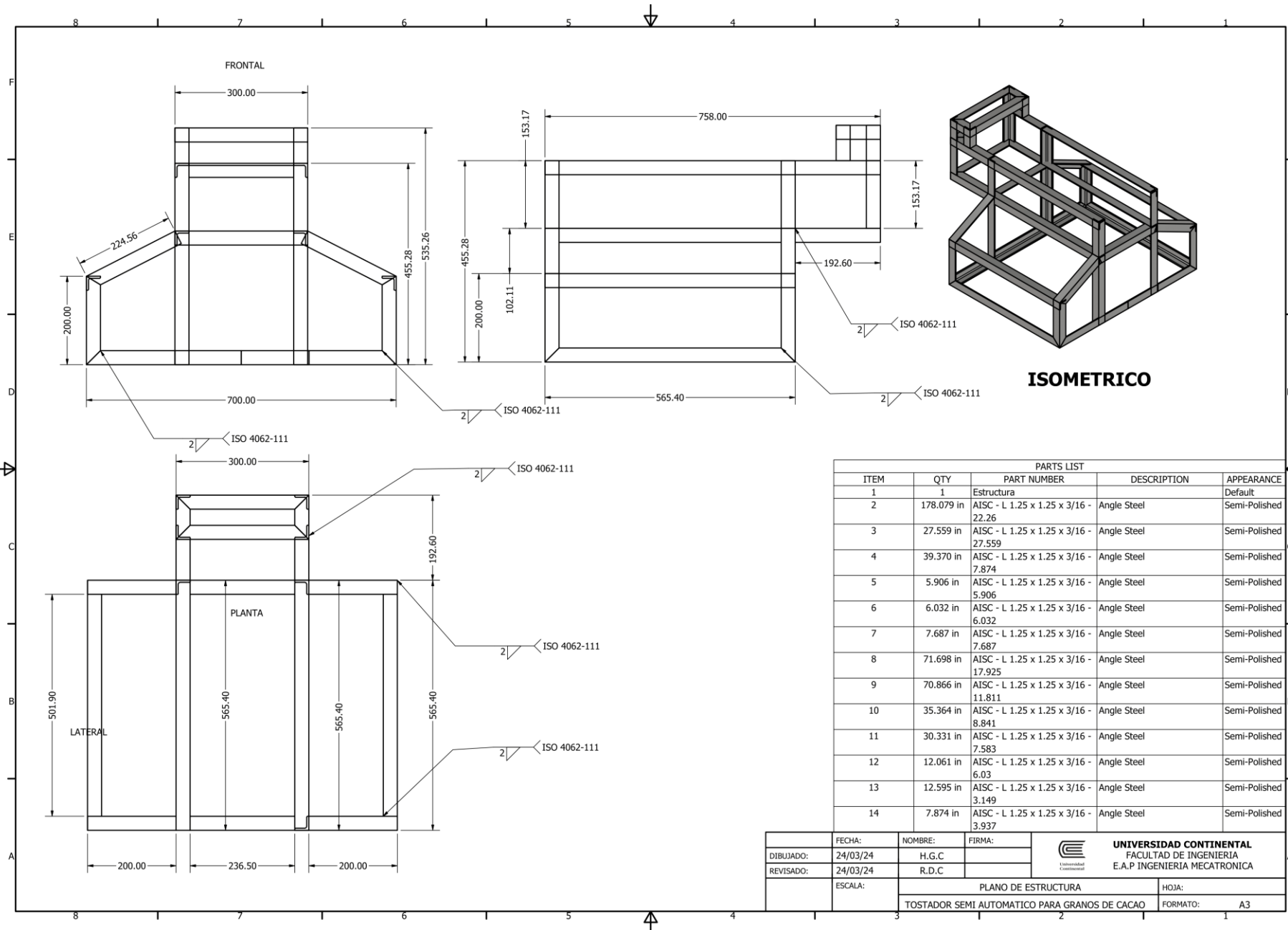
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL
1	1	Eje 20 mm	ACERO AISI 304
2	2	Paletas eje	ACERO AISI 304

