



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA**

**FACUTAD DE SISTEMAS Y  
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**“Diseño e implementación de un sistema scada del proceso de llenado  
de agua en botellas con proyección a la industria 4.0 empleando  
simatic iot 2040”**

**AUTOR**

**MARÍA MONSERRATE SALGADO SUÁREZ**

**PROFESOR TUTOR**

**ING. DANIEL FLORES**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2019**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiar mi camino y permitirme lograr una meta más a nivel personal, dándome la fuerza y paciencia para superar los momentos difíciles durante mi carrera universitaria

A mis padres Ana y Daniel por ser un pilar fundamental en mis estudios, por creer en mí, por el amor y confianza brindada, por el apoyo en cada objetivo a cumplir, enseñándome que una caída no es derrota sino una oportunidad para hacer las cosas mejores y cumplir mi meta.

A mi enamorado Leonardo Tomalo por brindarme su apoyo incondicional y acompañarme en cada momento siempre motivándome a cumplir mis metas.

“Si lo puedes soñar, lo puedes lograr”

Albert Einstein

**María Monserrate Salgado Suárez**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la dicha de nacer dándome vida y salud para cumplir mis metas, a mis padres por su comprensión y apoyo en mi formación académica, inculcando valores para así cumplir con mis objetivos.

A mis hermanas Génesis, Joselyn, Nathaly, Daniela y a mi sobrina Emily por su cariño, apoyo incondicional y sacarme una sonrisa en momentos difíciles, pero sobre todo por tener en fe en mí.

**María Monserrate Salgado Suárez**

## APROBACIÓN DE TUTOR

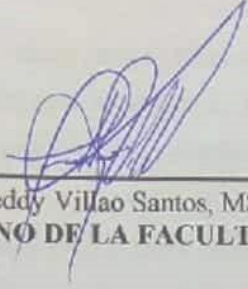
En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación denominado: **“Diseño e implementación de un sistema scada del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4.0 empleando simatic iot 2040”**, elaborado por la estudiante **Salgado Suarez María Monserrate**, de la carrera de Electrónica 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, 23 de Enero del 2019

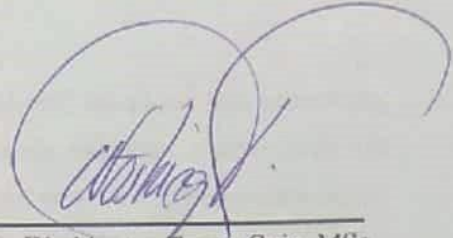


**Ing. Daniel Flores Tomalá**

## TRIBUNAL DE GRADO



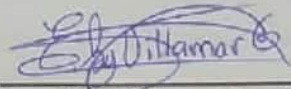
Ing. Freddy Villao Santos, MSc.  
**DECANO DE LA FACULTAD**



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



Ing. Daniel Flores Tomalá, MSc.  
**PROFESOR TUTOR**



Ing. Elsy Villamar Garcés, Mgtr  
**PROFESOR DE ÁREA**



Abg. Victor Coronel Ortiz, MSc  
**SECRETARIO GENERAL(E)**

## RESUMEN

En el Ecuador en los últimos años las empresas embotelladoras han aumentado, existiendo una variedad de marcas en el mercado nacional, además cada vez incorporan nuevas tecnologías para tener productos de calidad y mejor rendimiento de producción. Sin embargo, ninguna comunica sus procesos mediante el internet de las cosas (IOT). En la provincia de Santa Elena existen embotelladoras que no cuenta con equipos automatizados en la etapa de llenado por ende no cuenta con un sistema SCADA, obligando a contratar personal para el control de este proceso.

Como solución al problema se plantea realizar la implementación de un sistema que permita la supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) del proceso de llenado de botellas, que consta de equipos industriales, comunicados por una red mixta que comprende protocolos de comunicación Ethernet y Modbus. La estructura física consta de dos variadores de frecuencia, el primero para el control de la bomba que extrae el agua del tanque de despacho, para llenar las botellas de 1 litro, y el segundo para automatizar la banda transportadora que se encarga del traslado de las botellas, para la monitorización de los datos se utiliza un interfaz hombre-máquina diseñado acorde a los requerimientos del proceso, además se diseña una interfaz remota para visualizar la información en puntos con acceso a internet, mediante el equipo simatic iot 2040.

Se obtiene como resultado una lectura en tiempo real de los datos en el sistema SCADA, aumento de la producción de botellas y visualización de datos en una plataforma web.

**Palabras claves:** SCADA, IOT, SIMATIC 2040

## **ABSTRACT**

In Ecuador in last years, the bottling companies have increased, existing a variety of brands in the national market. Also, every time incorporate new technologies to have quality products and better production performance. However, none communicates yours processes with the Internet of Things (IOT). In the province of Santa Elena there are bottling that no count with equipment automated in the filling stage therefore that no count with a SCADA system, contracting personal to the control of this process.

As a solution to the problem, we intend implement a system that allows the supervision, control and data acquisition (SCADA) of the bottle filling process, that consist of equipment industrial, communicated by a network mixed that comprises communication protocols Ethernet and Modbus. The physical structure consist of two variators frequency, the first to control the pump that extracts the water the tank of dispatch, to fill one liter bottles, and the second to automate of conveyor belt that it is responsible for the transfer bottles. For the monitoring of the data is used an interface man-machine designed according to the requirements of the process, however, is designed an interface remote to visualize the information in points with Internet access, through the kit Simatic IOT 2040.

You get as a result a reading of real-time of the data in the SCADA system, an increased the production of bottles, and data visualization in a web platform.

Keywords: SCADA, IOT, Simatic IOT 2040.

## DECLARACIÓN

El contenido del presente trabajo de titulación es de mi responsabilidad, pero el patrimonio intelectual pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

*María Salgado S.*

.....  
**María Salgado Suarez**



## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA .....	II
APROBACIÓN DE TUTOR .....	III
TRIBUNAL DE GRADO .....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT .....	VI
DECLARACIÓN .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIV
LISTA DE ANEXOS .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.4 RESULTADOS ESPERADOS .....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.7 METODOLOGÍA .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA</b>	
2.1 MARCO CONTEXTUAL .....	8
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	9
2.2.1 Sistema scada .....	9
2.2.2 Protocolos de comunicación .....	10
2.2.3 Industria 4.0.....	12
2.2.4 Llenado de botellas .....	14

2.3 MARCO TEÓRICO .....	15
2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA.....	17
2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS .....	17
2.4.1.1 Controlador Lógico programable PLC s7 1200 .....	17
2.4.1.2 Pantalla Interfaz Hombre Máquina (HMI).....	17
2.4.1.3 Simatic Iot 2040 .....	18
2.4.1.4 Sinamics G120 .....	18
2.4.1.5 Variador vfd –el .....	19
2.4.1.6 Módulo de comunicación CM241.....	19
2.4.1.7 Bomba centrífuga thebe th-16nr ½ hp rf.....	20
2.4.1.8 Motor trifásico.....	20
2.4.1.9 Válvula .....	21
2.4.1.10 Sensor de proximidad.....	21
2.4.1.11 Banda transportada.....	22
2.4.1.12 Selector 22MM3.....	22
2.4.1.13 Pulsadores .....	23
2.4.1.14 Lámparas de señalización .....	23
2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS .....	23
2.4.2.1 Tia Portal.....	23
2.4.2.2 Dopsoft .....	24
2.4.2.3 Wonderware intouch .....	25
2.4.2.4 Node –red .....	25
2.4.2.5 Freeboard.io .....	26
2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	26
2.5.1 Esquema eléctrico de la planta.....	26
2.5.2 Configuración del comando STW1 del variador G120.....	27
2.5.3 Configuración del VDF007EL23A .....	29
2.5.4 Comunicación entre variador vfd – CM 241.....	29
2.5.5 Diseño de red.....	30
2.5.6 Programación del plc en tia porta.....	31
2.5.7 Diseño de la interfaz hombre-maquina .....	45
2.5.8 Configuración kepsserverex 6.0 .....	50

2.5.9 Configuración de variables del scada.....	51
2.5.10 Diseño del sistema scada.....	53
2.5.11 Grabación de imagen y configuración del iot 2040 .....	57
2.5.12 Programación en node-red .....	60
2.5.13 Configuración de la plataforma freeboard.io .....	68
2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD .....	72
2.6.1 Factibilidad técnica .....	72
2.6.2 Costo de la propuesta .....	73
2.7 PRUEBAS .....	75
2.7.1 Pruebas entre plc y kepsver.....	75
2.7.2 Pruebas entre plc, node red y freeboar .....	81
2.7.3 Prueba de envío de mensaje .....	83
2.7.4 Prueba de llenado de botellas de 1 litros .....	84
2.7.5 Rendimiento de producción .....	84
2.8 RESULTADOS .....	85
CONCLUSIONES .....	87
RECOMENDACIONES .....	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Conexión de válvulas solenoides.....	21
Figura 2: Conexión de sensores NPN .....	22
Figura 3: Prototipo de banda transportadora.....	22
Figura 4: Selector NA+NC .....	22
Figura 5: Botonera NA.....	23
Figura 6: Lámpara de señalización .....	23
Figura 7: Software TIA PORTA V14 .....	24
Figura 8: Programación en el lenguaje KOP.....	24
Figura 9: Software Dopsoft.....	25
Figura 10: Software Wonderware Intouch.....	25
Figura 11: Interacción entre node-red y freboard.io .....	26
Figura 12: Diagrama eléctrico del sistema de llenado de botellas .....	27
Figura 13: Conexión entre conectores RJ45- DB9 .....	30
Figura 14: Diagrama topológico del sistema .....	31
Figura 15: Encendido del sistema de llenado de botellas .....	32
Figura 16: Llenado del tanque de reservorio manualmente .....	33
Figura 17: Llenado del tanque de despacho manualmente .....	33
Figura 18: Llenado del tanque de reservorio automáticamente .....	34
Figura 19: Llenado del tanque de despacho automáticamente.....	35
Figura 20: Configuración del G120 en Tia Portal.....	35
Figura 21: Configuración del telegrama del G120.....	36
Figura 22: Encendido/ apagado de banda Manualmente .....	36
Figura 23: Configuración del módulo G120 para funcionamiento de la banda .....	37
Figura 24: Configuración de apagado de la banda transportadora.....	38
Figura 25: Configuración MB_COMM_LOAD .....	39
Figura 26: Configuración de bloques de escritura al variador VFD EL .....	40
Figura 27: Configuración de bloques de lectura del VFD-EL.....	41
Figura 28: Programación de la etapa de llenado de botellas.....	42
Figura 29: Programación de la etapa de llenado de botellas.....	42
Figura 30: Ingreso de meta del día.....	43
Figura 31: Configuración de alarmas de los tanques del sistema .....	44

Figura 32: Configuración de alarmas de los actuadores del sistema .....	44
Figura 33: Pantalla de bienvenida del HMI .....	45
Figura 34: Pantalla del menú principal del HMI.....	46
Figura 35: Pantalla del tanque de reservorio del HMI .....	46
Figura 36: Pantalla del tanque de despacho del HMI .....	47
Figura 37: Pantalla de etapa de llenado del HMI.....	47
Figura 38: Pantalla de indicadores de tanques del HMI .....	48
Figura 39: Pantalla de parámetros del variador VFD-EL .....	48
Figura 40: Pantalla de parámetros del variador Sinamics G120 .....	49
Figura 41: Alarmas de sistema.....	49
Figura 42: Configuración del canal del OPC .....	50
Figura 43: Asignación de parámetros del PLC al OPC.....	50
Figura 44: Ingreso de variables al OPC .....	51
Figura 45: Ingreso del Alias al OPC .....	51
Figura 46: Configuración del topic name en intouch.....	52
Figura 47: Configuración del Tagname Dictionary en intouch .....	52
Figura 48: SACDA del operador.....	53
Figura 49: Pantalla del sistema histórico .....	55
Figura 50: Histórico en tiempo real .....	55
Figura 51: Pantalla de acceso al usuario .....	56
Figura 52: SACDA del supervisor .....	56
Figura 53: Página de siemens / imagen a instalar .....	57
Figura 54: Quemar imagen en la tarjeta sd card .....	58
Figura 55: Conexiones del simati.....	58
Figura 56: Cambio de dirección ip al computador.....	59
Figura 57: Ingreso al programa Putty.....	59
Figura 58: Configuración de la dirección ip del simatic .....	60
Figura 59: Inicialización de node-red .....	61
Figura 60: Software node-red.....	61
Figura 61: Instalación del node s7 .....	62
Figura 62: Configuración del nodo s7.....	62
Figura 63: Configuración de variables.....	63

Figura 64: Almacenamiento de variable global .....	63
Figura 65: Programación en lenguaje javascript .....	64
Figura 66: Configuración nodo change.....	64
Figura 67: Configuración nodo switch.....	65
Figura 68: Configuración nodo socio email.....	66
Figura 69: Configuración del nodo dweetio.....	66
Figura 70: Programación del segmento sensores .....	67
Figura 71: Programación de segmento de bomba trifásica .....	67
Figura 72: Programación del segmento de motor .....	68
Figura 73: Programación de indicadores del sistema.....	68
Figura 74: Seleccionar la fuente de datos .....	69
Figura 75: Ingreso de variables a freeboard.io.....	69
Figura 76: Selección de dashboard .....	70
Figura 77: Configuración de la variable en freeboard.io .....	70
Figura 78: Pantalla del operador en la plataforma freeboard.io.....	71
Figura 79: Pantalla del supervisor en la plataforma freeboard.io .....	71
Figura 80: Encendido del sistema mediante el SCADA .....	75
Figura 81: Estado del sistema visualizado en el SCADA .....	76
Figura 82: Visualizar variables del sistema mediante el SCADA .....	77
Figura 83: Visualización de llenado de botellas mediante el SCADA .....	78
Figura 84: Visualización de variables de los actuadores mediante el SCADA .....	79
Figura 85: Producción del sistema visualizada desde el SCADA.....	81
Figura 86: Variables de bomba visualizadas en Freeboard.....	81
Figura 87: Variables del motor visualizadas en Freeboard.....	82
Figura 88: Programación de indicadores mediante Node red .....	82
Figura 89: Visualización de variables de producción mediante Freeboard .....	83
Figura 90: Envío de mensaje al correo electrónico gmail.....	84
Figura 91: Medición de niveles de botellas producidas.....	84
Figura 92: Prototipo de llenado de botellas.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales datos técnicos PLC: Manual del PLC .....	17
Tabla 2: Especificaciones del HMI .....	18
Tabla 3: Datos técnicos del equipo IOT: Adquirido Del Manual .....	18
Tabla 4: Características técnicas sinamics: Adquirido Del Datasheet .....	19
Tabla 5: Variador VFD-EL .....	19
Tabla 6: Datos técnicos del CM 241: Adquirido Del Datasheet .....	20
Tabla 7: Datos técnicos de la Bomba .....	20
Tabla 8: Datos técnicos del Motor .....	21
Tabla 9: Configuración del telegrama 1: Instrucciones de servicio .....	28
Tabla 10: Configuración de parámetros: Manual De Usuario Vfd-El .....	29
Tabla 11: Direcciones IP de los equipos en red .....	30
Tabla 12: Configuración interna del variador VFD-EL .....	39
Tabla 13: Costo de equipo industriales .....	74
Tabla 14: Costo de elementos indispensable para la implementación .....	74
Tabla 15: Costo de licencias de softwares utilizados .....	74
Tabla 16: Costo de implementación del sistema scada .....	75
Tabla 17: prueba de encendido del sistema entre PLC y kepsserver .....	76
Tabla 18: Prueba de llenado del tanque de reservorio .....	77
Tabla 19: Prueba de llenado del tanque de llenado .....	78
Tabla 20: Prueba del encendido de la banda transportadora .....	79
Tabla 21: Prueba del llenado de botellas .....	80
Tabla 22: Prueba de apagar banda transportadora .....	80
Tabla 23: Prueba de adquisición de datos de frecuencia y corriente de la bomba ..	81
Tabla 24: Prueba de adquisición de datos del motor .....	82
Tabla 25: Lectura de indicadores del sistema. Prueba 1 .....	83
Tabla 26: Lectura de indicadores del sistema. Prueba 2 .....	83
Tabla 27: Prueba de envió de mensaje a Gmail .....	83
Tabla 28: Pruebas de control de nivel en llenado de botellas .....	84
Tabla 29: Rendimiento de producción del prototipo de llenado de botellas .....	84

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1	Programación en software Intouch
Anexo 2	Programación de tanques el software Dopsoft
Anexo 3	Nivel de botellas de diferentes marcas
Anexo 4	Nivel de botellas producidas
Anexo 5	Variables del OPC Kepserver
Anexo 6	Variables del PLC



## INTRODUCCIÓN

Esta propuesta tecnológica se basa en el diseño de un sistema SCADA encargado de controlar, supervisar y adquirir datos de la automatización de un prototipo de llenado de botellas de un litro, con el fin de aumentar la producción empresa. Además, permite innovar en la industria 4.0 permitiendo visualizar los datos en una plataforma web.

Para visualizar los datos del prototipo se utiliza el equipo simatic IOT 2040 que permite enviar datos de sensores y actuadores mediante el protocolo s7 al programa NODE RED, donde a través de los diferentes nodos configurados envía los datos a la plataforma FREEBOARD mediante fuente de datos Dweetio. Además, envía un mensaje mediante el servicio de correo electrónico gmail al empresario cuando ha llegado a la meta de producción.

Esta propuesta está compuesta de dos capítulos, donde el primero redacta planteamiento de los objetivos, justificación, describe el proceso y los componentes del prototipo de llenado de botellas. El segundo capítulo detalla los fundamentos teóricos, los componentes físicos y lógicos del sistema, el desarrollo de la propuesta que involucra diseños del SCADA, HMI, NODE RED, FREEBOARD y la programación en el software TIA PORTAL.

# CAPÍTULO I

## 1.1 ANTECEDENTES

Desde tiempos remotos la automatización se ha convertido en un área en pleno desarrollo, dando sus primeros pasos en el año “1784 con el invento del primer sistema mecanizado, seguido por el diseño de la primera cinta transportadora en el año 1870” (INFAIMON, 2017). Pero no fue hasta el año 1969 que la industria dio un giro con la creación del primer controlador programable, abriendo las puertas a la automatización de procesos.

Hoy en día nos encontramos en la cuarta revolución industrial (Industria 4.0), donde se digitalizan los datos de los procesos de producción, en base a tecnologías de información, la conexión mediante internet de las cosas (IOT), Big Data, Cloud Computing, Ciberseguridad, Robótica e inteligencia artificial (INFAIMON, 2017).

A pesar que otros países están utilizando la cuarta revolución industrial, Ecuador presenta empresas con maquinaria automatizadas, que un futuro pueden encaminarse en la industria 4.0.

En la provincia de Santa Elena existen empresas dedicadas al almacenamiento de líquidos en envase, porque es uno de los procesos que rige al consumo en masa del mercado. “Este sistema ha venido acompañado de un significativo aumento de plantas embotelladoras, muchas de las cuales realizan un proceso de automatización muy costoso” (Alvarado, 2015).

La finalidad de este proyecto es automatizar un prototipo del proceso de llenado de agua en botellas, de tal manera que permita mejorar la producción, además de enviar datos del sistema a una plataforma web mediante simatic iot 2040 de tal manera que se dan los primeros pasos a la cuarta revolución industrial a la provincia de Santa Elena.

## 1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema SCADA del proceso de llenado de agua, el cual consta de equipos industriales tales como PLC SIEMENS S7 1200, utilizado en el control y respuesta de los componentes, una interfaz Hombre-Máquina, para el monitoreo local del sistema a través de una pantalla HMI DOP-B03E211: DELTA y un SIMATIC IOT 2040 el cual permite enlazarse con el PLC y extraer la información del sistema, para enviar los datos a una plataforma web.

El sistema de llenado de agua en botellas constara de 3 procesos:

Para el primer proceso se utiliza dos tanques, uno de reservorio donde se almacena el agua cruda, para ingresarla al proceso de purificación y el segundo de despacho. Ambos tanques tienen sensores de niveles que evitaren el rebosamiento del producto, y a su vez que estos se queden vacíos. Para el flujo del líquido consta de bombas y electroválvulas.

El segundo proceso hace referencia al traslado de botellas, donde se utiliza el módulo SINAMICS G120, el cual consta de un variador de velocidad y un motor trifásico, permitiendo movilizar un prototipo de cinta transportadora, que incluye 3 sensores de proximidad los cuales se detallan a continuación:

- Sensor 1: Enciende la banda trasportadora
- Sensor 2: Detección de botellas para el traslado a etapa de llenado
- Sensor 3: Cuenta las botellas llenas y detiene la cinta trasportadora

El tercer proceso es el encargado de llenar el producto en las botellas, este proceso se realizará por tiempo utilizando envases de 1 litro, para ello se tiene un sistema compuesto de bomba trifásicas y válvulas solenoides

El desarrollo consiste de dos partes:

### **Implementación:**

Para la implementación se utiliza un prototipo de cinta transportadora encargada del traslado de las botellas a la etapa de llenado, consta de 3 sensores de proximidad, y para la movilidad de misma se utiliza un motor trifásico controlado por un variador SINAMICS G120.

Para la etapa de llenado, se utiliza un deposito que realiza la función del tanque de despacho, y para extraer el producto del tanque se usa una bomba trifásica controlada por un variador de frecuencia VFD-EL, el cual regula el caudal de las válvulas solenoides, encargadas del ingreso del agua en la botella de un litro en un tiempo de 10 segundos.

Además, como elementos complementarios para el funcionamiento del proceso se debe usar luces pilotos, pulsadores, selectores, cables categoría UTP 6, SD Card, Fuentes de 24V y equipos industriales como PLC, HMI, SIMATIC IOT 2040

### **Simulación:**

Se realizará la simulación del llenado/vaciado del tanque de reservorio y despacho, observándose a través de la pantalla HMI y el software Wonderware InTouch, además se visualizará elementos del sistema tales como: encendido/apagado del sistema, activación de sensores de nivel, encender y apagar banda transportadora, abrir/cerrar electroválvulas y bombas, indicadores del proceso y alarma, e ingreso de número de botellas a producir.

## **1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un sistema SCADA del proceso de llenado de agua mediante el uso de equipos industriales para mejorar el rendimiento de producción.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar la programación del PLC S7-1200 en el software Tia Portal para el proceso de llenado de agua.
- Desarrollar el sistema SCADA para supervisión y control del proceso.
- Desarrollar una interfaz hombre-máquina en el software DOPsoft para el monitoreo del proceso de llenado de agua.
- Implementar un prototipo de llenado de botellas utilizando en conjunto PLC S7-1200 y banda transportadora.
- Utilizar el equipo SIMATIC IOT 2040 para el envío de datos a una plataforma usando Node-red.

### **1.4 RESULTADOS ESPERADOS**

Los resultados que se espera tener al culminar la propuesta tecnológica son los siguientes:

- Un sistema SCADA que realice un correcto control, supervisión y adquisición de datos en tiempo real.
- Una interfaz hombre maquina (HMI) que permita un monitoreo de los parámetros establecidos en el sistema, permitiendo al operario conocer y controlar datos del sistema.
- Obtener una estructura de cinta transportadora adecuada, para evitar el desbordamiento del líquido en las botellas, además de tener una interacción aceptable entre la parte física y el software SCADA.
- Enviar los datos del proceso de llenado de botellas a internet mediante el SIMATIC IOT 2040 para visualizarlos en una plataforma web.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Actualmente en la provincia de Santa Elena existen empresas dedicadas al proceso de embotellado de agua, donde la etapa de llenado del líquido en la botella lo realizan de forma artesanal. Estas empresas no cuentan con máquinas automáticas, como se observa en la industria actual, donde el empresario y operador pueden supervisar, controlar y adquirir sus datos utilizando nuevas tecnologías que se acoplan al ambiente industrial permitiendo tener un mejor rendimiento de producción.

