



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**REPOTENCIACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO
MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y
CONTROL ELECTRÓNICO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Walter Gabriel Guadalupe Rodriguez
Luis Guillermo Guerra Rea
TUTOR: Franklin Illich Kuonquí Gaínza

Guayaquil - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Walter Gabriel Guadalupe Rodriguez** con documento de identificación N° **0606210581** y **Luis Guillermo Guerra Rea** con documento de identificación N° **1207002575**; manifestamos que:

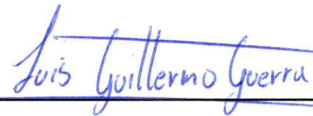
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Walter Gabriel Guadalupe Rodriguez
0606210581



Luis Guillermo Guerra Rea
1207002575

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Walter Gabriel Guadalupe Rodriguez** con documento de identificación N° **0606210581** y **Luis Guillermo Guerra Rea** con documento de identificación N° **1207002575**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: REPOTENCIACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

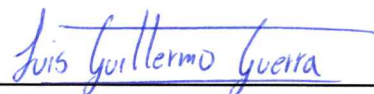
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Walter Gabriel Guadalupe Rodriguez
0606210581



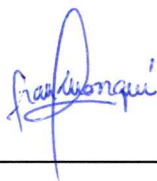
Luis Guillermo Guerra Rea
1207002575

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Franklin Illich Kuonquí Gaínza**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **REPOTENCIACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO**, realizado por **Walter Gabriel Guadalupe Rodríguez** con documento de identificación N° **0606210581** y por **Luis Guillermo Guerra Rea** con documento de identificación N° **1207002575**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 10 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Franklin Illich Kuonquí Gaínza, Mg.
0909627432

DEDICATORIA

El siguiente trabajo de titulación se lo dedico con mucho amor y cariño a mis padres Guillermo Guadalupe y Johanna Rodriguez quienes a pesar de la distancia y dificultades, me demostraron ser personas realmente sorprendentes.

A mi abuelita Teresa Cuñas por haberme siempre encaminado por el bien, a su esposo el señor Raúl Rodriguez quien en vida fue un abuelo ejemplar.

Dedico con mucha alegría y felicidad a toda mi familia y con mucho amor a mi prometida Dayerlin Huacon y porque no a mi grupo de amigos que me acompañaron en estos años de estudio donde compartimos experiencias que nunca se borrarán.

Walter Guadalupe Rodriguez

A mis padres Msc. Silvana Rea López y Sr. Julio Guerra Duque quienes son el motor de mi vida, me inspiraron a estudiar esta carrera, me enseñaron a trabajar arduamente para conseguir y lograr todos mis objetivos, quienes en vida me enseñaron lo importante que es la perseverancia y lo duro que puede ser la vida, ambos me guiaron por el camino del bien.

A mi abuelito Sr. Luis Rea que con sus sabios consejos me daba fortaleza para seguir siempre firme en mi carrera universitaria, por haberme inspirado responsabilidad, esfuerzo, constancia, lealtad y hacer las cosas humildemente con amor.

A mis abuelos, Sr. Guillermo Guerra, Sra. Pilar Duque y Sra. Gloria López que desde el cielo fueron mi estrella fugaz en mi diario caminar.

Guillermo Guerra Real

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi Dios Cristo Jesús por darme la vida y el conocimiento para lograr esta meta importante en mi vida, a mis padres Guillermo y Johanna por el inmenso soporte brindado dándome consejos que ayudaron a formarme como persona, a mis abuelos Teresa, Raúl y Carlos quienes con sus enseñanzas de sabiduría fortalecieron mi espíritu.

Agradezco a cada uno de mis familiares por el apoyo y sus recomendaciones dadas, a Dayerlin por que siempre ha estado brindándome su cariño.

A mi tutor de tesis el ingeniero Franklin Kuonquí, a los docentes de mi carrera y todos mis amigos en especial a Jordy, Renzo, Guillermo, Erick y Dario.

Walter Guadalupe Rodriguez

A Dios, por guiar mi camino en esta etapa universitaria y permitir adquirir buenos conocimientos que me ayudaran a lo largo de mi vida como un profesional, gracias por darme salud y vida para culminar esta carrera y cumplir una de mis metas.

A mi madre la Msc. Silvana Rea López por ser el pilar fundamental en mi vida que siempre ha estado a mi lado, dándome consejo y apoyándome en todo momento, gracias porque día a día ha luchado incansablemente por mi bienestar.

A mi familia paterna y materna por confiar siempre en mí, en especial a mi tía Tamara Guerra Duque porque siempre me brindo su apoyo en los momentos más difíciles, por eso consejos y esas palabras llenas de sabiduría y experiencia.

A mi compañero Walter Guadalupe que en todo momento fue ese amigo fundamental que me dio consejos y me ayudo a adquirir nuevos conocimientos.

Agradezco al Ing. Franklin Kuonquí por la ayuda prestada para poder realizar este proyecto y a los demás docentes por tener la paciencia y las ganas de transmitirnos sus conocimientos durante la carrera.

Guillermo Guerra Rea

RESUMEN

Este proyecto se desarrolla en el entorno agrícola ecuatoriano, buscando dar pasos hacia la industrialización de este sector, el cual tiene muchos años de atraso tecnológico debido a la falta de políticas gubernamentales que beneficien a los pequeños agricultores. El proceso atendido durante el desarrollo de este proyecto fue el secado de cacao, al integrar automatización y control a una secadora manual. Esto fue posible incorporando un motor para el mezclado de las semillas cuya velocidad es modulada con un variador de frecuencia, un sistema automático de ignición de llama junto con un dispositivo para forzar la transmisión de calor por convección, monitoreados y controlados mediante sensores, un PLC y un HMI. Adicionalmente, se puede resaltar que en busca de economizar los costos de implementación se utilizaron equipos que cuentan con aplicaciones gratuitas para su programación, ya que esto acorta el tiempo de recuperación de la inversión. Adicionalmente, se realizaron análisis mecánicos del sistema para garantizar su funcionamiento seguro.

Palabras claves: Secadora automática, PLC, HMI, Control, Lenguaje ladder.

ABSTRACT

This project is developed in the Ecuadorian agricultural environment, seeking to take steps towards the industrialization of this sector, which has many years of technological backwardness due to the lack of government policies that benefit small farmers. The process addressed during the development of this project was the drying of cocoa, by integrating automation and control to a manual dryer. This was possible by incorporating a motor for mixing the seeds whose speed is modulated with a frequency inverter, an automatic flame ignition system along with a device to force the transmission of heat by convection, monitored and controlled by sensors, a PLC and an HMI. In addition, it should be noted that in order to reduce implementation costs, equipment with free applications for programming was used, since this shortens the investment recovery time. In addition, mechanical analysis of the system was carried out to guarantee its safe operation.

Key words: Automatic dryer, PLC, HMI, Control, Ladder language.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	PROBLEMA	2
III.	JUSTIFICACIÓN	3
IV.	OBJETIVOS	4
IV-A.	Objetivo general	4
IV-B.	Objetivos específicos	4
V.	MARCO TEÓRICO	5
V-A.	Secado de cacao	5
V-A1.	Recolección	5
V-A2.	Fermentación	5
V-A3.	Secado	5
V-A4.	Clasificación	5
V-A5.	Almacenamiento	5
V-B.	Secado natural	5
V-B1.	Tendal de cemento	5
V-B2.	Túnel de secado o marquesina	6
V-B3.	Casa elba o techo corredizo	6
V-C.	Secado artificial	7
V-C1.	Secadores directos	7
V-C2.	Secadores indirectos	7
V-C3.	Secadores manuales	7
V-C4.	Secadores automáticos	7
V-D.	Partes primordiales en una secadora de cacao automática	7
V-D1.	Motor eléctrico síncrono	7
V-D2.	Reductor de velocidad	8
V-D3.	Variador de frecuencia	8
V-D4.	Electroválvula para GLP	9
V-D5.	Sensor de temperatura y humedad	9
V-D6.	Controlador lógico programable (PLC)	10
V-E.	Lenguaje ladder	10
V-F.	Tablero eléctrico	11
V-F1.	Breaker eléctrico	11
V-F2.	Relés de interfaz	12
V-F3.	Guardamotores	12
V-F4.	Contactores	13
V-F5.	HMI	13
V-G.	Cadena de transmisión de potencia	14
VI.	MARCO METODOLÓGICO	15
VI-A.	Características originales de la secadora	15
VI-A1.	Materiales	15
VI-A2.	Dimensiones	15
VI-A3.	Funcionamiento	15
VI-B.	Cálculos para dimensionar nuevos componentes	16
VI-B1.	Cálculos de potencia mecánica	16

VI-B2.	Esfuerzo de barra-paletas	18
VI-C.	Selección de componentes	19
VI-C1.	Selección de motor	19
VI-C2.	Selección de reductor	19
VI-C3.	Selección de cadena	20
VI-C4.	Selección de controlador	22
VI-C5.	Selección de vareador de frecuencia	22
VI-C6.	Selección de sensores	23
VI-D.	Señales	23
VI-E.	Funcionamiento del PLC	24
VI-F.	Funcionamiento del HMI	25
VI-G.	Protocolo de validación	28
VI-G1.	Establecer especificaciones de desempeño	29
VI-G2.	Ejecución:	29
VI-G3.	Prueba de funcionamiento y desempeño	29
VI-H.	Señalética de seguridad	29
VI-H1.	Precaución máquina en operación	29
VI-H2.	Prohibido el paso a toda persona no autorizada	30
VI-H3.	Peligro gas inflamable	30
VI-H4.	Riesgo de atrapamiento	31
VI-H5.	Uso obligatorio de equipo de protección	31
VI-H6.	Peligro caliente no tocar	32
VI-H7.	Riesgo eléctrico	32
VII.	RESULTADOS	33
VIII.	CRONOGRAMA	35
IX.	PRESUPUESTO	38
X.	CONCLUSIONES	39
XI.	RECOMENDACIONES	40
Apéndice A: Planos generales del equipo original		42
Apéndice B: Programación del PLC		52
Apéndice C: Programación del HMI		55
Apéndice D: Evidencias		67

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Tendal de cemento. tomado de [34]	6
2.	Túnel se secado. tomado de [14]	6
3.	Casa elba. tomado de [14]	7
4.	Motor síncrono. tomado de [8]	8
5.	Reductores de velocidad. tomado de [8]	8
6.	Variadores de frecuencia. tomado de [8]	9
7.	Electroválvula. tomado de [22]	9
8.	Sensor de humedad y temperatura. tomado de [4]	10
9.	PLC. tomado de [8]	10
10.	Tablero eléctrico. tomado de [33]	11
11.	Breaker. tomado de [12]	11
12.	Relé encapsulado. tomado de [20]	12
13.	Guardamotores. tomado de [1]	13
14.	Contactora. tomado de [12]	13
15.	HMI. tomado de [8]	14
16.	Cadena de transmisión de potencia. tomado de [5]	14
17.	Imagen de método manual [13]	15
18.	Medidas de paletas [13]	17
19.	Análisis de esfuerzo en barra-paletas [13]	19
20.	Catálogo de selección de cadena [29]	21
21.	Datos del PLC [8]	22
22.	Datos del fabricante del Variador [7]	23
23.	Diagrama de señales [13]	23
24.	Diagrama del PLC [13]	24
25.	Diagrama del HMI [13]	25
26.	Inicio de HMI [13]	26
27.	Usuario y contraseña HMI [13]	26
28.	Menú HMI [13]	27
29.	Menú operación HMI [13]	27
30.	Menú información HMI [13]	28
31.	Menú historial HMI [13]	28
32.	Precaución máquina en operación	29
33.	Prohibido el paso a toda persona no autorizada	30
34.	Peligro gas inflamable	30
35.	Riesgo de atrapamiento	31
36.	Uso obligatorio de equipo de protección	31
37.	Peligro caliente no tocar	32
38.	Riesgo eléctrico	32
39.	Cronograma 1 de actividades [13]	35
40.	Cronograma elaborado por [13]	36
41.	Cronograma 2 de actividades [13]	37
42.	Lámina de platina circular gruesa [13]	42
43.	Lámina de platina circular delgada [13]	43
44.	Lámina de soporte de paletas [13]	44
45.	Lámina de soporte rotatorio [13]	45
46.	Lámina de soporte para sacos [13]	46
47.	Lámina de soporte circular [13]	47
48.	Lámina de tapa [13]	48
49.	Lámina de rejilla circular de ventilación [13]	49

50.	Lámina de base de secadora [13]	50
51.	Lámina de paleta [13]	51
52.	Bloque de Comunicación del plc [13]	52
53.	Bloque de Memorias especiales del plc [13]	52
54.	Bloque de arranque y encendido del plc [13]	53
55.	Bloque del valor real de la temperatura [13]	53
56.	Bloque para escribir variable del motor [13]	54
57.	Bloque del valor real del sensor [13]	54
58.	Programación 1 del botón usuario [13]	55
59.	Programación 2 del botón usuario [13]	55
60.	Programación 1 del botón operación [13]	56
61.	Programación 2 del botón operación [13]	56
62.	Programación 1 del botón información [13]	57
63.	Programación 2 del botón información [13]	57
64.	Programación 1 del botón historial [13]	58
65.	Programación 2 del botón historial [13]	58
66.	Programación 1 del botón mantenimiento [13]	59
67.	Programación 2 del botón mantenimiento [13]	59
68.	Programación del indicador de temperatura [13]	60
69.	Programación del indicador de humedad [13]	60
70.	Programación 1 del indicador de flama [13]	61
71.	Programación 2 del indicador de flama [13]	61
72.	Programación 1 del indicador del motor [13]	62
73.	Programación 2 del indicador del motor [13]	62
74.	Programación 1 del indicador del ventilador [13]	63
75.	Programación 2 del indicador del ventilador [13]	63
76.	Programación 1 del historial [13]	64
77.	Programación 2 del historial [13]	64
78.	Programación del bloque ingreso de valor [13]	65
79.	Programación del interruptor ventilador [13]	65
80.	Programación del botón home [13]	66
81.	Programación del botón return [13]	66
82.	Visita de tutor y docentes. [13]	67
83.	Autores del proyecto [13]	67
84.	Medición del tanque [13]	68
85.	Conexión HMI [13]	68
86.	Medición de espacio para motor [13]	69
87.	Preparando cables de señal [13]	69
88.	Puesta de motor [13]	70
89.	Cableado del HMI [13]	70
90.	Instalación de componentes del tablero [13]	71
91.	Prueba de datos del sensor SHT30 [13]	71
92.	Montaje de borneras [13]	72
93.	Pasado de cables eléctricos [13]	72
94.	Instalación de anillos deslizantes [13]	73
95.	Montaje del PLC [13]	73
96.	Corte para montar HMI [13]	74
97.	Corte de regletas [13]	74
98.	regletas [13]	75
99.	Montaje de regletas [13]	75

100. Corte de riel [13] 76
101. Montaje de variador [13] 76
102. Agujero de sujeción [13] 77
103. Montaje HMI [13] 77
104. Seguridad del HMI [13] 78

I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 40 % de la población ecuatoriana reside en el área rural, de la cual el 66.67 % conforman el sector agropecuario. Esto significa que algo más del 25 % de ecuatorianos se encuentra vinculada a la actividad agropecuaria contribuyendo con el desarrollo agroindustrial del país. Por esto, necesitan de herramientas técnicas tales como: sembradoras, drones de fumigación, pulverizadoras autónomas, secadoras entre otras. Sin embargo, un pequeño porcentaje del grupo posee las herramientas. Por lo tanto, los procesos productivos se realizan con cierta ineficiencia desembocando en un aumento de su costo. [17]

El Cacao es uno de los productos más destacados en el sector agrícola e Industrial, por lo cual el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) indica que la superficie plantada de cacao en el año 2021 representa el 41.83 % del total nacional en la categoría de cultivos permanentes y la Corporación Financiera Nacional (CFN) expreso en el año 2019 que la superficie de cacao cosechada es de 525.435 hectáreas exportando 353.90 mil toneladas en el año 2020. Ecuador es considerado como uno de los países líderes en exportación de cacao de acuerdo con datos del Banco de desarrollo de América latina (CAF).

II. PROBLEMA

El secado de cacao forma parte de los procesos agroindustriales más comunes del Ecuador y su importancia radica en el aporte de este sector productivo a las finanzas del país. Esta práctica generalmente se realiza de forma artesanal mediante el tendido de la semilla para su exposición al sol. Este proceso de deshumedecer la pepa toma aproximadamente de 5 a 7 días, en el mejor de los casos, por lo que está sujeto a sufrir inconveniente ya que también depende de otro factor como el clima, es decir su tiempo varía según las condiciones ambientales. Además, esta actividad conlleva esfuerzo físico por lo cual se genera más costos debido a la contratación de personal.

Otra forma de realizar este proceso es con equipos de secado no automatizados denominadas secadoras mecánicas o manuales. Este método es el más común actualmente, ya que disminuye el proceso a 1 o 2 días sin depender de las condiciones climáticas, aumentando la producción. Sin embargo, demanda el uso de un operario y energía eléctrica dependiendo del suministro público, es decir esta propenso a tener paradas generando pérdidas económicas debido a que el operario no podrá trabajar.

En contra posición a los procesos anteriores, existen dispositivos automatizados para el secado de cacao. Estos dispositivos continúan operando independientemente de las condiciones climáticas y sin necesidad de un operador. Sin embargo, sigue dependiente del suministro eléctrico y tienen un costo de adquisición muy elevado en el mercado ecuatoriano.

En vista de las opciones listadas, muchos agricultores por tema de liquidez prefieren vender el cacao en baba (no secado). Aunque, con esta práctica el ingreso por la venta se reduce a la mitad dado que en el mercado el precio de cacao seco por quintal es aproximadamente USD 90, mientras que el precio del cacao en baba requerido para obtener un quintal de cacao seco es aproximadamente USD 48. El perjuicio por hectárea debido a esta práctica es de aproximadamente USD 168 por mes considerando dos cosechas en dicho periodo.

III. JUSTIFICACIÓN

El secado de cacao es uno de los métodos que contribuye con el desarrollo agroindustrial del Ecuador, por esto es importante implementar algún plan que permita cumplir con los estándares requeridos, permitiendo aumentar la producción, y así mejorar los ingresos de los productores de cacao y su entorno que representan el 25 % de la población ecuatoriana vinculada al sector agropecuario. [17]

La implementación de la automatización de este tipo de equipos, secadoras mecánicas de cacao, permite reducir los costos aproximadamente en un 40 %, porque se suprime la compra de una secadora automática cuyo valor oscila generalmente entre USD 7000 a 8000. Además, se puede obtener ingresos extras facilitando la utilización de esta maquinaria a personas externas a través del alquiler de la misma.

Con la implementación de este proyecto se puede reducir los costos de producción, puesto que, no se necesitará la contratación de un operario a tiempo completo. Así mismo, la máquina al contar con menor tiempo de este sujeto podrá operar las 24 horas; es decir, se reduce el tiempo de secado aumentando la producción. En resumen, el proceso se vuelve más eficiente, permitiendo incrementar al menos un 66.6 % en su producción considerando una jornada de secado 8 horas.

Además, este sistema de secado automatizado permite trabajar bajo condiciones críticas, es decir mientras existan problemas de sociales o de salud ya que no requiere de un personal directamente para desarrollar su trabajo, así no dependiendo de estos factores desfavorables en las producciones.

IV. OBJETIVOS

IV-A. Objetivo general

Implementar un sistema automatizado en una secadora de cacao mecánica con la ayuda de un controlador, sensores y actuadores a favor del incremento en la productividad del dispositivo.

IV-B. Objetivos específicos

- Desarrollar un control que permita una mejor eficiencia en el tiempo del secado de cacao.
- Determinar medidas de seguridad para la protección de la integridad física del operario.
- Analizar la productividad del sistema automatizado mediante la comparación de los datos históricos, de tiempo de secado y consumo de recursos, incluyendo aquellos correspondientes al sistema manual.

V. MARCO TEÓRICO

V-A. *Secado de cacao*

La expresión “secado de cacao” hace referencia a la eliminación de humedad dentro de los granos al exponerlos a una fuente de calor. Adicionalmente, es uno de los pasos mas importantes para obtener un buen aroma y sabor en el producto final.

El proceso de secado de cacao es un paso muy importante en la producción del chocolate. El secado del cacao se realiza después de la cosecha para reducir la humedad en los granos de cacao y evitar la proliferación de bacterias y moho.

A continuación, se describen los pasos principales del proceso de secado del cacao.

V-A1. Recolección: Los granos de cacao se recolectan de los árboles de cacao. Los granos de cacao están cubiertos por una pulpa dulce y blanda que debe ser retirada antes de comenzar el secado.

V-A2. Fermentación: Las semillas de cacao se colocan en cajas o montones para fermentar. Durante este proceso, la pulpa restante se descompone y se separa de los granos de cacao de la fermentación, también ayuda a desarrollar el sabor y aroma del cacao.

V-A3. Secado: Después de la fermentación, los granos de cacao se extienden en una capa delgada es decir en una superficie plana, como una bandeja o una lona, para secar al sol. Durante el proceso de secado, los granos de cacao se voltean periódicamente para asegurar un secado uniforme también se eliminan las semillas dañadas o defectuosas.

V-A4. Clasificación: Una vez que los granos de cacao están secos, se clasifican por tamaño y calidad. Las semillas de cacao se pueden clasificar manualmente o con ayuda de una máquina clasificadora.

V-A5. Almacenamiento: Los granos de cacao secos se almacenan en un lugar fresco y seco hasta que estén listos para su procesamiento. En resumen, el proceso de secado del cacao es esencial para garantizar la calidad y la seguridad de los granos de cacao. Un secado adecuado ayuda a preservar el sabor y aroma del cacao y evita la proliferación de bacterias y moho [15].

V-B. *Secado natural*

Al someter las almendras de cacao a la radiación solar y aprovechar el calor del mismo se denomina secado natural, además dentro de este proceso existen herramientas o métodos que ayudan a aprovechar esta fuente de energía natural de mejor manera [28].

V-B1. Tendal de cemento: Lugar construido para exponer la semilla de cacao al sol directamente, principalmente la superficie es a base de una mezcla entre cemento y grava con un pulido suave para evitar las superficies rugosas. Por lo regular no tienen medidas estándar ajustándose al área dispuesta.[28]
En la figura 1 se muestra un ejemplo de este tipo de secado.



Figura 1. Tendal de cemento. tomado de [34]

V-B2. Túnel de secado o marquesina: Espacio físico con forma de casetas utilizando una estructura de madera o caña guadua, recubierta con plástico translúcido. El piso se encementa para reducir la humedad ambiente por último, en su interior cuenta con bandejas de secado que son construida con tablas de Laurel u otras maderas que no dañen el aroma del cacao.

Los túneles de secado o marquesinas se utilizan en una amplia variedad de industrias para acelerar el proceso de secado y reducir los costos de producción. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen la industria alimentaria, la producción de madera y la producción de pinturas y recubrimientos.

[21] En la figura 2 se muestra un ejemplo de marquesina



Figura 2. Túnel se secado. tomado de [14]

V-B3. Casa elba o techo corredizo: Estructura sobre el suelo con piso de madera la cual cuenta con un techo o cubierta que se desliza a través de guías, para cubrir de las lluvias o exponer al sol. Este método es utilizado en zonas donde es frecuente la presencia de lluvias. [14] En la figura 3 se observa una casa elba.



Figura 3. Casa elba. tomado de [14]

V-C. Secado artificial

Se fundamenta en la disminución de humedad en el producto a partir de fuentes generadas por el ser humano, modificando las fuentes naturales mediante herramientas y equipos. Es una opción necesaria dentro de las regiones lluviosas ya que permite no depender del clima [18].

V-C1. Secadores directos: Máquina que utiliza fluidos para transferir calor a un producto húmedo. Esta transferencia se realiza cuando un tipo de gas caliente entra en contacto directo con el cacao haciendo uso del método por convección [16].

V-C2. Secadores indirectos: Mecanismo capaz de eliminar la humedad del producto aprovechando el método de conducción, utilizando materiales metálicos en su área de trabajo por su efecto. El proceso dependerá del área de contacto entre el cacao y el metal [16].

