



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS  
Y TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
SCADA EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE  
LA PULPA DEL TAMARINDO”**

**AUTOR**

KEVIN ALONSO BORBOR REYES

**PROFESOR TUTOR**

ING. CARLOS SALDAÑA ENDERICA, MACI.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2017

## **AGRADECIMIENTO**

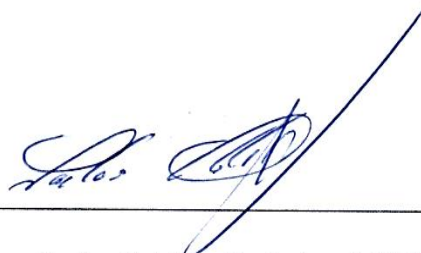
Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que estuvieron a mi alrededor durante esta etapa de mi vida como lo son: mis maestros, amigos y en especial a mis padres ya que ellos me inculcaron a terminar lo que uno empieza pese a las adversidades que se presente durante la travesía. Por eso a cada uno de ellos me queda decirles gracias por su apoyo y las enseñanzas que me supieron brindar.

Kevin Alonso Borbor Reyes

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: “**Diseño e implementación de un sistema SCADA en el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo**”, elaborado por el estudiante **Borbor Reyes Kevin Alonso**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicia los trámites legales correspondientes.

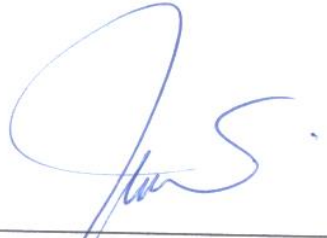
La libertad, Agosto del 2017



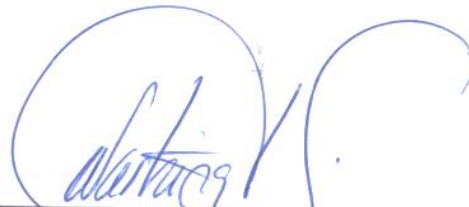
---

*Ing. Carlos Saldaña Enderica, MACI.*  
**TUTOR**

**TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Shendry Rosero Vásquez, MSc.  
**DECANO (E) DE FACULTAD**



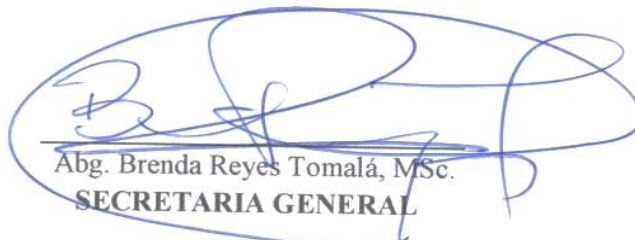
Ing. Washington Torres Guin, MSc.  
**DIRECTOR DE CARRERA**



Ing. Carlos Saldaña Enderica, MACI.  
**PROFESOR TUTOR**



Ing. Jose Sanchez Aquino, MACI.  
**PROFESOR DE ÁREA**



Abg. Brenda Reyes Tomalá, MSc.  
**SECRETARIA GENERAL**

## RESUMEN

En la provincia de Santa Elena existen microempresas extractoras de pulpa del tamarindo, la elaboración de sus productos se lo hace de manera artesanal, lo cual implica procedimientos rudimentarios que en muchos casos producen un bajo porcentaje en la eficiencia de la producción ocasionando un índice de producción no deseado.

Los procesos de pesado, mezclado, extracción y deshidratación de la pulpa de tamarindo se lo realizan de forma manual en las pequeñas industrias radicadas en la parroquia Julio Moreno de la provincia de Santa Elena, esto implica que requieran de varias personas para el control de estas etapas y los resultados dependerán única y exclusivamente de la interpretación visual de cada uno de ellos.

Para ello se plantea como solución desarrollar un sistema de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) para ejecutar y monitorear de forma remota las fases del proceso de deshidratado del tamarindo desde un centro de control, con la finalidad de proporcionar seguridad a cada operario además de recopilar y almacenar la información mediante el uso de un ordenador, paralelamente es necesario implementar la automatización de estos procesos que junto al sistema SCADA se encarguen de controlar y adquirir datos emitidos por los equipos.

Este proyecto busca establecer un análisis económico y técnico de esta propuesta con la finalidad de ejecutarlo en otros emprendimientos de la mismas características, así como la factibilidad técnica para el mismo, en el desarrollo de esta propuesta se observa que la implementación de este proyecto resulta factible al adquirir equipos de bajo presupuesto con respecto a marcas reconocidas a nivel industrial.

El desarrollo del sistema SCADA resulta favorable para la supervisión de los procesos debido a que a través de las configuraciones de los controladores (PLC, medidor de temperatura y variador de frecuencia) se logra manipular y monitorear los parámetros establecidos en el sistema para su correcto desempeño.

## **ABSTRACT**

There are micro-companies that extract tamarind pulp in Santa Elena province, the production of their products is made in a traditional way, which involves rudimentary procedures that in many cases produce a low percentage of production, resulting in a decrease index of production.

The processes of weighing, mixing, extraction and dehydration of tamarind pulp are carried out manually in the small industries located in Julio Moreno town of the province of Santa Elena, this implies that they require several people to control these stages and the results would just depend exclusively on the visual interpretation of each of them.

Furthermore, it is proposed as a solution to develop a control, monitoring and data acquisition system (SCADA) to remotely execute and monitor the phases of the tamarind dehydration process from a control center, in order to provide safety to each operator besides collecting and storing the information through the use of a computer. For this reason, it is necessary to implement the automation of these processes that joined with the SCADA system are responsible for controlling and acquiring data emitted by the equipment.

This project seeks to establish an economic and technical analysis of this proposal with the purpose of executing it, in other enterprises of the same characteristics, and the technical feasibility for it. In the development of this proposal it is observed that the implementation of this project is feasible by purchasing low-budget equipment about industrially recognized brands.

The development of the SCADA system is favorable for the supervision of the processes because the configurations of the controllers (PLC, temperature gauge and frequency inverter) are able to manipulate and monitor the parameters established in the system for its correct improvement.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

*Kevin Borbor Reyes.*

---

Kevin Alonso Borbor Reyes  
AUTOR

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>ITEM</b>	<b>PÁGINAS</b>
AGRADECIMIENTO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
TRIBUNAL DE GRADO	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
DECLARACIÓN	VI
TABLAS DE CONTENIDOS	VII
INTRODUCCIÓN	1

### **CAPÍTULO I**

#### **GENERALIDADES DE LA PROPUESTA**

1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	4
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 METODOLOGÍA	5

### **CAPÍTULO II**

2.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	7
2.1.1 MARCO CONTEXTUAL	7
2.1.2 MARCO CONCEPTUAL	8
2.1.2.1 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL	8
2.1.2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	8
2.1.2.2.1 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS	8
2.1.2.2.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ETHERNET	9
2.1.2.2.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN S7	9
2.1.2.3 NORMAS ISA 101	10
2.1.2.4 CAPAS OSI	11
2.1.2.5 HMI (INTERFAZ HOMBRE MAQUINA)	12



2.1.2.6	SCADA (SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS)	12
2.1.2.7	DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DEL TAMARINDO	12
2.1.3	MARCO TEÓRICO	13
2.2	COMPONENTES DE LA PROPUESTA	14
2.2.1	COMPONENTES DE HARDWARE	14
2.2.2	COMPONENTES DE SOFTWARE	19
2.3	DISEÑO DE LA PROPUESTA	22
2.3.1	CONFIGURACIÓN DEL KEPSERVEREX 6	22
2.3.2	COMUNICACIÓN INTOUCH – PLC	25
2.3.3	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA PARA EL PROCESO DE “DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DE TAMARINDO”	26
2.3.3.1	DISEÑO DE LA PANTALLA “INGRESO AL SISTEMA”	26
2.3.3.2	DISEÑO DE LA PANTALLA “PORTADA DEL SISTEMA”	27
2.3.3.2.1	DISEÑO DE LA PANTALLA “RESUMEN”	28
2.3.3.3	DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE MEZCLADO”	28
2.3.3.4	DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE EXTRACCIÓN”	30
2.3.3.5	DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE DESHIDRATACIÓN”	32
2.3.3.6	DISEÑO DE LA PANTALLA “HISTORICOS DEL SISTEMA”	34
2.3.3.7	DISEÑO DE LA PANTALLA “ADMINISTRADOR”	36
2.3.4	DISEÑO DE LA PANTALLA HMI DEL SISTEMA	37
2.4	DIAGRAMA FISICO Y LOGICO DEL SISTEMA	41
2.5	DESCRIPCIÓN DE LOS SEGMENTOS DEL PLC	48
2.6	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	52
2.6.1	FACTIBILIDAD TECNICA	52
2.6.2	ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE EQUIPOS	56
2.7	PRUEBAS	59
2.8	RESULTADOS	63
	CONCLUSIONES	66
	RECOMENDACIONES	67
	BIBLIOGRAFÍA	68
	ANEXOS	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Comunicación industrial.	8
2	Plc simatic S7-1200.	14
3	CPU CM 1241 RS422 / 485. SIEMENS.	16
4	Controlador de temperatura DELTA 4848.	17
5	Termocupla tipo J con bulbo y cable.	17
6	Variador de frecuencia. DELTA.	18
7	Pantalla DELTA de la gama DOP-X.	19
8	Esquema del servidor KEPServerEX.	19
9	Software DOP-Soft para la interfaz HMI.	20
10	Logotipo del programa STEP 7 (TIA PORTAL).	20
11	Diseño del programa en el software Wonderware InTouch.	21
12	Creación del canal en el servidor KEPServerEX.	22
13	Configuración del dispositivo en el servidor KEPServerEX 6.	23
14	Direccionamiento de las variables en el servidor KEPServerEX 6.	24
15	Ventana de la configuración del alias en el KEPServerEX 6.	24
16	Cuadro de dialogo del Access name en el programa Wonderware Intouch.	25
17	Ventana del “Tagname Dictionary” del Wonderware Intouch.	26
18	Pantalla “INICIO DE SESIÓN”.	26
19	Script de la pantalla “INICIO DE SESIÓN”.	27
20	Pantalla “PORTADA DEL SISTEMA”.	27
21	Características y estados de los equipos de la pantalla “RESUMEN”.	28
22	Pantalla “PROCESO DE MEZCLADO”.	28
23	Ventana del proceso “EXTRACCIÓN DE LA PULPA”.	31
24	Ventana del proceso de deshidratación.	33
25	Ventana de los históricos del sistema.	35
26	Pantalla del “Administrador”.	36
27	Secciones que conforman la pantalla “Administrador”.	36

28	Pantalla inicial del HMI.	37
29	Pantalla HMI para controlar el acceso al sistema.	37
30	Pantalla HMI del proceso de mezclado.	38
31	Pantalla HMI del tanque de agua.	38
32	Pantalla HMI del proceso de extracción.	39
33	Pantalla HMI del proceso de deshidratación.	39
34	Pantalla HMI de las bombas de agua.	39
35	Pantalla HMI de los elementos del proceso de vaciado del depósito de mezclado.	40
36	Pantalla HMI de los elementos del proceso de vaciado del depósito de extracción.	40
37	Pantalla HMI para el llenado del depósito de deshidratación.	40
38	Pantalla HMI para bloquear el funcionamiento de los procesos.	41
39	Pantalla HMI del administrador del sistema.	41
40	Diagrama de bloque físico del sistema de deshidratación.	42
41	Diagrama topológico de la red del sistema.	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Especificaciones técnicas del S7-1200.	15
2	Datos técnicos del módulo CM 1241 RS422/485.	16
3	Datos técnicos conector RS422/485 (Hembra).	16
4	Parámetros técnicos de la termocupla J.	18
5	Especificaciones técnicas del variador de frecuencia.	18
6	Requisitos para la instalación del software TIA PORTAL.	21
7	Requisitos para instalación del software InTouch.	22
8	Parámetros para la comunicación vía MODBUS.	31
9	Parámetros del controlador de temperatura.	33
10	Direcciones de los elementos utilizados en el sistema.	42
11	Conectores y medio de transmisión de la red.	43
12	Parámetros del módulo MB_COMM_LOAD.	51
13	Parámetros del módulo MB_MASTER del variador de frecuencia.	51
14	Parámetros del módulo MB_MASTER del medidor de temperatura.	52
15	Características técnicas de diferentes marcas de PLC	53
16	Características técnicas de diversas marcas de servidores	54
17	Presupuestos de los equipos.	56
18	Presupuestos de equipos similares	57
19	Presupuesto de los materiales	57
20	Presupuesto de materiales similares	58
21	Comparación del costo total entre equipos y materiales	58
22	Pruebas del proceso de mezclado en servidor KEPServerEX.	59
23	Pruebas del segundo proceso del sistema en el OPC KEPServerEX.	60
24	Pruebas del llenado del depósito de deshidratación en el OPC KEPServerEX.	61

25 Pruebas del funcionamiento del caldero realizado en el servidor  
KEPServerEX OPC.

62

## LISTA DE ANEXOS

<b>N.-</b>	<b>Descripción</b>
1	Programación del controlador lógico programable
1.1	Segmento de inicio del sistema
1.2	Segmento de llenado del depósito de mezclado – modo remoto.
1.3	Segmento de llenado del depósito de mezclado – modo local.
1.4	Segmento de ingreso del agua en el depósito de mezclado – modo remoto.
1.5	Segmento de ingreso del agua en el depósito de mezclado – modo local.
1.6	Segmento de frecuencia del motor de mezclado – modo remoto.
1.7	Segmento de frecuencia del motor de mezclado – modo local.
1.8	Segmento del bloque de comunicación esclavo/maestro.
1.9	Segmento de vaciado del depósito de mezclado – modo remoto.
1.10	Segmento de llenado de los tanques 1 y 2 – modo remoto.
1.11	Segmento de llenado de los tanques 1 y 2 – modo local.
1.12	Segmento de llenado del depósito de deshidratación.
1.13	Segmento de control del caldero.
1.14	Segmento de comunicación entre el autómata maestro/esclavo.
1.15	Segmento de configuración del variador de frecuencia.
1.16	Segmento de configuración del medidor de temperatura.
1.17	Segmento de alarmas del sistema

## INTRODUCCIÓN

Muchas veces el crecimiento de una empresa se da por factores como: alta producción y la buena calidad de productos para estar a la vanguardia con sus demás competidores, sin embargo esto no ocurre en las pequeñas industrias que elaboran la pulpa del tamarindo en las parroquias aledañas de la provincia de Santa Elena, sus procesos se ejecutan de forma manual lo que implica el no control y supervisión de las variables más importantes de sus etapas (tiempo, temperatura, nivel, etc.) lo que conlleva a provocar pérdidas de la materia prima y por consiguiente bajos ingresos económicos a la misma.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo realizar el diseño de un sistema SCADA (control, supervisión y adquisición de datos) para el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo, el cual lo realizan de forma artesanal los pobladores de la parroquia Julio Moreno ubicado en plena cordillera Chongón-Colonche, con el propósito de incentivar el desarrollo productivo de esa zona

Este informe está constituido por dos capítulos, en el capítulo I se tratan los temas como: la situación actual del proceso de deshidratación de la pulpa de tamarindo en el Ecuador identificando los posibles problemas y las causas que hacen que no prospere este sector, también se define los objetivos que se desean alcanzar en esta propuesta, las limitaciones del sistema, entre otros.

En el capítulo II se lo divide en dos secciones: el desarrollo y el diseño de la propuesta. En la primera sección se encuentran temas como: el contexto del lugar donde se proyecta la ejecución del sistema, conceptos generales para la interconexión, el diseño e interfaces necesarias para su implementación, también se mencionan algunas fuentes de autores que aportan con conocimientos sobre el proceso a diseñar.

En la segunda sección abarca temas como: los componentes del sistema, el diseño de las pantallas tanto en Scada como en HMI, la descripción de la programación usada en el controlador lógico programables, su arquitectura física y lógica que se debe implementar para el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Actualmente las pequeñas industrias extractoras de pulpa del tamarindo situadas en la parroquia Julio Moreno del cantón Santa Elena provincia del mismo, realizan el control de sus procesos de forma manual, lo que implica en ciertas instancias pérdidas para las pequeñas industrias al no controlar y monitorear adecuadamente el desarrollo de sus etapas.

El proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo posee 3 etapas, las cuales se analizan para percatarse de los problemas que afectan el desarrollo de las pequeñas industrias. La primera etapa es el mezclado del tamarindo con agua, aquí se observa un inconveniente en el proceso ya que en muchas ocasiones a esta etapa le ingresa demasiada agua al no regular el encendido y apagado de la bomba adecuadamente, esto ocurre por algún tipo de descuido de la persona encargada.

La segunda etapa trata de la extracción de la pulpa del tamarindo con el objetivo de separar la semilla de la pulpa, se debe controlar el giro del motor el cual debe estar encendido por un lapso de 2 a 3 minutos a una velocidad moderada para no estropear el producto, pero muchas veces no se controla este tiempo y ocurre que las semillas comiencen a triturarse provocando un sabor amargo al producto.

El último proceso es la fase de deshidratación, esta etapa las microempresas la realizan mediante el uso de un caldero, el encendido del mismo debe ser por unos 10 minutos a una temperatura de 85°C, sin embargo, ocurre que la persona encargada en ocasiones se olvida de apagar el caldero provocando un sabor amargo en el producto, esto implica que a veces el producto no se pueda vender generando a las microempresas pérdidas económicas significativas a largo plazo.

Por todos estos antecedentes se propone a través de este proyecto automatizar los procesos para obtención de la pulpa del tamarindo y crear un sistema SCADA para así mejorar el desempeño de estas microempresas.



## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto consistió en diseñar el control y supervisión de los procesos para la deshidratación de la pulpa del tamarindo con la ayuda de un sistema SCADA, el cual se encarga de mostrar el adecuado funcionamiento de los procesos a diferentes usuarios que se encuentren conectados en la red.

El desarrollo de la simulación del proceso de deshidratación de la pulpa consta de tres partes como son:

**Conexión y configuración de los dispositivos de control:** para la interconexión de los equipos, se empleó una infraestructura centralizada y se determinaron los diversos medios de comunicación para las etapas del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo, con el propósito de proporcionar al sistema una comunicación rápida y segura entre ellos.

**Implementación de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos:** El sistema SCADA desarrollado para el proceso de extracción de pulpa del tamarindo, busca optimizar recursos ya sea este: el tiempo de elaboración de la pulpa y la reducción del control constante de estos procesos de forma directa con el cual se da paso a la creación de una estación de mando, en donde se pueda controlar el sistema desde un cuarto de control y tomar decisiones en tiempo real.

**Las fases del proceso de extracción de la pulpa del tamarindo son:** el pesado, mezclado y reposo, extracción y tratamiento térmico que se realiza en depósitos diferentes, por ello se observa que es necesario juntar las dos primeras etapas para que se realice el proceso en un solo depósito para así mejorar el tiempo de elaboración.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema SCADA que permita el control y supervisión de las etapas del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo.

### **1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- ❖ Diseñar un sistema SCADA para la supervisión de manera remota del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo.
- ❖ Desarrollar una interfaz hombre-máquina (HMI) para la supervisión de manera local del proceso.
- ❖ Instalar los equipos para el proceso de control y supervisión.
- ❖ Configurar los parámetros de operación de los equipos para el proceso de control y supervisión.
- ❖ Configurar una red de comunicación para la transmisión y recepción de datos entre los dispositivos del sistema.
- ❖ Realizar las pruebas de comunicación entre los equipos de campo, control de proceso, de operación y supervisión.

### **1.4 RESULTADOS ESPERADOS**

- ❖ Una comunicación estable entre el controlador lógico programable y el sistema SCADA mediante el uso del servidor KEPServerEX OPC.
- ❖ El funcionamiento adecuado de los equipos (variador de frecuencia y medidor de temperatura) de manera que puedan recibir información tanto de lectura como escritura por parte del controlador lógico programable (PLC).
- ❖ Visualización de las etapas del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo y controlar su funcionamiento a través de un pantalla/ordenador.
- ❖ Funcionamiento apropiado de los procesos de deshidratación de la pulpa del tamarindo una vez definidos sus parámetros de operación.

### **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El proceso de deshidratación se desarrolla con el propósito de garantizar la conservación del producto por un período de tiempo mucho mayor, evitando así el crecimiento de microorganismos y cualquier otro tipo de afectación al producto. Esta técnica puede ser controlada a través de un sistema SCADA y mediante la utilización de una pantalla HMI los cuales proyectan el funcionamiento de los procesos al operador permitiéndole el manejo de los dispositivos electrónicos.

La pantalla HMI y el sistema SCADA permiten monitorear los niveles de llenado de tanque, los tiempos (mezclado, extracción y deshidratación), el control de la temperatura a través de un diseño amigable y entendible para el operador, además de controlar el encendido y apagado de bomba, válvulas, motores, entre otros ofreciendo seguridad del mismo mediante el ingreso de una contraseña.

Para evitar que el producto cambie su sabor se controla: la velocidad de giro del motor utilizando un variador de frecuencia y la temperatura del depósito de deshidratación a través de un controlador de temperatura, una vez que haya excedido la temperatura dentro del depósito el sistema enciende un led indicador en el módulo para indicarle al operario que debe de apagarse el caldero hasta que la temperatura sea menor con una histéresis de -5 para permitir su encendido nuevamente.

Esta propuesta abre un abanico de posibilidades para las microempresas en el país que se dedican a esta actividad, generando oportunidades de desarrollo tecnológicos desde la academia en el desarrollo de nuevos proyectos de titulación en el área que permitan a la sociedad poder ingresar al mercado en un corto o mediano período de tiempo.

## **1.6 METODOLOGÍA**

Los tipos de investigación que se aplican en este proyecto son:

### **❖ INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

Se investigó las etapas del sistema mediante el uso de las siguientes técnicas:

**Bibliográficas:** Esto se realiza al consultar información a través de la utilización de folletos, texto, foros y otras referencias bibliográficas relacionadas al tema que aporten con conocimiento en el desarrollo de este proceso.

**Observación:** Se usa esta técnica para tener un conocimiento previo del proceso a desarrollar. Para ello se acude al lugar donde se elabora la pulpa del tamarindo para visualizar las etapas y sacar conclusiones sobre las mejoras que se pretenden dar al implementar este sistema.

La mejora de este proyecto se debe al realizar el sistema de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) para obtener información en tiempo real en las fases importantes de este proceso.

## ❖ INVESTIGACIÓN APLICADA

Las fases donde se aplican estos métodos de investigación son:

### **FASE 1**

Investigación preliminar: En esta fase se adquiere conocimientos a través de fichas de procesado de frutas en el cual se obtiene datos muy necesarios al momento de desarrollar el sistema y de proyectos similares que sirvan de análisis para las mejoras de acuerdo a la necesidad. En esta fase solo se usa la investigación exploratoria.

### **FASE 2**

Requerimientos del sistema: Se detalla de manera técnica los dispositivos electrónicos necesarios para el sistema así como su software que interactúe con los elementos de manera remota. En esta fase se realiza con la ayuda de la investigación exploratoria.

### **FASE 3**

Diseño técnico: Se desarrolla la estructura del esquema con los dispositivos nombrados en la fase anterior, además de especificar su funcionamiento a realizar en el proyecto. El diseño se lo hace mediante el conocimiento adquirido en los salones de clases. En esta fase se usa la investigación aplicada.

### **FASE 4**

Pruebas finales: Mediante la realización de pruebas se puede observar si el diseño del sistema cumple con mejorar el funcionamiento de las etapas del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo y con la información obtenida comprobar y garantizar el correcto desempeño del proyecto.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **2.1.1 MARCO CONTEXTUAL**

De acuerdo al diario “La Hora” en su publicación del 2015 redacta que en el Ecuador, las zonas secas de las provincias de Manabí, Guayas y El Oro son las más favorables para el cultivo del tamarindo. Es preferible evitar las zonas con demasiada lluvia, pues el cultivo podría reducir su producción drásticamente. Otro factor importante para su cultivo es la temperatura que debe oscilar alrededor de los 24°C, además de requerir una buena exposición al sol. (La Hora, 2015)

Actualmente la elaboración de la pulpa del tamarindo se lo realiza de forma artesanal y su producción es mayormente exportada a países vecinos debido a que es utilizada para desarrollar productos de consumo diario tales como: caramelos, mermeladas, saborizantes entre otros, por lo que su venta es bien remunerada al darle un valor agregado como producto final.

Esta propuesta tecnológica va dirigida para la parroquia rural Julio Moreno ubicada en plena cordillera Chongón – Colonche, su población es de 3.296 habitantes según el Censo Poblacional del 2010 con una densidad bruta de 5,91 Hab/Km<sup>2</sup>. La parroquia cuenta con una extensión de 557,50 Km<sup>2</sup> y limita con: la parroquia rural Colonche (Norte), la parroquia rural Chanduy (Sur), la provincia del Guayas (Este): cantones de Guayaquil (Isidro Ayora y Pedro Carbo) y las parroquias de Colonche y Santa Elena (Oeste). En ella existen un grupo de artesanos que cuentan con aproximadamente de 2 a 3 hectáreas del cultivo del tamarindo y solo se dedican a vender el producto. La propuesta que se plantea a este grupo de personas, una vez realizada la automatización de sus procesos, es mejorar el control de los mismos a través del uso de un sistema SCADA.

La producción del tamarindo es abundante en tiempo de buena cosecha, el cual se obtiene alrededor de 200 Kilos del producto por árbol y hasta 12 toneladas por hectárea-2meses. Su precio varía dependiendo la calidad del producto, pero comúnmente esta entre unos \$75 a \$80 por quintal.

## 2.1.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.1.2.1 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

En la actualidad las comunicaciones industriales han adquirido una gran importancia en los procesos de automatización, mejorando así la confiabilidad de la información al estar todos los componentes que conforman una red conectada entre sí con los estándares de comunicación establecida para este tipo de sistema, figura 1.

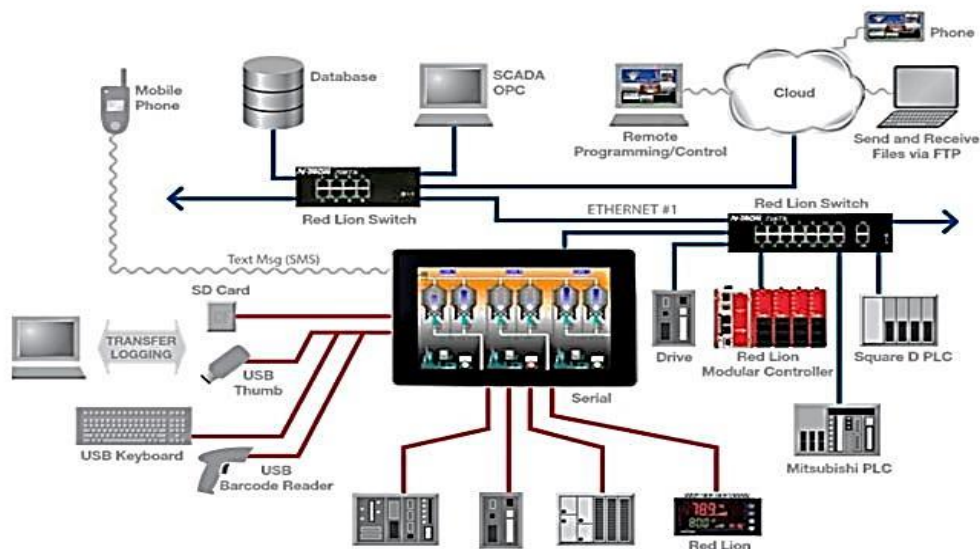


Figura 1: Comunicación industrial. Fuente: <http://www.abantek.net>

### 2.1.2.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

#### 2.1.2.2.1 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Es un protocolo de comunicación que sirve para transmitir y recibir datos de control entre los controladores y sensores a través del puerto RS-232 (Comunicación punto a punto), con un alcance de hasta 350 metros. Funciona mediante el sistema maestro/esclavo y posee dos modos esenciales de funcionamiento, modo ASCII, envía dos caracteres (2 bytes) para cada mensaje y puede haber hasta 1 segundo de tiempo de diferencia entre ellos y el modo RTU (Unidad Terminal Remota), donde se envían 4 caracteres hexadecimales (4 bit cada uno) para cada mensaje.