Por ende, este proyecto tiene como finalidad realizar un sistema que permita el control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) del proceso de embotellado de agua, controlado por un autómata programable, además de implementar un prototipo de llenado de botellas que mejoren la producción y ganancias de la empresa.

Mediante este prototipo se pretende enfocar a las empresas artesanales de la zona a dar un paso en la industria 4.0, mediante el envío automático de datos tales como velocidad, corriente, flujo, meta a producir, cantidad de botellas a una plataforma web mediante el equipo simatic iot 2040, e indicadores para permitir al empresario leer datos de producción y al operador datos técnicos de los actuadores, para de esta manera controlar el proceso sin necesidad de estar en la etapa de producción.

## **1.7 METODOLOGÍA**

### **FASE 1**

Se investiga mediante fuentes bibliográficas los requerimientos de hardware y software a utilizar en el proceso de llenado de botellas, además se determina como enviar los datos de los equipos industriales a una plataforma web, para de esta manera dar solución a los objetivos planteados.

Además, se aplica los conocimientos adquiridos en la etapa estudiantil de las asignaturas de electrónica y redes, para realizar la programación en el lenguaje escalera y realizar el diseño de red.

## **FASE 2:**

En esta sección se describe los componentes del prototipo de llenado de botellas a implementar que comprende la estructura física, el monitoreo a través de pantalla HMI, modo remoto de la plataforma y la red de comunicación existente entre software y hardware.

Se utiliza técnicas de observación para realizar el diseño SCADA Y HMI en los softwares correspondientes.

## **FASE 3**

Esta fase comprende la programación del llenado de las botellas en el programa TIA portal V14, para interactuar con el SCADA, el HMI y la interfaz remota, posteriormente se realiza pruebas para asegurar el funcionamiento y cumplimiento de los requerimientos del sistema.

## CAPÍTULO II

### 2.1 MARCO CONTEXTUAL

Según el método de observación realizado en supermercados, la propagación de agua embotellada en el Ecuador aumenta progresivamente, permitiendo que exista variedad de marcas en el mercado nacional, las cuales mejoran cada vez su producción para liderar y mantenerse. Actualmente, en la Provincia de Santa Elena existen varias embotelladoras de agua que realizan el proceso de forma semi-automatizada, tales como AQUAFIT S.A y NATURAGUA. La Provincia 24 también cuenta con embotelladoras artesanales como KING WATER, FONTANA entre otras.

La embotelladora artesanal que se utiliza como guía distribuye el producto en la zona norte e instituciones educativas, cuenta con un sistema totalmente manual en la etapa de llenado, donde trabajan varias personas, algunas encargada de trasladar las botellas hacia la etapa de llenado, y otras encargada de abrir dos válvulas aproximadamente  $\frac{1}{4}$ , de tal manera que el flujo de las mismas le permita llenar ambas botella, en un tiempo de 30 segundos, provocando pérdidas del producto y tiempo excesivo, de tal manera que disminuye su cantidad de producción.

La presente propuesta se diseñará un sistema SCADA de la etapa de llenado de botellas de un litro, enfocado en las embotelladoras artesanales de la provincia Santa Elena innovando en la industria 4.0. Para lograr lo planteado y mejorar el rendimiento de producción, se implementa un prototipo de banda transportadora que permite desplazar las botellas a la etapa de llenado, donde se controla el procedimiento a través de un variador de frecuencia que controla el encendido y apagado de la bomba, evitando el desbordamiento de líquidos, permitiéndole a la empresa mejorar el tiempo de producción.



## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Sistema scada**

Los softwares de supervisión y control de procesos, o lo que comúnmente viene a denominarse software SCADA, que proviene de las siglas “Supervisor Control And Data Adquisition”, son sistemas que aportan una interfaz de dialogo hombre-máquina sencilla para facilitar estas tareas de supervisión y control sobre variables del proceso, desde un puesto de control situado a distancia y con un entorno visual atractivo.

Un sistema SCADA permite una interacción ente el usuario y la planta o sistema a controlar. Dichos elementos de interacción se basan en paneles o pantallas con gráficos visuales que permiten a usuarios poco experimentados o implicados en el control de bajo nivel comprender e interpretar los valores que se recogen del estado de una planta. El control directo se lo realiza gracias a los autómatas programables, robots, reguladores analógicos, PCs industriales, etc., que reciben consignas a través del operario mediante los sistemas SCADA y de los parámetros de la planta a controlar, a través de sensores. (Alonso, 2013)

Los elementos que conforman el sistema SCADA de esta propuesta se detallan a continuación:

- Autómata programable
- Interfaz hombre-maquina
- Unidades Remotas (RTUs)
- Protocolos de comunicación

#### **Autómata Programable**

Según la definición de IEC 61131: Un autómata programable es un sistema electrónico que permite ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario, para implantar

unas soluciones específicas tales como funciones lógicas, secuencia, temporización, recuento y funciones aritméticas con el fin de controlar mediante entradas y salidas, digitales y analógicas diversos tipos de máquinas o procesos (Chamba, 2017).

### **Interfaz Hombre-Maquina**

La HMI (Human Machine Interface) es una interfaz que nos permite la interacción entre un humano y una máquina, permitiendo que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos. Los mismo que varían desde un encendido del sistema hasta la visualización de variables física de planta industrial.

Existen dos componentes para la interacción en una interfaz hombre-máquina. El primero hace referencia a la entrada de un usuario humano, el cual necesita de algún medio para decirle a la máquina que hacer. La segunda indica que la interfaz requiere de una salida que le permita mantener al usuario actualizado acerca del proceso. (Consuegra, 2015)

### **Unidades Remotas**

(Remote Terminal Unit) son todas aquellas unidades, PCs o dispositivos que envían información a la unidad central y que se encuentran alejadas del centro de control. Estos dispositivos se encargan de recopilar los datos de los elementos de campo y enviarlos a la unidad central. (Alonso, 2013)

### **2.2.2 Protocolos de comunicación**

#### **Protocolo Profinet**

El protocolo Profinet es el estándar abierto del Ethernet Industrial y uno de los estándares de comunicación más utilizados en redes de automatización porque utiliza topología bus.

Profinet está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan dentro del bus.

Con profinet es posible conectar dispositivos y sistemas, mejorando tanto la velocidad como la seguridad de sus comunicaciones, reduciendo costes y optimizando la producción. Por sus características, este protocolo permite la compatibilidad con comunicaciones Ethernet más propias de entornos TI, aprovechando todas las características de éstas, salvo la diferencia de velocidad que posee una comunicación Ethernet situada en una red corporativa frente al rendimiento en tiempo real que necesita una red industrial. (Incibe, 2017)

### **Protocolo Modbus**

Se basa en una arquitectura de equipos maestros y esclavos, de modo que cada solicitud del maestro es tratada independientemente por el esclavo, sin ser relacionada esta solicitud con otras anteriores. Es un protocolo de comunicación estándar en la industria que goza de mayor disponibilidad de conexiones para dispositivos electrónicos industriales.

Modbus es ampliamente utilizado debido a que público, de fácil implementación y a que requiere un manejo de bloques de datos sin restricciones. Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP), lo cual es una gran ventaja a la hora de combinar con sistemas informáticos de oficina, totalmente adaptados a tecnología Ethernet. (Alonso, 2013)

## **Protocolo S7**

La comunicación s7 es la función de comunicación integrada (SFB) optimizada en SIMATIC S7. Permite también la conexión de PCs y estaciones de trabajo. El volumen de datos útiles por petición es de hasta 64kbytes. La comunicación s7 ofrece unos servicios de comunicación sencillos y potentes además de poner a disposición una interfaz de software independiente de la red para todas las redes. (Vicente Guerrero Jimenez, 2012)

### **2.2.3 Industria 4.0**

La industria 4.0 se trata de una visión de los procesos de fabricación informatizados e interconectados entre sí, gracias al uso de tecnologías como la IoT (Internet Of Things) y el Big Data. Constituye la fábrica del futuro, en la que los procesos y cada uno de los subprocessos internos están automatizados gracias a la conexión entre las diferentes máquinas encargadas de realizar cada una de las tareas.

Estas tecnologías permiten que cada máquina esté conectada con el resto, a la vez que permiten que se procesen datos a gran escala, lo que permite a su vez que los procesos automáticos sean mucho más eficientes y rápidos. (Infaimon, 2018)

Para la innovación a la industria 4.0 que se plantea en propuesta se utilizara los siguientes conceptos detallados a continuación:

- Internet de las cosas
- Plataformas digitales
- Simatic iot 2040

### **Internet Industrial de las cosas**

El internet de las cosas es el componente tecnológico fundamental sobre el que sientas sus bases el paradigma de la industria 4.0 para comunicar actuadores, sensores, robots,

u otros equipos de una planta industrial. Para tener una internación hombre-máquina, y con la inserción del BIG DATA una comunicación maquina a máquina (M2M).

EL IOT se define como un paradigma tecnológico que define dotación de conectividad a internet a cualquier objeto sobre el que se pueda medir parámetros físicos, así como aplicaciones y tratamientos de datos inteligentes relativos a los mismo. (Mario Cruz Vega, 2015)

### **Plataforma digital**

Según (LinkLabs, 2016), una plataforma web integrada al Internet of Things (IoT) es el software que conecta hardware, puntos de acceso y redes de datos a lo que generalmente suele ser la aplicación de la que disfruta el usuario.

El mercado de las plataformas IoT está en auge, actualmente incursionado en la industria con la incorporación de la industria 4.0, utilizando protocolos de comunicación MQTT y JSON para tener una monitorización remota.

### **Simatics iot 2040**

SIMATIC IOT2040 es la plataforma confiable abierta para el almacenamiento, procesamiento y transferencia de datos en los entornos industriales. Constituye la pasarela idónea entre La Nube, los sistemas IT y de producción.

Como interface, puede ser utilizado en la transferencia de información en ambos sentidos, pudiendo ser también utilizada para la transferencia de análisis de datos desde la nube a los sistemas de control de la producción. La posibilidad de utilizar distintos protocolos de comunicación, así como la utilización de distintos lenguajes de programación de alto nivel, permite soluciones personalizadas en base a la necesidad del cliente. (Siemens, 2018)

#### **2.2.4 Llenado de botellas**

El proceso de llenado hace referencia al ingreso del líquido en las botellas de un litro ubicadas en la banda transportadora mediante válvulas. El producto es almacenado en el tanque del despacho y extraído mediante bomba trifásica, el proceso mencionado es diferente en cada embotelladora, debido a la automatización del sistema, permitiendo el aumentando o disminuyendo su producción.

Existen 2 tipos de llenado

- Llenado volumétrico

Este sistema de llenado controla la cantidad de líquido introducida en la botella mediante medida del volumen, proporciona flexibilidad tanto en las capacidades a dosificar como en las condiciones de trabajo en función del tipo de líquido a llenar, permitiendo el llenado de productos con viscosidades muy variadas como agua, leche, zumos, detergentes, cosméticos y otros productos químicos. Habitual en el llenado de botellas de PET.

- Llenado por gravedad de nivel

Máquina de llenado por sistema de gravedad a nivel. Apropriada para productos muy fluidos como agua, vinagre, vino, detergentes o cualquier otro producto. (Rodríguez).

El prototipo de llenado de botellas a realizar en esta propuesta cuenta con un llenado por gravedad de nivel, permitiendo a las embotelladoras artesanales mejorar su tiempo de producción y evitar en rebosamiento del líquido que ocasiona pérdida a la empresa.

## 2.3 MARCO TEÓRICO

En esta sección se especifican artículos revisado por el autor, donde otros autores realizan diferentes algoritmos y diseños que ayudan a mejorar la productividad del proceso de llenado de botellas, se detallan por orden cronológico de publicación.

En el año 2015, en la Universidad Politécnica Salesiana sede en Guayaquil, Ube Consuegra Luis Armando presento su tesis titulada Diseño e implementación de un prototipo de un sistema de automatización de llenado y distribución de botellas, con el objetivo diseñar el monitoreo y control de un sistema SCADA en la estación de trabajo, para que mediante un HMI pueda ponerse en marcha para el laboratorio de automatización de la carrera de Ingeniería electrónica, dando como resultado una maqueta que se utilizara para realizar prácticas de las materias de Automatismo 1 y Automatismo 2. (Consuegra, 2015)

En el año 2017 se publicó en la revista Red de Revista Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal el tema prototipo automatizado para el llenado y tapado de botellas de plástico por los autores José Velásquez Costa y Juber Gonzales Prado, este proyecto de desarrollo con la finalidad de incrementar el nivel de calidad de los productos, así como la productividad en el envasado de las botellas. El prototipo ha sido desarrollado con actuadores neumáticos, sensores, electroválvulas solenoides, motores y un controlador lógico programable (PLC S7-1200). Tiene como resultados reducción del tiempo de un 36% y satisfacción garantizada en el cliente por conceptos de calidad del producto, debido a que el contenido de los envases siempre tendrá el mismo volumen. (José Velasquez Costa, 2017)

En el año 2018 en la Universidad del País Vasco Aner Torre Escudero realizo su trabajo de fin de grado con el tema Puesta en Marcha de un sistema de automatización Siemens Simatic IOT 2040, con el objetivo de hacer más sencilla la implementación de IIot para prácticamente cualquier proceso. Dando como resultado la posibilidad de dotar a este sistema de conexión a otros dispositivos en una red o incluso a Internet, de forma que sea posible acceder a los datos de un proceso desde cualquier parte del mundo, acercando el concepto de la industria actual hacia la nueva revolución ya en marcha llamada Industria 4.0. (Escudero, 2018)

En el año 2018 en la revista ScienceDirect se publicó el artículo titulado Posibilidades de transferir datos de proceso desde PLC a plataformas en la nube basadas en IoT por sus autores Antonin Galvas, Jan Zwierzyna y Jiri Koziorek, el mismo que tiene como objetivo principal introducir una solución para la transmisión de datos de proceso entre PLC y plataformas en la nube en el laboratorio de automatización industrial y sistemas de control distribuido dentro de la VSB - Universidad Técnica de Ostrava. Concluyendo que las plataformas más rápidas para envío de datos es IBM Cloud comercial, fue en esta plataforma siempre la más rápida y nunca duró más de 1 segundo, mientras que Ubidots nube libre ofrece una velocidad diferente entre un rango 1 a 10 segundos. (AntoninGavlas, 2018)



## 2.4 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

### 2.4.1 COMPONENTES FÍSICOS

Para el diseño e implementación del proceso de llenado de agua en botellas con proyección a la industria 4.0, se utilizan los siguientes equipos industriales que se definen a continuación:

#### 2.4.1.1 Controlador Lógico programable PLC s7 1200

Para la automatización del proceso de llenado de botellas se utiliza un PLC s7 1200 con CPU 1212C AC/DC/RLY, encargado de controlar los indicadores, sensores, variadores y actuadores del sistema. Los datos técnicos se detallan en la tabla 1.

<b>PLC S7 1200</b>	
<b>Dimensiones</b>	90x100x75
<b>E/S Digitales</b>	8 entradas /6 salidas
<b>E/S Analógicas</b>	2 entradas
<b>Puerto de Comunicación</b>	1 Ethernet
<b>Módulo de comunicación</b>	RS485 / RS232

Tabla 1: Principales datos técnicos PLC: Manual del PLC

#### 2.4.1.2 Pantalla Interfaz Hombre Máquina (HMI)

Este equipo permite monitorear y controlar de forma manual los siguientes procesos de la planta. La tabla 2, muestra las características principales de la interfaz hombre - máquina.

- Encendido y apagado del sistema
- Llenado y vaciado de los reservorios
- Visualización de indicadores del sistema
- Ingreso del dato de botellas a producir
- Lectura de parámetros de bomba trifásica y motor
- Monitoreo de alarmas del sistema.

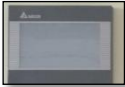
<b>PANTALLA HMI</b>	
	
<b>Modelo</b>	<b>DOP-B03E211</b>
<b>Señal de entrada</b>	<b>24V DC 2/300 mA</b>
<b>Tamaño</b>	<b>480 x 272 65536 colores</b>
<b>Comunicación</b>	<b>RS-232 / RS-422 / RS-485</b>
<b>Numero de puertos</b>	<b>2 COM</b>
<b>Transferencia de datos</b>	<b>Ethernet y usb</b>
<b>Sistema operativos</b>	<b>Windows (xp, vista, 7 , 8, 10)</b>

Tabla 2: Especificaciones del HMI

### 2.4.1.3 Simatic Iot 2040

Dispositivo utilizado para la transmisión de datos entre equipos industriales (sensores, actuadores e indicadores) mediante el internet a un ordenador remoto, para de esta manera visualizar la información en una plataforma de forma real y almacenar información para decisiones futuras. Los datos técnicos se pueden apreciar en la tabla 3.


<b>SIMATIC IOT 2040</b>	
	
<b>Modelo</b>	Iot 2040
<b>Voltaje</b>	9 – 36V DC
<b>Lenguaje</b>	Yocto Linux
<b>Interfaces seriales</b>	RS232/485
<b>Puertos Ethernet</b>	2 x 100 Mbit (IE/PN), RJ45
<b>Memoria</b>	1GB RAM (DDR3)
<b>Procesador</b>	Intel Quark x 1020 SoC
<b>Dimensiones</b>	144x90x54

Tabla 3: Datos técnicos del equipo IOT: Adquirido Del Manual

### 2.4.1.4 Sinamics G120

El Simamics Control Units CU250S-2 PN es un equipo industrial que nos permite variar la consigna de rpm y sentido de giro, que se proporciona al motor trifásico para el movimiento de la banda transportadora, tornándose más sencillo controlar la velocidad y el torque para el traslado de las botellas en las diferentes etapas de proceso.

### CARACTERÍSTICAS DEL SINAMICS G120



<b>Modelo</b>	CU250S-2 PN
<b>Numero de orden</b>	6SL3246-0BA22-1FA0
<b>Bus de campo</b>	Profinet, Ethernet/Ip
<b>Voltaje</b>	200V, 440V
<b>Potencia nominal</b>	0,55Kw – 260Kw
<b>Módulo de potencia del sinamics</b>	
<b>Modelo</b>	PM240-2
<b>Señal de entrada</b>	1/3 Ø AC 200-240V +-10% 9.6/5.5 A
<b>Señal de salida</b>	3Ø AC 0-INPUT V In = 4.2 A
<b>Motor</b>	1HP

Tabla 4: Características técnicas sinamics: Adquirido Del Datasheet

#### 2.4.1.5 Variador vfd –el

Se utiliza un variador de la marca delta modelo VFD007EL23A para controlar la velocidad de la bomba trifásica, para de esta manera llenar las botellas a diferentes frecuencias y evitar el derrame del líquido. Sus características se pueden apreciar en la tabla 5.

### CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR



<b>Modelo</b>	VFD007EL23A
<b>Señal de entrada</b>	3PH 200-240V 50-60Hz 5.1 <sup>a</sup>
<b>Señal de salida</b>	3PH 0-240V 4.2A 1.6KVA 0.75kW/1HP
<b>Rango de Frecuencia</b>	60 Hz

Tabla 5: Variador VFD-EL

#### 2.4.1.6 Módulo de comunicación CM241

Este equipo permite la comunicación punto a punto a través del protocolo Modbus RS485, con el fin de permitir la comunicación del variador de frecuencia con el PLC

s7 1200 a través de un conector DB9 a un RJ45 como muestra la figura 12. Algunas de sus características se pueden ver en la tabla 6.

<b>MODULO DE COMUNICACION CM241</b>	
<b>Voltaje de entrada</b>	24V
<b>Corriente</b>	220mA
<b>Protocolo de comunicación</b>	ASCII/Modbus/RTU maestro/esclavo
<b>Modelo</b>	6ES7 241-1CH32-0XB0



Tabla 6: Datos técnicos del CM 241: Adquirido Del Datasheet

#### 2.4.1.7 Bomba centrífuga thebe th-16nr ½ hp rf

En este proyecto se utiliza una bomba trifásica que está conectada al variador de frecuencia vfd-el, teniendo como funcionalidad extraer agua del tanque de despacho y proceder al llenado de botellas de un litro por un tiempo determinado, los datos técnicos se pueden ver en la tabla 7.

<b>BOMBA THEBE</b>	
<b>Modelo</b>	Thebe TH-16NR
<b>Voltaje</b>	220/380/440 V
<b>Corriente</b>	1.80/1.04/0.9 A
<b>Velocidad</b>	3480
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>Potencia</b>	½ HP
<b>Factor de Potencia</b>	0.75HP



Tabla 7: Datos técnicos de la Bomba

#### 2.4.1.8 Motor trifásico

En este proyecto se utiliza un motor trifásico que está conectado a un sistema de poleas con una reducción de velocidad de 11: 1, este equipo está conectado al variador G120 que es el encargado de proporcionarle los rpm para hacer girar la banda transportadora a una velocidad constante. Los datos técnicos se pueden ver en la tabla 8.

<b>MOTOR TRIFÁSICO</b>	
<b>Marca</b>	SIEMENS
<b>Voltaje</b>	220/380 V
<b>Corriente</b>	2.60/1.4A
<b>Velocidad</b>	1735
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>Potencia</b>	0.75 HP
<b>Factor de Potencia</b>	0.77HP



Tabla 8: Datos técnicos del Motor

#### 2.4.1.9 Válvula

El sistema consta de 2 válvulas solenoides conectadas en paralelo como se puede ver en la figura 1, que permiten el paso de líquido con el que se llenaran las botellas. Las válvulas funcionan a 110 V con una frecuencia de 50/60 Hz.

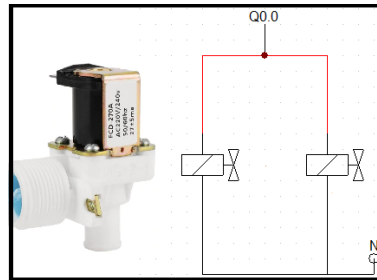


Figura 1: Conexión de válvulas solenoides

#### 2.4.1.10 Sensor de proximidad

En el prototipo de banda transportadora se utilizan 3 sensores inductivos NPN alimentados a 24V, están ubicados estratégicamente para encender y apagar la cinta, dependiendo de la etapa del proceso de llenado de botella, la conexión se la puede observar en la figura 2.

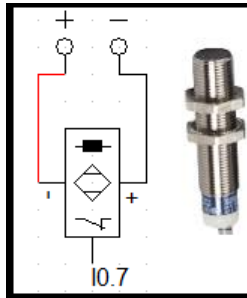


Figura 2: Conexión de sensores NPN

### 2.4.1.11 Banda transportada

Para el sistema se tiene una banda transportadora con medidas de 1m de largo, 90cm de alto con 20cm de ancho, permite el ingreso de 2 botellas en la etapa de llenado. Es controlada por un variador G120 que recibe señal de los sensores de proximidad para el encendido y apagado del motor. ver figura 3



Figura 3: Prototipo de banda transportadora

### 2.4.1.12 Selector 22MM3

El selector es de 3 posiciones, donde dos de ellas son normalmente abierta y la tercera es cerrada (2NA+NC), trabaja con una corriente de 10mA y voltaje máximo 600V.se utiliza para seleccionar el estado de la planta (automático/manual).

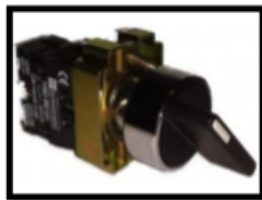


Figura 4: Selector NA+NC

### 2.4.1.13 Pulsadores

En este proyecto se utiliza dos tipos de pulsadores que soportan 380V y 6A, su única diferencia es el estado, de tal manera que la botonera verde es normalmente abierta y el rojo es normalmente cerrada.



Figura 5: Botonera NA

### 2.4.1.14 Lámparas de señalización

Nos permiten visualizar un indicador del proceso de llenado de botellas es su estado 0 o 1, trabaja con 110 V y corrientes menores 50 mA.