	FECHA:	NOMBRE:	FIRMA:
DIBUJADO:	10/04/2024	H.G.C	
REVISADO:		R.D.C	
	ESCALA:	PLANO DE PALETAS	
	1/4	TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO	



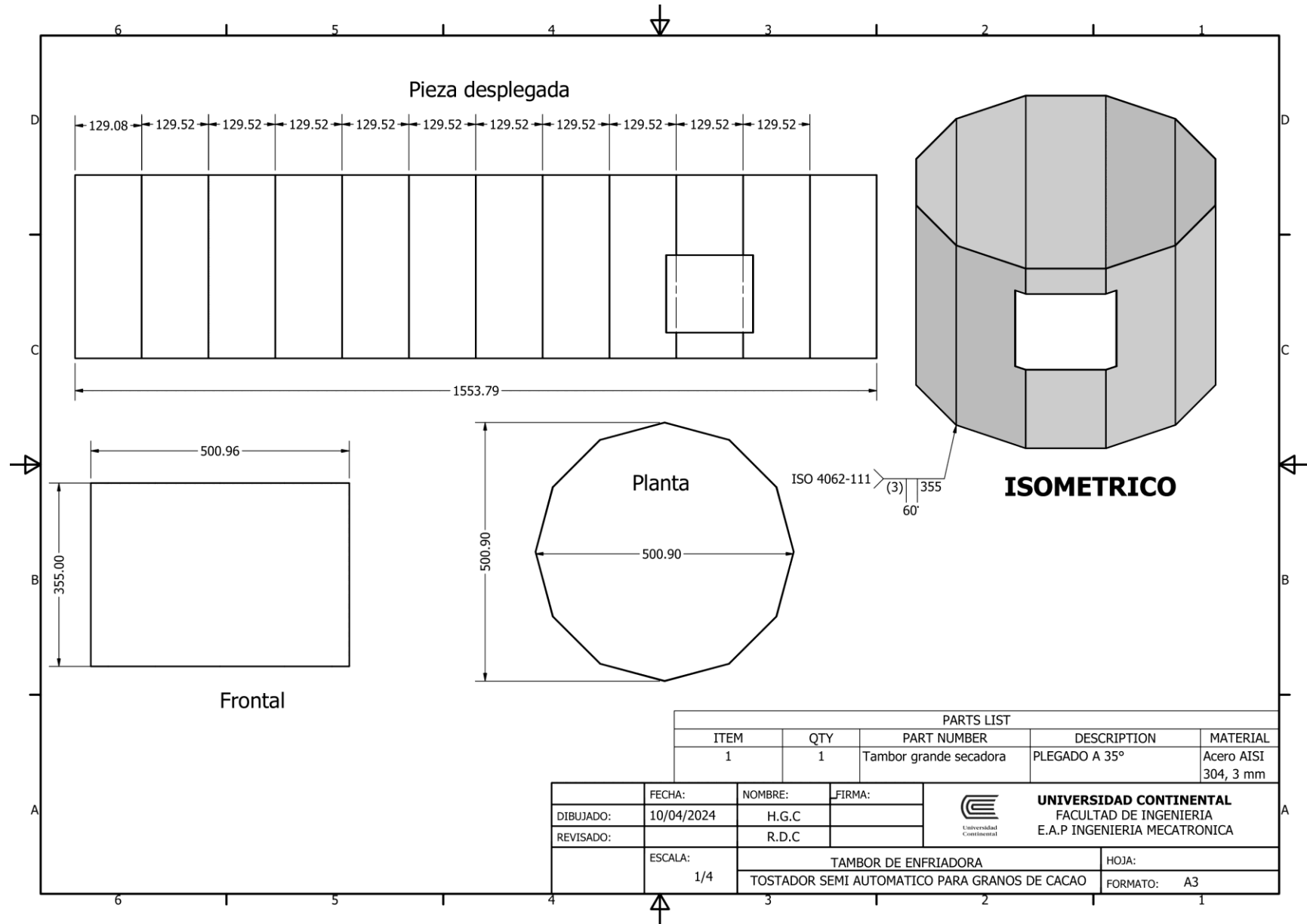
UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 FACULTAD DE INGENIERIA
 E.A.P INGENIERIA MECATRONICA