Existe la versión MODBUS plus donde se emplea el puerto RS485 que permite conectar hasta 32 nodos. (Universidad de Valencia, 2009)

#### **2.1.2.2.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ETHERNET**

##### **Ethernet**

También conocido como IEEE 802.3, es el estándar más popular para las LAN. Este protocolo da prioridad al nodo que este transfiriendo datos desde la red y una vez liberada se da paso al que lo necesite. El tiempo de transmisión de un paquete de dato en la Ethernet está en un rango de 50 a 1200 microsegundos dependiendo de su longitud. (M. Romero, 2005)

##### **TCP/IP**

El protocolo TCP/IP define como se transporta la información desde el emisor hacia el receptor a través de la capa de transporte de internet TCP (Protocolo de control de transmisión), este recibe el dato y los divide en partes más pequeñas llamadas paquetes asignándole una dirección IP para luego pasar a la capa de red de internet. Este protocolo garantiza que los paquetes o tramas sean receptados de forma ordenada y que no se pierdan durante el envío. (Torres, 2010)

#### **PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN S7**

Este protocolo es propio de la marca SIEMENS, permite el intercambio de datos entre controladores utilizando funciones del sistema (SFCs).

La transferencia de datos cíclicos está disponible para los controladores que se encuentren alojados en una misma red, este sistema viene integrado en los sistemas operativos del mismo equipo.

Este tipo de comunicación no realiza acuse de recepción debido a que y no disponen de mecanismos que garanticen la integridad y exactitud de los datos.

Las redes de comunicación S7 admiten cualquier dispositivo SIMATIC: controladores S7, HMI y unidades de programación. Estos elementos no necesitan ningún procesador de comunicación para conectarse a una red. (Miru, 2016)

### **2.1.2.3 NORMAS ISA 101: HMI para automatización de procesos.**

Para el diseño HMI del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo se considera los siguientes conceptos y recomendaciones mencionados en las normativas ISA101.

#### **Alarma**

Un medio audible y / o visible para indicar al operador un mal funcionamiento del desviación o condición anormal que requiera una respuesta.

#### **Criterios para una alarma.**

##### **❖ Codificación auditiva**

El uso de señales auditivas (sonidos) para transmitir información a los operadores.

##### **❖ Señal auditiva**

Un sonido particular, único, reconocible usado para transmitir un significado particular, único.

#### **Sala de control**

Una habitación con al menos una consola HMI desde la que se controla y / o controla un proceso y posiblemente conteniendo otros equipos del sistema de control y / u otras instalaciones para los operadores. (Excluye tableros con pantallas montadas).

#### **Estilo de visualización (formato de visualización, disposición gráfica)**

Una descripción del diseño genérico de una pantalla y su presentación de información, sin referirse a cualquier contenido en particular.

#### **Guía de estilo HMI**

##### **Uso del color**

Es una práctica común y efectiva utilizar los colores como un método para diferenciar los objetos y sus varios estados en las pantallas. El color no debe ser



utilizado como el único método de diferenciación. El color debe ser utilizado únicamente para dirigir la atención y añadir significado a la pantalla.

### **Kit de herramientas HMI**

Es una colección de elementos de diseño para su uso dentro de la plataforma HMI. El kit de herramientas está diseñado para cumplir con los requisitos de la guía de estilo y pueden suministrarse con el proveedor del sistema de control, otros terceros, o puede desarrollarse de forma personalizada para la plataforma.

### **Usuario, tarea y requisitos funcionales**

Los usuarios primarios son aquellos directamente responsables del funcionamiento del equipo controlado desde el HMI. Los usuarios secundarios son los que apoyan las actividades de las operaciones, ya sea mantenimiento, ingeniería o gestión.

**Requisitos de los usuarios primarios.** En los casos en que las necesidades son demasiado diversas para ser eficaces en una sola visualización o conjunto de pantallas, se deben generar pantallas separadas para soportar las necesidades de los usuarios secundarios.

Los requisitos de HMI también pueden definirse como parte del sistema de control o aplicación de control

### **Diseño del sistema HMI**

La base del diseño del sistema HMI incluye la selección del sistema operativo y de control seleccionando Toolkits y bibliotecas que se utilizarán en el sistema.

Los conceptos de diseño de red, roles de usuario y seguridad, y otras interfaces de terceros deben ser considerado. Es importante tener en cuenta que estas decisiones afectan el diseño y la funcionalidad de la HMI.

#### **2.1.2.4 CAPAS OSI**

El sistema SCADA posee 4 de las 7 capas del modelo OSI:

- ❖ **Capa de aplicación:** Se representa por las pantallas del intouch, que es la aplicación desarrollada para el usuario.
- ❖ **Capa de presentación:** Se representa por el servidor KEPServerEX utilizado para la comunicación PLC/PC.
- ❖ **Capa de enlace:** Se representa por el envío de datos entre el ordenador y el PLC.
- ❖ **Capa física:** Se representa por el medio de transmisión que convierte las señales enviadas por el ordenador (puerto Ethernet) en señales que pueda interpretar el PLC (puerto RS-485).

#### **2.1.2.5 HMI (Interfaz Hombre Maquina)**

Es un dispositivo o sistema que permite la interacción entre un usuario y una máquina a nivel industrial y surge debido a la necesidad de proveer un control preciso y confiable de las variables más importantes en los procesos de automatización supervisados en tiempo real.

#### **2.1.2.6 SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)**

Un sistema SCADA es una aplicación que se utiliza para controlar un proceso a distancia.

Se basa en la adquisición de datos de los procesos remotos y su diseño es fundamentalmente para funcionar sobre ordenadores en el control de producción. Proporciona comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controla el proceso de forma automática desde una PC. Además, envía la información generada en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como hacia otros usuarios de nivel superior. (EcuRed, 2011)

#### **2.1.2.7 DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DEL TAMARINDO**

El proceso de deshidratación hoy en día es un método viable para la conservación de los productos que tienen un corto ciclo de duración mediante la utilización de técnicas artesanales como por ejemplo: la osmodeshidratación, el secado natural y el secado por aire caliente. Por ello las industrias buscan a través de la tecnología

realizar estos tipos de procesos para obtener mayores beneficios que ayuden a mejorar la productividad y calidad de sus productos.

### **2.1.3 MARCO TEÓRICO**

El trabajo de titulación de los estudiantes de la UPS presentado en el año 2015, sirve para mejorar el control de calidad del jugo de maracuyá de una industria a través del monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado. En el cual se deben tomar muestras del producto y llevar un registro de las temperaturas alcanzadas, utilizando un autómatas, un PLC y un HMI que permite la interacción con el operario de la industria. Para el control del nivel se usa un sensor ultrasónico conectado al PLC. La temperatura del producto es controlada usando varios sensores de temperatura que envían la información al PLC que regula el vapor que circula en el sistema. Como resultados se pudo comprobar la eficiencia del sistema SCADA mejorando los registros de control de calidad del llenado de los tanques, mediante la visualización del proceso en tiempo real y el uso de herramientas para reportar datos. (Salazar Velarde & Villacreces Pita, 2015)

El trabajo de titulación del estudiante Vique Almeida presentado en el año 2016 es realizada para la Facultad de Ciencias de la ESPOCH en el cual se implementa el diseño de un sistema SCADA para controlar el deshidratador de bandejas a gas con la ayuda de un controlador lógico programable (PLC), el cual trabaja en base a la información recibida por los sensores de temperatura PT100, activa o desactiva la electroválvula de GLP, o a su vez el ventilador para hacer circular el aire dentro de la cámara de deshidratación con el fin de lograr una temperatura estable para el deshidratado. A través de un HMI se realiza el ingreso y monitoreo de las variables de temperatura, tiempo y humedad, las cuales intervienen en el proceso. Se compara los resultados entre el funcionamiento de la maquina sin la implementación del sistema SCADA y con ella resulta una eficiencia de estabilización de temperatura del 97,28%. (Vique Almeida, 2016)

El trabajo realizado en el 2015 por los estudiantes Llumiquinga Moromenacho y Suquillo Pulupa, presenta un procedimiento para diseñar y construir un prototipo de deshidratador con circulación de aire caliente mediante el uso de un termostato

on/off que permite mantener la temperatura de operación en el interior de la cámara y de esta manera se garantiza un mejor secado. Los resultados que se obtienen mediante las pruebas realizadas en este trabajo se los utiliza en el proceso de deshidratación para mejorar la calidad del producto a través del control y estabilización de la temperatura que se origina mediante el uso del caldero además de concluir que el prototipo puede usarse perfectamente para deshidratar cualquier tipo de fruta. (Llumiquina Moromenacho & Suquillo Pulupa, 2015)

## **2.2 COMPONENTES DE LA PROPUESTA**

Para realizar este proceso de deshidratación del tamarindo hay que tener en consideración que no es el único proceso a desarrollar sino que depende de otros procesos como: el pesado del tamarindo y mezclado con agua, extracción de la pulpa y la deshidratación. Para ello es necesario contar con elementos indispensables para la realización de las diferentes etapas mencionada con anterioridad, los cuales se reparten jerárquicamente dentro de un nivel de automatización en el área industrial y se los clasifica de la siguiente manera:

### **2.2.1 COMPONENTES DE HARDWARE**

#### **NIVEL DE CONTROL DE PROCESO**

#### **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)**



*Figura 2: Plc simatic S7-1200. Fuente: <http://w5.siemens.com>*

Para el proceso se utiliza 2 autómatas S7-1200 de la marca SIEMENS, figura 2, ya que nos ofrece las siguientes características:

- ❖ Procesamiento de alta calidad.

- ❖ Interfaz Ethernet/ PROFINET integrado.
- ❖ Entrada analógicas integradas.
- ❖ Programación mediante el software STEP 7 Basic V13.

Su aplicación es generalizada en diferentes procesos industriales tales como: tratamiento de aguas, calefacción, climatización, control de acceso, puertas automáticas, distribuidores automáticos, accionamiento de bombas, etc.

A continuación se presenta en la tabla 1 algunas especificaciones técnicas del autómatas utilizado:

Configuración		AC/DC/RLY	
<b>ENTRADAS DIGITALES</b>			
Tipo		Sumidero/Fuente	
Tensión nominal		24 VDC a 4 mA	
<b>SALIDAS DIGITALES</b>			
Tipo	Relé	Rango de voltaje	5 a 30 VDC 5 a 250 VAC
		Corriente (max)	2.0 A
	Fuente	Rango de voltaje	20.4 a 28.8 VDC
		Corriente (max)	0.5 A

*Tabla 1: Especificaciones técnicas del S7-1200.*

## MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS

Es el módulo de comunicación que se utiliza para el envío de información entre el controlador lógico programable (PLC), controlador de temperatura y el variador de frecuencia para así tener el control de la velocidad de los motores tanto del proceso de mezclado como el de extracción y también regular la temperatura dentro del depósito de deshidratación asignándoles los parámetros ya establecidos para estos procesos.

Modbus, figura 3, permite el control de una red de dispositivos, como por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Este módulo también se usa para la conexión de un ordenador con una unidad remota (RTU) en sistema de supervisión, adquisición de datos (SCADA).



**Figura 3:** CPU CM 1241 RS422 / 485. Fuente: <http://w3.siemens.com>

En la tabla 2 se detalla algunas especificaciones del módulo de comunicación a utilizar en el proyecto:

<b>ESPEFICICACIONES GENERALES (TRANSMISOR / RECEPTOR)</b>	
Tipo	RS422 o RS485, conector hembra DB9
Rango de tensión en modo común	-7 V a 12 V, 1 segundo, 3 VRMS continuo
Tensión de salida diferencial del transmisor	2 V min. a $R_L = 100\Omega$ 1.5 V min. a $R_L = 54\Omega$
Terminación y polarización	10 K $\Omega$ a 5V en B, pin PROFIBUS 3. 10 K $\Omega$ a GND en A, pin PROFIBUS 8.
Velocidad de transferencia	9600 baudios, entre otros.
Tiempo de espera	0 a 65535 ms

**Tabla 2:** Datos técnicos del módulo CM 1241 RS422/485

A continuación se detalla los pines de entrada del conector que posee el MODBUS, tabla 3.

<b>1</b>	Masa lógica o de comunicación	<b>6</b>	<b>PWR:</b> 5V con resistor en serie de 100 $\Omega$ salida.
<b>2</b>	Conectada para RS422. Sin uso para RS485: Salida.	<b>7</b>	Sin conexión.
<b>3</b>	Señal B (RxD/TxD+): E/S	<b>8</b>	Señal A (RxD/TxD+): E/S
<b>4</b>	Petición de transmitir salida	<b>9</b>	Conectada para RS422. Sin uso para RS485: Salida.
<b>5</b>	<b>GND:</b> masa lógica o de comunicación	<b>SHELL</b>	Conexión a masa.

**Tabla 3:** Datos técnicos conector RS422/485 (Hembra)

## CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Para la visualización del datos de temperatura de la termocupla se utiliza un controlador de temperatura DB-4848 de la marca DELTA, figura 4, para configurar la temperatura máxima que debe poseer el depósito de deshidratación.



*Figura 4: Controlador de temperatura DELTA 4848. Fuente: <http://www.varitel.com>*

Algunas especificaciones del controlador de temperatura se mencionan a continuación:

- ❖ Control de los modos de entrada PID/ ON-OFF /manual.
- ❖ Diferentes termopares (B, E, J, K, entre otros) que pueden ser establecidos por parámetros.
- ❖ Tamaño del panel: 4848, 4896, 7272, 9696.
- ❖ Con interfaz de comunicación opcional RS-485 interfaz de comunicación (Modbus ASCII, RTU, la tasa de baudios: 2400 ~ 38400).
- ❖ Toma de muestras del sensor: 0.5 segundos/hora.

## TERMOCUPLA

Para la medición de temperatura en el proceso de deshidratación se emplea el uso de una termocupla tipo J, figura 5, se manipula su valor de forma manual para observar el funcionamiento adecuado del caldero.



*Figura 5: Termocupla tipo J con bulbo y cable Fuente: <http://www.electricasbc.com>*

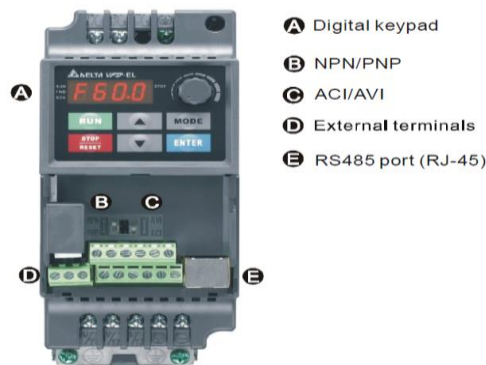
En la tabla 4 se muestra las condiciones con las que trabaja la termocupla tipo J:

Temperatura máxima	450 °C
Extensión	2m, fibra de vidrio + malla
Montaje/Longitud	Cnx: 5/16 x 4" longitud

**Tabla 4:** Parámetros técnicos de la termocupla J

## VARIADOR DE FRECUENCIA

El control del giro y velocidad del motor para el mezclado del tamarindo con agua, se lo controla a través de un variador de frecuencia de la marca DELTA, figura 6, y algunas de sus especificaciones técnicas están dada en la tabla 5.



**Figura 6:** Variador de frecuencia. DELTA. Fuente: <http://www.lureyechile.cl>

Frecuencia de salida (Hz)	0.1 ~ 600 Hz
Frecuencia de la portadora (KHz)	2 A 12
Voltaje y frecuencia nominales	Trifásico, 200-240V, 50/60 Hz
Tolerancia de voltaje	+/- 10% (180 ~ 264V)
Tolerancia de frecuencia	+5% (47 ~ 63 Hz)

**Tabla 5:** Especificaciones técnicas del variador de frecuencia

## PANTALLA DELTA DOP

La aplicación de la interfaz HMI, figura 7, en el sistema es indispensable debido a que se requiere de la visualización y control de todo el proceso mediante el uso del protocolo de comunicación Ethernet.





*Figura 7: Pantalla DELTA de la gama DOP-X.*

Entre las funciones principales que cumple el HMI en el sistema son:

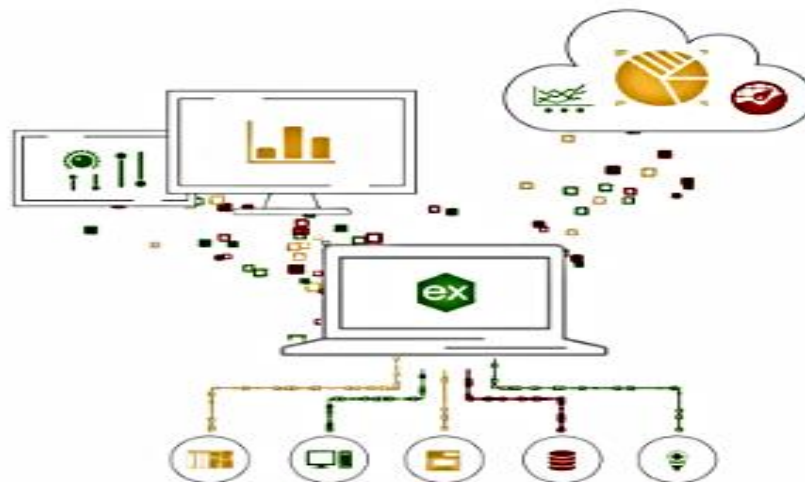
- ❖ Control de bombas, motores y válvulas.
- ❖ Monitoreo de niveles de los depósitos.
- ❖ Monitoreo de la frecuencia de los motores.
- ❖ Monitoreo de la temperatura.
- ❖ Control de usuarios del sistema.
- ❖ Monitoreo de alarmas del sistema, entre otros.

## **2.2.2 COMPONENTES DE SOFTWARE**

### **NIVEL DE REDES DE COMUNICACIÓN.**

#### **OPC KEPSERVER**

En la figura 8, se observa el servidor que se utiliza en el sistema debido a la fácil configuración que se realiza para la comunicación entre el sistema SCADA y el controlador lógico programable (PLC).



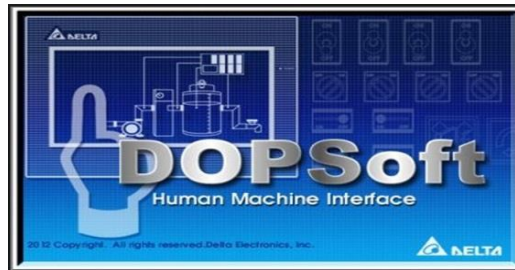
*Figura 8: Esquema del servidor KEPServerEX*

Su configuración se basa en proporcionar al servidor todas las variables que se usen tanto en el programa TIA portal como en el Wonderware intouch, para una vez inicializada su función, crear un canal que permita comunicarse con los usuarios.

## **NIVEL DE DESARROLLO**

### **SOFTWARE DOPSOFT**

El software Dopsoft, figura 9, se utiliza para el diseño de todo el proceso del sistema, proporciona al usuario: la visualización, control y manipulación de todos los equipos.

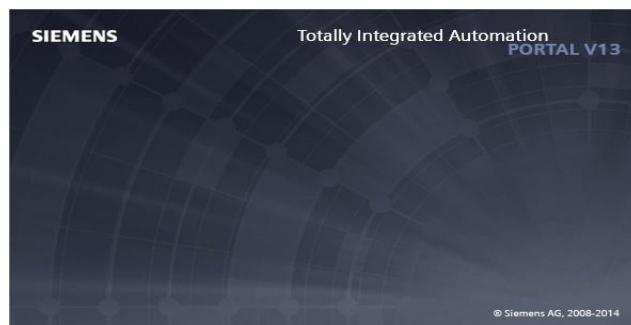


*Figura 9: Software DOP-Soft para la interfaz HMI.*

### **SIMATIC STEP 7 PROFESSIONAL**

El desarrollo de la programación a utilizar en el controlador lógico programable (PLC) se lo efectúa en este software, figura 10, debido a que nos ofrece las siguientes ventajas:

- ❖ Permite localizar los errores en tiempo real.
- ❖ Cada fase de la programación se lo puede realizar por segmentos.
- ❖ Menor tiempo de parada.



*Figura 10: Logotipo del programa STEP 7 (TIA PORTAL)*

En la tabla 6 se muestra las condiciones necesarias para la instalación del programa.

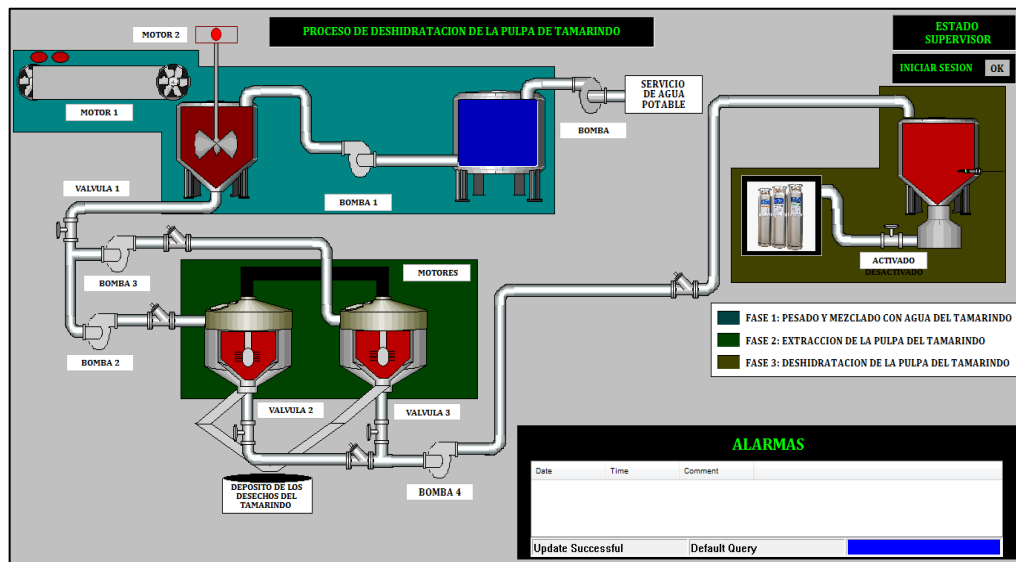
Procesador	Core 2 Duo 2GHz o superior
Memoria RAM	2 GB
Tarjeta grafica	512 MB o superior
Espacio libre en el disco duro	4 GB
Software compatible	Windows XP en adelante, W7, W8

*Tabla 6: Requisitos para la instalación del software TIA PORTAL*

## WONDERWARE INTOUCH

InTouch es un sistema interactivo diseñado para la visualización, supervisión y el control de procesos industriales.

En la figura 11 se observa la pantalla del sistema diseñada en la plataforma Wonderware intouch, se utiliza las herramientas gráficas y librerías que nos proporciona este software.



*Figura 11: Diseño del programa en el software Wonderware InTouch.*

Algunas de las ventajas que posee este programa son:

- ❖ Permite desarrollar fácilmente visualizaciones gráficas personalizadas de procesos industriales en tiempo real.
- ❖ Permite el control preciso de los procesos a través del uso de script.

- ❖ Permite el monitoreo de eventos y alarmas.

El programa requiere algunos requisitos indispensables para su correcto funcionamiento tal como se muestra en la tabla 7.

Procesador	1.2 GHz
RAM	1 GB
Espacio libre	100 GB
Resolución de tarjeta gráfica y pantalla	1024 x 768

*Tabla 7: Requisitos para instalación del software InTouch*

## 2.3 DISEÑO DE LA PROPUESTA

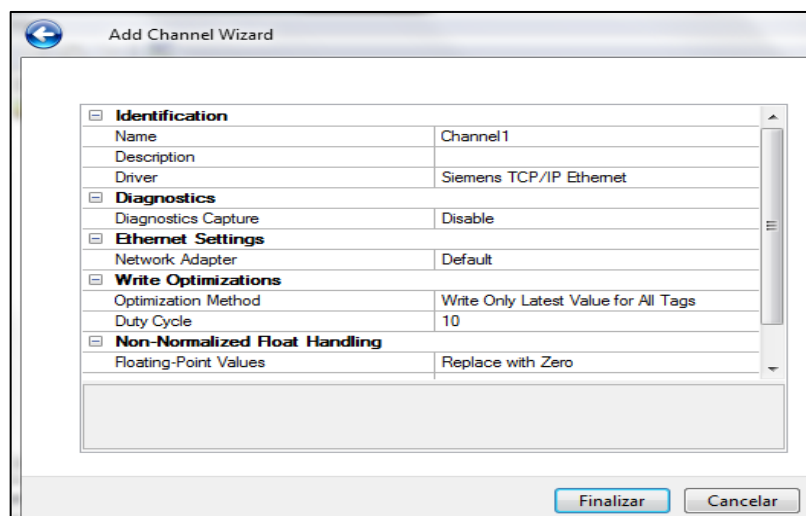
### 2.3.1 CONFIGURACIÓN DEL KEPSERVEREX 6

Este es el servidor OPC que se utiliza para el desarrollo de esta tesis, el cual enlaza el controlador lógico programable y el ordenador.

La configuración se divide en cuatro etapas que se detalla a continuación para el correcto funcionamiento del programa: configuración del canal, del dispositivo, de las variables y del puerto de enlace

#### CONFIGURACIÓN DEL CANAL

Al ejecutar el programa se selecciona la opción “Click to add a channel” para proporcionar la siguiente información, figura 12.



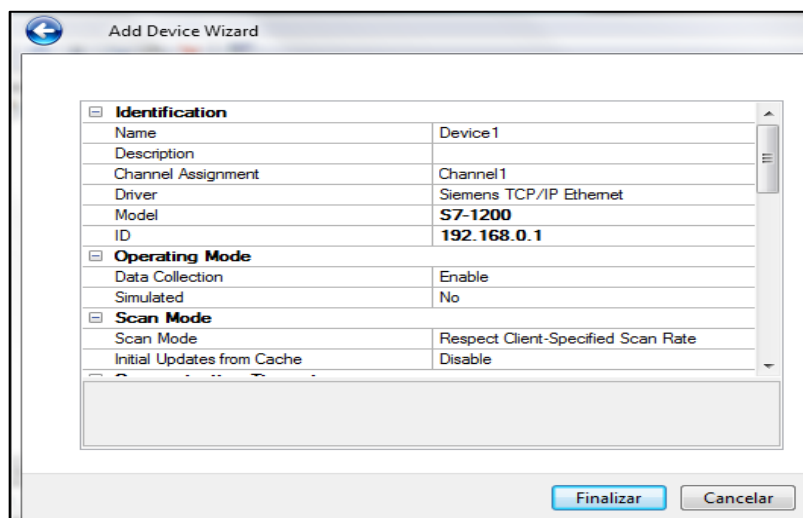
*Figura 12: Creación del canal en el servidor KEPServerEX*

## CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO

La siguiente etapa se selecciona la opción “**Click to add a device**” para añadir los datos del controlador lógico programable que se utilizan para el envío de información al servidor KEPServerEX.

- ❖ Nombre del dispositivo: DEVICE
- ❖ Modelo: S7-1200
- ❖ ID del dispositivo: 192.168.0.1

De igual manera que el proceso anterior no se modifica ningún otro parámetro de los siguientes cuadros de diálogos hasta llegar a la finalización de la configuración, figura 13.