Figura 6: Lámpara de señalización

## 2.4.2 COMPONENTES LÓGICOS

Para realizar la programación, interacción del scada, visualización de interfaz remota y monitoreo hombre-máquina, es necesario utilizar los siguientes softwares que se detallan a continuación:

### 2.4.2.1 Tia Portal

El software totally integrated automation portal de la marca siemens ver figura 7, nos permite programar los controladores lógicos programables a través de varios lenguajes tales como:

- Esquema de contacto (KOP)                      Texto estructurado (SCL)
- Diagrama de funciones (FUP).                Lista de instrucciones (AWL).



Figura 7: Software TIA PORTA V14

Para realizar la programación del proceso de llenado de botellas se lo hace a través del lenguaje KOP utilizando instrucciones básicas como comparadores, bloques de transferencia, temporizadores, contadores y funciones básicas como se observa en la figura 8

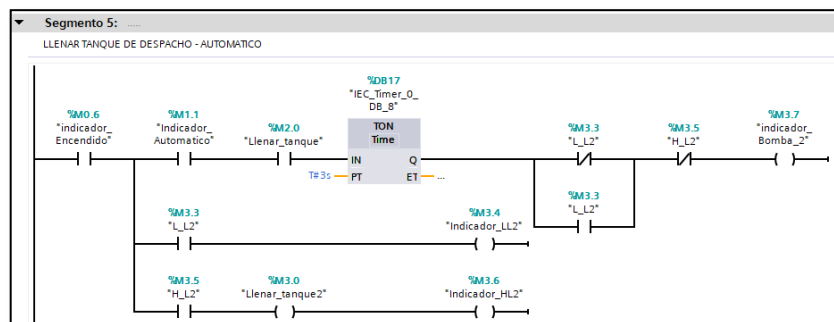


Figura 8: Programación en el lenguaje KOP

#### 2.4.2.2 Dopsoft

El programa dopsoft es una interfaz humano- máquina de la marca delta, ver figura 9 que nos permite desarrollar las pantallas a visualizar para el monitoreo del HMI. Permitted programing the tanks of the system and the level indicators of the same.



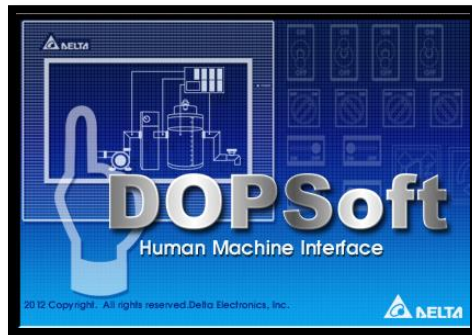


Figura 9: Software Dopsoft

### 2.4.2.3 Wonderware intouch

Este software ver figura 10, nos permite potenciar la decisión de plantas inteligentes en tiempo real. Por ende, en este programa realizamos el sistema SCADA, es decir las interfaces que puede visualizar el supervisor y operador para adquisición, supervisión y control de datos.

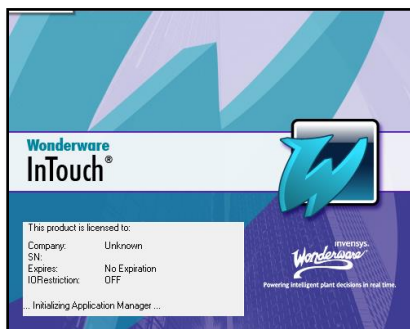


Figura 10: Software Wonderware Intouch

### 2.4.2.4 Node –red

Este software nos permite realizar la programación para la comunicación entre autómatas programables y el simatic iot 2040, para envío de datos a una plataforma web mediante el protocolo de comunicación s7, característico de los equipos Siemens. Además, se utilizan otros nodos para la programación tales como: debug, s7, dweetio, switch, change que permiten visualizar los datos e indicadores de la planta de llenado de botellas.

### 2.4.2.5 Freeboard.io

Freeboard.io es una proforma open source, es sencilla y fácil de trabajar y nos permite el acceso al internet de las cosas, de tal manera que podemos visualizar el sistema en forma remota de los actuadores, sensores e indicadores en tiempo real.



Figura 11: Interacción entre node-red y freboard.io

## 2.5 DISEÑO DE LA PROPUESTA

### 2.5.1 Esquema eléctrico de la planta

El esquema eléctrico está diseñado como observamos en la figura 12, donde se puede observar que el voltaje que utilizan los dispositivos varía de 120 V y 240V AC, y en ambos componentes se usa portafusibles como medida de seguridad. Estos equipos están colocados en un rack con diferentes distribuciones industriales, además de estar conectados en red para poder comunicarse entre ellos.

Los equipos que utilizan 240V son los 2 variadores de frecuencia, donde el variador VFD-EL tiene protocolo RS-485 conectado al módulo de comunicación CM241, mientras que sinamics G120 está conectado a través de la red con protocolo TCP / IP. Mientras que los dispositivos que utilizan 120 V tenemos switch, simatics iot 2040 y el PLC

El PLC también alimenta a varios dispositivos tales como sensores, pulsadores, selectores, estos componentes a diferencia de los sensores se conectan un extremo a los 24V del PLC y el otro extremo a la señal digital. Por ende, debe colocarse un puente entre el neutro de los 24V DC con el 1M de la entrada digitales.

La conexión de los sensores NPN es diferente porque está compuesto de 3 pines donde uno corresponde a la señal que se conecta a la entrada digital pero los 2 extremos siguientes son positivo y negativo, donde el positivo se conecta al neutro del PLC y negativo a los 24V del mismo. La pantalla HMI a pesar de ser una interfaz también se conecta al PLC a los 24 V y el neutro.

Las lámparas de señalización al igual que las válvulas requieren 120 V, la conexión correspondiente para su funcionamiento es un extremo al neutro principal y el otro extremo a la salida digital del PLC.

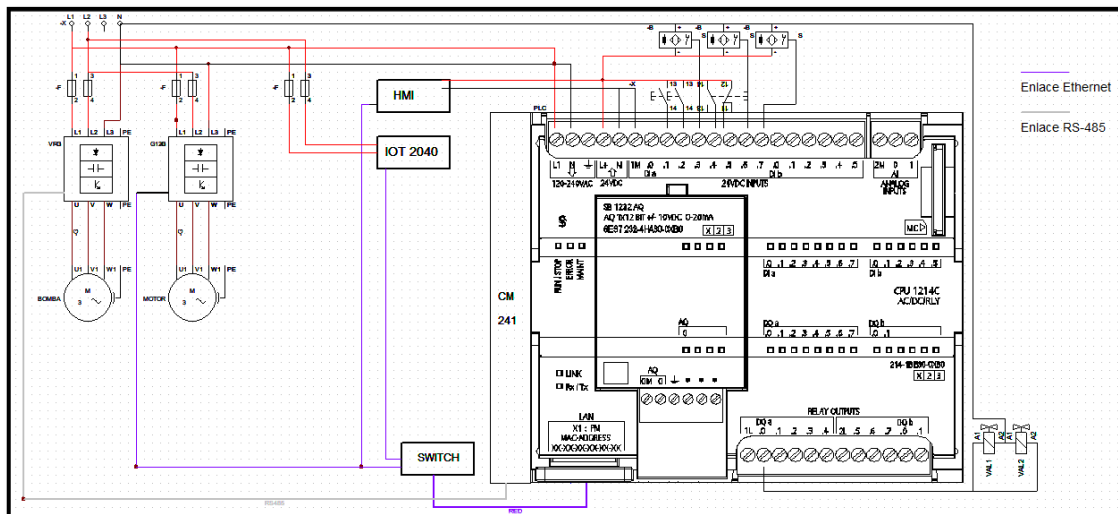


Figura 12: Diagrama eléctrico del sistema de llenado de botellas

## 2.5.2 Configuración del comando STW1 del variador G120

Para lograr comunicar el SINAMICS G120 con el PLC s7 1200 se eligió el telegrama estándar 1, para ello se debe seleccionar los bits correspondientes de la palabra de

mando STW1 como se observa en la tabla 9. Los comandos configurados corresponde al encendido y apagado de la banda transportadora, cambio de giro del motor y la parada rápida del mismo.

Palabra de mando STW1		Comandos		
Bit	Comentarios	Encender o Apagar	Sentido de giro	Parada Rápida
<b>0</b>	<b>0:</b> El motor frena con el tiempo de deceleración p1121 del generador de rampa. El convertidor desconecta el motor durante la parada. <b>1:</b> El convertidor pasa al estado "Listo para el servicio". Si además el bit 3 = 1, el convertidor conecta el motor	0	1	1
<b>1</b>	<b>0:</b> Desconectar inmediatamente el motor; a continuación, se produce parada natural. <b>1:</b> Se puede conectar el motor	1	1	1
<b>2</b>	<b>0:</b> Parada rápida: el motor frena hasta la parada con el tiempo de deceleración. <b>1:</b> Se puede conectar el motor	1	1	0
<b>3</b>	<b>0:</b> Desconectar inmediatamente el motor <b>1:</b> Conectar el motor	1	1	1
<b>4</b>	<b>0:</b> El convertidor ajusta inmediatamente a 0 su salida del generador de rampa <b>1:</b> Es posible la habilitación del generador de rampa	1	1	1
<b>5</b>	<b>0:</b> La salida del generador de rampa permanece en el valor actual. <b>1:</b> La salida del generador de rampa sigue a la consigna	1	1	1
<b>6</b>	<b>0:</b> El convertidor frena el motor con el tiempo de deceleración <b>1:</b> El motor acelera con el tiempo de aceleración	1	1	0
<b>7</b>	Confirmar el fallo. Si todavía está presente la orden ON, el convertidor conmuta al estado "Bloqueo conexión"	0	0	0
<b>8,9</b>	Reservado	0	0	0
<b>10</b>	<b>0:</b> El convertidor ignora los datos de proceso del bus de campo. <b>1:</b> Mando a través del bus de campo; el convertidor adopta los datos de proceso desde el bus de campo.	1	1	1
<b>11</b>	Invertir la consigna en el convertidor.	0	1	0
<b>12</b>	Reservado	0	0	0
<b>13</b>	Aumentar la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	0	0	0
<b>14</b>	Reducir la consigna almacenada en el potenciómetro motorizado.	0	0	0
<b>15</b>	Reservado	0	0	0
		047E	0C7F	043B

Tabla 9: Configuración del telegrama 1: Instrucciones de servicio

### 2.5.3 Configuración del VDF007EL23A

Para el uso de este equipo industrial necesitamos que el variador cumpla los siguientes requisitos:

- Tenga como dirección el número 4
- Frecuencia entre 0-50Hz
- Protocolo de comunicación RS-485 (8 data bits, 1 stop bits, none parity)
- velocidad de transmisión de 9600 baudios.

Para cumplir estos requerimientos de la planta encargada del llenado de botellas, se configura el variador de frecuencia para que acceda a los siguientes grupos, eligiéndose la configuración que se muestra en la tabla 10.

<b>Grupo 0: Parámetros de usuario</b>	
<b>PARÁMETROS</b>	<b>CONFIGURACIÓN</b>
<b>00,02</b>	9. Todos los parámetros son reestablecidos a sus valores de fábrica (50 Hz, 230 V/400 V o 220 V / 380 V.
<b>Grupo 1: Básicos</b>	
<b>01,09</b>	Tiempo de aceleración 0,1 – 600 sec
<b>01,10</b>	Tiempo de desaceleración 0,1 – 600 sec
<b>Grupo 2: Parámetros de métodos de operación</b>	
<b>02,00</b>	3: Comunicación RS-485 (RJ-45)
<b>02,01</b>	3: Comunicación RS-485 (RJ-45). DETENER/REINICIAR del teclado habilitados. 4:Comunicación RS-485 detener/reiniciar del teclado deshabilitados.
<b>Grupo 9: Parámetros de comunicación</b>	
<b>09,00</b>	4: Dirección del variador (1-254)
<b>09,01</b>	1: Tasa de baudios 9600 bps
<b>09,04</b>	6: 8,N,1 (Modbus, RTU)

Tabla 10: Configuración de parámetros: Manual De Usuario Vfd-El

### 2.5.4 Comunicación entre variador vfd – CM 241

Para la transmisión de datos mediante el protocolo de comunicación RS-485 se utiliza un cable UTP Categoría 6, el cual está diseñado de tal manera que en un extremo ingresa al puerto ethernet de variador a través del conector RJ45 y el otro extremo

ingresa un conector DB9 para el puerto serial del módulo CM-241. La conexión de pines entre los conectores se observa en la figura 13.

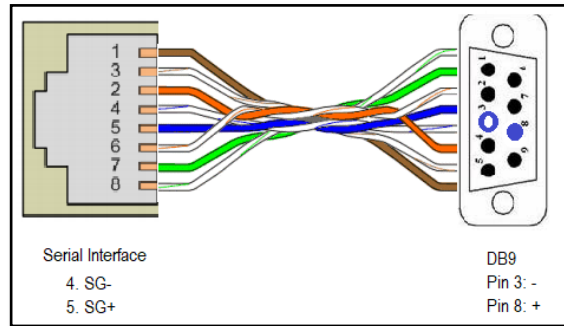


Figura 13: Conexión entre conectores RJ45- DB9

### 2.5.5 Diseño de red

El Diseño de red que está propuesto para este proyecto se puede observar en la tabla 11, Donde tenemos un ip de red 192.168.0.0/24 que nos permite una conexión de 252 equipos, se eligió esas direcciones por motivos de no causar conflictos con equipos existente conectados a la misma red.


<b>I.P:</b> 192.168.0.1 <b>SUB:</b> 255.255.255.0		
<b>PLC S7 1200</b>	192.168.0.2	
<b>LAPTOP/SCADA</b>	192.168.0.26	
<b>PANTALLA HMI</b>	192.168.0.27	
<b>SINAMICS G120</b>	192.168.0.30	
<b>SIMATIC IOT</b>	192.168.0.200	

Tabla 11: Direcciones IP de los equipos en red

Para esta propuesta tecnológica se utiliza un PLC que será el cerebro de la planta y controla el sistema scada con interfaz de comunicación ethernet, además se utiliza una pantalla HMI para el monitoreo hombre-máquina, y el simatic G120 para el control de la banda transportadora en las diferentes etapas. El variador VFD-EL con protocolo de comunicación modbus, se utilizar para aprovechar un recurso existente y de esta manera automatizar el llenado de las botellas como se observa en la figura 14.

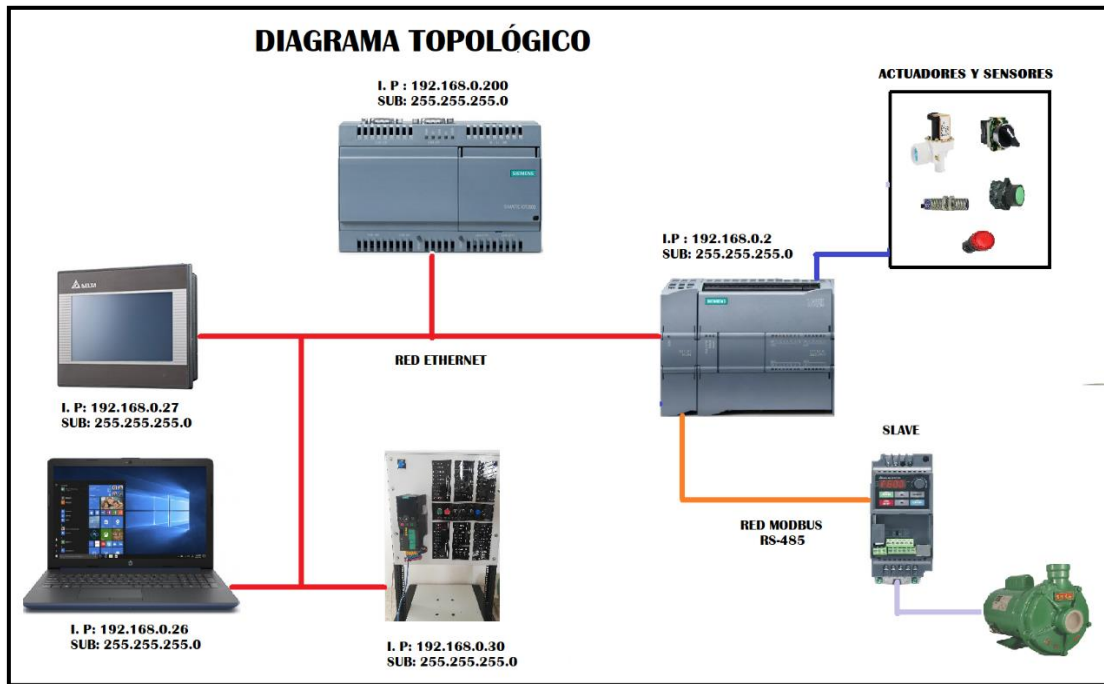


Figura 14: Diagrama topológico del sistema

Una vez realizado el esquema eléctrico y el diseño de red, debemos comunicar todos los equipos, para ello se realiza la programación en el software TIA PORTA y posterior se la carga al cerebro del sistema (Controlador lógico programable).

### 2.5.6 Programación del plc en tia porta

Antes de empezar a programar se debe habilitar la opción permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto (PLC, HMI, OPC). Para el funcionamiento de este proyecto se realiza la siguiente programación en el lenguaje escalera especificado por segmentos:

#### SEGMENTO 1:

Permite el encendido del sistema de dos formas diferentes, la primera virtualmente a través de la pantalla hmi e intouch; la segunda con un botón físico ubicado en el panel de control. Además, permite seleccionar al operador si desea ingresar en modo manual o automático al sistema.

Para encender el sistema no debe estar accionado el botón de emergencia, porque ocasiona un corte en el sistema y se apagaría automáticamente. Cuando se produce alguna emergencia, no es suficiente solucionar el inconveniente, es necesario resetear el sistema para proceder encenderlo. Ver figura 15.

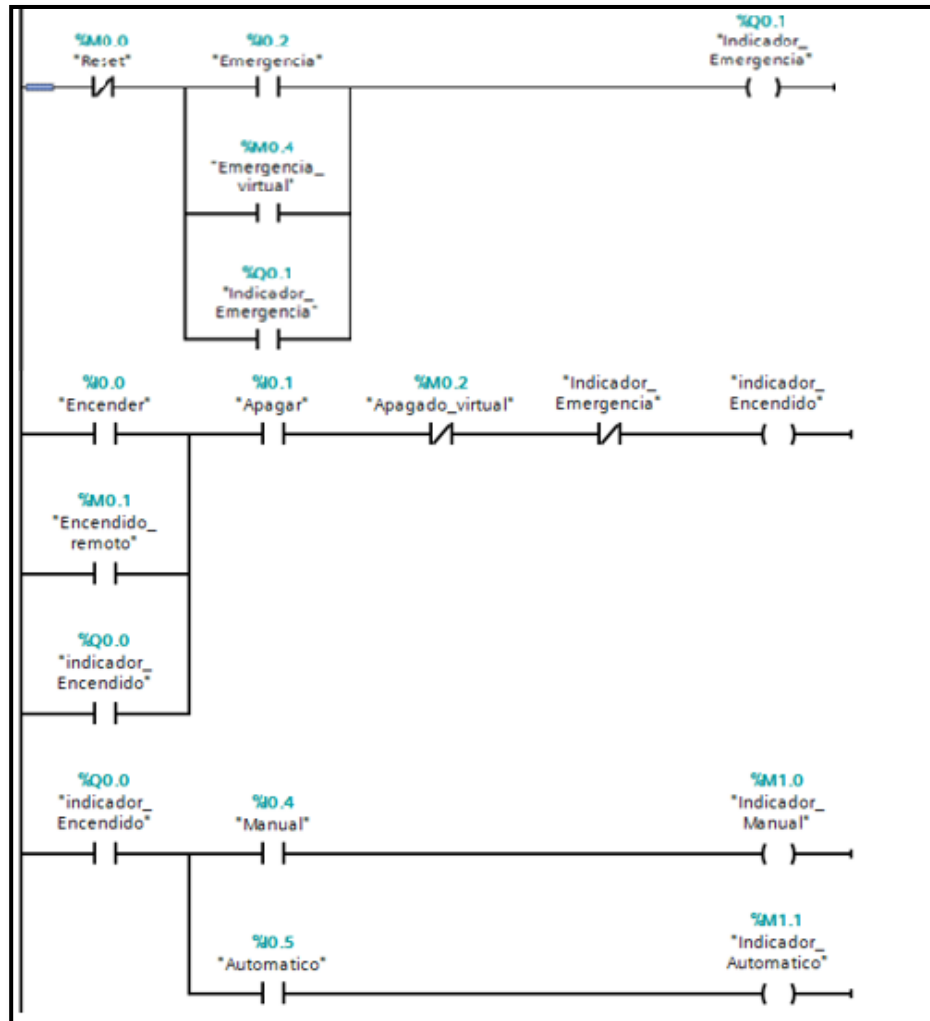


Figura 15: Encendido del sistema de llenado de botellas

**SEGMENTO 2:**

Este segmento describe que el sistema está encendido y el modo manual activado, permitiendo llenar el tanque de reservorio, si éste se encuentra vacío se enciende la bomba y se abre la electroválvula. A medida que llena el tanque se activan los sensores de alto y bajo nivel, ver figura 16.



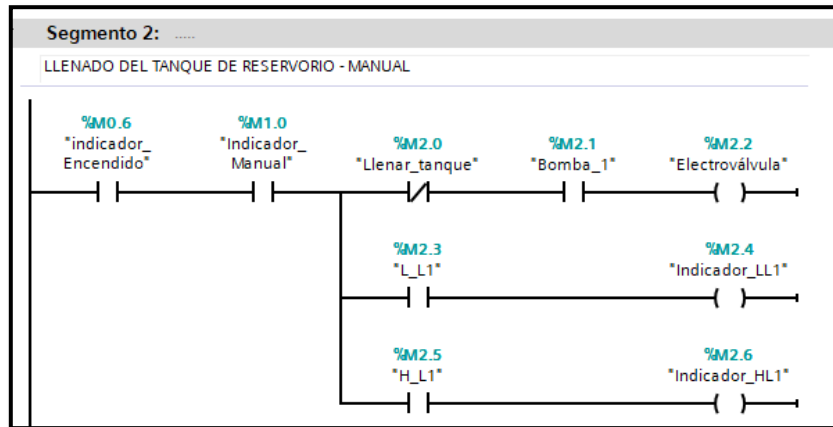


Figura 16: Llenado del tanque de reservorio manualmente

### SEGMENTO 3:

Este segmento indica que esta encendido el sistema y el modo manual activado, se podrá llenar el tanque de despacho manualmente, si el mismo se encuentra vacío se enciende la bomba y se abre la electroválvula para su respectivo llenado. El recipiente va llenando y los sensores de bajo y alto nivel se van activando. Ver figura 17

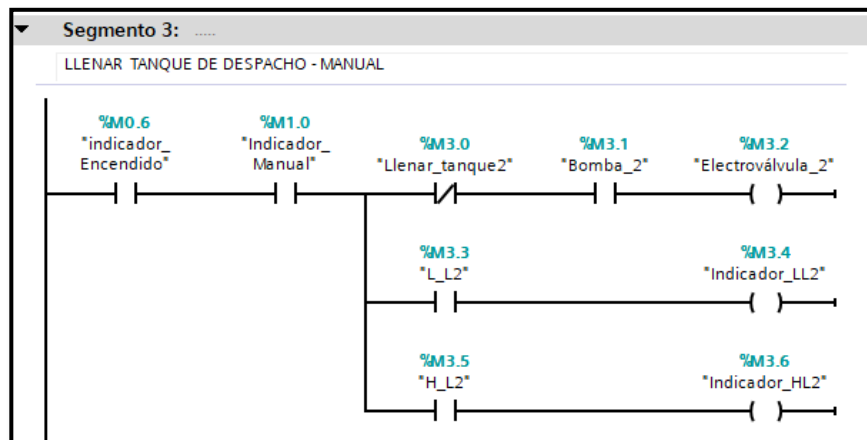


Figura 17: Llenado del tanque de despacho manualmente

### SEGMENTO 4:

Este segmento en la figura 18, indica que se llenará de forma automática el tanque de reservorio, cumpliendo con las condiciones, si el sensor de nivel alto está apagado y el sensor de nivel bajo está cerrado o encendido, se abre la bomba y empieza a llenar el

tanque de reservorio, de acuerdo al nivel del depósito se activa los sensores de nivel. Cuando el sensor de nivel alto este activo, indicará que el reservorio está lleno permitiendo realizar el proceso de llenado automático del tanque de despacho.