HOJA:	
FORMATO:	A3



PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	APPEARANCE
1	1	Estructura		Default
2	178.079 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 22.26	Angle Steel	Semi-Polished
3	27.559 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 27.559	Angle Steel	Semi-Polished
4	39.370 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 7.874	Angle Steel	Semi-Polished
5	5.906 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 5.906	Angle Steel	Semi-Polished
6	6.032 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 6.032	Angle Steel	Semi-Polished
7	7.687 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 7.687	Angle Steel	Semi-Polished
8	71.698 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 17.925	Angle Steel	Semi-Polished
9	70.866 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 11.811	Angle Steel	Semi-Polished
10	35.364 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 8.841	Angle Steel	Semi-Polished
11	30.331 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 7.583	Angle Steel	Semi-Polished
12	12.061 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 6.03	Angle Steel	Semi-Polished
13	12.595 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 3.149	Angle Steel	Semi-Polished
14	7.874 in	AISC - L 1.25 x 1.25 x 3/16 - 3.937	Angle Steel	Semi-Polished

FECHA:	24/03/24	NOMBRE:	H.G.C	FIRMA:		 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P INGENIERIA MECATRONICA	
DIBUJADO:	24/03/24	REVISADO:	24/03/24	R.D.C			
ESCALA:	PLANO DE ESTRUCTURA			HOJA:			
					TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO	FORMATO:	A3