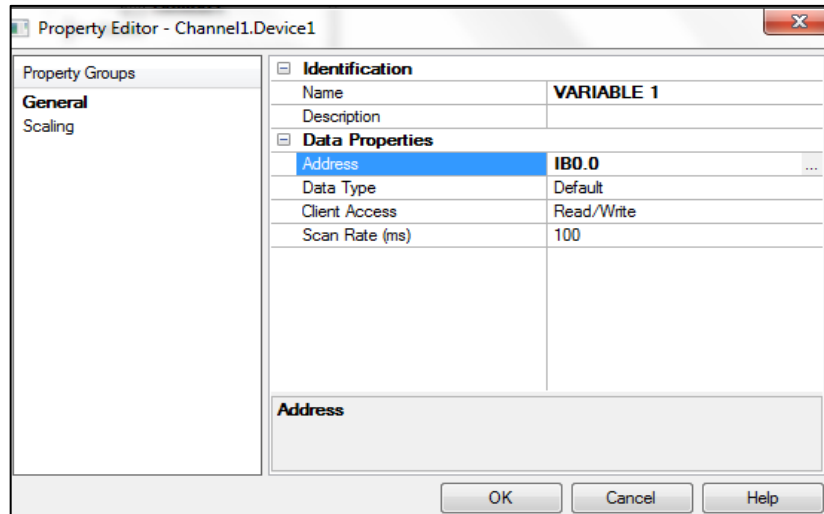


*Figura 13: Configuración del dispositivo en el servidor KEPServerEX 6*

## CONFIGURACIÓN DE LAS VARIABLES

El direccionamiento de las variables que proporcionan la información al sistema SCADA se lo realiza en la opción “**Click to add static tag**”, figura 14 con la siguiente información:

- ❖ Nombre de la variable: El que desee asignarle.
- ❖ Dirección de las variables: existen diversos tipos de variables pero las más usadas son: IB (entradas), QB (salidas), MB (memoria) y DB (para bloque de datos).

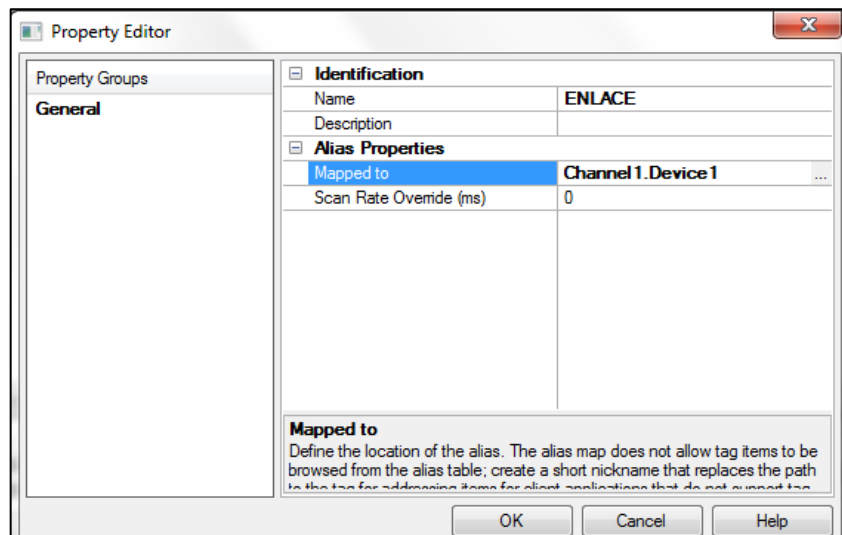


*Figura 14: Direccionamiento de las variables en el servidor KEPServerEX 6*

## CONFIGURACIÓN DEL PUERTO DE ENLACE

Para que se establezca el envío y recibido de datos entre el autómatas PLC y el Intouch, se debe configurar un “ALIAS” en el software KEPServerEX 6 para poder configurar el “ACCESS NAME” en el programa Intouch.

Para ello, se selecciona la opción “ALIASES” en el cual se procede a realizar la configuración, figura 15.



*Figura 15: Ventana de la configuración del alias en el KEPServerEx 6*

Hay que tener en cuenta que el nombre que se le asigne al “ALIAS” tendrá que ser el mismo que se asigne a la configuración del “ACCESS NAME” del programa Intouch.

### 2.3.2 COMUNICACIÓN INTOUCH – PLC

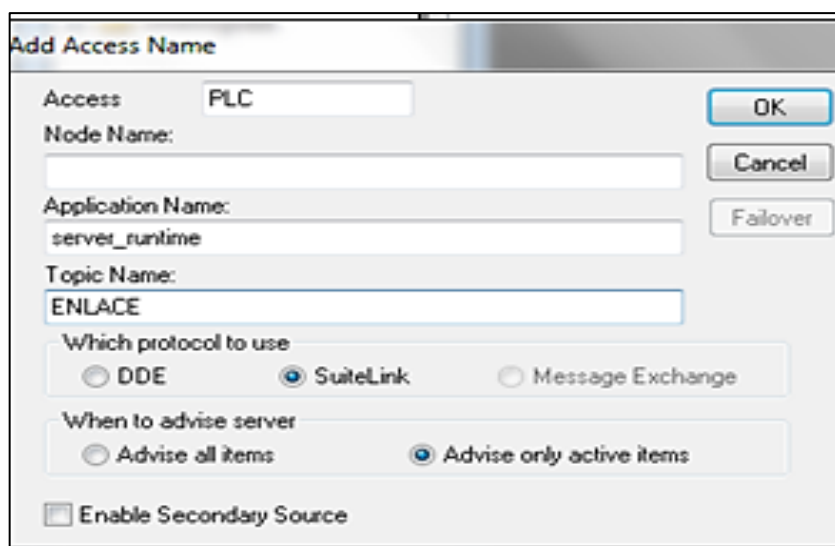
Al configurar el servidor que se utiliza para el enlace entre el PLC y el Intouch, es necesario definir ciertos parámetros de las variables a utilizar en cada elemento que conforma el sistema SCADA, y se lo divide en los siguientes pasos:

- ❖ Configuración del Access name
- ❖ Configuración de los tagname

#### CONFIGURACIÓN DEL ACCESS NAME

Para crear un “ACCESS NAME” se selecciona en la barra de menú del software Wonderware intouch la opción “SPECIAL”.

En la figura 16 se muestra las opciones que se deben ingresar en esta ventana.

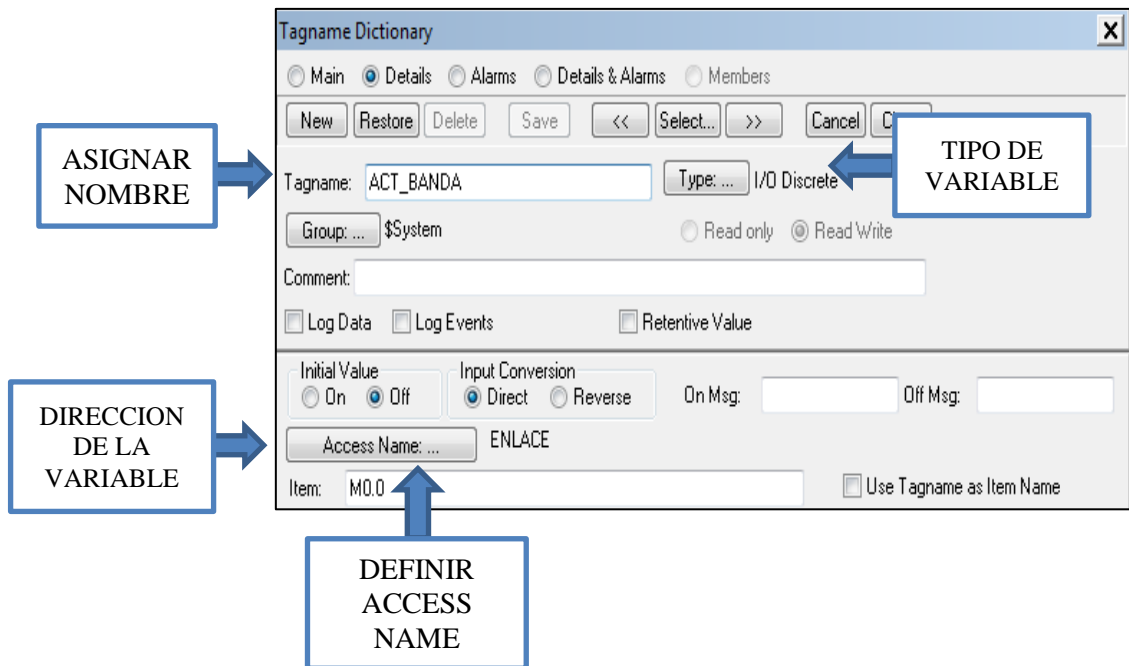


*Figura 16: Cuadro de dialogo del Access name en el programa Wonderware Intouch*

Como anteriormente se lo acoto en el “TOPIC NAME” se le asigna el mismo nombre que se dio al “ALIAS” en el KEPServerEX.

#### CONFIGURACIÓN DEL TAGNAME

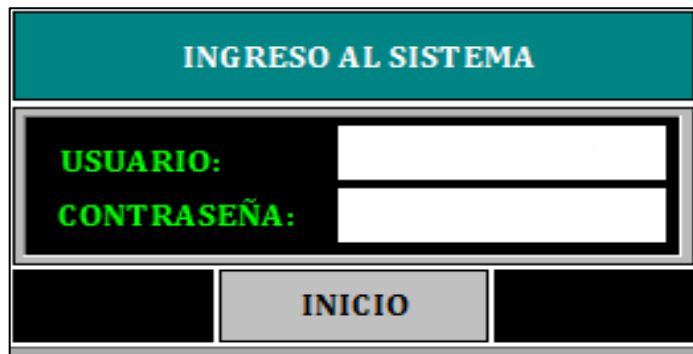
Para definir cada variable del programa Wonderware Intouch se realiza los siguientes pasos, figura 17, de cada elemento que deba interactuar con el PLC, siempre y cuando estos estén configurados en el servidor KEPServerEX ya que existen variables utilizadas solo en el programa Intouch.



*Figura 17: Ventana del “Tagname Dictionary” del Wonderware Intouch*

### 2.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA SCADA PARA EL PROCESO DE “DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DE TAMARINDO”

#### 2.3.3.1 DISEÑO DE LA PANTALLA “INGRESO AL SISTEMA”



*Figura 18: pantalla “INICIO DE SESIÓN”*

El sistema cuenta con 3 tipos de usuarios (supervisor, operador y administrador) para el ingreso al sistema. Dependiendo de la jerarquía del usuario, el sistema ofrece un control total o parcial de los procesos.

Al ejecutar la aplicación se debe ingresar el usuario y la contraseña, figura 18, para poder ingresar al sistema. Esta configuración se lo realiza mediante el uso de script, figura 19, proporcionados por el programa Intouch.



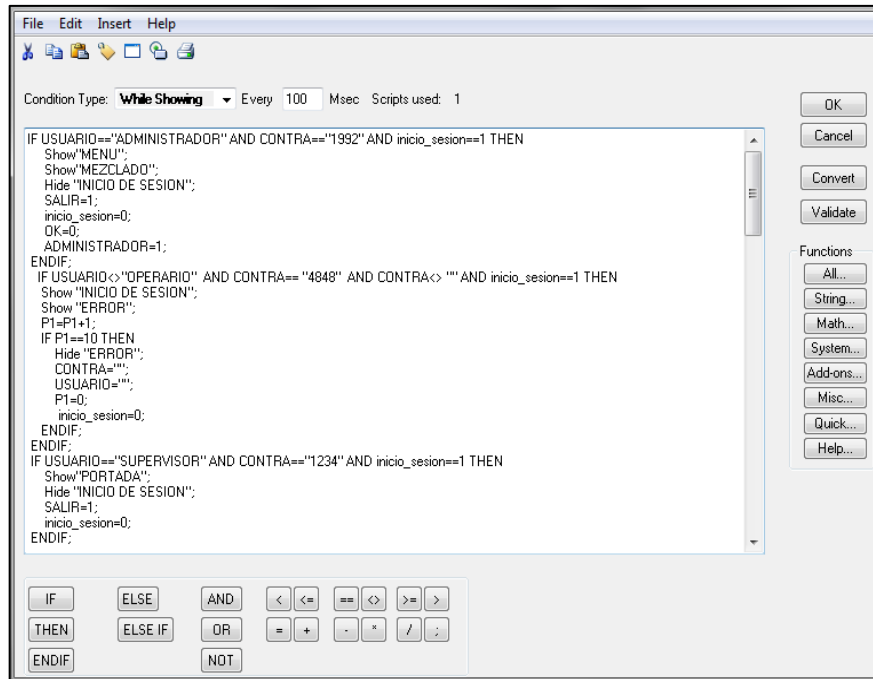


Figura 19: Script de la pantalla “INICIO DE SESIÓN”

### 2.3.3.2 DISEÑO DE LA PANTALLA “PORTADA DEL SISTEMA”

Es la pantalla donde se muestra las etapas del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo diseñado de forma general, figura 20, solo aparece si el usuario ingresa al sistema como supervisor, en el cual solo se puede visualizar los procesos sin permitir el control de los equipos.

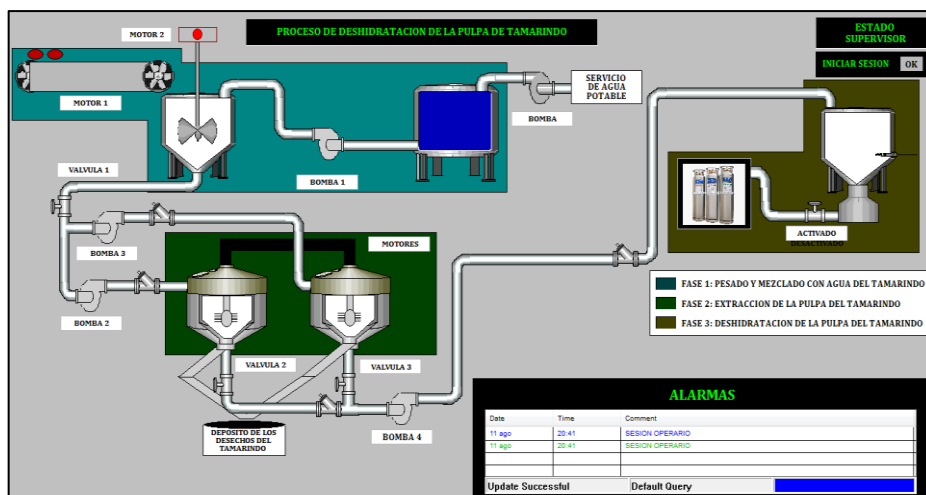


Figura 20: Pantalla “PORTADA DEL SISTEMA”

Las partes que conforman esta pantalla son: alarmas, resumen de los equipos, el botón para volver iniciar sesión y las etiquetas de cada etapa del sistema.

### 2.3.3.2.1 DISEÑO DE LA PANTALLA “RESUMEN”

Las características técnicas de los equipos se visualizan en esta pantalla, figura 21, además de dar seguridad al usuario sobre el correcto estado y funcionamiento de los equipos, los mismos que depende de los datos de entrada que posea el autómata PLC. Para observar las características de los equipos solo basta dar clic en cualquier elemento, figura 20, para que aparezca esta ventana.

DATOS TECNICOS DE LA BOMBA 1	
OPERACION:	DESACTIVADO
ALIMENTACION:	220 VCA
FRECUENCIA MAXIMA:	50 Hz
CAUDAL MAXIMO:	120 L/MIN
PRIORIDAD:	PRIMARIA

DATOS TECNICOS DEL MOTOR 2	
OPERACION:	DESACTIVADO
ALIMENTACION:	220 VCA
FRECUENCIA MAXIMA:	50 Hz
TEMPERATURA:	-20/+150°C
PRIORIDAD:	PRIMARIA

Figura 21: Características y estados de los equipos de la pantalla “RESUMEN”

### 2.3.3.3 DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE MEZCLADO”

Cuando el usuario ingresa como operador, el sistema lo direcciona a la primera etapa del proceso, figura 22, como lo es el mezclado del tamarindo con agua.

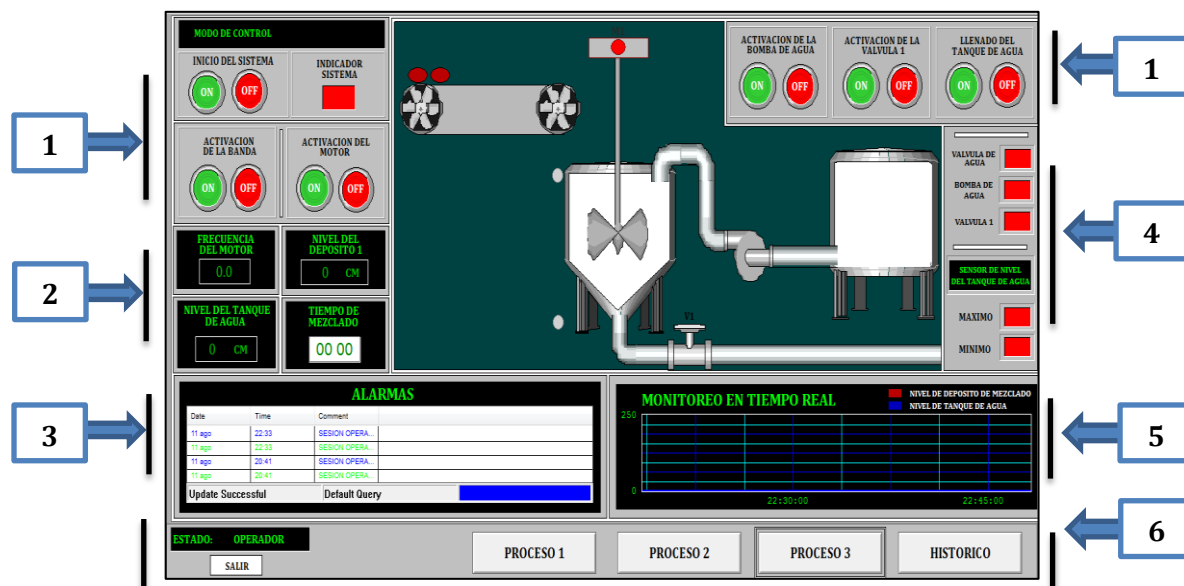


Figura 22: pantalla “PROCESO DE MEZCLADO”

La primera etapa del proceso es el mezclado del tamarindo con agua, para ello se comienza encendido el sistema para luego ser activada la banda transportadora, la

misma que da el ingreso del tamarindo hacia el depósito. El llenado depende de la cantidad del producto que se desea procesar, una vez ingresado el producto se calcula la cantidad de agua que se debe ingresar utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{cantidad de agua} = \text{nivel del tanque} * 1.75$$

Una vez ingresada la cantidad de agua al depósito se enciende el motor para mezclar el producto mediante el uso del variador de frecuencia, luego se deja reposar la mezcla por un tiempo de 2 horas.

La explicación de la pantalla del proceso de mezclado se lo divide en secciones como se detalla a continuación:

### **Sección 1: Ejecución de la primera etapa del sistema SCADA.**

- ❖ **Inicio del sistema:** Encendido y apagado de forma general del sistema SCADA con su respectivo indicador led.
- ❖ **Activación de la banda:** Inicio de llenado del depósito. Estado de la banda transportadora ON/OFF.
- ❖ **Activación de la bomba:** Apertura para el vaciado del tanque de agua. Estado de la bomba de agua ON/OFF.
- ❖ **Activación del motor:** Encendido y apagado del motor de mezclado.
- ❖ **Activación de la válvula:** Apertura de la válvula de vaciado, estado ON/OFF.
- ❖ **Llenado del tanque de agua:** Inicio y apagado del llenado del reservorio de agua.

### **Sección 2: Panel de visualización**

- ❖ **Frecuencia del motor:** Velocidad de giro del motor de mezclado dado en Hz.
- ❖ **Nivel del depósito:** Determinación de la altura del depósito a medida que ingresa el producto, dado en cm.
- ❖ **Nivel del tanque de agua:** Determinación de la cantidad de agua que se encuentra en ese tanque, dado en cm.
- ❖ **Tiempo de mezclado:** Se visualiza el tiempo que ha transcurrido en el proceso de mezclado.

### **Sección 3: Panel de alarmas**

En esta sección se muestra todos los elementos del sistema que posean algún tipo de falla, así como las prevenciones de los niveles de los depósitos para precautelar el no desperdicio del producto.

En el panel se detalla el día, la hora y la etiqueta del equipo cuando este se activa o desactiva. Dependiendo de su prioridad la información cambia de color siendo el rojo la precaución con mayor importancia en el sistema.

### **Sección 4: Indicadores del proceso**

En esta parte se observa el estado de los siguientes elementos: válvula, bomba de agua, válvula de vaciado, sensor de nivel mínimo y máximo del tanque de agua. Se identifica el estado: rojo-apagado y verde-encendido.

### **Sección 5: Monitoreo del sistema.**

El monitoreo de los procesos en tiempo real es primordial en los sistemas SCADA, es por eso que en esta sección se añade un histograma en el cual se supervisa las variables más importantes del sistema como lo son: los niveles del depósito de mezclado y del tanque de agua.

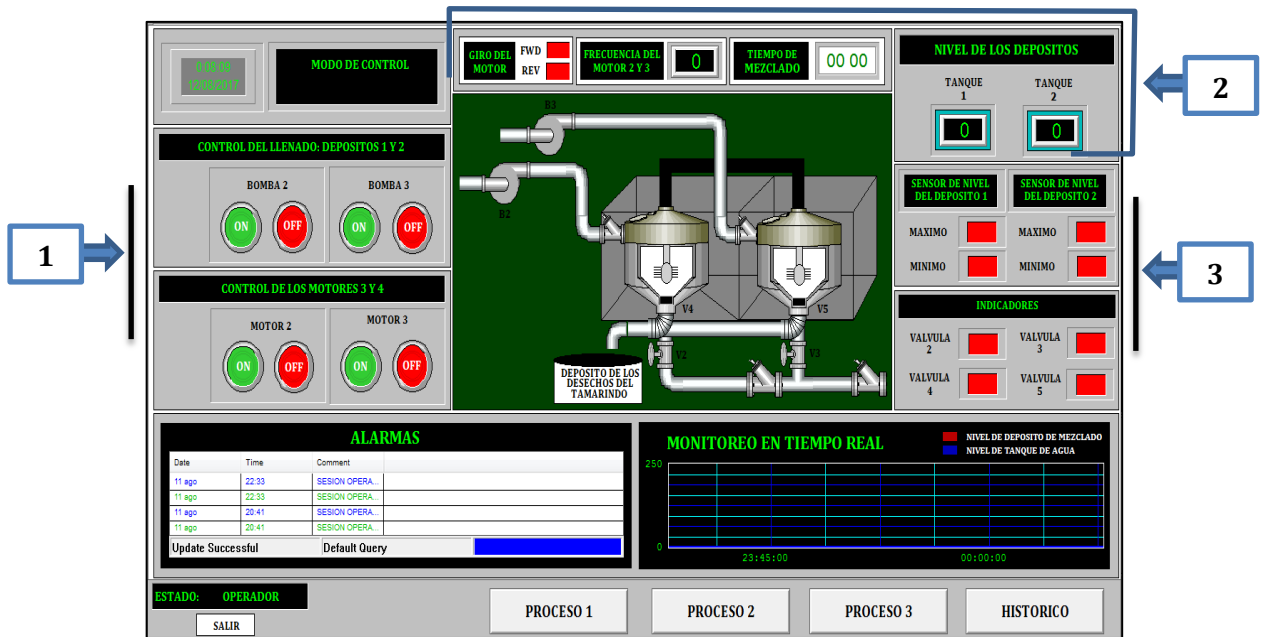
### **Sección 6: Menú del sistema**

Esta barra es la encargada de direccionar a las diferentes etapas del proceso

- ❖ Proceso 1: Etapa de mezclado y dilución con agua.
- ❖ Proceso 2: Extracción de la pulpa del tamarindo.
- ❖ Proceso 3: Deshidratación de la pulpa del tamarindo.
- ❖ Históricos del sistema.

#### **2.3.3.4 DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE EXTRACCIÓN”**

Culminado el tiempo de reposo se activa la válvula de vaciado y las bombas respectivas para el llenado del tanque 1 y 2, los motores se activan finalizado el llenado de los depósitos para despulpar el producto, figura 23.



**Figura 23:** ventana del proceso “EXTRACCIÓN DE LA PULPA”

La extracción se lo hace con la ayuda de un cepillo de hilo nylon, la frecuencia del motor varia mediante el uso del VDF durante un tiempo de 2 minutos.

Cabe mencionar que en esta etapa el motor debe girar en ambos sentidos (izquierda/derecha y derecha/izquierda) para separar la pulpa de la semilla en un 95%, por tal razón se necesita configurar algunos parámetros, tabla 8, en el variador debido a que su comunicación con el PLC es vía MODBUS.

GRUPO	SUB-GRUPO	VALOR	FUNCIÓN
02	00	03	Activación de comunicación rs-485.
02	01	04	Teclado deshabilitado (RS-485).
09	00	01	Asignación de la dirección para comunicación MODBUS.
09	01	1	Velocidad de transmisión
09	04	06	Asignación de comunicación RTU, 8 bits para el tamaño de dato, 1 para el bit de stop y 0 para bit de paridad.

**TABLA 8:** Parámetros para la comunicación vía MODBUS

La pantalla, figura 23, posee 3 secciones que se explican a continuación:

### **Sección 1: Ejecución de la segunda etapa del sistema SCADA.**

- ❖ **Control de bombas:** Activación y desactivación de las bombas 2 y 3 para el llenado de los depósitos de extracción.
- ❖ **Control de motores:** Encendido y apagado de los motores para el centrifugado del producto.

### **Sección 2: Panel de visualización**

- ❖ **Nivel de los tanques:** Pantalla en la cual se visualiza el nivel del producto, dado en cm.
- ❖ **Tiempo:** Aquí se controla la duración del proceso de separación de la pulpa y de la semilla, tiempo máximo 2 minutos.
- ❖ **Frecuencia:** Presenta la frecuencia con la que está operando el motor y el sentido de giro se lo indica a través del encendido y apagado de un led.