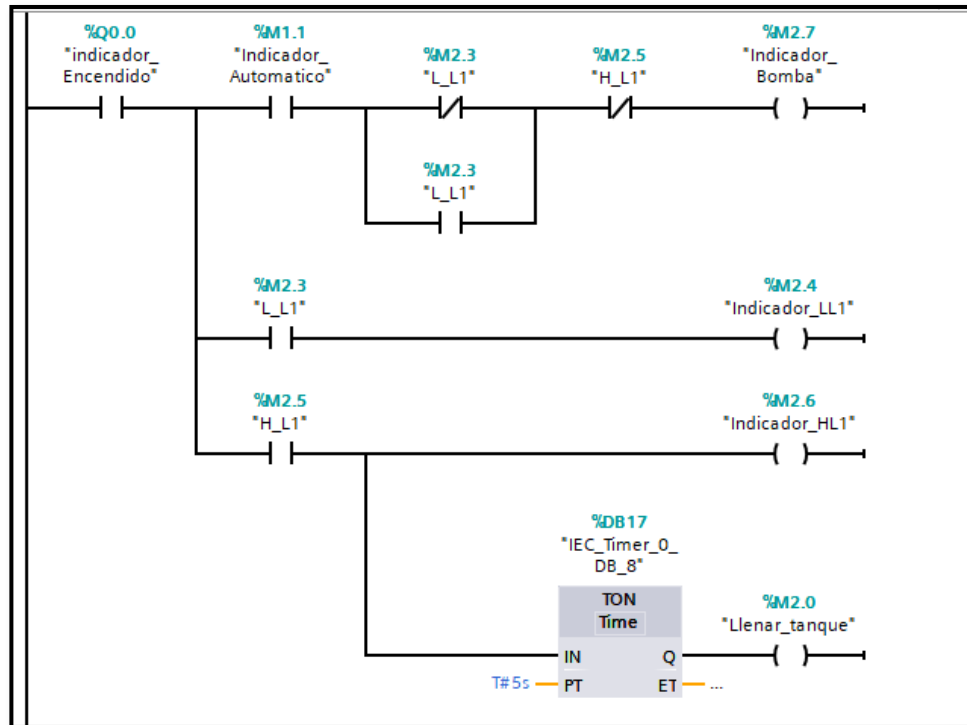


Figura 18: Llenado del tanque de reservorio automáticamente

**SEGMENTO 5:**

En este segmento la figura 19, nos indica que se llenará de forma automática el tanque de despacho. Cumpliendo la condición que, cinco segundos después que el tanque de reservorio indique que está lleno y el sensor de nivel alto del tanque de despacho este apagado; se abre la bomba y empieza a llenar el tanque de despacho, activándose los sensores de bajo y alto nivel. si el sensor alto está activo indicará que el tanque está lleno permitiendo dar paso al siguiente proceso.

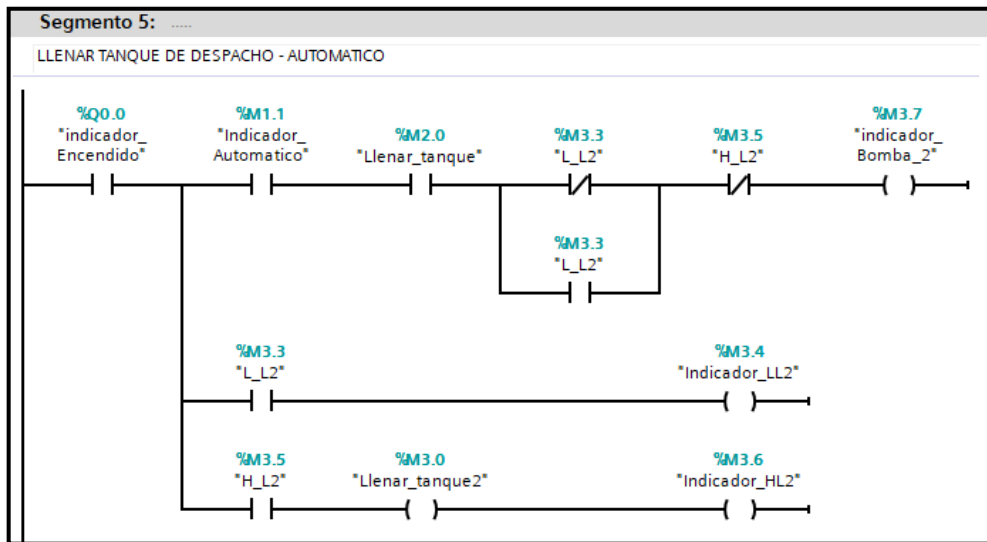


Figura 19: Llenado del tanque de despacho automáticamente

### SEGMENTO 6:

Para programar este segmento primero es necesario configurar manualmente en el TIA PORTA el variador, para ello debemos elegir el módulo de potencia como se muestra en la figura 20:

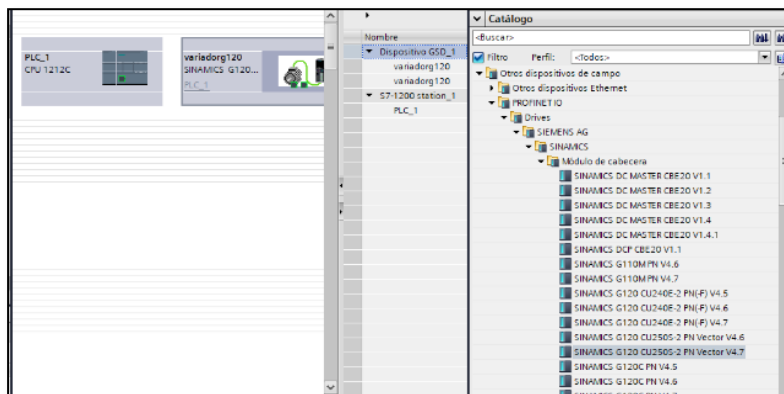


Figura 20: Configuración del G120 en Tia Portal

Posteriormente debemos elegir el telegrama 1 con la palabra de mando STW1 como se observa en a figura 21, Una vez realizado estos pasos el dispositivo está listo para usarse y utilizar los comandos que configuramos en una sesión anterior.

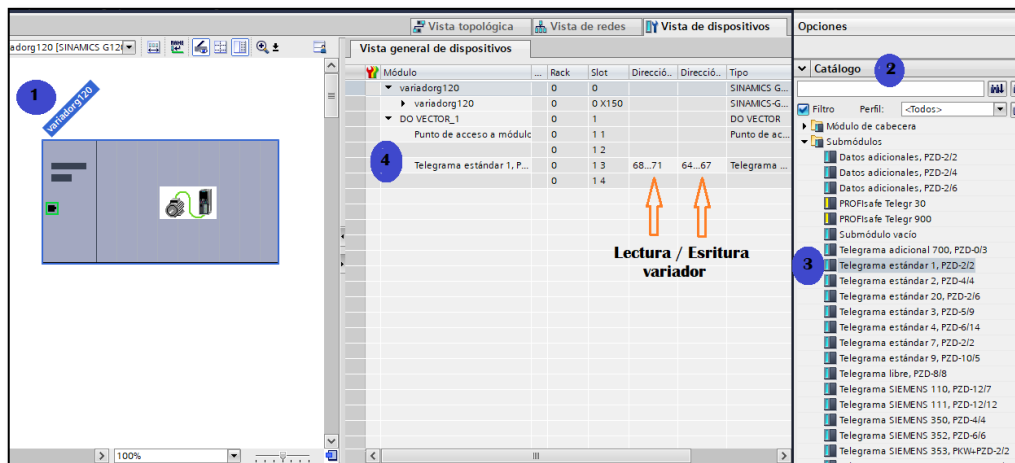


Figura 21: Configuración del telegrama del G120

Este segmento, ver figura 22 indica que el sistema está en modo manual, permitiendo encender y apagar la banda transportadora a través del motor trifásico, con una consigna de velocidad de 7500, utilizando los siguientes comandos:

- Para encender el motor trifásico 16# 047E
- Apagar el motor trifásico y parar la bomba 16#043B
- Invertir el giro del motor 16#0C7E

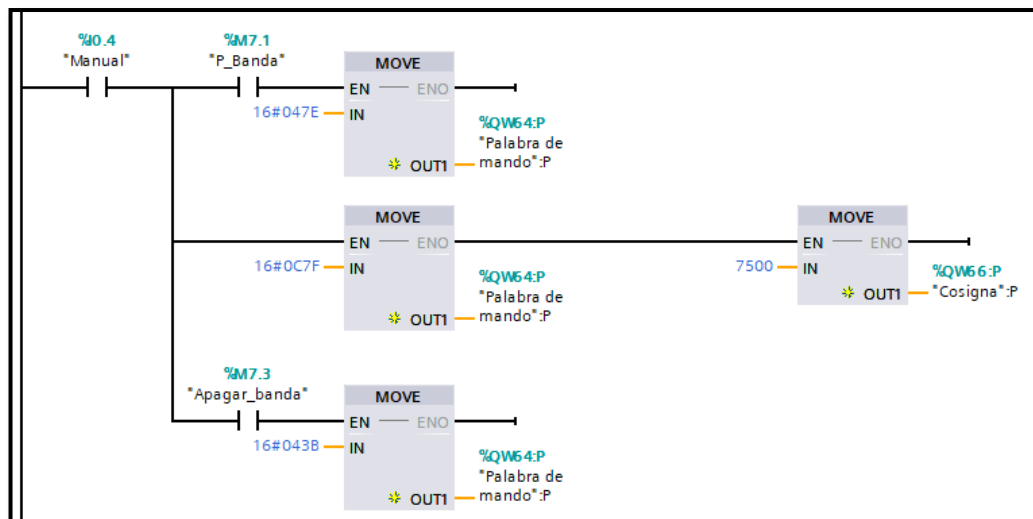


Figura 22: Encendido/ apagado de banda Manualmente

## SEGMENTO 7:

El segmento indica el encendido automático de la banda transportadora, si el tanque de despacho está lleno y el sensor\_1 se encuentra activado, se enciende el motor del módulo G120 con una consigna de velocidad de 7500rpm, permitiendo rotar la banda. Cuando las válvulas se activan la banda se detiene, permitiendo llenar las botellas y segundos después que hayan llenado la banda rotará nuevamente, ver figura 23.

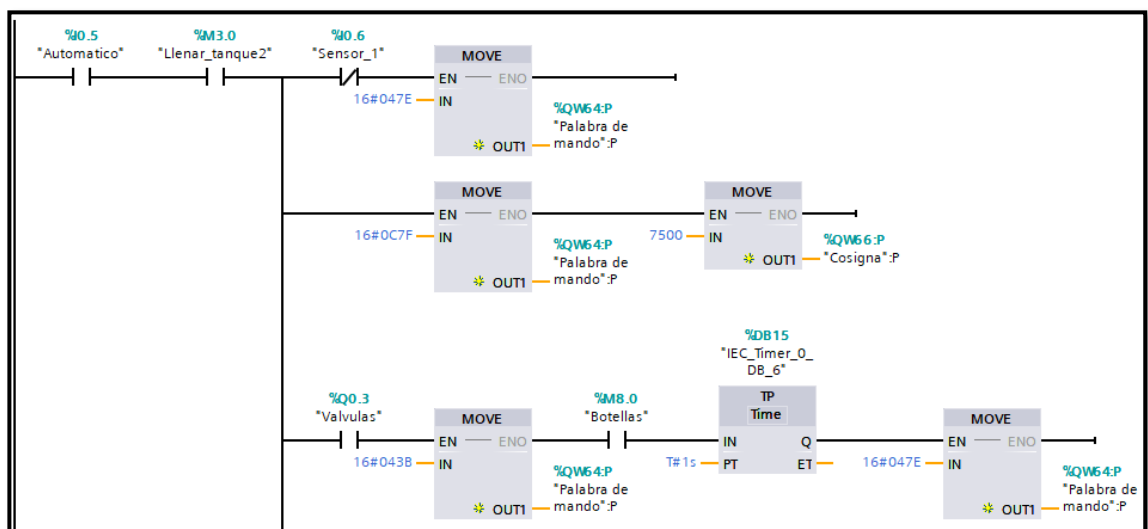


Figura 23: Configuración del módulo G120 para funcionamiento de la banda transportadora

El sensor 3 es el encargado de apagar la banda transportadora, cuando la cantidad de botellas producidas es igual a la meta del día. Otra opción para apagar el motor manualmente es con el botón apagar que se encuentra en el interfaz hombre máquina y el sistema scada. Esto serviría para apagar la banda transportadora en caso de ser necesario. Además, en este segmento podemos visualizar el estado de la misma a través de un indicador. Ver figura 24.

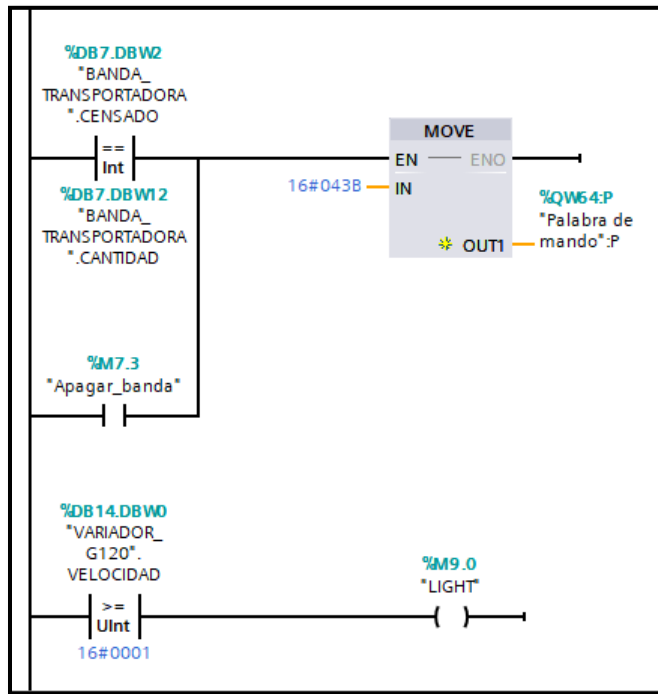


Figura 24: Configuración de apagado de la banda transportadora

### SEGMENTO 8:

Este segmento, ver figura 25 es el encargado de enlazar la comunicación MODBUS entre el variador de frecuencia y módulo de comunicación CM-241 en el TIA PORTA, la configuración de parámetros se muestra a continuación:

#### Configuración de la función MB\_COMM\_LOAD

**REQ:** hace referencia activar la marca de ciclo del sistema FirstScan

**PORT:** se refiere al identificador de puerto de comunicación del módulo CM 241, para nuestro caso es el 269 LOCAL-CM 1241\_(RS422-485)\_1.

**BAUD:** este parámetro hace referencia a la velocidad de transmisión, utilizando en este bloque 9600bps.

**PARITY:** este campo no se utiliza en este proyecto

**MB\_DB:** este parámetro se utiliza para llamar a la función MB\_MASTER

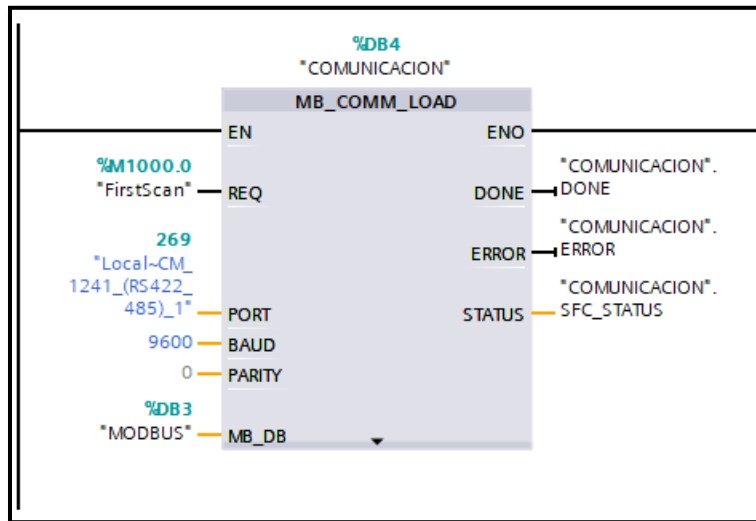


Figura 25: Configuración MB\_COMM\_LOAD

### SEGMENTO 9:

Este segmento en las figuras nos permite leer y escribirle al variador de frecuencia por comunicación punto a punto, a través de los registros internos del equipo que se pueden apreciar en la tabla 12.

### DIRECCIONES INTERNAS DEL VARIADOR

DIRECCION	FUNCIÓN
<b>2001/8193</b>	1: Prende el sistema 2: Apaga el sistema
<b>2002/8194</b>	Escribe la frecuencia al variador
<b>2103/8451</b>	Lee la frecuencia de salida
<b>2104/8452</b>	Lectura de la corriente de salida

Tabla 12: Configuración interna del variador VFD-EL

### Configuración de la función MB\_COMM\_LOAD

**REQ:** hace referencia activar la marca del reloj del sistema

**MB\_ADDR:** en este parámetro se accede a la dirección del variador entre un rango de 0-254 equipos, pero en esta configuración el esclavo utiliza el número 4.

**MODE:** sirve para indicar si utilizaremos el bloque como lectura o escritura., indicando 0: lectura y 1: escritura.

**DATA\_ADDR:** en este parámetro se selecciona la dirección interna del registro del variador que necesitamos leer o escribir.

**DATA\_LEN:** indica el rango de bits a escoger

**DATA\_PTR:** en este parámetro determinamos la ubicación, donde vamos a guardar la información del variador de frecuencia.

Los bloques MB\_MASTER configurados en la figura 26, nos permite encender y apagar la bomba, además de enviar las diferentes frecuencias a trabajar.

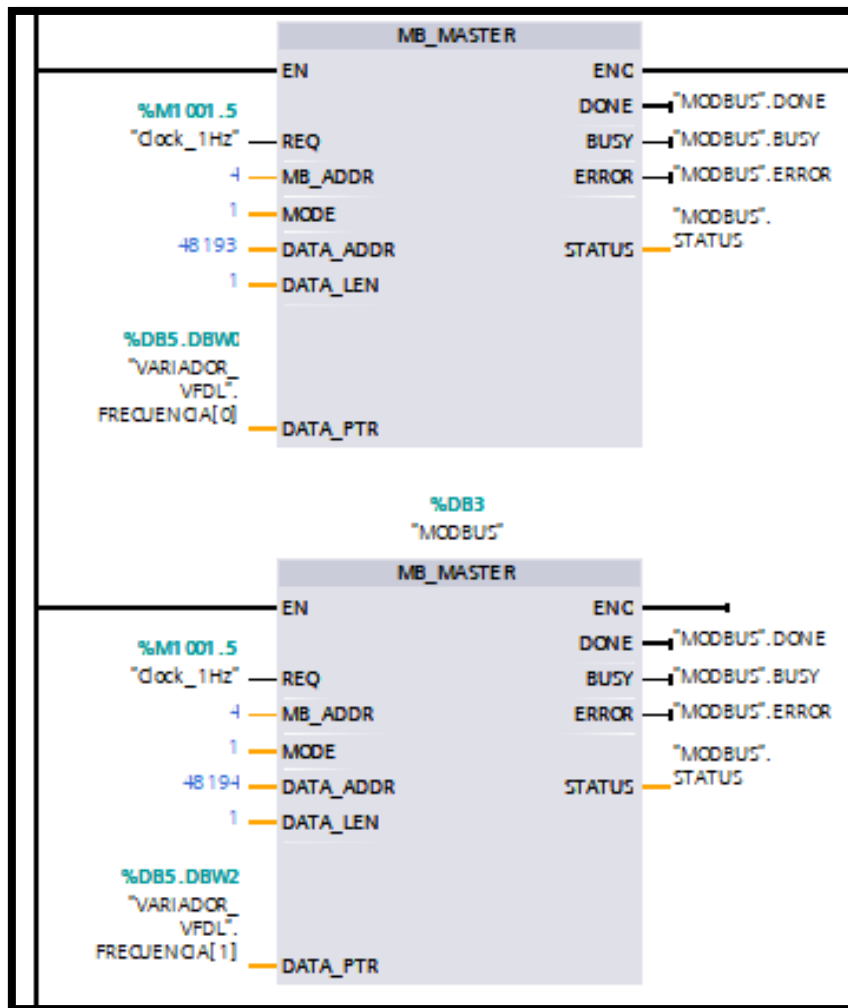


Figura26:Configuración de bloques de escritura al variador VFD EL



Los bloques MB\_MASTER configurados en la figura 27, nos permite leer los datos de frecuencia y corriente del variador VFD-EL

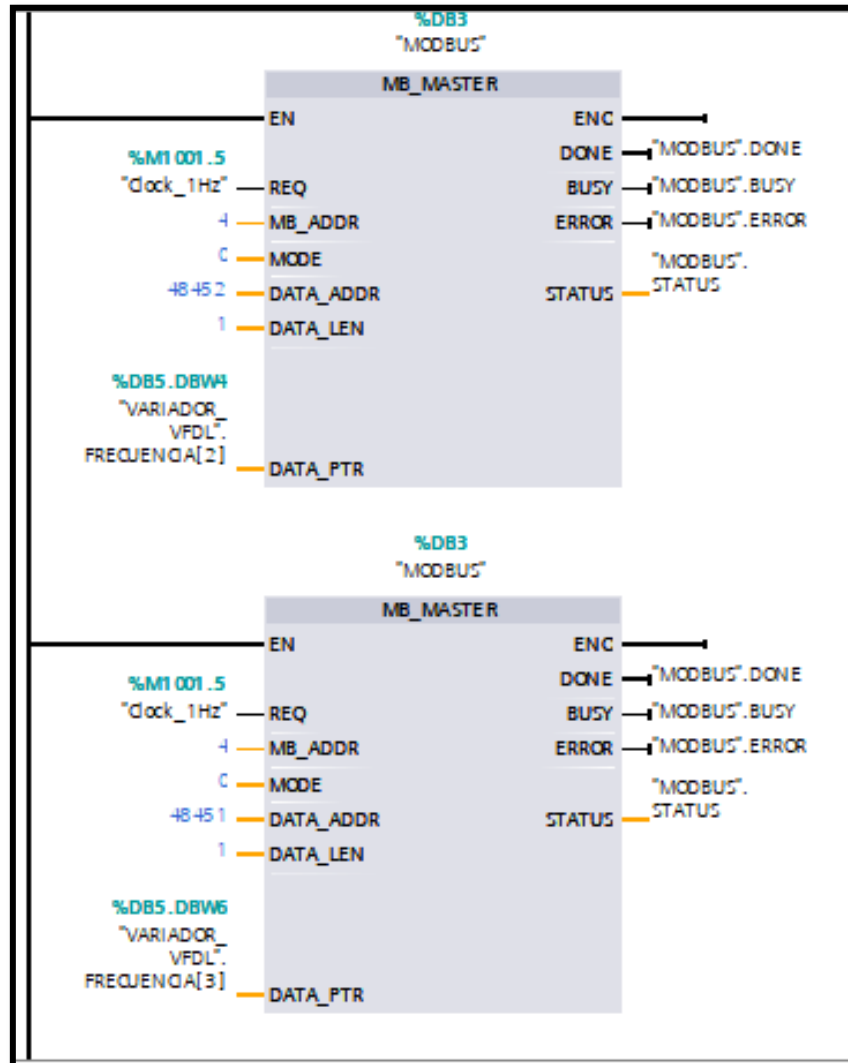


Figura 27: Configuración de bloques de lectura del VFD-EL

### SEGMENTO 10:

El segmento de llenado de botellas debe cumplir condiciones tales como, sistema encendido, modo automático activo, metas del día ingresada, tanque de despacho lleno y banda transportadora activa. Si es así, el sensor\_2 cuenta las botellas a llenar, las cuales para este proyecto son dos. Si las botellas han sido censadas transcurre un tiempo

(tiempo necesario para que las botellas se ubiquen) y se detiene la banda, dando paso al llenado de botellas. Ver figura 28

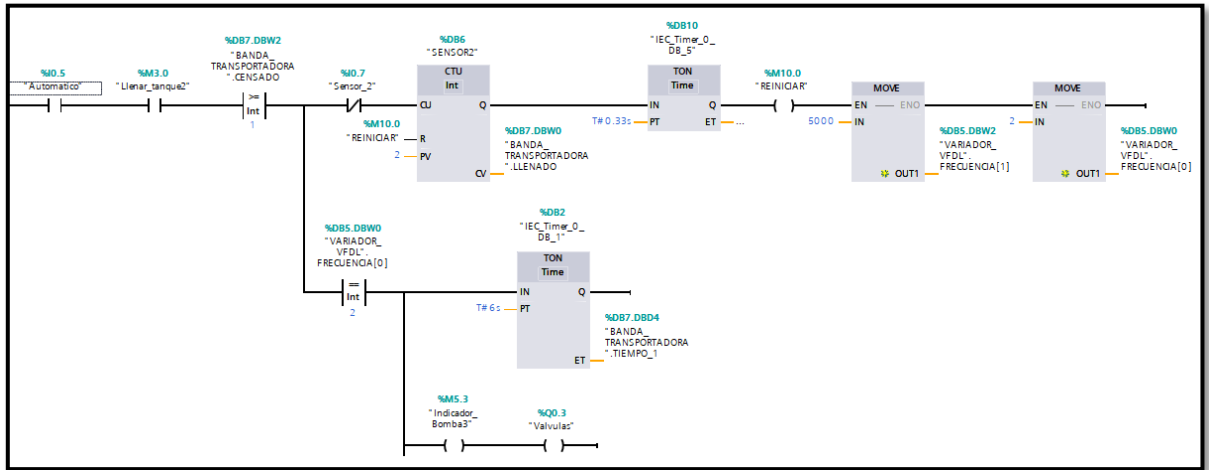


Figura 28: Programación de la etapa de llenado de botellas

Para empezar con el llenado se envía al variador una frecuencia de 50Hz y se procede encender la bomba trifásica y las electroválvulas. Para lograr controlar el llenado de botellas se reduce el caudal de las electroválvulas en 43Hz, para evitar que rebose el líquido se envía una frecuencia de 32Hz.