Pieza desplegada

129.08 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52 129.52

1553.79

500.96

355.00

Frontal

Planta


500.90

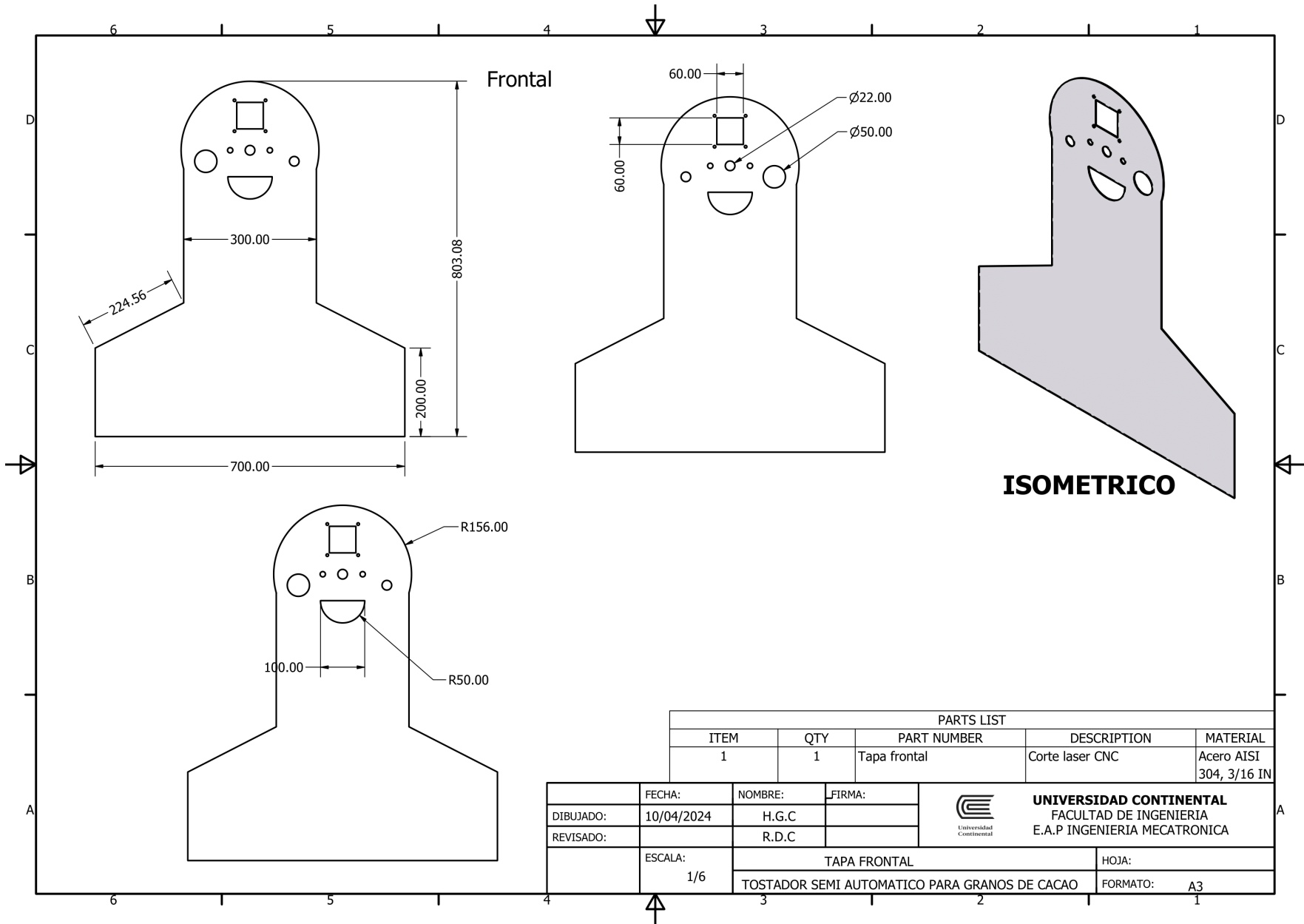
ISOMETRICO

ISO 4062-111 (3) 355 60°

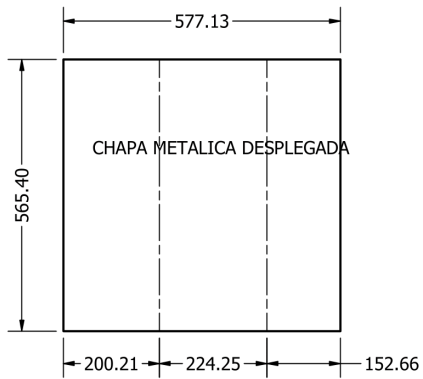
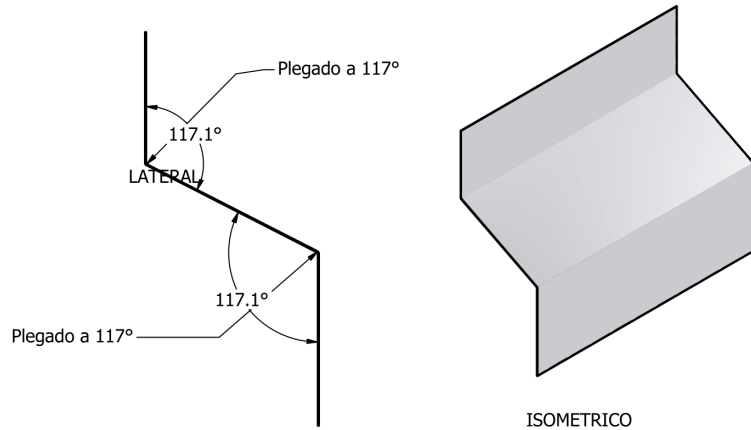
PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Tambor grande secadora	PLEGADO A 35°	Acero AISI 304, 3 mm