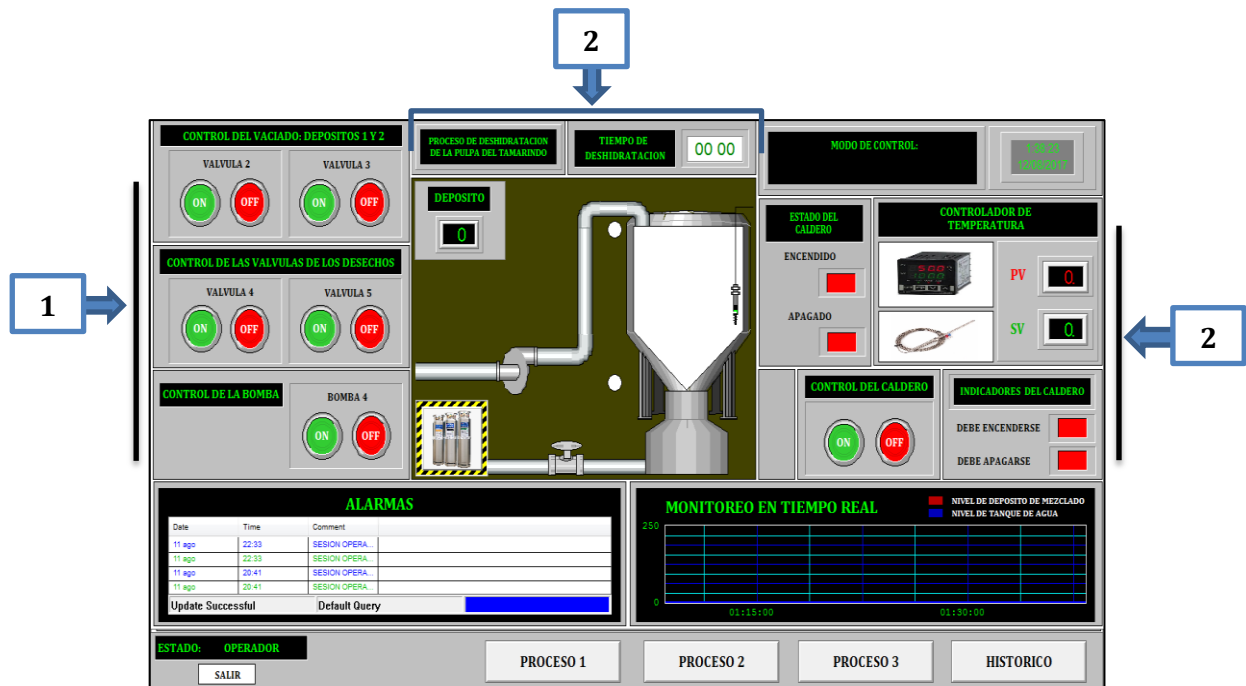
### **Sección 3: Indicadores del sistema**

- ❖ **Sensores de nivel:** Se representa su estado ON/OFF de los niveles mínimos y máximos de los tanques 1 y 2 mediante el uso de indicadores led.
- ❖ **Válvulas:** Se observa el estado ON/OFF de las válvulas de vaciado de los tanques 1 y 2.

#### **2.3.3.5 DISEÑO DE LA PANTALLA “PROCESO DE DESHIDRATACIÓN”**

Al culminar el tiempo de centrifugado en el proceso anterior, comienza la activación y desactivación de las válvulas de vaciados y su respectiva bomba para empezar a transportar la pulpa del tamarindo hacia el depósito de deshidratación. Cabe mencionar que el proceso de centrifugado y el llenado del depósito de deshidratación se vuelven hacer una y otra vez hasta que el depósito de mezclado y el de extracción se vacíe completamente.

Esta es la última etapa del sistema y la más importante debido a que la calidad del producto depende de este proceso en el cual se va a controlar el encendido y apagado del caldero así como su tiempo de deshidratación, figura 24.



**Figura 24:** Ventana del proceso de deshidratación

El encendido del caldero solo se da si el dato que está recibiendo el controlador de temperatura por parte de la termocupla sea menor al valor configurado en el SV (85°C) del dispositivo durante un tiempo de 10 minutos. La configuración del controlador de temperatura se lo realiza vía MODBUS por lo que se debe configurar algunos parámetros, tabla 9, para que exista el traspaso de información en ambos sentido por parte de los controladores.

Parámetro	Valor	Función
CnPt	J	Asignación del termopar que se esté utilizando.
Ctrl	ON/OFF	Selección del modo de control.
C-SL	RTU	Selección de variante de MODBUS.
C-no	8	Selección de la dirección para la comunicación MODBUS.
bPS	9600	Velocidad de transmisión de datos.
LEn	8	Configuración bits de datos.
Prty	NONE	Configuración del bit de paridad.
StoP	1	Configuración de bit de Stop.

**TABLA 9:** Parámetros del controlador de temperatura

Las secciones que conforman esta ventana, figura 24, son:

### **Sección 1: Llenado del depósito de deshidratación**

- ❖ **Válvulas de llenado:** Apertura y cierre de la válvula para el paso del producto hacia el depósito de deshidratación.
- ❖ **Válvulas de vaciado:** Apertura y cierre de válvulas para sacar las semillas que quedan en los depósitos de centrifugado cuando se haya desplazado toda la pulpa.
- ❖ **Control de bomba:** Encendido y apagado de la bomba para el fluido de la pulpa hacia el depósito de deshidratación.

### **Sección 2: Control del caldero**

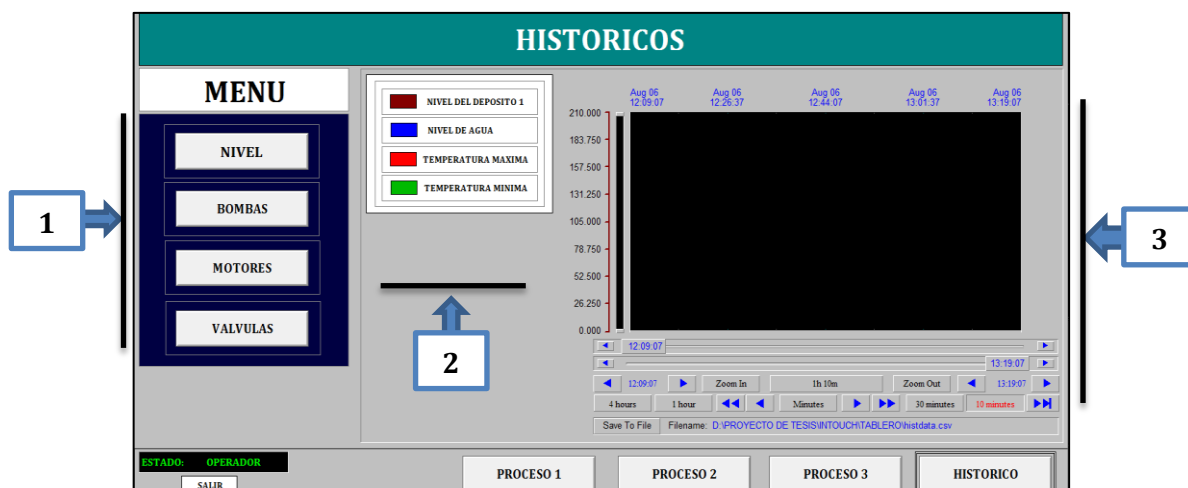
- ❖ **Estado del caldero:** Led que indican el encendido y apagado del caldero.
- ❖ **Indicador del caldero:** Led que indica cuando debe estar encendido y apagado el caldero dependiendo de la temperatura.
- ❖ **Controlador de temperatura:** Display que muestra la temperatura que posee el depósito de deshidratación y la que debe poseer.
- ❖ **Control del caldero:** Encendido y apagado del caldero.
- ❖ **Tiempo de deshidratación:** Muestra y controla la duración de este proceso.
- ❖ **Nivel del depósito:** Muestra el nivel que posee el tanque.

#### **2.3.3.6 DISEÑO DE LA PANTALLA “HISTÓRICOS DEL SISTEMA”**

La función principal de los históricos es almacenar toda la información del sistema SCADA de forma permanente, la cual puede ser visualizada en la pantalla mediante la configuración de la fecha/hora y luego ser exportada al programa Microsoft Excel para su mayor comprensión, con la finalidad de realizar algún tipo de estudio (económico o técnico) que ayuden a mejorar el desarrollo de los procesos. También sirve para prevenir cuál de los dispositivos estén próximo a fallar por su tiempo de vida útil.

Esta es la última pantalla, figura 25, que posee el sistema cuando el usuario ingresa como operador.





*Figura 25: Ventana de los históricos del sistema.*

Las secciones que forman parte de esta ventana se detallan a continuación:

### **Sección 1: Menú**

La sección menú está conformada por las siguientes botoneras: nivel, bombas, válvulas y motores las cuales nos muestran sus históricos respectivos siempre y cuando se active la opción “Show Windows”.

### **Sección 2: Etiquetas**

Para la identificación de las gráficas que se reflejan en la pantalla del histórico se etiqueta cada una de las variables con su respectivo color para su mejor entendimiento.

### **Sección 3: Pantalla histórico**

En esta sección se debe ingresar las variables de cada histórico, para luego ser visualizados en el mismo. La pantalla posee un “asistente del panel de tendencias” para controlar las gráficas y observar su estado aplicando un rango en la hora (desde y hasta donde se quiere ver).

Otra opción que posee esta pantalla es el “asistente del panel de datos” el cual exporta toda la información de los histogramas hacia un archivo Excel con el rango actual de la hora que este configurado en el “asistente del panel de tendencias”.

### 2.3.3.7 DISEÑO DE LA PANTALLA “ADMINISTRADOR”

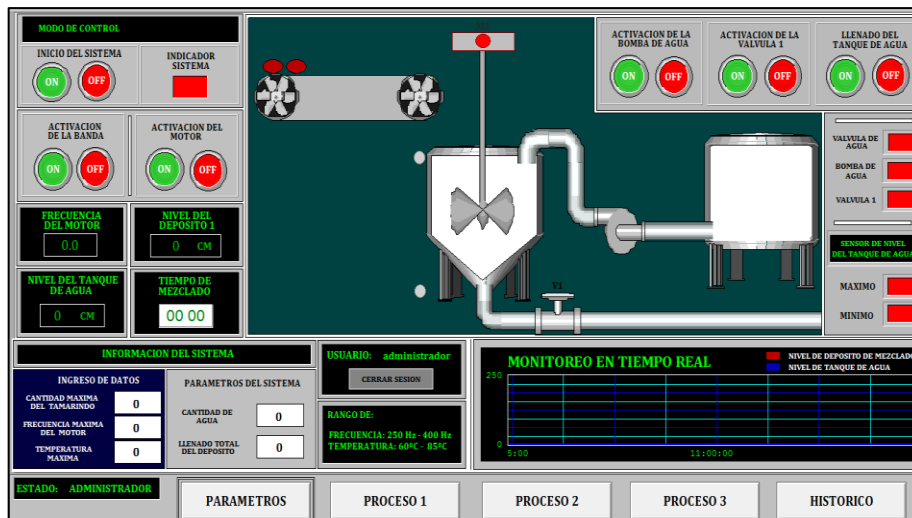


Figura 26: Pantalla del “Administrador”

Al ingresar como administrador el usuario posee estas opciones: configuración de los parámetros del proceso y el control de todos los equipos electrónicos (bombas, motores, válvulas, entre otros). Como administrador, la primera pantalla que se observa es la del proceso de mezclado, figura 26, añadiendo un nuevo botón (parámetros) al menú para que le permita al usuario visualizar en cualquier momento una nueva pantalla, figura 27, la cual posee las siguientes opciones:

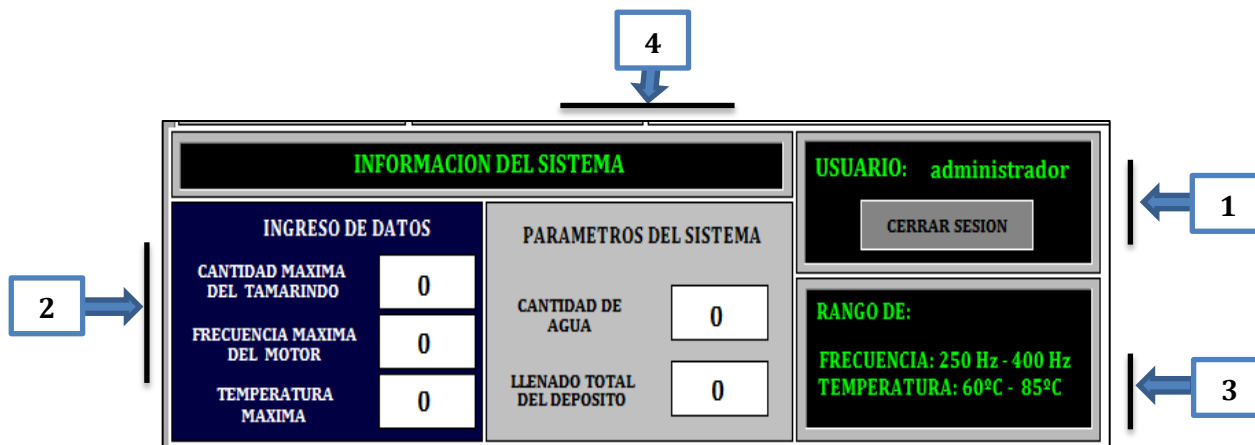


Figura 27: Secciones que conforman la pantalla “Administrador”

- 1: Salir de la pantalla “ADMINISTRADOR”
- 2: Ingreso de los parámetros: nivel, frecuencia y temperatura.
- 3: Rango de los parámetros: nivel, frecuencia y temperatura.
- 4: Display: cantidad máxima del agua y llenado total del depósito 1.

### 2.3.4 DISEÑO DE LA PANTALLA HMI DEL SISTEMA

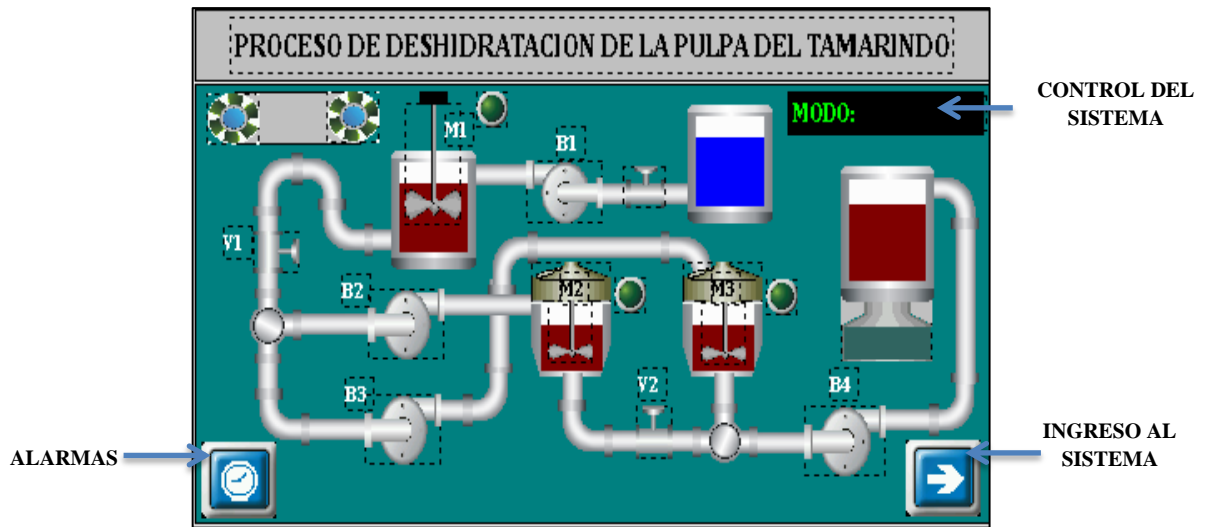


Figura 28: Pantalla inicial del HMI

El uso de las pantallas HMI se han vuelto indispensables en procesos industriales ya que permite monitorear todo el sistema desde una sola pantalla además de controlar los elementos de forma virtual.

La pantalla inicial del HMI, figura 28, está conformada por las siguientes sub-pantalla:

- ❖ **Ingreso al sistema:** Sirve para prevenir que personas no autorizadas manipulen los procesos.
- ❖ **Alarmas:** Sirve para visualizar de forma general que equipos se han activado durante todo el proceso.

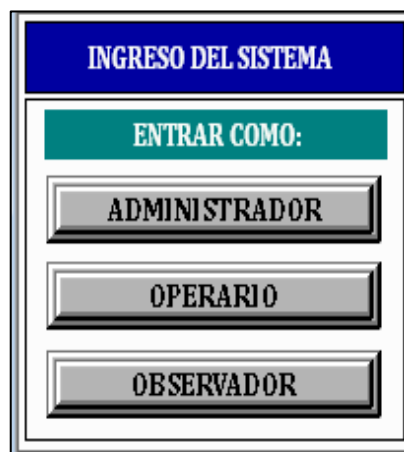


Figura 29: Pantalla HMI para controlar el acceso al sistema

En esta pantalla HMI se ingresa al sistema, tal como se observa en la figura 29 existen tres tipos de usuarios que pueden tener acceso al control de los procesos.

Las pantallas que se muestran a continuación se pueden visualizar al momento de ingresar al sistema como observador, su ingreso es libre ya que solo se puede observar el funcionamiento de cada etapa del proceso.

- ❖ Proceso de mezclado, figura 30.
- ❖ Llenado y vaciado del tanque de agua, figura 31.
- ❖ Proceso de extracción, figura 32.
- ❖ Proceso de deshidratación, figura 33.

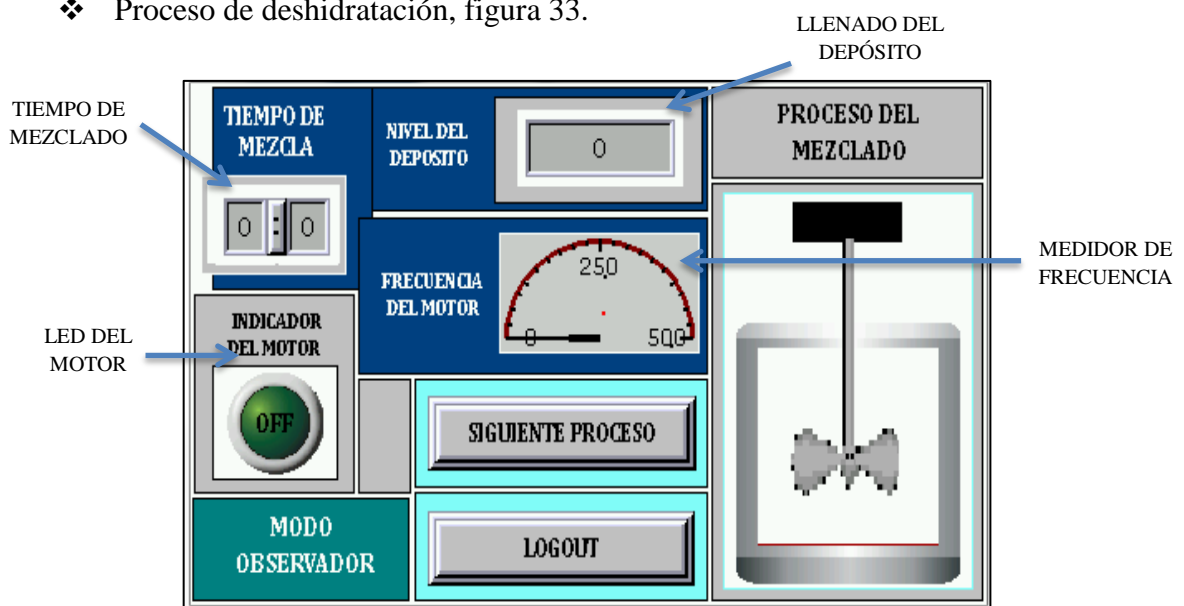


Figura 30: pantalla HMI del proceso de mezclado.

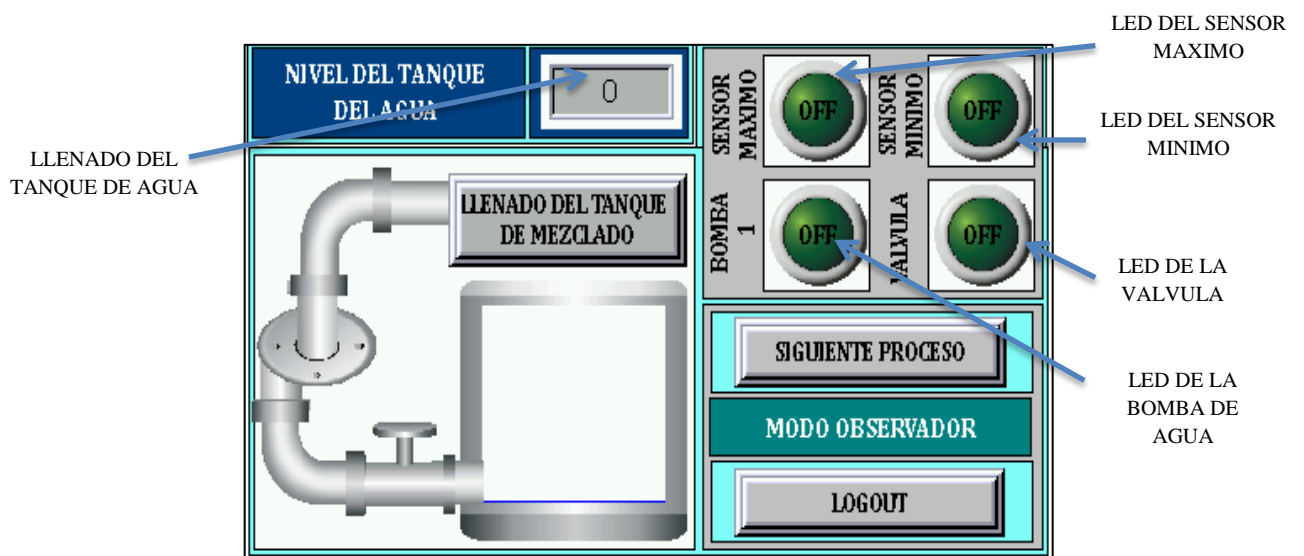


Figura 31: pantalla HMI del tanque de agua.

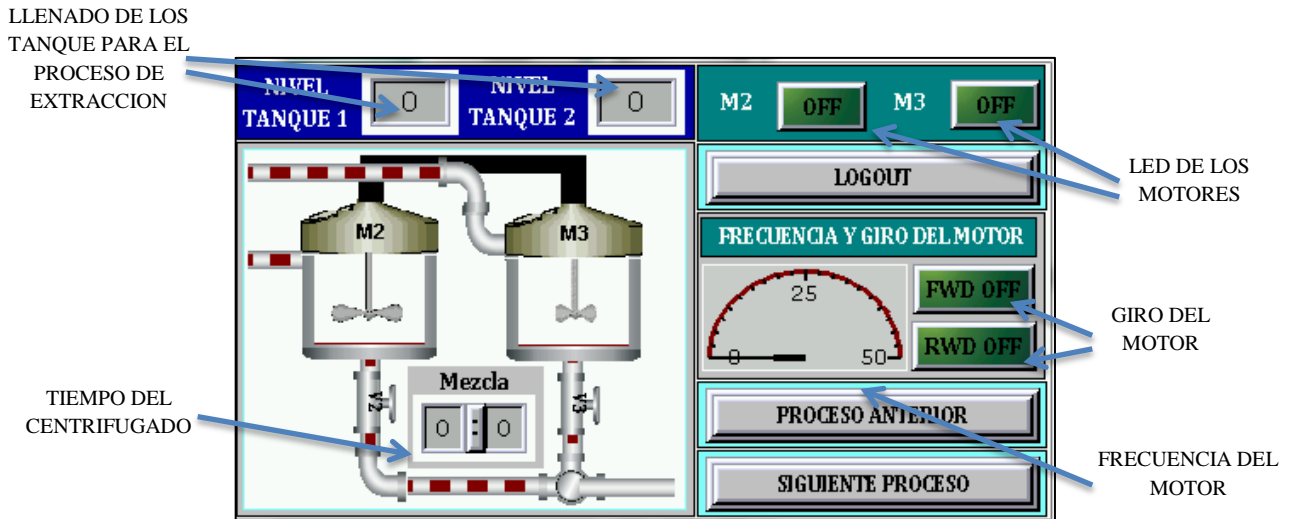


Figura 32: Pantalla HMI del proceso de extracción.

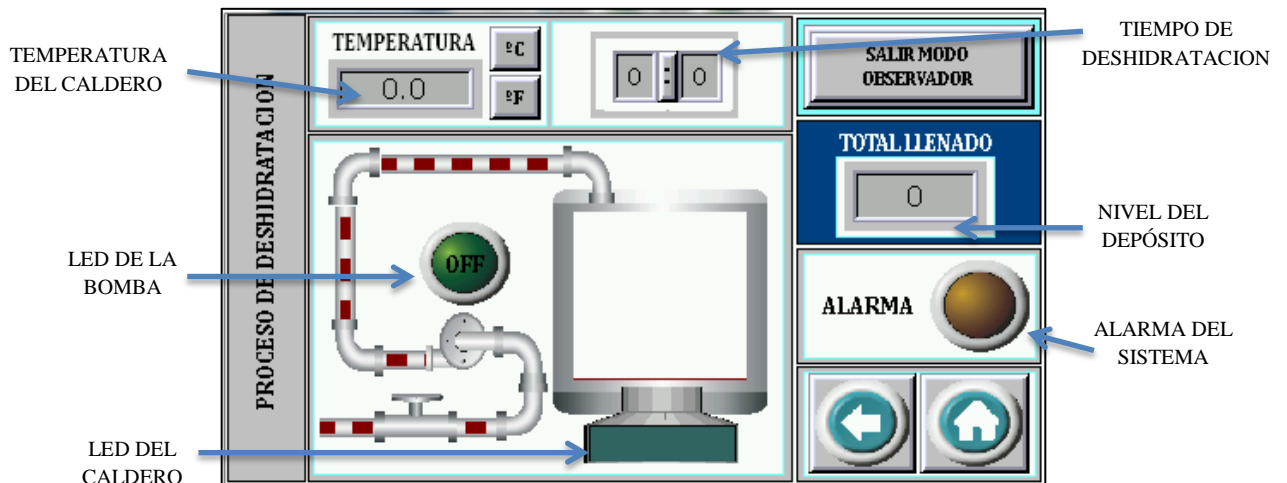


Figura 33: Pantalla HMI del proceso de deshidratación.

Para el usuario operador la pantalla HMI pedirá una contraseña, debido a que las ventanas que se visualizan al momento de ingresar como este usuario, controlan todos los elementos del sistema. La primera pantalla controla las botonera para el vaciado y llenado del tanque de agua, figura 34.



Figura 34: Pantalla HMI de las bombas de agua.

La segunda pantalla controla las botoneras para el vaciado del depósito de mezclado, figura 35.



**Figura 35:** Pantalla HMI de los elementos del proceso de vaciado del depós mezclado.

La siguiente pantalla controla las botonera para el vaciado de los depósitos de extracción, figura 36.



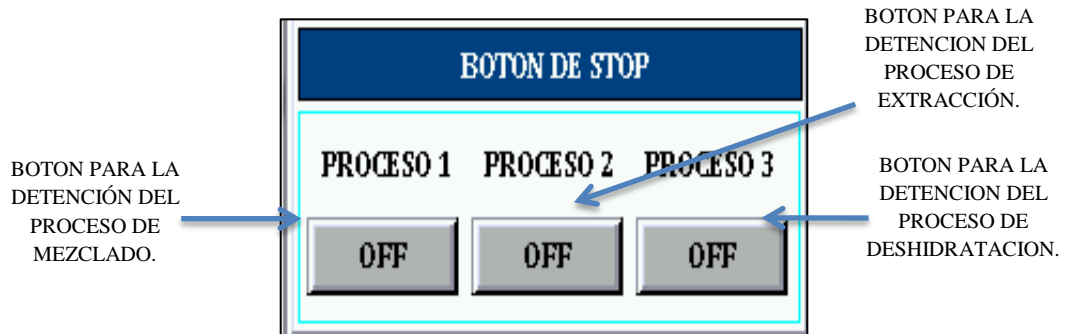
**Figura 36:** Pantalla HMI de los elementos del proceso de vaciado del depósito de extracción.

La ultima pantalla controla la botonera para llenado de deshidratación, figura 37.