El tiempo de llenado de las dos botellas es de 9.5 segundos, transcurrido este tiempo se apaga la bomba y se cierran las electroválvulas, por ultimo después de un segundo se enciende la banda transportadora. Ver figura 29.

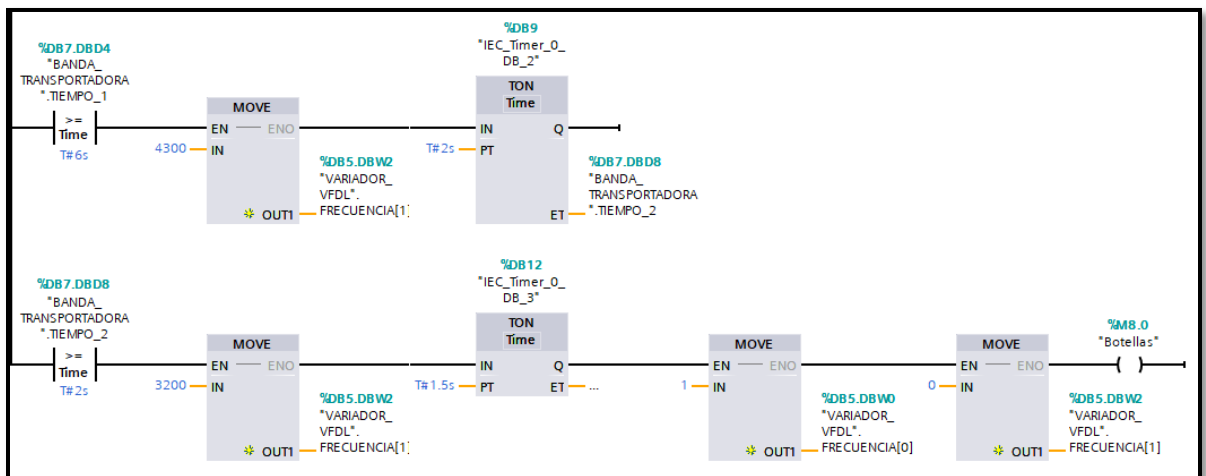


Figura 29: Programación de la etapa de llenado de botellas

## SEGMENTO 11:

En esta parte de la programación permite que el encargado ingrese la cantidad de botellas a producir, por medio del sensor 3 se contabilizan y se guarda la información en la base datos banda transportadora variable cantidad, para que luego de llegar al valor de meta espere medio segundo y se reinicie el contador como se muestra en la figura 30.

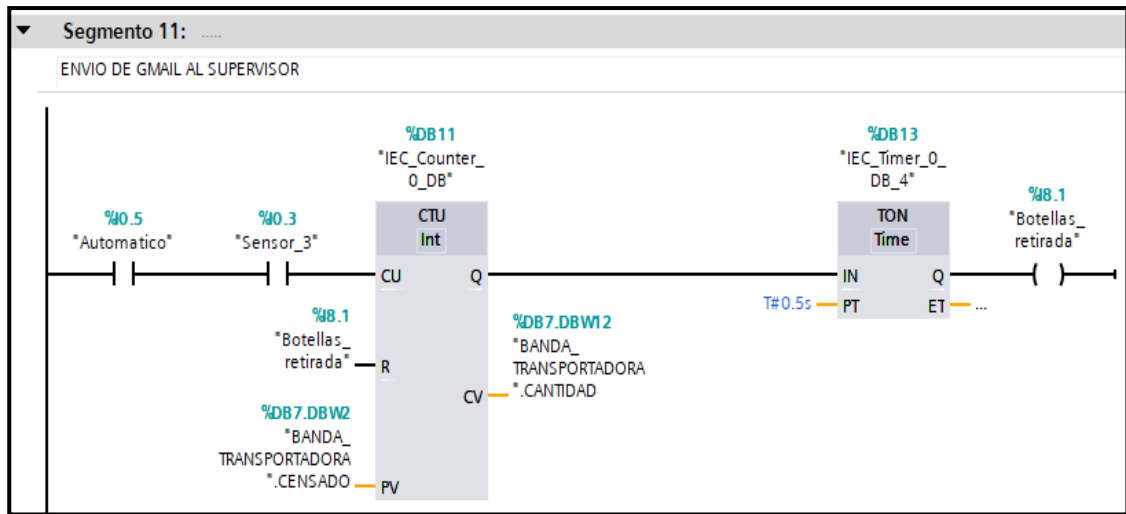


Figura 30: Ingreso de meta del día

## SEGMENTO 12:

En este segmento se configura las alarmas de los tanques del sistema para determinar si existe un rebose del producto o falta de líquido en los recipientes que puede ocasionar daños en las bombas. Además, también se configura las alarmas de los actuadores del sistema para determinar si existe un fallo. Ver figura 31 y 32.

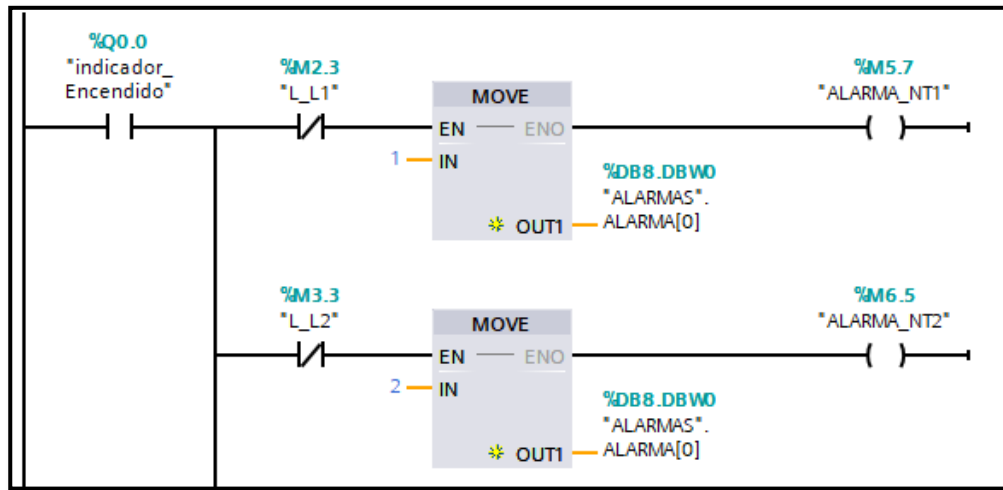


Figura 31: Configuración de alarmas de los tanques del sistema

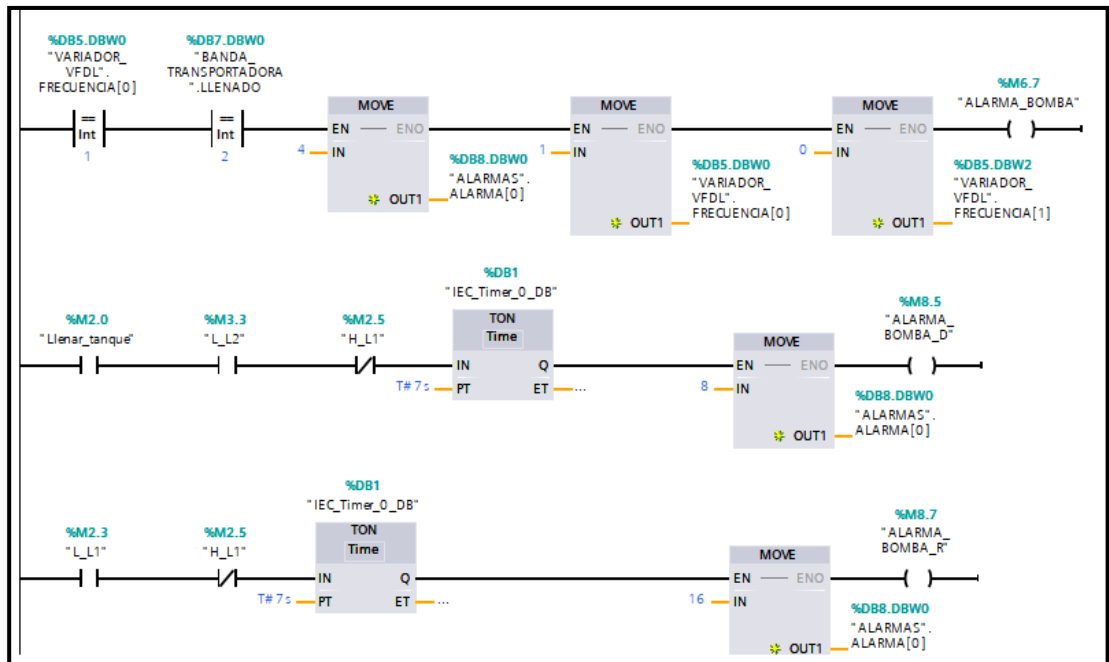


Figura 32: Configuración de alarmas de los actuadores del sistema

Una vez realizada la programación para la automatización de la planta, se configura el interfaz hombre-máquina, mediante el programa dopsoft. A continuación, se detalla el diseño realizado para el monitoreo del sistema.

### 2.5.7 Diseño de la interfaz hombre-maquina

El diseño de la interfaz hombre máquina del sistema del llenado de botellas consta de las siguientes pantallas:

#### Pantalla de Bienvenida

La pantalla bienvenida nos permite ingresar la meta alcanzar del día, visualizar el proceso, observar la hora y fecha e ingresar al menú principal para acceder al sistema, dirigirse a la figura 33.



Figura 33: Pantalla de bienvenida del HMI

#### Pantalla de menú principal

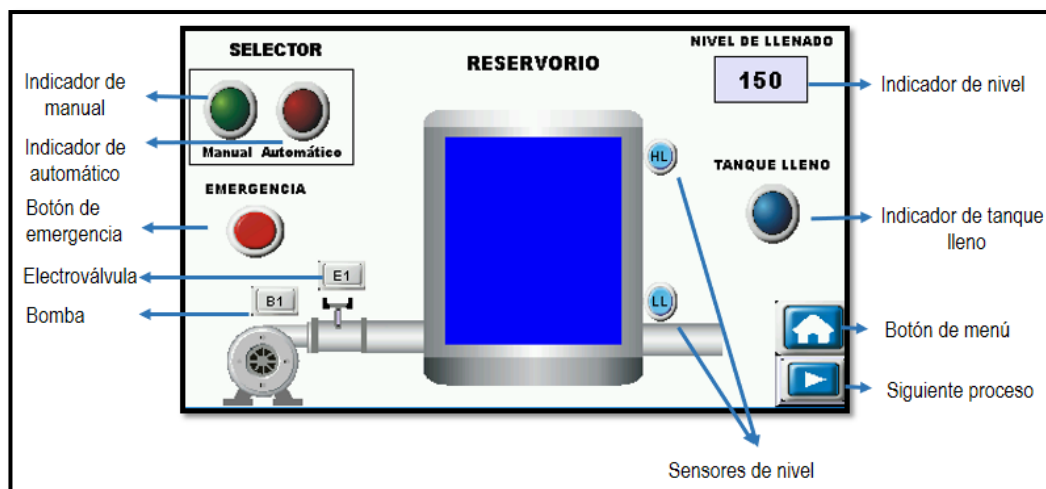
Permite encender y apagar el sistema de llenado de botellas, tal como observar en la figura 34, asimismo se puede acceder a través de botones a las pantallas de procesos del sistema, indicadores y alarmas.



Figura 34: Pantalla del menú principal del HMI

### Pantalla de tanque de reservorio

Es la primera pantalla de proceso ver figura 35, hace referencia al ingreso del agua cruda al tanque de almacenamiento, permite visualizar la cantidad en litros del reservorio, observar si es sistema está en automático o manual, y hacer uso de los sensores para determinar si el tanque está lleno. La programación del tanque de reservorio se observar en anexo 2.



. Figura 35: Pantalla del tanque de reservorio del HMI

### Pantalla de tanque de despacho

Este proceso representa el almacenamiento del agua purificada indicando que el tanque está listo para la etapa de llenado, y así visualizar el nivel del mismo a medida que llenan las botellas. Ver figura 36, la programación del tanque puede observarse en el anexo 2.

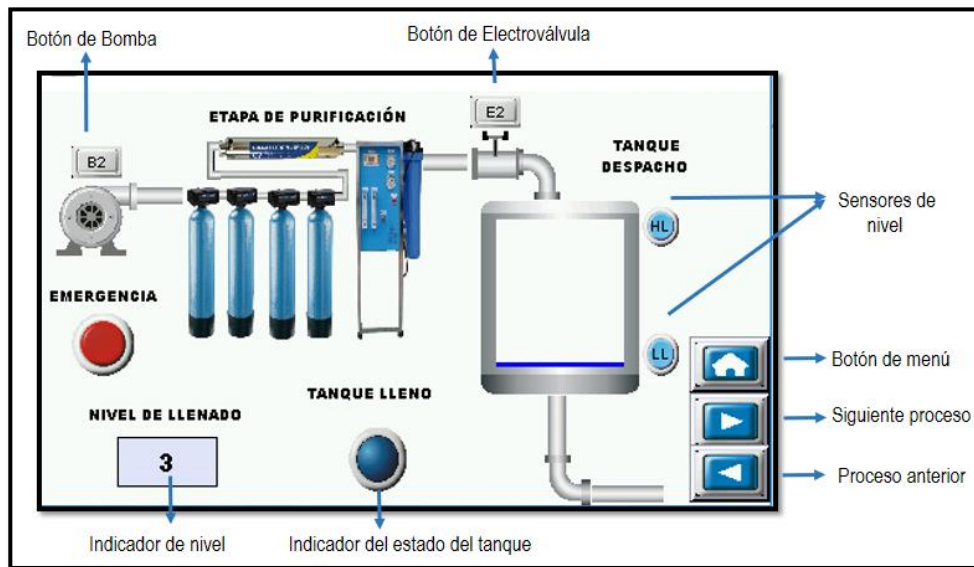


Figura 36: Pantalla del tanque de despacho del HMI

### Pantalla de banda transportadora

Esta pantalla hace referencia al traslado de las botellas a la etapa de llenado por medio de los detectores, permitiendo visualizar la cantidad de producción que tiene la empresa, ver figura 37.

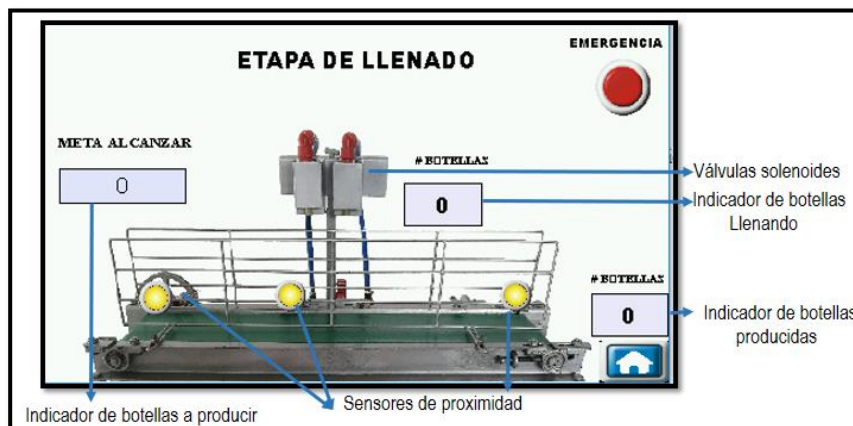


Figura 37: Pantalla de etapa de llenado del HMI

## Sección de indicadores

Esta parte la componen 3 pantallas:

La primera nos proporciona información de indicadores del sistema como bombas, sensores y electroválvulas de tanques, además de tener la opción de elegir el botón de emergencia en caso de ser necesario ver figura 38



Figura 38: Pantalla de indicadores de tanques del HMI

La segunda muestra los parámetros de la bomba donde nos presenta la corriente y la frecuencia del flujo con el que llenan las botellas. Ver figura 39, y en la tercera pantalla observamos los indicadores del variador G120 que controla el motor y permitiendo el encendido y apagado de la banda transportadora. ver figura 40.



Figura 39: Pantalla de parámetros del variador VFD-EL



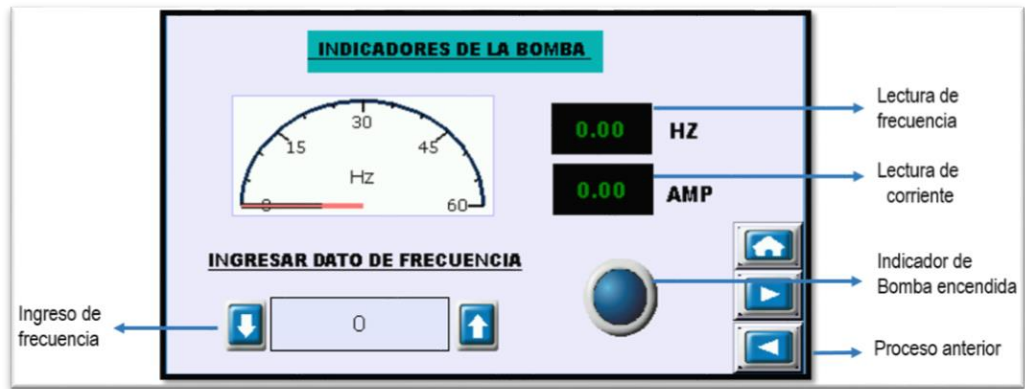


Figura 40: Pantalla de parámetros del variador Sinamics G120

### Pantalla de alarmas

Se visualizan pantallas del historial de alarmas, alarma activa y frecuencia de las misma, además de tener la opción de desactivar la alarma presentada de un proceso. Ver figura 41.

