

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

TEMA:

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SECADOR DE GRANOS DE CACAO DE LA EMPRESA "PROYECTO DE SECADO DE CACAO Y MAIZ CARLOS JARA Y FAMILIA" PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y SEGURIDAD EN LA OBTENCIÓN DEL GRANO SECO

PROYECTO INTEGRADOR

PREVIO LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

PRESENTADO POR:

PARRA FLORES JOEL PATRICIO
SARMIENTO BARAHONA KEVIN STEVEN

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios, por brindarme el conocimiento y fuerza para no desistir en llegar a la meta.

A mis padres, por darme ánimos, todo esto es gracias a su apoyo y siempre recordarme que la mayor herencia que podemos recibir de ellos es la educación.

A mis hermanos que con su esfuerzo y dedicación me inspiraron a no soltar la toalla y mantenerme firme en mis convicciones.

A los que no pudieron llegar a la meta pero que de una u otra forma dejaron huella en mi vida, esta es por ustedes.

Con Amor Joel Parra Flores

Quiero dedicar esta tesis a Dios, por haberme permitido culminar mi carrera, seguir adelante ante cualquier adversidad presentada y siempre cuidarme en el camino.

A mis padres, quienes con su constante esfuerzo me dieron la oportunidad de estudiar, superarme y prepararme para la vida.

A mis hermanas, por su ayuda, amor y compañía.

A mi hija y a mi esposa , quienes son mi principal motivación para no desistir y seguirme formando día a día, logrando nuevas metas.

Con Amor Kevin Sarmiento Barahona

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a todas las autoridades, profesores y personal que conforman la Escuela Superior Politécnica del Litoral, por siempre confiar en nosotros y ser nuestro segundo hogar.

Así mismo queremos agradecer de manera sincera al M. Sc. Alexander Prieto León y al M. Sc. Dennys Cortez Álvarez, colaboradores durante el desarrollo de este proyecto, quienes bajo su tutela se pudo concluir de forma exitosa este proceso, al Ingeniero Tony Toscano, por su predisposición y ayuda a lo largo de la carrera

Finalmente, a nuestros amigos Anthony V., Carlos C., Jaime Z., Edison A., Romina A., Javier F., que a lo largo de estos años fueron un apoyo, dando ánimos para continuar, compartiendo su conocimiento, extendiendo sus manos cuando se lo requería, siempre los tendremos en nuestros pensamientos.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Kevin Steven Sarmiento Barahona y Joel Patricio Parra Flores, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Joel Patricio
Parra Flores



Kevin Steven
Sarmiento Barahona

EVALUADORES

DENNYS CORTEZ ALVAREZ
PROFESOR DE LA MATERIA



ALEXANDER PRIETO LEON
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la actualidad una de las principales fuentes económicas del país es la producción y venta de cacao, colocándolo así en los primeros puestos de exportadores del mundo.

Detrás de toda esa labor se encuentran los pequeños productores asentados en las zonas rurales, enfrentándose a muchos desafíos en su trabajo diario principalmente al momento de secar el producto.

Desde la antigüedad se han empleado muchos métodos empíricos para el secado del cacao, convirtiéndose en el más tradicional el método de secado natural o también llamado secado de sol, que consiste en la exposición de los granos en grandes superficies de concreto o de madera aprovechando la mayor incidencia solar, lo que conlleva a depender de las variables climáticas la efectividad del secado de los granos.

Por ello se propuso implementar un sistema de control automatizado mediante el uso de instrumentación y equipamiento industrial en la empresa "PROYECTO DE SECADO DE CACAO Y MAIZ CARLOS JARA Y FAMILIA".

Para el diseño se implementó un sistema SCADA y una interfaz HMI que permite controlar al operador el proceso del secado dentro de la cámara, así mismo controlar variables como la temperatura y paletas de mezclado mediante un PLC industrial, teniendo como objetivo principal mejorar la efectividad del secado y la calidad en la obtención del grano.

Como resultados se obtuvo que la implementación de un sistema automatizado mejoró la productividad y redujo largas jornadas de trabajo, pasando de días a horas, redujo costes ya que disminuyó el uso de personal, además de mejorar la calidad de vida del productor y obteniendo un producto de calidad.

Palabras Claves: Automatización, SCADA, PLC, HMI, Cacao

ABSTRACT

Currently one of the main economic sources of the country is the production and sale of cocoa, thus placing it in the top positions of exporters in the world.

Behind all this work are the small producers settled in rural areas, facing many challenges in their daily work, mainly when drying the product.

Since ancient times, many empirical methods have been used to dry cocoa, becoming the most traditional method of natural drying or also called sun drying, which consists of exposing the grains on large surfaces of concrete or wood taking advantage of the greater solar incidence, which leads to depending on climatic variables the effectiveness of grain drying.

For this reason, it was proposed to implement an automated control system through the use of instrumentation and industrial equipment in the company "COCOA AND CORN DRYING PROJECT CARLOS JARA Y FAMILIA".

For the design, a SCADA system and an HMI interface were implemented that allow the operator to control the drying process inside the chamber, as well as control variables such as temperature and mixing paddles through an industrial PLC, with the main objective of improving the effectiveness of the process. drying and the quality in obtaining the grain.

As results, it was obtained that the implementation of an automated system improved productivity and reduced long working hours, from days to hours, reduced costs since it decreased the use of personnel, in addition to improving the quality of life of the producer and obtaining a product quality.

Keywords: Automation, SCADA, PLC, HMI, Cocoa

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE IMÁGENES	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ABREVIATURAS.....	X
SIMBOLOGÍA	XI
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Historia del cacao ecuatoriano.....	4
1.4.2 Secado de cacao	5
1.4.2.1 Método natural o al sol	6
1.4.2.2 Método de secado rohan	6
1.4.2.3 Método de esterillas	6
1.4.2.4 Método de secado tipo elva.....	7
1.4.2.5 Métodos de secado en piso de concreto	8
1.4.2.6 Métodos de secado artificial	8
1.4.2.7 Secador del tipo de bandejas	9
1.4.2.8 Secadores verticales a gas.....	10
1.4.2.9 Secador de cacao del tipo rotativo con brazo removedor.....	11

1.4.3	Motores empleados en secadores de cacao	11
1.4.3.1	Motor de inducción	11
1.4.3.2	Quemadores a Gas	12
1.4.3.3	Soplador	13
1.4.4	Sensores empleados en secadores de cacao	13
1.4.4.1	Sensores de temperatura	13
1.4.4.2	Sensores de humedad	15
1.4.5	PLCs Industriales.....	16
1.4.6	Variadores de velocidad	17
1.4.7	Pantallas HMI	18
1.4.8	Sistemas SCADA.....	18
1.4.9	Comunicación industrial.....	19
1.4.10	Sistemas de control lógico-secuencial	20
CAPÍTULO 2.....		21
2.	METODOLOGÍA.....	21
2.1	Concepción del secador de cacao	21
2.2	Diseño del proyecto	22
2.3	Criterio para elección de equipos	23
2.3.1	Motor	25
2.3.2	Variador de Frecuencia	25
2.3.3	Sensor de Temperatura.....	27
2.3.4	PLC.....	29
2.3.5	Módulo de expansión AM2 AQ	30
2.3.6	Módulo de expansión AM2 RTD	30
2.3.7	Switch industrial.....	31
2.3.8	Electroválvula proporcional de gas.....	32
2.3.9	Anillos rozantes	33
2.3.10	Diagrama de conexiones PLC.....	33
2.4	Criterio selección software y comunicación	35
2.3.1	Protocolos de comunicación	35
2.4.1.1	TCP/IP	35

2.3.2	Lenguajes de programación	36
2.4.2.1	Bloques FBD	36
2.3.3	Plataforma de desarrollo.....	36
2.4.3.1	Logo soft Comfort V8.3.....	36
2.4.3.2	Indusoft Web Studio	37
2.5	Descripción de la programación utilizada	37
2.4.1	Control de la temperatura	40
2.4.2	Control PI.....	40
2.4.3	Control de tiempo	41
2.4.4	Pantallas.....	42
2.4.5	Control variador de frecuencia.....	44
2.4.6	Parada de emergencia	44
2.4.7	Modo de trabajo pantalla LOGO!, LOGO! TD y SCADA.....	45
2.6	Diseño sistema SCADA	46
2.5.1	Configuración de alarmas	47
2.5.2	Configuración de gráficos	48
2.5.3	Configuración de animaciones	49
CAPÍTULO 3.....		50
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	50
3.1	Simulación Logo Soft Comfort v8.....	50
3.2	Simulación Indusoft Web Studio	59
3.3	Tabla de Costos	63
CAPÍTULO 4.....		65
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
4.1	Conclusiones.....	65
4.2	Recomendaciones.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....		67
ANEXOS.....		70

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1-1 Mapa de las principales zonas de cacao (PINO Peralta, AGUILAR Azuero, & SISALEMA Morejón, 2018).....	1
Figura 1-2 Secado tradicional de cacao(Lutheran World Relief, 2020)	5
Figura 1-3 Secado método rohan (Nogales, 2017).....	6
Figura 1-4 Secado de esterillas (Nogales, 2017).....	7
Figura 1-5 Secado tipo elva (Nogales, 2017)	7
Figura 1-6 Secado en piso de concreto (Autores del documento).....	8
Figura 1-7 Secador artificial (Nogales, 2017)	9
Figura 1-8 Secador del tipo de bandejas (Richtek Industry, s.f.)	9
Figura 1-9 Secador vertical a gas (SIRCA, s.f.).....	10
Figura 1-10 Secador de cacao tipo rotativo con brazo (WILPAC S.A, s.f.).....	11
Figura 1-11 Vista interna del motor de inducción (FERRER REDONDO, 2021)	12
Figura 1-12 Quemador a gas (Alexander, 2017)	12
Figura 1-13 Modelo de soplador (Airtècnics, s.f.)	13
Figura 1-14 Sensor de temperatura RTD	14
Figura 1-15 Sensor de temperatura termopar (HI-FI SAC, s.f.).....	14
Figura 1-16 Sensor de temperatura infrarrojo (VIRTUALEXPO GROUP, s.f.)	15
Figura 1-17 Sensor de humedad relativo (VAISALA, s.f.)	16
Figura 1-18 Controlador lógico programable (SIEMENS, s.f.).....	17
Figura 1-19 Controlador de frecuencia variable (SIEMENS, s.f.)	17
Figura 1-20 Pantalla HMI (GENERA CREATIVE GROUP, 2019)	18
Figura 1-21 Sistema SCADA (Sicma21, 2021).....	19
Figura 1-22 Comunicación Industrial (Sicma21, 2021).....	19
Figura 1-23 Control Lógico Secuencial.....	20
Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso secado de cacao.....	21
Figura 2-2 Bosquejo del secador de cacao	22
Figura 2-3 Vista superior del diseño	23
Figura 2-4 Motor de Inducción Siemens (Improselec, s.f.)	25
Figura 2-5 Variador de Frecuencia SINAMICS V20 (SIEMENS, s.f.)	26
Figura 2-6 Conexión variador de frecuencia modelo Sinamics V20 (SIEMENS, 2013).26	
Figura 2-7 Sensor de temperatura PT100 (NEWARK, s.f.)	27
Figura 2-8 Grafica de resistencia vs temperatura de sensor PT100 (Lake Shore, s.f.) .28	

Figura 2-9 PLC Logo 8 (SIEMENS, s.f.)	29
Figura 2-10 Módulo de expansión AM2 AQ (SIEMENS, s.f.).....	30
Figura 2-11 Módulo de expansión AM2 RTD (SIEMENS, s.f.)	30
Figura 2-12 Switch industrial Scalance XB008 (SIEMENS, s.f.).....	31
Figura 2-13 Electroválvula TONHE 1" (Taizhou Tonhe Flow Control Co., s.f.).....	32
Figura 2-14 Anillos rozantes (SERVOTECHNIK, s.f.).....	33
Figura 2-15 Diagrama de conexiones PLC.....	34
Figura 2-16 Capas del modelo TCP/IP (Juan Antonio).....	35
Figura 2-17 Lenguaje de bloques (FBD) (SCHNEIDER ELECTRIC, s.f.).....	36
Figura 2-18 Captura del programa Logosoft Comfort V8.3.....	36
Figura 2-19 Indusoft Web Studio (CPI S.A, s.f.)	37
Figura 2-20 Diagrama de funcionamiento de componentes	37
Figura 2-21 Diagrama de funcionamiento de flujo	38
Figura 2-22 Visión general desarrollo programación del secador automatizado de cacao	39
Figura 2-23 Bloque AI adquisición temperatura PT100	40
Figura 2-24 Bloque regulador PI.....	41
Figura 2-25 Set tiempo de ciclo procesamiento cacao	42
Figura 2-26 Configuración pantallas Logo! 8.....	42
Figura 2-27 Configuración B003.....	43
Figura 2-28 Configuración B009.....	43
Figura 2-29 Configuración B018.....	43
Figura 2-30 Configuración velocidades variador	44
Figura 2-31 Configuración de paro de emergencia	45
Figura 2-32 Pantalla principal LOGO! / TDE.....	45
Figura 2-33 Control del tiempo de ciclo automático.....	46
Figura 2-34 Sistema SCADA	46
Figura 2-35 Configuración de alarmas del sistema SCADA	47
Figura 2-36 Configuración de gráficos del sistema SCADA	48
Figura 2-37 Configuración de animaciones del sistema SCADA.....	49
Figura 3-1 Bloques de programación del proyecto	50
Figura 3-2 Pantalla principal logo y logo Td.....	51
Figura 3-3 Bloques de control de tiempo y control temperatura	51

Figura 3-4 Bloque de arranque.....	52
Figura 3-5 Pantalla Logo y Logo TD al dar arranque al sistema.....	52
Figura 3-6 Bloques del Control de velocidad del variador	53
Figura 3-7 Bloque Aumento de Velocidad	53
Figura 3-8 Control de Velocidad en velocidad 1	54
Figura 3-9 Control de Velocidad en velocidad 2	54
Figura 3-10 Control de velocidad en velocidad 3.....	55
Figura 3-11 Control de velocidad al aumentar velocidad por 4ta ocasión	56
Figura 3-12 Bloques de la parada de emergencia.....	57
Figura 3-13 Pantallas LOGO y LOGO TD en parada de emergencia.....	57
Figura 3-14 Sistema con parada de emergencia activa	58
Figura 3-15 Sistema tras desactivar la parada de emergencia.....	59
Figura 3-16 Sistema SCADA en Indusoft Web Studio.....	59
Figura 3-17 Sistema SCADA al iniciar.....	60
Figura 3-18 Sistema SCADA en velocidad 2	60
Figura 3-19 Sistema SCADA en velocidad 3	61
Figura 3-20 Sistema SCADA al activar paro de emergencia.....	61
Figura 3-21 Sistema SCADA pantalla de alarmas.....	62
Figura 3-22 Sistema SCADA pantalla de tendencias	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Equipos a utilizar	23
Tabla 2-2 Características motor sugerido.....	25
Tabla 2-3 Características variador de frecuencia proyectado.....	26
Tabla 2-4 Parámetros del Variador en Macro Cn003 (SIEMENS, 2013).....	27
Tabla 2-5 Características del sensor de temperatura.....	28
Tabla 2-6 Características del PLC Logo 8.....	29
Tabla 2-7 Características módulo de expansión AM 2 AQ	30
Tabla 2-8 Características módulo de expansión AM2 RTD	31
Tabla 2-9 Características switch ethernet	31
Tabla 2-10 Características electroválvula de gas	32
Tabla 3-1 Costo de equipos.....	64

ABREVIATURAS

SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
ANECACAO	Asociación Nacional de Exportadores de Cacao
TCP	Protocolo de Control de Transmisión

SIMBOLOGÍA

°C	Grado celsius
V	Voltio
A	Amperio
mA	Miliamperio
g	Gramo
kW	Kilo- vatio
m	Metro
mm	Milímetro
W	Vatio
s	Segundos

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Desde bastante tiempo en el Ecuador una de las áreas que más ha generado un ingreso fuerte a la economía ha sido la exportación del cacao, a tal punto que hemos estado por encima de otros países en lo que se refiere a índices de producción de este grano.

Debido a las condiciones climáticas que requiere el cultivo del cacao podemos decir que los mayores puntos de producción se encuentran en las zonas Costeras del país entres estas podemos destacar provincias como Guayas, Manabí, Santo Domingo, Los Ríos, Santa Elena, Esmeraldas, Orellana, Sucumbios.

El desarrollo de las tecnologías en nuestro medio se hace necesario si es que se desea mantenernos en los primeros puestos de producción del cacao a nivel mundial de manera que no solo aumentemos volumen de producción, sino que también mejore su calidad.

En el presente proyecto se propone el diseño de un sistema de control para un secador de grano de cacao, mediante la instrumentación y equipamiento industrial para mejorar la eficiencia y seguridad en la obtención del grano seco.

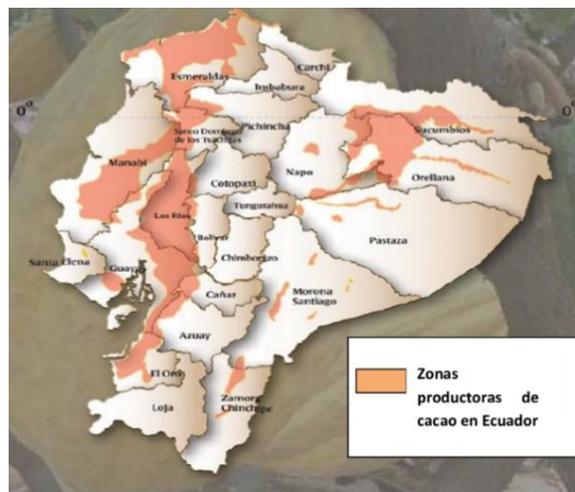


Figura 1-1 Mapa de las principales zonas de cacao (PINO Peralta, AGUILAR Azuero, & SISALEMA Morejón, 2018)

1.1 Descripción del problema

En la actualidad las grandes y medianas empresas cuentan con sistemas de secado inteligentes con un modelo de automatización para mejorar el proceso de secado del producto, sin embargo, los pequeños productores de cacao localizados principalmente en las zonas rurales de la costa cuentan con sistemas de secados de cacao convencionales.

La principal fuente de secado que usan es la incidencia solar, que implica en la exposición continua del producto en grandes superficies de hormigón llamados tendales hasta alcanzar el grado de secado óptimo, esta manera de realizar el secado no es la más factible ya que los agentes climáticos juegan un papel muy importante además de que seis meses del año se cuenta con la estación húmeda o invierno, prolongando aún más los procesos de secado.

Otro de los métodos empleados son las secadoras empíricas a base de gas y ventiladores, representando un reto para el productor ya que en estos métodos no se monitorean variables de gran importancia como temperatura, tiempo, y velocidad al momento de mover los granos, por lo que pone en riesgo la calidad del secado ante la ausencia de alguien que maneje el proceso.

Por otra parte, el trabajo de los pequeños productores es el más sacrificado y muchas veces el menos remunerado, las jornadas de trabajo son muy largas y llegan a durar días desde que se recoge la producción hasta obtener el secado óptimo para así ser vendido a las grandes empresas.

Por ello se propone el diseño de la automatización de una secadora artificial de granos de cacao para facilitar las labores del productor que le posibilite ahorrar tiempo, recursos y costes, además de disminuir largas jornadas de trabajo y desgaste físico, mejorando su calidad de vida y permitiendo que el resultado final del producto sea un secado idóneo que cumpla con los estándares de calidad.

1.2 Justificación del problema

El presente proyecto proporciona al cliente el diseño de un sistema automatizado para el secado de granos de cacao, el cual pueda ser implementado. Este método moderno de secado brinda una manera alternativa mucho más eficaz y segura que las convencionales.

Con este sistema automatizado el productor podrá programar el tiempo, la temperatura y la velocidad del secado, sin necesidad de contratar personal que ejecute el proceso de manera manual, el sistema funcionará de manera repetitiva terminando el secado en un lapso de horas.

Por ello la cantidad de secado será mucho mayor y en menos cantidad de tiempo, lo que aporta de manera significativa a los recursos del productor.

La importancia de crear métodos automatizados y alternativos a los convencionales en el proceso de secado de granos de cacao radica en mejorar la calidad y productividad de los granos, con esto se provee que las jornadas de trabajo sean más cortas y pasen de días a horas de secado, así mismo la disminución de mano de obra en personal reduciendo costes y mejorando la calidad de vida del productor.

Mediante instrumentación y equipamiento industrial se puede lograr cumplir este propósito, incluyendo la comunicación alámbrica a una PC y una pantalla HMI para lograr el monitoreo y control del proceso.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de control para un secador de cacao en la empresa “PROYECTO DE SECADO DE CACAO Y MAIZ CARLOS JARA Y FAMILIA”, mediante instrumentación y equipamiento industrial para mejorar la eficiencia y seguridad en la obtención del grano seco.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Efectuar el análisis del sistema de control automatizado de secadores artificiales de granos de cacao para su posterior diseño.
2. Determinar el equipamiento e instrumentos apropiados a implementarse para la obtención de un diseño eficaz.
3. Aplicar el sistema de control de temperatura y el mezclado, mediante un PLC Industrial para la buena operatividad del proceso de secado de los granos de cacao.
4. Implementar un sistema SCADA y una pantalla HMI para el monitoreo del proceso de secado dentro de la cámara.
5. Simular el sistema diseñado mediante un ordenador personal verificándose su correcto funcionamiento

1.4 Marco teórico

1.4.1 Historia del cacao ecuatoriano

El laboreo, el sembrado y el consumo del cacao fue una actividad que la realizaron hace aproximadamente 2,000 años siendo los toltecas, mayas y aztecas los pioneros en realizarla; sin embargo, a través del tiempo y nuevas investigaciones sostienen la teoría que de la alta Amazonía proviene al menos un tipo de cacao hace más de 5,000 años.

Los granos de cacao también fueron aprovechados como moneda, para hacer trueques y preparar bebidas, y fue en Europa un siglo después donde se desarrolló una receta con ingredientes como vainilla y dulce. Y Fue a finales del siglo XIX donde los suizos después de muchas experimentaciones lograron crear por primera vez un chocolate de leche naciendo así la industria mundial del chocolate.