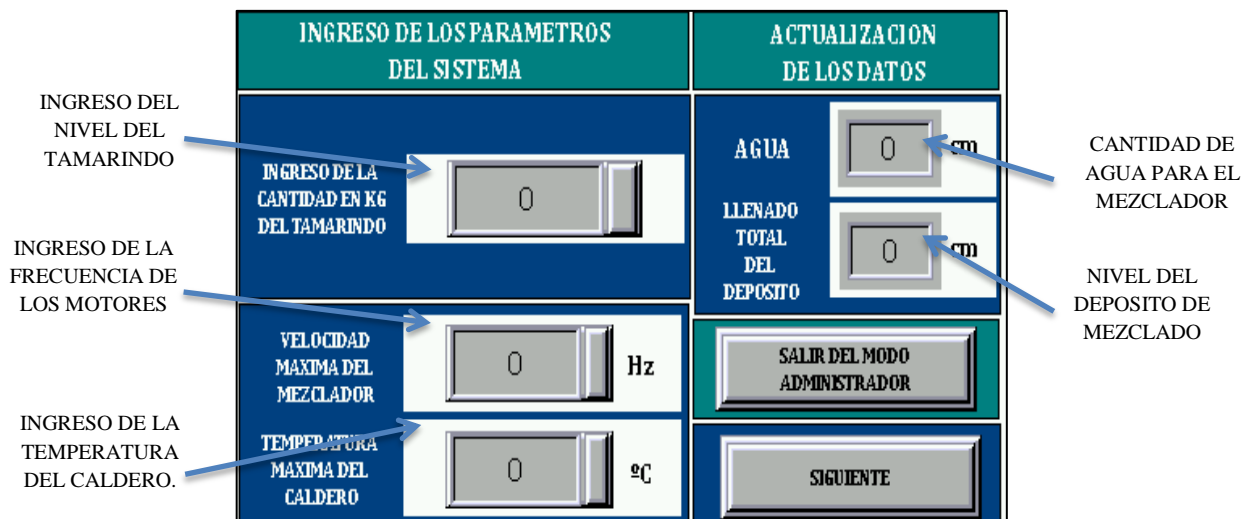
**Figura 37:** Pantalla HMI para el llenado del depósito de deshidratación.

En la figura 34 aparece un botón que muestra al usuario una nueva pantalla HMI la cual sirve para detener cualquiera de las 3 etapa del proceso, figura 38.



**Figura 38:** Pantalla HMI para bloquear el funcionamiento de los procesos.

Para el último usuario su acceso es restringido ya que en esta ventana, figura 39, se permiten configurar todos los parámetros del sistema y de igual manera que el usuario anterior puede controlar todos los elementos del sistema.

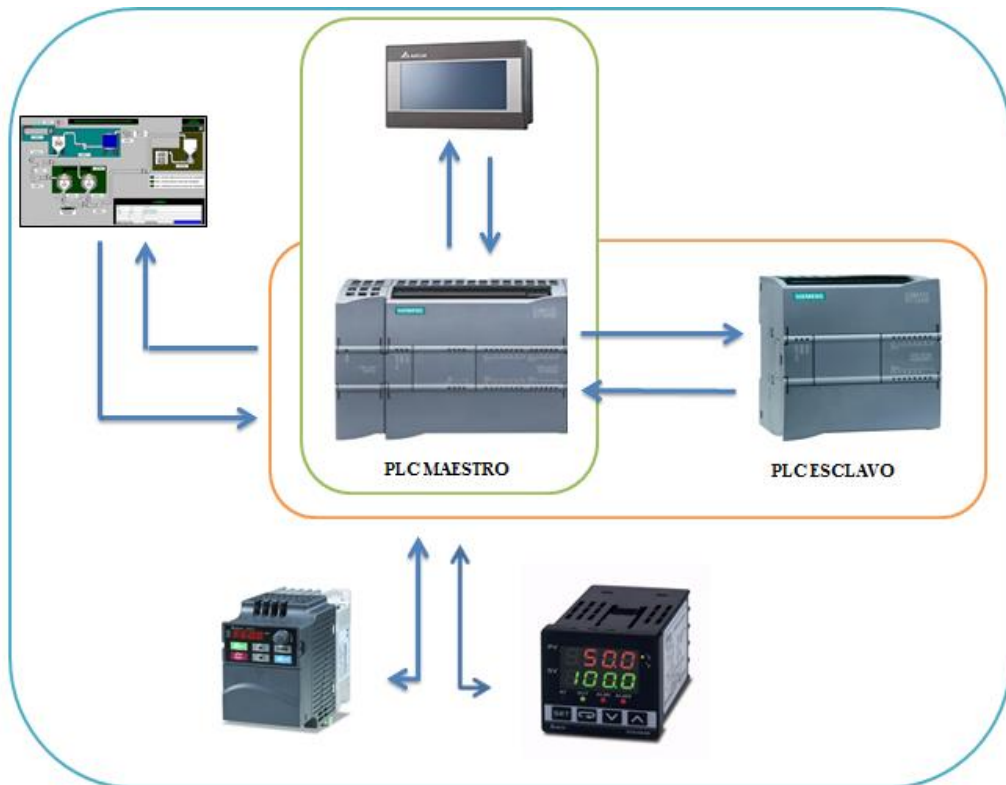


**Figura 39:** Pantalla HMI del administrador del sistema

## 2.4 DIAGRAMA FÍSICO Y LÓGICO DEL SISTEMA SCADA

### DIAGRAMA DE BLOQUE

La comunicación de los elementos utilizados para la demostración del sistema (autómatas, HMI, medidor de temperatura y el variador de frecuencia) se los puede observar en la siguiente estructura, la misma que identifica como se realiza la transmisión y recepción de la información enviada por parte de los autómatas conectados en la red, figura 40.



*Figura 40: Diagrama de bloque físico del sistema de deshidratación.*

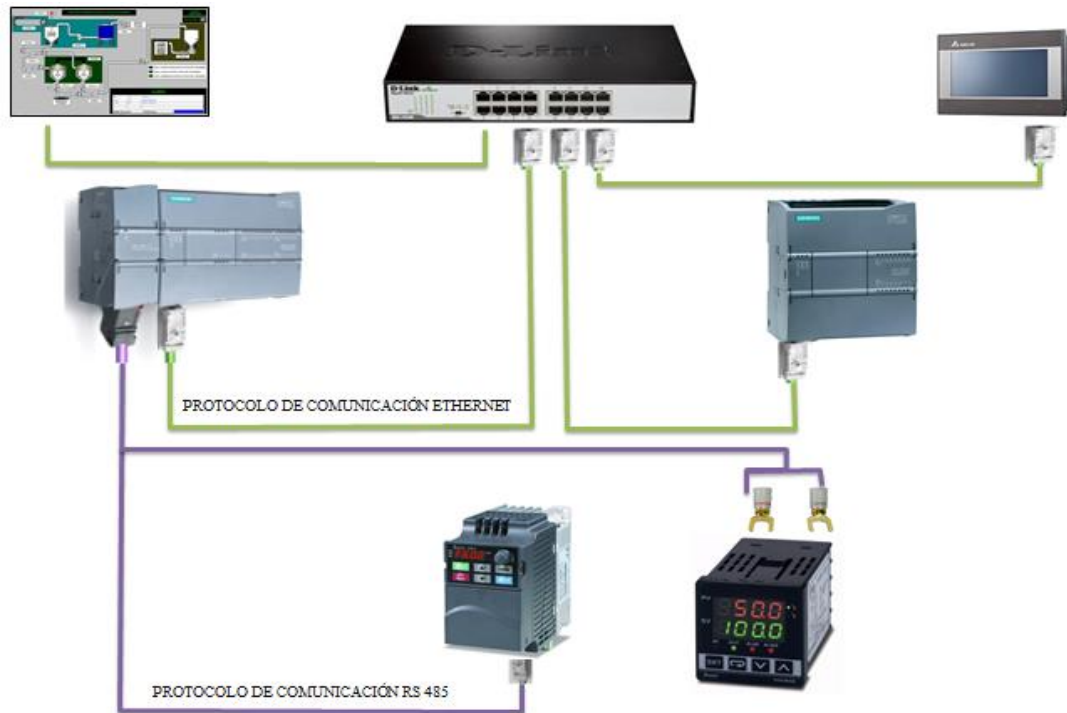
## DIAGRAMA TOPOLÓGICO

En este diagrama se muestra la distribución física de los dispositivos conectados a la red así como los protocolos que se utilizaron para su comunicación, figura 41. Las direcciones de los autómatas como también de sus dispositivos se los detallan en la tabla 10. Cabe recalcar que las direcciones de estos dispositivos deben ser diferentes para que no existan conflictos a la hora de transmitir o de recibir los datos.

Equipos	Direcciones
<b>Autómata maestro</b>	192.168.0.4
<b>Autómata esclavo</b>	192.168.0.3
<b>Pantalla HMI</b>	192.168.0.54
<b>Ordenador</b>	192.168.0.240
<b>Variador de frecuencia</b>	Esclavo número: 1
<b>Medidor de temperatura</b>	Esclavo número: 8

*Tabla 10: Direcciones de los elementos utilizados en el sistema*





*Figura 41: Diagrama topológico de la red del sistema.*

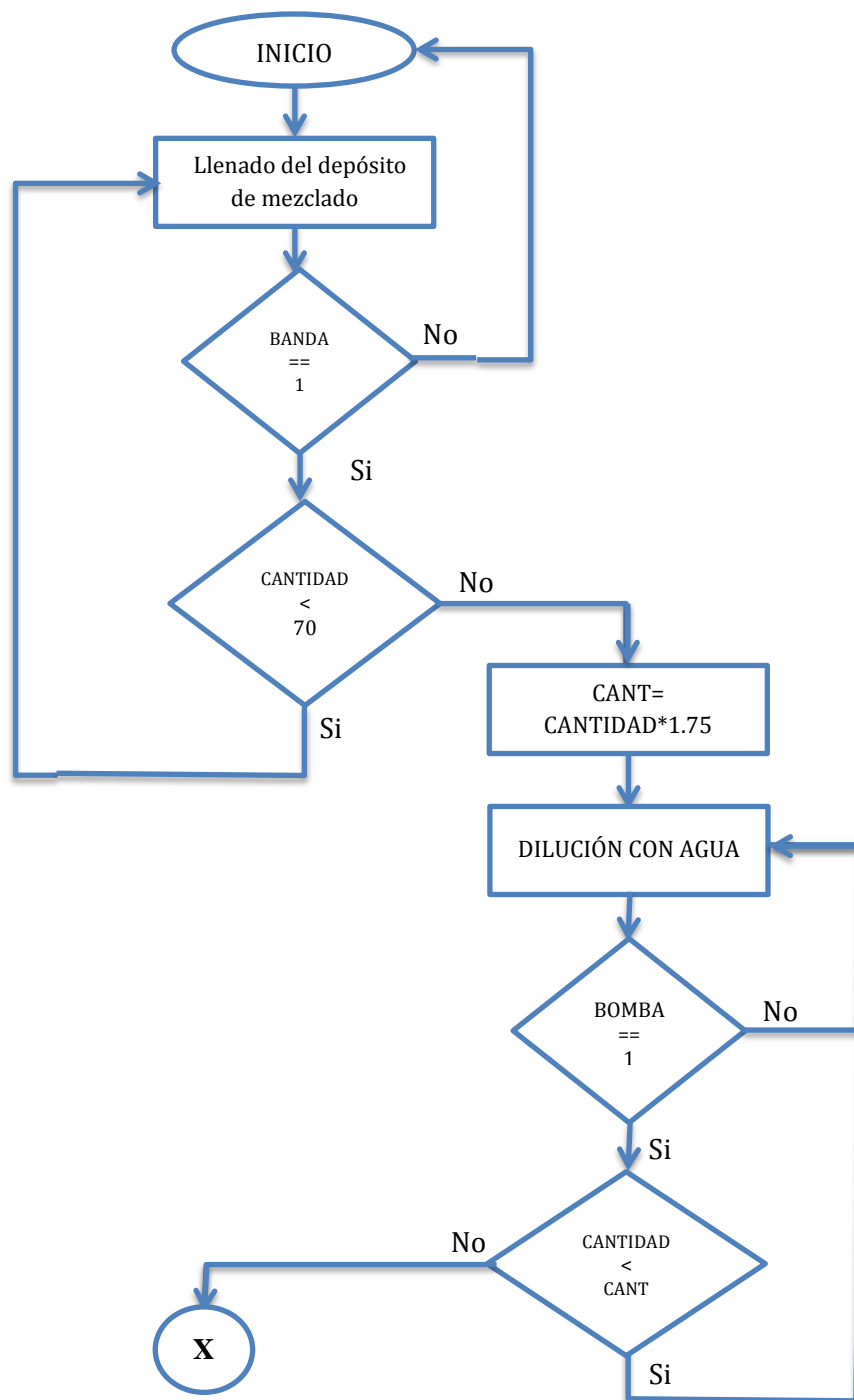
El medio de transmisión y los conectores que se usan para las conexiones entre los equipos que se encuentran conectados a la red se detallan en la tabla 11, debido a que cada dispositivo posee un tipo de conexión diferente como es el caso del medidor de temperatura y el variador de frecuencia que deben estar conectados por un extremo al módulo Modbus el cual requiere de un conector DB9 (se utiliza los pines 8 y 3) para establecer una comunicación entre estos dos dispositivos, y por el otro lado los pines que deben estar funcionando del RJ45 que se conecta al variador son el 5 y 4, para el medidor de temperatura son el 9 y 10.

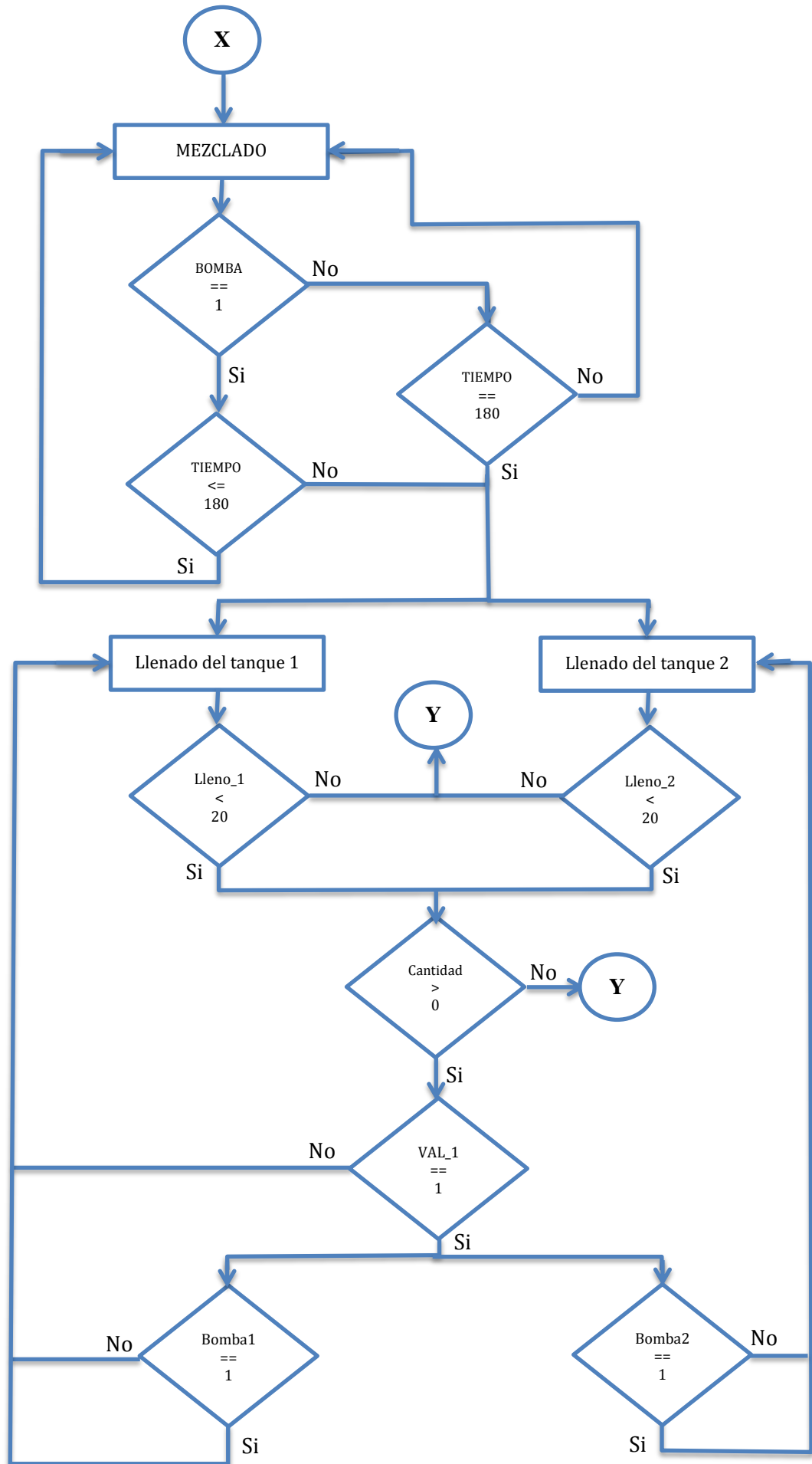
Equipos	Conector
De plc maestro a plc esclavo.	RJ45
De plc al variador de frecuencia	RJ45, DB9
De plc al medidor de temperatura	DB9, Tipo U
De plc al HMI	RJ45
De plc al ordenador	RJ45
<b>Medio de transmisión:</b> Cable par trenzado UTP categoría 5e para la conexión entre los dispositivos.	

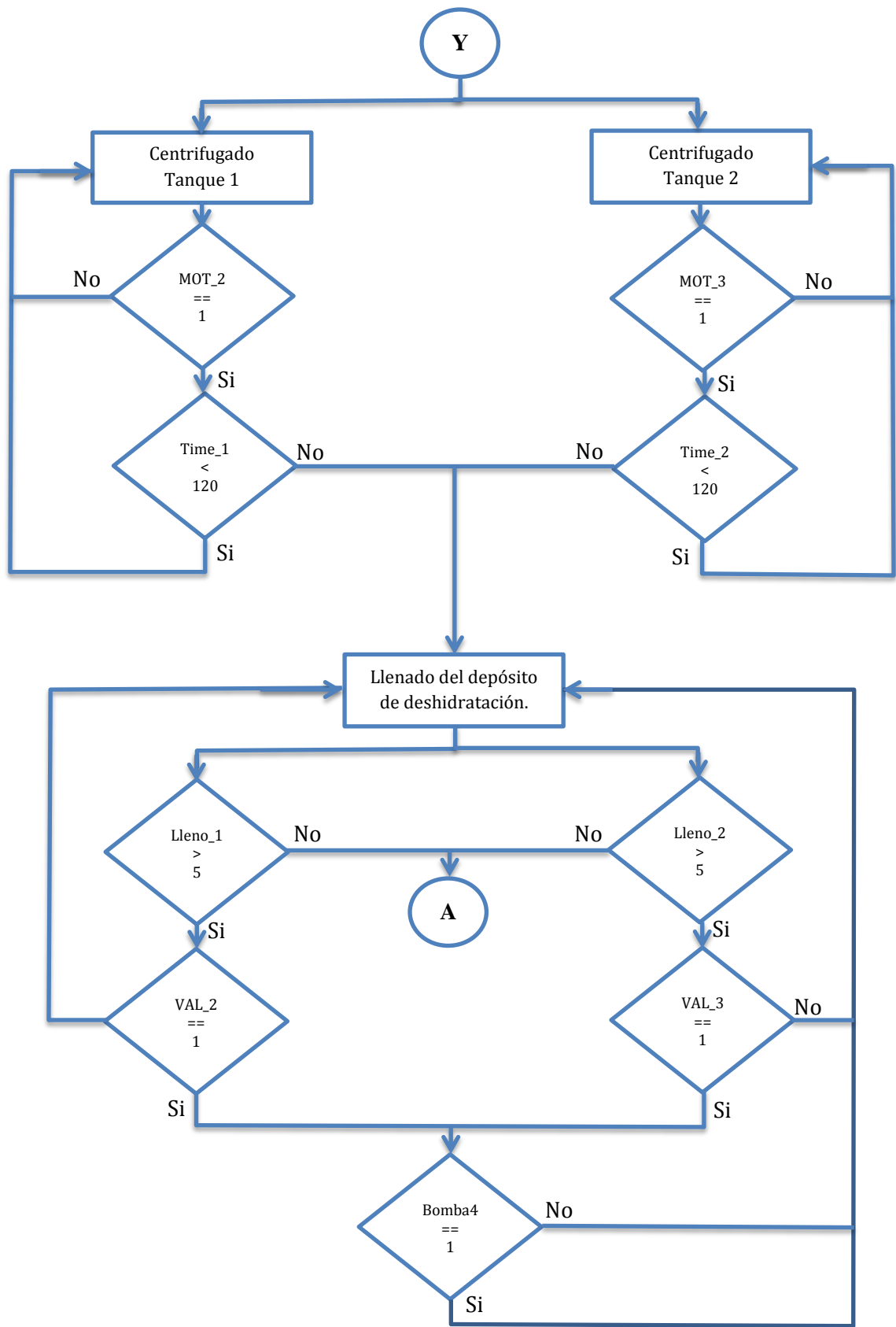
*Tabla 11: Conectores y medio de transmisión de la red*

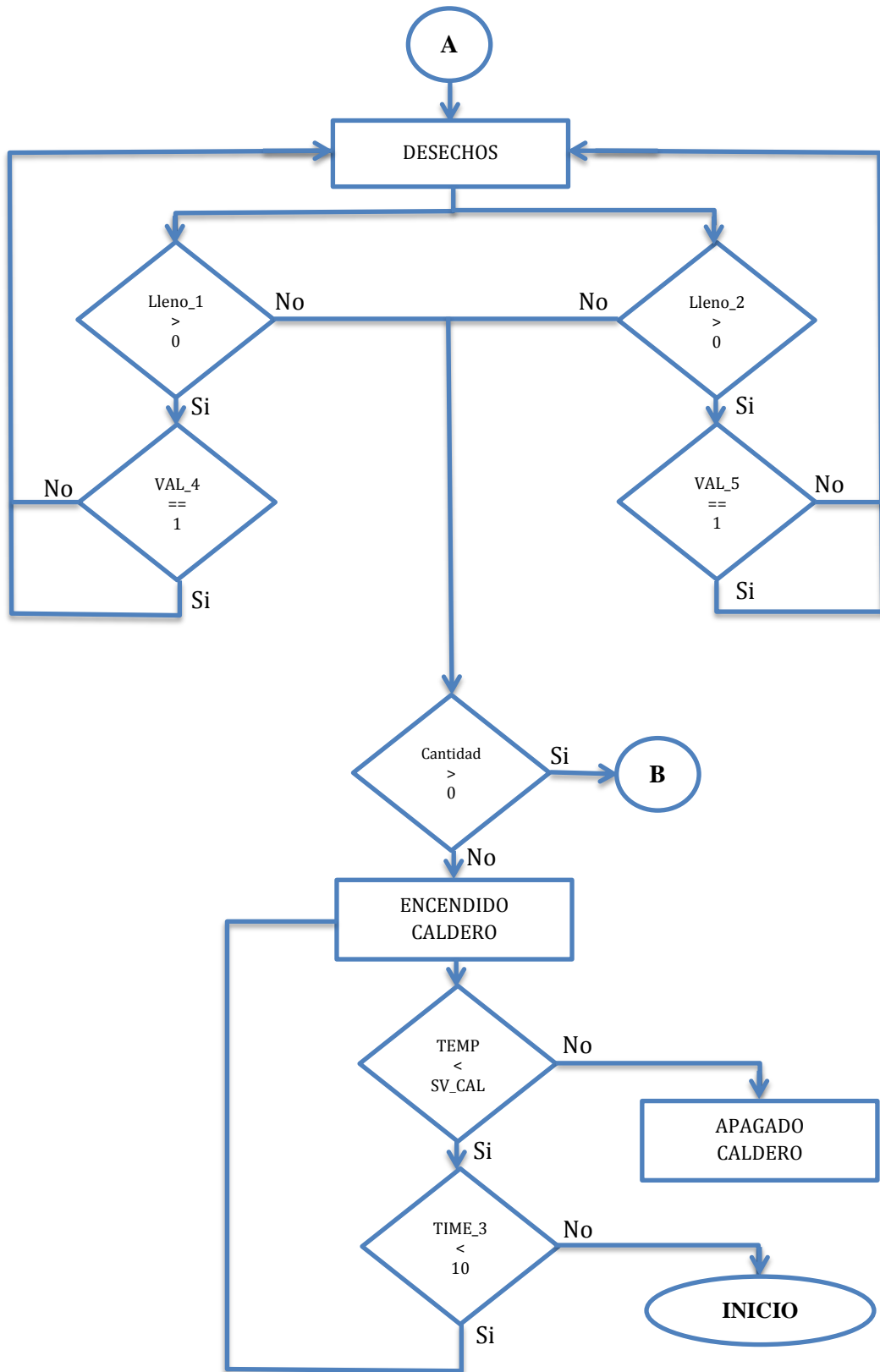
## DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE “DESHIDRATACIÓN DE LA PULPA DEL TAMARINDO”.

Para entender el funcionamiento del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo, se realiza a continuación un flujograma que ayude a comprender la ejecución de sus etapas.









## **2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS SEGMENTOS DEL PLC**

A continuación se explica cada segmento programado en el TIA PORTAL.

### **Programación autómeta esclavo**

#### **Segmento 2: Modo remoto; llenado del depósito de mezclado.**

El llenado del depósito se da al momento de encender la banda transportadora para que ingrese el tamarindo. La simulación del llenado de forma remota se lo realiza a través de un contador CTU el cual guarda la información en un bloque de dato, la condición que se le asigna para precautelar el correcto nivel del depósito es que la variable que almacena el dato de llenado debe ser menor al parámetro establecido en el sistema. Ver anexo 1.2

#### **Segmento 3: Modo local; llenado del depósito de mezclado**

Este segmento también cumple la función de llenar el depósito de mezclado, la variante es que el llenado se lo realiza a través de un potenciómetro que se encuentra conectada a unas de las entradas analógicas del autómeta PLC. Para la configuración de la salida del dato analógico se usó los bloques NORM\_X y SCALE\_X. Ver anexo 1.3

#### **Segmento 4: Modo remoto; Ingreso del agua en el depósito de mezclado.**

Aquí se realiza el proceso de ingresar cierta cantidad de agua si se cumplen ciertas condiciones como por ejemplo: la bomba debe estar encendida y el nivel del depósito de mezclado debe ser menor a la cantidad de agua a ingresar. Ver anexo 1.4

#### **Segmento 5: Modo local; Ingreso del agua en el depósito de mezclado.**

De igual manera que el segmento anterior se deben cumplir las mismas condiciones. Su llenado también depende del valor que posea el potenciómetro y a medida que este vaya incrementando su valor el nivel del tanque de agua va disminuyendo. Ver anexo 1.5

### **Segmento 12: Modo remoto; Frecuencia del motor de mezclado.**

Este segmento controla la frecuencia del motor una vez se haya encendido. Su límite se lo controla a través del uso de un comparador y el envío del dato hacia el plc master se lo realiza utilizando el bloque de transmisión PUT. Ver anexo 1.6

### **Segmento 13: Modo local; Frecuencia del motor de mezclado.**

Aquí se realiza la configuración de una nueva entrada analógica para la variación de la frecuencia a través de un potenciómetro y tal como el segmento anterior este dato es enviado al PLC master y posteriormente al esclavo respectivo (variador). Cabe mencionar que cada autómatas posee solo dos entradas analógicas con las direcciones IW64 e IW66. Ver anexo 1.7

### **Segmento 15: Comunicación entre los plcs esclavo-maestro.**

Dentro de este segmento se observa el uso del bloque de transmisión PUT.