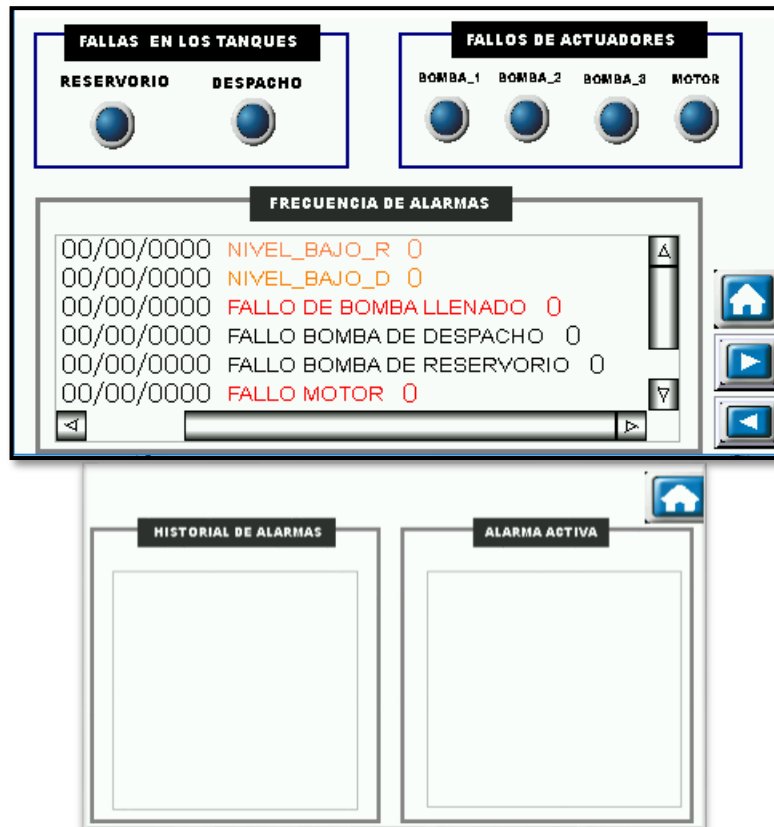


Figura 41: Alarmas de sistema

## 2.5.8 Configuración kepserverex 6.0

El kepserver es un programa utilizado como interfaz entre el software Wonderware intouch y el autómatas programable, la versión que utiliza en esta propuesta es V6.0.2107.0. la configuración se detalla a continuación:

- Primero se debe configurar el canal, dando clic en conectividad, escribiéndole un nombre y escogiendo la opción Siemens TCP/IP Ethernet, ver figura 42

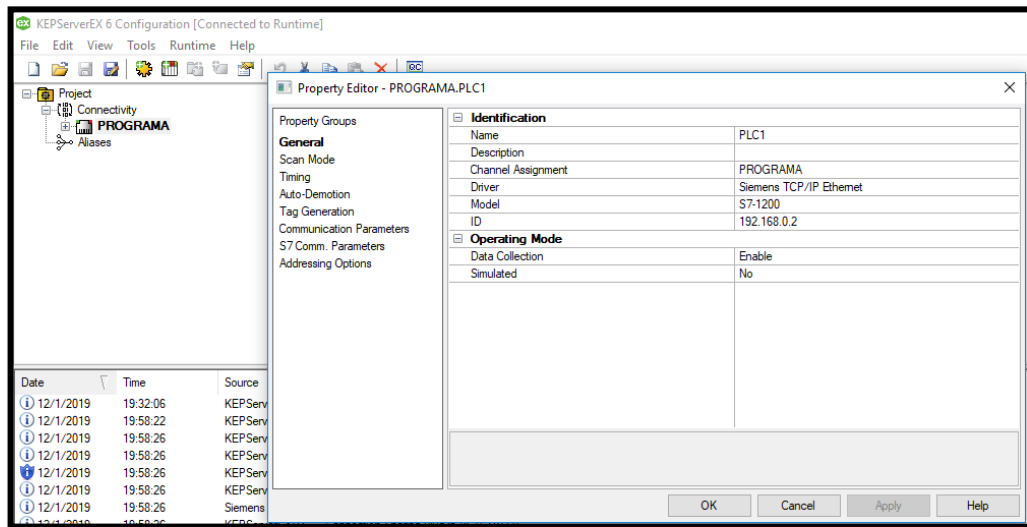


Figura 42: Configuración del canal del OPC

Segundo se debe agregar la dirección IP del dispositivo, además del modelo y el driver como muestra la figura 43. Para que OPC reconozca al PLC

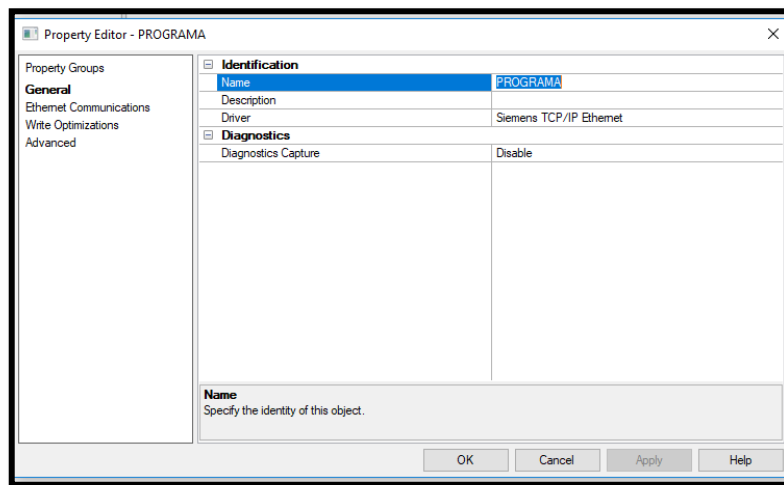


Figura 43: Asignación de parámetros del PLC al OPC

- Se agrega las variables a utilizar, dando clic en new tag, Los parámetros a ingresar son el nombre y el tipo de dato. Ver figura 44

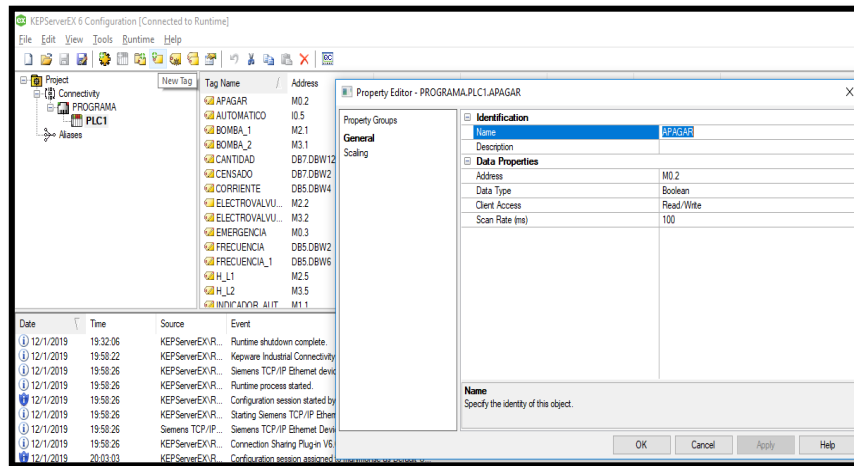


Figura 44: Ingreso de variables al OPC

- Se configura el Alias, este debe ser el mismo que se configure en el Wonderware Intouch, para ello se da clic en alias y se escribe el nombre como observa en la figura 45.

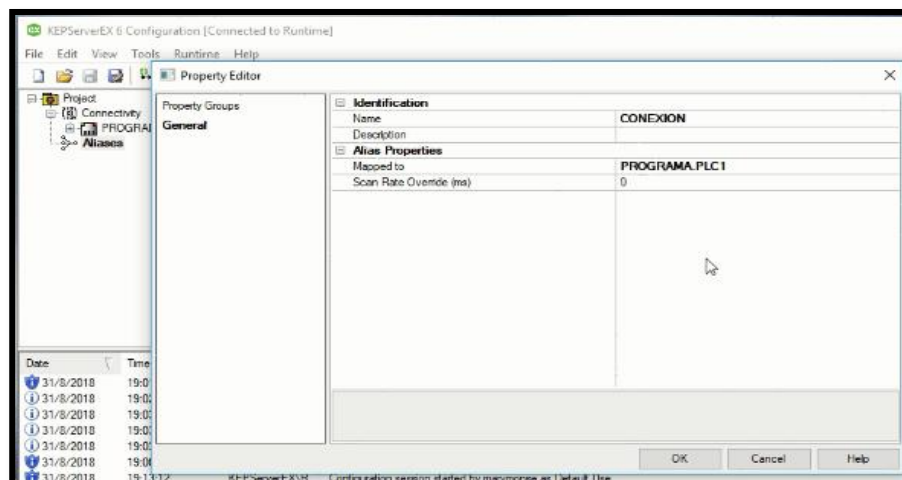


Figura 45: Ingreso del Alias al OPC

### 2.5.9 Configuración de variables del scada

Para poder acceder a programar se necesita configurar dos parámetros, para ello se da clic en la opción Special seleccionándose las opciones siguientes:

- Access name
- Tagname Dictionary

Para configuración acces name se debe escribir el alias en la opción Topic name y un nombre en la opción Access, el resto de parámetros no se le realiza cambio y se da clic en ok. Como se muestra en la figura 46.

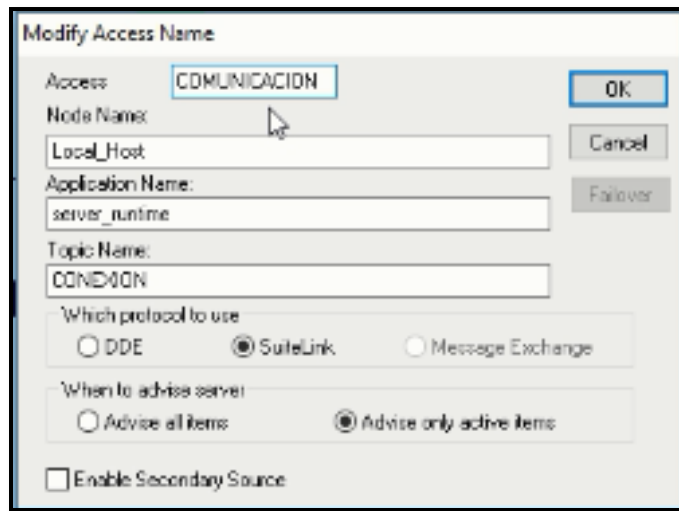


Figura 46: Configuración del topic name en intouch

En la configuración del tagname Dictionary, se ingresa la variable a utilizar, el tipo de la misma, el access Name y la dirección de la variable como se muestra en la figura 47.

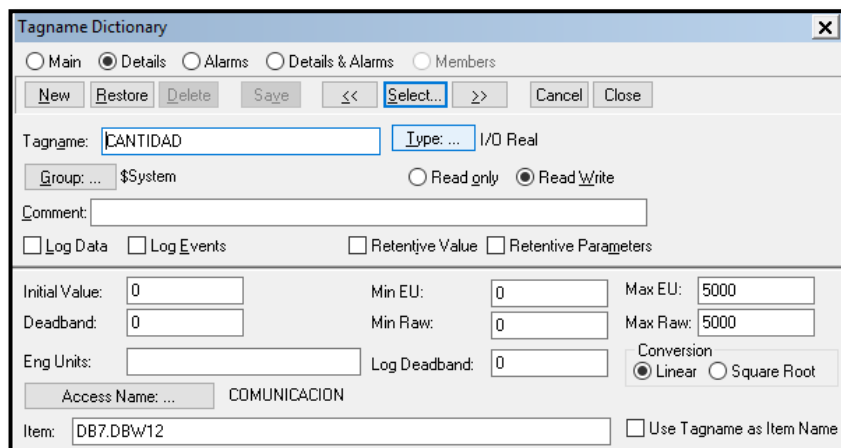


Figura 47: Configuración del Tagname Dictionary en intouch

## 2.5.10 Diseño del sistema scada

El diseño del sistema SCADA de esta propuesta permite tener monitorización de variables, adquisición de datos de sensores y variadores de frecuencia, visualización de alarmas, mando al PLC tales como encendido y apagado de bombas, motor y sistema, además seguridad para acceso a las siguientes pantallas.

### PANTALLA DEL OPERADOR

En figura 48 se puede visualizar que la pantalla está dividida en segmentos de procesos, indicadores, alarmas, historial y seguridad.

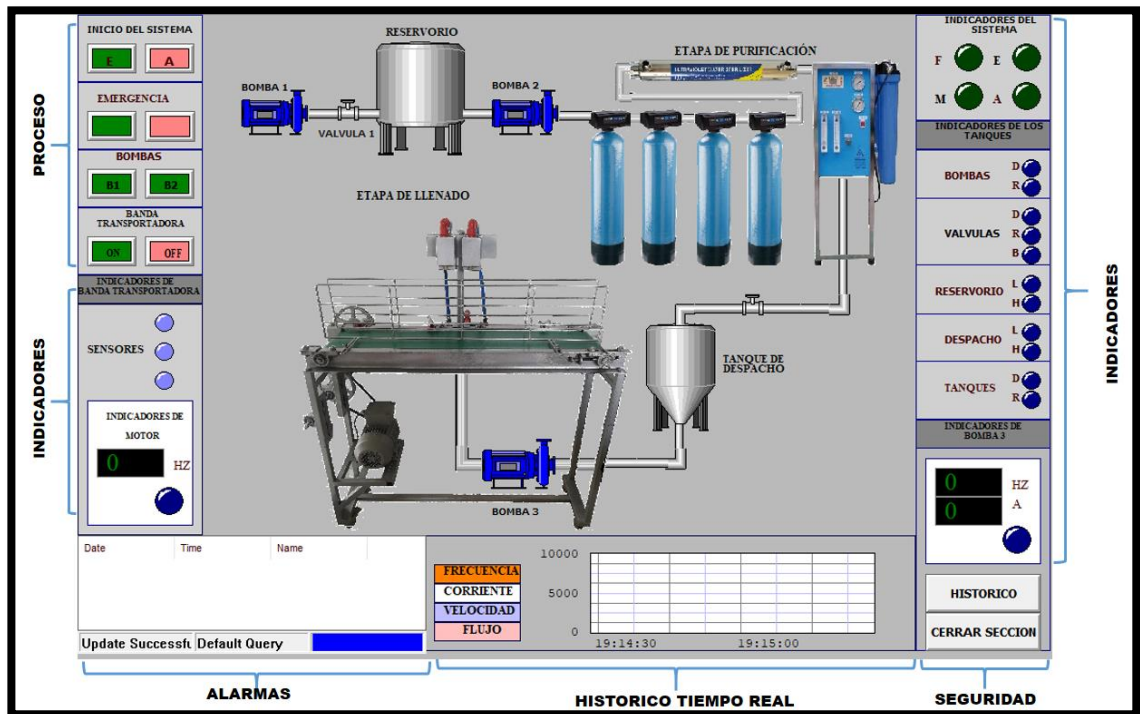


Figura 48: SACDA del operador

La pantalla cuenta de 5 segmentos detallados a continuación:

### PROCESOS

El operador puede manipular los siguientes estados de planta

**Inicio del sistema:** Encendido y apagado de la planta embotelladora

**Emergencia:** Detener la planta por posibles fallos mecánicos o por alarmas.

**Bombas:** Encendido y apagado en modo manual para mantenimiento del equipo.

**Banda Transportadora:** Encendido y apagado del motor en modo manual para mantenimiento del equipo.

## **INDICADORES**

Mediante esta opción el operador puede leer datos en forma real que proporcionan los siguientes equipos:

**Indicadores de tanque:** Proporciona información si están encendido o apagadas las bombas, electroválvulas, y sensores de los tanques

**Sensores de proximidad:** indican si la banda transportadora está encendida o apagada, además de indicar la cantidad de producción de la empresa.

**Indicadores de bomba trifásica:** Lee datos de corriente y frecuencia que proporciona el variador vfd- el.

**Indicadores de módulo sinamics:** Lee datos de consigna de velocidad que proporciona el variador al motor.

## **ALARMAS**

Este segmento permite observar las alarmas del sistema tales como rebose de producto, fallo de sensores, daño de bombas y motor.

## **HISTORIAL**

Presenta dos tipos de historial el histórico ver figura 49 y el historial en tiempo real ver figura 50. La diferencia entre ellos se basa en el almacenamiento de datos, de tal manera que tiempo real solo visualiza la información en el momento que uno monitorea el sistema, mientras que el histórico guarda la información para ser utilizada posteriormente.

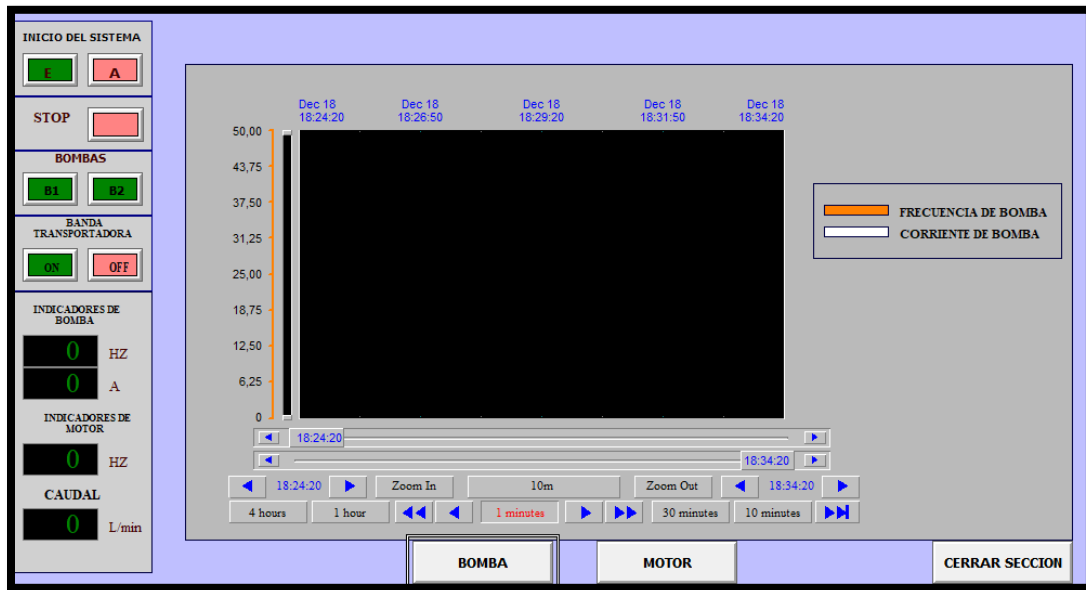


Figura 49: Pantalla del sistema histórico

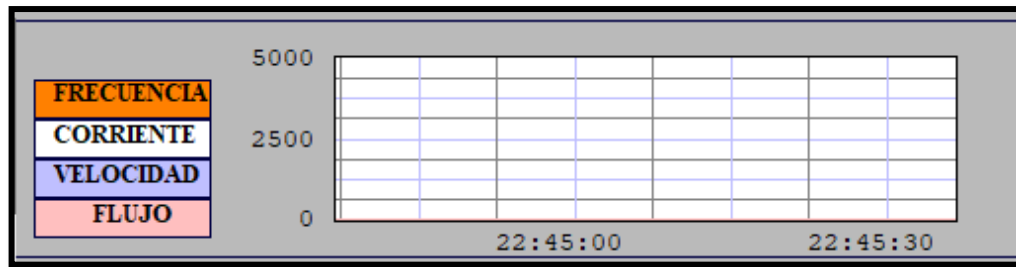


Figura 50: Histórico en tiempo real

## SEGURIDAD

Permite restringir el acceso de personal no autorizado a la planta ver figura 51. Solo existe el acceso a dos personas el operador y el supervisor donde sus claves son 12345. 12346 respectivamente. Si el usuario olvida su contraseña podrá ingresar mediante su pin de acceso.



Figura 51: Pantalla de acceso al usuario

## PANTALLA DE SUPERVISOR

El supervisor es el encargado de la producción de la planta, por ende, visualiza indicadores referentes a los niveles de líquido en los tanques, cantidad de botellas producidas, litros producidos, e ingresa la meta a alcanzar. Puede visualizar el estado de encendido, apagado y emergencia del sistema. ver figura 52.

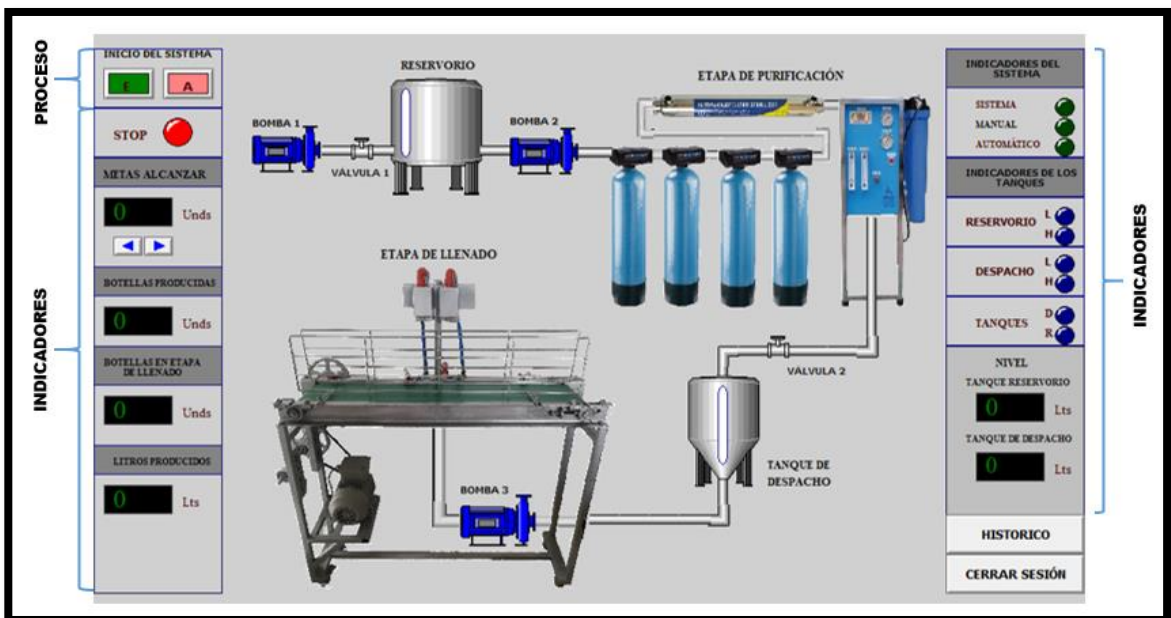


Figura 52: SACDA del supervisor



## 2.5.11 Grabación de imagen y configuración del iot 2040

Para configurar este equipo industrial por primera vez, se debe realizar una serie de pasos que se detallan a continuación:

### Instalación de imagen en la tarjeta de memoria

Descargar la imagen que proporciona siemens en su página web, para la comunicación del equipo industrial mediante una tarjeta sd-card, basada en el sistema operativo yocto linux. Para ello, se registra en el foro siemens del dispositivo simatic iot 2000 ver figura 53, donde se encuentra la última versión disponible.

Link de descarga:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741799/imagen-ejemplo-para-la-sd-card-de-un-simatic-iot2000?dti=0&lc=es-AR>



Figura 53: Página de siemens / imagen a instalar

La imagen descarga en un archivo winrar, se extrae la imagen y se procede a quemarla con el programa Win32DiskImager versión ver figura 54, para ello seleccionamos la imagen, la letra que representa a la tarjeta sd card y damos clic en write, terminado el proceso damos clic en ok.

Link de descarga: <https://sourceforge.net/projects/win32diskimager/>

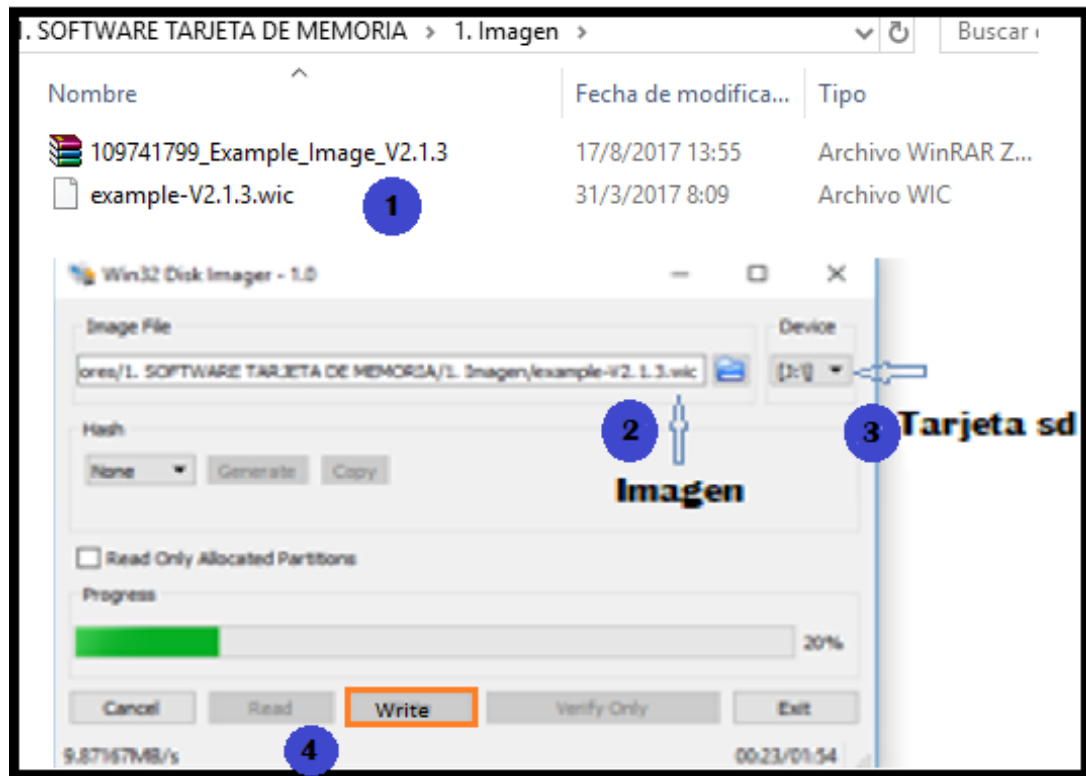


Figura 54: Quemar imagen en la tarjeta sd card

Una vez quemada la imagen, se retira la tarjeta y se procede a insertarla en el simatic iot 2040 como muestra la figura 55. Luego se conectar mediante una fuente de voltaje entre el rango de 5V a 24V, además se debe conectar en puerto X1 un cable Ethernet para la comunicación en red con el computador, se espera unos minutos que inicialice la tarjeta y el dispositivo está listo para configurar.



Figura 55: Conexiones del simati

## Configuración del simatic iot 2040 mediante el software putty

Para iniciar en red con el dispositivo se debe asignar al computador una dirección ip que este en rango 192.168.200.2 a 192.168.200.254 con mascara de subred 255.255.255.0, debido que la ip por defecto que proporciona el simatic iot 2040 es 192.168.200.1, ver figura 56.