V-C3. Secadores manuales: Aparatos diseñados para reducir el tiempo de secado apoyado en instrumentos capaces de realizar trabajos con menor esfuerzo, es decir se utilizan motores eléctricos, ventiladores, bombas de vacío, transmisiones de movimiento mediante poleas o cadenas, etc. Estos dispositivos son operados de manera manual [18].

V-C4. Secadores automáticos: Dispositivos capaces de realizar la extracción de humedad en la semilla de cacao mediante la implementación de sensores y actuadores con el dominio del controlador. Están compuestas por dos partes esenciales, la estructura electromecánica y la parte de control [11].

V-D. Partes primordiales en una secadora de cacao automática

V-D1. Motor eléctrico síncrono: Es un tipo de motor trifásico que opera con corriente alterna funcionando a una velocidad constante, este motor posee un campo rotatorio que es excitado por una fuente de corriente continua. El motor básicamente cuenta con un estator con arrollamiento trifásico, campo rotativo con arrollamientos de amortiguamiento, porta escobillas, anillos de contacto y escobillas [19].



Figura 4. Motor síncrono. tomado de [8]

V-D2. Reductor de velocidad: Es una máquina que permite transmitir potencia mediante engranajes con el fin de disminuir o aumentar las revoluciones a partir de este concepto toma su nombre. Existen distintos tipos de reductores, cilíndricos, planetarios y cónicos que son movidos por tornillos sin fin o de manera mixta, por su trabajo realizado estos dispositivos necesitan de un sistema de enfriamiento y lubricación [24].



Figura 5. Reductores de velocidad. tomado de [8]

V-D3. Variador de frecuencia: Es un sistema que opera entre el suministro eléctrico y el motor, ya que este tipo de máquina por sí mismo no puede regular su velocidad o frecuencia. Por eso se utiliza el variador de frecuencia, el cual permite parametrizar cada una de las variables problema [31].



Figura 6. Variadores de frecuencia. tomado de [8]

V-D4. Electroválvula para GLP: Mecanismo el cual permite la apertura, cierre y control de un fluido, en este caso gas licuado de petróleo (GLP), permitiendo regular el tamaño de la combustión según su aplicación. Por lo cual debe cumplir con una normativa antiexplosivos como medida de seguridad y estándares de conexión para su fácil instalación [27].



Figura 7. Electroválvula. tomado de [22]

V-D5. Sensor de temperatura y humedad: Este dispositivo que se utiliza para medir la temperatura y la humedad relativa en un ambiente determinado, cumple con la función es capturar y convertir la energía térmica y la humedad en señales eléctricas, que luego son procesadas para proporcionar una lectura precisa de los valores de temperatura y humedad.

Estos sensores se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como el control del clima en edificios,

la monitorización de la calidad del aire en interiores, la agricultura, la industria alimentaria, la medicina y la investigación científica, en el control del clima, los sensores de temperatura y humedad se utilizan en la agricultura, estos sensores se utilizan para medir la humedad del suelo y la temperatura en los invernaderos, lo que ayuda a mejorar la producción de cultivos.

En resumen, los sensores de temperatura y humedad son dispositivos esenciales en diversas aplicaciones, ya que permiten medir y controlar la temperatura y humedad en un ambiente determinado, lo que ayuda a mejorar la calidad de vida, la producción y la seguridad [4].



Figura 8. Sensor de humedad y temperatura. tomado de [4]

V-D6. Controlador lógico programable (PLC): Sistema capaz de procesar datos, los cuales son adquiridos mediante sensores. Posterior a esto permite ejecutarlos con la ayuda de los actuadores, todo esto acorde a un programa establecido en su memoria, gracias a esto es posible automatizar y controlar cualquier tipo de proceso industrial [23].



Figura 9. PLC. tomado de [8]

V-E. Lenguaje ladder

Es un tipo de lenguaje de programación que se realiza mediante gráficos y segmentos, basado en lenguaje escalera donde se representa operaciones aritméticas y lógicas permitiendo configurar la lógica en la que opera el controlador [23].

V-F. Tablero eléctrico

El tablero eléctrico es un componente fundamental de un sistema eléctrico de una edificación o instalación, también se le conoce como panel de control o cuadro eléctrico. Su función es recibir la energía eléctrica que llega desde el suministrador y distribuirla a los diferentes circuitos eléctricos de la estructura, en él se encuentran los interruptores, los fusibles y los dispositivos de protección eléctrica necesarios para controlar el flujo de electricidad en la edificación.

El tablero eléctrico permite la regulación y protección de la energía eléctrica en un espacio determinado, lo que ayuda a prevenir cortocircuitos y sobrecargas eléctricas, lo que a su vez garantiza la seguridad y el buen funcionamiento del sistema eléctrico en la edificación [10].



Figura 10. Tablero eléctrico. tomado de [33]

V-F1. Breaker eléctrico: Breaker eléctrico, también conocido como interruptor automático, es un dispositivo que se utilizan para proteger los circuitos eléctricos contra sobrecargas, cortocircuitos y otros problemas eléctricos. Este dispositivo funciona mediante la detección de corrientes eléctricas anormales y la interrupción del flujo de corriente en caso de que se detecte una condición de falla.

Es más preciso y confiable que los fusibles tradicionales y pueden ser reseteados después de una interrupción, mientras que los fusibles deben ser reemplazados. Además, el disyuntor eléctrico puede ser diseñado para diferentes corrientes nominales y para diferentes aplicaciones, por lo cual es más versátil que los fusibles [9].



Figura 11. Breaker. tomado de [12]

V-F2. *Relés de interfaz:* Dispositivos eléctricos que se utilizan para controlar y proteger circuitos eléctricos, funcionan con un interruptor que se activa mediante una corriente eléctrica en una bobina, lo que permite que la energía fluya a través del circuito controlado. Los relés se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde el control de motores hasta la protección de sistemas de alta tensión, y existen diferentes tipos de relés para diferentes necesidades, en general los relés son una parte importante de muchos sistemas eléctricos y electrónicos, y se utilizan para garantizar la seguridad, la eficiencia y el rendimiento adecuado de los circuitos [30].

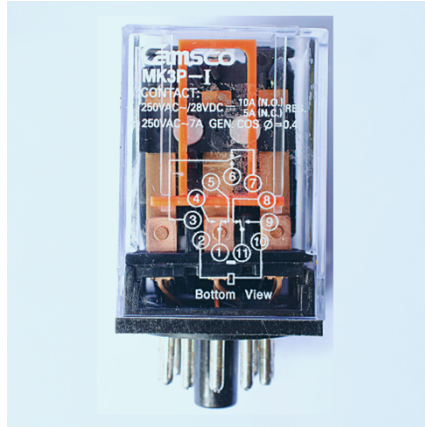


Figura 12. Relé encapsulado. tomado de [20]

V-F3. *Guardamotores:* Los guardamotores se refiere a una serie de medidas y dispositivos para evitar posibles daños, fallas o sobrecargas que pueden ocurrir durante su funcionamiento normal. Estas protecciones tienen como objetivo principal garantizar la seguridad del motor y que existan pérdidas económicas asociadas a su fallo o daño.

Suelen estar formados por dos partes principales: un contactor y un relé térmico. El contactor se encarga de la conexión y desconexión del motor, mientras que el relé detecta la sobrecarga térmica y desconecta el motor para evitar daños. Además, algunos guardamotores también pueden incluir protección contra cortocircuitos mediante un interruptor automático o fusible, es importante destacar que la elección del guardamotor adecuado para un motor en particular resulta de factores como la potencia del motor, la corriente nominal, la tensión de alimentación y el tiempo de arranque [2].



Figura 13. Guardamotores. tomado de [1]

V-F4. Contactores: Los contactores son dispositivos eléctricos que permiten controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito de alta potencia se utiliza para conectar o desconectar cargas eléctricas de forma segura y eficiente, están compuestos por un conjunto de contactos móviles y fijos que se activan mediante una bobina electromagnética. Se clasifican según su tamaño, capacidad de corriente, número de contactos, voltaje y frecuencia de operación. Se utilizan en aplicaciones industriales y comerciales, como en sistemas de climatización, iluminación, motores eléctricos, maquinaria pesada y sistemas de control de energía [6].



Figura 14. Contactor. tomado de [12]

V-F5. HMI: Es un componente importante en la automatización de procesos y sistemas, ya que permite una comunicación eficaz y en tiempo real entre el usuario y la máquina, lo que puede aumentar la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de los sistemas automatizados.

La pantalla HMI proporciona al usuario información en tiempo real sobre el estado del sistema y le permite controlar y ajustar los parámetros de operación, esto puede incluir la visualización de datos, la configuración de alarmas, la gestión de eventos y la supervisión de la producción [25].



Figura 15. HMI. tomado de [8]

V-G. Cadena de transmisión de potencia

Se refiere al conjunto de componentes mecánicos que transmiten la potencia desde el motor al engranaje. En resumen, la cadena de transmisión de potencia es un componente esencial en la secadora, ya que permite que el motor proporcione la potencia mecánica adecuada para mover las paletas [5].



Figura 16. Cadena de transmisión de potencia. tomado de [5]

VI. MARCO METODOLÓGICO

VI-A. Características originales de la secadora

Se realiza la obtención de medidas y datos técnicos del dispositivo para obtener un levantamiento del mismo con el fin de analizar el estado de la estructura y determinar el funcionamiento de sus componentes.

VI-A1. Materiales: La máquina en su mayoría de estructura está construida en acero inoxidable según la norma [26], además cuenta con acero estructural y material galvanizado en su construcción.

VI-A2. Dimensiones: Ayudándose de herramientas de medición se logró obtener los siguientes datos.

Capacidad de trabajo = 92 Kg

Longitud de brazo de paletas = 1.80 m

Separación entre paletas = 0.16 m

Ubicación de la primera paleta respecto al centro = 0.20 m

VI-A3. Funcionamiento: La manera en que opera el dispositivo es a través de la fuerza humana ejercida por un operario quien mueve el brazo de paletas para realizar la mezcla del cacao como se observa en la figura 17. Además, es el encargado de encender manualmente la flama de gas y el ventilador que empuja la masa de aire hacia la cama de la secadora.



Figura 17. Imagen de método manual [13]

VI-B. Cálculos para dimensionar nuevos componentes

Se calcula mediante fórmulas los parámetros que permiten la mejora del proceso, para esto se utiliza la unidad internacional de unidades (SI).

VI-B1. Cálculos de potencia mecánica: Para realizar los cálculos se ayuda de los datos recopilados en la sección “Dimensiones”. De estos se obtiene una masa de 92 kg. Para lo cual se considera la mitad de este valor por efecto de diseño de la máquina ya que el producto en su estado más crítico se comporta similar a un fluido, además se considera un factor de seguridad del 10 %.

$$m_a = \frac{m}{2} \times 1,1 \quad (1)$$

$$m_a = \frac{92}{2} \times 1,1 \quad (2)$$

$$m_a = 50,6[kg] \quad (3)$$

Donde:

- m_a es la masa aplicada,
- m el valor de la masa.

Luego se calcula la fuerza ejercida de la siguiente manera:

$$F = m_a \times g \quad (4)$$

$$F = 50,6 \times 9,81 \quad (5)$$

$$F = 496[N] \quad (6)$$

Donde:

- F es la fuerza aplicada,
- g el valor de la gravedad.

Se aproxima a 500 N la fuerza para efecto de los cálculos. En las siguientes ecuaciones se distribuye la fuerza de manera homogénea. Las distancias se observan en la figura 18.

$$\frac{F1}{0,20} = \frac{F2}{0,36} = \frac{F3}{0,52} = \frac{F4}{0,68} = \frac{F5}{0,84} = \frac{F6}{1,00} = \frac{F7}{1,16} = \frac{F8}{1,32} = \frac{F9}{1,48} = \frac{F10}{1,64} = \frac{F11}{1,80} \quad (7)$$

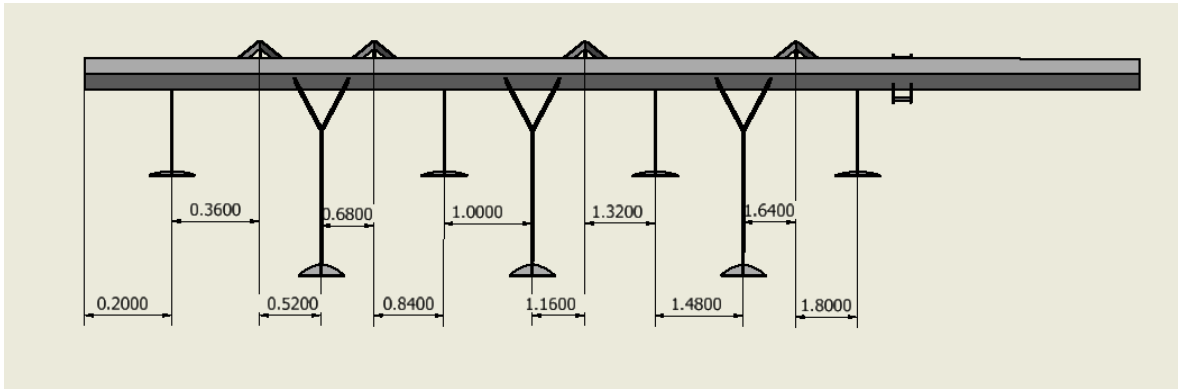


Figura 18. Medidas de paletas [13]

Posteriormente se calcula los momentos ejercidos en las paletas, para esto se aplica la siguiente ecuación.

$$T = F \times d \quad (8)$$

Donde:

- T es el momento,
- d es la distancia.

En la tabla I se observa todos los momentos calculados.

Tabla I
MOMENTOS APLICADOS EN PALETAS

Paletas	Fuerza[N]	Distancia[M]	Momento[Nm]
P1	90.9091	0.2000	18.2
P2	163.6364	0.3600	58.9
P3	236.3636	0.5200	122.9
P4	309.0909	0.6800	210.2
P5	381.8182	0.8400	320.7
P6	454.5455	1.0000	454.5
P7	527.2727	1.1600	611.6
P8	600.0000	1.3200	792.0
P9	672.7273	1.4800	995.6
P10	745.4545	1.6400	1222.5
P11	818.1818	1.8000	1472.7
		Σ	6280

Para calcular la potencia se debe antes definir el valor de la velocidad angular, para esto se obtuvo de las mediciones el valor del perímetro del tanque con la siguiente fórmula.

$$p = 2 \times \pi \times r \quad (9)$$

$$p = 2 \times \pi \times 1,80 \quad (10)$$

$$p = 11,3090[m] \quad (11)$$

Donde:

- p es el perímetro,
- r es el radio.

luego se define el tiempo deseado para encontrar la velocidad. Para esto se tiene que la paleta debe recorrer una revolución en un tiempo de 30s.

$$v = \frac{d}{t} \quad (12)$$

$$v = \frac{11,3090}{30} \quad (13)$$

$$v = 0,3770 \left[\frac{m}{s} \right] \quad (14)$$

Donde:

- d es la distancia,
- t es el tiempo.

Ahora en la siguiente expresión se obtiene la velocidad angular.

$$\omega = \frac{v}{r} \quad (15)$$

$$\omega = \frac{0,3770}{1,80} \quad (16)$$

$$\omega = 0,20 \left[\frac{rad}{s} \right] \quad (17)$$

Donde:

- ω es la velocidad angular,
- r es el radio.

Con todos los valores obtenidos se puede reemplazar en la fórmula de potencia.

$$P = \sum T \times \omega \quad (18)$$

$$P = 6280 \times 0,20 \quad (19)$$

$$P = 1256[W] \quad (20)$$

La potencia mecánica requerida por la máquina es de 1256 Watts.

VI-B2. Esfuerzo de barra-paletas: Se considera colocar un motor para realizar el movimiento de las paletas el cual tiene una masa de 28.30 kg. Con ayuda del software computacional Autodesk Inventor se realiza la simulación correspondiente a los esfuerzos que genera el peso del mismo.

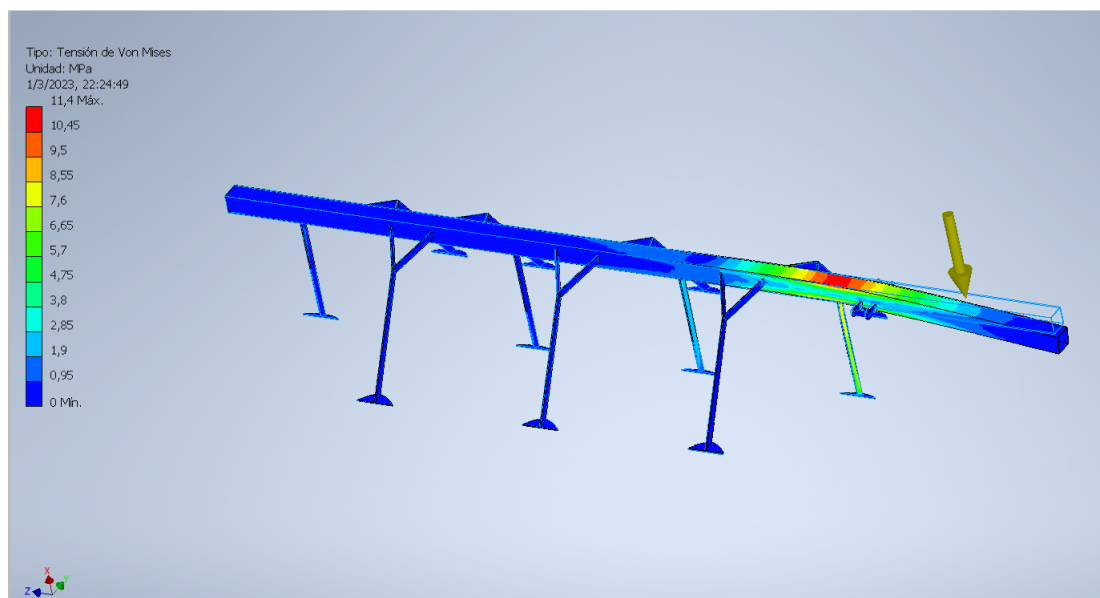


Figura 19. Análisis de esfuerzo en barra-paletas [13]

En la figura 19 se puede visualizar el valor correspondiente al esfuerzo máximo generado siendo un valor de 11.4 MPa. Según la ficha técnica [3] indica que el acero galvanizado tiene un límite a la fluencia de 230 MPa, siendo un valor superior al calculado por lo cual se asegura que la barra resiste.

VI-C. Selección de componentes

VI-C1. Selección de motor: En base a los datos obtenidos se selecciona un motor acorde a la potencia mecánica requerida de 1256 Watts. En catalogo el valor comercial más aproximado es de 1500 Watts. El cual según [35] tiene los siguientes datos:

Tabla II
DATOS DEL MOTOR [35]

Características del producto

Estándar	NEMA MG-1	Clasificación de salida	1,5 CV
Frecuencia	60 Hz	Montaje	con patas
Voltaje	460//220-240/380-415V	Brida	Sin
Número de polos	4	Montaje	B3L(E)
Grado de protección	IP55	Caja de terminales*	Posición correcta
Velocidad síncrona	1800 rpm	Recinto	IC411-TEFC

VI-C2. Selección de reductor: Según los datos obtenidos se selecciona un reductor acorde a la velocidad necesaria de 60 rpm. Comparando con los datos técnicos del motor se requiere un reductor con una relación de 30/1 con una capacidad de transmisión de 1.5 kW. Conforme al catalogo [32] se selecciona el siguiente reductor.

Tabla III
DATOS DEL REDUCTOR [32]

170		Albero lento / Output shaft / Abtriebswelle Arbre petite vitesse / Eje lento / Eixo de saída					D = 28 mm		MI 70					
i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD	i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD	sf
7,5	2800	373	130	5,66	7,70	0,90	7,5	2800	373	92	4	5,5	0,90	1,42
10		280	140	4,69	6,38	0,88	10		280	120	4	5,5	0,88	1,17
15		187	153	3,49	4,75	0,88	15		187	132	3	4	0,86	1,16
20		140	132	2,37	3,22	0,82	20		140	122	2,2	3	0,82	1,08
25		112	137	1,97	2,67	0,82	25		112	104	1,5	2	0,82	1,31
30		93	163	2,00	2,73	0,80	30		93	122	1,5	2	0,80	1,34
40		70	149	1,48	2,02	0,73	40		70	110	1,1	1,5	0,73	1,35
50		56	153	1,29	1,76	0,69	50		56	130	1,1	1,5	0,69	1,18
60		47	140	1,05	1,43	0,65	60		47	100	0,75	1	0,65	1,40
80		35	109	0,78	1,06	0,51	80		35	104	0,75	1	0,51	1,04
100	28	105	0,67	0,91	0,46	100	28	86	0,55	0,75	0,46	1,21		

VI-C3. *Selección de cadena:* Para este paso se observa el catalogo[empty citation]. Donde se encuentra valores y tablas que ayudan con la selección. En la tabla a continuación indica el factor de servicio necesario en función del tipo de aplicación, según su mecanismo y el tipo de máquina motriz.

Tabla IV
DATOS DEL FABRICANTE DE LA CADENA [empty citation]

Máquina a accionar	Máquina motriz		
	Motor combustión con transmisión hidráulica	Motor eléctrico	Motor combustión con transmisión mecánica
sin impacto	1	1	1,2
impactos medios	1,2	1,3	1,4
fuertes impactos	1,4	1,5	1,7

Entonces,

$$1,5kW \times 1,3 = 1,95kW \quad (21)$$

Luego se observa la gráfica de selección con una velocidad de 60rpm.

Diagram for Roller Chains
(European Version).

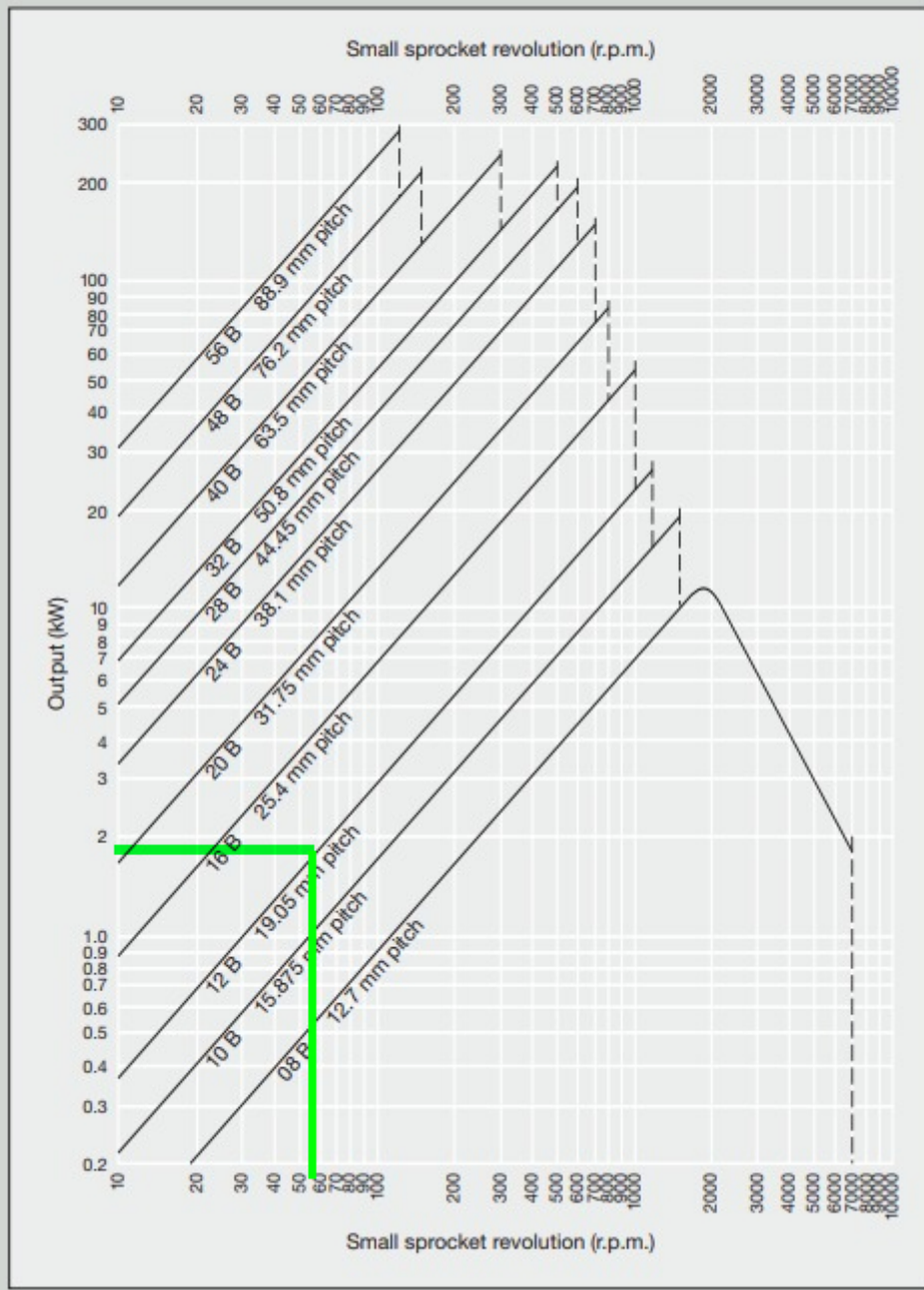


Figura 20. Catálogo de selección de cadena [29]

Se elige el valor superior el cual indica una cadena 16 B.