Aquí se escribe la dirección del bloque de dato donde se desea escribir (addr\_x) y la dirección que le va a proporcionar la información (sd\_x). La función de este bloque es enviar cada cierto tiempo el envío de dichos datos más no de recibirlos. Ver anexo 1.8

## **Programación autómatas maestro**

### **Segmento 1: Inicio y apagado del proceso en general.**

Para que el sistema permita el funcionamiento de todos los dispositivos se debe activar de forma física la botonera respectiva que se encuentra conectada a una de las entradas del PLC o de forma remota a través de la utilización de memorias tanto en el HMI como en el SCADA, la cual energiza esta rama del segmento y de igual manera corta el paso de energía. Ver anexo 1.1

### **Segmento 10: Modo remoto; Vaciado del depósito de mezclado**

Para el vaciado del tanque se utiliza el bloque CTD y solo funciona este segmento si la válvula y la bomba respectiva están encendidas, además se le agrega una

condición para determinar hasta qué momento se debe vaciar el depósito. Ver anexo 1.9

### **Segmento 11: Modo remoto; llenado de los tanque 1 y 2**

Dentro de este segmento se realiza la simulación del llenado de los tanques del segundo proceso. Las condiciones principales son: que haya producto en el depósito de mezclado, que el nivel del depósito sea el adecuado, la bomba y la válvula estén accionadas. Ver anexo 1.10

### **Segmento 12: Modo local; llenado de los tanque 1 y 2.**

Para que se energice esta rama del proceso es necesario que se den las condiciones que se mencionaron en el proceso anterior. El llenado se realiza cuando el potenciómetro del proceso anterior comienza a disminuir su valor. Ver anexo 1.11

### **Segmento 18: Llenado del depósito de deshidratación.**

En este segmento se realiza la última etapa del sistema. Para ello debe de culminar el proceso de extracción y activarse las válvulas y la bomba que den paso para el llenado de este depósito. Ver anexo 1.12

### **Segmento 19: Control del caldero.**

Dentro de este segmento se controla el encendido y apagado del caldero. Su activación depende solo si la temperatura del caldero es el correcto caso contrario se bloquea la activación del mismo. Ver anexo 1.13

### **Segmento 22: Comunicación entre los autómatas maestro/esclavo.**

Para que la comunicación entre el PLC maestro con el esclavo se usó el módulo de comunicación PUT para que ciertos bloques de datos envíen información hacia el autómata esclavo. Ver anexo 1.14

### **Segmento 23: Configuración del variador de frecuencia.**

En este segmento, ver anexo 1.15, se configuran los bloques de comunicación.



El primero MB\_COMM\_LOAD es el que habilita el enlace entre el autómeta y el MODBUS, tabla 12, y el segundo bloque es de control MB\_MASTER mediante el cual se realiza la escritura o lectura hacia el variador de frecuencia, tabla 13.

PARAMETROS	VALORES	FUNCIÓN
<b>REQ</b>	FirstScan	Reloj del bloque.
<b>PORT</b>	269	Puerto de comunicación.
<b>BAUD</b>	9600	Velocidad de transferencia
<b>PARITY</b>	0	Paridad del datos
<b>MB_DB</b>	MB_MASTER_DB	Bloque de dato de referencia.

*Tabla 12: Parámetros del módulo MB\_COMM\_LOAD.*

PARAMETROS	VALORES	FUNCIÓN
<b>REQ</b>	AlwaysTrue	Frecuencia del bloque.
<b>MB_ADDR.</b>	1	Número del variador
<b>MODE</b>	1	0: lectura, 1: escritura
<b>DATA_ADDR.</b>	48194	Registro interno del variador
<b>DATA_LEN</b>	1	Cantidad de datos
<b>DATA_PTR</b>	Bloque de datos desde donde se copian los datos	Bloque de dato secundario

*Tabla 13: Parámetros del módulo MB\_MASTER del variador de frecuencia.*

#### **Segmento 24: Configuración del medidor de temperatura.**

En este segmento, ver anexo 1.16 se configura el bloque de control del medidor de temperatura, su configuración es igual a la que se realiza en el segmento anterior pero con otros valores los mismos que se detallan en la tabla 14. Cabe resaltar que el número de esclavo de los controladores debe ser diferente.

PARAMETROS	VALORES	FUNCIÓN
<b>REQ</b>	AlwaysTrue	Frecuencia del bloque.
<b>MB_ADDR.</b>	8	Número del medidor
<b>MODE</b>	0	0: lectura, 1: escritura
<b>DATA_ADDR.</b>	44097	Registro interno del medidor
<b>DATA_LEN</b>	1	Cantidad de datos
<b>DATA_PTR</b>	Bloque de datos desde donde se copian los datos	Bloque de dato secundario

*Tabla 14: Parámetros del módulo MB\_MASTER del medidor de temperatura.*

### **Segmento 27: Alarmas del sistema.**

Aquí se configuran las alarmas de acuerdo a las condiciones programadas en este segmento. Ver anexo 1.17

## **2.6 FACTIBILIDAD DEL PROYECTO**

### **2.6.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA**

#### **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**

Las características de un controlador lógico programable (PLC) lo hacen apto para ser utilizados fundamentalmente en instalaciones en donde se ejecuten procesos de maniobra, control, señalización, etc. Por la facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar programas para luego ser utilizadas así como realizar la corrección del mismo, todo esto y más hace que su utilidad sea considerada en procesos que poseen necesidades como: control de procesos secuenciales, chequeo de la programación de sus etapas, entre otros.

Existen muchas empresas que fabrican estos dispositivos por lo que se debe investigar sus características técnicas, tabla 15, para seleccionar el equipo que se acople a los requerimientos del proceso a desarrollar. También hay que acotar que se debe tomar en consideración su herramienta de programación la cual debe ser entendible para no tener mayor inconveniente a la hora de programar.

PLC KOYO	CompactLogix	PLC S7-1200
<p>14,8 K de memoria total / 229 instrucciones, incluyendo 8 bucles PID</p> <p>Dos puertos de comunicación, incluida la capacidad RS232 / 422/485</p> <p>Soporta conexión en red para MODBUS RTU maestro / esclavo, entrada / salida ASCII, entrada de termopar, entrada de temperatura RTD, módulo opcional DeviceNET esclavo, módulo opcional Ethernet y módulo esclavo Profibus.</p> <p>Entradas de alta velocidad integradas y salida de impulsos</p> <p>Reloj / calendario en tiempo real incorporado.</p> <p>Pantalla LCD opcional para interfaz de operador o solución de problemas de mantenimiento.</p>	<p>Ideales para aplicaciones pequeñas y medianas que requieren conteos bajos de puntos de E/S y movimiento de ejes</p> <p>Brinda soporte para el movimiento integrado en EtherNet/IP a fin de lograr una mayor capacidad de escalado.</p> <p>Elimina la necesidad de baterías de litio con almacenamiento de energía incorporada</p> <p>Ofrece un factor de formato más pequeño para maximizar el espacio en el gabinete</p> <p>Soporta hasta Kinematics de 2 ejes para una robótica articulada sencilla</p>	<p>Disipación de potencia: 11W.</p> <p>Alarmas de retardo/cíclicas: 4 en total con resolución de 1 ms.</p> <p>Precisión del reloj en tiempo real: +/- 60 segundos/mes</p> <p>Velocidad de ejecución booleana: 0,1 µs/instrucción</p> <p>Velocidad de ejecución de transferencia de palabra: 12 µs/instrucción.</p> <p>Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales: 18 µs/instrucción</p> <p>Tipo de comunicación: Ethernet.</p> <p>Transferencia de datos: 10/100 Mb/s</p> <p>Rango de tensión: 85 a 264 V AC</p>

**Tabla 15:** Características técnicas de diferentes marcas de PLC.

Seleccionadas las posibles marcas de los autómatas se realiza una comparación entre ellos de acuerdo a la necesidad que requiere el sistema y así escoger el más adecuado de manera técnica y económica en beneficio al desarrollo productivo de la microempresa.

- ❖ Compact Logix posee un precio más elevado que el plc S7-1200 y no cumple con algunos requerimientos.
- ❖ Plc Koyo es un microcontrolador accesible pero no cumple con las características técnicas necesarias para el desarrollo de este sistema.
- ❖ Plc S7-1200 es un microcontrolador de marca reconocida con costo accesible y con buenas características técnicas.

Se emplea el uso del controlador lógico programable S7-1200 de la marca SIEMENS debido a que posee una herramienta de programación entendible para el desarrollo del sistema por ofrecernos flexibilidad, además de poseer entradas y salidas (digitales/analógicos) ventaja que es importante para este proyecto.

## OPC

Un servidor OPC es un software que hace de interfaz de comunicación, por un lado con las fuentes de información (controladores, PLC, dispositivos E/S, entre otros) y por el otro con sus clientes (HMI, SCADA los más usuales entre otros). La selección del servidor va a depender de ciertos requisitos del sistema, tabla 16.

<b>SoftNVR-IA MOXA</b>	<b>Software de supervisión EUROTHERM</b>	<b>KEPWARE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hasta 64 canales en un sistema</li> <li>- Servidor incorporado del OPC para la comunicación fácil con los sistemas de la automatización</li> <li>- Visión viva con H.264, MPEG4, y MJPEG, de los productos de VPort</li> <li>- Capacidad dual de la exhibición del monitor</li> <li>- el i-frame (marco dominante) descifra para ahorrar solamente los recursos de sistema para las tareas de una prioridad más elevada</li> <li>- Grabación video con la grabación manual, acontecimiento-accionada, y programada</li> <li>- Sistema del aparato de lectura con acontecimiento y funcionalidad tiempo-basada de la búsqueda.</li> </ul>	<p>Servidor OPC para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dispositivos Modbus.</li> <li>▪ Dispositivos LIN.</li> <li>▪ Controladores de E/S.</li> <li>▪ Intellution FIX32 e Ifix.</li> <li>▪ Protocolo Wonderware® SuiteLink TM.</li> <li>▪ Incluye herramientas avanzadas de supervisión y diagnóstico de las comunicaciones.</li> </ul>	<p>Interfaz de cliente nativo de FastDDE / SuiteLink</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FastDDE es un formato DDE definido por Wonderware Corporation que permite transferir grandes cantidades de datos entre aplicaciones a mayor velocidad (y con mejor manejo de errores) que DDE genérico.</li> <li>- SuiteLink es un método de comunicación cliente / servidor que ha tenido éxito con FastDDE. Es basado en TCP / IP y ha mejorado el ancho de banda y la velocidad.</li> </ul>

**Tabla 16:** Características técnicas de diversas marcas de servidores.

Las características técnicas de estos servidores ayudan a resaltar las ventajas de la plataforma escogida para esta propuesta. Se escoge la plataforma de marca Kepware para el proyecto de deshidratación de la pulpa del tamarindo al ofrecer una configuración fácil y rápida al establecer una comunicación estable entre el

sistema Scada y el controlador lógico programable, cumpliendo con las necesidades de cualquier problemática a resolver.

## **WONDERWARE INTOUCH**

La plataforma Wonderware intouch se la escoge por ser la más avanzada y utilizada en la realización de diseños gráficos de SCADA para procesos industriales. Ofreciendo innovación y facilidad de uso, permitiendo el control y visualización de los procesos en tiempo real a través del uso de un ordenador situado en un cuarto de control.

### **Requisitos del sistema – SO del servidor:**

- ❖ Microsoft Windows 2008 R2 SP1 Standard y Enterprise (32/64-bit)
- ❖ Microsoft Windows 2008 R2 SP1, 2012 y 2012 R2 Embedded (32/64-bit)
- ❖ Microsoft Windows Server 2012 y 2012 R2 Standard y Data Center (32/64-bit)

### **Soporte de virtualización**

- ❖ Hyper-V® (basado en la versión del SO compatible)
- ❖ VMWare® vSphere 5.0 y 6.0
- ❖ VMWare Workstation 7.x a 11.x

### **Independencia y conectividad del hardware**

- ❖ Amplia gama variedad de opciones de comunicación para las principales marcas de PLC (Programmable Logic Controllers)
- ❖ Ofrece el medio para conectarse cualquier servidor OPC UA de terceros
- ❖ Se conecta a centenares de I/O y servidores OPC disponibles, y el toolkit de Wonderware DA Server le permite crear servidores de datos especializados de forma sencilla si es necesario
- ❖ Ofrece conectividad a la gama más diversa de servidores de integración de dispositivos
- ❖ Objetos DI (Device Integration Objects) para una total conectividad con dispositivos de campo
- ❖ Permite la creación de plantillas que se pueden utilizar con cualquier fabricante de PLC/DCS/RTU con diferentes convenciones de denominación para las direcciones para una mayor rapidez de instalación y despliegue.

Se escoge esta plataforma a ofrecer herramientas (librerías, scripts, ect) que permiten el diseño, direccionamiento y programación de las variables utilizadas para el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo, además de comunicar la plataforma con cualquier servidor OPC a través de su configuración. Todas estas características resultan necesarias para el desarrollo del sistema SCADA.

## 2.6.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO DE EQUIPOS

El desarrollo de la propuesta conlleva a realizar un presupuesto de todos los componentes necesarios para el funcionamiento del sistema tanto a nivel de hardware como de software. Para ello es necesario cotizar diferentes marcas para escoger de acuerdo a los beneficios que ofrezcan al sistema el más adecuado.

### Presupuesto de los equipos

Los precios de los equipos electrónicos que se adquieren para el proyecto se detallan en la siguiente tabla 17.

Unidad	Detalle	V/Unidad	V. Total
2	CPU 1212C AC/DC/Rly.	\$ 473,00	\$ 946,00
1	CM1241 Modulo de Comunicación RS-485, Incorpora los protocolos MODBUS y USS	\$ 257,00	\$ 257,00
1	Switch Industrial CSM1277	\$ 240,00	\$ 240,00
1	Controlador de temperatura DTB4848	\$ 104,52	\$ 104,52
1	Variador Trifásico 200 – 240 VAC 1 HP	\$ 261,47	\$ 261,47
1	Pantalla HMI Delta 4.3”	\$ 419,19	\$ 419,19
1	Termocupla tipo J	\$ 6,98	\$ 6,98
<b>Total Costos de equipos</b>			<b>\$ 2235,16</b>

*Tabla 17: Presupuestos de los equipos*

### Presupuesto de equipos similares.

Se cotiza nuevamente los equipos de la tabla 17, debido a que el costo influye en una inversión, sin embargo hay que saber escoger ciertos equipos que proporcionen al sistema seguridad y confiabilidad en la transmisión y recepción de los datos. A continuación se detalla en la tabla 18, equipos de otra marcas

Unidad	Detalle	V/Unidad	V. Total
2	CPU 1212C AC/DC/Rly.	\$ 473,00	\$ 946,00
1	CM1241 Modulo de Comunicación RS-485, Incorpora los protocolos MODBUS y USS	\$ 257,00	\$ 257,00
1	Switch Cisco Sg110 24 hp	\$ 580,00	\$ 580,00
1	Controlador de temperatura marca WATLOW	\$ 180,13	\$ 180,13
1	Variador de frecuencia Trifásico	\$ 677,70	\$ 677,70
1	Pantalla HMI SIEMENS	\$ 450,19	\$ 450,19
1	Termocupla industrial	\$ 28,50	\$ 28,50
<b>Total Costos de equipos</b>			<b>\$ 3119,52</b>

*Tabla 18: Presupuestos de equipos similares*

### Presupuesto de los materiales

Una vez realizado el presupuesto de los equipos para la automatización del sistema, se procede con la realización del presupuesto de los materiales a utilizar para el ensamblaje y colocación de estos dispositivos en el laboratorio de automatización de la UPSE, tabla 19.

Unidad	Detalle	V/Unidad	V. Total
1	Rack	\$ 187,00	\$ 187,00
4	Pulsadores rojo y verde	\$ 1,51	\$ 10,04
2	Contactores NC y NA	\$ 0,58	\$ 1,16
4	Luz piloto rojo y verde	\$ 1,38	\$ 5,52
100	Metro de cable UTP cat. 5e	\$ 0,22	\$ 22,00
1	Riel Long. 1M	\$ 2,47	\$ 2,47
1	Borneras	\$ 3,74	\$ 3,74
1	Canaletas	\$ 6,05	\$ 6,05
1	Breaker	\$ 60,00	\$ 60,00
<b>Total Costos de materiales</b>			<b>\$ 297,98</b>

*Tabla 19: Presupuesto de los materiales*

### Presupuesto de materiales similares.

En la tabla 20, se detallan los costos de algunos materiales de marcas reconocidas.

Unidad	Detalle	V/Unidad	V. Total
1	Rack	\$ 187,00	\$ 187,00
4	Pulsadores rojo y verde marca SIEMENS	\$ 15,20	\$ 60,80
2	Contactores NC y NA SIEMENS	\$ 16,00	\$ 32,00
4	Luz piloto rojo y verde marca SIEMENS	\$ 16,38	\$ 65,52
100	Metro de cable FTP cat. 6a	\$ 0,42	\$ 42,00
1	Riel Long. 1M	\$ 2,47	\$ 2,47
1	Borneras	\$ 3,74	\$ 3,74
1	Canaletas	\$ 6,05	\$ 6,05
1	Breaker	\$ 60,00	\$ 60,00
<b>Total Costos de materiales</b>			<b>\$ 459,58</b>

*Tabla 20: Presupuesto de materiales similares*

### Costo total de los equipos y materiales para el desarrollo del sistema

Finalizado la etapa de cotización de los equipos necesarios para el desarrollo del sistema, se procede a realizar el cálculo respectivo entre estos valores para determinar su inversión total, tabla 21.

Equipos adquiridos		Equipos similares	
Descripción	Valor	Descripción	Valor
Equipos	\$ 2235,16	Equipos	\$ 3119,52
Materiales	\$ 297,98	Materiales	\$ 459,58
<b>Total de inversión</b>	<b>\$ 2533,14</b>	<b>Total</b>	<b>\$ 3579,10</b>

*Tabla 21: Comparación del costo total entre equipos y materiales.*

Con el análisis de costos realizado, se logra la implementación del sistema con algunos materiales y equipos de bajos costos los cuales son comúnmente utilizados en empresas para brindar confianza en la ejecución de sus procesos. La comparación de costos con otras marcas reconocidas a nivel industrial se evidencia que si se adquiere tanto equipos como materiales, el costo de inversión para el desarrollo del sistema se eleva, por lo que se optó adquirir los equipos más importantes de esta marca (SIEMENS) tales como CPU 1212 y el CM1241.



## 2.7 PRUEBAS DEL SISTEMA

### OBJETIVOS

- ❖ Demostrar a través del servidor KEPServerEX que existe el envío de información por parte de los autómatas del sistema.
- ❖ Verificar que todas las variables que se encuentran configuradas en el servidor KEPServerEX posean buena calidad durante todo el funcionamiento del sistema SCADA.

Para verificar si los datos son correctos se crean dos variables: valor esperado (E) según los parámetros del sistema y el valor real (R) datos que proporciona el servidor.

### PRUEBA 1

Se evalúan los datos que debe proporcionar la ejecución del primer proceso del sistema SCADA, tabla 22.

ENLACE SERVIDOR – ORDENADOR							
Cliente 1				Cliente 2			
ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL	ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL
	R	E			R	E	
LED INICIO	1	1	Good	M1_ON	0	0	Good
LLENADO D1	145	145	Good	M1_OFF	0	0	Good
BANDA	0	0	Good	M2_ON	0	0	Good
BOTON AGUA ON	1	1	Good	M2_OFF	0	0	Good
BOTON AGUA OFF	0	0	Good	MOTOR_ON	0	0	Good
MINUTO 1	0	0	Good	MOTOR_OFF	0	0	Good
SEGUNDO 1	0	0	Good	LLENADO AGUA	74	75	Good
LED V1	0	0	Good	MINUTO	0	0	Good
SV TEMPERATURA	300	300	Good	SEGUNDO	0	0	Good
PV TEMPERATURA	230	230	Good	VARIADOR	0	0	Good

*Tabla 22: Pruebas del proceso de mezclado en el servidor KEPServerEX.*

El total de pruebas realizadas para cada proceso fueron 5, debido a que en ocasiones el envío de datos por parte del cliente 2 (autómata esclavo) no da el valor esperado. En este proceso se observan las variables: nivel del depósito de mezclado (LLENADO D1) y el nivel del tanque de agua (LLENADO AGUA), los parámetros establecidos para estas variables son 70 y 122 respectivamente.

Como se observa en la tabla 27, el cual refleja unas de las pruebas realizadas a este proceso que la variable LLENADO AGUA se retrasa en ciertos momentos provocando un desfase en la transmisión y recepción de los datos por parte del autómatas maestro (Cliente 1), pero esto no implica que el sistema falle ya que al culminar el proceso los datos concuerdan con lo establecido en la programación.

## PRUEBA 2

Aquí se comprueba el envío de la información hacia el variador de frecuencia, tabla 23.

ENLACE SERVIDOR – ORDENADOR							
Cliente 1				Cliente 2			
ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL	ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL
	R	E			R	E	
LED INICIO	1	1	Good	M1_ON	1	1	Good
LLENADO D1	162	162	Good	M1_OFF	0	0	Good
LED V1	1	1	Good	M2_ON	0	0	Good
LLENADO T1	20	20	Good	M2_OFF	0	0	Good
LLENADO T2	10	10	Good	MOTOR_ON	0	0	Good
MINUTO 1	2	2	Good	MOTOR_OFF	0	0	Good
SEGUNDO 1	0	0	Good	LLENADO AGUA	29	29	Good
SV TEMPERATURA	300	300	Good	MINUTO	0	0	Good
PV TEMPERATURA	267	267	Good	SEGUNDO	27	27	Good
BOMBA 3 ON	1	1	Good	VARIADOR	13	13	Good

*Tabla 23: Pruebas del segundo proceso del sistema en el OPC KEPServerEX.*

En esta prueba se analizan las variables: nivel del depósito de mezclado (LLENADO D1), llenado de los tanque de extracción (LLENADO T1 y LLENADO T2), tiempo del proceso de extracción (SEGUNDO y MINUTO) y la frecuencia del variador (VARIADOR), todos estos son importantes para la correcta realización de este proceso.

Se observa que la suma de las tres variables (LLENADO D1, T1 y T2) que se encuentran alojadas en el cliente 1 (autómatas maestro), da como resultado la cantidad del proceso de mezclado una vez diluido con agua ( $122+70=192$ ), lo que implica que no hay retraso en el envío de los datos hacia los dispositivos de salida (HMI y SCADA), no siendo así en el cliente 2 (autómatas esclavo) ya que existe

un retardo por motivo de que el mismo debe enviar la información al cliente 1 (autómata maestro) y este escribir la información en el registro del variador de frecuencia para luego ser visualizado en el mismo.

También se controla el tiempo que deben funcionar los motores del proceso de extracción a través de las variables (MINUTO Y SEGUNDO), se los observa con la finalidad de comprobar el tiempo dado para este proceso y así no se susciten inconvenientes en el desarrollo del mismo, su visualización se da tanto en la pantalla HMI como en el SCADA.

### PRUEBA 3

La verificación de los datos en el tercer proceso es importante ya que aquí se comprueba la comunicación que existe entre los dos autómatas del sistema, tabla 24.

ENLACE SERVIDOR – ORDENADOR							
Cliente 1				Cliente 2			
ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL	ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL
	R	E			R	E	
LED INICIO	1	1	Good	M1_ON	0	0	Good
LLENADO D1	115	115	Good	M1_OFF	1	1	Good
LLENADO T1	12	12	Good	M2_ON	1	1	Good
LLENADO T2	20	20	Good	M2_OFF	0	0	Good
LED V2	1	1	Good	MOTOR_ON	0	0	Good
MINUTO 1	2	2	Good	MOTOR_OFF	0	0	Good
LLENADO D2	36	36	Good	LLENADO AGUA	29	29	Good
BOMBA 4 ON	1	1	Good	MINUTO	2	2	Good

**Tabla 24:** Pruebas del llenado del depósito de deshidratación en el OPC KEPServerEX.

En este proceso se toman a consideración las variables: LLENADO D1, T1, T2 Y D2. Se realiza la comparación entre estos datos para determinar si el valor en el depósito de deshidratación concuerda según la fórmula  $[(LLENADO T1 \text{ o } T2) - 6]$  establecida en el autómata maestro (cliente 1). En las pruebas se evidencia que cuando los tanque del proceso de extracción finalizan sus llenados no disminuye la cantidad adecuada en el depósito de mezclado deja un margen de error en el depósito de extracción de 0.4% (10 unidades equivale al 1% de error).

#### PRUEBA 4

En esta última prueba se verifica si la programación para la activación y desactivación del caldero en el plc se cumple y son enviadas al sistema SCADA, tabla 25.

ENLACE SERVIDOR – ORDENADOR							
Cliente 1				Cliente 2			
ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL	ETIQUETA DE LOS DATOS	DATO		SEÑAL
	R	E			R	E	
LED INICIO	1	1	Good	M1_ON	0	0	Good
LLENADO D1	0	0	Good	M1_OFF	0	0	Good
SV TEMPERATURA	300	300	Good	M2_ON	0	0	Good
PV TEMPERATURA	286	286	Good	M2_OFF	0	0	Good
LLENADO D2	134	134	Good	MOTOR_ON	0	0	Good
MINUTO 2	0	0	Good	MOTOR_OFF	0	0	Good
SEGUNDO 2	27	27	Good	LLENADO AGUA	56	56	Good
LED CALDERO ON	1	1	Good	MINUTO	0	0	Good
LED CALDERO OFF	0	0	Good	SEGUNDO	0	0	Good

*Tabla 25: Pruebas del funcionamiento del caldero en el OPC KEPServerEX.*

Se controla las variables: encendido y apagado del caldero (LED CALDERO ON y LED CALDERO OFF), los datos del medidor de temperatura (SV y PV) y el tiempo de deshidratación (MINUTO 2 y SEGUNDO 2).

En este proceso no debe haber margen de error debido a que es necesario mantener actualizados los datos de temperatura para que no pueda provocar daños en la materia prima. Para ello se le asignó un reloj (ALWAYS TRUE) para que siempre haya una transmisión y recepción entre la termocupla y el medidor de temperatura. Los resultados fueron satisfactorios debido a que cada vez que se manipula la termocupla, el dato se refleja tanto en servidor como en el Display del medidor al variar su valor.

También se observa el encendido de la alarma que debe mostrar el sistema en el módulo una vez excedida la temperatura en el depósito de deshidratación a través de un parpadeo del mismo, esto sirve para dar aviso al operador que debe ser apagado el caldero.

## 2.8 RESULTADOS

Una vez realizadas las pruebas de simulación para el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo mediante el uso del módulo de automatización implementado para el laboratorio de la UPSE se logró los siguientes resultados:

Con respecto a las 5 pruebas realizadas en la simulación del proceso de mezclado (PRUEBA 1), se observan que los valores obtenidos por parte del servidor KEPServerEX estuvieron aceptables con un margen de error de  $\pm 1$  con respecto al valor real (191 cm, valor obtenido entre la sumatoria de las variables LLENADO D1 y LLENADO AGUA) cumpliendo así con los parámetros establecidos para este proceso.

Los indicadores led para la representación del encendido y apagado de bombas, válvulas, etc para el proceso de mezclado, responden entre un rango de 5 a 10 ms cuando el sistema se encuentra operando de forma automática. Por ejemplo para la activación del led de la bomba para el vaciado del tanque de agua debe ocurrir una vez la variable LLENADO D1 haya obtenido su límite predeterminado (70 cm) y desactivarse cuando la misma variable posea su límite máximo (191 cm), esto representa la confiabilidad de los estados ON/OFF en los equipos del sistema.

En base a las pruebas realizadas en el desarrollo del sistema SCADA a través del servidor se logró controlar y regular el proceso de mezclado (PRUEBA 1) mediante la asignación de una frecuencia máxima (25 Hz) al variador de frecuencia a través del registro interno del dispositivo, obteniendo como respuesta la escritura y lectura del valor asignado en el display del dispositivo con la ayuda del controlador lógico programable.

Los datos obtenidos por parte de la transmisión y recepción del variador de frecuencia resultan favorables para el desempeño adecuado del motor utilizado en el proceso de mezclado al no poseer un margen de error y el retardo de los datos de un tiempo estimado de 2 segundos.