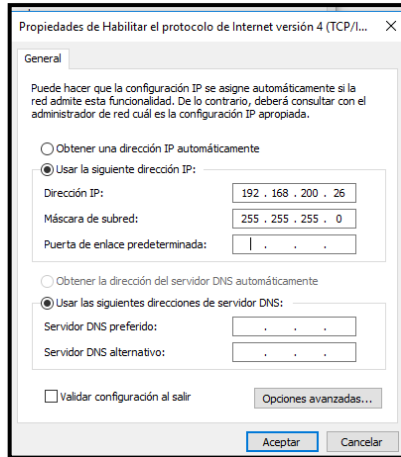


Figura 56: Cambio de dirección ip al computador

Una vez estén red los dispositivos, se configura el simatic mediante el programa putty y se escribe la dirección IP por defecto que trae el dispositivo simatic iot 2040 (192.168.200.1) y se da clic en aceptar, ver figura 57.

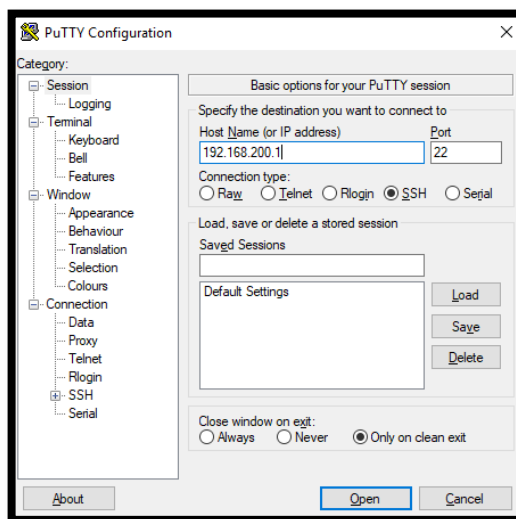


Figura 57: Ingreso al programa Putty

Para ingresar nos pide usuario y la contraseña, colocando en **login as: root** y **password** por defecto no se ingresa, hasta que el usuario le asigne si así lo desea. una vez que iniciamos sesión procedemos a cambiar los parámetros con el comando **iotsetup2000**, para agregar el dispositivo a red local se le asigna la dirección 192.168.0.200, ver figura 58.

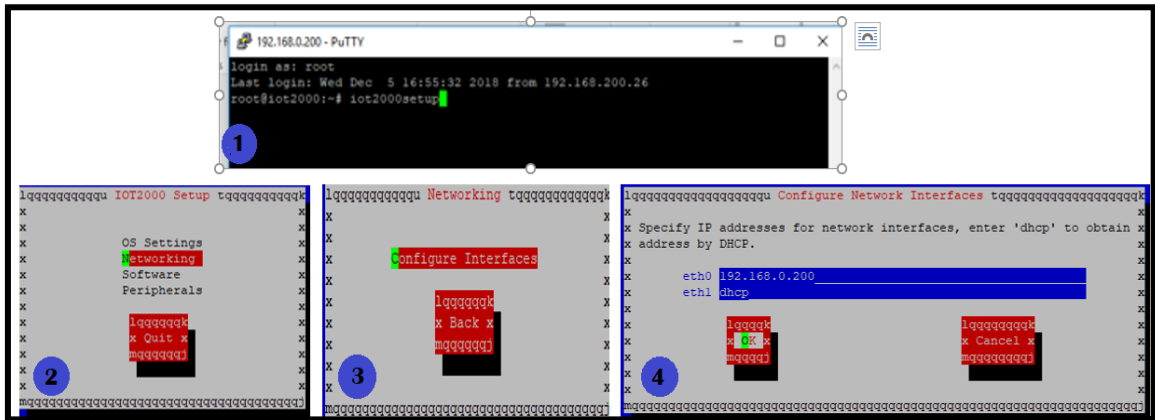


Figura 58: Configuración de la dirección ip del simatic

El último paso para terminar con la configuración es colocar el computador a red local asignándole la dirección ip 192.168.0.26. El simatic está listo para usarse con el programa node-red.

### 2.5.12 Programación en node-red

Para Inicializar el programa node-red se utiliza el comando **#node /usr/lib/node\_modules/node-red/red &** se espera unos minutos y el programa está listo para ser utilizado, figura 59. Esta opción se la realiza cada vez que iniciemos sesión por el motivo que se debe levantar el servidor, debido que el simatic cumple las funciones básicas de un servidor. Por ende, sin ejecutar este comando los servicios del iot permanecerán caídos y no se tendría acceso a las aplicaciones instaladas.

```
login as: root
root@iot2000:~# node /usr/lib/node_modules/node-red/red &
[1] 918
root@iot2000:~# 5 Dec 19:25:21 - [info]

Welcome to Node-RED
=====

5 Dec 19:25:22 - [info] Node-RED version: v0.16.2
5 Dec 19:25:22 - [info] Node.js version: v6.12.3
5 Dec 19:25:22 - [info] Linux 4.4.105-cip15 ia32 LE
5 Dec 19:25:36 - [info] Loading palette nodes
5 Dec 19:26:29 - [info] Dashboard version 2.3.11 started at /ui
5 Dec 19:26:31 - [warn] -----
5 Dec 19:26:31 - [warn] [rpi-gpio] Info : Ignoring Raspberry Pi specific node
5 Dec 19:26:31 - [warn] -----
5 Dec 19:26:31 - [info] Settings file : /home/root/.node-red/settings.js
5 Dec 19:26:31 - [info] User directory : /home/root/.node-red
5 Dec 19:26:31 - [info] Flows file : /home/root/.node-red/flows_iot2000.json
5 Dec 19:26:31 - [info] Creating new flow file
5 Dec 19:26:32 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
5 Dec 19:26:32 - [info] Starting flows
5 Dec 19:26:32 - [info] Started flows
```

Figura 59: Inicialización de node-red

Para abrir node red se debe ingresar a un navegador con esta dirección 192.168.0.200:1880 y se observara los nodos con los que cuenta este programa, observar figura 60.

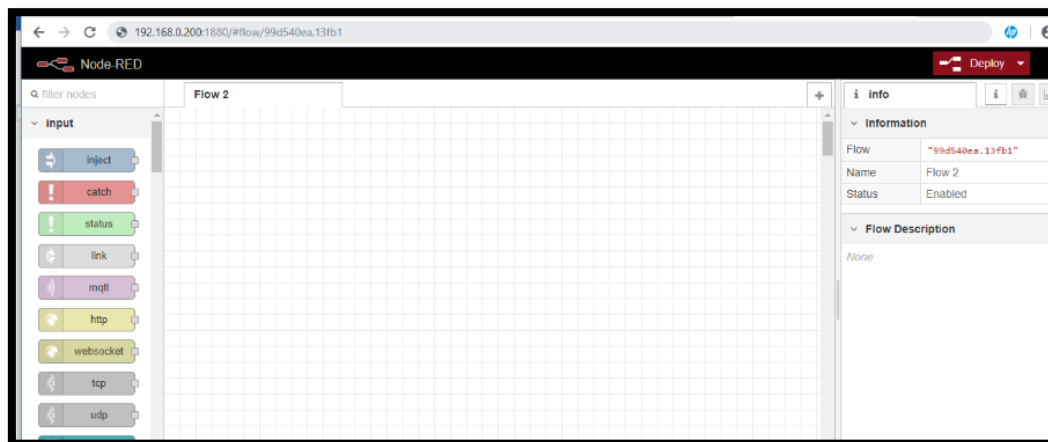


Figura 60: Software node-red

El programa node red trae nodos básicos, pero como se recibirá información de un PLC con protocolo de comunicación s7, se debe instalar el nodo s7 con se observa en la figura 61. Una vez instalado se reinicia el programa y listo para empezar a programar.



Figura 61: Instalación del node s7

Para obtener los datos del prototipo de llenado de agua procedemos a configurar los nodos que se detallan a continuación:

### Configuración del nodo de entrada s7

Este es el nodo más importante, debido que es por donde ingresa la información del PLC encargado del proceso de llenado de agua. Para ello ingresamos la dirección ip del equipo. Además, podemos modificar el tiempo de que demora en recibir un dato, ver figura 62.

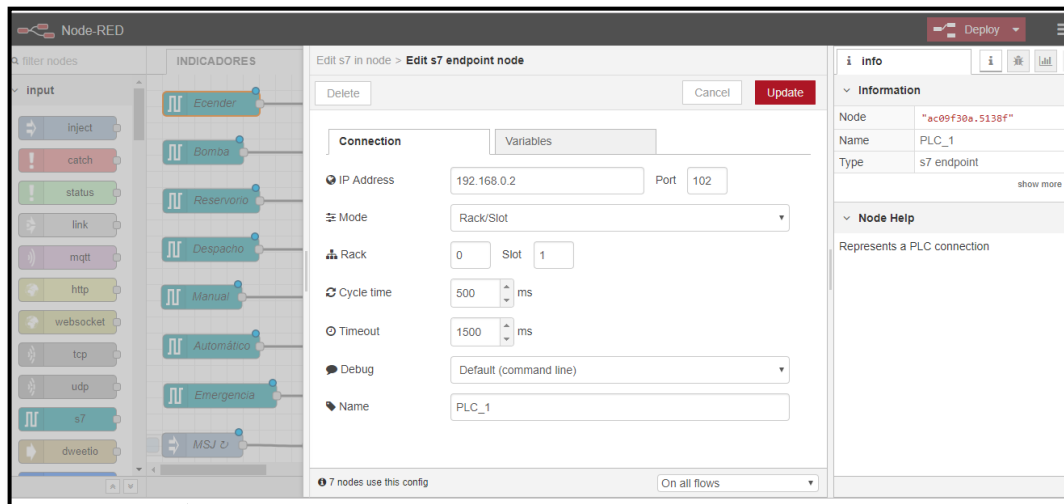


Figura 62: Configuración del nodo s7

Además, en este nodo se debe ingresar las variables a utilizar con la dirección exacta del almacenamiento en software Tia portal. En la figura 63 se muestra un ejemplo de las variables utilizadas.

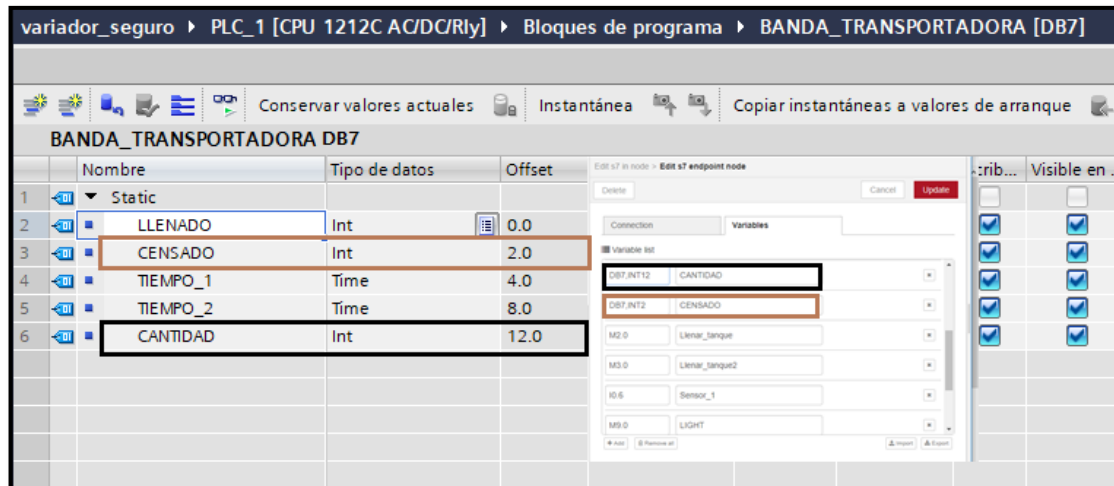


Figura 63: Configuración de variables

### Configuración del nodo function

Este nodo tiene 2 funcionalidades en el programa la primera adquirir constantemente datos en un tiempo de 1500ms. La segunda, permite almacenar variables globales con estructura de datos ver figura 64, a las que se puede acceder con el nombre de la clase que las contiene seguido de un punto, el lenguaje de programación utilizado es javascript. Las variables globales utilizadas se muestran a continuación:

Botellas Producidas: **CEN**

Meta del día: **CAN**

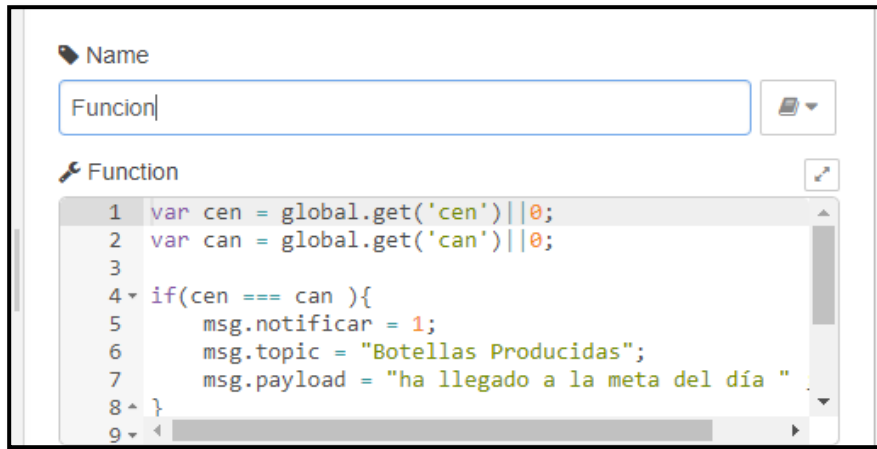
```

Function
1 global.set('cen', msg.payload);
2 return msg;

```

Figura 64: Almacenamiento de variable global

La programación realizada en este nodo ver figura 65, permite enviar un Gmail al supervisor cuando ha llenado tantas botellas como indica la meta del día



```
1 var cen = global.get('cen')||0;
2 var can = global.get('can')||0;
3
4 if(cen === can ){
5     msg.notificar = 1;
6     msg.topic = "Botellas Producidas";
7     msg.payload = "ha llegado a la meta del día "
8 }
9
```

Figura 65: Programación en lenguaje javascript

### Configuración del nodo change

Esta opción permite realizar varios cambios de acuerdo a la configuración que se le asigne, pero para este proyecto se escogerá la que se observa en la figura 66, donde nos permite tener acceso a través de opción payload envió de datos a internet.

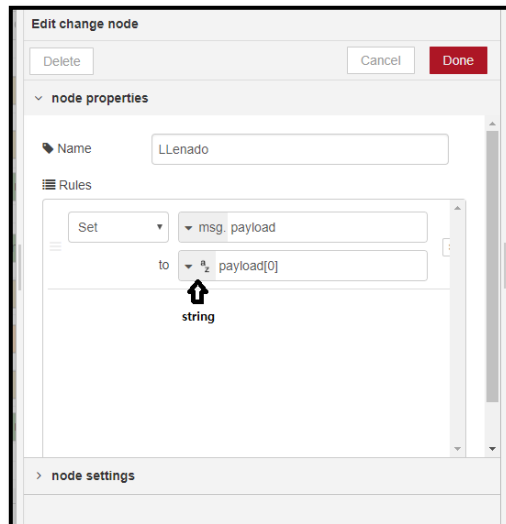


Figura 66: Configuración nodo change



## Configuración del nodo switch

Este nodo se configura para tener opciones de envío mediante una variable string denominada notificar, asignándole dos opciones que son programadas en el nodo function mencionado anteriormente, permitiendo enviar un email y leer datos por la consola del node red. Ver figura 67.

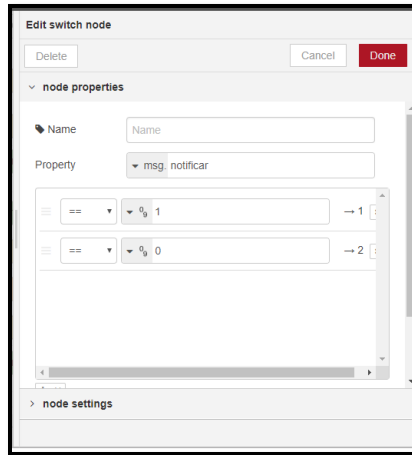


Figura 67: Configuración nodo switch

## Configuración de nodo social email

Se ingresa los datos del gmail del supervisor que es la persona quien recibe y se realiza la transmisión mediante el servidor **smtp.gmail.com** y puerto **465**, la persona que envía debe ingresar cuenta y contraseña, debido que este bloque simula como si estuviera abierto su cuenta electrónica, además ambas cuentas de gmail deben tener activado la opción permitir el acceso de aplicaciones menos seguras, ver figura 68.

**Gmail supervisor:**    iot.msjs@gmail.com

**Clave supervisor:**   123iotmsjs

**Gmail quien envía:**   marymonse19931@live.com

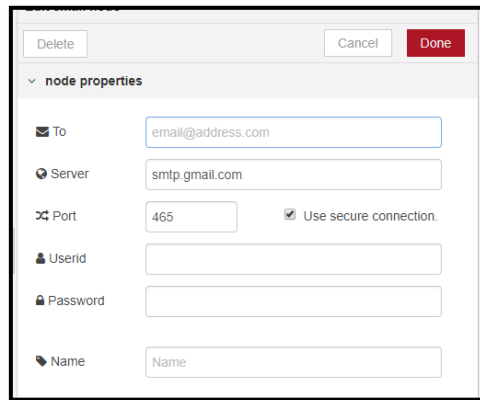


Figura 68: Configuración nodo socio email

### Configuración de nodo dweetio

Para configurar este nodo primero hay que agregarlo, para ello se conecta un cable de Ethernet que proporcione internet al puerto X2 del simatic, luego se escoge en menú y la opción **manage palette**, damos clic en **install** y se busca el nombre del nodo, seleccionando el nodo dweetio, se da clic en **install** se espera unos minutos, reiniciamos el programa y el paquete está instalado correctamente ver figura 69.

Este nodo se utiliza para utilizar una plataforma y poder observar los datos de la planta mediante internet y llevar el control de la misma, la configuración es sencilla solo se debe colocar el mismo nombre de la variable a utilizar.

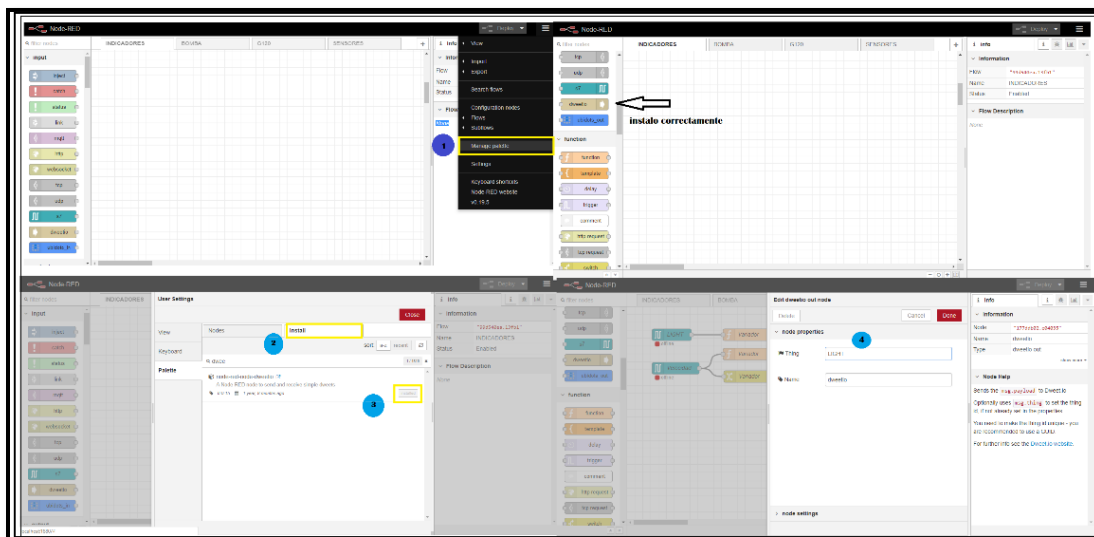


Figura 69: Configuración del nodo dweetio

Con todos estos nodos se procede a programar 4 segmentos para la adquisición de datos

## SEGMENTO 1

El segmento 1 es el encargado de los sensores que controlan las etapas de inicio de banda, llenado de botellas y conteo de las botellas llenas, el cual envía un mensaje al gmail al momento que se ha logrado la meta del día, cantidad que propone el operador, ver figura 70.

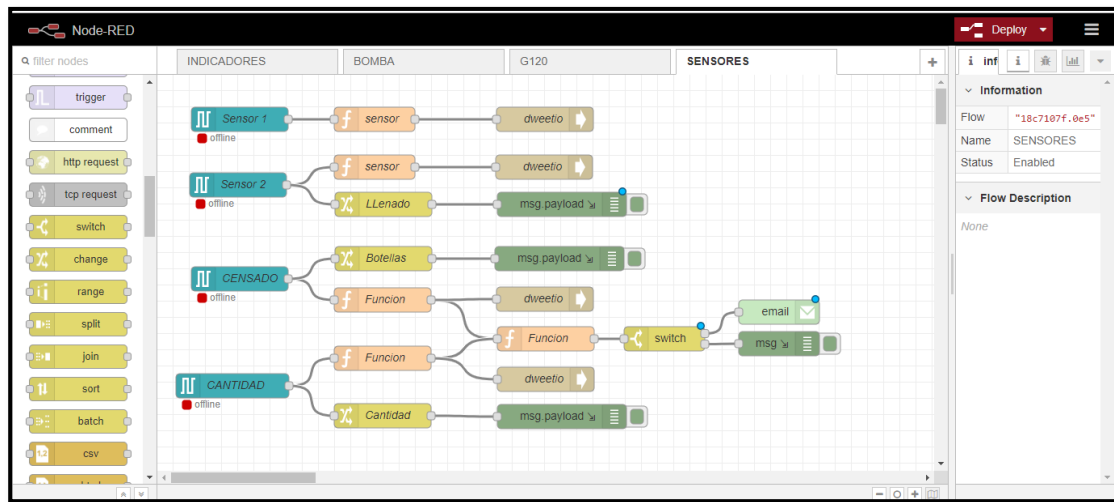


Figura 70: Programación del segmento sensores

## SEGMENTO 2

Se encarga de adquirir valores de frecuencia y corriente del variador VFD-L que controla la bomba trifásica en el proceso de llenado de botellas y enviarlos a través del nodo dweetio a una plataforma para lectura de datos en internet, ver figura 71.

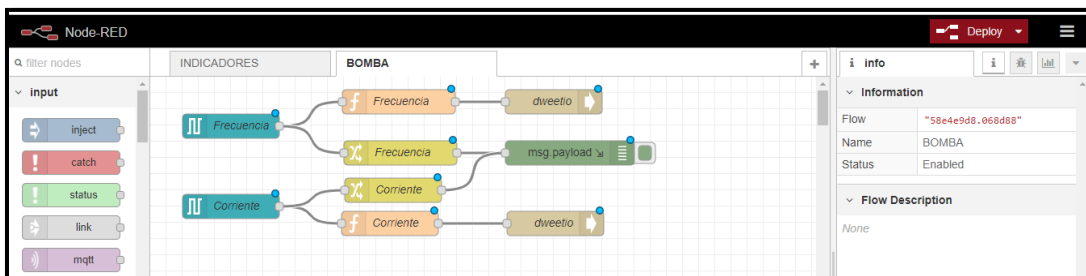


Figura 71: Programación de segmento de bomba trifásica

### SEGMENTO 3

Se encarga de adquirir valores de frecuencia del variador G120 que controla los rpm del motor que controla la banda transportadora, además de verificar si la banda está encendida o apagada, ver figura 72.