VI-C4. *Selección de controlador:* La máquina es categorizada a nivel semi-industrial por lo cual se debe utilizar componentes de este tipo. Para controlar el dispositivo se debe utilizar un PLC el cual es elegido por el número de variables que puede manejar.

Advanced Slim PLC

DVP-SA2

Advanced model supporting 2-axis interpolation

- ▶ 32-bit CPU for high-speed processing
- ▶ Program capacity: 16 k steps
- ▶ Data register: 10 k words
- ▶ Max. execution speed of basic instructions: 0.35 μ s
- ▶ Built-in 1 RS-232 and 2 RS-485 ports (Master/Slave)
※ Note: RS-485 will be reduced to 1 port in DVP28SA2
- ▶ Supports standard Modbus ASCII/RTU protocol and PLC Link function
- ▶ No battery required; RTC function operates for 15 days after power off
- ▶ Supports DVP-S Series modules (left-side and right-side)
※ Note: DVP28SA2 only supports right-side modules

Motion Control Functions

- ▶ 4 points of high-speed pulse output: 100 kHz / 2 points, 10 kHz / 2 points
- ▶ 8 points of high-speed pulse input: 100 kHz / 2 points, 10 kHz / 6 points, 1 set of A/B phase 50 kHz
- ▶ Supports 2-axis linear and arc interpolation

Figura 21. Datos del PLC [8]

VI-C5. *Selección de vareador de frecuencia:* El variador de frecuencia (VDF) se selecciona en base a la potencia del motor y de las características de la red eléctrica, teniendo en cuenta que en la ubicación del proyecto se cuenta con una red que opera a 220 V monofásico.

De los modelos ofrecidos en el catálogo [7] se elige el modelo VDF015E21A.

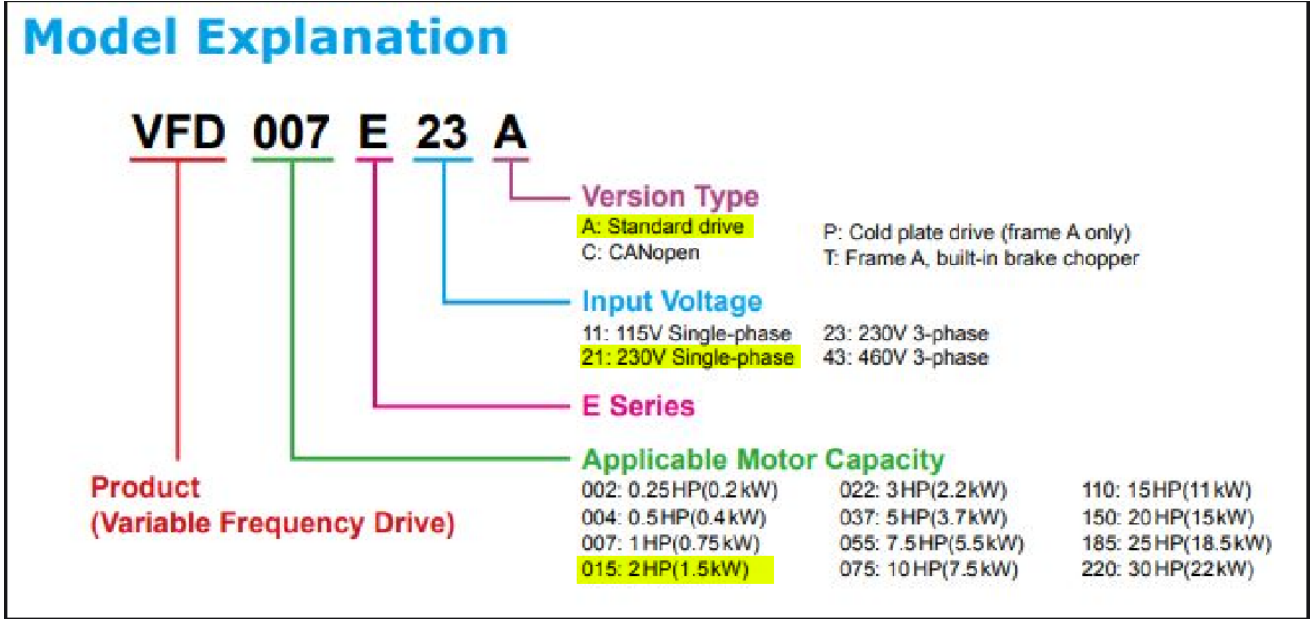


Figura 22. Datos del fabricante del Variador [7]

VI-C6. *Selección de sensores:* Considerando que los parámetros importantes de medición dentro del equipo son la humedad y la temperatura, y que se requiere una comunicación RS485 por lo cual el sesor SHT30 es adecuado para la aplicación.

VI-D. *Señales*

En la figura 23 se observa las señales que se utilizan para controlar los distintos equipos.

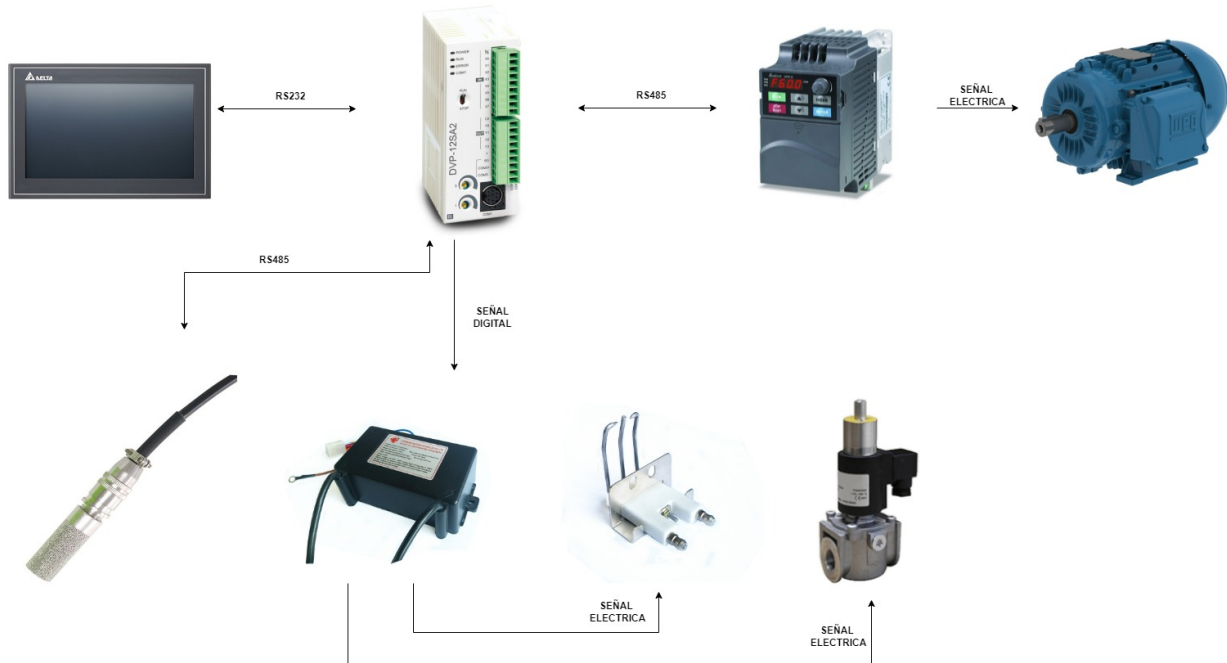


Figura 23. Diagrama de señales [13]

VI-E. Funcionamiento del PLC

El funcionamiento del PLC en esta aplicación se observa en el siguiente diagrama mostrado en la figura 24, donde se explica todos los estados que operan dentro del sistema.

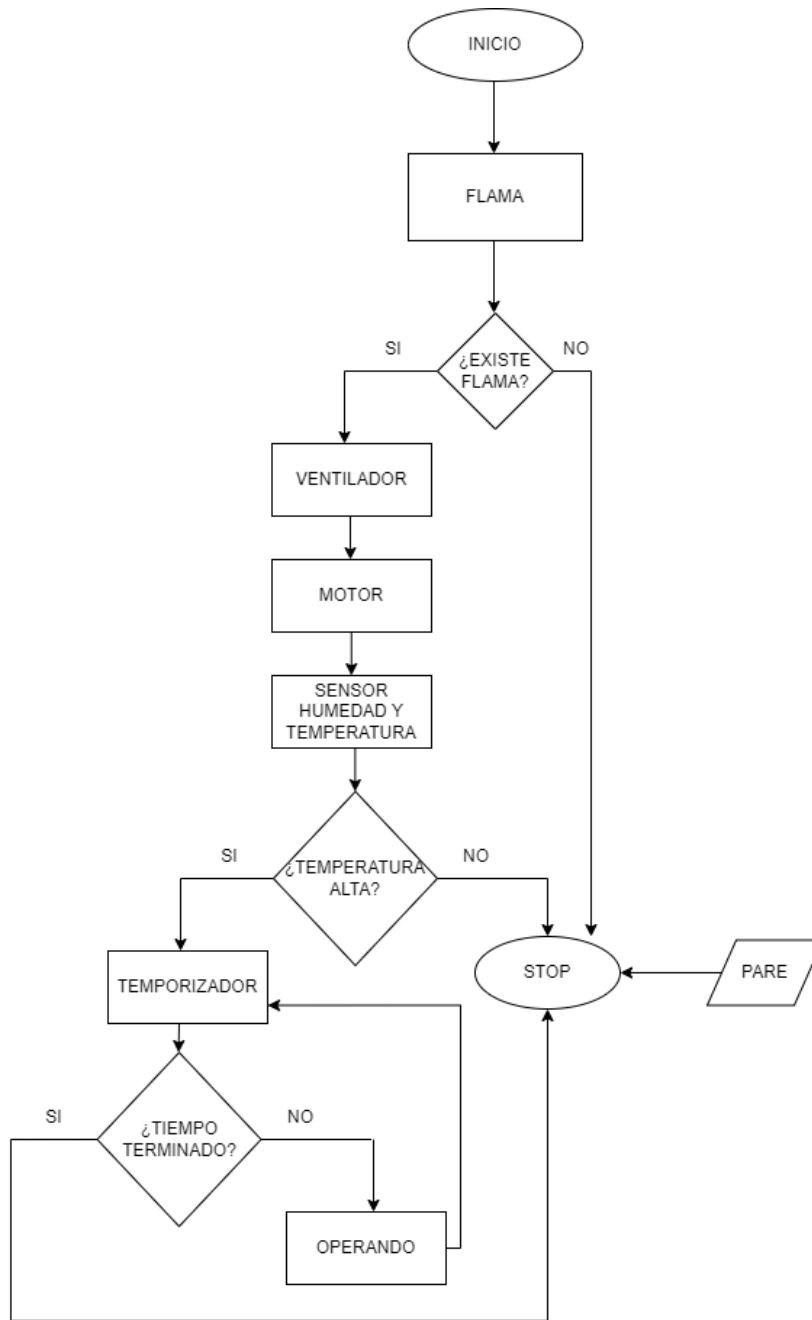


Figura 24. Diagrama del PLC [13]

VI-F. Funcionamiento del HMI

El funcionamiento del HMI para este caso se observa en la figura 25, donde está el diagrama de estados explicando todos los parámetros que operan dentro del sistema.

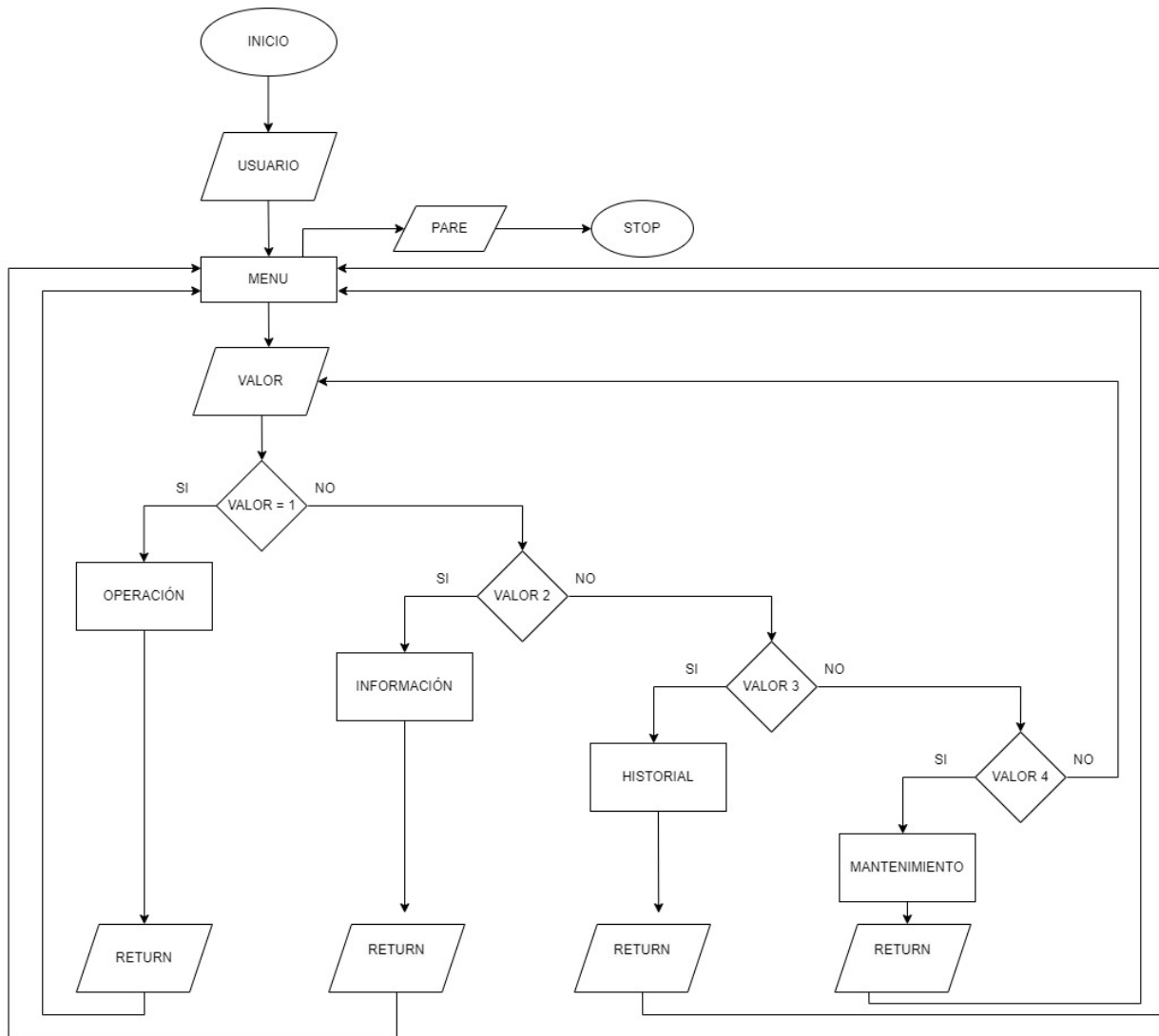


Figura 25. Diagrama del HMI [13]

Como inicio de la interfaz se tiene la información de los desarrolladores y un botón para dar acceso a los controles del HMI con el usuario permitido, esto se muestra en la figura 26.



Figura 26. Inicio de HMI [13]

Se debe ingresar el usuario y la contraseña para acceder a las siguientes etapas como se muestra en la imagen 27.



Figura 27. Usuario y contraseña HMI [13]

En la ventana menú, se debe seleccionar el apartado al que se desea ir, puede ser para visualizar datos o realizar cambios en los parámetros como se visualiza en la ilustración 28.



Figura 28. Menú HMI [13]

En el apartado operación mostrado en la figura 29 se debe ingresar los parámetros como tiempo de secado y el número de vueltas.



Figura 29. Menú operación HMI [13]

Esta pantalla indica los estados de las variables como el motor, ventilador y flama. Además se visualiza los valores de la temperatura y la humedad. Esto lo observamos en la imagen 30.



Figura 30. Menú información HMI [13]

En la figura 31 se muestra los datos históricos que reflejan los datos de humedad y temperatura en todo el tiempo de operación de la máquina.

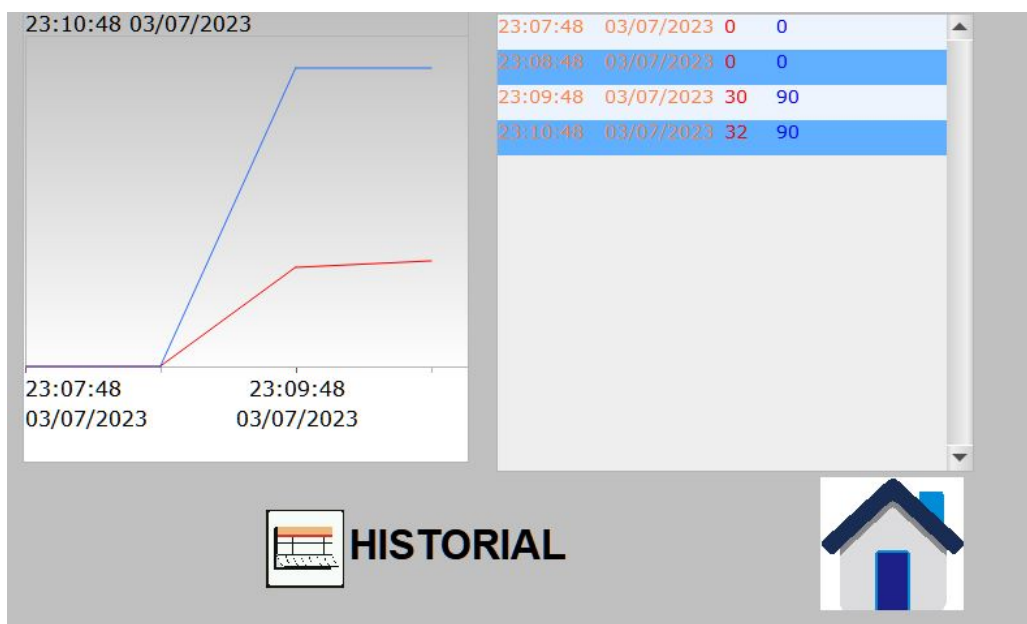


Figura 31. Menú historial HMI [13]

VI-G. Protocolo de validación

Mediante la verificación del funcionamiento final se obtiene los datos que permite corroborar el aumento en su eficiencia. La validación del proceso de una secadora de cacao es esencial para asegurar la calidad y seguridad del producto final, se presentan los pasos generales que se siguió para validar el proceso de la secadora de cacao:

VI-G1. Establecer especificaciones de desempeño: Se define el alcance y los objetivos del proceso de validación. En este caso, el objetivo sería validar que la secadora de cacao cumple con los requisitos de calidad y seguridad para producir cacao seco listo para su almacenamiento y transporte.

Se determina el proceso de secado y su documentación, se deben identificar los controles críticos, los puntos de control y los límites críticos. Por ejemplo, la temperatura y el tiempo de secado son parámetros críticos que deben ser controlados para garantizar que el cacao se seque adecuadamente.

VI-G2. Ejecución:: Se lleva a ejecutar el proceso de secado y realizar las pruebas necesarias para asegurarse de que cumple con los criterios de aceptación, se deben recopilar los datos y documentar los resultados. Se pueden utilizar instrumentos de medición, para registrar la temperatura y la humedad en la secadora de cacao.

VI-G3. Prueba de funcionamiento y desempeño: Se analiza los resultados para evaluar la efectividad del proceso y verificar si cumple con los requisitos de calidad y seguridad también se compara los resultados con los límites críticos establecidos previamente y determinar si se han cumplido. Si no se han cumplido, se deben identificar las oportunidades de mejora y establecer un plan de acción para abordarlas.

Se compara los datos históricos de productividad de ambos sistemas, lo que permite determinar si el sistema automatizado ha mejorado la producción en términos de cantidad y calidad de cacao seco en comparación con el sistema manual. Esto podría medirse en términos de la cantidad de cacao seco producido por hora o por ciclo de secado, y también en términos de la calidad del cacao seco producido.

VI-H. Señalética de seguridad

Las señales de seguridad son importantes porque ayudan a prevenir accidentes y lesiones al proporcionar información clara y visible sobre los peligros y las precauciones que deben tomarse en un área determinada. Además, las señales de seguridad también son importantes porque ayudan a cumplir con los requisitos de seguridad y salud ocupacional, y a garantizar la seguridad de los trabajadores y el público en general.

VI-H1. Precaución máquina en operación: Es una señal de seguridad que se utiliza para advertir a las personas que hay una máquina en funcionamiento en el área y que deben tener cuidado al acercarse a ella. La precaución se debe tomar para evitar lesiones o accidentes debido a las partes móviles de la máquina, la presencia de algún sistema de engranaje, o las posibles emisiones de ruido, calor y vibraciones. Esto se puede observar en la figura 32.



Figura 32. Precaución máquina en operación

VI-H2. *Prohibido el paso a toda persona no autorizada*: Es la señal de seguridad que se utiliza para indicar que está prohibido el acceso a un área específica a cualquier persona que no tenga autorización para hacerlo.

La prohibición se establece para proteger a las personas y las instalaciones de posibles daños o amenazas, y solo se permite el acceso a aquellos que tienen una autorización válida para hacerlo. En la imagen 33 se puede apreciar.



Figura 33. Prohibido el paso a toda persona no autorizada

VI-H3. *Peligro gas inflamable*: Esta señal de seguridad que se utiliza para indicar que en un área determinada existe un peligro debido a la presencia de gas inflamable, lo que puede provocar incendios o explosiones.

Se establece para informar a las personas sobre la posible presencia de gas inflamable y la necesidad de tomar precauciones especiales para evitar riesgos. Entre las precauciones que deben tomarse se encuentran evitar fumar, utilizar chispas eléctricas o cualquier tipo de llama cerca del área señalizada, así como manipular los equipos y materiales de manera cuidadosa. La señal se observa en la figura 34.



Figura 34. Peligro gas inflamable

VI-H4. Riesgo de atrapamiento: Esta señal de seguridad que se utiliza para indicar que en un área determinada existe un peligro de que las personas puedan quedar atrapadas o aprisionadas por una máquina, equipo, material o estructura.

La señal de riesgo se establece para informar a las personas sobre el peligro de quedar atrapados en una máquina o equipo, y la necesidad de tomar precauciones especiales para evitar el riesgo. Entre las precauciones que deben tomarse se encuentran no acercarse demasiado a las partes móviles de la máquina. En la figura 35 se observa la señal.



Figura 35. Riesgo de atrapamiento

VI-H5. Uso obligatorio de equipo de protección: La señal de seguridad que se utiliza para indicar que en un área determinada es necesario usar equipo de protección personal para protegerse contra posibles riesgos o peligros.