En las pruebas realizadas en la simulación del proceso de extracción de la pulpa del tamarindo (PRUEBA 2) se observaron eventos en el cual las variables a

analizar (LLENADO T1 y T2) obtenían los valores predeterminados (límite máximo 20) cada vez que se efectuara el proceso de llenado de dichos tanques, sin embargo se percata que en la variables del proceso de mezclado (LLENADO D1) se obtiene un margen de error de -1 cada vez que culmine el llenado del proceso de extracción esto es debido a los francos de reloj de la transmisión y recepción de estos datos.

La prueba 3 realizadas para la simulación del proceso de deshidratación se supervisa la temperatura ideal del caldero (85°C) a través de la pantalla del medidor de temperatura para constatar el adecuado desempeño del mismo con la ayuda de una termocupla tipo J, siendo está manipulada para elevar la temperatura obteniendo un dato máximo de 90°C, esto permite el encendido y apagado de una luz piloto como una señal de alarma una vez excedida el valor ideal para el proceso de deshidratación.

El tiempo de espera para la actualización de los datos analógicos proporcionados por el servidor esta entre los 23 ms a 30 ms al momento de transmitir los datos de un autómatas a otro, de 3 a 5 ms si la entrega de los datos se realiza en el mismo autómatas. Se considera apropiado el tiempo de respuesta por parte del servidor debido a que resulta favorable para el sistema al ofrecer un 78% de confiabilidad en la transmisión y recepción de sus datos.

Para obtener la escritura y lectura de los datos tanto del variador de frecuencia como el medidor de temperatura, se utilizaron los registros internos de cada uno de ellos, con el cual se pudo cambiar los parámetros de temperatura y frecuencia a través del uso de la pantalla HMI como del SCADA obteniendo la actualización de sus datos de manera casi inmediata (tiempo estimado 5 ms).

Para el monitoreo y control del proceso de deshidratación se empleó el uso del sistema SCADA a través del software Wonderware Intouch aplicando el uso de las normativas ISA101, gracias a la correcta configuración del sistema se logró controlar los equipos, fallas del sistema, control de usuarios, detención del sistema, generación de reportes y las modificaciones de los parámetros del sistema proporcionando así el funcionamiento del mismo en tiempo real.

Se supervisó el desarrollo del sistema SCADA para validar la lógica de programación del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo diseñada en el controlador lógico programable a través del servidor OPC KEPServerEX resultando tener una confiabilidad del 95% de sus datos, al realizar varias pruebas de su funcionamiento obteniendo los datos de acuerdo a la programación realizada en el software TIA PORTAL.

## CONCLUSIONES

La simulación a través del sistema SCADA permitió variar los datos de las variables del proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo, datos que se reflejan en los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el laboratorio de automatización.

El sistema SCADA diseñado para el proceso de deshidratación de la pulpa del tamarindo posee una interfaz amigable y versátil facilitando el seguimiento de los procesos, el sistema permite enlazarse entre varios PCs (mediante la arquitectura cliente-servidor), los clientes interactúan con el servidor permitiendo el control y monitoreo desde la PCs clientes, estos clientes poseen diferentes niveles de seguridad para la manipulación del sistema SCADA mediante la creación de cuentas de usuario.

El sistema facilita el control de los procesos de mezclado y deshidratado de la pulpa del tamarindo mediante la utilización de un medidor de temperatura y un variador de frecuencia, debido que al tener un mejor manejo de estos procesos, se controla y regula tanto la frecuencia y temperatura que necesitan los equipos de acuerdo a los parámetros establecidos para el desarrollo del sistema.

Con el sistema SCADA se logra optimizar y facilitar los procedimientos del sistema, así como la toma de decisiones a nivel de administración.

Se diseña la interfaz HMI y el SCADA para los procesos de deshidratación de la pulpa del tamarindo los cuales permiten monitorear y controlar en tiempo real algún inconveniente suscitados en los procesos.

El sistema SCADA desarrollado, permite utilizar diferentes herramientas como intouch, protocolos de comunicación Ethernet y Modbus para manejar las variables del proceso, la comunicación cliente-servidor y el enlace con el controlador lógico programable (PLC).



## **RECOMENDACIONES**

Para el funcionamiento adecuado de los equipos como del sistema se recomienda una habitación que posea las condiciones necesarias tanto eléctricas como ambientales para que el encargado o los equipos no sufran algún tipo de problema.

Se recomienda exportar el sistema SCADA hacia un servidor web con la finalidad de poder visualizar el comportamiento de los procesos en cualquier lugar mediante el uso del internet.

El mantenimiento de un sistema SCADA así como de los equipos es fundamental. Por ello se derivan dos tipos de mantenimientos para el sistema: preventivo y predictivo los cuales se recomiendan ejecutar con la finalidad de anticipar posibles fallas mediante el monitoreo de las variables físicas del sistema.

Para el funcionamiento apropiado del sistema SCADA se recomienda una vez implementada la automatización del proceso de deshidratación de la pulpa de tamarindo en la parroquia Julio Moreno, calibrar y configurar los equipos de acuerdo a los parámetros establecidos para el sistema.

## BIBLIOGRAFÍAS

- EcuRed. (05 de 2011). <https://www.ecured.cu>. Recuperado el 22 de 08 de 2017, de [https://www.ecured.cu/Sistema\\_SCADA](https://www.ecured.cu/Sistema_SCADA)
- Guerrero, V., L. Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *COMUNICACIONES INDUSTRIALES PRIMERA EDICIÓN*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- La Hora. (10 de 10 de 2015). [lahora.com.ec](http://lahora.com.ec). Obtenido de [lahora.com.ec](http://lahora.com.ec): <https://lahora.com.ec/noticia/1101872474/busque-zonas-de-poca-lluvia-para-su-cultivo-de-tamarindo>
- Llumiquinga Moromenacho, P. A., & Suquillo Pulupa, B. S. (Marzo de 2015). Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8726>
- M. Romero, D. (10 de 2005). <http://www.ieee.org.ar>. Obtenido de <http://www.ieee.org.ar>: <http://www.ieee.org.ar/downloads/Romero-Eth-Ind.pdf>
- Miru, G. (30 de 01 de 2016). *Comunicación Siemens S7*. Obtenido de Estructura general: <http://gmiru.com/article/s7comm/>
- Piedrafita Moreno, R. (2004). *INGENIERÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL. 2ª EDICIÓN*. Madrid, España: RA-MA EDITORIAL.
- Rodríguez Penin, A. (2007). *Sistemas SCADA - 2ª edición*. Barcelona (España): MARCOMBO, S.A.
- Salazar Velarde, D., & Villacreces Pita, A. (Marzo de 2015). *Diseño e Implementación de un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agro - industria frutas de la pasión C.LDTA*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10430/1/UPS-GT001516.pdf>
- Torres, J. M. (2010). *Comunicación entre dos CPU's S7-1200 en red Profinet vía TCP*. (Departamento de Electricidad-Electrónica del I.E.S Himilce - Linares) Recuperado el 22 de 08 de 2017, de [http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infopl\\_net\\_comunicac3b3n-entre-dos-cpus-s7-1200-en-red-profinet-vc3ada-tcp-doc.pdf](http://www.infopl.net/files/descargas/siemens/infopl_net_comunicac3b3n-entre-dos-cpus-s7-1200-en-red-profinet-vc3ada-tcp-doc.pdf)
- Universidad de Valencia. (14 de 10 de 2009). *Tema 3: Redes de comunicación industriales*. Recuperado el 22 de 08 de 2017, de <http://www.uv.es/rosado/courses/sid/sid.html>

Vique Almeida, L. A. (5 de abril de 2016). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5031>

SCADA: <http://www.wonderware.es/HMI-SCADA/InTouch/especificaciones-tecnicas/>

COMPACT LOGIX: <http://ab.rockwellautomation.com/es/Programmable-Controllers/CompactLogix>

PLC KOYO: [http://www.varitel.com/html/plc\\_koyo.html](http://www.varitel.com/html/plc_koyo.html)

MOXA: <http://www.directindustry.es/prod/moxa-europe/product-19677-430940.html>

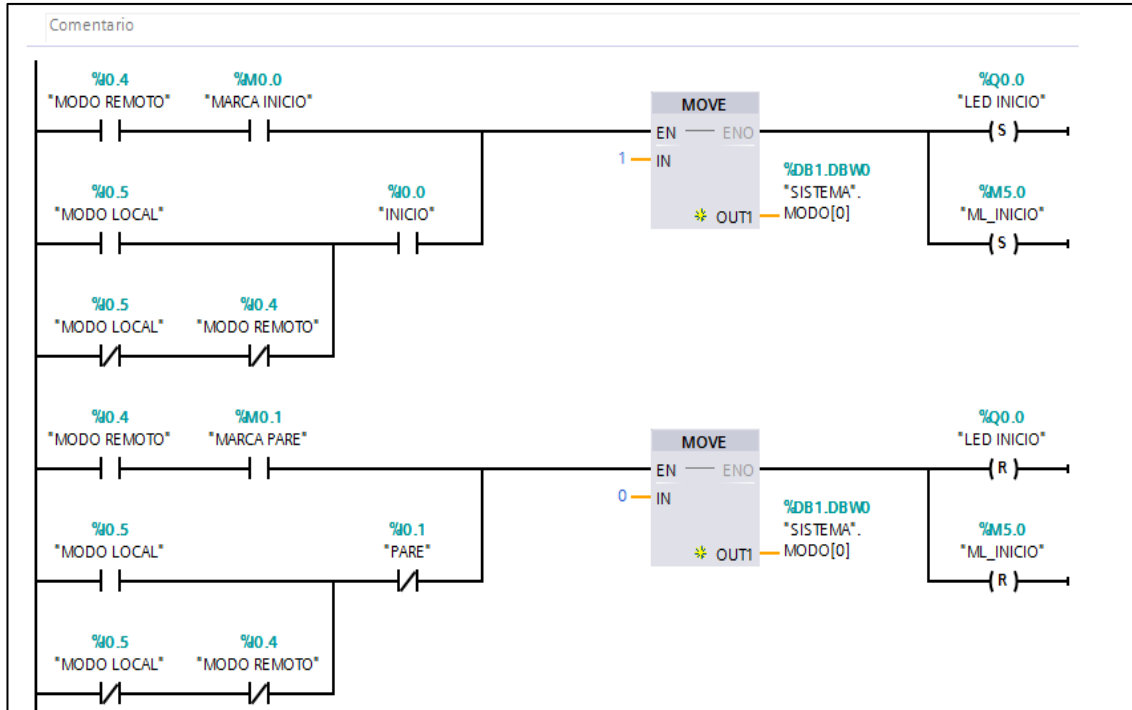
EUROTHERM: <http://www.directindustry.es/prod/eurotherm-process/product-14491-1778844.html>

KEPWARE: <https://www.kepware.com/en-us/>

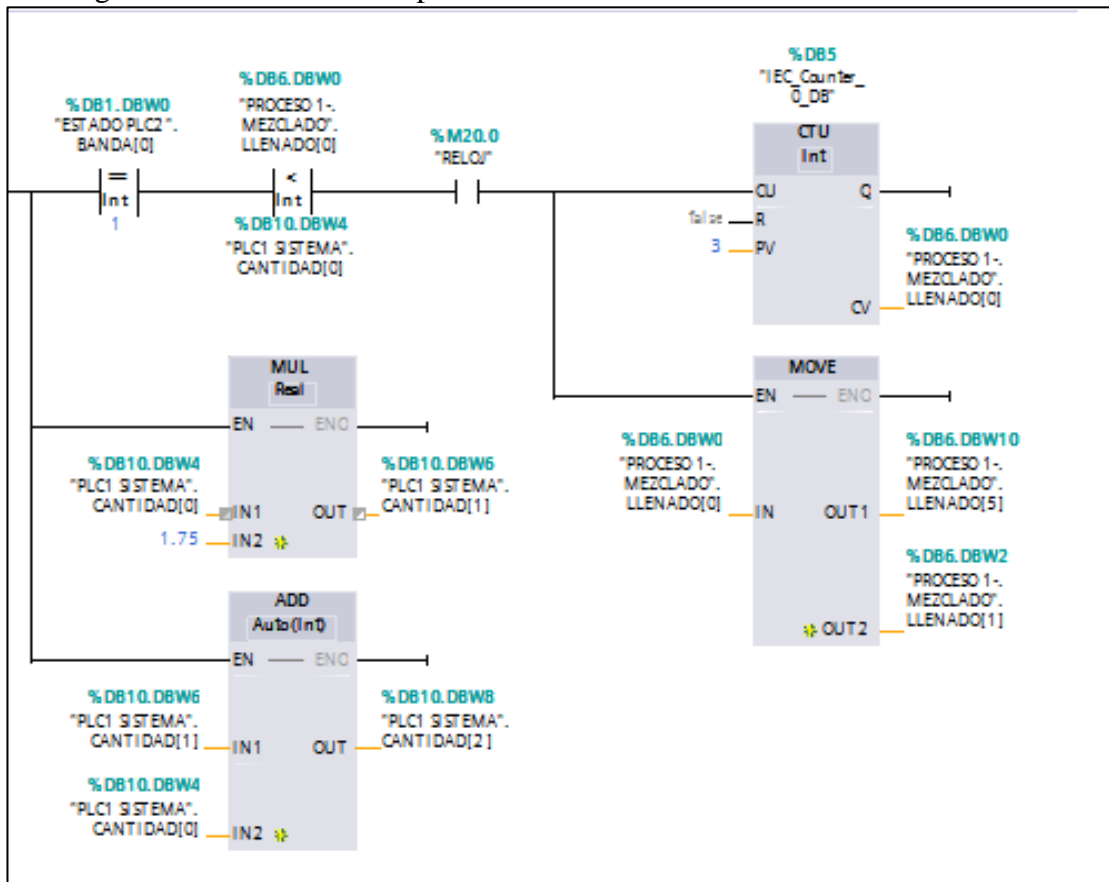
# **ANEXOS**

## Anexo 1: Programación del controlador lógico programable

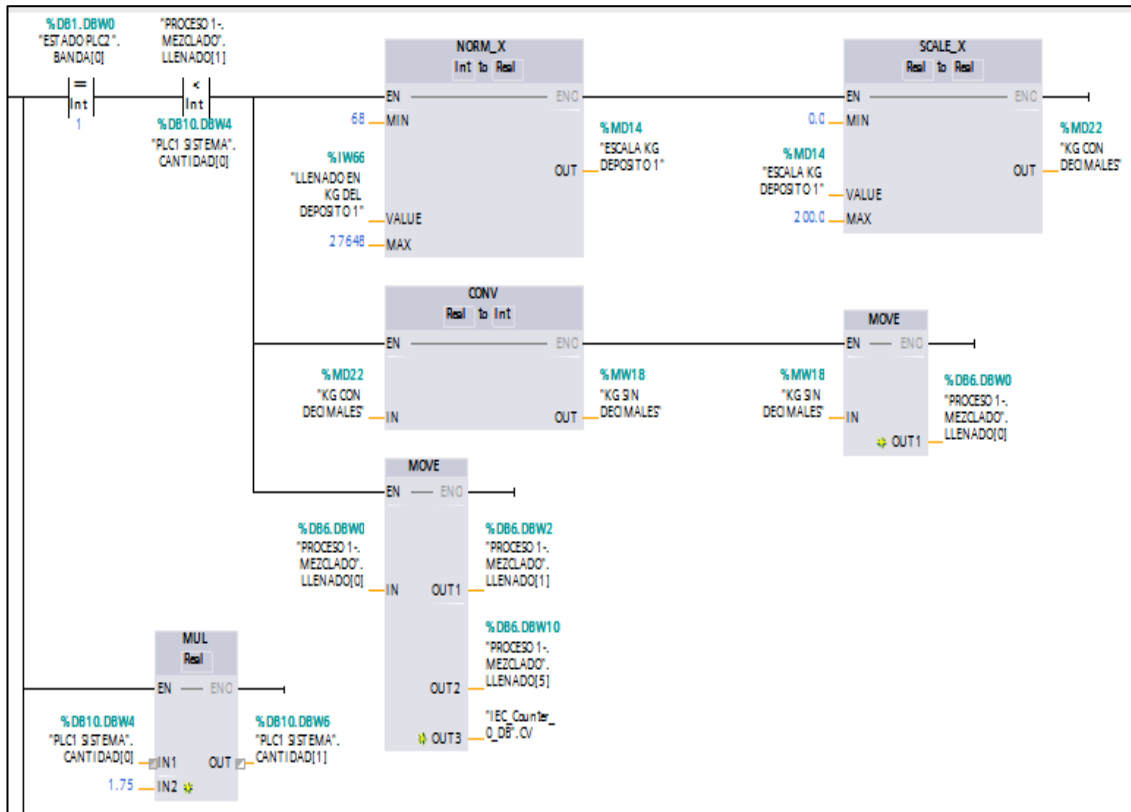
### 1.1: Segmento de inicio del sistema



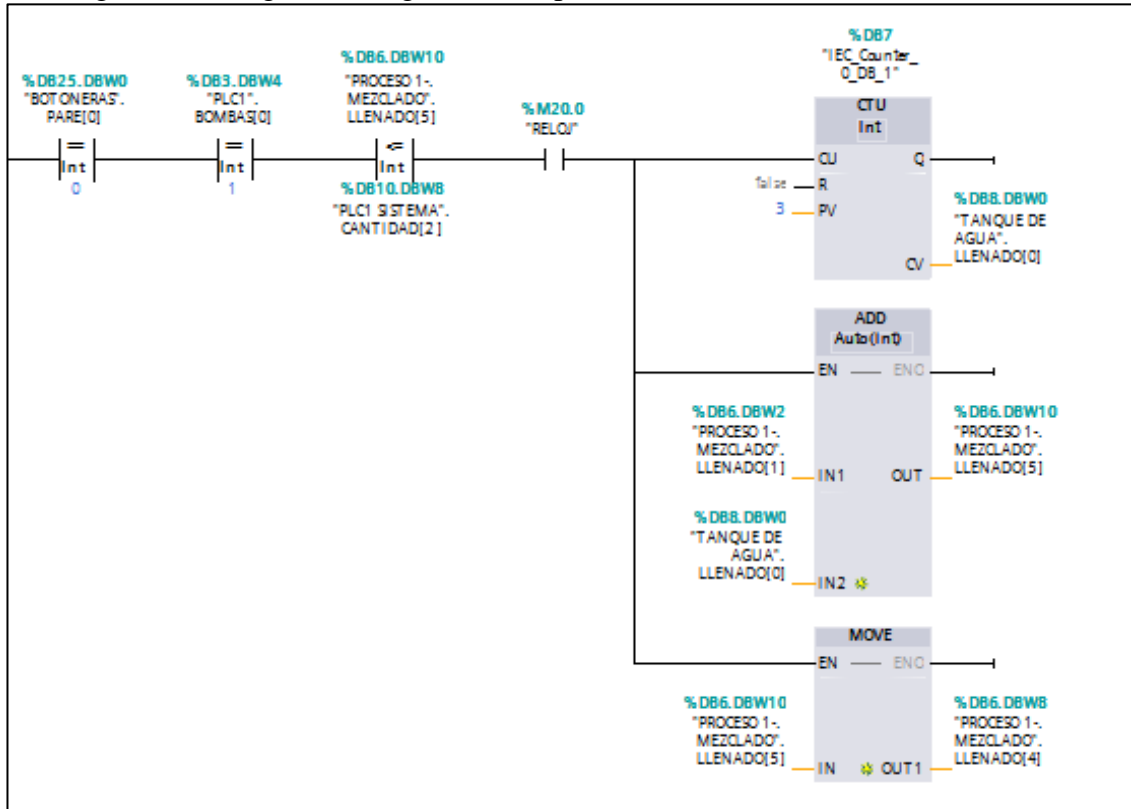
### 1.2: Segmento de llenado del depósito de mezclado – modo remoto.



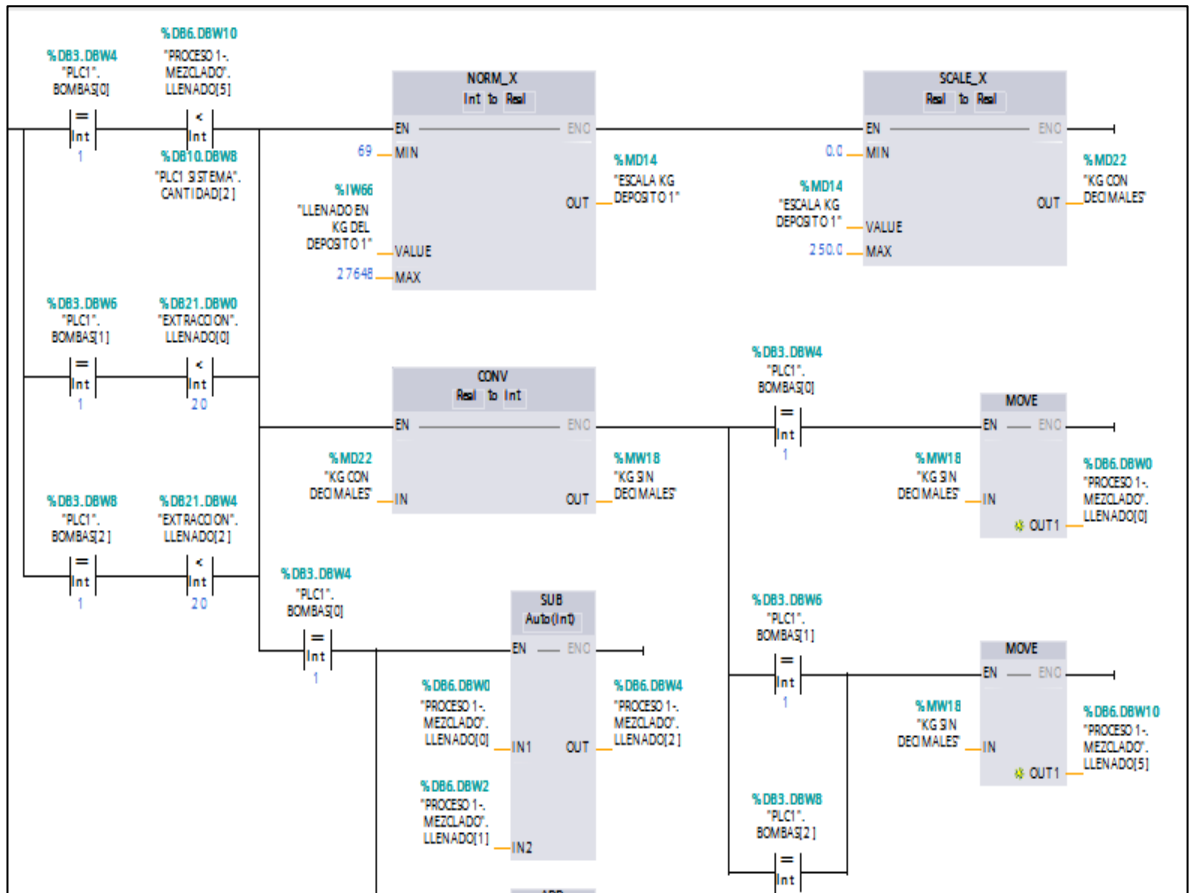
### 1.3: Segmento de llenado del depósito de mezclado – modo local.



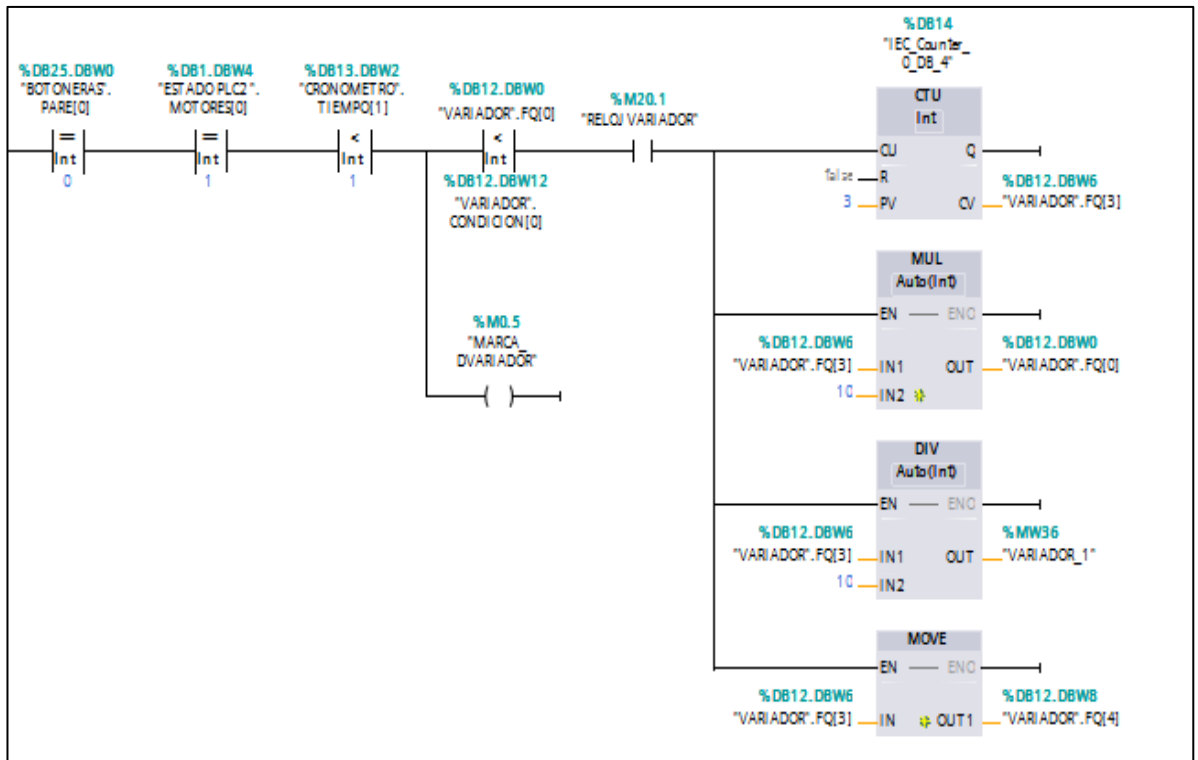
### 1.4: Segmento de ingreso del agua en el depósito de mezclado – modo remoto.



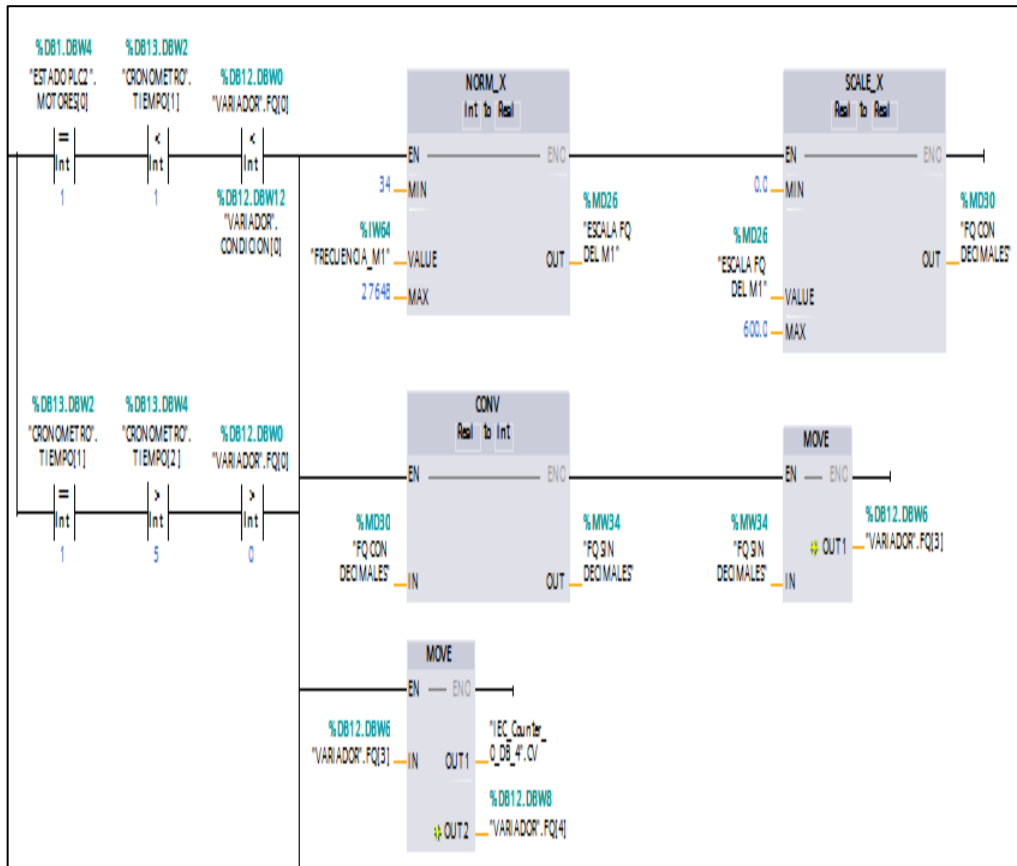
1.5: Segmento de ingreso del agua en el depósito de mezclado – modo local.