La rentabilidad del mundo del cacao en la segunda mitad del siglo XVI atrajo el interés de empresarios Guayaquileños logrando ya para el año 1600 obtener las primeras cosechas que fueron sembradas en las afluentes orillas del río Guayaquil, según registros desde el año 1780 Ecuador produce cacao, pero fue en 1911 cuando se convirtió en uno de los países mayores productores y exportadores.

1.4.2 Secado de cacao

El secado del cacao es un proceso que consiste en bajar la humedad del grano y se da por medio de constantes movimientos, si el cacao tiene un alto porcentaje de humedad el resultado será la presencia de moho afectándolo.

El método convencional más utilizado es la captación de los recursos naturales como la captación solar, en zonas lluviosas se utilizan los métodos artificiales o la combinación de ambos.

Los granos son colocados en grandes plataformas de maderas en capas de 5 a 7 cm de grosor moviéndose constantemente hasta ir alcanzando un secado uniforme, durante el proceso es importante separar los granos para evitar el daño con la proliferación de moho.

De acuerdo con las variables climáticas y el método empleado se determina el tiempo de secado, es importante que el secado inicial sea lento y de por lo menos 48 horas.



Figura 1-2 Secado tradicional de cacao(Lutheran World Relief, 2020)

1.4.2.1 Método natural o al sol

Se trata del aprovechamiento de incidencia solar suministrando temperatura en el proceso de secado disminuyendo la humedad de los granos por calentamiento, se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Este método se demora de cuatro a seis días sobre superficies de madera o esteras de bambú rajado.

1.4.2.2 Método de secado rohan

Este método puede cumplirse en camillas o bandejas Rohan, se colocan en largueros de madera a 50 cm de altura aproximadamente para evitar el contacto con la humedad del suelo, en las camillas se extiende el grano de cacao y se exponen al sol. El uso de este método es muy práctico para pequeños productores, pero también es empleado en casos de extensiones grandes de cacao.



Figura 1-3 Secado método rohan (Nogales, 2017)

1.4.2.3 Método de esterillas

Otra forma de secar cacao al sol en pequeñas secciones de plantaciones, pueden ser en tendales sobre el piso o en esterillas hechas de bambú colocadas sobre largueros y a una buena altura del suelo.

El cacao se lo expone convenientemente arreglado de manera que se pueda envolver o desenvolver para secarlo cuando se presente el sol o guardarlo cuando se presente la lluvia, según sea el caso.



Figura 1-4 Secado de esterillas (Nogales, 2017)

1.4.2.4 Método de secado tipo elva

Este tipo de secado se da cuando hay grandes plantaciones, se recomienda emplear el método tipo Elva porque consiste en varias camillas de madera corredizas o varios carros sobre rieles, y están protegidos por techos fríos o rodantes.



Figura 1-5 Secado tipo elva (Nogales, 2017)

Para la facilidad del secado, se puede construir un cuarto que tenga un fermentador y a la vez una sección donde van los carros de madera que se sacan o guardan rodando según la condición climática.

1.4.2.5 Métodos de secado en piso de concreto

Uno de los métodos de secado más usado es el de patios de concreto, ladrillos o de madera o patios de cemento o ladrillos con techos rodantes. El resultado de ese cacao llamado “de sol”, es de mejor calidad, de un color más claro y bello y de aroma fino, esto se da a que en este método el cacao se expone a una temperatura no mayor a 50 °C removiéndolo constantemente.



Figura 1-6 Secado en piso de concreto (Autores del documento)

1.4.2.6 Métodos de secado artificial

El uso de una corriente de aire se da en el secado artificial, teniendo precaución de que no se produzcan contaminaciones, sobre todo de humo.

Se usan algunos materiales como fuente de calor, carbón mineral, leña, gas natural, diésel o electricidad.

Primero se hace un pre-secado del caco en baba en los secadores rotativos tipo guardiola por un día en pisos de cemento, con la intención de evitar que el mucílago o mucosidad que tienen las semillas del cacao obstruya las aberturas del cilindro giratorio.

Para el secado artificial la temperatura no debe ser mayor de los 80 °C, que es regulado por medio de un termostato acoplado a la entrada de aire caliente. Este

proceso puede llegar a durar hasta 24 horas, posterior a eso el cacao está listo para su comercialización.



Figura 1-7 Secador artificial a base de combustible (Nogales, 2017)

1.4.2.7 Secador del tipo de bandejas

En este tipo de sistemas la premisa es que constan de un sistema de almacenaje en bandejas o charolas con distintos niveles por el cual, con la ayuda de ventiladores, para el ingreso y extracción de este genere una circulación entre los distintos niveles. Por lo general la generación de calor suele ser con resistencias o utilizando hornillas a gas.



Figura 1-8 Secador del tipo de bandejas (Richtek Industry, s.f.)

La ventaja que posee este tipo de sistema es que al estar en estas estructuras de tipo bandejas el proceso de retirado del producto final es más sencillo de transportar, así mismo debido a que requiere un gran espacio para colocar estos contenedores no abarca una gran cantidad de producto a secar.

1.4.2.8 Secadores verticales a gas

Este tipo de diseño cuenta con una estructura acostada la distribución del aire es casi de manera paralela a la base de esta, la única salida de aire es por donde ingresa el producto a ser secado se suelen utilizar Blowers o ventiladores que ayudan a la distribución del aire caliente, se suelen usar palas y una persona suele mover el cacao cada cierto tiempo.



Figura 1-9 Secador vertical a gas (SIRCA, s.f.)

La mayor ventaja de este diseño es la sencillez del diseño y el costo materiales que se utilizan en el proceso. La desventaja radica en que la persona quien mueve los granos se encuentra expuesta directamente a la salida del aire caliente debido a que no existe otra parte de extracción, además de que el secado no es para nada uniforme debido a que en una zona se concentra la mayor temperatura que se genera.

1.4.2.9 Secador de cacao del tipo rotativo con brazo removedor

En este tipo de sistema el uso de un brazo con un sistema rotario con paletas que ayudan a que se pueda mover el cacao por todo el contenedor, para esto se utiliza un motor acompañado de una caja de engranajes que reducen la velocidad, pero aumentan el torque de manera que puede mover grandes cantidades de producto, un sistema de ventilación mueve la masa de aire caliente al contenedor de manera que pueda secar de una mejor manera al cacao.



Figura 1-10 Secador de cacao tipo rotativo con brazo (WILPAC S.A, s.f.)

Las ventajas de este diseño se encuentran en la no intervención de una persona de manera manual para el movimiento del grano además de la gran cantidad que se puede trabajar con este. Las desventajas se encuentran en el costo de materiales tales como motores, cajas de engranes, brazos rotatorios.

1.4.3 Motores empleados en secadores de cacao

1.4.3.1 Motor de inducción

Se tratan de un tipo de motor de corriente AC, en este tipo de motores a través de la circulación de corriente a través de las bobinas que poseen este se crea un campo electromagnético que induce a un bobinado que se encuentra en el estator de esta manera se genera un torque que permite el movimiento en este.

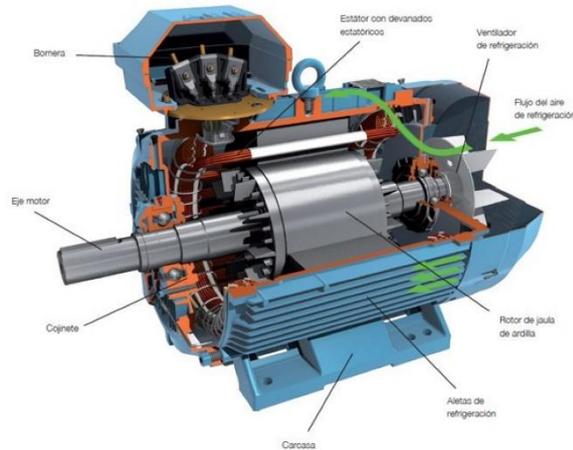


Figura 1-11 Vista interna del motor de inducción (FERRER REDONDO, 2021)

En la actualidad los modelos de estos tipos de motores de inducción se clasifican entre:

- Jaula de ardilla
- Bobinado en estator

Los motores de inducción no tienen un contacto entre rotor y las bobinas de la armadura.

1.4.3.2 Quemadores a Gas

Son equipos desarrollados para generar una flama de un tamaño considerable a fin de poder calentar algún objeto o material, poseen en su interior un piloto que ayuda al encendido inmediato de la flama, también una válvula de regulación de gas con la cual se puede ajustar el tamaño.



Figura 1-12 Quemador a gas (Alexander, 2017)

1.4.3.3 Soplador

Se emplean en industrias para generar un gran flujo de aire en una dirección para calentadores se suelen acompañar a quemadores de gas para enviar flujos constantes de aire muy caliente de manera que el material u objeto a calentar no recibe una llama directa sino este flujo de aire. Están diseñados con un motor y una turbina o rodete que al girar toma aire y es expulsado por las palas de la turbina.



Figura 1-13 Modelo de soplador (Airtècnics, s.f.)

1.4.4 Sensores empleados en secadores de cacao

1.4.4.1 Sensores de temperatura

Se trata de dispositivos del tipo eléctrico, que da una señal de electricidad que varía según la temperatura que este en el medio. Están diseñados en principio para el control ya sea para algún proceso que realice algún circuito.

Estos sensores se pueden clasificar en 3 tipos:

- RTD
- Termopar
- Infrarojo

1.4.4.1.1 RTD

Se trata de un sensor cuya resistencia cambia con el cambio de temperatura. La resistencia incrementa como la temperatura aumenta. La relación resistencia vs temperatura es conocida y repetible con el tiempo. Se usa un dispositivo externo para medir la resistencia del sensor suministrando una pequeña corriente a través de este para generar un voltaje.



Figura 1-14 Sensor de temperatura RTD

1.4.4.1.2 Termopares

El diseño de estos comprende el de dos cables de diferentes características que por un extremo se encuentran conectados y en el contrario están separados. Debido a estas uniones se produce una variación en la temperatura generando un voltaje entre las puntas de manera que esto se envía al sensor.



Figura 1-15 Sensor de temperatura termopar (HI-FI SAC, s.f.)

1.4.4.1.3 Infrarrojos

Este tipo de sensor de temperatura están creados de manera que realizan la medición desde cierta distancia detectando la energía infrarroja de un objeto, mientras más temperatura tiene el objeto más energía es emitida y detectada por el infrarrojo. Están compuestos por pequeñas termocuplas en un chip de silicón estos absorben la energía que produce una señal de salida.



Figura 1-16 Sensor de temperatura infrarrojo (*VIRTUALEXPO GROUP, s.f.*)

1.4.4.2 Sensores de humedad

Un sensor de humedad es un dispositivo electrónico cuya función es la de medir la humedad en su entorno convirtiéndola en una señal eléctrica. Varían según el tamaño y su función, algunos pueden encontrarse en dispositivos de uso diario como celulares o en grandes sistemas embebidos. Son usados comúnmente para varias áreas como salud, transporte y manufactura.

Se pueden dividir según el método en el que calcula la humedad.

1.4.4.2.1 Sensor de humedad relativo (RH)

Los sensores de humedad relativos comparan la humedad en vivo con respecto a una temperatura determinada, con la cantidad máxima de humedad en el aire, es decir, miden la temperatura para determinar la humedad relativa.



Figura 1-17 Sensor de humedad relativo (VAISALA, s.f.)

1.4.5 PLCs Industriales

Los controladores lógicos programables o PLC son dispositivos de clase industrial con capacidades de cómputo, están diseñados para realizar el control en los procesos de producción de manera directa para líneas de ensamblaje, maquinaria del tipo industrial y diferentes configuraciones en la manufactura. Son muy útiles para trabajos como detección de fallas debido a que estos pueden operar en tiempo real, todo esto gracias a que sus entradas pueden ser procesadas en cortas escalas de tiempo. Los PLCs fueron una respuesta a la necesidad de reemplazar a los sistemas de relevadores, con sistemas más fáciles de manipular y trabajar.

Entre sus principales componentes se encuentran:

- Fuente de Voltaje.
- Procesador.
- Entradas/Salidas (I/O).
- Módulos de comunicación y Protocolos.
- Programación.



Figura 1-18 Controlador lógico programable (SIEMENS, s.f.)

1.4.6 Variadores de velocidad

Se tratan de variadores de frecuencia variable, funcionan para poder mover motores AC a velocidades variables o permitir que aumenten su velocidad para darles un arranque suave, algunas personas simplemente les llaman Drives, funcionan ajustando la frecuencia del motor para ajustar los rpm. Para hacer esto un VFD (Controlador de Frecuencia Variable) convierte el voltaje dos veces, primero convierte la corriente alterna trifásica en CC usando diodos, luego filtra la señal con condensadores y luego de esto vuelve a convertir la corriente continua en alterna utilizando transistores que actúan como interruptores, gracias a esto es lo que permite que el VFD ajuste la frecuencia que se suministra al motor esto a su vez controla la velocidad del motor.



Figura 1-19 Controlador de frecuencia variable (SIEMENS, s.f.)

1.4.7 Pantallas HMI

También llamadas Interfaz Humano – Máquina, una HMI es una interfaz de usuario que conecta a una persona a la máquina, sistema o dispositivo. Si bien el término puede ser aplicado técnicamente a cualquier pantalla que permita interactuar con un dispositivo, las HMI mayormente son usadas en el contexto de procesos industriales.

En contextos industriales, HMI pueden ser usados para:

- Visualizar datos en pantalla.
- Realizar seguimiento al tiempo de producción, tendencias y marcas.
- Monitoreo de indicadores de desempeño.
- Monitoreo de entradas y salidas de la máquina.



Figura 1-20 Pantalla HMI (GENERA CREATIVE GROUP, 2019)

1.4.8 Sistemas SCADA

SCADA (Supervisión, control y adquisición de datos) se trata de un sistema conformado tanto de software como de hardware que beneficia a las industrias:

- Controlando procesos de industrias local o remotamente.
- Monitoreo y recolección de datos de procesos en tiempo real.
- Grabar eventos en un archivo de texto.

Los sistemas SCADA son importantes para las industrias dado que ayudan a mantener la eficiencia, procesar información para decisiones más inteligentes y comunicar errores de sistema para disminuir tiempos muertos.

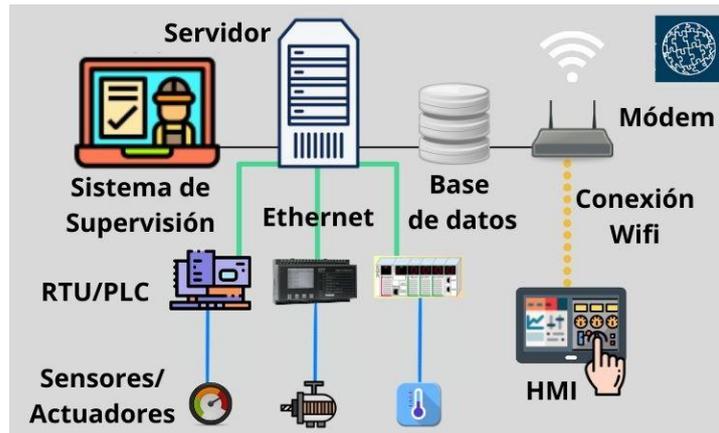


Figura 1-21 Sistema SCADA (Torres, 2019)

1.4.9 Comunicación industrial

En la actualidad existen diversos tipos de comunicación industrial desde los inicios el objetivo ha sido poder realizar un intercambio de información lo más rápido y con la mayor fidelidad es decir que no se pierda ningún dato. Estas se dan por distintos tipos de protocolos o un conjunto de reglas con el fin de lograr este pase de datos. Los distintos tipos de comunicación se derivan por la capa que usan:

- Buses de Campo.
- Redes LAN.
- Redes LAN-WAN.

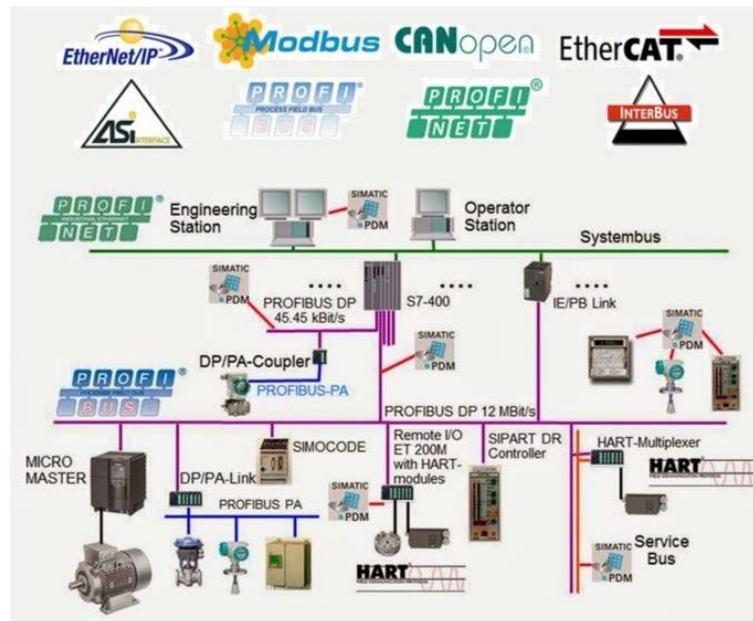


Figura 1-22 Comunicación Industrial (Torres, 2019)

1.4.10 Sistemas de control lógico-secuencial

Los sistemas de control lógico secuencial se encuentran ligados a la automatización industrial. Cualquiera que sea el proceso se utiliza la información adquirida en el proceso. Dichos datos sirven para establecer posiciones, temperatura, presión, fuerza, en los diferentes sensores. De esta manera con toda la información reunida el sistema pueda tomar decisiones las cuales serán la siguiente acción que realizará este sistema.

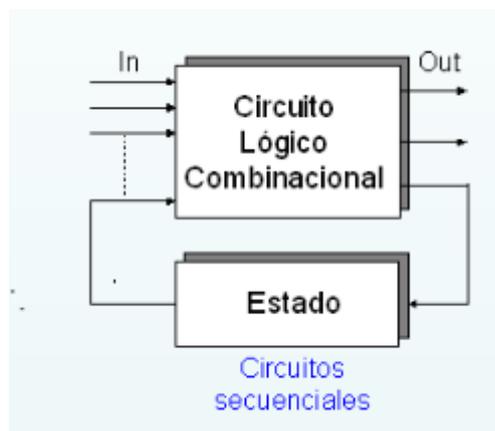


Figura 1-23 Control Lógico Secuencial

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se abordará una propuesta de realización de un secador de cacao, en el que se especificará su constitución en cuanto a hardware y software necesario para su implementación.

2.1 Concepción del secador de cacao

Se concibe la realización de un secador cacao automatizado que se basa en el uso de un sistema de flujo de aire continuo que alterna entre caliente y frío (electroválvula de gas para proveer aire caliente), acción que está sujeta a una retroalimentación constante de los parámetros de temperatura y humedad del grano, los cuales llegan a un controlador lógico programable, el mismo que determina la temperatura del flujo de aire que necesita el grano para cumplir el proceso de secado sin mermar la calidad del mismo, permitiendo un secado por lotes a través de un motor removedor de cacao. A continuación, se muestra un diagrama de bloques (Figura 2-1) del proceso de secado de cacao que se ideó.

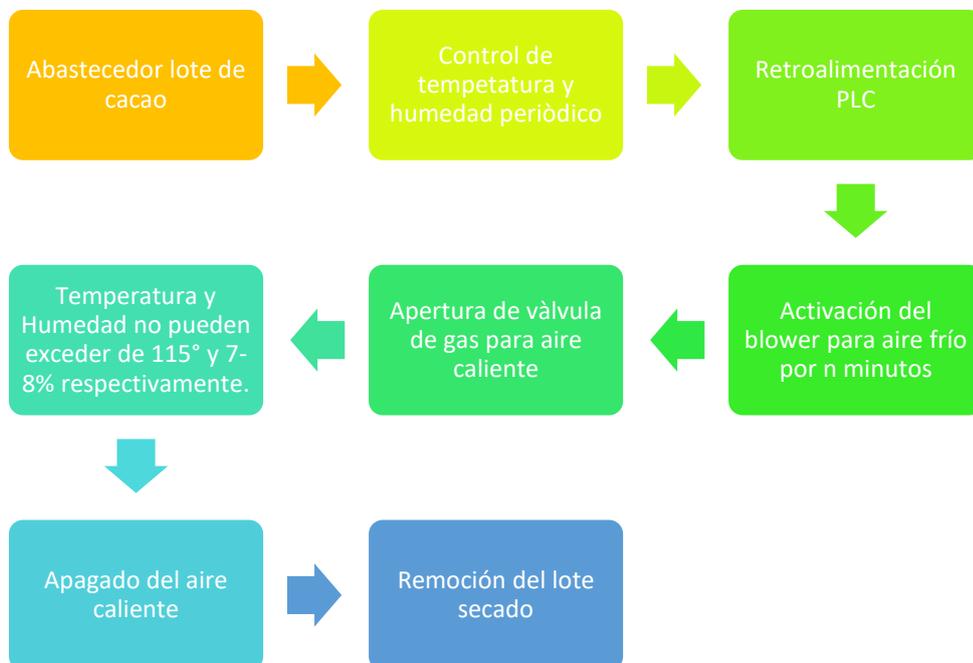


Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso secado de cacao

2.2 Diseño del proyecto

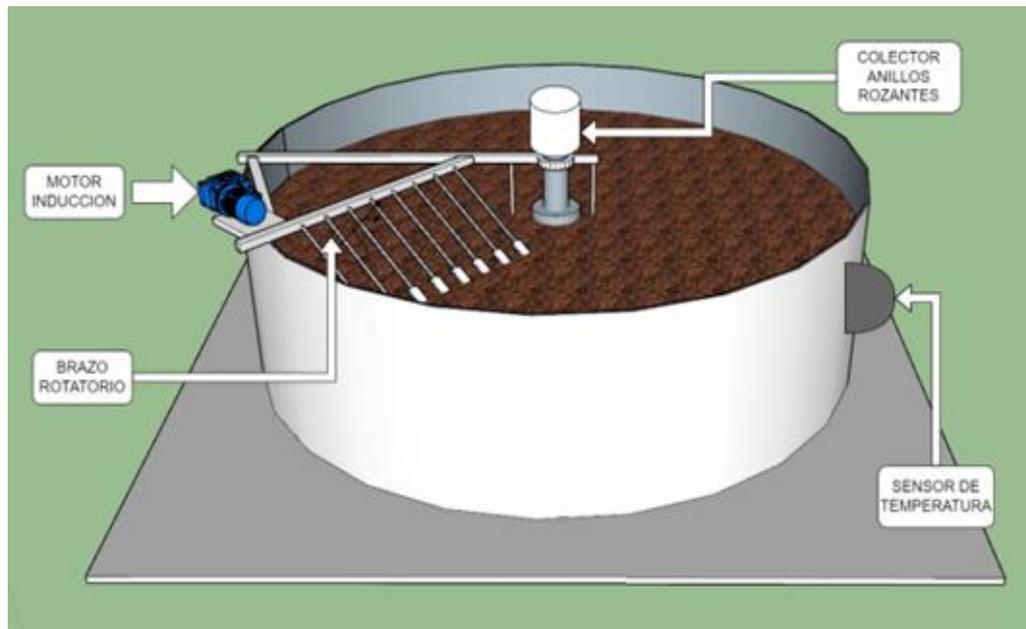


Figura 2-2 Bosquejo del secador de cacao

Como se puede observar en la figura 2-2, el proyecto consistirá en un tanque mismo que en su mayoría estará construido de acero inoxidable para evitar corrosión, en el que se tiene adaptado un brazo con varias paletas, el cual con ayuda de un motor de inducción girará con el eje en el centro del tanque lo que permitirá mezclar los granos de cacao o maíz a ser secados asegurando así que todos los granos reciban calor por cierta cantidad de tiempo y no solo los de la parte inferior, también podemos observar la ubicación aproximada donde será colocado el sensor de temperatura, que va en el interior de la estructura. Adicionalmente visualizamos la posición que tendrá el colector de anillos rozantes. En cuanto al funcionamiento será de la siguiente manera: por medio de programación en un PLC LOGO se realizará el control de la válvula proporcional de Gas para la llama del precalentador según la señal del sensor de temperatura y el variador de frecuencia moverá el motor que permitirá el giro del brazo.