La señal de uso obligatorio se establece para garantizar la seguridad y la salud de las personas en el área de trabajo. El equipo de protección personal puede incluir cascos, gafas de protección, guantes, calzado de seguridad, protectores auditivos, entre otros, según el riesgo identificado en el área. Esto se aprecia en la imagen 36.



Figura 36. Uso obligatorio de equipo de protección

VI-H6. Peligro caliente no tocar: La señal de seguridad que se utiliza para indicar que en un área determinada existe un peligro debido a la presencia de objetos, superficies o líquidos calientes que pueden causar quemaduras o lesiones en la piel.

Es importante seguir las indicaciones de la señal para evitar accidentes y garantizar la seguridad de las personas en el área, las quemaduras pueden ser graves y pueden tener un efecto duradero en la salud y bienestar de las personas. La figura 37 lo representa.



Figura 37. Peligro caliente no tocar

VI-H7. Riesgo eléctrico: Es una señal de seguridad que se utiliza para indicar que en un área determinada existe un peligro debido a la presencia de corriente eléctrica que puede provocar descargas eléctricas o incendios.

La señal de riesgo se establece para informar a las personas sobre el peligro de corriente eléctrica y la necesidad de tomar precauciones especiales para evitar el riesgo. Entre las precauciones que deben tomarse se encuentran no tocar cables eléctricos expuestos, no manipular enchufes o interruptores con las manos mojadas, no utilizar equipos eléctricos dañados, y utilizar herramientas y equipos de protección adecuados. Su representación se encuentra en la figura 38



Figura 38. Riesgo eléctrico

VII. RESULTADOS

En base a los datos proporcionado por el propietario de la máquina y los nuevos datos recopilados se pudo realizar una comparación de datos entre los anteriores y los nuevos, es decir antes de automatizar la máquina y después de hacerlo.

Para realizar la comparación se toma en cuenta los principales factores que afectan la productividad y desempeño del equipo, a continuación se muestra los datos, donde la masa se mide en quintales, el valor del jornal es de 17 USD, el gasto de consumo eléctrico es valorado en dolares americanos y el Consumo de GLP en tanques de 45kg.

Tabla V
RESULTADOS [13]

Resultados					
	Masa	Jornales	Días	Consumo Eléctrico	Consumo GLP
SECADORA MANUAL	20	2	2	0\$	2
SECADORA AUTOMÁTICA	20	0	1	5\$	1

Tabla VI
RESULTADOS [13]

Gastos Secadora Manual			
	Valor	Consumo	Total
Jornales	\$17	2	\$34
Consumo Eléctrico	\$5	0	\$0
Consumo GLP	\$3.50	2	\$7
		Σ	\$41

Tabla VII
RESULTADOS [13]

Gastos Secadora Automática			
	Valor	Consumo	Total
Jornales	\$17	0	0
Consumo Eléctrico	\$5	1	\$5
Consumo GLP	\$3.50	1.5	\$3.50
		Σ	\$8.50

Se realiza un análisis de la productividad realizando un contraste de datos entre las dos versiones para poder determinar los resultados. Esto se muestra en la tabla VIII

Tabla VIII
RESULTADOS [13]

Productividad					
	Tandas/por mes	Producción	Valor recaudado	Gastos de producción	Utilidad
SECADORA MANUAL	11	220	\$19.800,00	\$451	\$19.349,00
SECADORA AUTOMÁTICA	22	440	\$39.600,00	\$187	\$39.413,00

VIII. CRONOGRAMA

TESIS-TT2														
SEMANAS DE TRABAJO														
Realizado		En Proceso							No Realizado					
OCTUBRE														
SEPTIEMBRE														
AGOSTO														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4
REPOTENCIACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO.														
Walter Guadalupe Rodrigues/Guillermo Guerra Rea														
Descripción de proceso	Categoría	Asignado	Progreso	Inicio	Días									
Definición del tema	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	01/08/2023	5.									
Objetivo	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	12/08/2023	10.									
Problema	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	13/08/2023	10.									
Justificación	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	22/08/2023	10.									
Primera Revisión	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	10/09/2023	4.									
Modelado del 3D del dispositivo	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	16/09/2023	12.									
Presentación del Cronograma	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	25/10/2023	5.									

Figura 39. Cronograma 1 de actividades [13]

REPOTECACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO.		TESIS-TT2																												
		SEMANAS DE TRABAJO																												
		NOVIEMBRE													DICIEMBRE					ENERO										
Descripción de proceso	Categoría	Asignado	Progreso	Inicio	Días	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	
Inspección	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	01/11/2023	4.																									
Análisis de diseño de la máquina	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	05/11/2023	7.																									
Dimensiones de la máquina	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	14/11/2023	10.																									
Análisis de los componentes	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	13/12/2023	8.																									
Componentes a utilizar	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	21/12/2023	10.																									
Estimación de Costos	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	05/01/2023	3.																									
Compra de componente	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	14/01/2023	15.																									

Figura 40. Cronograma elaborado por [13]

TESIS-TT2												
SEMANAS DE TRABAJO												
Realizado												
En Proceso												
No Realizado												
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39			
FEBRERO						MARZO						
S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5			
REPOTENCIACIÓN DE UNA SECADORA MECÁNICA DE CACAO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL ELECTRÓNICO. Walter Guadalupe Rodrigues/Guillermo Guerra Rea												
Descripción de proceso	Categoría	Asignado	Progreso	Inicio	Días							
Montaje de equipo	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	01/02/2023	15.							
Validación de funcionamiento	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	15/02/2023	7.							
Prueba Final	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	28/02/2023	4.							
Analizar Documentación	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	01/02/2023	2.							
Resultados	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	04/02/2023	1.							
Conclusiones y Agradecimiento	Realizado	Guadalupe/Guerra	100%	05/02/2023	2.							

Figura 41. Cronograma 2 de actividades [13]

IX. PRESUPUESTO

En el presupuesto que se presenta en la tabla IX, se encuentran los valores de costo de cada material electrónico, eléctrico y mecánico que se utiliza para la repotenciación de la secadora de cacao. A su vez, se agregaron los valores de mano de obra y otros costos.

PRESUPUESTO				
N°	DISPOSITIVO	MARCA	UNIDADES	USD
1	MOTOR BRIDAD.IE2 1800RPM 2HP 220/ 380/ 440V 4P FR90S 24/ 200	DELTA	1	\$352,13
2	REDUCTOR ANGULAR MI 70 A 30/ 1 PAM 24/ 200	DELTA	1	\$292,70
3	CONV. FRECUENCIA VFD015E21A. 2HP. 220V. 1F	DELTA	1	\$232,24
4	PANTALLA CONV. DE FRECUENCIA VFD-E (KPE-LE02)	DELTA	1	\$12,15
5	PLC DELTA DVP12SA21 1R, DC/ DC/ RELE, 8 ED / 6 SR	DELTA	1	\$126,38
6	ELECTROVALVULA	ROMANO	1	\$50,00
7	SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	KOBOLD	1	\$80,00
8	CONTACTOR 24V DC	ABB	1	\$39,50
9	MODULO DE IGNICIÓN DE CHISPA DE GAS	THF	1	\$140,00
10	PULSADOR HONGO ROJO C/ 40MM INC P/ GIRAR-CHINT	ABB	1	\$25,00
11	CABLE DE COMUNICACIÓN PLC-PC DB9/ MINI DIN -USB	.....	1	\$14,88
12	CBL-10038-B1000Cable flexible sin pantalla 7G0,75 mm ² (19awg)gris	.....	1	\$42,43
13	CBL-80824-B100 HELUKABEL ASI-Bus 2x1.5 EPDM yellow	.....	1	\$34,86
14	CABLE DE COMUNICACIÓN PLC-PC DB9/ MINI DIN -USB	.....	1	\$39,88
15	HMI COLOR DOP-100 7 TFT-LCD 800 x 480 ETHERNET	.....	1	\$331,89
16	BREAKER	SIEMENS	2	\$40,00
17	GUARDAMOTORES	CHNT	2	\$80,00
18	TABLERO ELECTRICO	DELTA	1	\$80,00
19	MANO DE OBRA	.....	1	\$300,00
				\$2.314,04

X. CONCLUSIONES

Con la inclusión de los distintos dispositivos como un PLC, sensores de humedad y temperatura SHT30, un motor eléctrico comandado por el variador de frecuencia y la programación realizada en cada uno de los equipos, se logró un sistema automático que ha permitido incrementar la producción en aproximadamente 100 %.

Se desarrolló un control lógico secuencial con la ayuda de un PLC de la marca Delta y los sensores de humedad y temperatura, el cual permitió tener un manejo efectivo en los equipos de la secadora. Además, mediante el análisis de los resultados se determinó que el tiempo del secado se redujo a la mitad por tanda.

Dado que la secadora de cacao trabaja con gas licuado del petróleo (GLP) y tiene partes móviles en su estructura, puede poner en riesgo la vida de cualquier persona que esté cerca. Por ello, se instaló señalética que advierte los distintos peligros a los que pueden estar expuestos. Adicionalmente, las instalaciones se realizaron con las protecciones adecuadas tanto en la parte eléctrica como la mecánica. Por otra parte, el recinto donde se encuentra el dispositivo cuenta con rejas de seguridad que impiden el paso a las personas no autorizadas. Por todas estas precauciones, se considera que el entorno de trabajo es un ambiente bastante seguro.

Con la ayuda del HMI el cual logra guardar datos en su almacenamiento y después mostrarlos en pantalla gracias a su configuración, se obtiene datos importantes que determinan el funcionamiento del equipo. Por otra parte con los datos entregados por el propietario se determina el funcionamiento anterior del equipo. Con todos los datos recopilados se pudo determinar que la productividad se ha duplicado.

XI. RECOMENDACIONES

La toma de datos asegura que la información sea más certera por lo cual es mejor tener varios puntos de recopilación de datos, en este caso solo se logro ubicar uno donde se mide la temperatura y la humedad del grano del cacao, estos datos mejorarían si se tuviera al menos cuatro puntos ubicados estratégicamente, dos cerca del punto caliente y los otros en la parte más alejada.

Para asegurar un secado uniforme se requiere hacer un mezclado homogéneo el cual se consigue con la ayuda de las paletas, esto podría mejorar si el área de contacto entre los granos y la paleta aumenta, es decir rediseñando el modelo de las paletas. Además, haciendo que la posición de las paletas por cada vuelta realizada cambie de posición se puede conseguir un mezclado eficiente.

El control de un dispositivo es muy importante para asegurar que trabaje de manera eficiente, en el caso de este proyecto se realizo un control de lazo abierto el cual mejoro significativamente el desempeño de la máquina, pero esto podría mejorar si reemplaza este tipo de control por uno de lazo cerrado. También para tener más datos de entrada al control se podría trabajar con visión artificial.

REFERENCIAS

- [1] ABB, *Catálogo resumido: Control y protección de motores*, 2021. dirección: https://library.e.abb.com/public/b6bc1de77b724622a9f79af5044f2b30/1SBC100197C0702%20Catalogo_resumido_control_y_proteccion_de_motores_ES.pdf.
- [2] ABB, *Guardamotors*, s/f. dirección: <https://new.abb.com/low-voltage/es/productos/control-y-proteccion-de-motors/guardamotors>.
- [3] Acesco, *Ficha técnica: acero recubierto*, 2022. dirección: <https://www.acesco.com.co/descargas/fichastecnicas/ficha-tecnica-acero-recubierto.pdf>.
- [4] Bricogeeek.com, *Sensor de temperatura y humedad SHT10 (Acero Inox)*. dirección: <https://tienda.bricogeeek.com/sensores-temperatura/762-sensor-de-temperatura-y-humedad-sht10-acero-inox.html>.
- [5] BRR Binasa, *Lo que debes saber acerca de las Cadenas de Transmisión de Potencia*, <https://brr.mx/cadenas-de-transmision-de-potencial/>, mar. de 2021.
- [6] G. C. Y. COMANDO, *GUIA CONTROL Y COMANDO 4T0 MEDIO MODULO A.S.E.I.* dirección: https://epl.no-ip.info/contingencia/guias/4-Cuartos/4-F-Electricidad/A_Concha/GUIA%20CONTROL%20Y%20COMANDO%204T0%20MEDIO%20MODULO%20A.S.E.I.pdf.
- [7] *DELTA IA-MDS VFD-E-C EN Catalog*, de https://filecenter.deltaww.com/Products/download/06/060101/Catalogue/DELTA_IA-MDS_VFD-E_C_EN_20210602.pdf, S/f.
- [8] Delta-Electronic, *Products - Industrial Automation - Delta*, Accedido: 18-8-2022, 2022. dirección: <https://www.deltaww.com/en-US/products/Industrial-Automation/ALL/>.
- [9] J. Electricos, *¿Qué es y cómo funciona un breaker eléctrico o disyuntor?* 2020. dirección: <https://jdelectricos.com.co/como-funciona-un-breaker-electrico/>.
- [10] A. L. Farina, «Tableros electricos,» *Libreria y editorial Arsina, Rosario*, 2019.
- [11] A. Garcia y W. Gutiérrez, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA SECADORA DE CACAO TIPO TANQUE EMPLEANDO UNA CÁMARA DE ACONDICIONAMIENTO PARA LA INYECCIÓN DE AIRE CALIENTE,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2022.
- [12] E. M. Grande, *Térmicas tripolares*, 2020. dirección: <https://www.electromontegrande.com.ar/producto/termicas-tripolares/>.
- [13] Guadalupe y Guerra, *Imágenes*, feb. de 2023.
- [14] A. Guevara, «DIAGNOSTICO ACTUAL EN EL CAMBIO DE CASA ELBAS POR MARQUESINAS PARA EL PROCESO DE FERMENTACION Y SECADO DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE CUBARRAL META,» UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD, 2018.

- [15] J. Guevara, «Explicación Paso a Paso: La Cosecha y El Procesamiento del Cacao,» *Perfect Daily Grind Español*, mar. de 2018. dirección: <https://perfectdailygrind.com/es/2018/03/06/explicacion-paso-paso-la-cosecha-y-el-procesamiento-del-cacao/>.
- [16] S. Huayamave y E. Tumbaco, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA SECADO ARTIFICIAL DE PARTÍCULAS SÓLIDAS. CASO DE ESTUDIO: THEOBROMA CACAO.,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2015.
- [17] INEC, MAG y SICA, *III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO*, Accedido: 7-08-2022, 2002. dirección: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf.
- [18] C. Jimbo y F. Arboleda, «"Diseño mecánico y construcción de un secador de cacao (Theobroma cacao L.) al vacío para medianos y grandes productores en la provincia de Manabí",» ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2016.
- [19] T. Kubala, «Electricidad 4: motores de CA/CC, controles y mantenimiento,» en 9.^a ed. Argentina: Cengage Learning, 2011, cap. 18.
- [20] G. bibinitperiod R. C. Ltda., *Relay Encapsulado CAMSCO 11 Pines Redondos 3 polos (3NA-3NC)*, 2023. dirección: <https://electricoindustrial.com.ec/producto/relay-encapsulado-camsco-11-pines-redondos-3-polos-3na-3nc/>.
- [21] Lutheran-World-Relief, *cosecha, fermentación y secado del cacao*, Accedido: 4-09-2022, 2013. dirección: http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/19_Guia_8_Beneficiado.pdf.
- [22] MADAS, *Electrovalvula gas EWS-1-NC-DN20 combustion*, [Imagen], STI Gas, 2020. dirección: <https://sti-gas.com/wp-content/uploads/2020/06/electrovalvula-gas-EWS-1-NC-DN20-combustion-MADAS-2.jpg>.
- [23] H. Martínez, «MODULO DIDÁCTICO PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES,» UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, 2015.
- [24] M. Mattolini, «Cálculo y diseño de engranajes y reductores de velocidad. Tomo III: cálculo de reductores,» en 1.^a ed. Argentina: Libryco, 2015, cap. 10.
- [25] Micro Automación, *Interfaz Hombre-Máquina (HMI) - Micro Automación*, <https://cl.microautomacion.com/es/catalog/pantallas-hmi-dop-100-delta/>, abril 27 de 2020.
- [26] *NTE INEN-ISO 8442-7*, Gob.ec, de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_8442-7.pdf.
- [27] C. Ortega, «"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO AUTOMATIZADO DE DETECCIÓN Y CONTROL DE FUGAS PARA LAS INSTALACIONES CENTRALIZADAS DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO",» UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, 2009.
- [28] N. Peñaherrera, «Estudio de métodos de fermentación y secado del cacao,» UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD, 2021.
- [29] *Preseleccion DE Una Cadena DE rodillos rexnord Como Cadena DE transmision DE potencia*, Docplayer.Es, s/f. dirección: <https://docplayer.es/88294099-Preseleccion-de-una-cadena-de-rodillos-rexnord-como-cadena-de-transmision-de-potencia.html>.
- [30] E. Relé y B. Núcleo, *Apuntes de tecnología electrónica - Relés*, 2020.
- [31] Salicru, *VARIADOR DE FRECUENCIA CONTROLVID CV50*, Accedido: 4-09-2022. dirección: [https://www.salicru.com/files/documentacion/el08500\(1\).pdf](https://www.salicru.com/files/documentacion/el08500(1).pdf).
- [32] SITI, *Reductor*, de <https://www.cuby.es/wp-content/uploads/2020/03/cat-serie-mi-visenfi-siti.pdf>, S/f-g.
- [33] *Tableros Electricos*, 2017. dirección: <https://www.delta-electric.cl/tableros-electricos/>.
- [34] R. Valdivia, *FUNDAMENTOS DEL SECADO DEL CACAO*, Accedido: 20-8-2022, 2015. dirección: <https://cacaofcaug.files.wordpress.com/2015/08/fundamentos-del-secado-del-cacao.pdf>.
- [35] WEG. «Multimounting IE3 1.5 HP 4P 90S L 3Ph 460/220-240/380-415 V 60 Hz IC411 - TEFC - B3L(E).» (), dirección: [https://www.weg.net/catalog/weg/US/en/Electric-Motors/AC-Motors---IEC/General-Purpose/Aluminum-Frame/Multimounting-IE3-1-5-HP-4P-90S-L-3Ph-460-220-240-380-415-V-60-Hz-IC411---TEFC---B3L\(E\)/p/13984004](https://www.weg.net/catalog/weg/US/en/Electric-Motors/AC-Motors---IEC/General-Purpose/Aluminum-Frame/Multimounting-IE3-1-5-HP-4P-90S-L-3Ph-460-220-240-380-415-V-60-Hz-IC411---TEFC---B3L(E)/p/13984004) (visitado 04-03-2023).