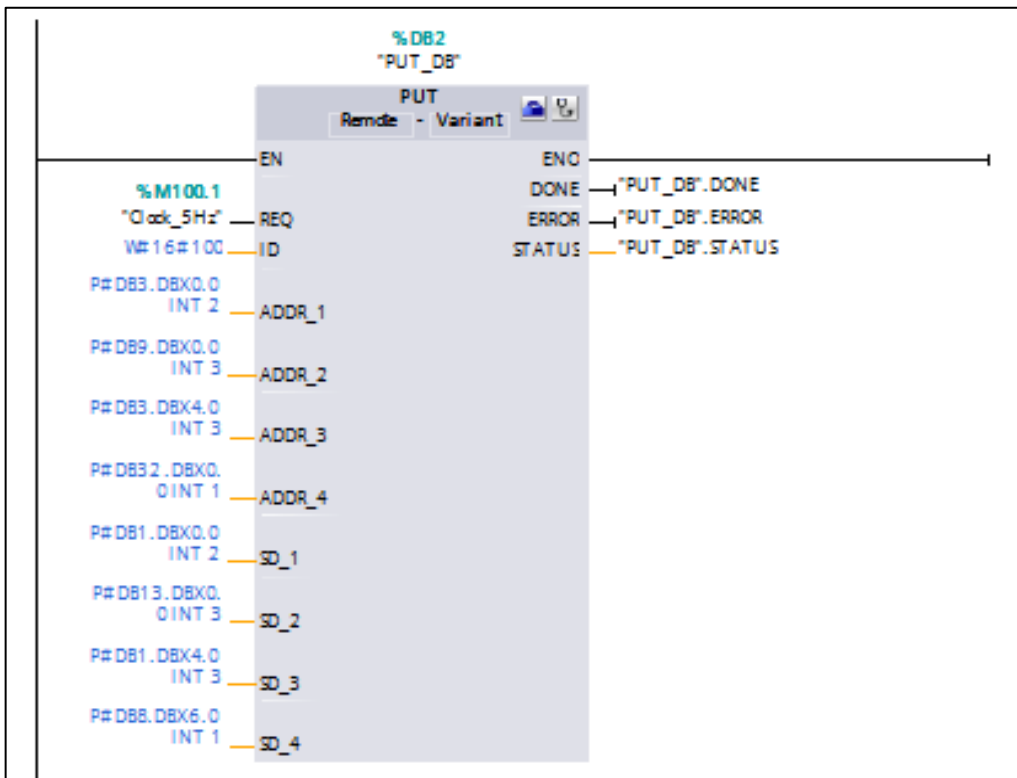
1.6: Segmento de frecuencia del motor de mezclado – modo remoto.



1.7: Segmento de frecuencia del motor de mezclado – modo local.

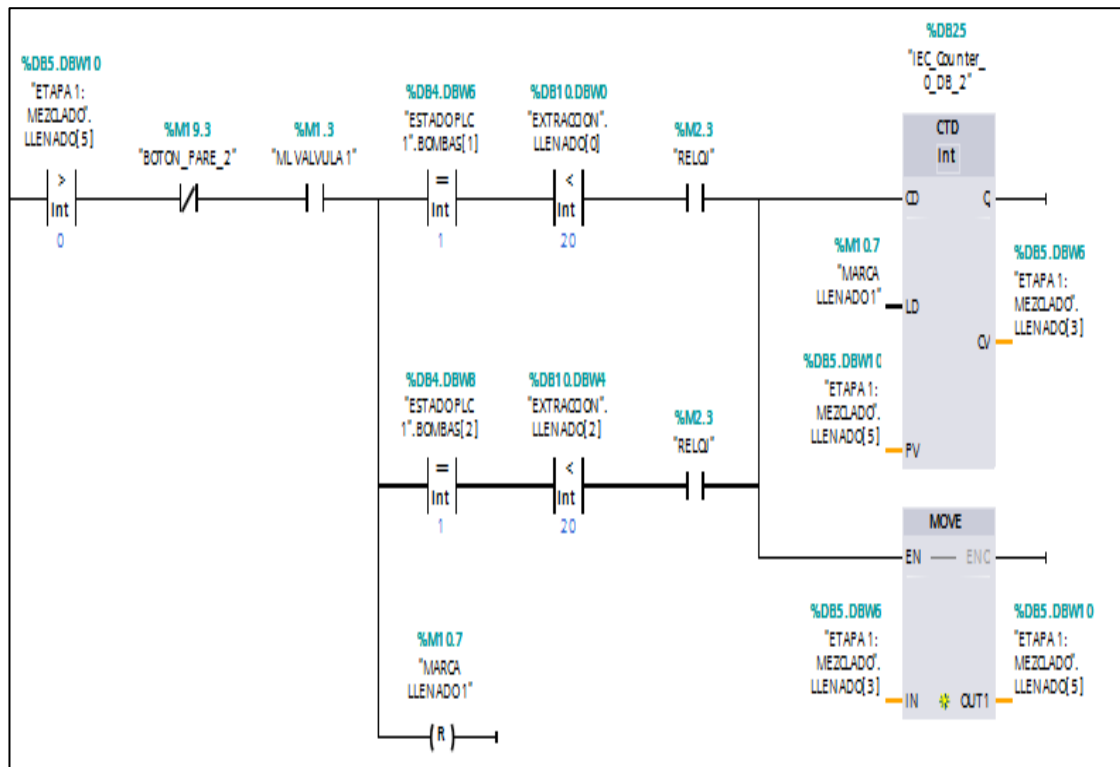


1.8: Segmento del bloque de comunicación esclavo/maestro.

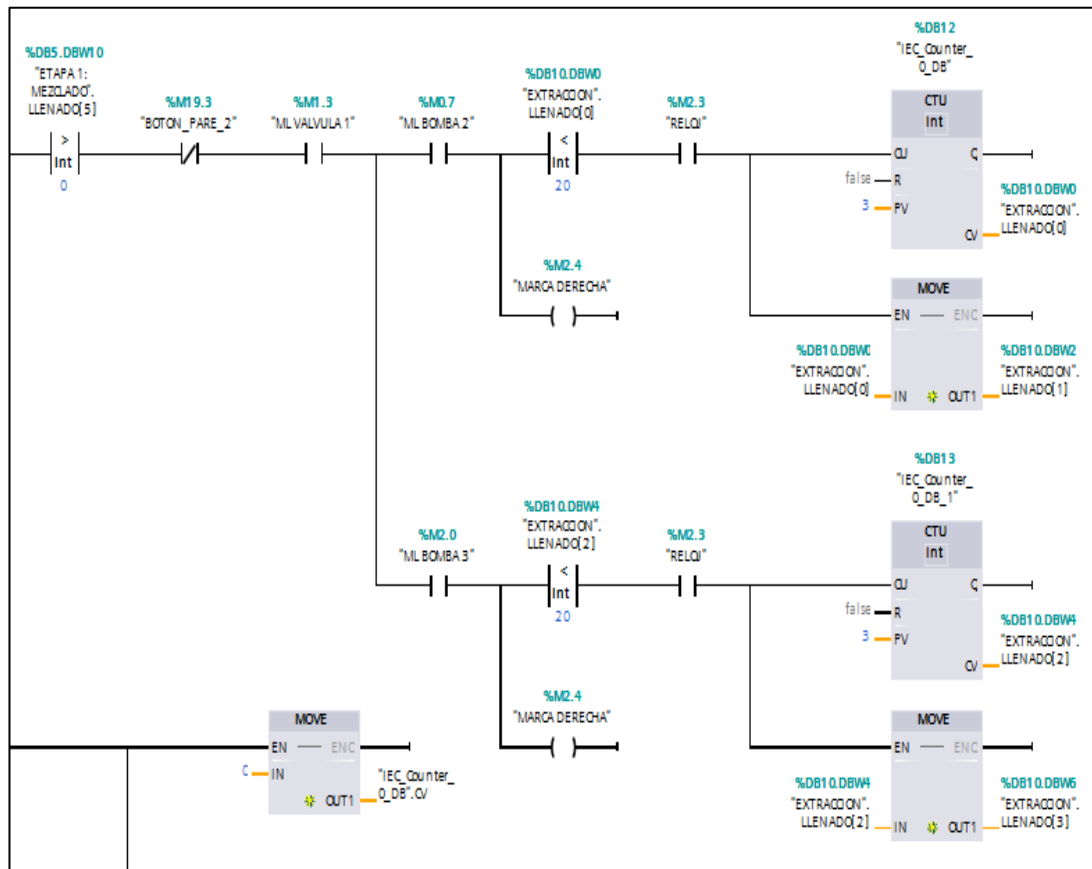




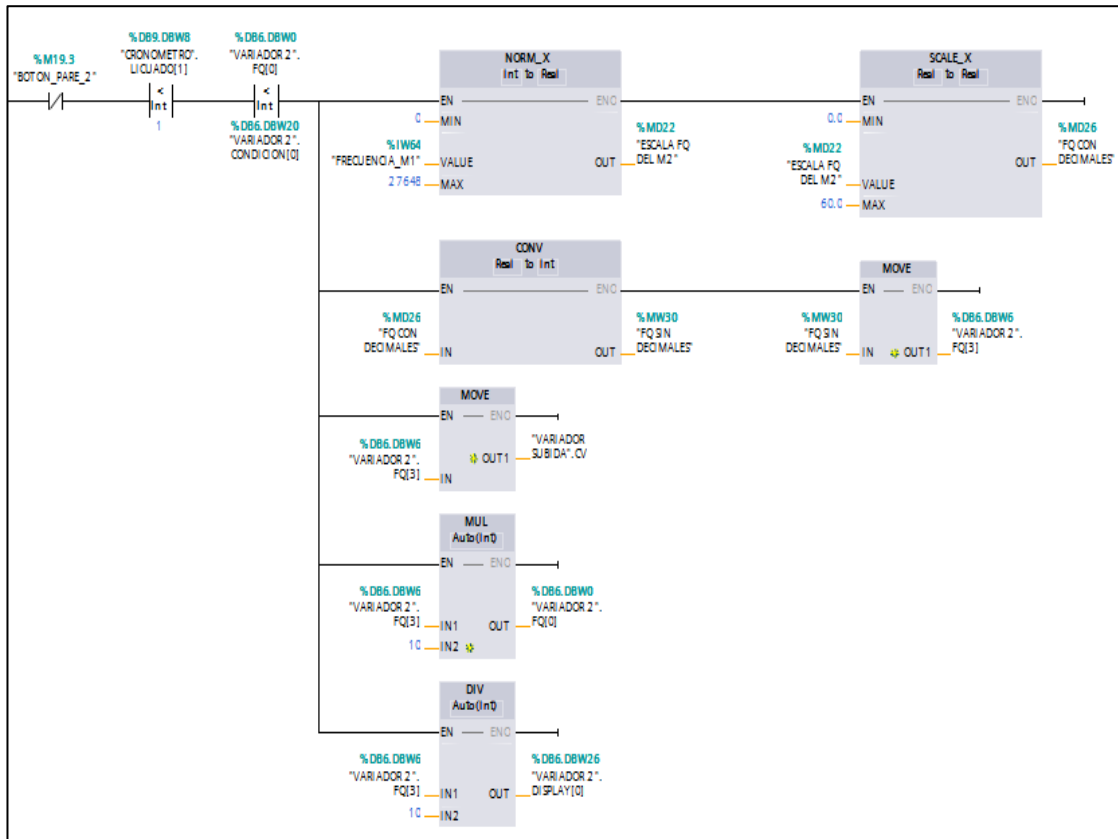
1.9: Segmento de vaciado del depósito de mezclado – modo remoto.



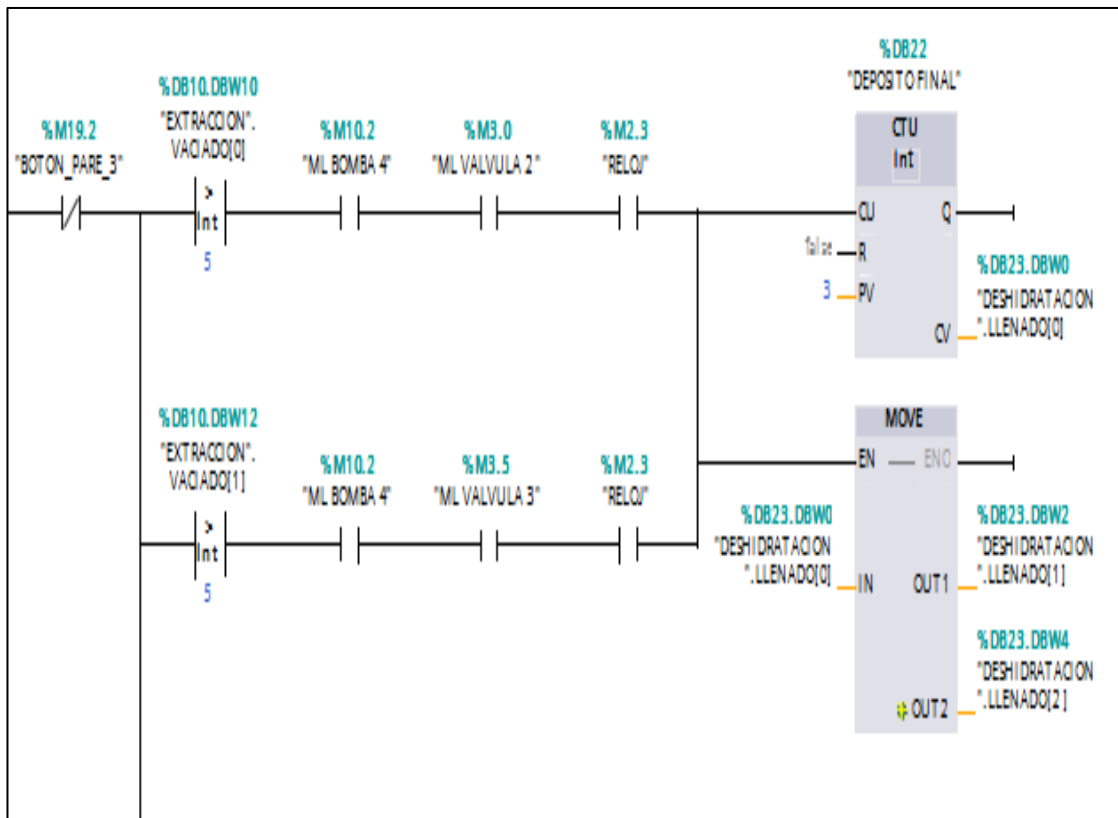
1.10: Segmento de llenado de los tanques 1 y 2 – modo remoto.



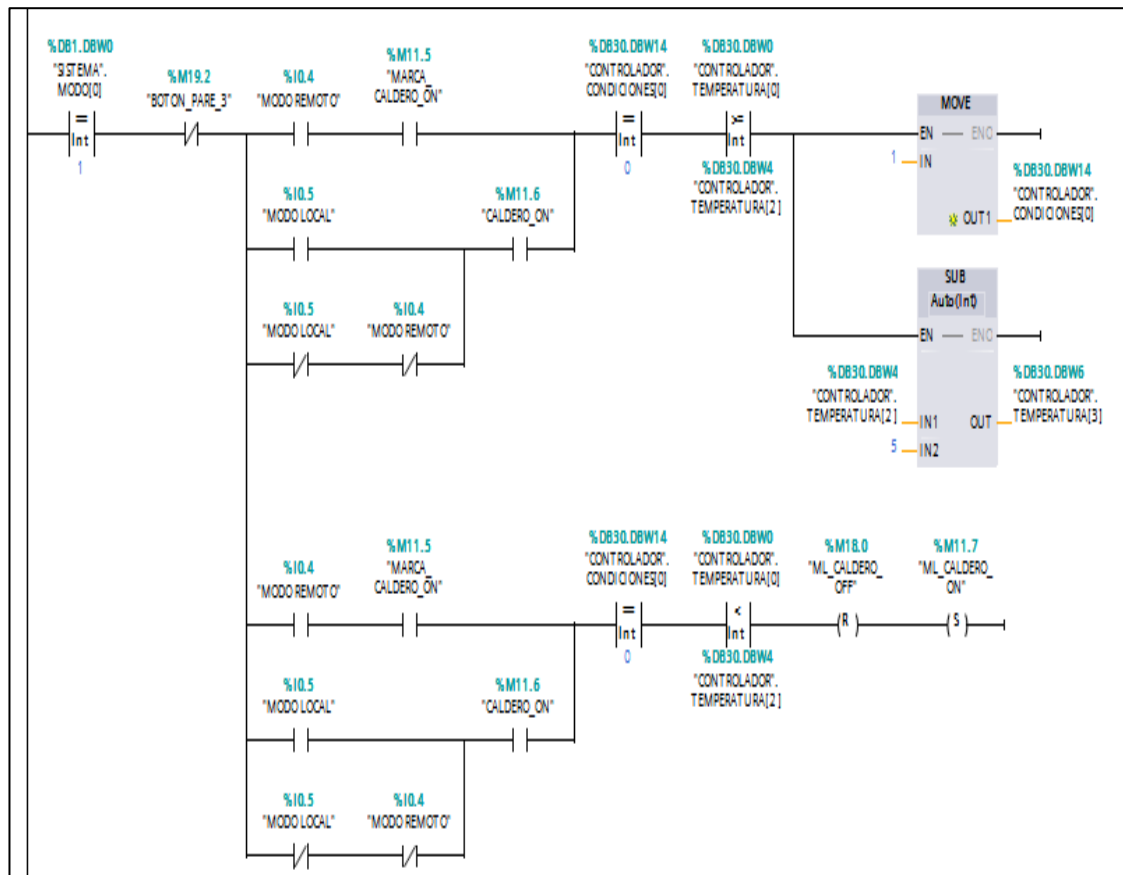
1.11: Segmento de llenado de los tanques 1 y 2 – modo local.



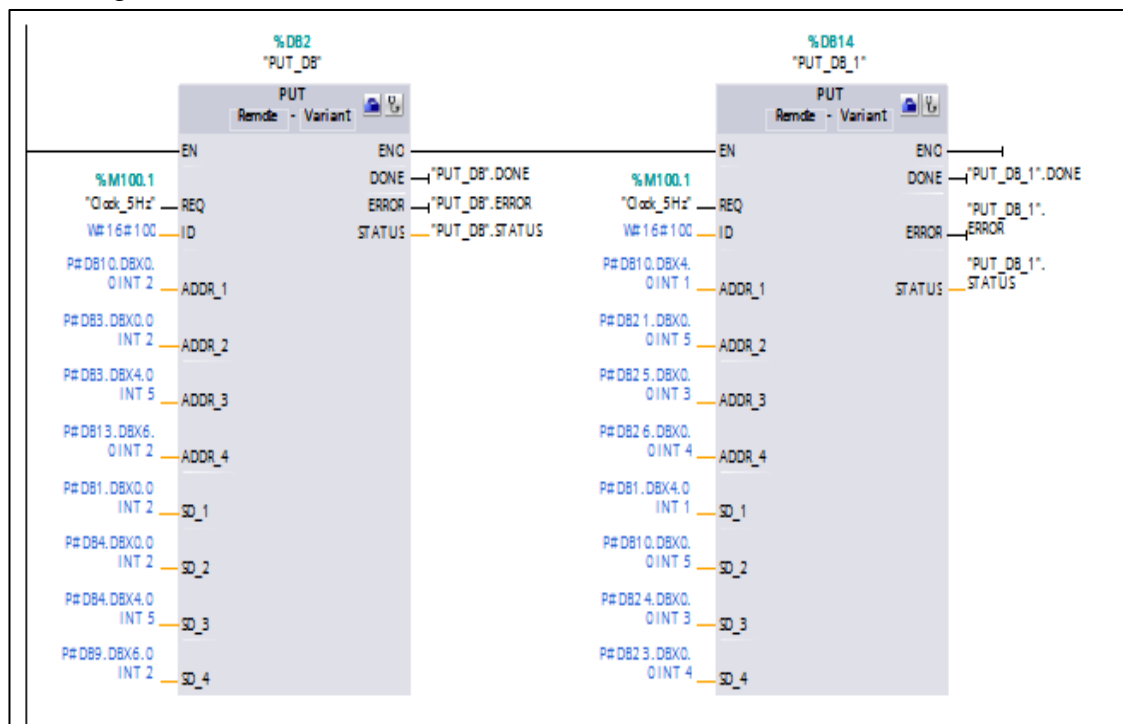
1.12: Segmento de llenado del depósito de deshidratación.



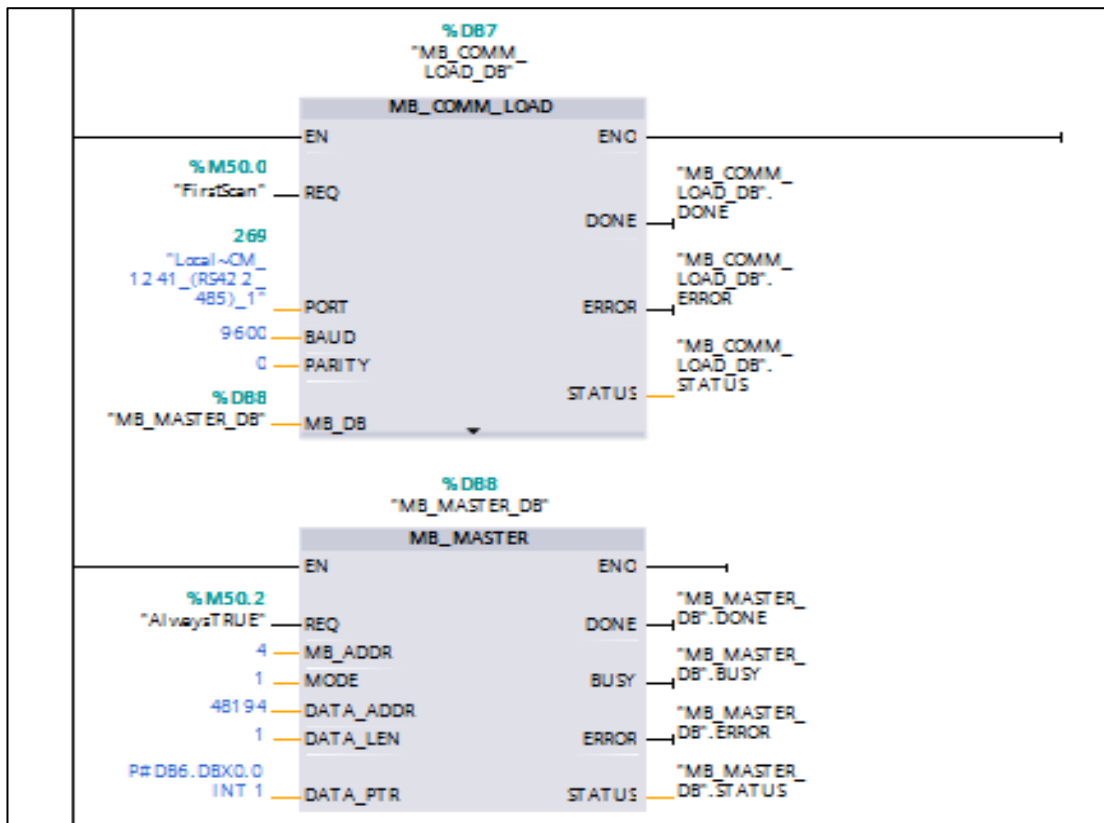
1.13: Segmento de control del caldero.



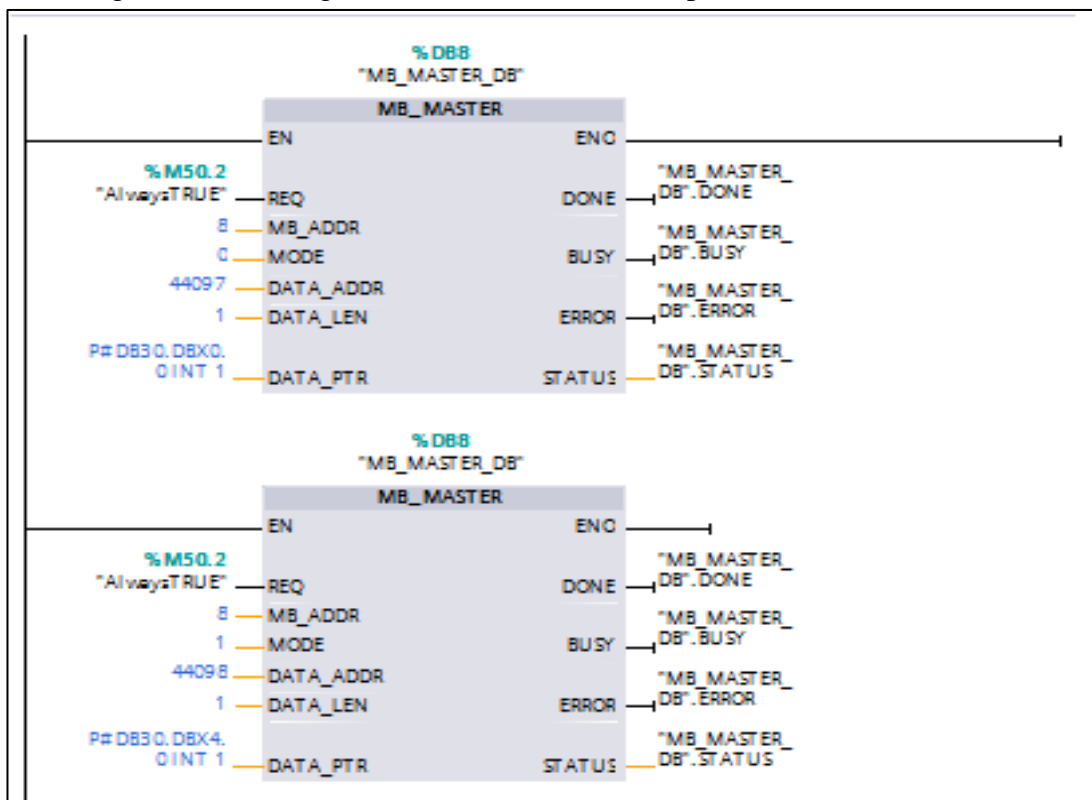
1.14: Segmento de comunicación entre el autómatas maestro/esclavo.



1.15: Segmento de configuración del variador de frecuencia.



1.16: Segmento de configuración del medidor de temperatura.



### 1.17: Segmento de alarmas del sistema