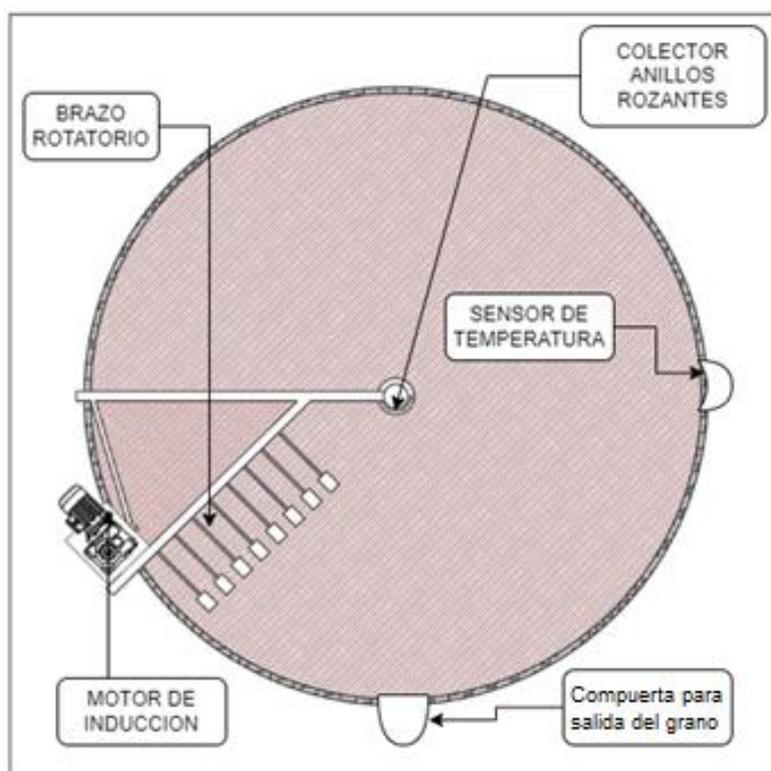


Figura 2-3 Vista superior del diseño

2.3 Criterio para elección de equipos

A continuación, se determinan los equipos, así como el software que será utilizado en la implementación del secador de granos de cacao considerando un sistema de comunicación entre hardware (PLC, HMI) y software Indusoft Web Studio

(Tabla 2-1).

Tabla 2-1 Equipos a utilizar

Equipo	Ilustración
PLC Logo	
Sensor de temperatura	

Blower	
Motor de Inducción	
Variador de frecuencia	
HMI	
Electroválvula de gas	
Computador	
Switch Industrial	
Anillos Rozantes	

2.3.1 Motor

Se decidió usar un motor de inducción en la parte de fuerza para el proceso de remoción del cacao, se eligió de la marca siemens (Figura 2-4) por la confianza en cuanto a calidad de la marca, además de que los demás equipos son del mismo fabricante.



Figura 2-4 Motor de Inducción Siemens (Improselec, s.f.)

Tabla 2-2 Características motor sugerido

Características motor	
Eficiencia	IE2
Modelo	1LE0141-0EB06-4AA4-Z
Potencia	1.5 HP
Velocidad	1800 RPM
Polos	4
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	220/440V

2.3.2 Variador de Frecuencia

Se elige un variador de frecuencia (Figura 2-5) con las siguientes características para que trabaje en conjunto con el motor de inducción indicado previamente para la remoción de los granos de cacao.



Figura 2-5 Variador de Frecuencia SINAMICS V20 (SIEMENS, s.f.)

Tabla 2-3 Características variador de frecuencia proyectado

Características variador	
Frecuencia	47 - 63 Hz
Voltaje	220/440V
Tensión nominal	230V
Potencia nominal	1,5KW
Corriente nominal	7,8 A
Protocolo comunicación	USS, Modbus RTU

Utilizando las salidas del LOGO, Podemos realizar la configuración de las velocidades en el Sinamics V20; establecemos 3 valores fijos según el manual dado por el fabricante las conexiones se realizarán de la siguiente manera además que se detallan los parámetros a configurar dentro del variador.

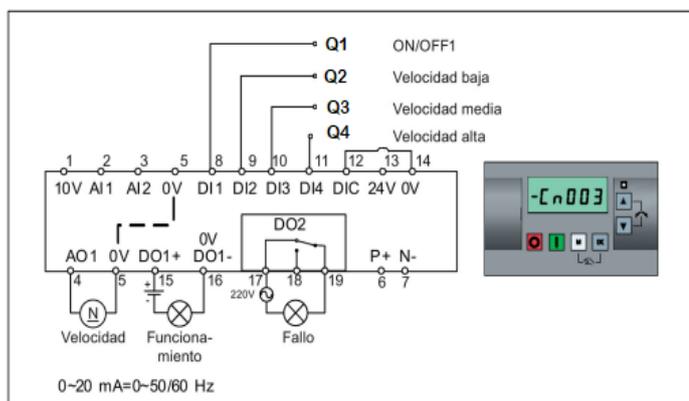


Figura 2-6 Conexión variador de frecuencia modelo Sinamics V20 (SIEMENS, 2013)

Tabla 2-4 Parámetros del Variador en Macro Cn003 (SIEMENS, 2013)

Parámetro	Descripción	Ajustes predeterminados de fábrica	Ajustes predeterminados de Cn003	Observaciones
P0700[0]	Selección de la fuente de señales de mando	1	2	Borne como fuente de señales de mando
P1000[0]	Selección de frecuencia	1	3	Frecuencia fija
P0701[0]	Función de la entrada digital 1	0	1	ON/OFF
P0702[0]	Función de la entrada digital 2	0	15	Bit 0 de velocidad fija
P0703[0]	Función de la entrada digital 3	9	16	Bit 1 de velocidad fija
P0704[0]	Función de la entrada digital 4	15	17	Bit 2 de velocidad fija
P1016[0]	Modo de frecuencia fija	1	1	Modo de selección directa
P1020[0]	BI: Bit 0 de selección de frecuencia fija	722,3	722,1	DI2
P1021[0]	BI: Bit 1 de selección de frecuencia fija	722,4	722,2	DI3
P1022[0]	BI: Bit 2 de selección de frecuencia fija	722,5	722,3	DI4
P1001[0]	Frecuencia fija 1	10	10	Velocidad baja
P1002[0]	Frecuencia fija 2	15	15	Velocidad media
P1003[0]	Frecuencia fija 3	25	25	Velocidad alta
P0771[0]	CI: Salida analógica	21	21	Frecuencia real
P0731[0]	BI: Función de la salida digital 1	52,3	52,2	Convertidor en funcionamiento
P0732[0]	BI: Función de la salida digital 2	52,7	52,3	Fallo de convertidor activo

2.3.3 Sensor de Temperatura

Para el control del parámetro correspondiente a la temperatura se opta por una PT100 (Figura 2-7), dado que el rango de temperatura en el proceso que se manejará está entre 107°C y 115°C.



Figura 2-7 Sensor de temperatura PT100 (NEWARK, s.f.)

Tabla 2-5 Características del sensor de temperatura

Características PT100	
Termómetro	Resistivo de platino (PRT)
Rango de Temperatura	-200°C a 850 °C
Precisión	±0,1 °C
Resistencia nominal	100Ω a 0°C
Rango Unidad (ohms)	0 Ω a 300 Ω

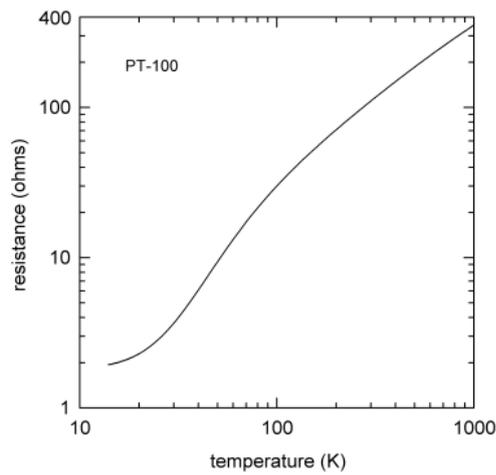


Figura 2-8 Grafica de resistencia vs temperatura de sensor PT100 (Lake Shore, s.f.)

2.3.4 PLC

Para la parte del control del proceso de secado se utilizará un PLC Logo 8, (Figura 2-9) dado que sus características y capacidad de procesamiento son justas y necesarias para la aplicación.



Figura 2-9 PLC Logo 8 (SIEMENS, s.f.)

Tabla 2-6 Características del PLC Logo 8

Características PLC Logo 8	
Modelo	6ED1052-1MD08-0BA1
Comunicación/Programación	Ethernet
Alimentación	12-24VDC
Entradas digitales	8
Entradas analógicas	4 (Pueden usarse 4 de las entradas digitales)
Salidas por relé	4; soporte 240VAC/VDC 16 A máx
Memoria	400 bloques
Expansiones I/O	Permitidas
Software programación	Logo Soft Confort

2.3.5 Módulo de expansión AM2 AQ

Debido a que utilizamos salidas analógicas debemos usar una expansión del logo puesto que este solo posee salidas por relé.



Figura 2-10 Módulo de expansión AM2 AQ (SIEMENS, s.f.)

Tabla 2-7 Características módulo de expansión AM 2 AQ

Características Modulo Logo 8 AM 2 AQ	
Modelo	6ED1055-1MM00-0BA2
Alimentación	24VDC
Salidas Analógicas	2; soporte 0-10 V / 4-20 mA

2.3.6 Módulo de expansión AM2 RTD

Para el uso del sensor de temperatura PT100 se utiliza un módulo de expansión del LOGO el AM2 RTD que nos sirve para poder usar el sensor en nuestro proyecto.



Figura 2-11 Módulo de expansión AM2 RTD (SIEMENS, s.f.)

Tabla 2-8 Características módulo de expansión AM2 RTD

Características modulo Logo 8 AM 2 RTD	
Modelo	6ED1055-1MD00-0BA2
Alimentación	12/24VDC
Entradas Analógicas	2
Dispositivos Compatibles	sensor de temperatura PT100/PT1000
Rangos de Trabajo	10.8-28.8VDC

2.3.7 Switch industrial

Para la comunicación se utilizó un Switch Industrial Scalance XB008 de la marca Siemens, dado que es un dispositivo diseñado para la interconexión de diferentes dispositivos periféricos dentro de la misma red de comunicación, expuesto a entornos de trabajo poco amigables.



Figura 2-12 Switch industrial Scalance XB008 (SIEMENS, s.f.)

Tabla 2-9 Características switch ethernet

Características Switch Industrial Scalance XB008	
Comunicación/Programación	Ethernet
Tasa transferencia	10/100 Mbits/s
Número puertos RJ45	8
Alimentación	24V DC
Aplicación topologías frecuentes	Estrella y en línea
Protección IP	IP20

2.3.8 Electroválvula proporcional de gas

Para el cierre/apertura de gas en el proceso de calentamiento del cacao se utilizó una electroválvula de la marca TONHE de 1 pulgada, ya que este modelo cumple con las seguridades necesarias para poder usarla con gas, además permite el pase de este con un porcentaje de apertura del 0 al 100% dependiendo el valor que entregue la señal de control.



Figura 2-13 Electroválvula TONHE 1" (Taizhou Tonhe Flow Control Co., s.f.)

Tabla 2-10 Características electroválvula de gas

Características Electroválvula ASCO	
Medida	1"
Tensión Nominal	9-24[V]
Señal de Control	4-20 [mA] / 0-5[V] / 0-10[V]
Operación	NC
Material	Latón
Protección	IP67
Material del cuerpo	Latón
Uso	Uso general aire/gas inerte/agua/aceite ligero.
Rotación del Actuador	90°

2.3.9 Anillos rozantes

Anillos rozantes, también considerados como conectores rotativos eléctricos, colectores eléctricos, conectores giratorios, o juntas rotativas eléctricas. Usado para aplicaciones con transmisión de señales y baja potencia y con restricciones de espacio (Figura 2-14). Para aplicaciones con transmisión de señales y potencia de hasta 20 amperios / 500 VAC, utiliza anillos con baño de aleación de plata y escobillas multifilamento, también con baño de aleación de plata. El uso de los anillos rozantes es de suma importancia debido a que el motor no se encuentra en el centro del eje sino a un extremo de este por lo que al girar los cables de alimentación se pueden enrollar y provocar algún accidente.



Figura 2-14 Anillos rozantes (SERVOTECHNIK, s.f.)

2.3.10 Diagrama de conexiones PLC

A continuación, se muestra el diagrama de conexiones de todos los dispositivos de entrada/salida del PLC (figura 2-15), para el control automático del secado de granos de cacao.

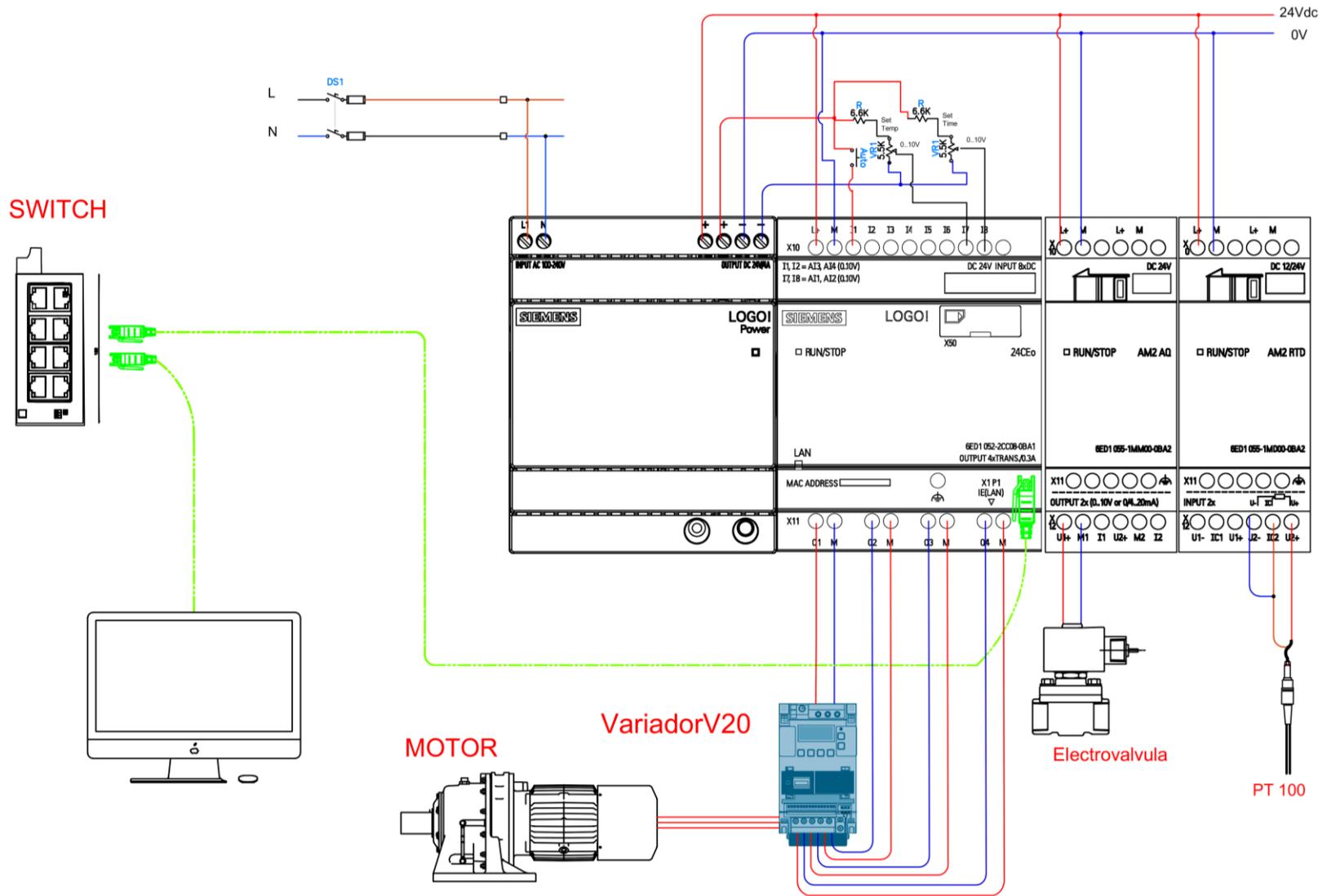


Figura 2-15 Diagrama de conexiones PLC

Como podemos observar el logo se alimenta con su fuente de 24 VDC, a su vez también lo hacen cada uno de los módulos que posee los cuales son dos de salidas analógicas acompañados de un módulo para RTD el cual es el sensor de temperatura que posee el equipo, también el sensor de humedad, en las salidas analógicas tenemos conectado la válvula electrónica del Precalentador de la secadora y tres salidas van conectadas a las entradas analógicas del Variador Sinamics V20 las cuales nos servirán para hacer el control de las velocidades del motor. También a través de una conexión Ethernet se conecta un switch y a través de este un PC para realizar la comunicación con el sistema Scada del proyecto.

2.4 Criterio selección software y comunicación

2.3.1 Protocolos de comunicación

2.4.1.1 TCP/IP

Protocolo de Control de Transmisión que permite establecer una conexión segura y fiable en el intercambio de datos entre dos dispositivos dentro de una misma red. Trabaja a través de un sistema de capas ordenadas de manera jerárquica desde la superior (en la cual se envía el paquete de datos) y la inferior (se solicita el servicio de transmisión de datos) (Figura 2-16).

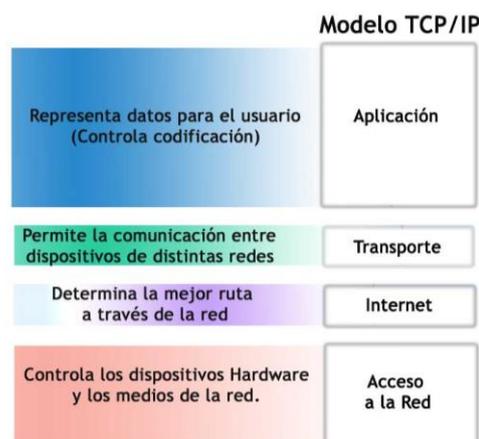


Figura 2-16 Capas del modelo TCP/IP (Quesada, 2016)

Debido a que el PLC, HMI y PC poseen una entrada Ethernet este es el protocolo de comunicación que tendrá los dispositivos que se utilizarán en el diseño.

2.3.2 Lenguajes de programación

2.4.2.1 Bloques FBD

Lenguaje de bloque de funciones se trata de uno de los primeros lenguajes concebidos para desarrollo de automatismos. Se trata de un lenguaje gráfico conectado en redes que representan una conexión lógica. Se lo utiliza debido a su versatilidad y que el entorno de programación LOGOSoft Comfort solo permite este y el lenguaje KOP.

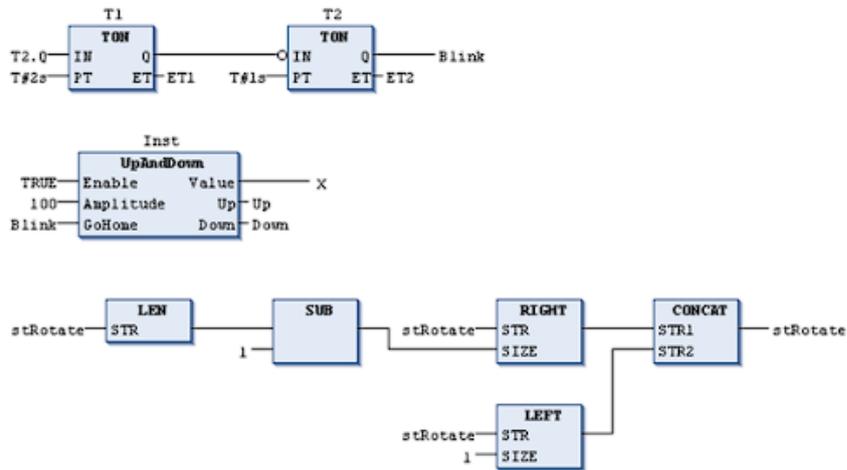


Figura 2-17 Lenguaje de bloques (FBD) (SCHNEIDER ELECTRIC, s.f.)