APÉNDICE A
 PLANOS GENERALES DEL EQUIPO ORIGINAL

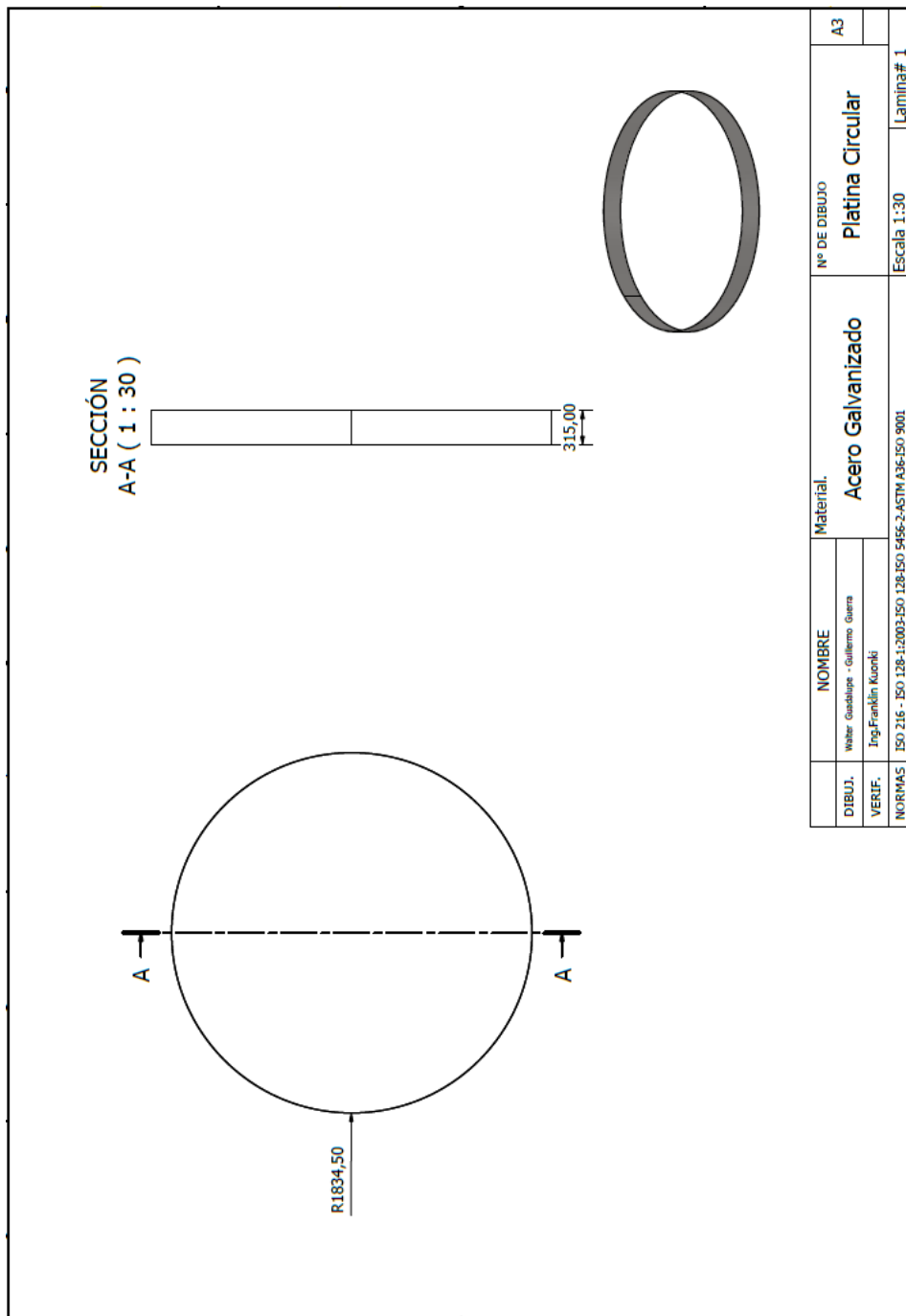
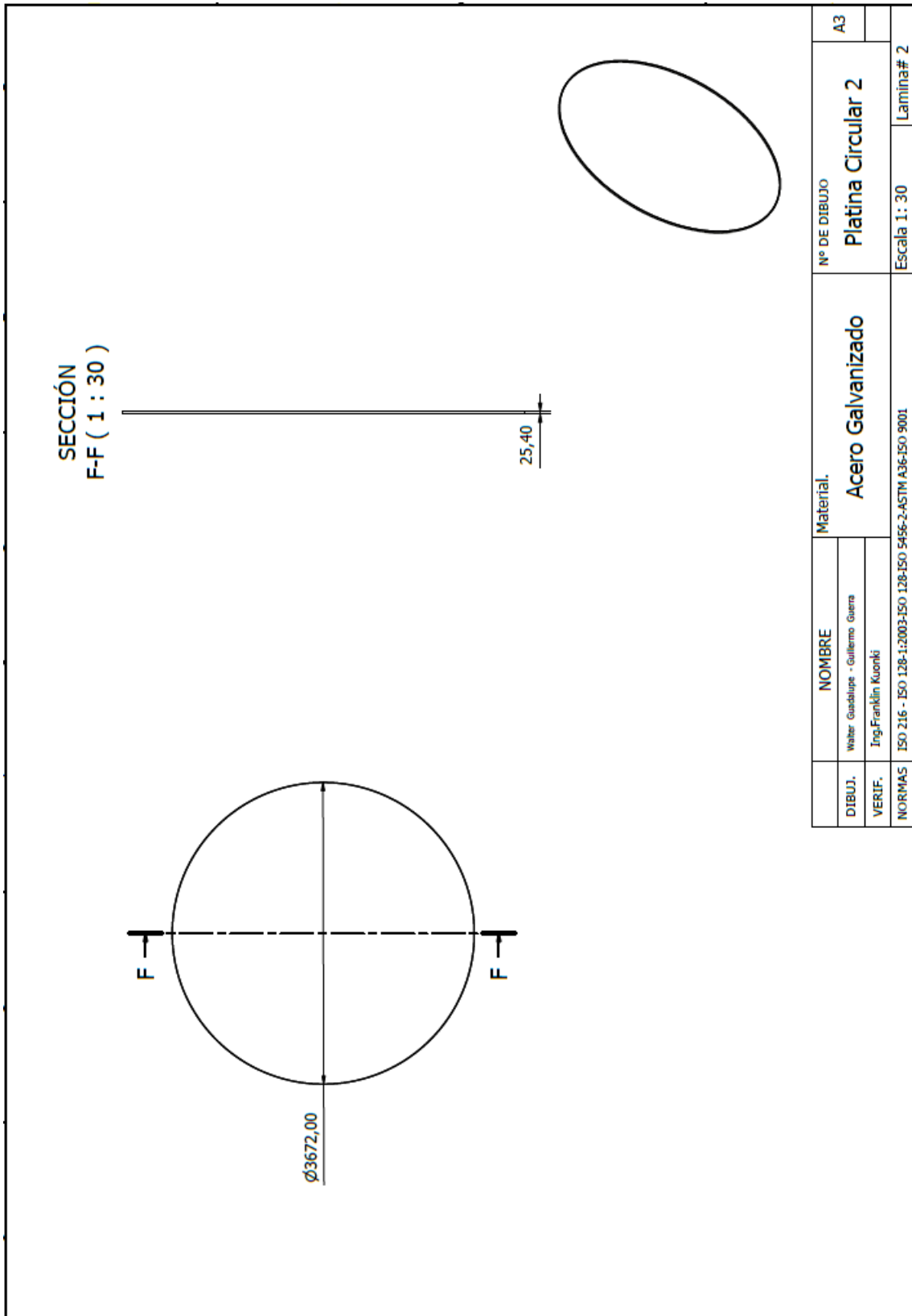
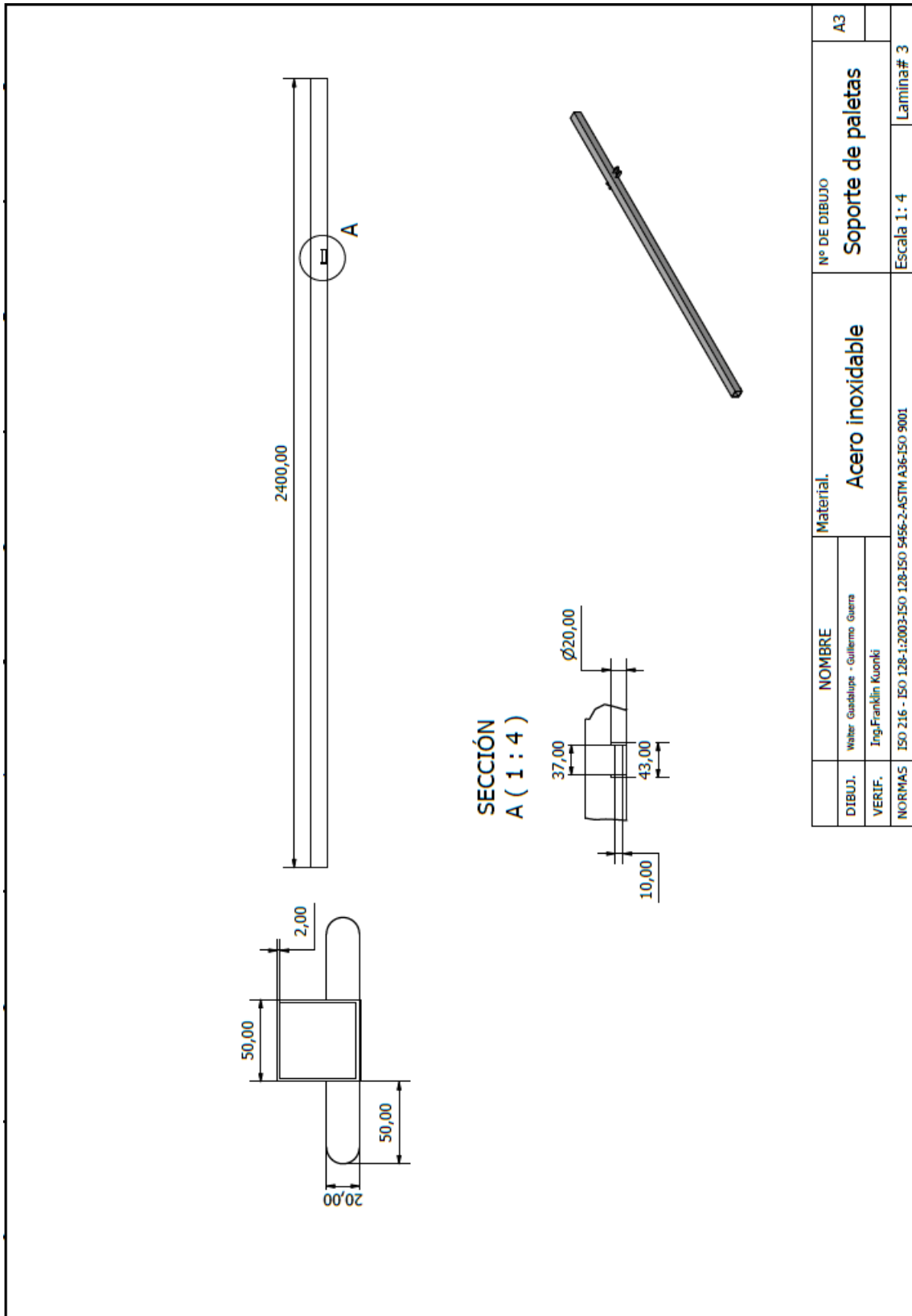


Figura 42. Lámina de platina circular gruesa [13]



DIBUJ. VERIF.	NOMBRE		Material. Acero Galvanizado	Nº DE DIBUJO Platina Circular 2	A3
	Walter Guadalupe - Guillermo Guerra	Ing. Franklin Kuonki			
NORMAS	ISO 216 - ISO 128-1:2003-ISO 128-150 5456-2-ASTM A36-150 9001			Escala 1: 30	Lamina# 2

Figura 43. Lámina de platina circular delgada [13]



DIBUJ. VERIF.	NOMBRE		Material. Acero inoxidable	Nº DE DIBUJO Soporte de paletas	A3
	Walter Guadalupe - Guillermo Guerra	Ing. Franklin Kuonki			
NORMAS	ISO 216 - ISO 128-1:2003-ISO 128:ISO 5456-2-ASTM A36-ISO 9001			Escala 1 : 4	Lamina# 3

Figura 44. Lámina de soporte de paletas [13]

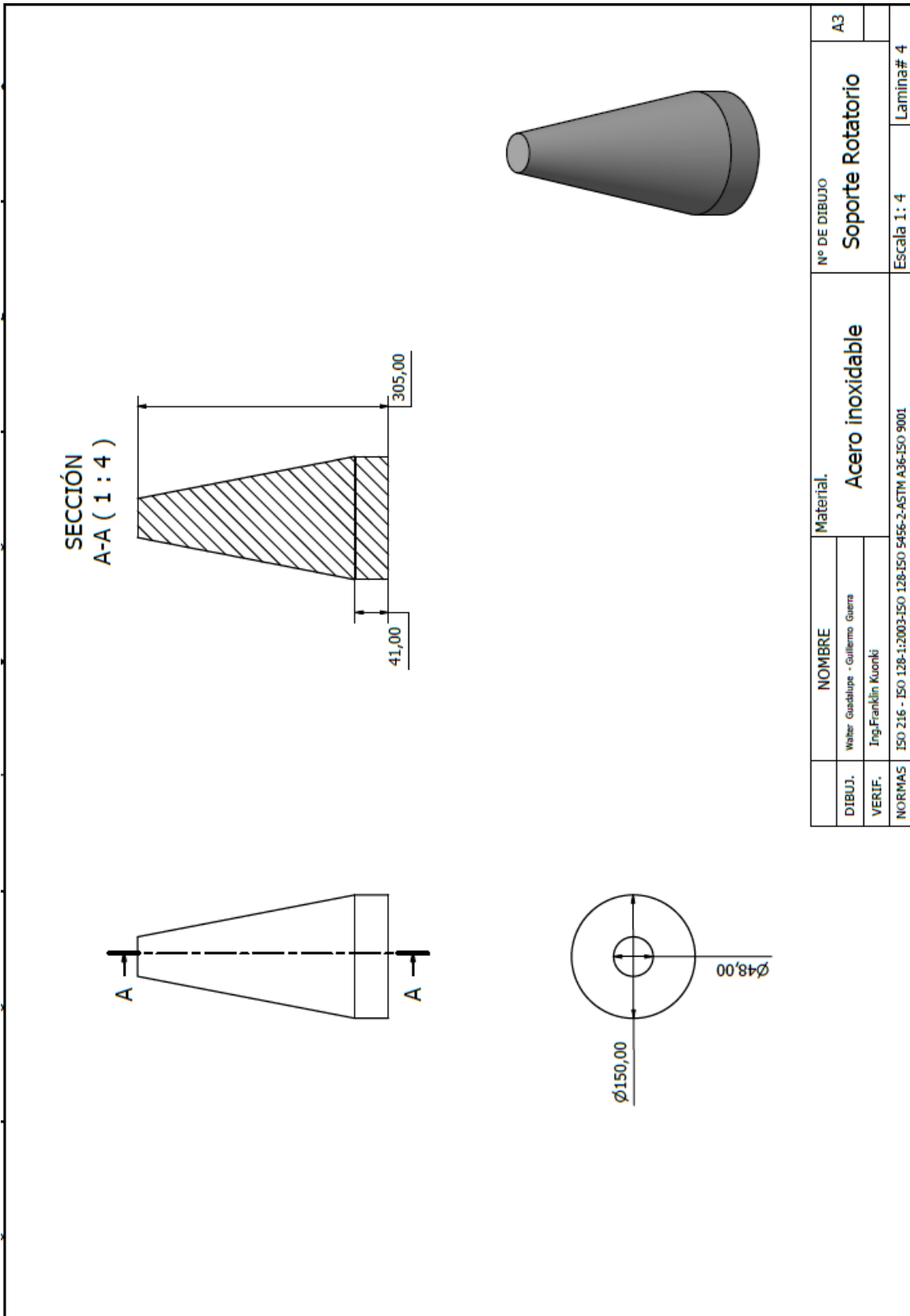


Figura 45. Lámina de soporte rotatorio [13]

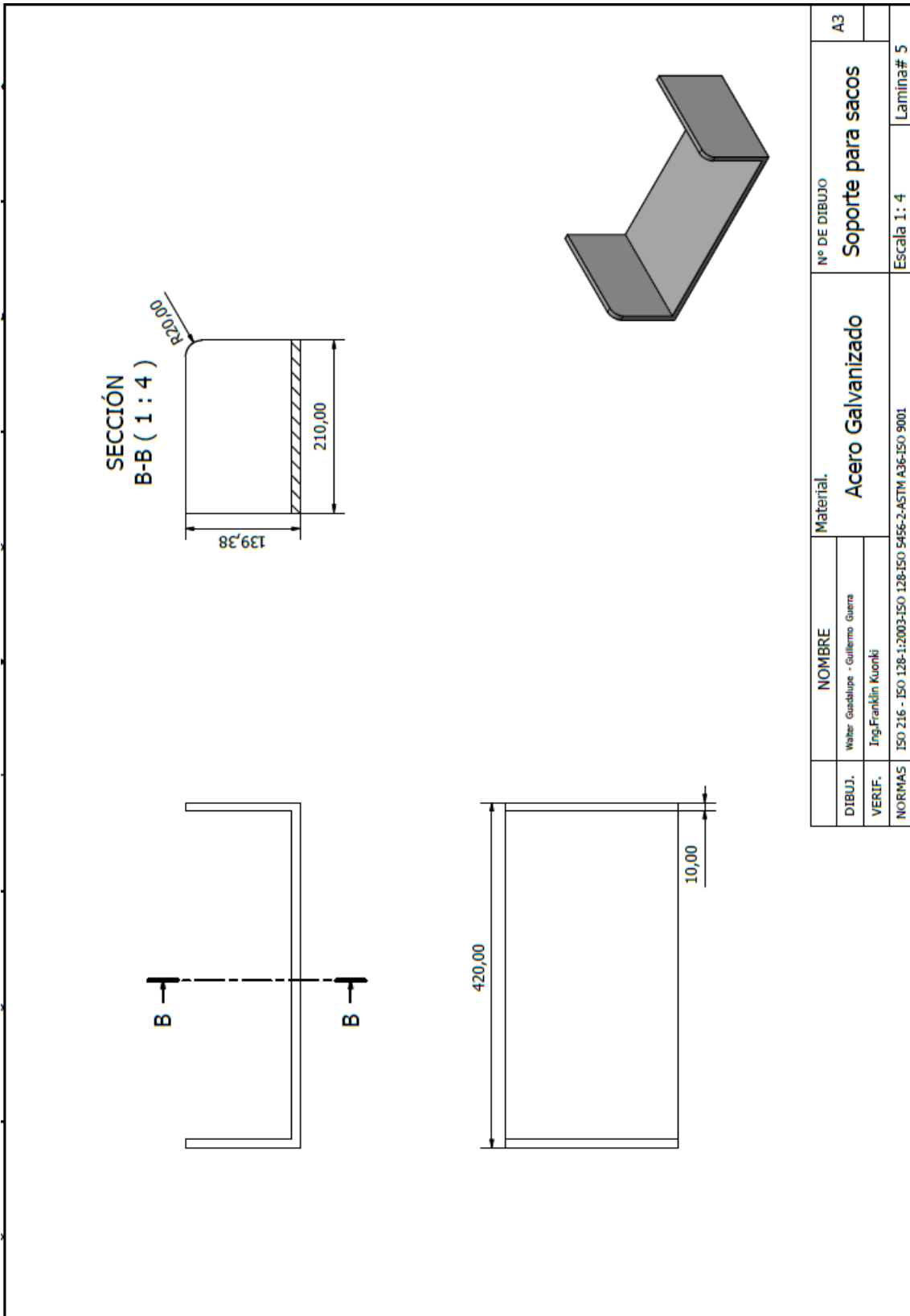


Figura 46. Lámina de soporte para sacos [13]

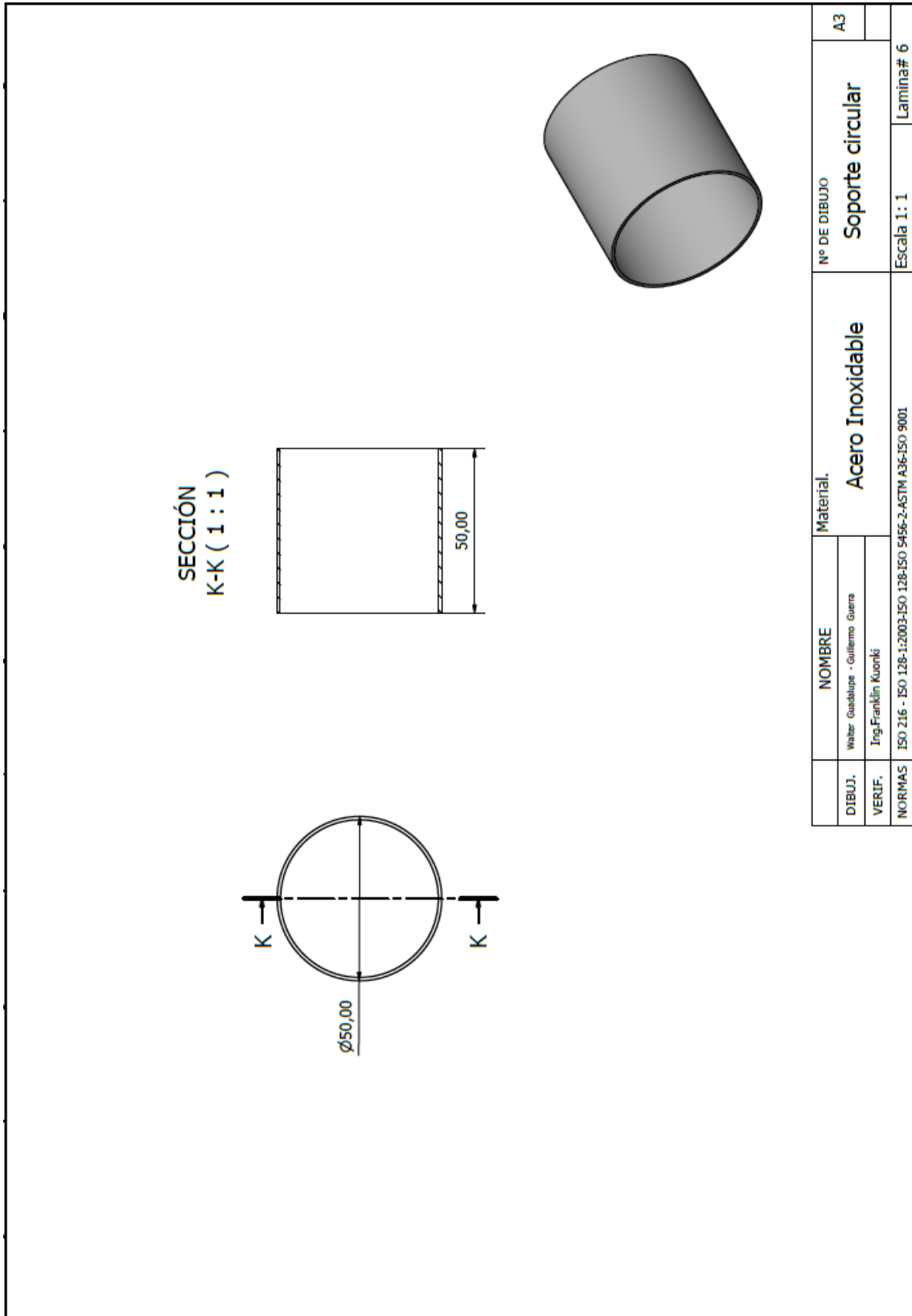
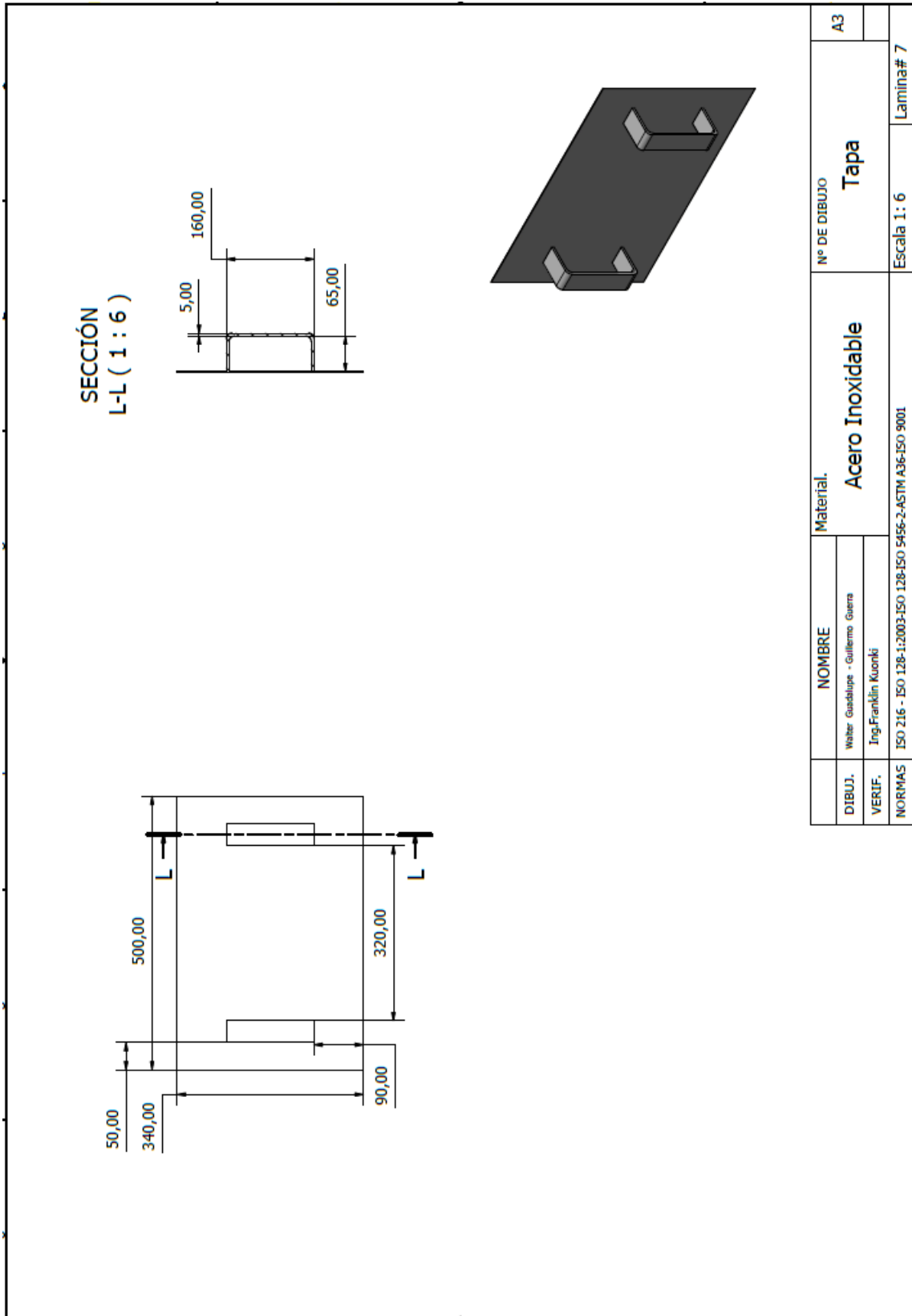


Figura 47. Lámina de soporte circular [13]



DIBUJ. VERIF.		NOMBRE Weiter Guadalupe - Guillermo Guerra Ing. Franklin Kuonki		Material. Acero Inoxidable		Nº DE DIBUJO Tapa		A3	
NORMAS ISO 216 - ISO 128-1:2003-ISO 128:ISO 5456-2-ASTM A36-ISO 9001						Escala 1: 6		Lamina# 7	

Figura 48. Lámina de tapa [13]