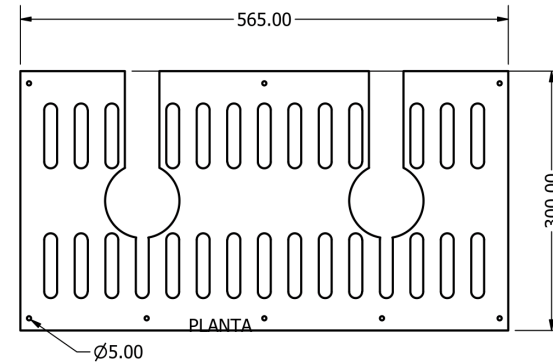
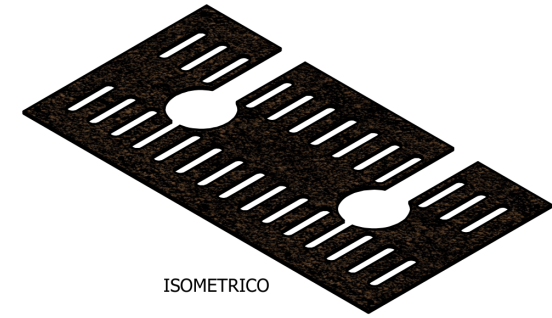
FECHA:	10/04/2024	NOMBRE:	H.G.C	FIRMA:		 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P INGENIERIA MECATRONICA
DIBUJADO:		REVISADO:	R.D.C			
ESCALA:	1/4	TAMBOR DE ENFRIADORA		HOJA:		
		TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO		FORMATO:	A3	



COBERTO LATERALES



PARRILLA DE HORNILLA



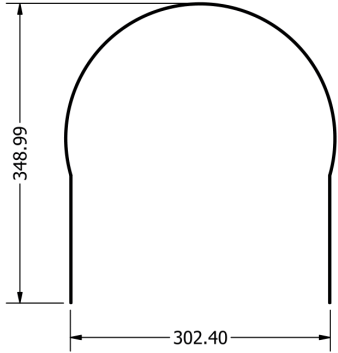
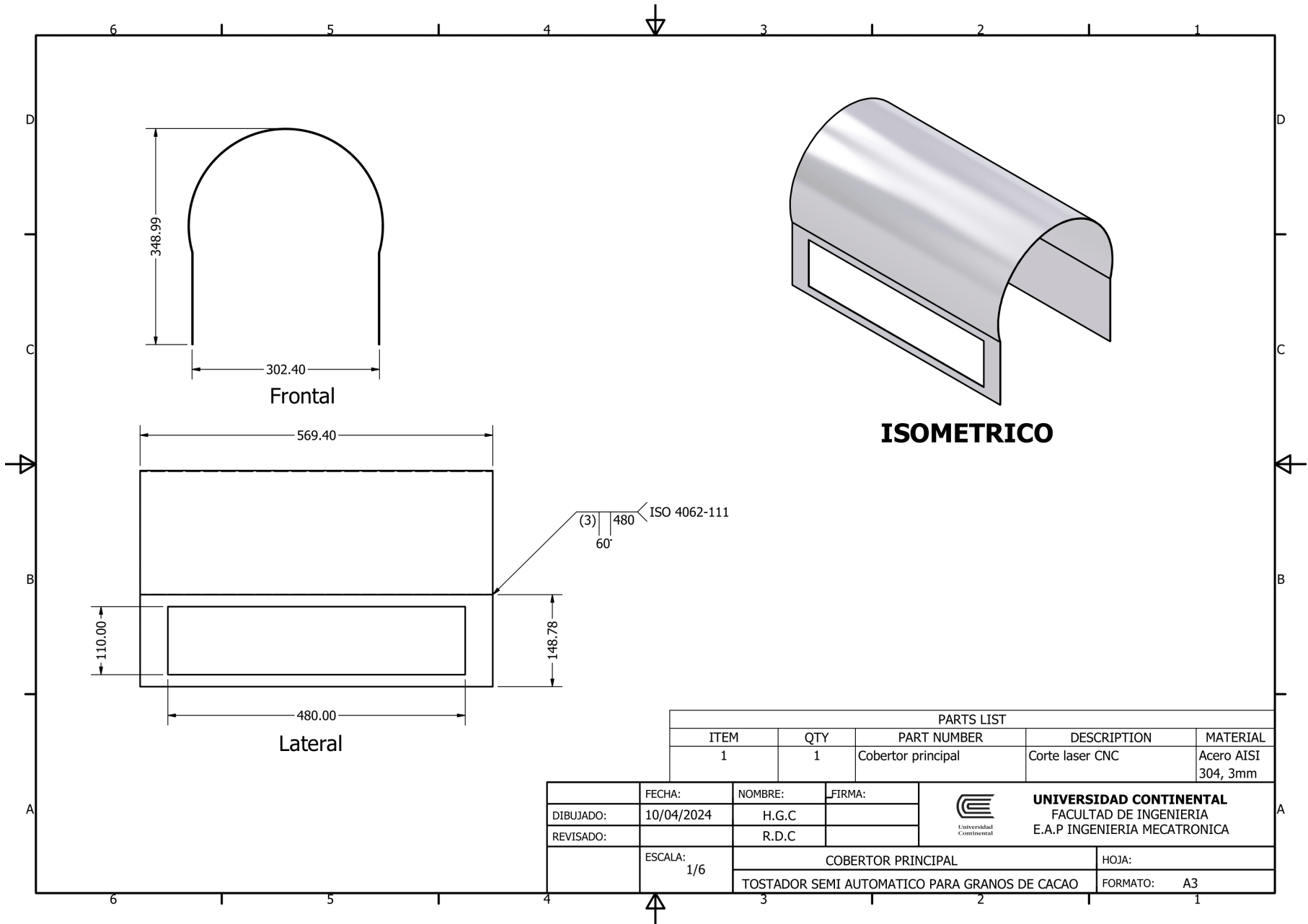
PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Plancha hornilla	Corte laser CNC	Acero AISI 304, 3/16 IN

PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
1	2	Tapa lateral derecha	Corte laser CNC	Acero AISI 304, 3mm

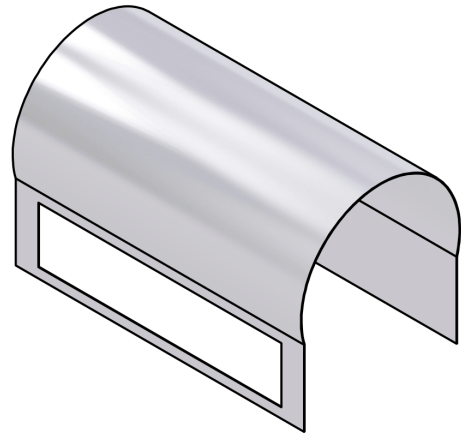
FECHA:	24/03/24	NOMBRE:	H.G.C	FIRMA:	
DIBUJADO:	24/03/24	REVISADO:	R.D.C		
ESCALA:		PLANO DE PIEZAS			HOJA:
		TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO			FORMATO: A3



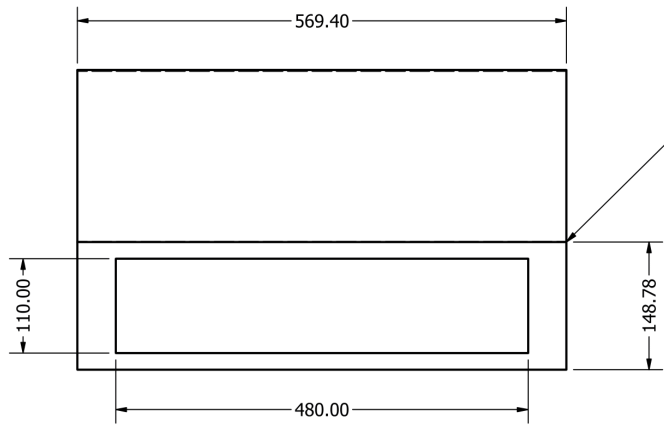
UNIVERSIDAD CONTINENTAL
FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P INGENIERIA MECATRONICA