2.3.3 Plataforma de desarrollo

2.4.3.1 Logo soft Comfort V8.3

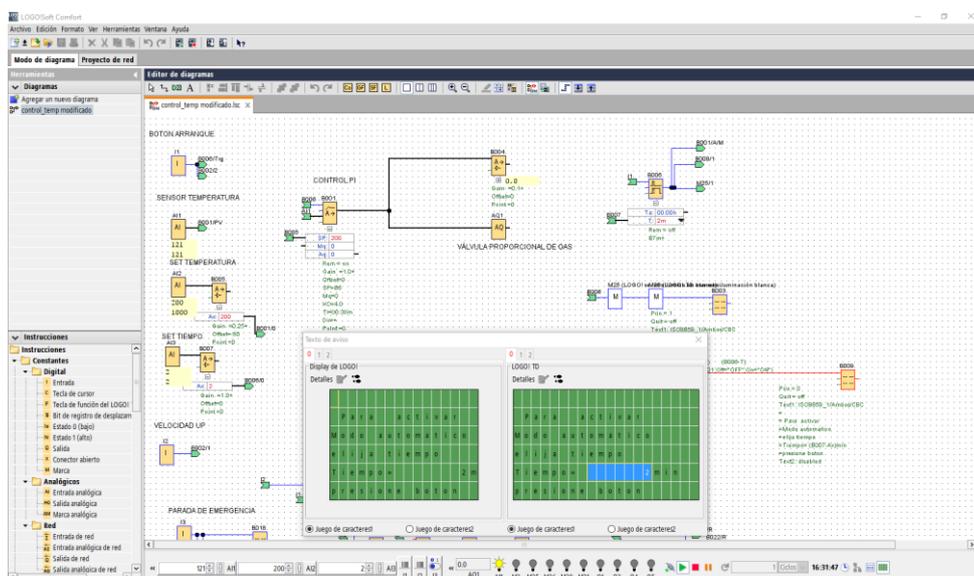


Figura 2-18 Captura del programa Logosoft Comfort V8.3

Entorno de Programación para equipos Logo, Siemens provee de un entorno sencillo que nos permite realizar programaciones sencillas y también complejas para cualquier necesidad de automatizaciones tanto para industrias como para desarrollos domóticos en hogares. Permite el desarrollo de automatismos tanto en bloques FBD como en Ladder.

2.4.3.2 Indusoft Web Studio

Es un programa para desarrollo de sistemas de pantallas HMI y SCADA que puede ser utilizado en las mayorías de plataformas. Su atractivo se encuentra en la compatibilidad que tiene con el runtime de Windows, es decir soporta varias versiones de este para las aplicaciones que se requieren.



Figura 2-19 Indusoft Web Studio (CPI S.A, s.f.)

2.5 Descripción de la programación utilizada

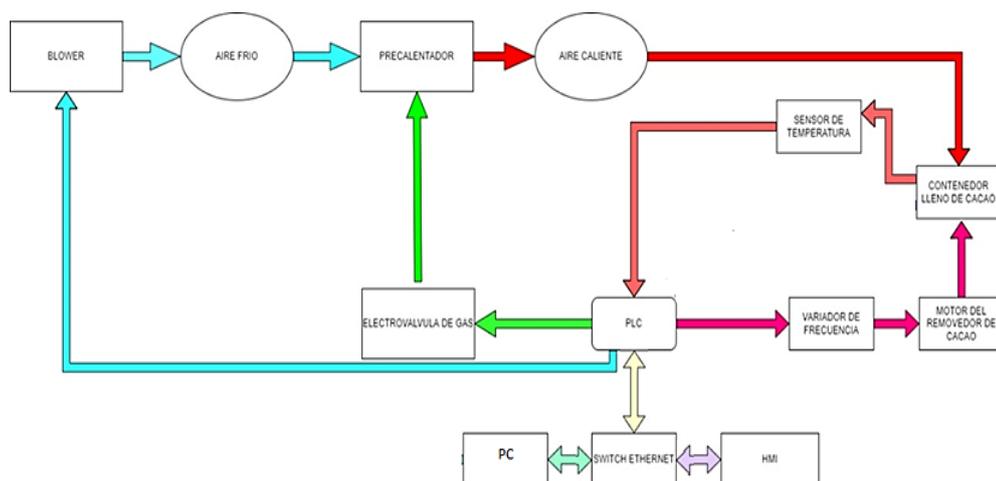


Figura 2-20 Diagrama de funcionamiento de componentes

Como se puede observar el diagrama (Figura 2-20), el programa cargado en el PLC se encarga de controlar el porcentaje de abertura de la electroválvula de gas según los datos recibidos del sensor de temperatura y los datos del control ya sea que vengan del HMI o del PC para que así aumente o disminuya la flama y con la ayuda del Blower sea posible el envío de aire caliente además del control del variador de frecuencia. Detallando un poco más el proceso, se tiene el siguiente diagrama de flujo (figura 2-21):

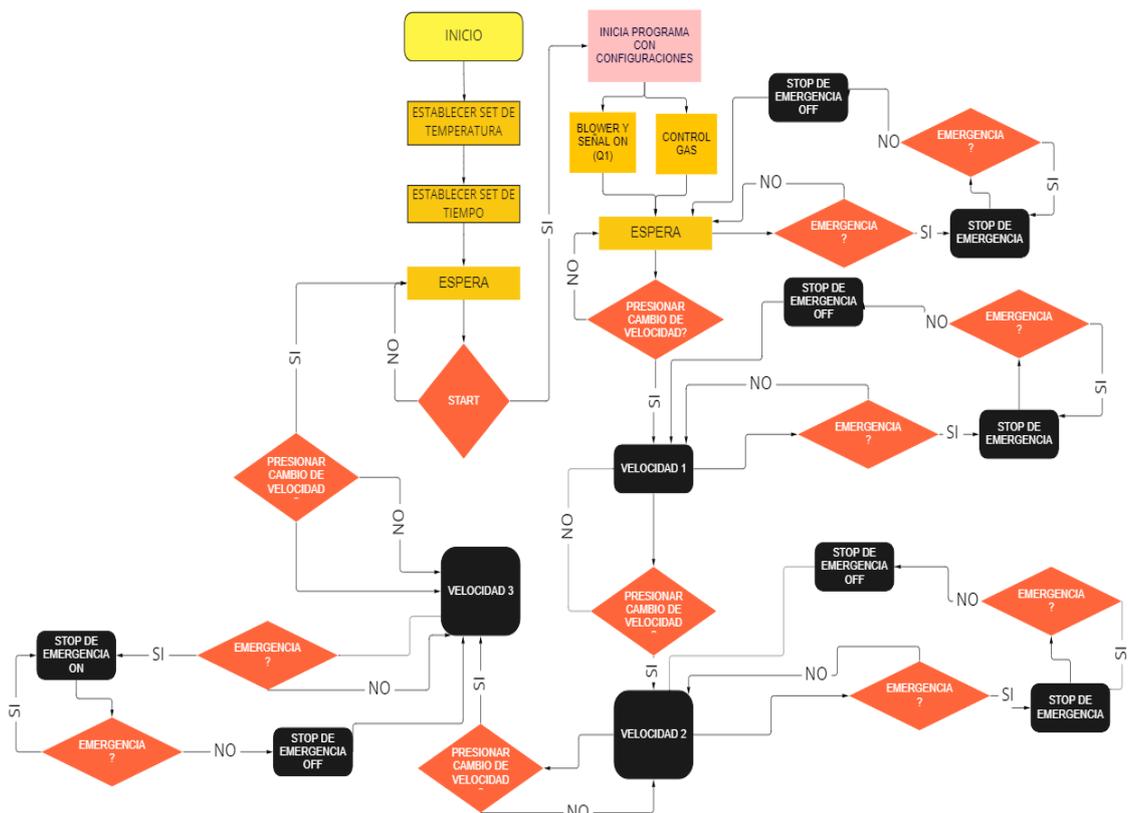


Figura 2-21 Diagrama de funcionamiento de flujo

A continuación, se muestra una vista general del desarrollo del programa para la automatización de secado de granos de cacao en Logosoft Comfort V8.3 implementado en el Logo! 8 (Figura 2-22). A continuación, se describirán cada una de sus partes con más detalle.

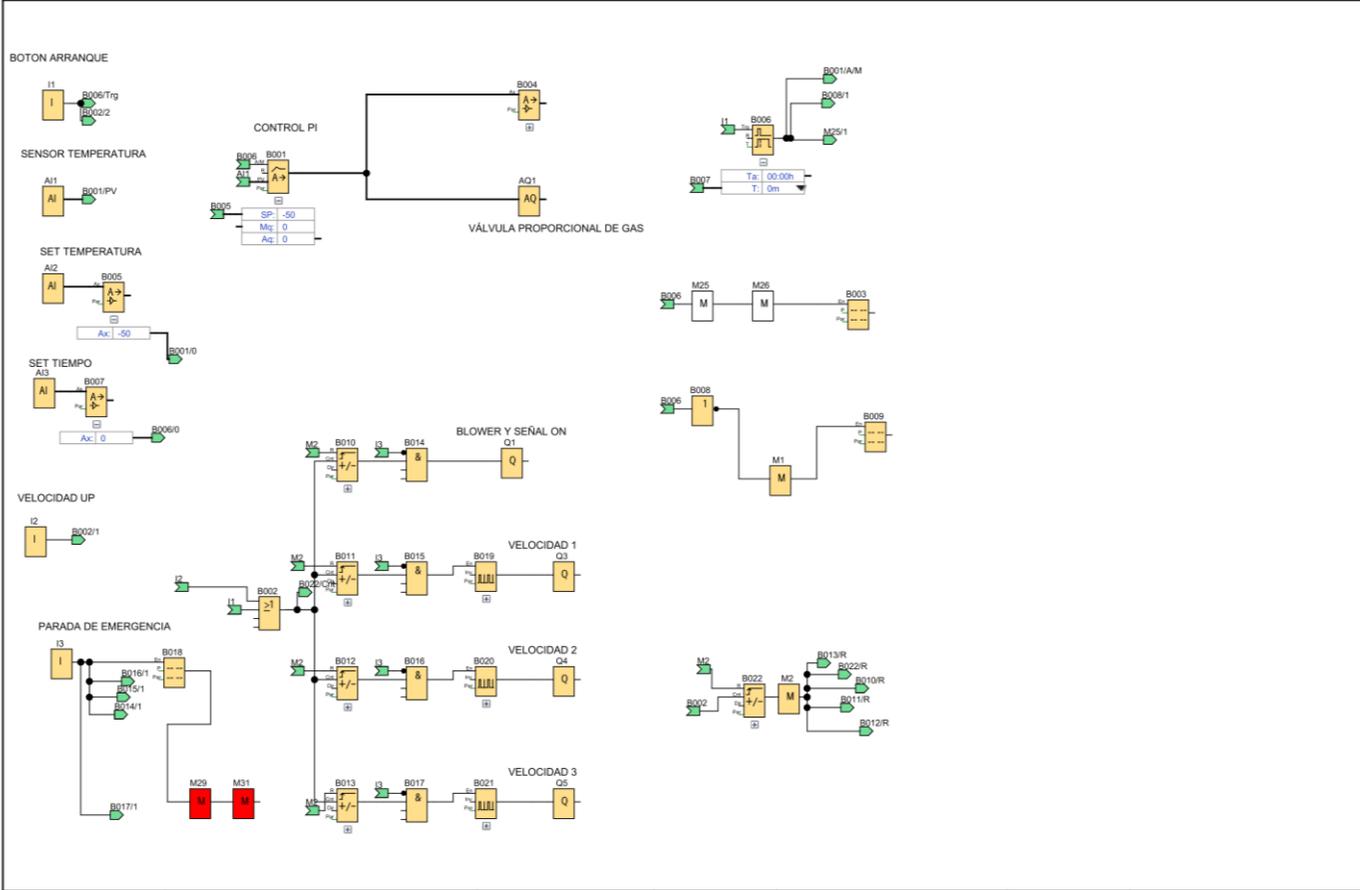


Figura 2-22 Visión general desarrollo programación del secador automatizado de cacao

2.4.1 Control de la temperatura

Para el control de la temperatura se utilizó una PT100, cuya lectura sirve como entrada analógica del proceso de control, es conectada al PLC y procesada a través de los bloques AI para su correcta adquisición (Figura 2-23). Se coloca una entrada analógica que sirve para dar un Set de la temperatura que se desea tener para el proceso que se va a realizar.

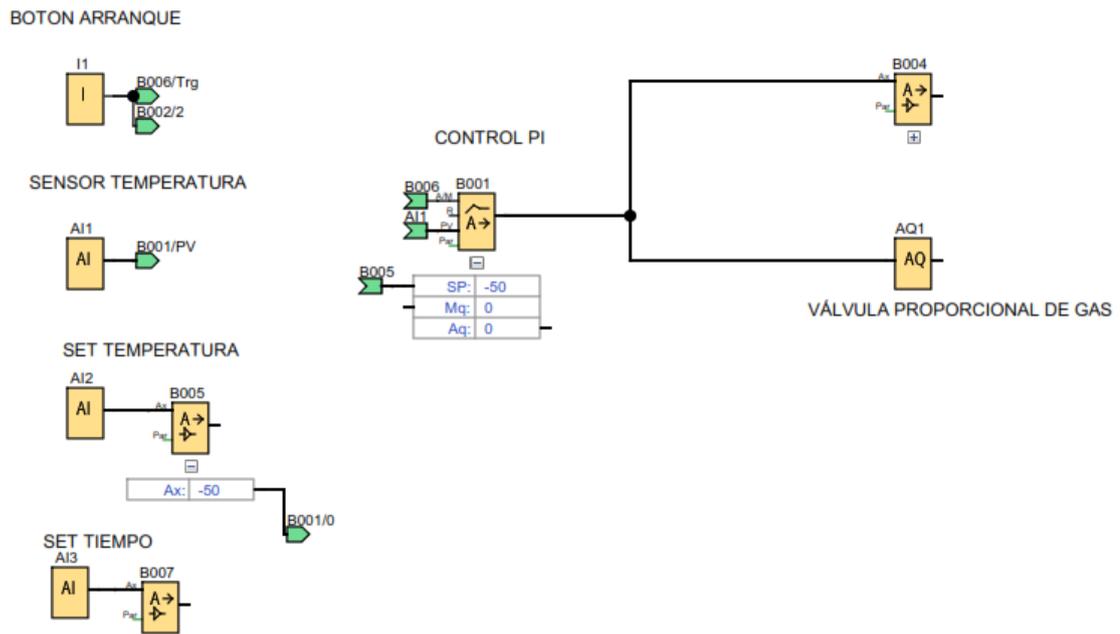


Figura 2-23 Bloque AI adquisición temperatura PT100

2.4.2 Control PI

El control implementado es un PI (proporcional integral) básico a través de un bloque Regulador PI (Figura 2-24), Puesto que es el único bloque de Control que tiene LOGO Soft Comfort. En su entrada A/M se ajusta el modo manual o automático. La entrada R desactiva la salida del controlador. En la entrada PV se introduce el valor real de temperatura que se pretendió controlar.

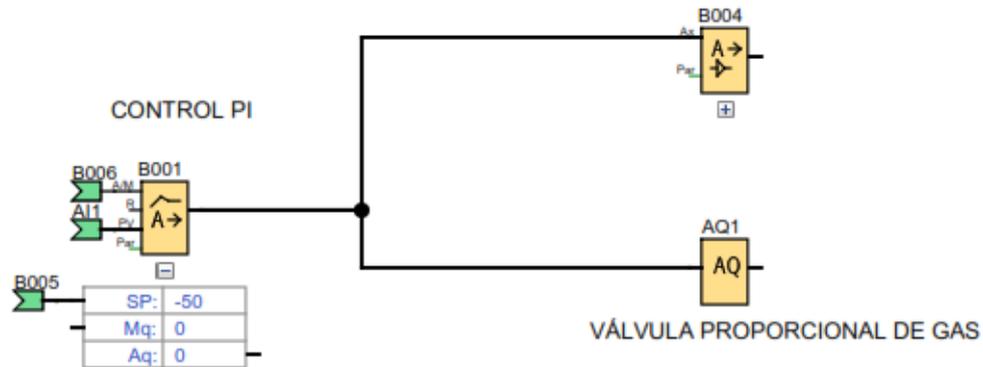


Figura 2-24 Bloque regulador PI

Mediante la salida analógica para la regulación de la válvula de gas cuya señal de control es un voltaje de 0-10[V], en concordancia con la salida del bloque regulador PI cuyo parámetro de control es la temperatura que se encuentre el cacao en el momento. Dado que para poder realizar una parametrización exacta a este bloque es necesario calcular un modelo matemático del secador de cacao, lo cual conlleva a un estudio más extenso del tiempo que se dio a este proyecto, los cálculos de este no fueron tratados en este documento.

2.4.3 Control de tiempo

A través de una entrada analógica y con la ayuda de un temporizador se realizó la fijación del tiempo del ciclo del proceso de secado del cacao, con el fin de poder configurar el tiempo de trabajo que realizara la máquina (Figura 2-25).

Con el tiempo ya establecido es tomado un bloque temporizador con retardo a la desconexión que está ligado a los otros bloques de la programación, de tal manera que después del tiempo fijado servirá como reinicio de estos una vez concluido el tiempo del ciclo de trabajo establecido.

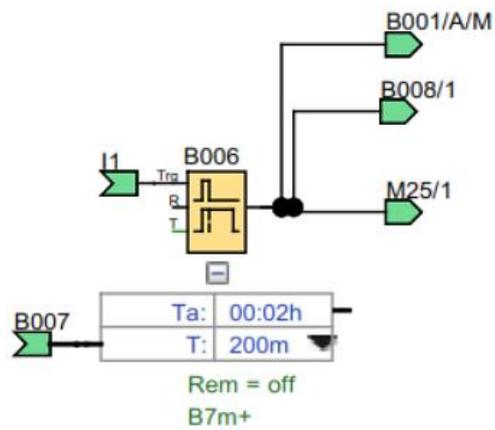


Figura 2-25 Set tiempo de ciclo procesamiento cacao

2.4.4 Pantallas

A través de los bloques B003, B009, B018 se configura las pantallas que tendrán el Logo 8 y el Logo TDE para mostrar los parámetros a colocar como son el tiempo y el inicio en el modo automático (Figura 2-26).

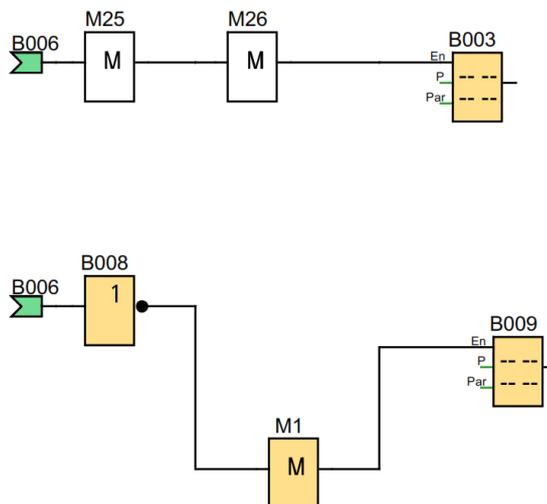


Figura 2-26 Configuración pantallas Logo! 8

2.4.5 Control variador de frecuencia

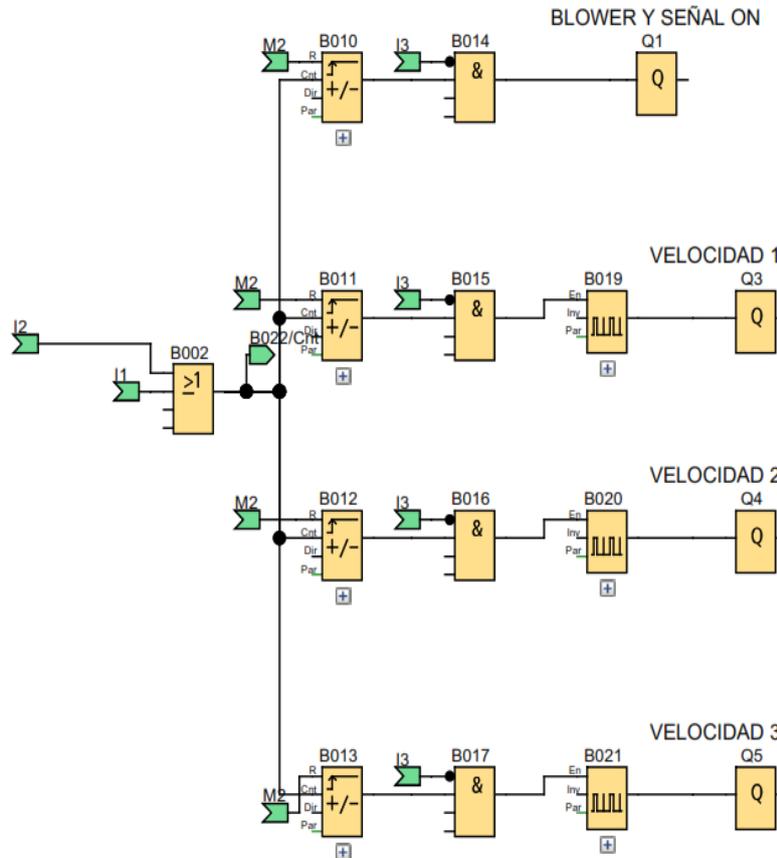


Figura 2-30 Configuración velocidades variador

Utilizando una entrada I2 se puede seleccionar entre 3 velocidades establecidas previa programación en el VFD (Controlador de Frecuencia Variable) el operador podrá ir cambiando las velocidades mientras presiona el botón además se reinicia después si continúa presionando la entrada. Cada salida representa la velocidad que tendrá el motor

2.4.6 Parada de emergencia

Se añadió un botón de paro de emergencia lo que hace es detener todas las entradas activas de manera que no se ejecute ningún proceso.