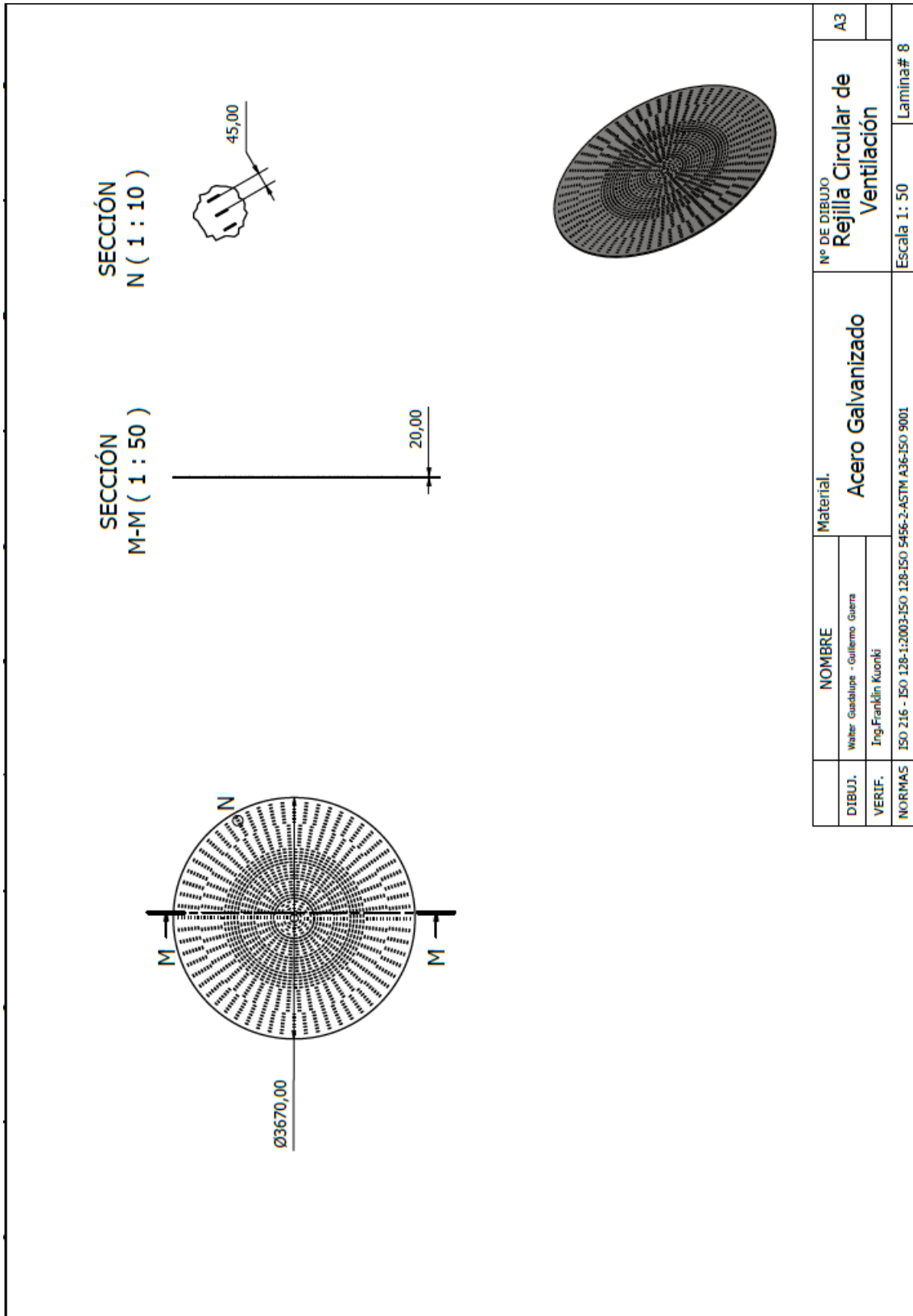
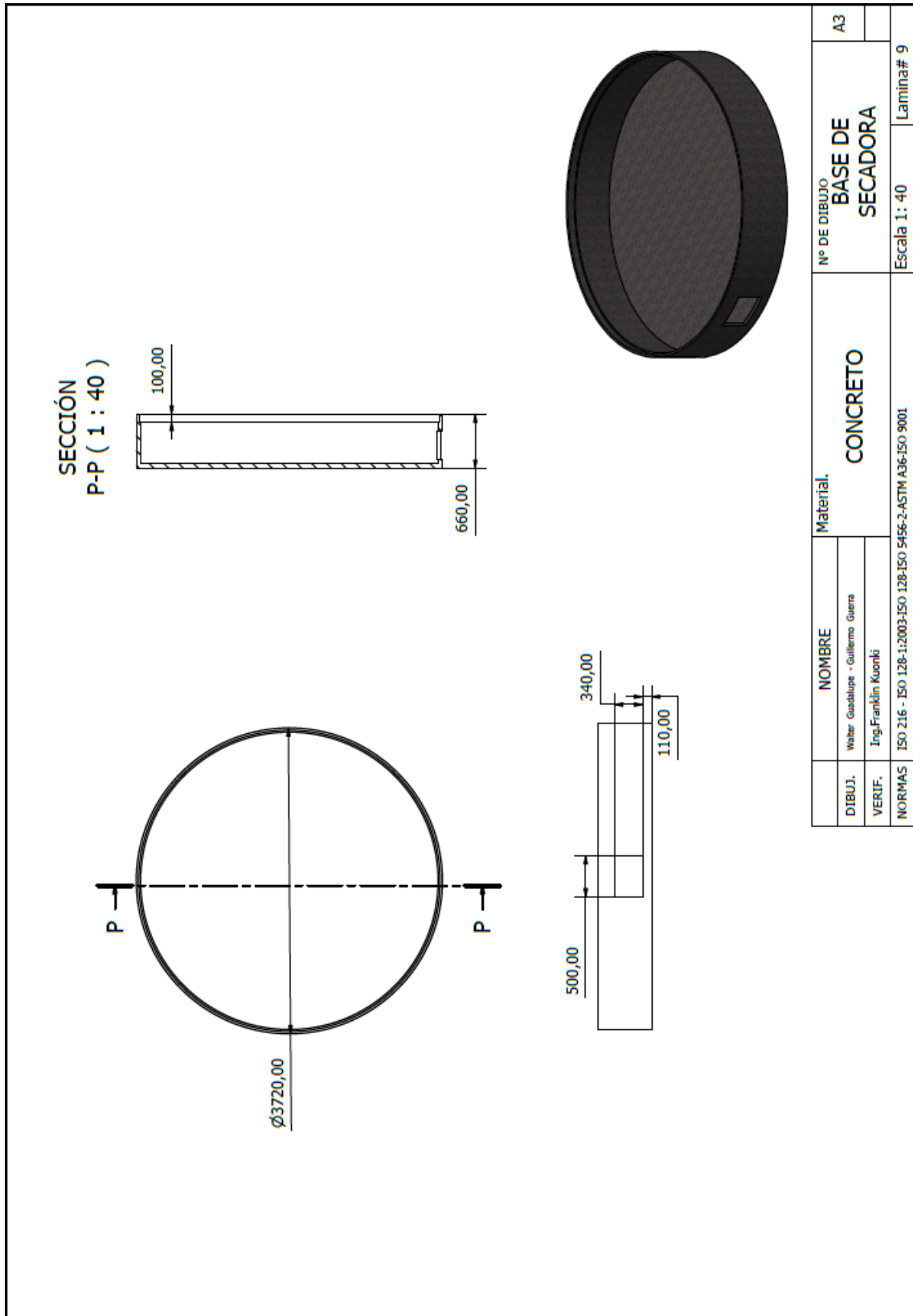


Figura 49. Lámina de rejilla circular de ventilación [13]



NOMBRE		Material.	Nº DE DIBUJO BASE DE SECADORA	A3
DIBUJ.	Weber Guadalupe - Guillermo Guerra			
VERIF.	Ing. Franklin Kuonki	CONCRETO	Escala 1 : 40	Lamina# 9
NORMAS	ISO 216 - ISO 128-1:2003-ISO 128-150 5456-2-ASTM A36-150 9001			

Figura 50. Lámina de base de secadora [13]

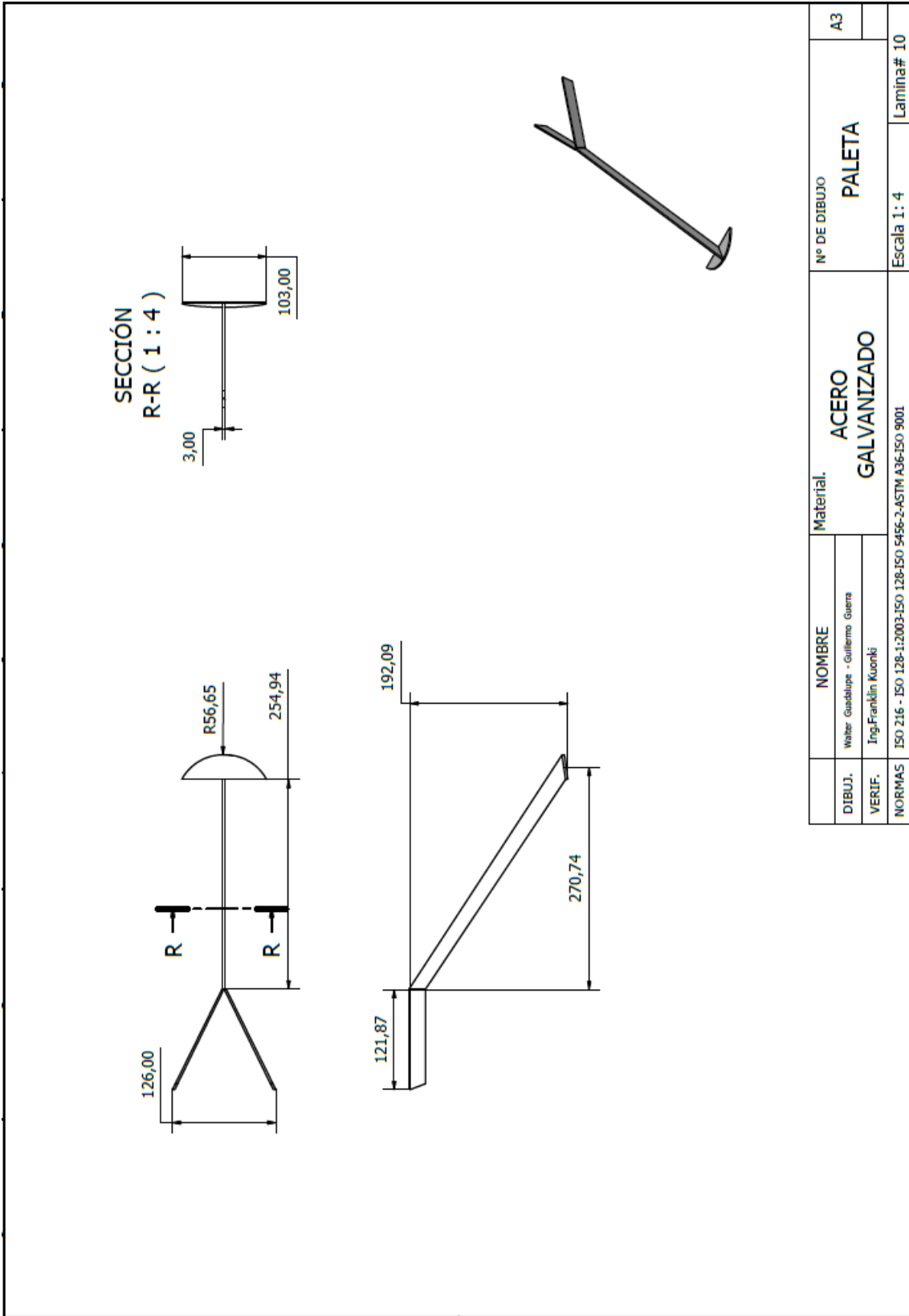


Figura 51. Lámina de paleta [13]

APÉNDICE B PROGRAMACIÓN DEL PLC

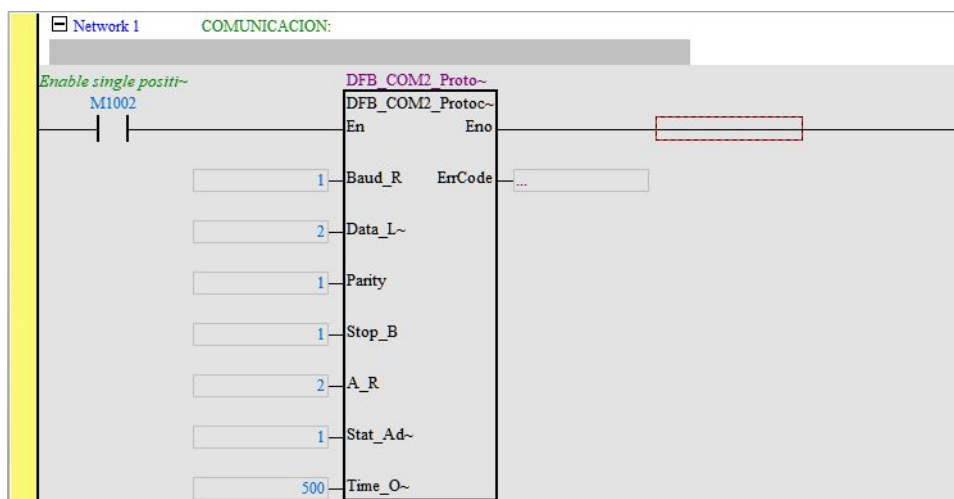


Figura 52. Bloque de Comunicación del plc [13]

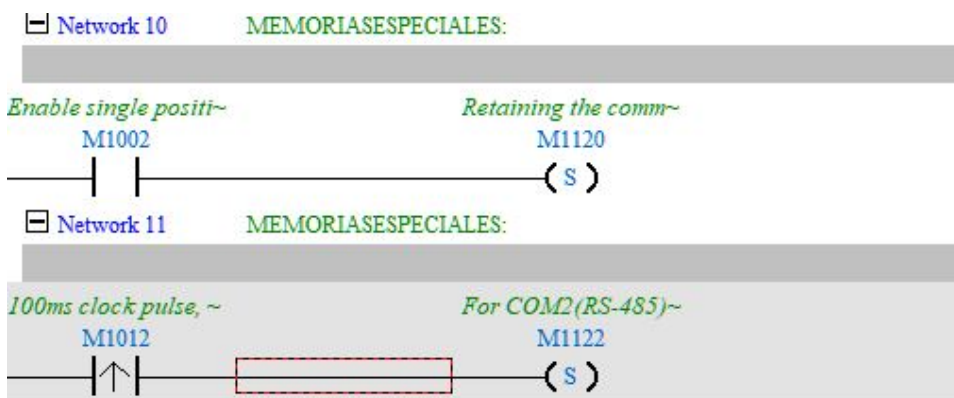


Figura 53. Bloque de Memorias especiales del plc [13]

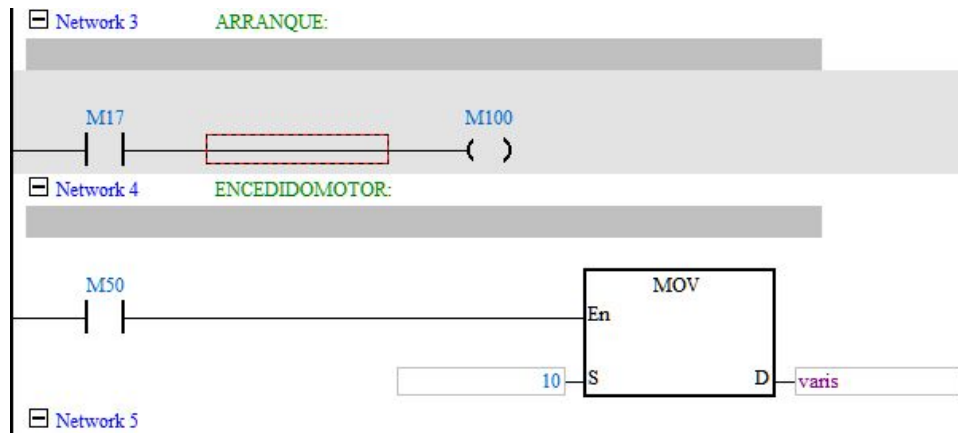


Figura 54. Bloque de arranque y encendido del plc [13]

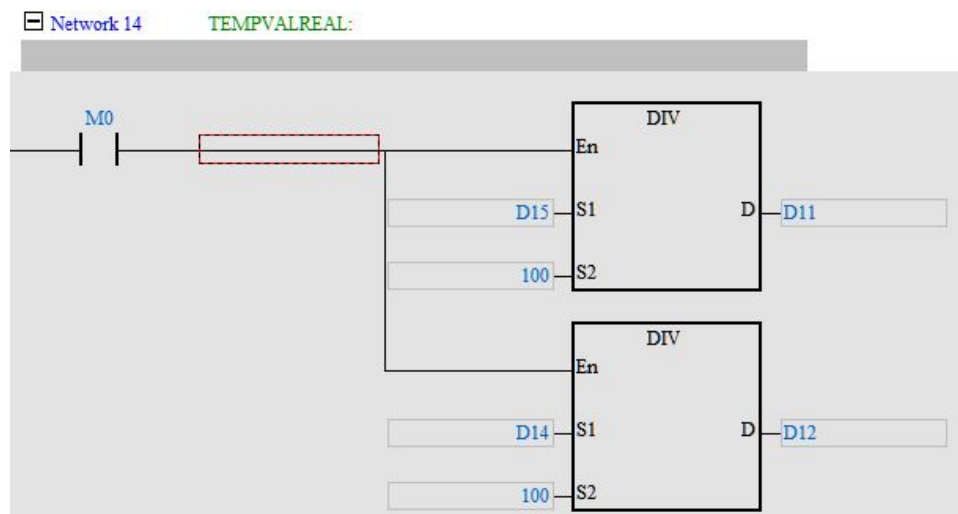


Figura 55. Bloque del valor real de la temperatura [13]

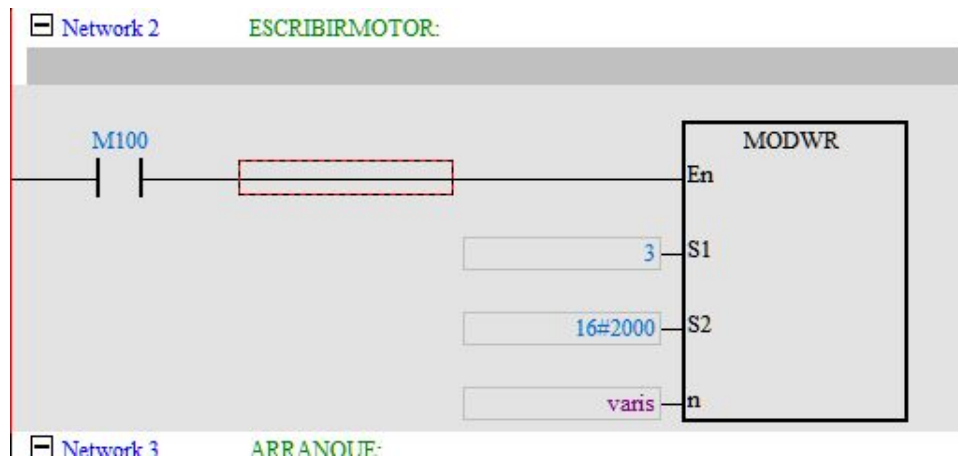


Figura 56. Bloque para escribir variable del motor [13]

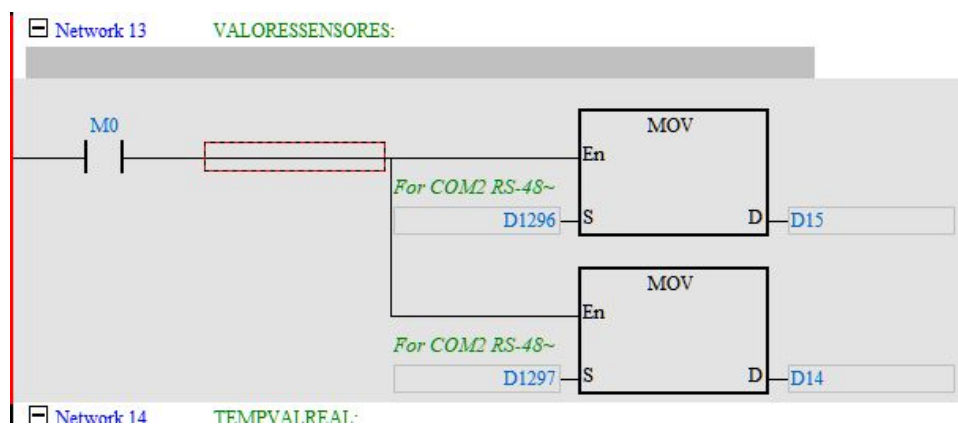


Figura 57. Bloque del valor real del sensor [13]

APÉNDICE C
PROGRAMACIÓN DEL HMI

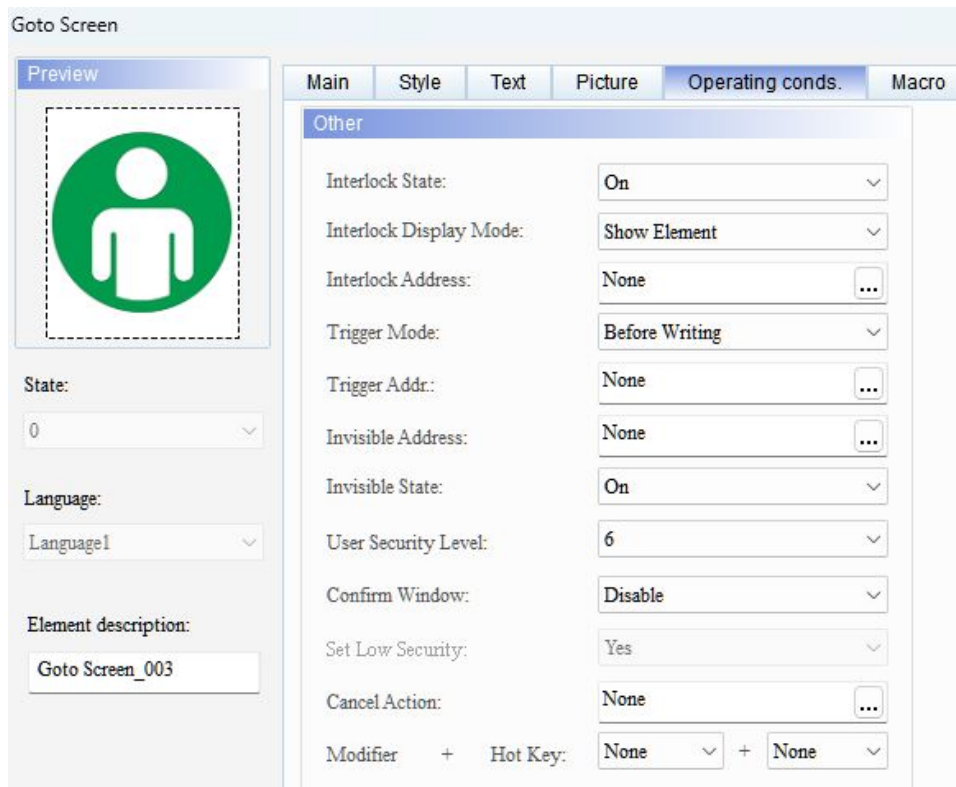


Figura 58. Programación 1 del botón usuario [13]

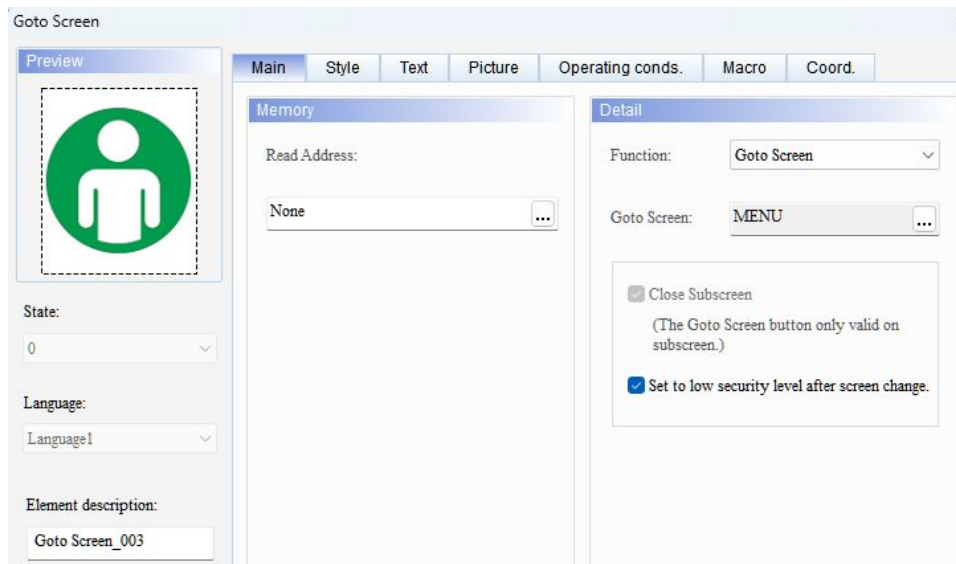


Figura 59. Programación 2 del botón usuario [13]