Frontal




ISOMETRICO

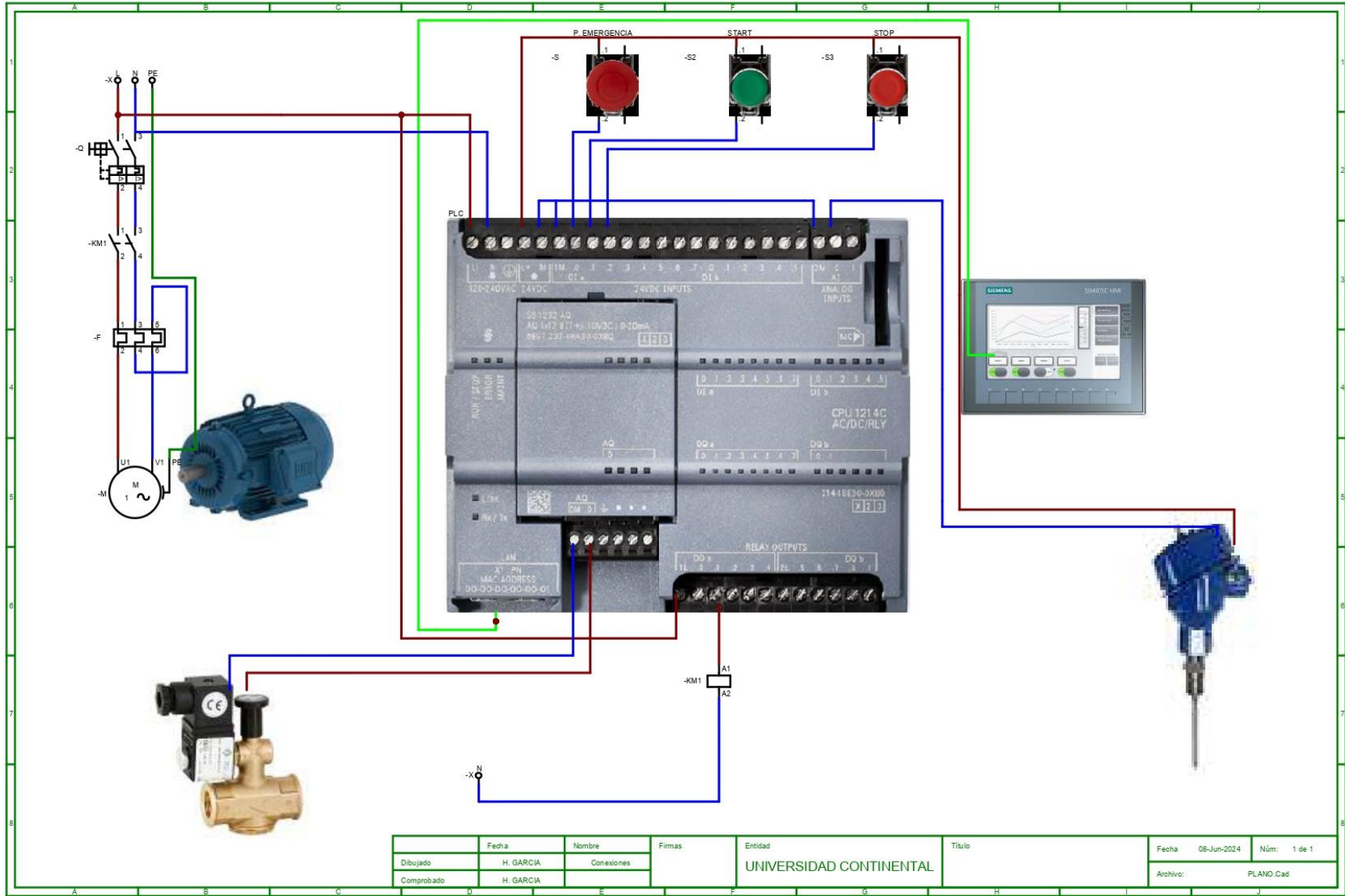


Lateral

(3) 480 ISO 4062-111
60°

PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Cobertor principal	Corte laser CNC	Acero AISI 304, 3mm

FECHA:	10/04/2024	NOMBRE:	H.G.C	FIRMA:		 UNIVERSIDAD CONTINENTAL FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P INGENIERIA MECATRONICA
DIBUJADO:		REVISADO:	R.D.C			
ESCALA:	1/6	COBERTOR PRINCIPAL		HOJA:		
				TOSTADOR SEMI AUTOMATICO PARA GRANOS DE CACAO		FORMATO: A3



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Título	Fecha	08-Jun-2024	Núm:	1 de 1
Dibujado	H. GARCIA	Conexiones		UNIVERSIDAD CONTINENTAL		Archivo:			PLANO.Cad
Comprobado	H. GARCIA								