PARADA DE EMERGENCIA

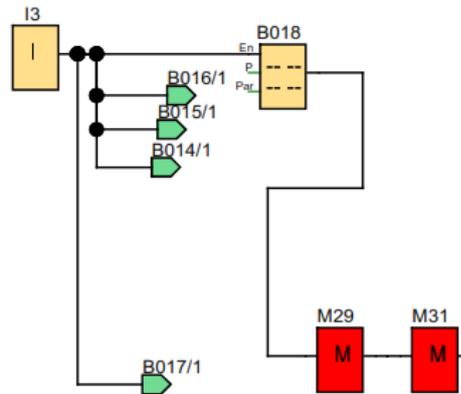


Figura 2-31 Configuración de paro de emergencia

2.4.7 Modo de trabajo pantalla LOGO!, LOGO! TD y SCADA

Una vez iniciado se mostrará esta pantalla donde se va a colocar el tiempo durante el cual va a trabajar la máquina, una vez realizado esto se procede a darle inicio. Con la entrada I1 (Figura 2-32).

Como se muestra en la pantalla se ha iniciado el proceso y se realiza un conteo regresivo hasta que se haya cumplido el tiempo de ciclo de trabajo establecido (Figura 2-33).

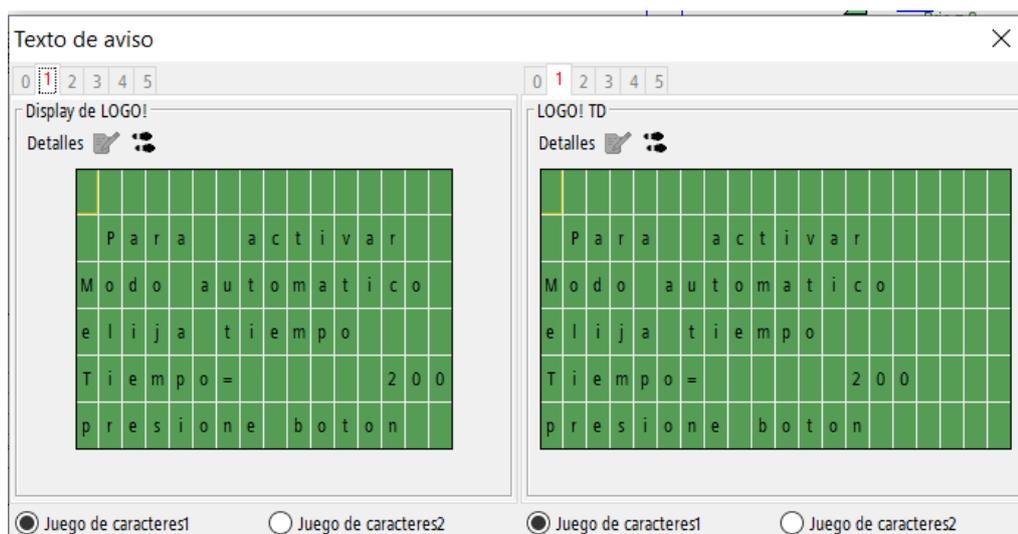


Figura 2-32 Pantalla principal LOGO! / TDE

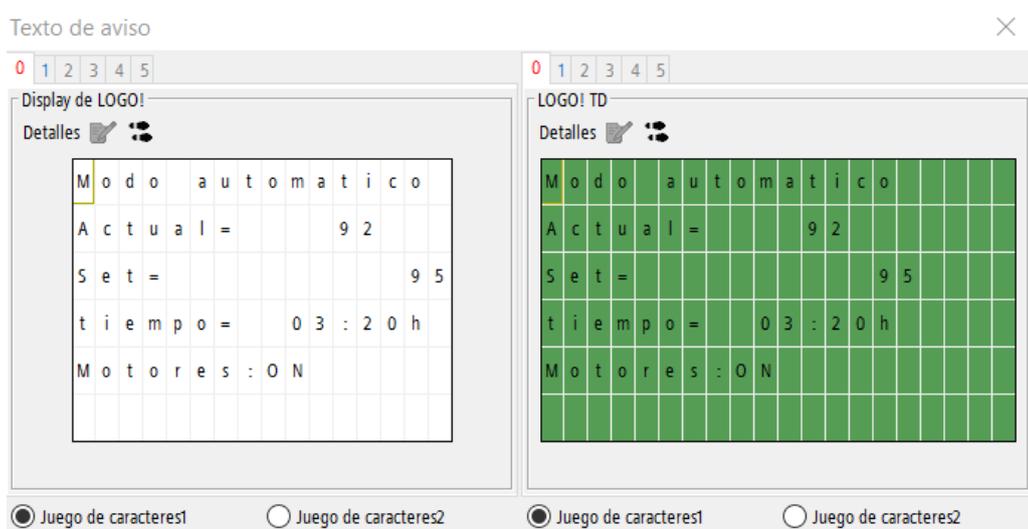


Figura 2-33 Control del tiempo de ciclo automático

2.6 Diseño sistema SCADA

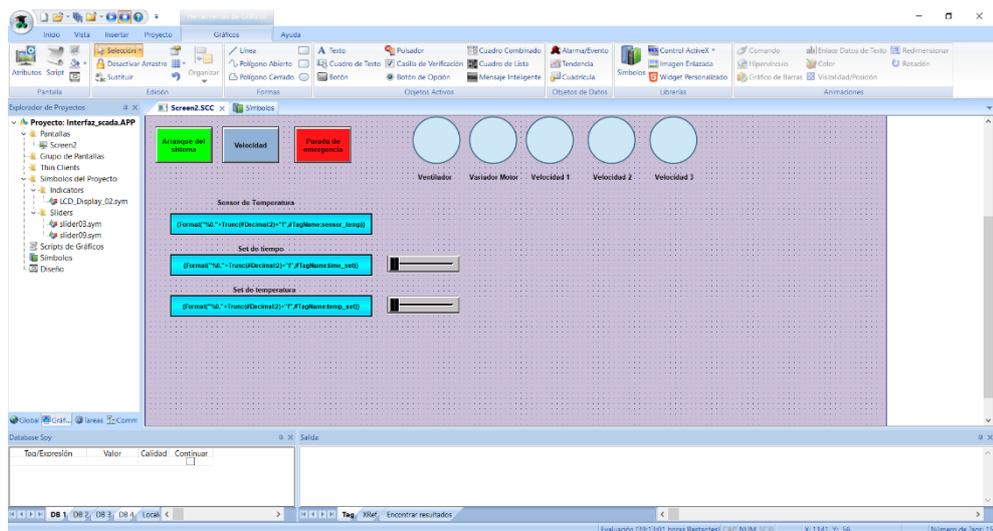


Figura 2-34 Sistema SCADA

Se realizó un sistema utilizando el programa Indusoft Web Studio Educational V8.1 el cual en su versión estudiantil nos permite a través del programa KepServerEX poder referenciar los tags del logo 8 en este programa, de manera que podamos usar las salidas como la activación del Ventilador, la señal de encendido del Variador y las señales de velocidades. Además, se puede utilizar para el arranque del sistema, el botón de parada de emergencia, mostrar los datos del sensor de temperatura, así como también realizar las configuraciones de tiempo y temperatura para el sistema.

2.5.1 Configuración de alarmas

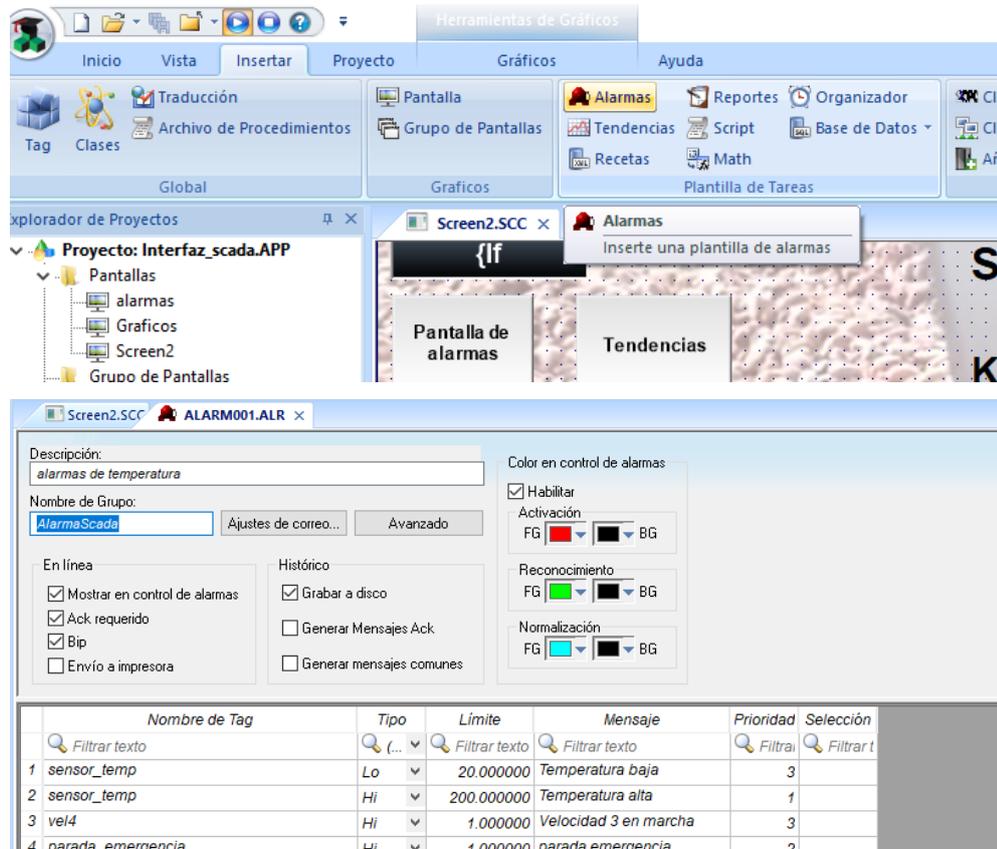


Figura 2-35 Configuración de alarmas del sistema SCADA

Para asegurar un óptimo funcionamiento, se implementó alarmas, como por ejemplo cuando la temperatura está muy alejada del control, cuando se activa la velocidad 3 para confirmar que efectivamente se requería dicha velocidad, entre otras, dichas alertas se adicionaron entrando en la sección insertar y en plantilla de tarea, se escoge la pestaña de alarmas, con lo cual aparece la ventana en donde se escogen las variables a monitorear y la prioridad de cada variable.

2.5.2 Configuración de gráficos

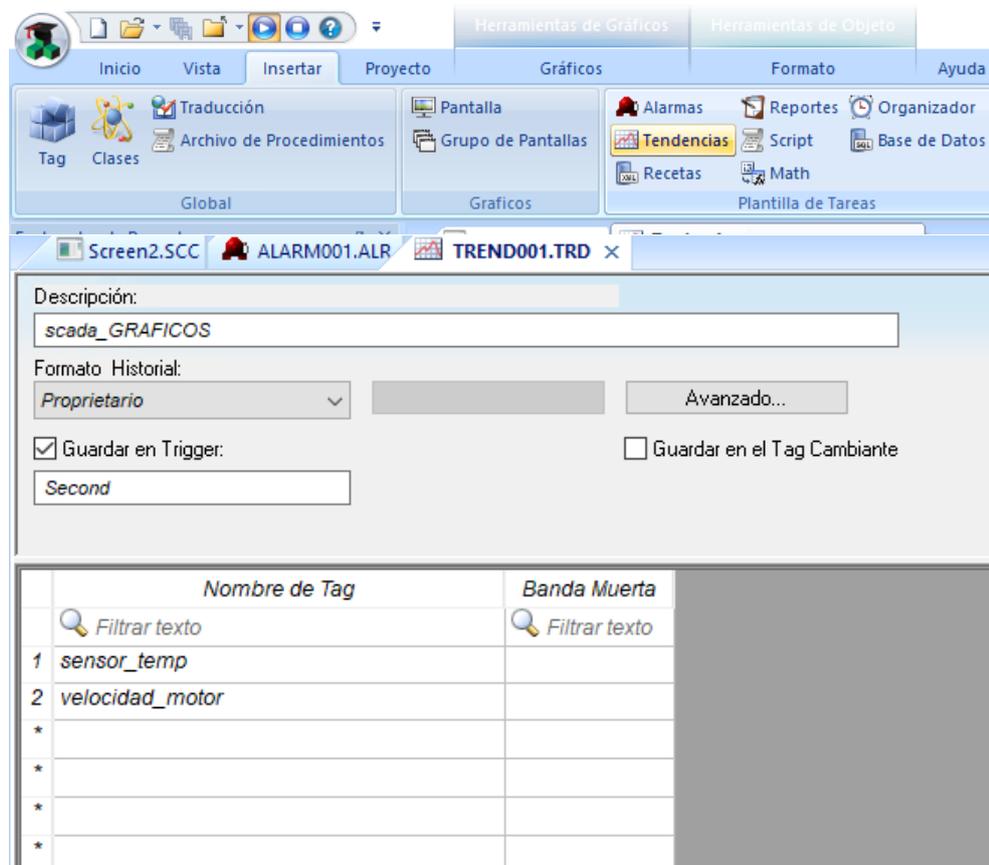


Figura 2-36 Configuración de gráficos del sistema SCADA

De la misma manera se agregó graficas de tendencias para monitorear la temperatura y la velocidad a lo largo del proceso de secado para así tener registros a fin de poder realizar estudios posteriores y ofrecer mejoras en el sistema, las cuales se ingresan entrando en la sección insertar y en la subsección plantillas de tarea, se selecciona la opción tendencias, con lo cual aparecerá la ventana en donde se deberá escoger las variables a mostrar en el gráfico.

2.5.3 Configuración de animaciones



Figura 2-37 Configuración de animaciones del sistema SCADA

Y, por último, para una mejor visualización y tener una interfaz más interactiva, se agregó animaciones, como en el caso del movimiento de las aspas, para el cambio de color de los botones, para el icono que aparece cuando se genera una alarma, entre otras, dichas animaciones se insertan de la sección de gráficos, donde se refleja la subsección de animaciones, y se selecciona visibilidad/posición, en la misma que se es posible programar cuando una imagen es o no observable.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez realizado correctamente la selección de equipos a utilizar, además de la programación del PLC elegido se procederá a realizar la simulación de estos con el fin de indicar las conclusiones a las que se llegan con este proyecto.

3.1 Simulación Logo Soft Comfort v8.

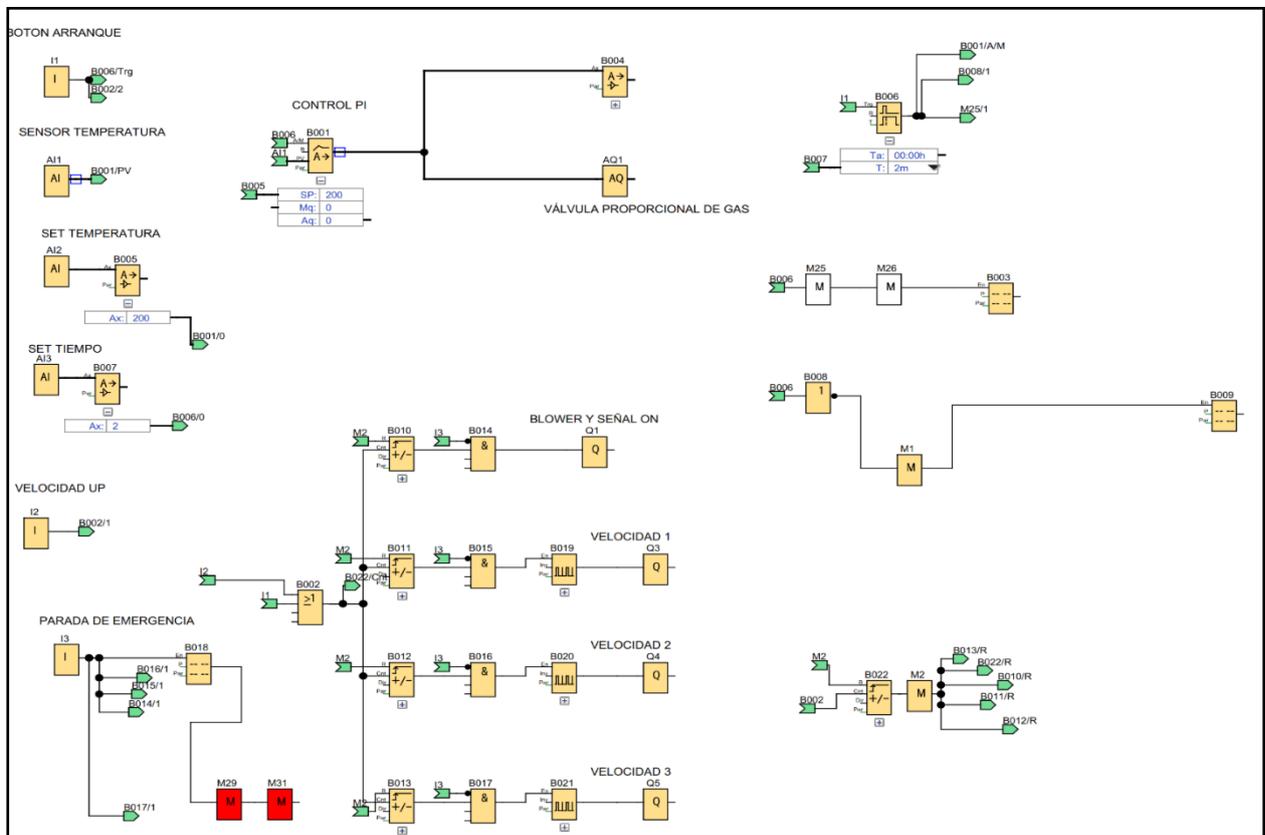


Figura 3-1 Bloques de programación del proyecto

Como podemos ver esta es la programación antes de iniciarse el sistema se puede apreciar que ninguna entrada esta activada, así como las salidas y ninguno de los bloques.



Figura 3-2 Pantalla principal logo y logo Td

El sistema inicia mostrando en ambas pantallas un mensaje solicitando al usuario que establezca un tiempo de operación el cual estará dado en minutos y una temperatura a la cual se mantendrá el sistema trabajando.

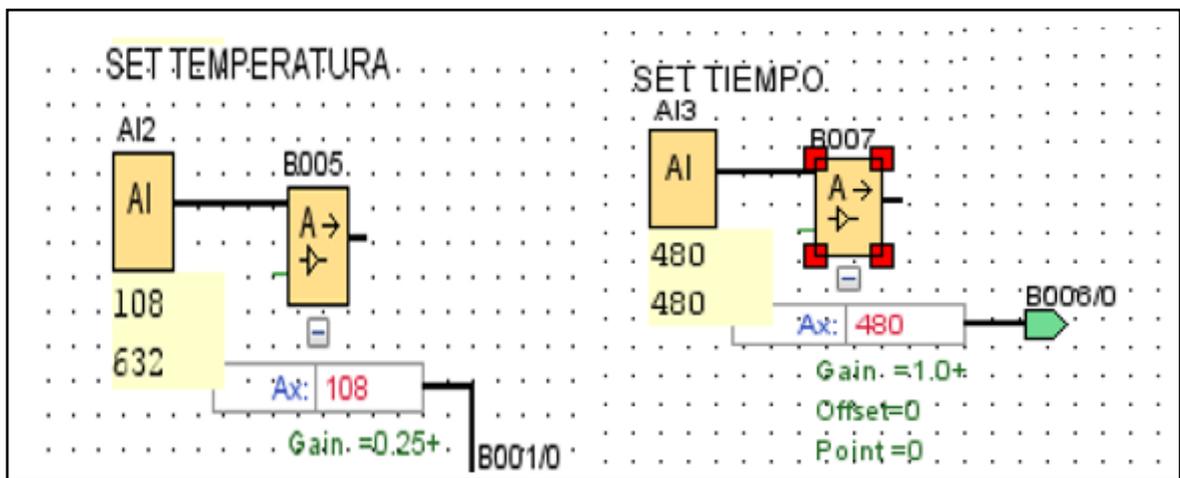


Figura 3-3 Bloques de control de tiempo y control temperatura

En nuestro caso queremos que el sistema trabaje alrededor de 8 horas por lo que colocamos 480 minutos en la entrada analógica. Además, colocamos el valor de la temperatura a la cual queremos trabaje el sistema 108°.

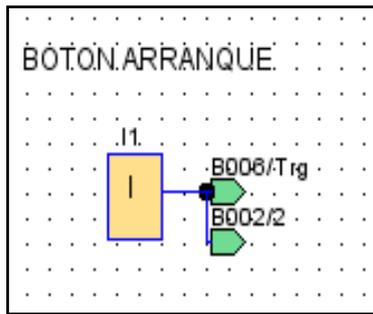


Figura 3-4 Bloque de arranque

Luego de esto es necesario presionar el Botón de arranque (Entrada I1) para que se inicie el proceso.