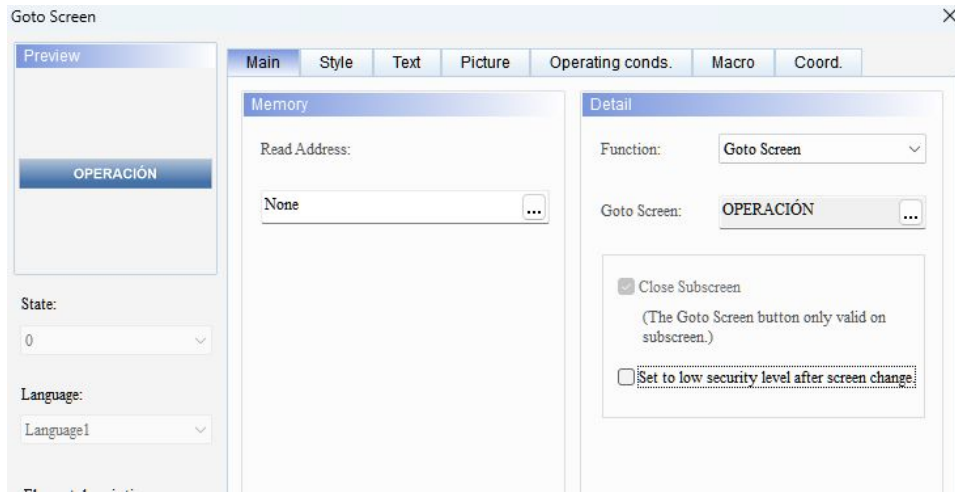


Figura 60. Programación 1 del botón operación [13]

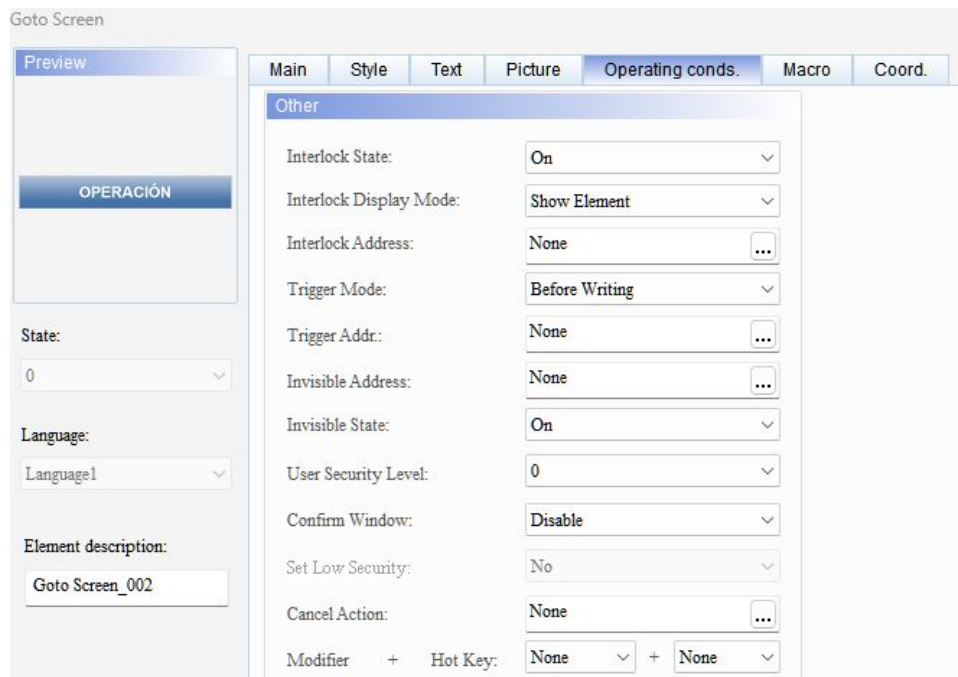


Figura 61. Programación 2 del botón operación [13]

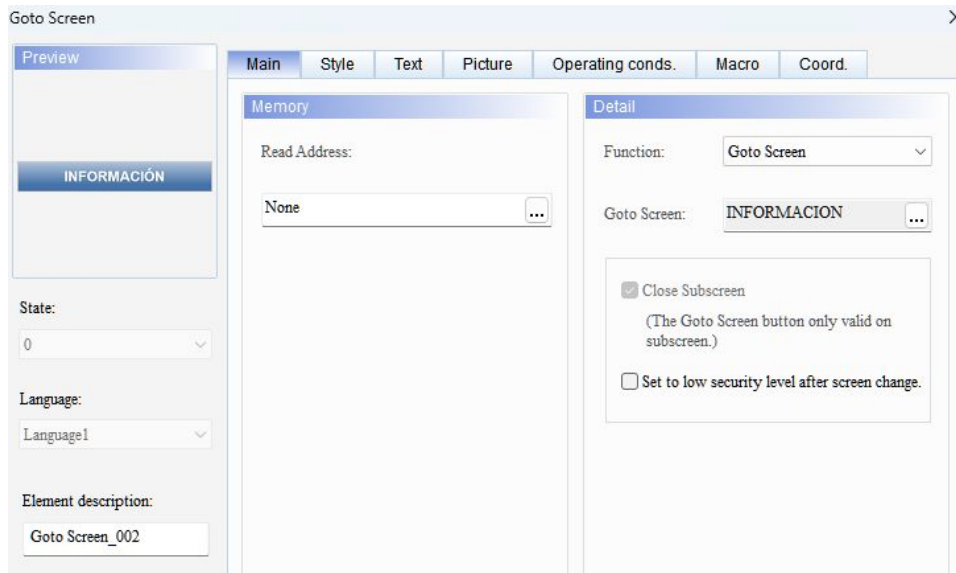


Figura 62. Programación 1 del botón información [13]

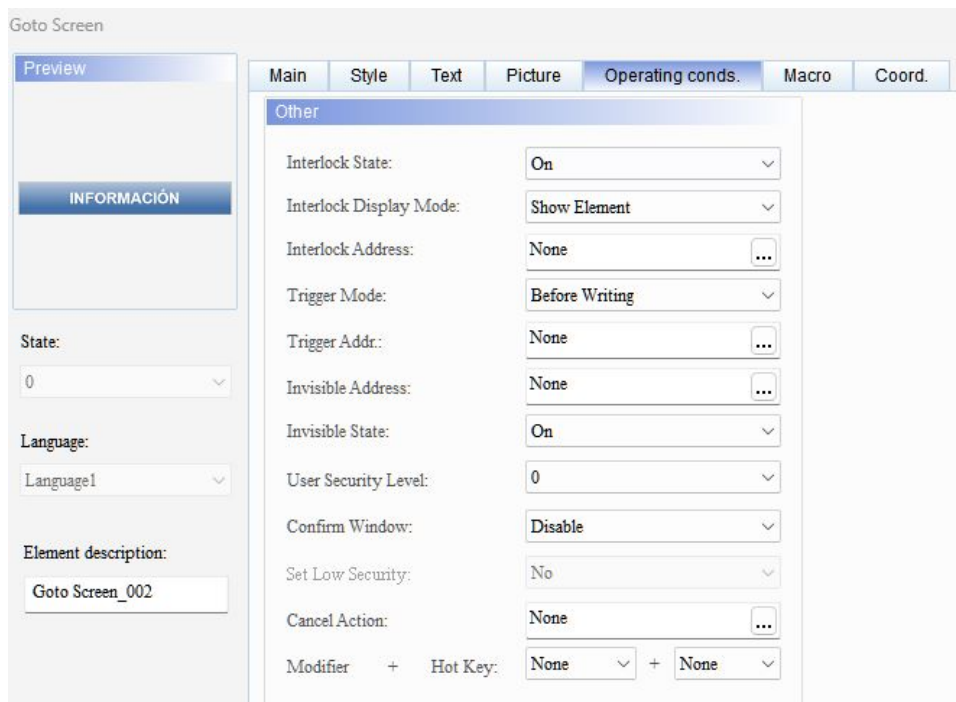


Figura 63. Programación 2 del botón información [13]

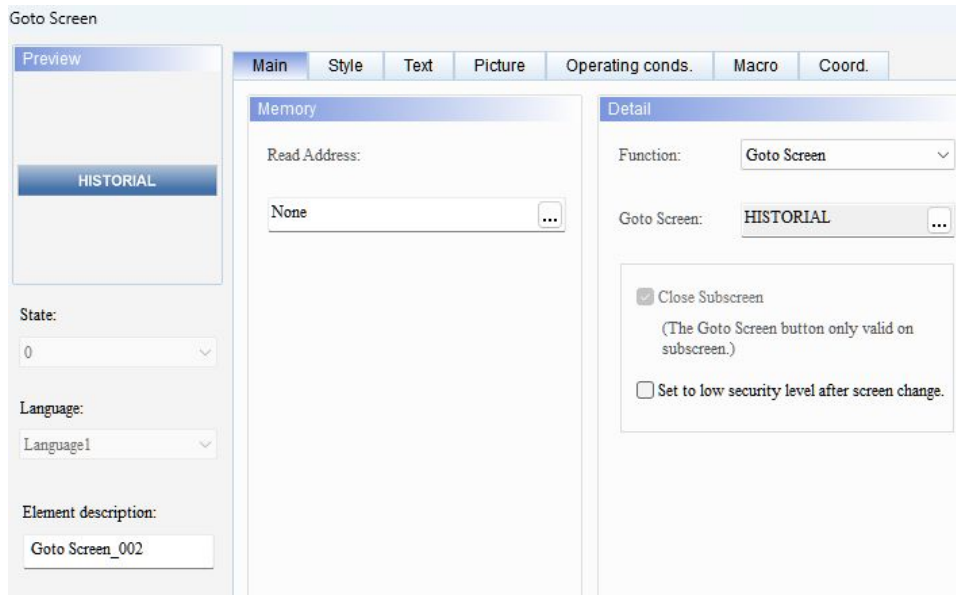


Figura 64. Programación 1 del botón historial [13]

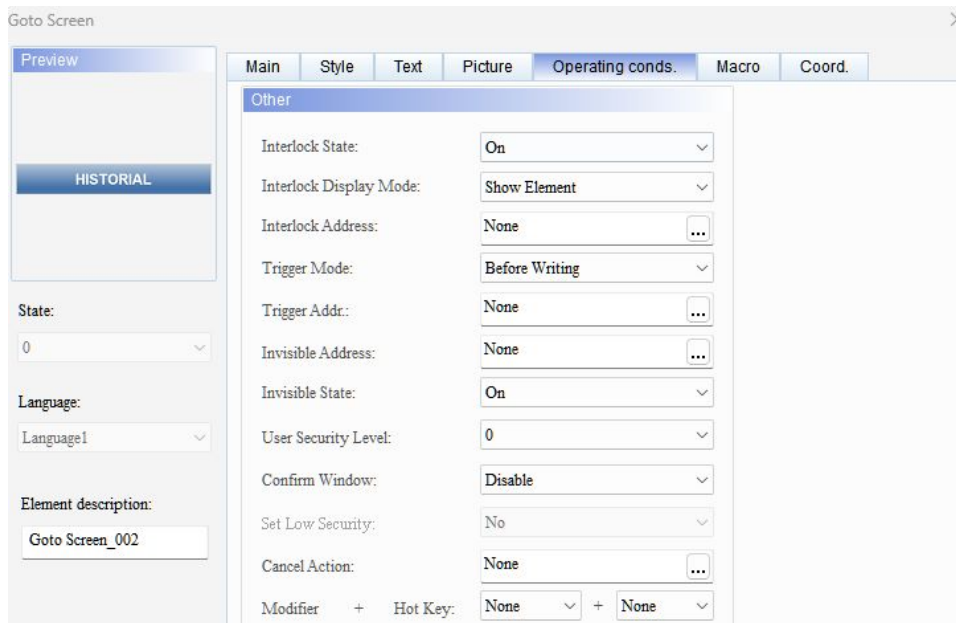


Figura 65. Programación 2 del botón historial [13]

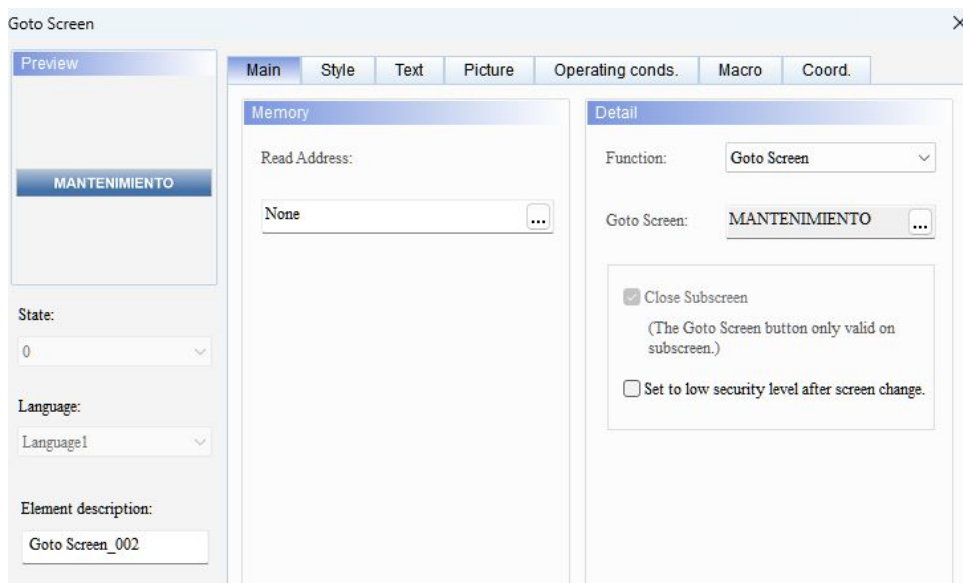


Figura 66. Programación 1 del botón mantenimiento [13]

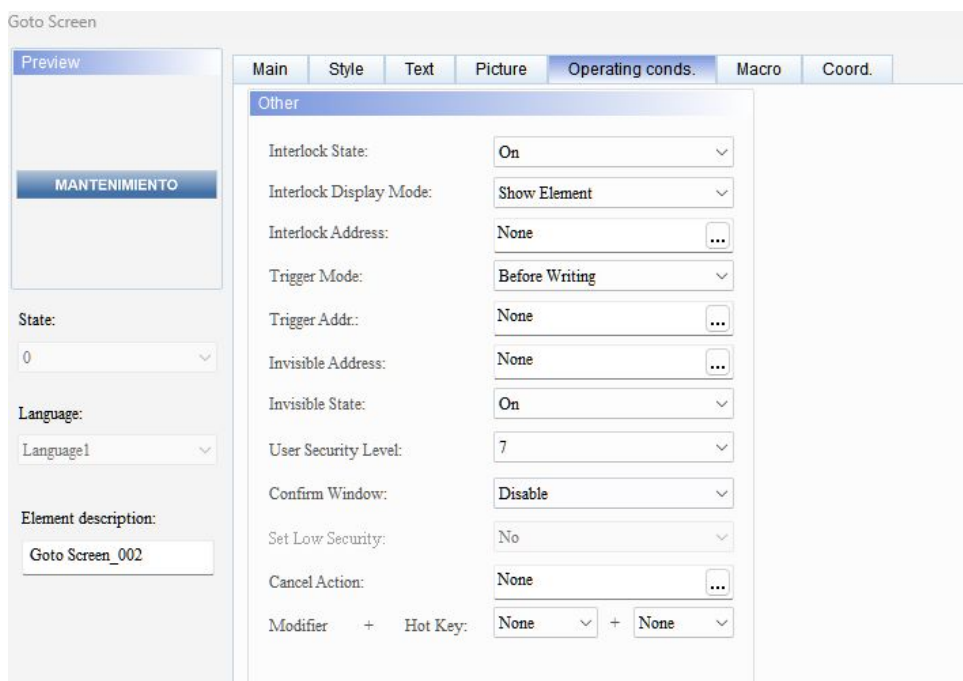


Figura 67. Programación 2 del botón mantenimiento [13]

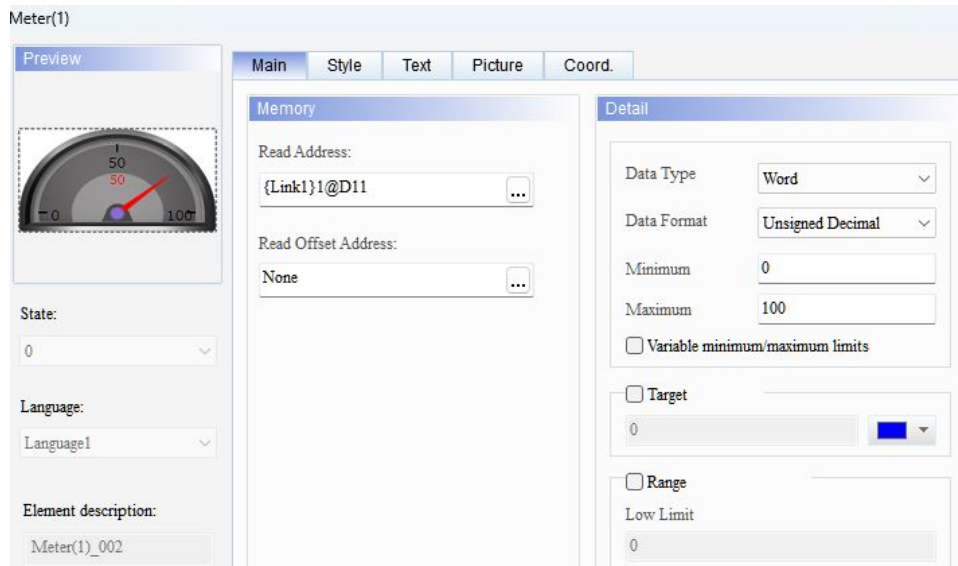


Figura 68. Programación del indicador de temperatura [13]

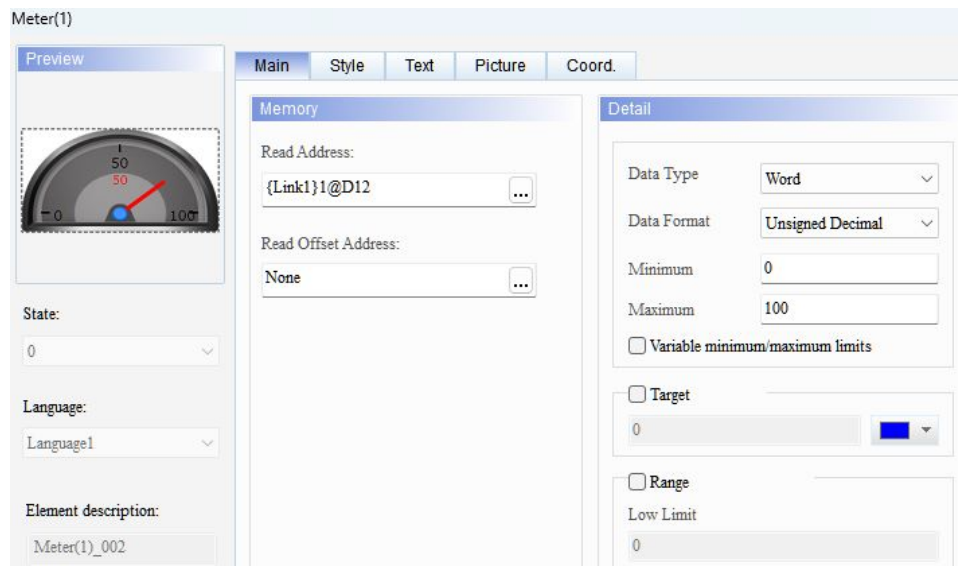


Figura 69. Programación del indicador de humedad [13]

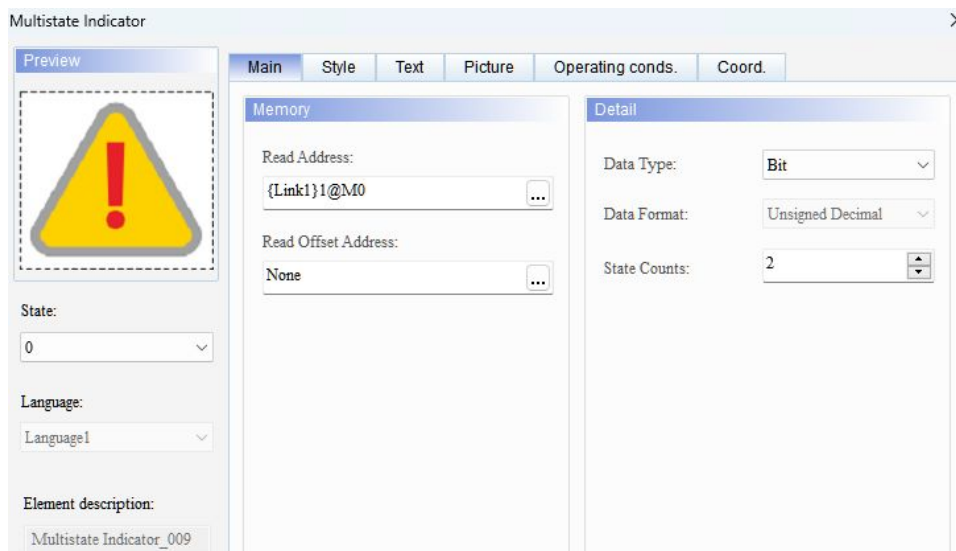


Figura 70. Programación 1 del indicador de flama [13]

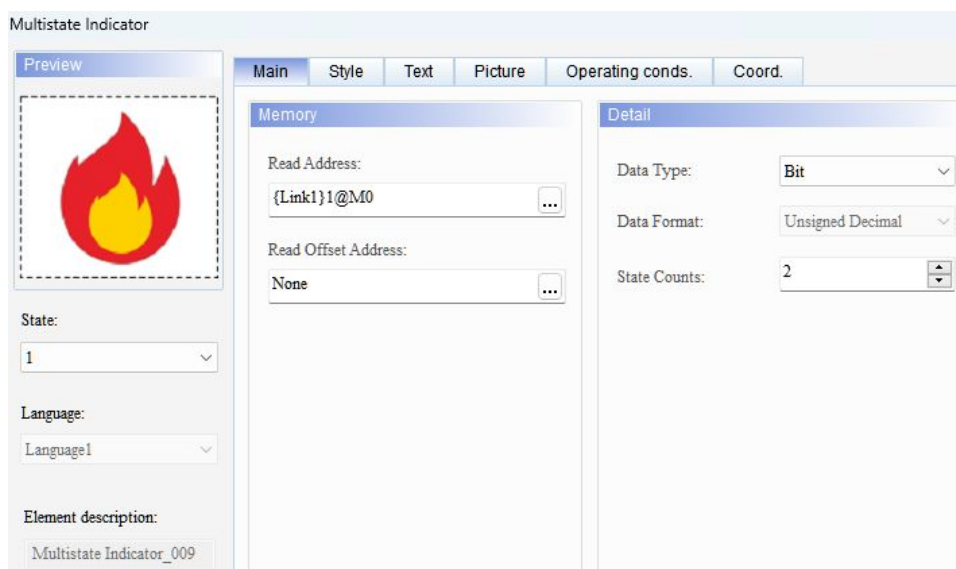


Figura 71. Programación 2 del indicador de flama [13]

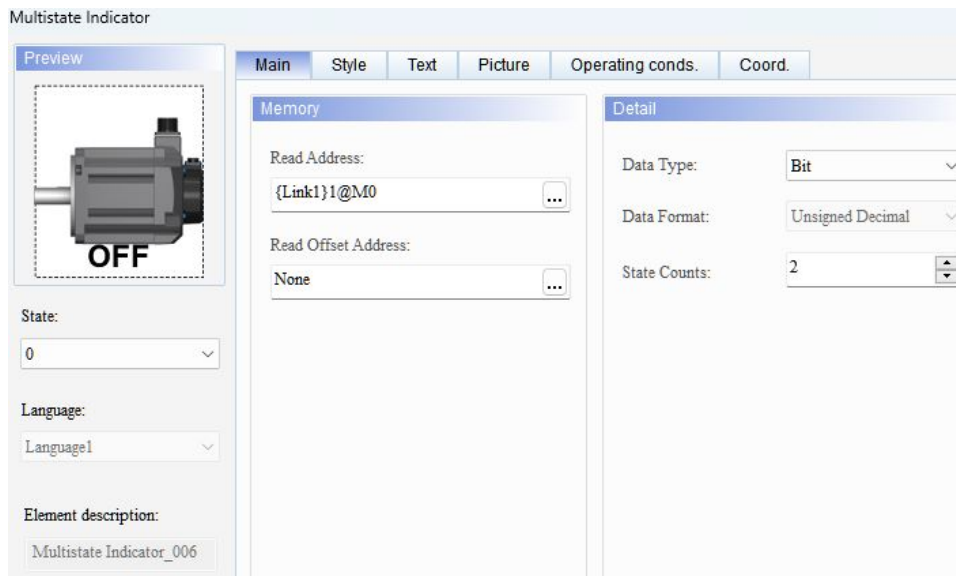


Figura 72. Programación 1 del indicador del motor [13]