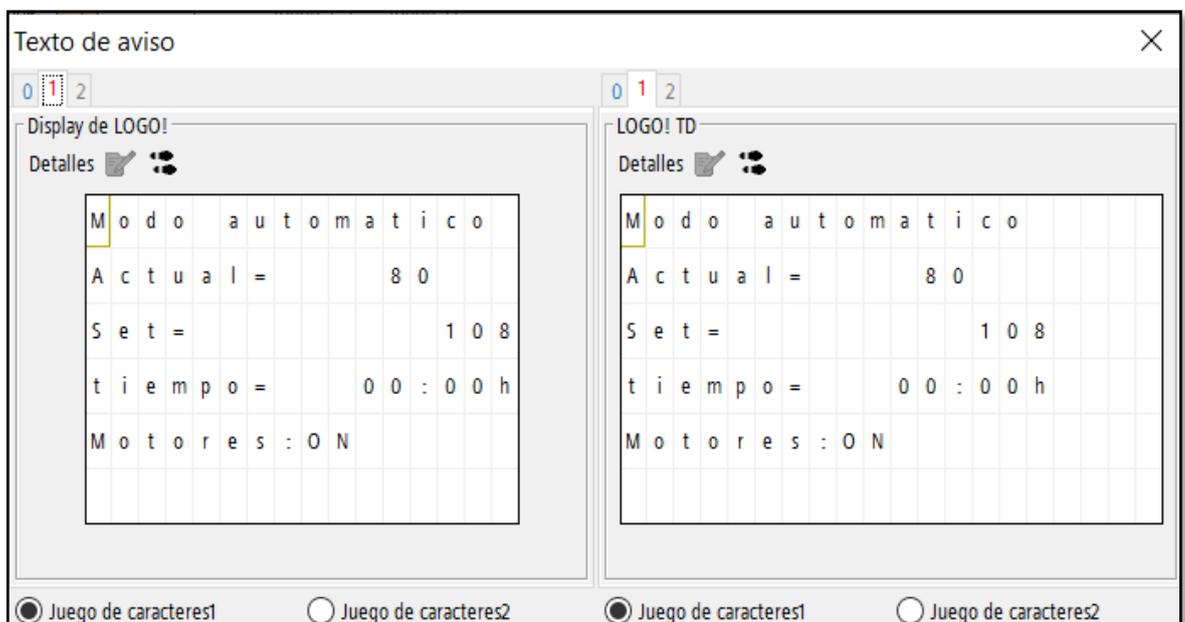


Figura 3-5 Pantalla Logo y Logo TD al dar arranque al sistema

Una vez iniciado el sistema las pantallas cambian a este formato donde se nos muestra el tiempo que ha transcurrido en formato de horas, el valor de temperatura dado por el sensor PT100, el valor establecido de temperatura que queremos trabajar y un estado donde podemos verificar si se encuentra los motores en arranque.

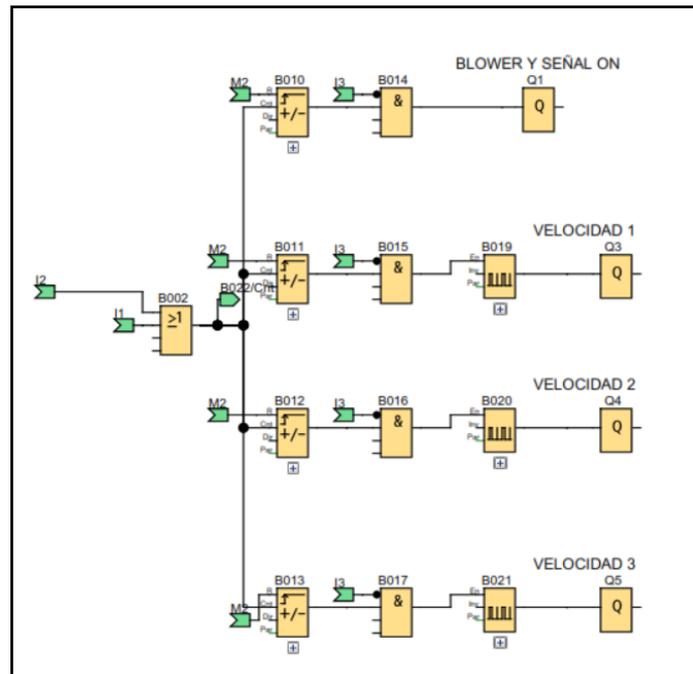


Figura 3-6 Bloques del Control de velocidad del variador

Para el control de la velocidad del brazo rotatorio de la máquina se configuró el uso de conexión con el variador a las entradas que posee el Sinamics V20. Para esto se programa en el logo un botón que servirá para establecer el encendido y las velocidades que tendrá el motor, esto se logra con un bloque contador (B010, B011, B012, B013) que mediante el número de pulsaciones habilitará el encendido de los ventiladores, la habilitación del variador y las velocidades del motor.

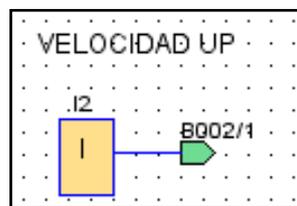


Figura 3-7 Bloque Aumento de Velocidad

Cada vez que se active la entrada I2 se aumentará la velocidad del motor como se muestra en las siguientes imágenes.

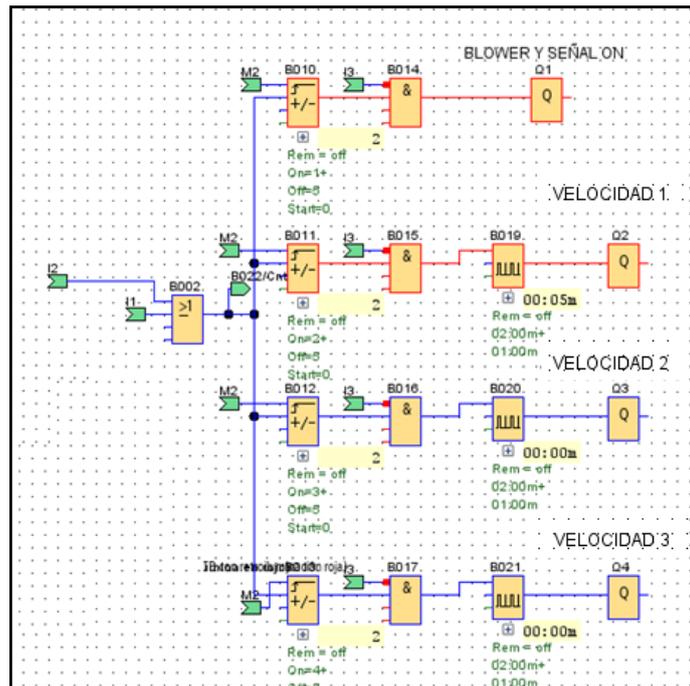


Figura 3-8 Control de Velocidad en velocidad 1

Al aumentar la velocidad inicia el sistema en velocidad 1 lo que activa una salida del PLC y envía dicha señal al variador.

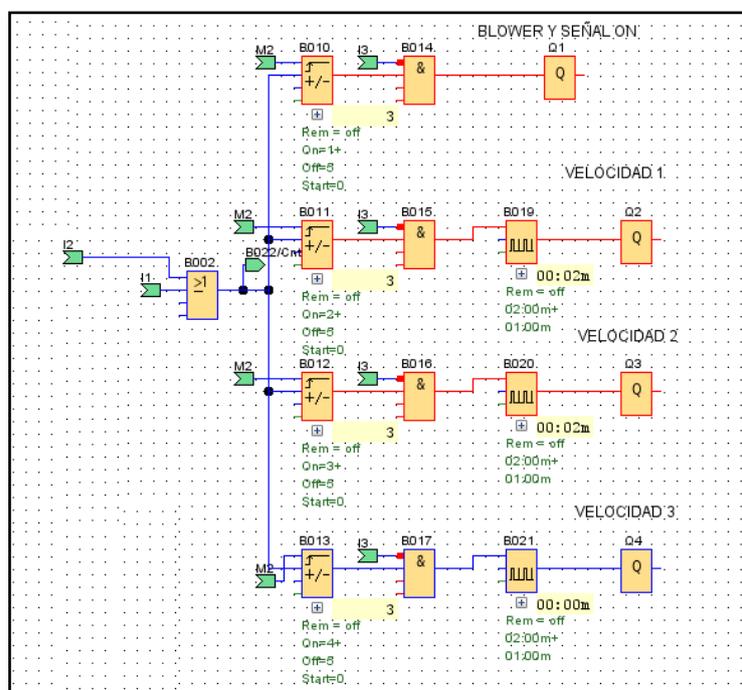


Figura 3-9 Control de Velocidad en velocidad 2

En esta imagen podemos observar que nuevamente presionamos el botón de aumento de velocidad y el sistema ahora se encuentra en la velocidad 2. La señal Q3 del PLC se activa y es enviada a la entrada del variador.

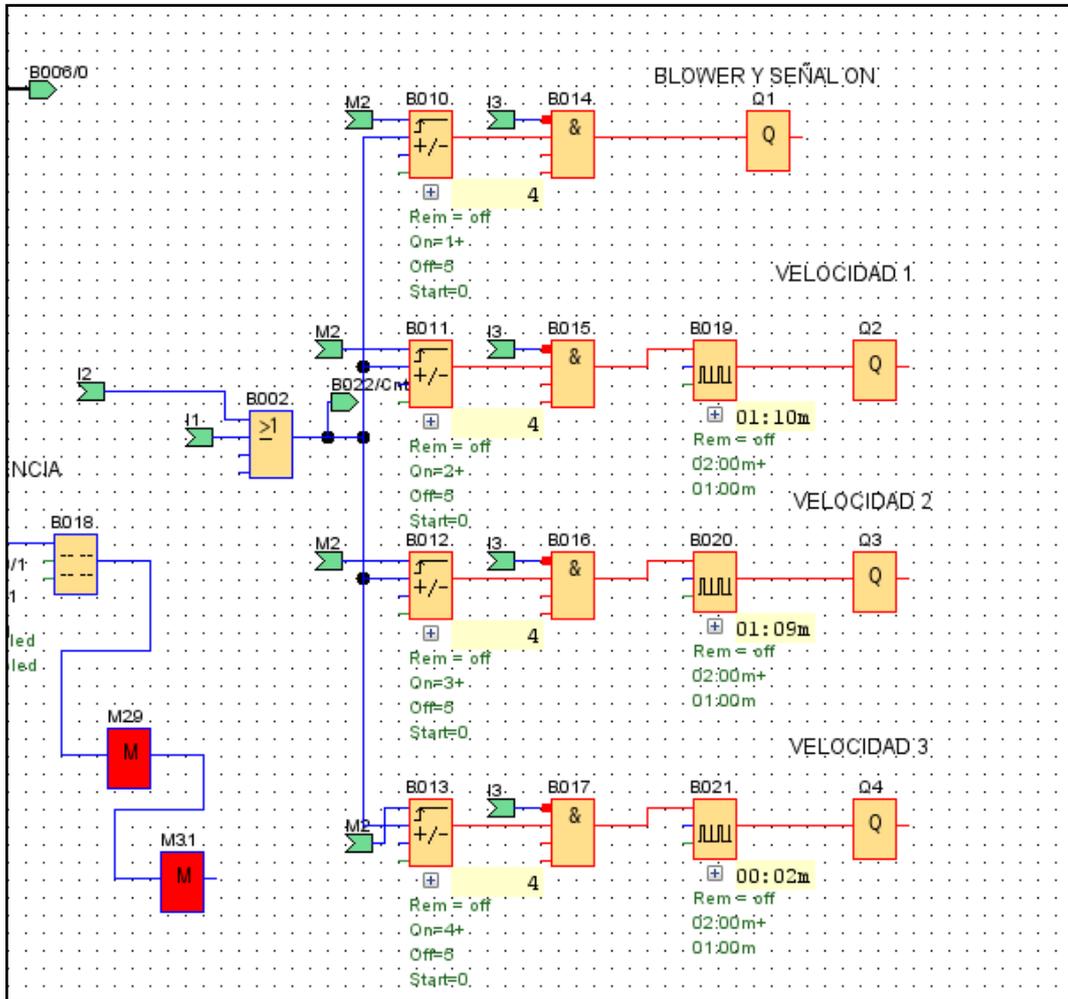


Figura 3-10 Control de velocidad en velocidad 3

Aquí podemos observar la activación de la última velocidad del sistema, vemos que la señal Q4 se activa de manera que es enviada a la entrada del variador para poder tener la máxima velocidad establecida.

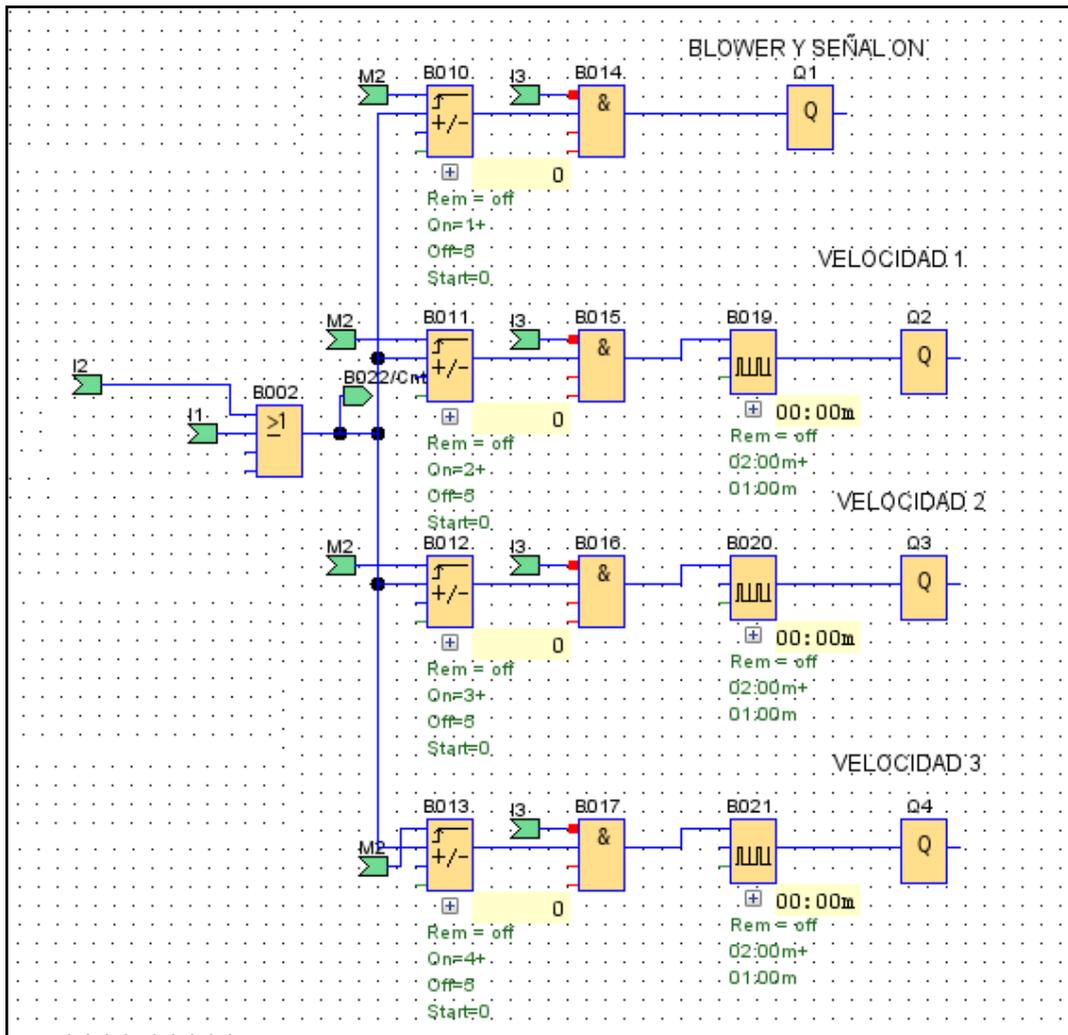


Figura 3-11 Control de velocidad al aumentar velocidad por 4ta ocasión

Si el operador vuelve a presionar el aumento de velocidad el sistema del control de velocidad se reinicia y para iniciar basta con volver a presionar aumento de velocidad para que comience con la velocidad 1 y así sucesivamente.

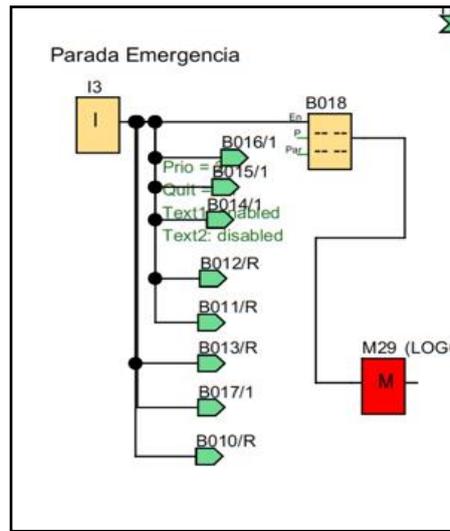


Figura 3-12 Bloques de la parada de emergencia

Mediante el uso de la entrada I3 se establece el uso de una parada de emergencia que nos servirá para detener todas las operaciones de la programación por si ocurriese algún tipo de falla durante el proceso de secado. Además de que se muestra una pantalla en el PLC color rojo indicando que se encuentra en este estado.

Una vez que se activa la entrada I3 del Paro de emergencia las pantallas del logo y la del TDE muestran el siguiente mensaje.



Figura 3-13 Pantallas LOGO y LOGO TD en parada de emergencia

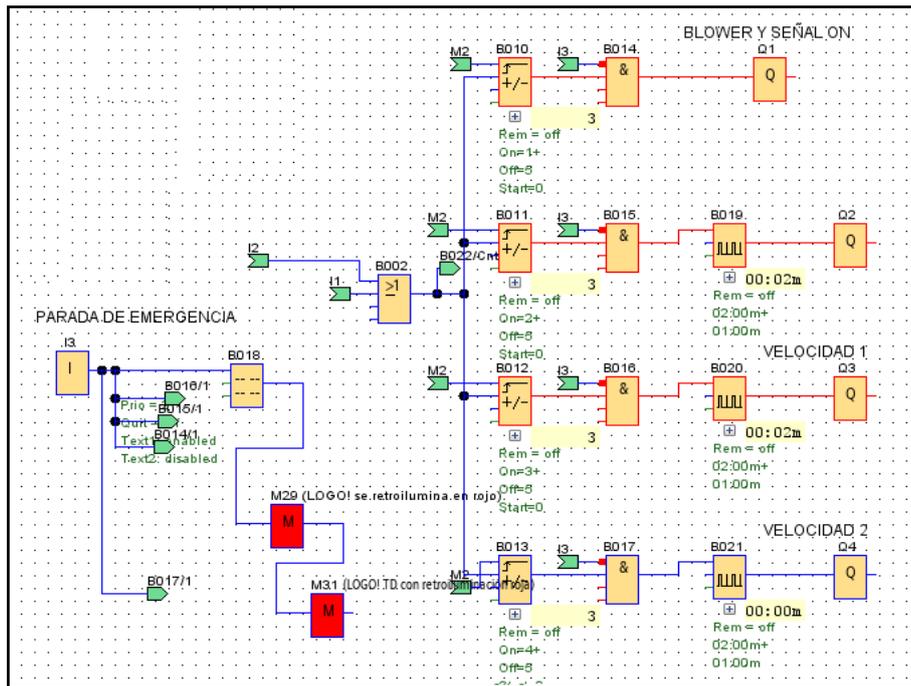


Figura 3-15 Sistema tras desactivar la parada de emergencia

Una vez que se ha desactivado el paro de emergencia el sistema vuelve a trabajar con su funcionamiento con el que estaba previamente setead.

3.2 Simulación Indusoft Web Studio

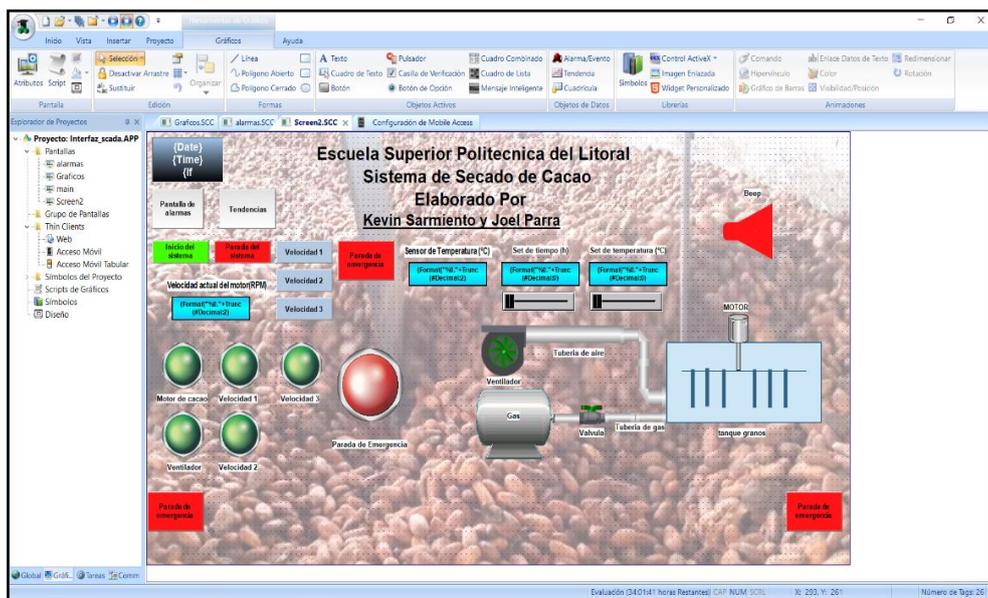


Figura 3-16 Sistema SCADA en Indusoft Web Studio.



Figura 3-17 Sistema SCADA al iniciar

Pulsando inicio del sistema se arranca y se puede visualizar el led de la velocidad en la que se encuentra actualmente la máquina además que se visualiza una animación que muestra el movimiento del brazo del secador y el movimiento del flujo de aire caliente.

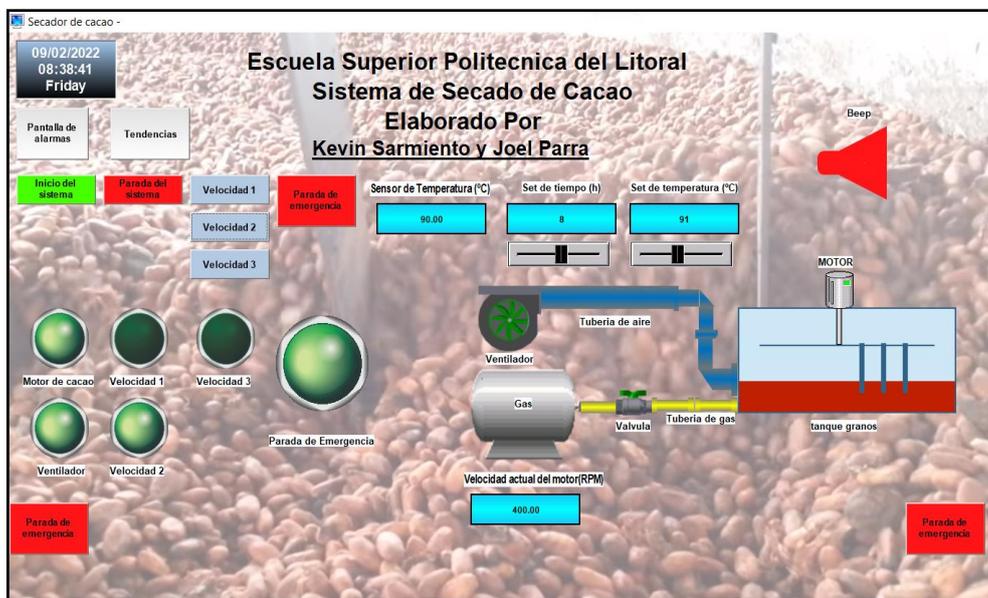


Figura 3-18 Sistema SCADA en velocidad 2

Cuando se cambia la velocidad se puede apreciar el cambio de la luz led en la siguiente velocidad además que la animación cambia de velocidad el movimiento del brazo.



Figura 3-19 Sistema SCADA en velocidad 3

En la velocidad 3 se puede apreciar que se activa la luz led de dicha velocidad además que la animación aumenta aún más de velocidad en el brazo.

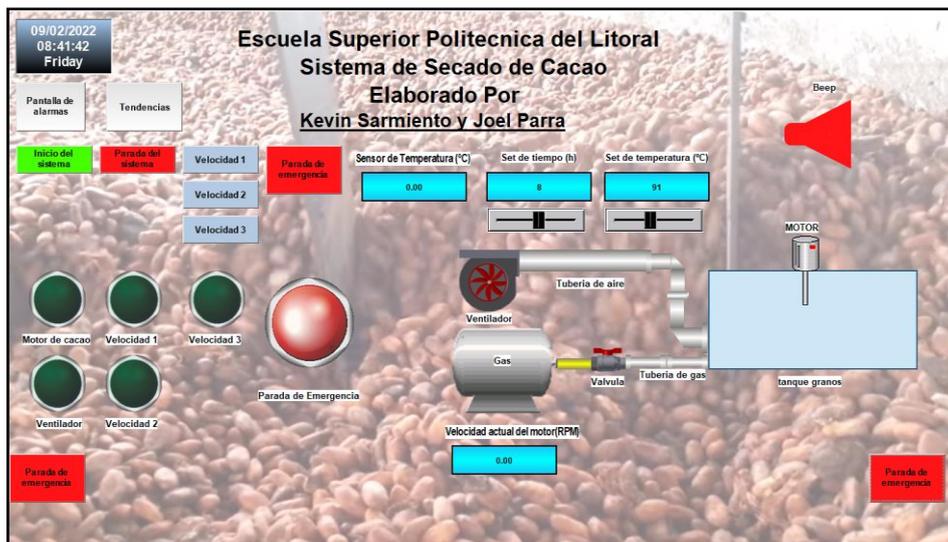


Figura 3-20 Sistema SCADA al activar paro de emergencia

Al presionar alguno de los botones de parada de emergencia se visualiza que el led de parada de emergencia cambia a color rojo además que los demás leds se apagan y la animación se detiene totalmente mostrando que la máquina se ha detenido.

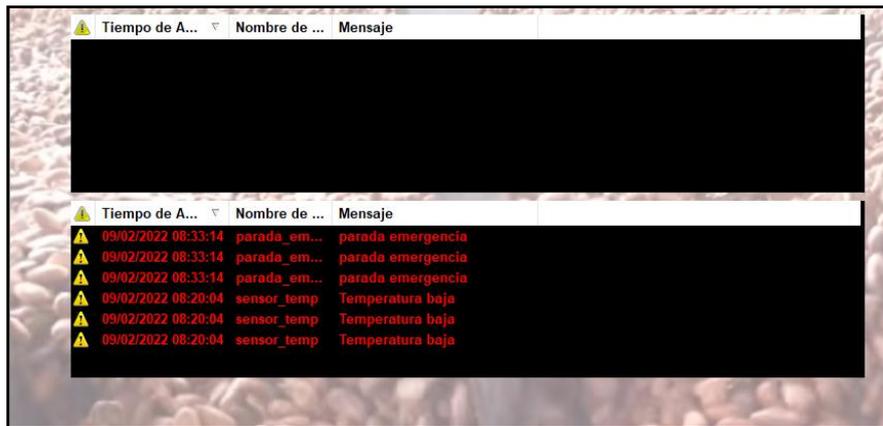


Figura 3-21 Sistema SCADA pantalla de alarmas

Cuando se presiona el botón de pantalla de alarmas se visualiza esta nueva pantalla que muestra las alarmas que se presenten durante el proceso como podemos ver en la ilustración. Además, presionando el botón regresar podemos retornar a la pantalla principal.

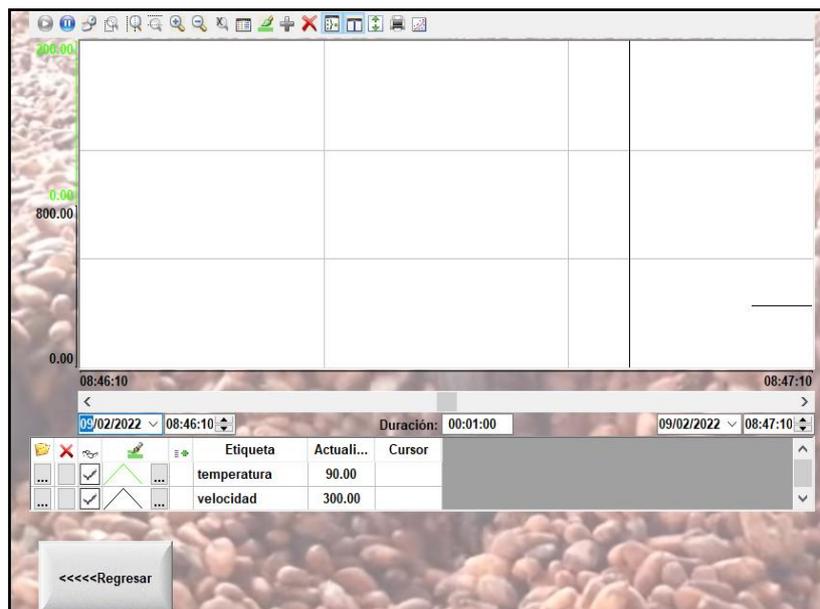


Figura 3-22 Sistema SCADA pantalla de tendencias

Al presionar el botón de tendencias podemos apreciar que se muestra una nueva pantalla que muestra las gráficas de temperatura y velocidad y los cambios que tienen según el tiempo de trabajo.

Como se ha podido observar las simulaciones cumplen con los criterios establecidos para la realización de este proyecto de manera que podemos dar como concluido exitosamente esta parte del documento.

3.3 Tabla de Costos

La siguiente tabla de costos está establecida con folletos respectivo de la marca en la cual se basaron los precios que vamos a presentar. Aclarando que por datos proporcionados por el cliente; una secadora normal suele trabajar con aproximadamente 300 quintales (dándole uso de lunes a sábado), por lo que con las mejoras de presente proyecto, dado que se puede poner más granos al mismo tiempo y además requiere menos horas, se estima llegar a secar alrededor de 500 quintales de grano al mes y a un costo de \$3.50 por quintal dando una ganancia de alrededor de 1100\$ mensuales, esto es descontando gastos como el gas utilizado y coste de la planilla eléctrica, estos datos servirán de referencia para establecer el tiempo que tardaría en recuperarse la inversión. En la tabla 3-1 se puede apreciar que el costo total de los materiales necesarios para la automatización de la secadora es de aproximadamente \$2686, por lo que para recuperar dicha inversión tomaría alrededor de 3 meses.

Tabla 3-1 Costo de equipos

EQUIPO	MODELO	TENSION (V)	CANTIDAD	COSTO (USD)	TOTAL (USD)
PLC LOGO!8 (SIEMENS)	6ED1052-1MD08-0BA1	12/24V DC	1	228	\$228
MODULO LOGO! AM2 (SIEMENS)	6ED1055-1MA00-0BA2	12/24V DC	1	143	\$143
MODULO LOGO! AM2 RTD (SIEMENS)	6ED1055-1MD00-0BA2	12/24V DC	1	163	\$163
Fuente de poder LOGO! Power	6EP3332-6SB00-0AY0	110/220V AC; salida: 24V DC 2.5A	1	129	\$129
MOTOR SIMOTICS IE2	1LE0141-0EB06-4AA4-Z	220V AC; 380V AC; 440V AC	1	310	\$310
VARIADOR SINAMICS V20	6SL3210-5BB21-5UV1	220 V AC	1	445	\$445
HMI LOGO TDE	6ED1055-4MH08-0BA1	12/24V DC	1	248	\$248
SWITCH SCALANCE X005	6GK5005-0BA10-1AA3	24 V DC	1	442	\$442
ELECTROVALVULA	ASCO TOHNE 1	9-24V DC	1	120	\$120
ANILLOS ROZANTES	SVTS C 11-S-A-06/00	600 VAC/VDC	1	95	\$95
SENSOR DE TEMPERATURA	PT100		1	113	\$113
SOPLADOR(BLOWER)	Fasco B30	115V AC	1	250	\$250
TOTAL					\$2.686,00

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La tecnología implementada posibilitará al operador “mediante una interfaz” el monitoreo del proceso del secado, configurar las diferentes variables hasta poner en marcha el secador artificial, y no necesitará de la presencia de un operario durante todo el proceso a menos que ocurra una falla la cual será alertada mediante una alarma para no poner en riesgo la calidad de secado.
- Con la tecnología de un método automatizado y alternativo a los de secados convencionales se potencia el desarrollo de los pequeños productores de las zonas rurales siendo ellos quienes realizan el trabajo más sacrificado para que pueda llegar el producto a grandes empresas.
- El método automatizado logra optimizar el tiempo de secado, si lo comparamos con el método de secado al sol, pasamos de 4-7 días a tan solo 8-11 horas, además el proceso ya no dependerá del factor climático, pues se podría poner a secar mientras llueve o en la noche sin la necesidad de presencia de luz solar.
- Con el sistema automatizado propuesto, además de mejorar la calidad del grano al no estar en el suelo donde se tiene la presencia de desechos, aumenta la rentabilidad, debido a que permite secar una cantidad mucho más grande, usando tan solo una fracción del área de trabajo.
- El presente proyecto también reduce el riesgo de accidentes, entre ellos: riesgo de incendio, pues ya no es necesario estar pendiente si se va la energía para cerrar el pase de gas, ya que este se cierra automáticamente, asimismo al tener paletas automáticas para el movimiento, disminuye también el riesgo de lesiones por mover el grano del piso, en vista de que el cacao corroe el concreto, lo va desgastando y creando imperfecciones en la superficie las cuales pueden detener de forma abrupta el instrumento usado para mover, golpeando al personal que lo lleva.

4.2 Recomendaciones

- Aprovechando que la programación del sistema se puede actualizar, en el futuro se pueden agregar mejoras según lo requiera el cliente como por ejemplo incorporar un sensor de humedad, implementar otro motor para poder variar la altura de las paletas en caso de aumentar el llenado del producto en el recipiente.
- La función de alertas podría mejorarse, utilizando la conexión con la nube que ofrece el PLC Logo. Con esta función y haciendo uso de otras herramientas programables como por ejemplo AppInventor, el propietario podría recibir dichas alertas en su smartphone Android mientras cuente con acceso a internet.
- Una buena gestión para preservar la vida útil de los equipos a utilizar es que se realicen mantenimientos preventivos tales como limpieza de las unidades con aire a presión de manera que no se acumulen partículas de polvo y preservar su correcto funcionamiento.
- Debido al uso de GLP como combustible para alimentar el precalentador del secador se deben considerar todas las medidas de seguridad del caso tales como extintores, red de agua contra incendios, retardantes de llama en las paredes del lugar donde se realiza el proceso, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Airtècnics. (s.f.). Airtecnics. Obtenido de

<https://www.airtecnics.com/es/productos/ventiladores-centrifugos-de-baja-presion>

Alexander, A. (7 de 12 de 2017). Youtube. Obtenido de

https://www.youtube.com/watch?v=7VI_Z0nPz_c

CACAO, P. (08 de 09 de 2021). CACAO, POSCOSECHA. Obtenido de

<https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>

CPI S.A. (s.f.). CPI. Obtenido de <https://www.cpi.com.ar/productos/indusoft-web-studio/>

FERRER REDONDO, A. B. (Septiembre de 2021). Obtenido de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/174242/Ferrer%20-%20DETECCION%20DE%20DESCARGAS%20PARCIALES%20EN%20EL%20SISTEMA%20AISLANTE%20DE%20LOS%20MOTORES%20ELECTRICOS%20COMO%20T....pdf?sequence=1>

GENERA CREATIVE GROUP. (7 de JUNIO de 2019). AUTYCOM. Obtenido de

<https://www.autycom.com/ventajas-pantallas-hmi/>

HI-FI SAC. (s.f.). HI-FI ELECTRONICA. Obtenido de

<https://hifisac.com/shop/product/thk0502-lt8-termocupla-tipo-k-bulbo-de-5x50mm-con-cable-de-2-metros-400degc-rosca-m8-sensor-de-temperatura-6126#attr=>

Improselec. (s.f.). Improselec. Obtenido de

<https://mitienda.improselec.com/product/motor-siemens-3hp-900rpm/>

Lake Shore. (s.f.). Obtenido de

<http://irtfweb.ifa.hawaii.edu/~iqup/domeenv/PDF/pt100plat.pdf>

Lugo, E. (s.f.). Sensor de Humedad - Tipos y principio de Funcionamiento. Obtenido de

<https://electronicalugo.com/sensor-de-humedad-tipos-y-principio-de-funcionamiento/>

Lutheran World Relief. (2020). Cacao Movil. Obtenido de

<https://cacaomovil.com/site/guide/cosecha-fermentacion-y-secado-del-cacao/42/el-secado-del-cacao>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). Obtenido de

<https://www.agricultura.gob.ec/produccion-de-cacao-apunta-a-romper-record-este-ano/#:~:text=En%20Ecuador%2C%20los%20cultivos%20de,Orellana%2C%20Napopo%20y%20Zamora%20Chinchi>.

NEWARK. (s.f.). NEWARK. Obtenido de

<https://mexico.newark.com/cynergy3/ittuk150a/tc-probe-k-type-6mm-x-150mm-ss/dp/57AC5907>

Nogales, J. R. (08 de 2017). poscosecha cacao. Obtenido de

<https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>

PINO Peralta, S. L., AGUILAR Azuero, H., & SISALEMA Morejón, L. (15 de Enero de 2018). Revista Espacios. Obtenido de Revista Espacios:

<https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/18391613.html>

Quesada, J. L. (2016). IES San Juan Bosco. Obtenido de

http://dis.um.es/~lopezquesada/documentos/IES_1617/SRI/curso/UT2/UT2.pdf

Rechner. (2019). El Sensor de Temperatura. Obtenido de [https://www.rechner-](https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura)

[sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura](https://www.rechner-sensors.com/es/documentacion/knowledge/el-sensor-de-temperatura)

Richtek Industry. (s.f.). Richtek. Obtenido de

<https://www.dryerindustry.com/es/product/vegetable-dryer-fruit-drying-machine-industrial-food-dehydrator/>

SCHNEIDER ELECTRIC. (s.f.). SCHNEIDER ELECTRIC. Obtenido de [https://product-](https://product-help.schneider-)

[help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/FBD_LD_IL_Editor/FBD_LD_IL_Editor-4.htm](https://product-help.schneider-electric.com/Machine%20Expert/V1.1/es/SoMProg/SoMProg/FBD_LD_IL_Editor/FBD_LD_IL_Editor-4.htm)

Sergio Nuñez, R. M. (2017). Automatización de los procesos de secado y selección del Cacao Ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales . Revista Industrial Data.

SERVOTECHNIK. (s.f.). SERVOTECHNIK. Obtenido de <https://servotechnik.es/project/anillos-rozantes/>

SIEMENS. (FEBRERO de 2013). SIEMENS. Obtenido de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/484/67267484/att_61462/v1/v20_OPI_es-SP_es-ES.pdf

SIEMENS. (s.f.). SIEMENS. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ar/Catalog/Product/6ED1052-1HB08-0BA1>

SIRCA. (s.f.). SIRCA. Obtenido de <https://sircaecuador.com/productos/secadora-a-gas-pequenas-y-medianas-capacidades/>

Taizhou Tonhe Flow Control Co. (s.f.). TONHEFLOW. Obtenido de <http://www.motorized-valve.com/modulating-valve/>

top, E. f. (24 de Abril de 2020). Sensor de tensión: Principio de Funcionamiento, tipos y diagrama de circuitos. Obtenido de <https://www.electronicafacil.top/sensores/sensor-de-tension-principio-de-funcionamiento-tipos-y-diagrama-de-circuito/>

Torres, J. M. (13 de Marzo de 2019). www.lawebdelprogramador.com. Obtenido de <https://www.lawebdelprogramador.com/pdf/15495-Introduccion-a-las-Redes-de-Comunicacion-Industrial.html>

VAISALA. (s.f.). vaisala. Obtenido de <https://www.vaisala.com/es/products/instruments-sensors-and-other-measurement-devices/instruments-industrial-measurements/hmp110>

VIRTUALEXPO GROUP. (s.f.). DirectINDUSTRY. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/texys/product-17937-2097693.html>

WILPAC S.A. (s.f.). WILPAC Maquinaria y Soluciones Industriales. Obtenido de <https://wilpac-maquinaria-y-soluciones-industriales.negocio.site/>

ANEXOS

ANEXO 1: Plantación de Cacao del Cliente



ANEXO 2: Método de secado al sol, usado por el cliente



ANEXO 3: Secadoras no automatizadas que posee el cliente



ANEXO 4: Programación en el software LOGO SOFT

BOTON ARRANQUE



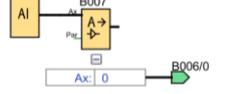
SENSOR TEMPERATURA



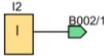
SET TEMPERATURA



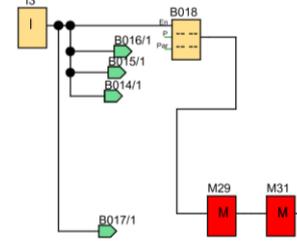
SET TIEMPO



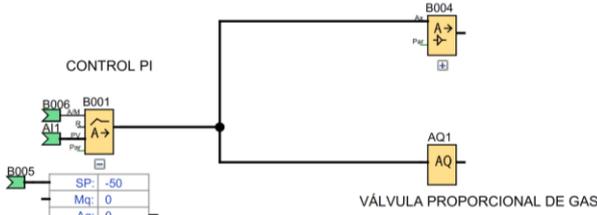
VELOCIDAD UP



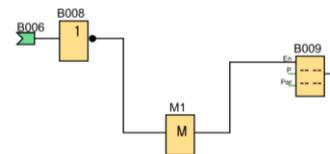
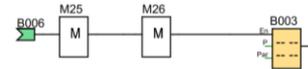
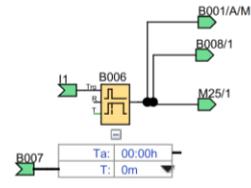
PARADA DE EMERGENCIA



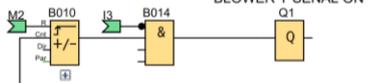
CONTROL PI



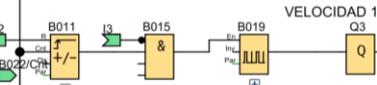
VÁLVULA PROPORCIONAL DE GAS



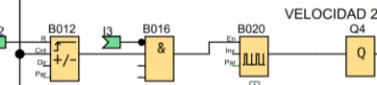
BLOWER Y SEÑAL ON



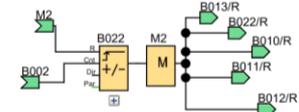
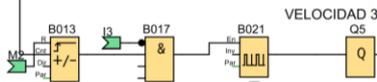
VELOCIDAD 1



VELOCIDAD 2



VELOCIDAD 3



ANEXO 5: Precios equipos SIEMENS

Variadores de Velocidad

Variadores de velocidad Compactos SINAMICS V20, 220 VAC (1F) ó 380-480 VAC

Con voltajes de alimentación 220 VAC monofásico (bifásico) ó 440 VAC trifásicos.