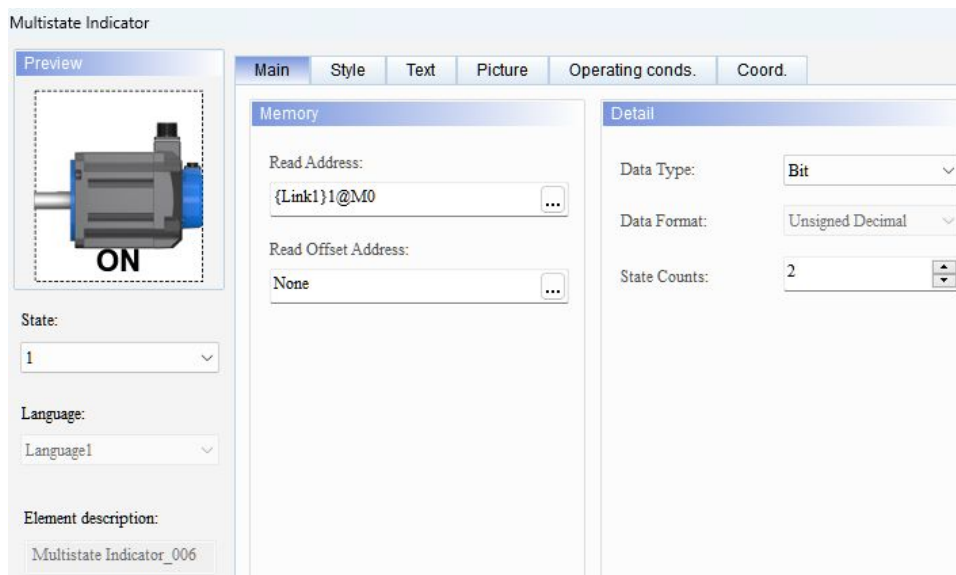


Figura 73. Programación 2 del indicador del motor [13]

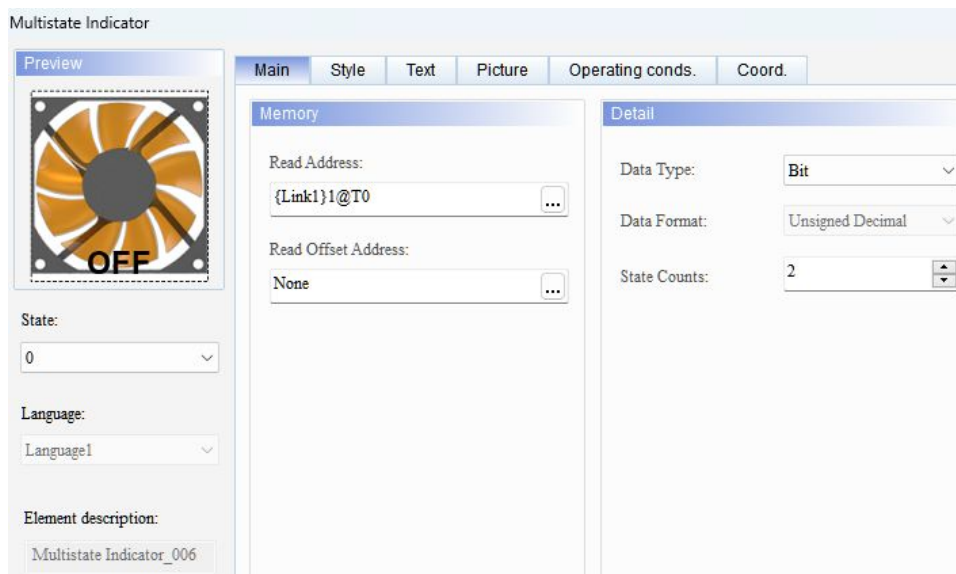


Figura 74. Programación 1 del indicador del ventilador [13]

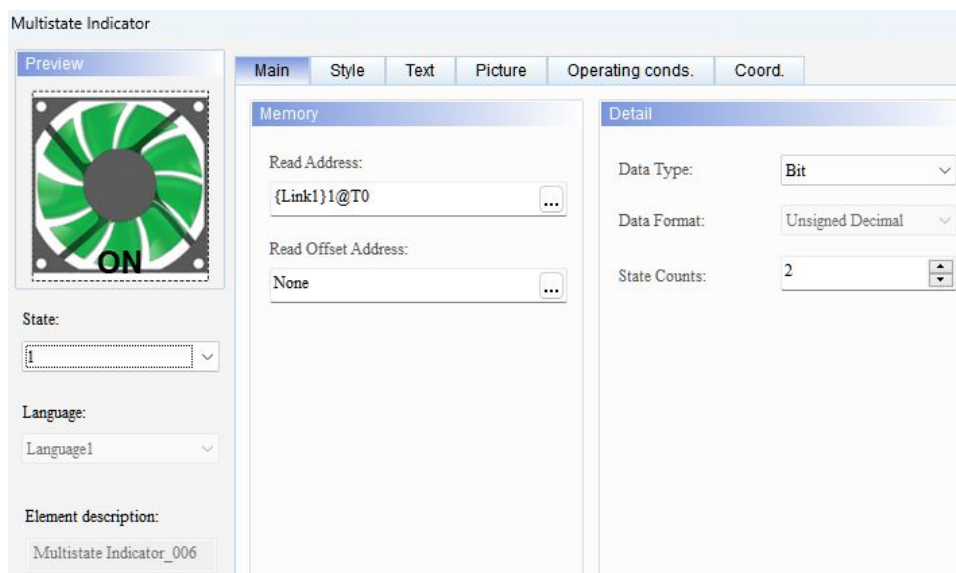


Figura 75. Programación 2 del indicador del ventilador [13]

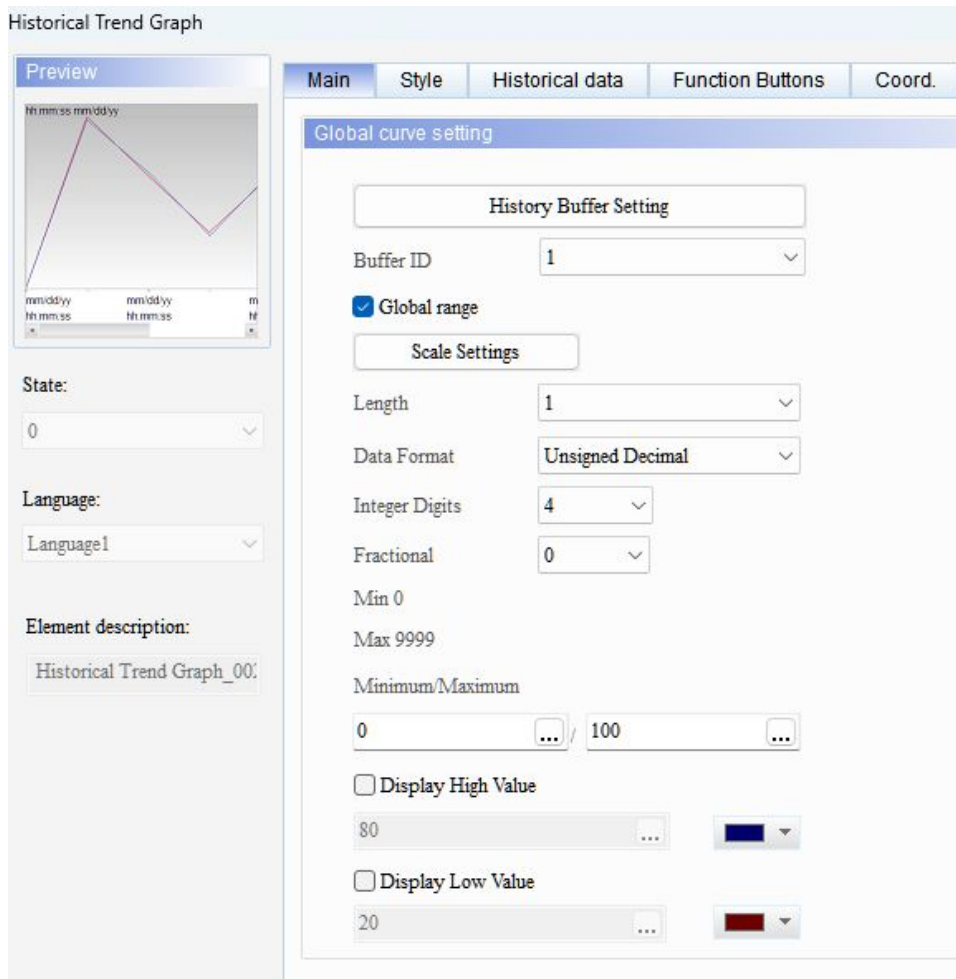


Figura 76. Programación 1 del historial [13]

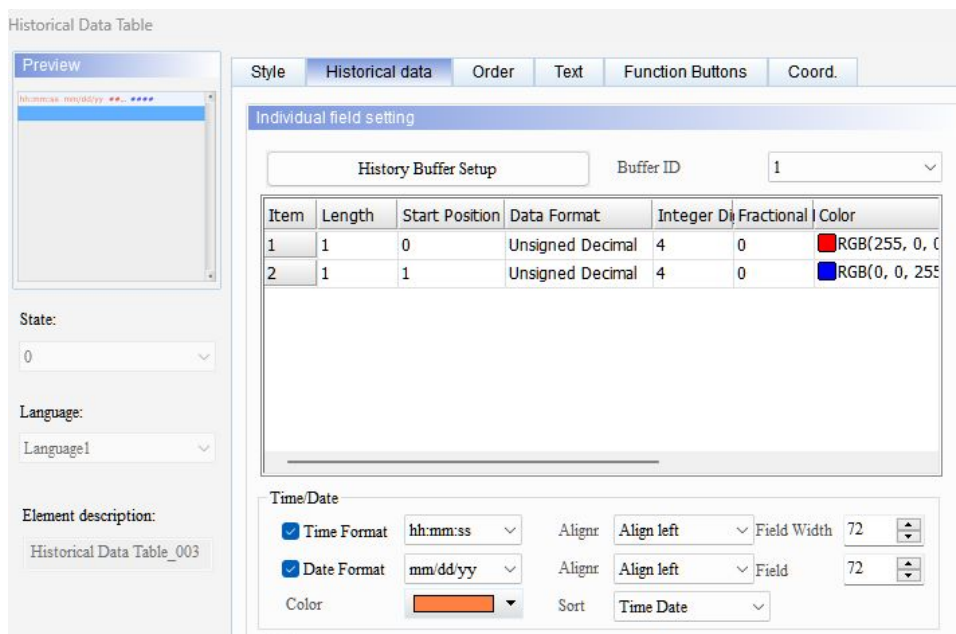


Figura 77. Programación 2 del historial [13]

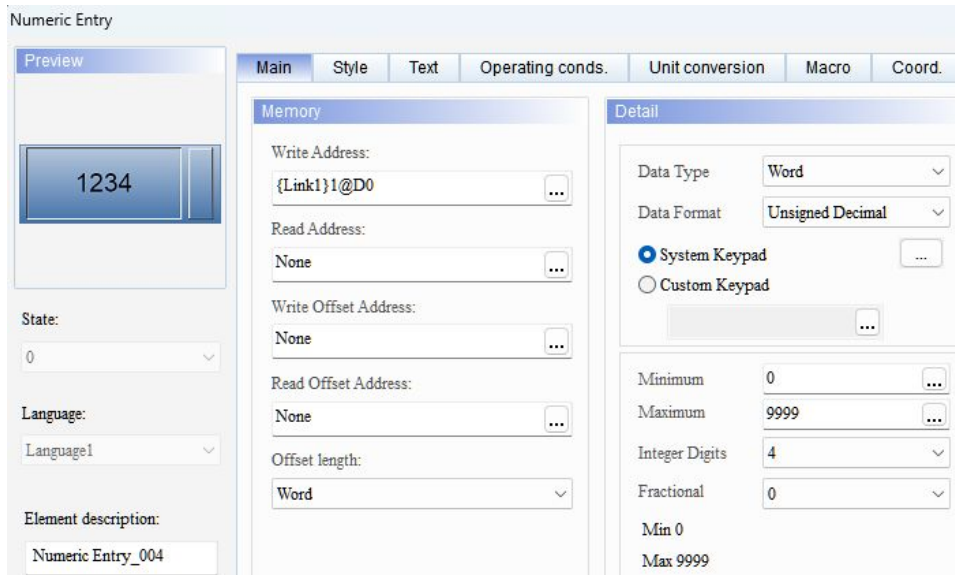


Figura 78. Programación del bloque ingreso de valor [13]

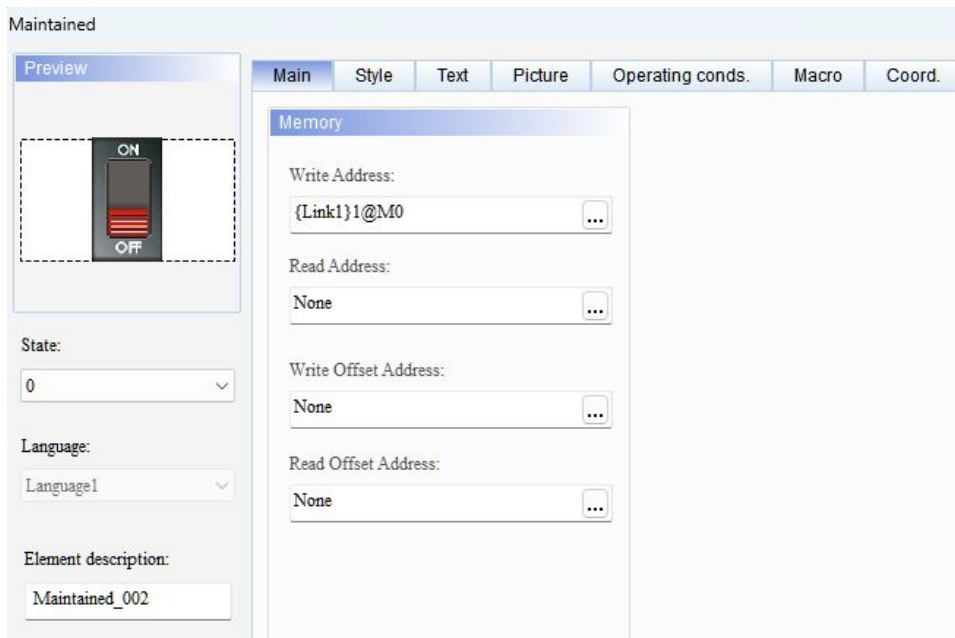


Figura 79. Programación del interruptor ventilador [13]

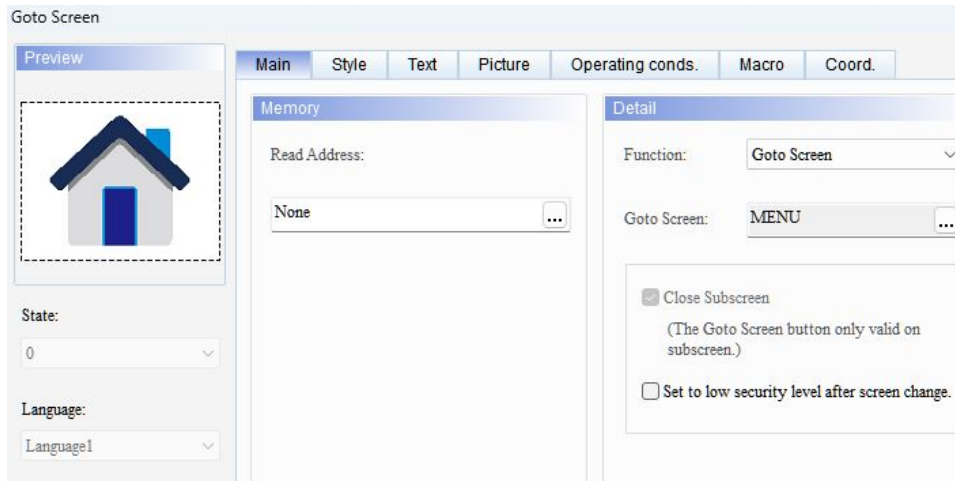


Figura 80. Programación del botón home [13]

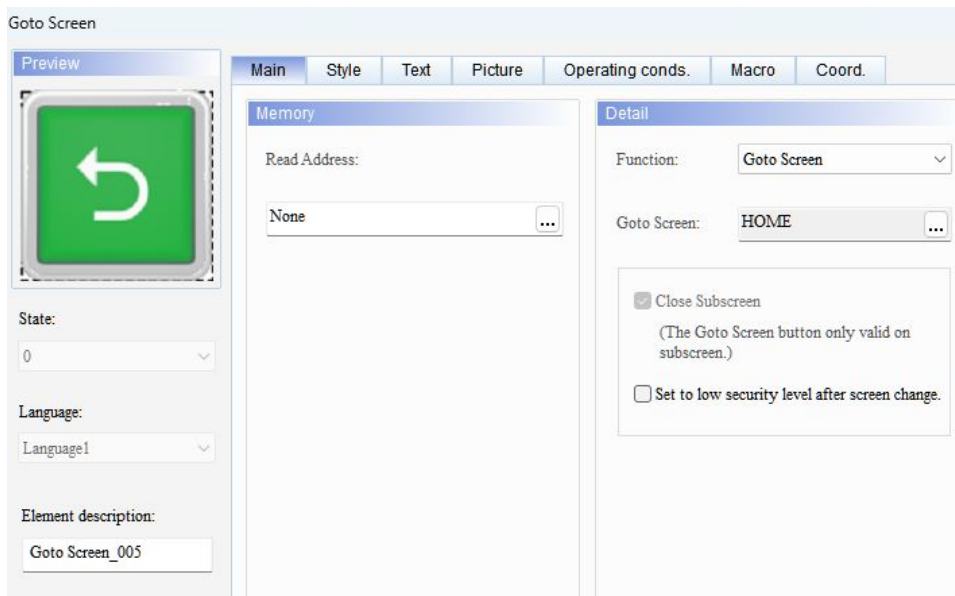


Figura 81. Programación del botón return [13]

APÉNDICE D
EVIDENCIAS



Figura 82. Visita de tutor y docentes. [13]



Figura 83. Autores del proyecto [13]



Figura 84. Medición del tanque [13]



Figura 85. Conexión HMI [13]



Figura 86. Medición de espacio para motor [13]



Figura 87. Preparando cables de señal [13]



Figura 88. Puesta de motor [13]



Figura 89. Cableado del HMI [13]

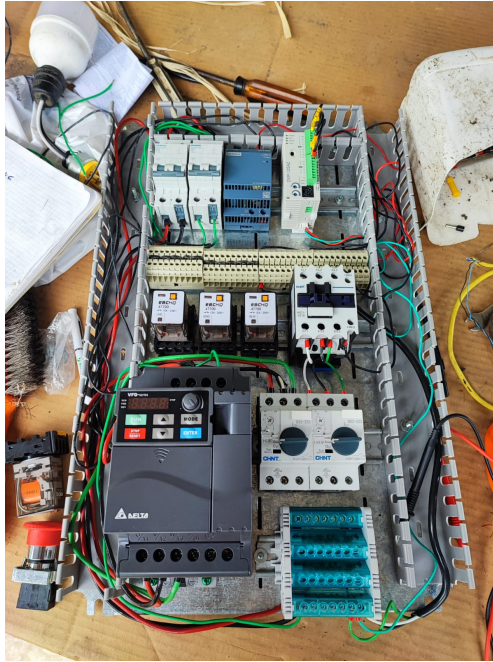


Figura 90. Instalación de componentes del tablero [13]

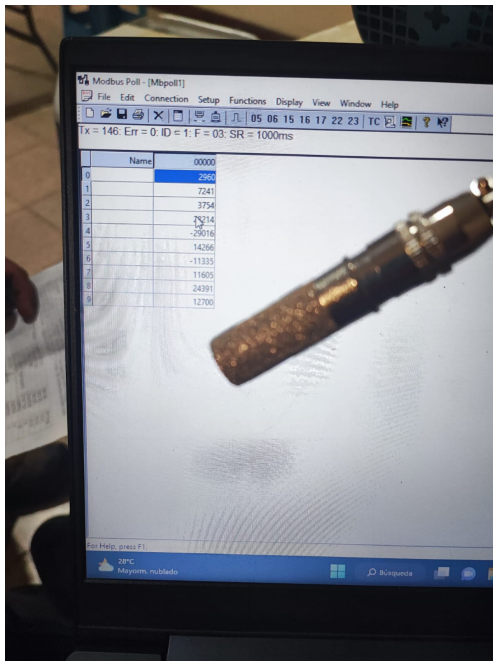


Figura 91. Prueba de datos del sensor SHT30 [13]



Figura 92. Montaje de borneras [13]



Figura 93. Pasado de cables eléctricos [13]



Figura 94. Instalación de anillos deslizantes [13]

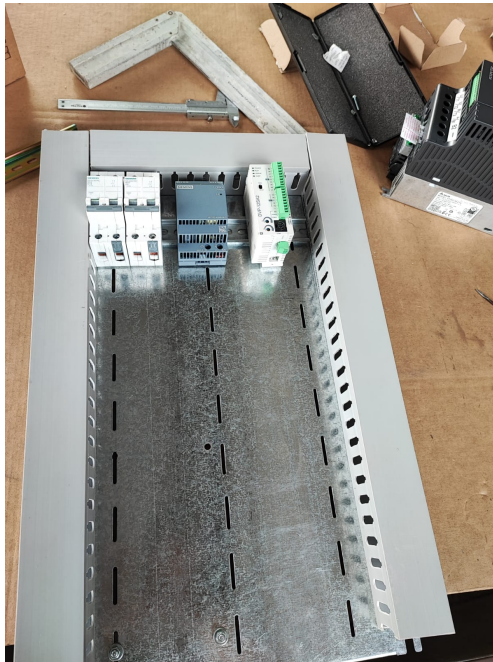


Figura 95. Montaje del PLC [13]



Figura 96. Corte para montar HMI [13]



Figura 97. Corte de regletas [13]



Figura 98. regletas [13]

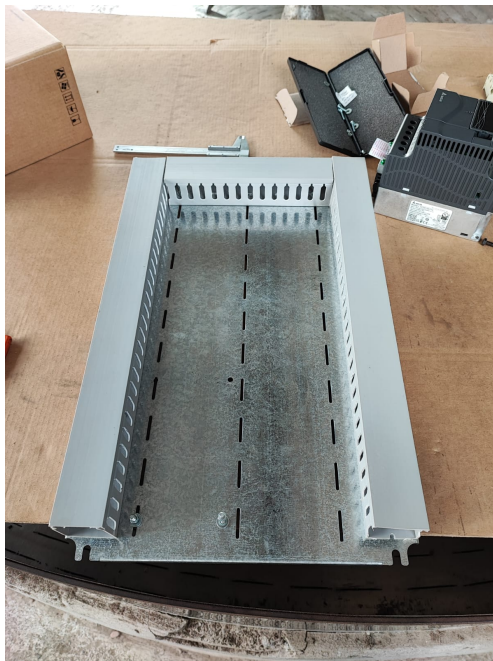


Figura 99. Montaje de regletas [13]



Figura 100. Corte de riel [13]



Figura 101. Montaje de variador [13]



Figura 102. Agujero de sujeción [13]



Figura 103. Montaje HMI [13]



Figura 104. Seguridad del HMI [13]