No. de Depósito	Descripción						Precio Lista Unit. US \$		
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; color: white; background-color: orange; font-weight: bold;">Potencias Ampliadas!</div>  Familia SINAMICS V20								
EQUIPO PARA TENSIÓN DE CONEXIÓN 220 VAC MONOFÁSICO (BIFÁSICO)¹⁾									
	Tipo	Tamaño	Pot. del motor ²⁾		Corriente de Entrada (A)	Corriente de Salida (A)			
			(HP)	(HP)					
	100365756	6SL3210-5BB13-7UV1	FSAA	0.5	0.37	6.2	2.3	296,00	
	100365871	6SL3210-5BB15-5UV1	FSAB	0.75	0.55	7.7	3.2	316,00	
	100371062	6SL3210-5BB17-5UV1	FSAB	1	0.75	10.0	4.2	341,00	
	100465570	6SL3210-5BB21-1UV1	FSAC	1.5	1.1	14.7	6.0	397,00	
	100465571	6SL3210-5BB21-5UV1	FSAC	2	1.5	19.7	7.8	445,00	
	100647301	6SL3210-5BB22-2UV1	FSC	3	2.2	27.2	11.0	538,00	
	100647302	6SL3210-5BB23-0UV1	FSC	4	3	35.6	13.6	631,00	
EQUIPO PARA TENSIÓN DE CONEXIÓN 440 VAC TRIFÁSICO¹⁾									
	Tipo	Tamaño	Pot. del motor ²⁾		Corriente de Entrada (A)	Corriente de Salida			
			Par cons. ³⁾	Par var. ⁴⁾		Par cons. (A)	Par var. (A)		
			(HP)	(HP)					
	100254278	6SL3210-5BE13-7UV0	FSA	0.5	0.5	1.7	1.3	1.3	479,00
	100254279	6SL3210-5BE15-5UV0	FSA	0.75	0.75	2.1	1.7	1.7	502,00
	100254280	6SL3210-5BE17-5UV0	FSA	1	1	2.6	2.2	2.2	519,00
	100254281	6SL3210-5BE21-1UV0	FSA	1.5	1.5	4	3.1	3.1	566,00
	100254282	6SL3210-5BE21-5UV0	FSA	2	2	5	4.1	4.1	655,00
	100254283	6SL3210-5BE22-2UV0	FSA	3	3	6.4	5.6	5.6	722,00
	100254284	6SL3210-5BE23-0UV0	FSB	4	4	8.6	7.3	7.3	820,00
	100254285	6SL3210-5BE24-0UV0	FSB	5	5	11.3	8.8	8.8	920,00
	100254286	6SL3210-5BE25-5UV0	FSC	7.5	7.5	15.2	12.5	12.5	1.282,00

Nuevo
Nuevo

SIMOTICS trifásicos IE2 (Alta Eficiencia) 6 polos , 60Hz IP55

Motores

No. de Depósito	Descripción								Precio Lista Unit. US \$
									
	<p>Nuevo!</p> <p>¡Su motor es muy valioso!</p> <p>Protéjalo únicamente con productos Siemens:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ SIRIUS ✓ SINAMICS 								
Tipo		Tamaño Constructivo	Potencia HP	Potencia kW	F.Servicio FS	Corriente (A)			
						220 V	380 V	440 V	
VELOCIDAD 1.200 rpm (6 polos)									
100422435	1LE0141-0DC36-4AA4-Z	80 M	0.75	0.55	1.15	3.0	1.74	1.5	324,00
100422436	1LE0141-0EC06-4AA4-Z	90 S	1.0	0.75	1.15	3.7	2.15	1.86	391,00
100422437	1LE0141-1AC36-4AA4-Z	100 L	1.5	1.12	1.15	4.9	2.85	2.45	462,00
100422439	1LE0141-1BC16-4AA4-Z	112 M	2.0	1.50	1.15	6.4	3.7	3.2	550,00
100422440	1LE0141-1BC26-4AA4-Z	112 M	3.0	2.20	1.15	9.5	5.5	4.75	623,00
100422442	1LE0141-1CC06-4AA4-Z	132 S	4.0	3.00	1.15	12.6	7.3	6.3	760,00
100422443	1LE0141-1CC26-4AA4-Z	132 M	5.0	3.73	1.15	15.8	9.1	7.9	982,00
100422444	1LE0141-1CC36-4AA4-Z	132 M	7.5	5.60	1.15	22.0	12.7	10.9	1,201,00
100422445	1LE0141-1CC86-4AA4-Z	132 M	10.0	7.5	1.15	31.0	17.8	15.4	1,656,00
100422446	1LE0141-1DC46-4AA4-Z	160 L	15.0	11.2	1.15	43.0	25.0	21.5	2,184,00
100422447	1LE0141-1DC86-4AA4-Z	160 L	20.0	14.9	1.15	59.0	34.5	29.5	2,586,00
100422448	1LE0141-1EC86-4AA4-Z	180 L	25.0	18.7	1.15	68.0	39.5	34.5	3,497,00
100422449	1LE0141-2AC56-4AA4-Z	200 L	30.0	22.4	1.15	80.0	46.5	40.0	4,030,00
100422450	1LE0141-2AC86-4AA4-Z	200 L	40.0	29.8	1.15	107.0	62.0	53.0	5,418,00
100422451	1LE0141-2BC86-4AA4-Z	225 M	50.0	37.3	1.15	132.0	75.0	66.0	6,670,00
100422452	1LE0141-2CC86-4AA4-Z	250 M	60.0	44.5	1.15	151.0	88.0	76.0	7,559,00
100422454	1LE0141-2CC76-4AA4-Z	250 M	75.0	55.5	1.15	189.0	109.0	94.0	9,753,00
100422455	1LE0141-2DC83-3AA4-Z	280 M	100	75.0	1.15	-	-	122.0	12,133,00

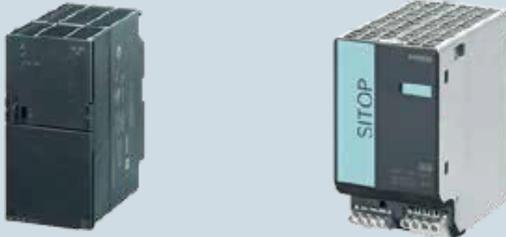
Módulo lógico programable LOGO! 8

Simple, Inteligente, Genial.

No. de Depósito	Descripción					Precio Lista Unid. US \$	
	 LOGO! 8						
Tipo	Referencia	Tensión de Alimentación	Entradas/Salidas	Corriente máxima de salida			
				AC1 (A)	AC3 (A)		
MÓDULOS LÓGICOS BÁSICOS							
100690320	6ED1052-1MD00-0BA1	LOGO! 12/24RC	12/24 VDC	4DI / 4DO tipo relé	4AO(0-10V)	228,00	
100690289	6ED1052-1FB08-0BA1	LOGO! 230RC	110/220 V AC	8DI / 4DO tipo relé	3	233,00	
100421595	6ED1057-3BA03-0AA8	LOGO! Box Starter kit. Incluye módulo lógico LOGO! 230RC, LOGO!Soft Comfort V8 y TIA PORTAL WinCC Basic V17 para pantallas HMI Basic Panel				560,00	
MÓDULOS DE EXPANSIÓN LOGO! PARA MÓDULOS LÓGICOS BÁSICOS							
Módulos de expansión para señales digitales							
100323885	6ED1055-1MB00-0BA2	LOGO! DM8 12/24R	12/24 V DC	4DI / 4DO tipo relé	5	2	115,00
100323882	6ED1055-1FB00-0BA2	LOGO! DM8 230R	110/220 V AC	4DI / 4DO tipo relé	5	2	115,00
100323886	6ED1055-1NB10-0BA2	LOGO! DM16 24R	24 V DC	8DI / 8DO tipo relé	5	2	194,00
100323883	6ED1055-1FB10-0BA2	LOGO! DM16 230R	110/220 V AC	8DI / 8DO tipo relé	5	2	194,00
Módulos de expansión para señales analógicas							
100323887	6ED1055-1MA00-0BA2	LOGO! AM2	12/24 V DC	2 AI (0-10 V, 0-2.0 mA)		143,00	
100323888	6ED1055-1MD00-0BA2	LOGO! AM2 RTD	12/24 V DC	2 AI (Pt100/Pt1000)		163,00	
100323727	6ED1055-1MM00-0BA2	LOGO! AM2 AQ	24 V DC	2 AO (0-10 V/0-2.0 mA)		188,00	
Módulos de comunicación							
100335673	6GK7142-7BX00-0AX0	Módulo de comunicación CMR2020 GSM/GPS para LOGO!8. Permite recibir y enviar mensajes SMS de estado y control desde y hasta teléfonos celulares. Puede utilizarse en formato stand-alone. El módulo CMR2020 dispone de 2 DI a 24VDC y 2 DO a 24VDC incorporadas. Las antenas GSM y GPS se venden por separado. Para aplicaciones GSM utilizar la antena ANT 794-4MR. Para aplicaciones GPS favor consultar.				723,00	
100016890	6NH9860-1AA00	Antena ANT 794-4MR GSM Quadband. Apta para instalación en intemperie. Incluye cable de conexión de 5m de longitud y accesorios de montaje.				116,00	
SOFTWARE							
100324760	6ED1058-0BA08-0YA1	LOGO!Soft Comfort V8. Software de configuración y programación para LOGO! Permite la simulación del programa y la verificación de datos en línea. Soporta la programación de todas las generaciones de LOGO!, incluidos los módulos lógicos versión 8.				96,00	
ACCESORIOS							
100691392	6ED1055-4MH08-0BA1	LOGO! TDE. Display con 6 líneas texto. Incluye accesorios de montaje. Configuración con LOGO!Soft Comfort V8. Incluye dos puertos de comunicación Ethernet (switch integrado) para la implementación de topologías en línea o bus. Este panel es compatible con módulos lógicos básicos a partir de la versión 0BA8.				248,00	

Fuentes de alimentación SITOP

Máxima fiabilidad y eficiencia

No. de Depósito	Descripción		Precio Lista Unit. US \$
			
	SITOP PS307 formato S7- 300	SITOP Modular	
Tipo		Descripción	
100402327	6EP3332-6S800-0AY0	Fuente de poder LOGO! Power. Entrada 110/220VAC; salida: 24VDC 2.5A	129,00
100071775	6ES7307-1EA01-0AA0	Fuente SITOP PS307 formato S7-300. Entrada 120/230V AC; salida 24 VDC 5A	393,00
100290535	6EP1333-3BA10	Fuente SITOP Modular entrada 120/230-500 V AC; salida 24 VDC 5A	376,00
100290536	6EP1334-3BA10	Fuente SITOP Modular entrada 120/230-500 V AC; salida 24 VDC 10A	516,00
100154424	6EP1336-3BA10	Fuente SITOP Modular entrada 120/230 V AC; salida 24 VDC 20A	690,00
100328333	6EP3436-8S800-0AY0	Fuente SITOP entrada trifásica 400-500 VAC; salida 24 VDC 20A	609,00
100469958	6EP3437-8S800-0AY0	Fuente SITOP Modular entrada trifásica 400-500 VAC; salida 24 VDC 40A	1.029,00
Sistemas Industriales de alimentación InInterrumpida (UPS)			
<p>Una alimentación constante y fiable es indispensable para el funcionamiento eficiente de una máquina instalación. SITOP ofrece sistemas de alimentación ininterrumpida altamente confiables, diseñados para aplicaciones industriales.</p> <p>Los módulos UPS compactos aseguran la continuidad del funcionamiento del sistema de corriente continua incluso durante horas. La comunicación Profinet / Industrial Ethernet u OPC UA disponible, permite llevar información del UPS al sistema HMI para monitorear la disponibilidad del sistema, nivel de carga y estado de las baterías, voltaje entregado al sistema, entre otros.</p> <p>Utilice la herramienta Tia Selection Tool para determinar los equipos óptimos para suministrar 24VDC a su instalación de manera fiable www.siemens.com/tia-selection-tool</p>			

Comunicación industrial SIMATIC NET

Switches Industrial Ethernet y Accesorios.

No. de Depósito	Descripción		Precio Lista Unit. US \$
	 <p style="text-align: center;"> Scalance X005 Scalance X104-1 Scalance XC108 </p> <p style="text-align: center;">Switches Industrial Ethernet no administrables</p>		
100150952	6GK7277-1AA10-0AA0	CSM1277 switch Industrial Ethernet no administrable, formato SIMATIC S7-1200. Con 4 puertos RJ45 10/100Mbps. Alimentación 24 VDC .	319,00
100390989	6GK5005-0BA10-1AA3	SCALANCE X005, switch Industrial Ethernet no administrable, con 5 puertos RJ45 10/100Mbps. Alimentación 24VDC. Con LED de diagnóstico.	442,00
100154473	6GK5004-1BD00-1AB2	SCALANCE XB004-1, switch Industrial Ethernet no administrable, con 4 puertos RJ45 10/100Mbps y 1 puerto SC para fibra óptica multimodo 100Mbps Alimentación 24VDC. Con LED de diagnóstico.	635,00
100410485	6GK5108-0BA00-2AC2 ^{h)}	SCALANCE XC108, switch Industrial Ethernet no administrable, con 8 puertos RJ45 10/100Mbps. Permite alimentación de 24VDC redundante. Con LED de diagnóstico, contacto de señalización de fallo, con pulsador SET.	1018,00
	 <p style="text-align: center;"> Scalance XC206-2 Scalance XB205-3 Scalance XC216 </p> <p style="text-align: center;">Switches Industrial Ethernet administrables</p>		
100396615	6GK5208-0BA00-2AC2	SCALANCE XC208, switch Industrial Ethernet administrable, capa 2, con 8 puertos RJ45 10/100Mbps. Permite alimentación redundante, diagnóstico via LED, rango de temperatura -40°C a 70°C. Incorpora funcionalidad de gestor de redundancia para implementar topologías en anillo.	1.687,00
100402948	6GK5206-2B800-2AC2 ^{h)}	SCALANCE XC206-2, switch administrable, capa 2, con 6 puertos RJ45 10/100 Mbps y 2 puertos para fibra óptica multimodo ST/BFOC 100Mbps. Posibilidad de alimentación redundante, diagnóstico via LED, rango de temperatura -40°C a 70°C. Incorpora funcionalidad de gestor de redundancia para implementar topologías en anillo.	2.774,00

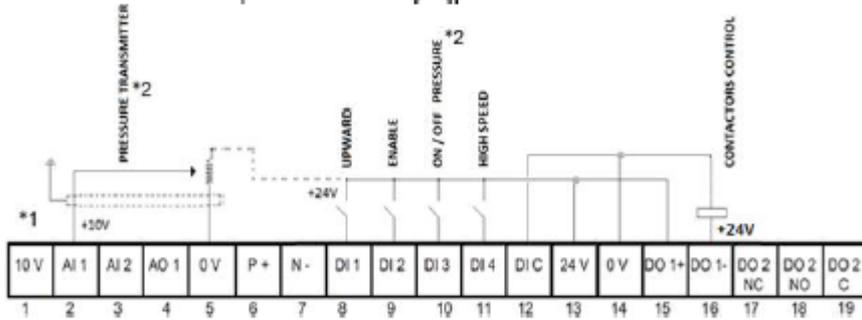
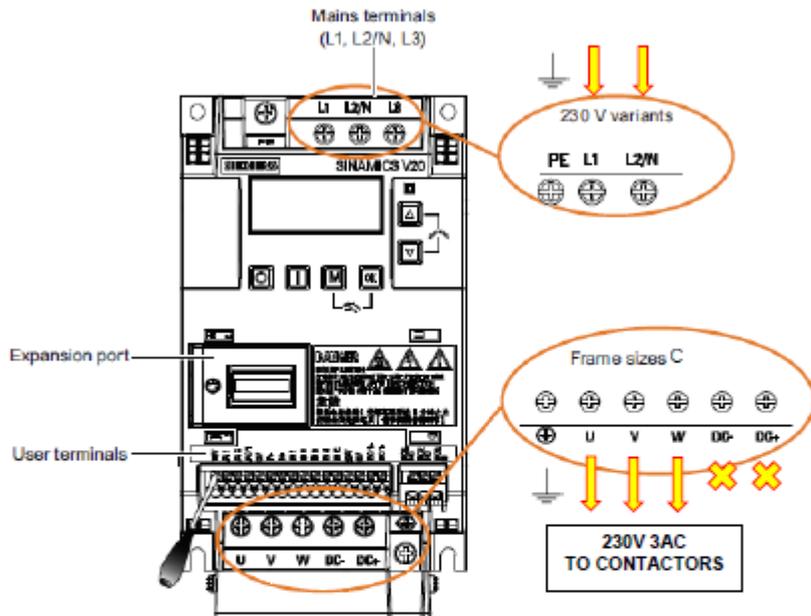
ANEXO 6: Manual SINAMICS V20



7.4 SIEMENS V20 ELECTRICAL WIRING

Permissible I/O terminal cable cross-sections

Cable type	Permissible cable cross-section
Solid or stranded cable	0.5 to 1.5 mm ²
Ferule with insulating sleeve	0.5 mm ²



*1 Use shielded screw for analog inputs.

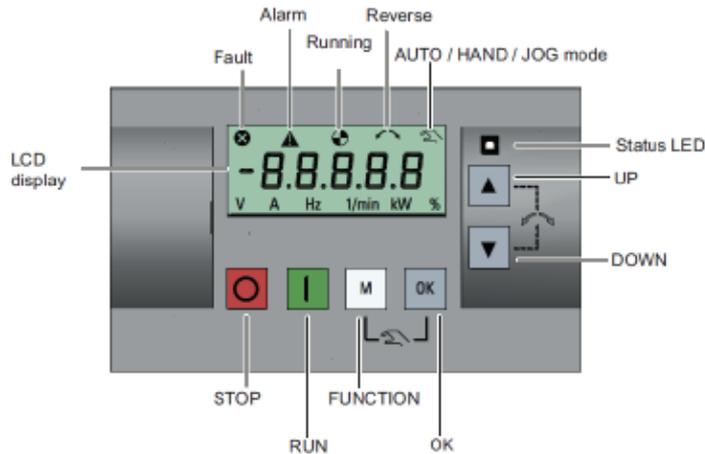
*2 Only with optional power limitation function.

9.2 THE BUILT-IN BASIC OPERATOR PANEL (BOP)

The Basic Operator Panel BOP is an operator panel with six keys and a backlight display unit. The BOP is inserted on the Inverter V20.

The BOP supports the following functions:

- Input of parameters and activation of functions
- Display of operating modes, parameters, alarms and faults

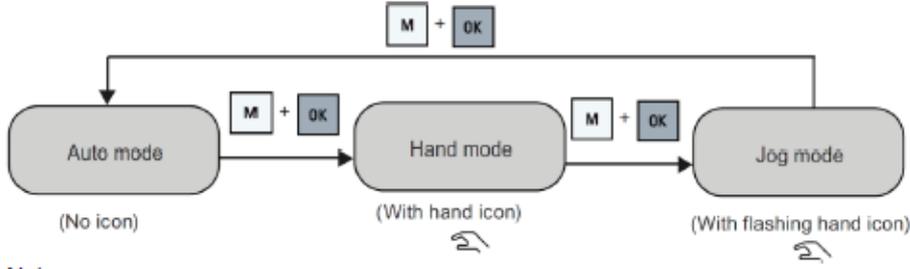


⚠ WARNING: DON'T USE THE BUTTONS 0/1.

The buttons 0/1 bypass the panel signals, so the starting and the stopping of the inverter and the motor are under exclusive control and responsibility who activate them.

Funzioni pulsante

 (STOP)	Stops the inverter	
	Single press	OFF1 stop reaction: the inverter brings the motor to a standstill in the ramp-down time set in parameter P1121.

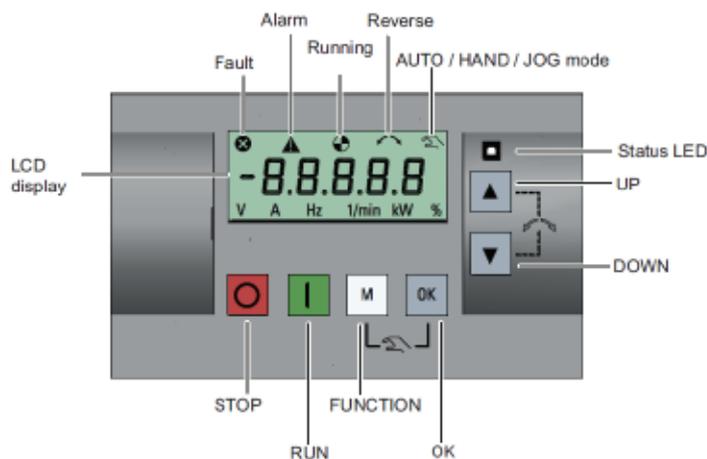
	long press (> 3 s)	to a standstill without using any ramp-down times.
I (RUN)	Starts the inverter If the inverter is started in HAND / JOG mode, the inverter running icon () displays. Note: This button is inactive if the inverter is configured for control from terminals (P0700 = 2, P1000 = 2) and is in AUTO mode.	
M	Multi-function button	
	Short press (< 2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Enters the parameter setting menu or moves to the next screen • Restarts the digit by digit editing on the selected item • If pressed twice in digit by digit editing, returns to the previous screen without changing the item being edited
	Long press (> 2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Returns to the status screen • Enters the setup menu
OK	Short press (< 2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Switches between status values • Enters edit value mode or change to the next digit • Clears faults
	Long press (> 2 s)	<ul style="list-style-type: none"> • Quick parameter number or value edit
M+OK	Hand / Jog / Auto Press to switch between different modes:  <pre> graph LR A[Auto mode (No icon)] -- "M + OK" --> B[Hand mode (With hand icon)] B -- "M + OK" --> C[Jog mode (With flashing hand icon)] C -- "M + OK" --> A </pre> <p>Note: Jog mode is only available if the motor is stopped and it is a mode of operation of low-speed service.</p>	
▲	<ul style="list-style-type: none"> • When navigating through a menu, it moves the selection up through the screens available. • When editing a parameter value, it increases the displayed value. • When the inverter is in RUN mode, it increases the speed. • Long press (> 2 s) of the key quickly scrolls up through parameter numbers, indices, or values. 	
▼	<ul style="list-style-type: none"> • When navigating through a menu, it moves the selection down through the screens available. • When editing a parameter value, it decreases the displayed value. • When the inverter is in RUN mode, it decreases the speed. • Long press (> 2 s) of the key quickly scrolls down through parameter numbers, indices, or values. 	
▲ + ▼	Reverses the direction of rotation of the motor. Pressing the two keys once activates reverse motor rotation. Pressing the two keys once again deactivates reverse rotation of the motor. The reserve icon () on the display indicates that the output speed is opposite to the setpoint.	

9.2 THE BUILT-IN BASIC OPERATOR PANEL (BOP)

The Basic Operator Panel BOP is an operator panel with six keys and a backlight display unit. The BOP is inserted on the Inverter V20.

The BOP supports the following functions:

- Input of parameters and activation of functions
- Display of operating modes, parameters, alarms and faults



⚠ WARNING: DON'T USE THE BUTTONS 0/1.

The buttons 0/1 bypass the panel signals, so the starting and the stopping of the inverter and the motor are under exclusive control and responsibility who activate them.

Funzioni pulsante

 (STOP)	Stops the inverter	
	Single press	OFF1 stop reaction: the inverter brings the motor to a standstill in the ramp-down time set in parameter P1121.