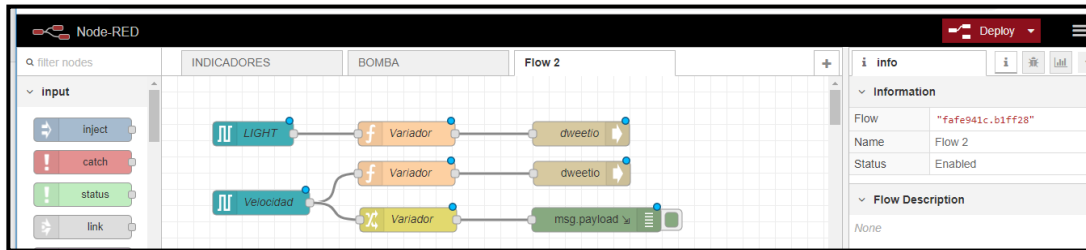


Figura 72: Programación del segmento de motor

### SEGMENTO 4

Este segmento permite ver los indicadores del sistema, el modo de funcionamiento, estado de tanques, fallo de sensor y estado de la bomba, ver figura 73.

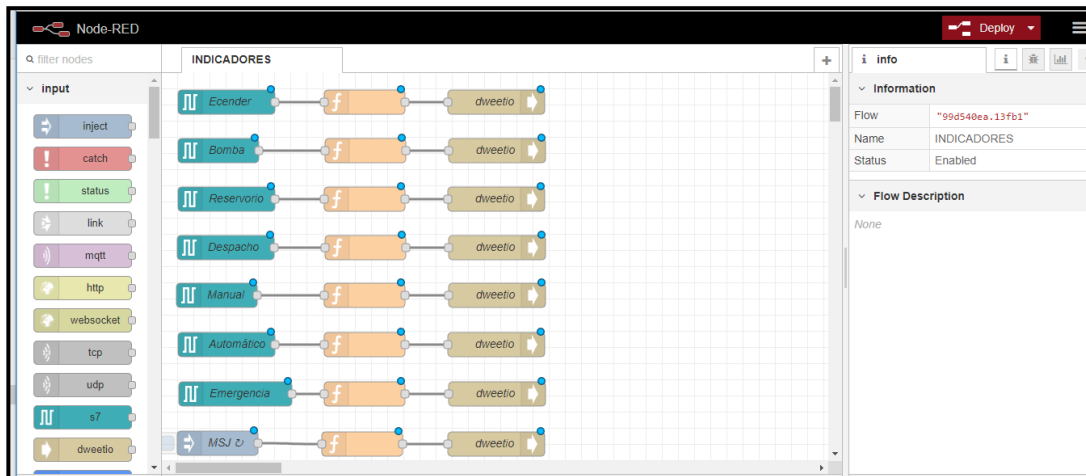


Figura 73: Programación de indicadores del sistema

#### 2.5.13 Configuración de la plataforma freeboard.io

Esta plataforma nos permite proyectar a la empresa a la industria 4.0, utilizando el internet de las cosas, Para acceder el supervisor y operador debe ingresar con la dirección de correos que se detallan a continuación:

SUPERVISOR: [supervisor\\_cuenta@hotmail.com](mailto:supervisor_cuenta@hotmail.com)      PASSWORD: 123supervisor  
OPERADOR: [operario\\_cuenta@hotmail.com](mailto:operario_cuenta@hotmail.com)      PASSWORD: 123operario

Para configurar las pantallas primero se debe agregar las variables en la opción **Data source** y dar clic en **ADD** en la ventana que nos aparece escogemos la opción **dweetio.io** ver figura 74. Damos clic y nos aparece una ventana donde escribiremos en nombre de la variable y thing con el que guardamos en node red en el nodo dweetio. ver figura 75.

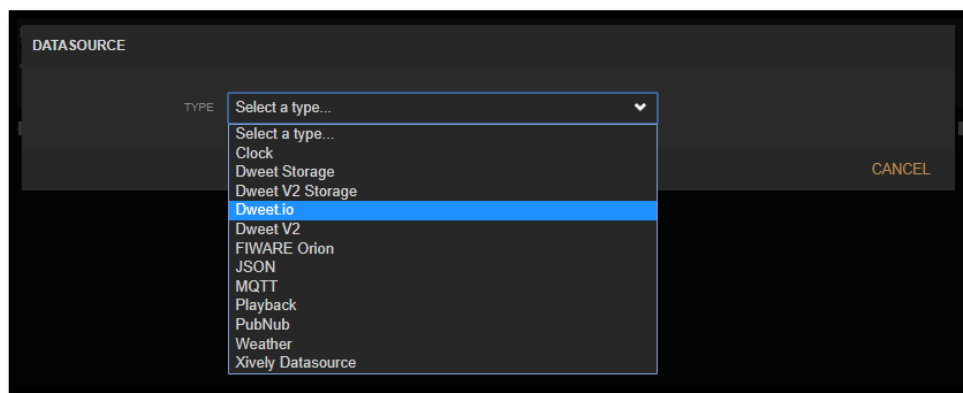


Figura 74: Seleccionar la fuente de datos

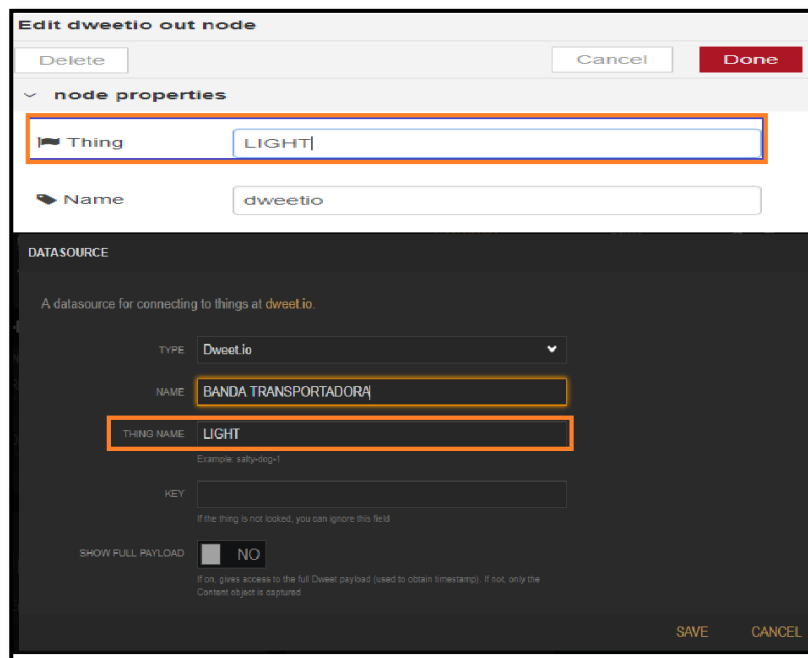


Figura 75: Ingreso de variables a freboard.io

Una vez que ingresamos todas las variables se procede a configurar el dashboard que se requiere en **ADD PANE**, aparece una ventana y le damos clic a la figura en forma de más, donde se selecciona el widget de preferencia ver figura 76. Nos aparece una ventana donde ingresaremos el nombre de la variable dando clic en datasource escogiendo el thing correspondiente y el payload seleccionado en node red con el nodo change. Ver figura 77.

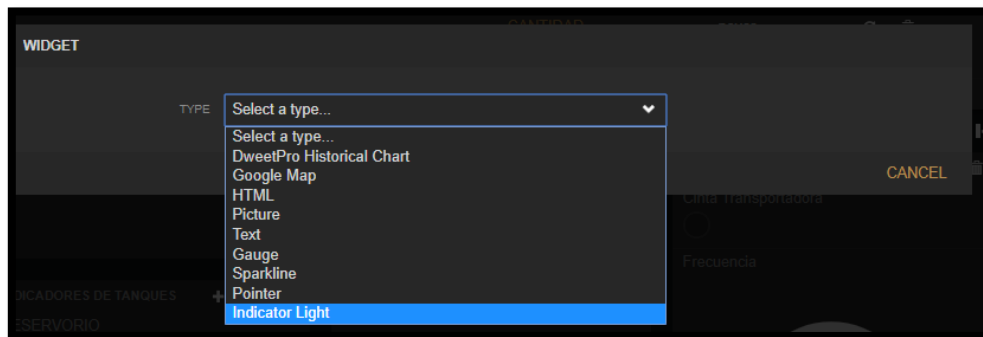


Figura 76: Selección de dashboard

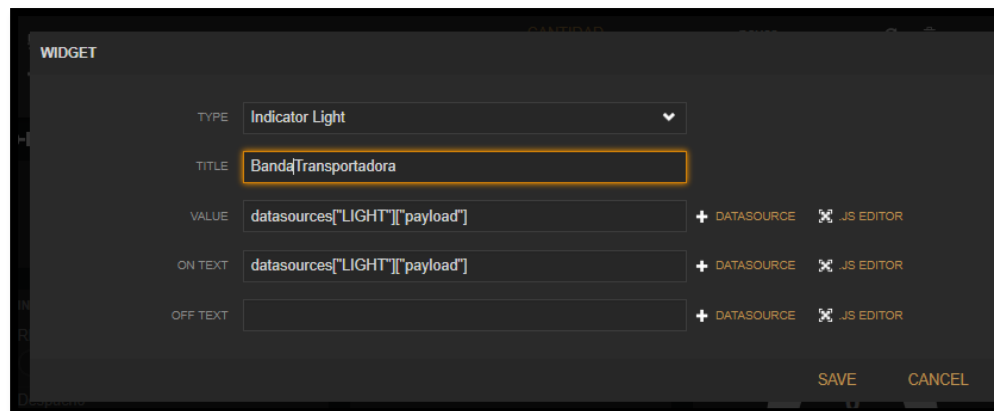


Figura 77: Configuración de la variable en freeboard.io

El freeboard.io consta de dos pantallas una del operador donde puede visualizar los indicadores, lectura del sensor en etapa de llenado, valores corrientes, frecuencia del motor y bomba. Ver figura 78.

la pantalla del supervisor puede controlar la meta del día además de ver la cantidad de botellas producidas, litros producidos, ver indicadores del sistema referente a la banda transportadora. Ver figura 79.

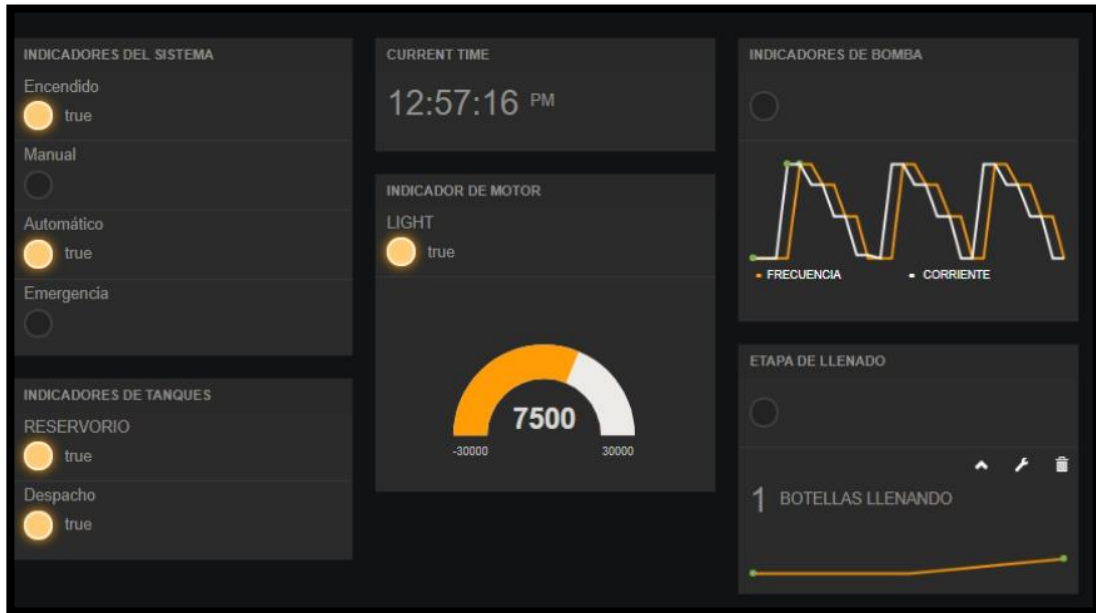


Figura 78: Pantalla del operador en la plataforma freeboard.io



Figura 79: Pantalla del supervisor en la plataforma freeboard.io

## **2.6 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

### **2.6.1 Factibilidad técnica**

Las embotelladoras artesanales de la provincia de Santa Elena no cuentan con equipos de automatización, por ende, no pueden controlar y supervisar los datos del proceso de llenado de botellas, como lo realizan otras empresas. Por este motivo en esta propuesta tecnológica se presenta una solución a este problema, implementado un sistema SCADA que adquiere los datos de un prototipo llenado de botellas, con la finalidad de disminuir los tiempos de producción y como resultado obtener competitividad en el mercado nacional.

Adicionalmente se pretende darle un plus a la embotelladora innovando en la industria 4.0, permitiendo monitorear el proceso desde cualquier punto con acceso a internet, sin necesidad de estar en la planta.

La factibilidad técnica de esta propuesta se basa, en el hardware necesario para la implementación física, y el software encargado de la programación, desarrollo del SCADA, HMI e interfaz remota.

Para la comunicación de equipos industriales se utiliza una red mixta, compuesta de protocolo Ethernet, Modbus RS 485 y comunicación S7, para conectar dispositivos tales como PLC S7 1200, módulo de comunicación CM1241, simatic IOT 2040, sinamics G120, Pantalla HMI, variador VFD-EL y switch. Además, se utilizan elementos complementarios para el prototipo de llenado de botellas tales como motor trifásico, bomba trifásica, válvulas solenoides, sensores de proximidad, botoneras, lámparas de señalización y selectores.

Para la programación se utiliza un controlador lógico programable PLC siemens S7 1200, donde este se elige por las características técnicas mencionadas en la sección de componentes lógicos, realizando la lógica en el software TIA PORTAL.



El sistema SCADA se desarrolla en el software Wonderware a pesar de tener una licencia con un precio elevado a comparación de otros softwares, se la selecciona por tener un tiempo de respuesta de 1 segundos, es decir que tiene buena agilidad operativa, permite el ingreso de 512 variables y permite la conexión entre el PLC a través de un OPC sin tener pérdida de datos.

El OPC a utilizar es KEPServer, este software es líder en el mercado, es económico y nos permite comunicar sin tener fallos porque cuenta con protocolos OPC OLE, DDE permitiendo enviar datos al sistema SCADA.

El monitoreo de los datos se lo realiza a través de la pantalla delta BOES211 de 14 pulgadas, utilizada por su económico precio y nos permite comunicarnos con el SCADA y PLC a través de protocolo de Ethernet.

La visualización de datos en internet se realiza a través de la plataforma libre Freeboard.io, tiene un costo mensual bajo para el almacenamiento de datos, aunque su tiempo de respuesta es de 1 a 10 segundos.

Los equipos industriales, elementos y software mencionados son elementos muy comerciales y de fácil adquisición en el mercado nacional, donde las empresas que los facilitan brindan accesorias e instalación de los mismos.

### **2.6.2 Costo de la propuesta**

Se detalla el costo de equipos industriales, elementos complementarios y licencias de software que se utilizó para el diseño e implementación del sistema scada del proceso de llenado.

## COSTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO
1	SINAMICS G120	778,40
1	SIMATICS IOT 2040	380,00
1	PLC SIEMENS S7 1200 - CPU 1212C AC/DC/RELE.	166,00
1	PANTALLA DELTA DOP-B03E211	333,14
1	MODULO DE COMUNICACIÓN CM1241	154,54
1	PROTOTIPO DE BANDA TRANSPORTADORA	300,00
1	VARIADOR VFD-EL	196,10
1	SWITCH	240,00
	<b>TOTAL</b>	<b>2.548,18</b>

Tabla 13: Costo de equipo industriales

## COSTO DE ELEMENTOS

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO
1	BOMBA TRIFÁSICA	299,81
1	MOTOR TRIFÁSICO	156,87
3	SENSORES DE PROXIMIDAD	90,00
2	VÁLVULAS SELENOIDES	40,00
3	LAMPARAS DE SEÑALIZACIÓN	3,30
3	BOTONERAS	1,20
2	SELECTORES	2,50
	CABLE UTP	7,00
	CABLE ELECTRICO # 12	3,00
	GASTO DE TUBERIAS	2,50
	MANGUERA DE AGUA	1,50
	<b>TOTAL</b>	<b>607,68</b>

Tabla 14: Costo de elementos indispensable para la implementación

## COSTO DE LICENCIAS

DESCRIPCION	COSTO
Licencia del software Kepserver	430,00
Almacenamiento en la nube por un año	360,00
<b>TOTAL</b>	<b>790,00</b>

Tabla 15: Costo de licencias de softwares utilizados

## COSTO FINAL

DESCRIPCION	COSTO
<b>COSTO DE EQUIPOS INDUSTRIALES</b>	2.548,18
<b>COSTO DE ELEMENTOS</b>	607,68
<b>COSTO DE LICENCIAS</b>	790,00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>	1100,00
<b>TOTAL</b>	<b>5.045,86</b>

Tabla 16: Costo de implementación del sistema scada

Con este prototipo se incrementa la producción al doble, considerándose que un sistema artesanal llena por minuto 4 botellas, y el sistema planteado llena 8 botellas por minuto.

## 2.7 PRUEBAS

### 2.7.1 PRUEBAS ENTRE PLC Y KEPSERVER

Se realizan las pruebas de interacción del autómat programable y el sistema SCADA, la primera prueba a realizar es el encendido del sistema de forma virtual a través de la botonera de la pantalla HMI o intouch. Como se observa en la tabla 17 donde los datos obtenidos corresponden al OPC KEPSERVER

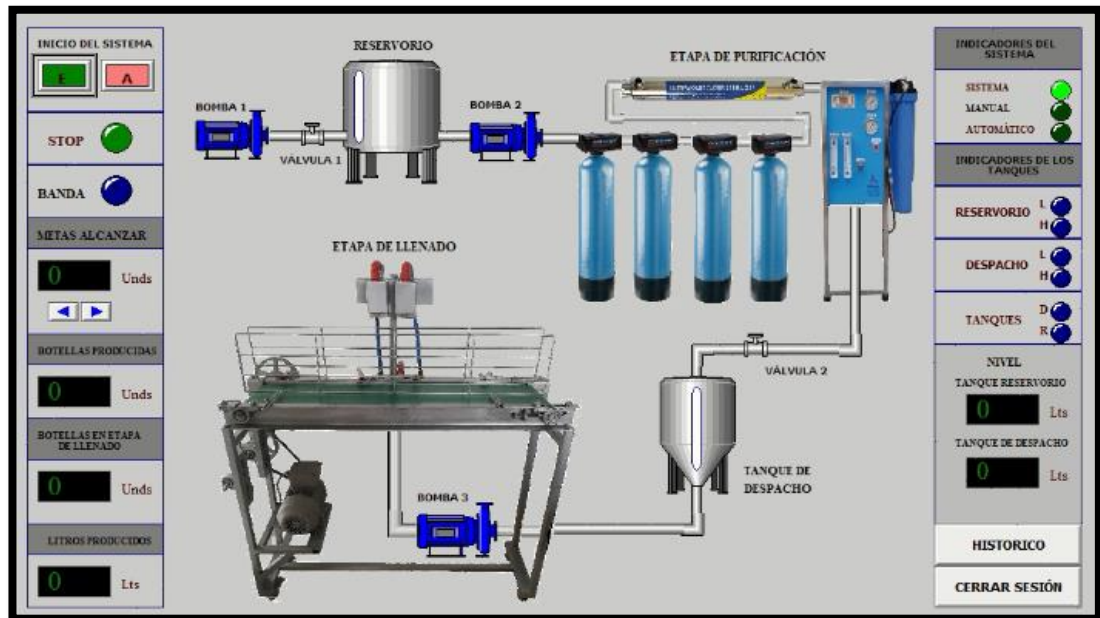


Figura 80: Encendido del sistema mediante el SCADA

## COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y EL SISTEMA SCADA

Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	0	Good	Sensor_bajo1	0	Good
Bomba_2	0	Good	Sensor_bajo2	0	Good
Bomba_3	0	Good	Indicador_Banda	0	Good
Cantidad	0	Good	Botellas llenando	0	Good
Censado	0	Good	Tanque1_lleno	0	Good
Corriente	0	Good	Tanque2_lleno	0	Good
Consigna	0	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	1	Good
Frecuncia	0	Good	Sensor_2	1	Good
Sensor_alto1	0	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	0	Good	Válvulas	0	Good
Indicador_automático	0	Good	Válvula1	0	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	0	Good

Tabla 17: prueba de encendido del sistema entre PLC y kepsserver

La segunda prueba a realizar es el llenado de tanques correspondiente al reservorio y despacho. Considerando que estos son virtuales se simulan en el software dopsoft la detención de los sensores, ver figura 18. El llenado de nivel de los tanques lo realiza el software intouch con variables independientes del sistema.

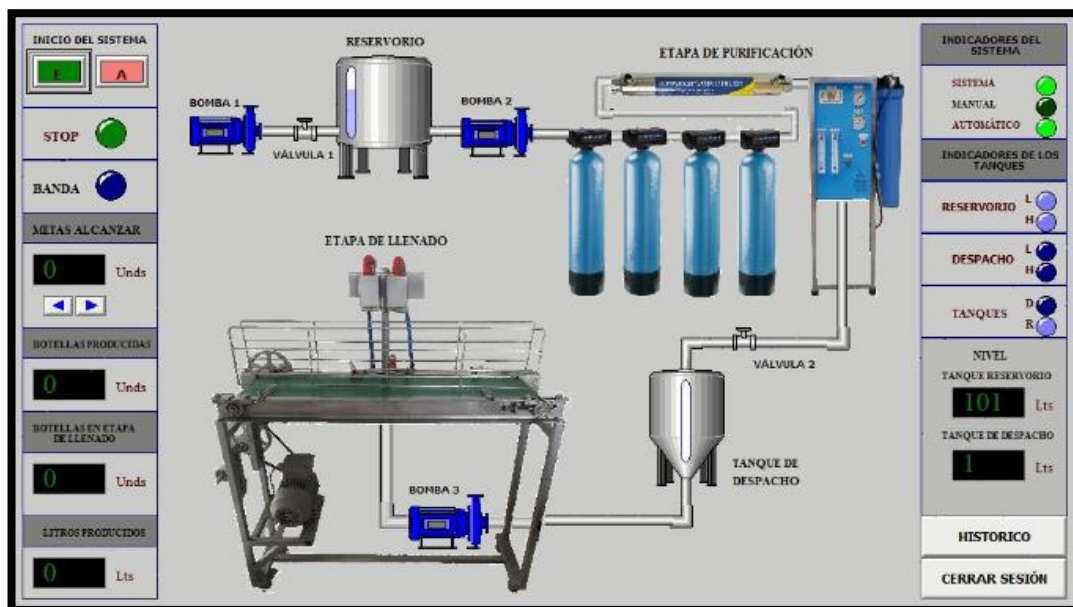


Figura 81: Estado del sistema visualizado en el SCADA

Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	1	Good	Sensor_bajo1	1	Good
Bomba_2	0	Good	Sensor_bajo2	0	Good
Bomba_3	0	Good	Indicador_Banda	0	Good
Cantidad	0	Good	Botellas llenando	0	Good
Censado	0	Good	Tanque1_lleno	0	Good
Corriente	0	Good	Tanque2_lleno	0	Good
Consigna	0	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	1	Good
Frecuencia	0	Good	Sensor_2	1	Good
Sensor_alto1	0	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	0	Good	Válvulas	0	Good
Indicador_automático	1	Good	Válvula1	1	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	0	Good
Tanque_reservorio	0	Good	Tanque_despacho	0	Good

Tabla 18: Prueba de llenado del tanque de reservorio

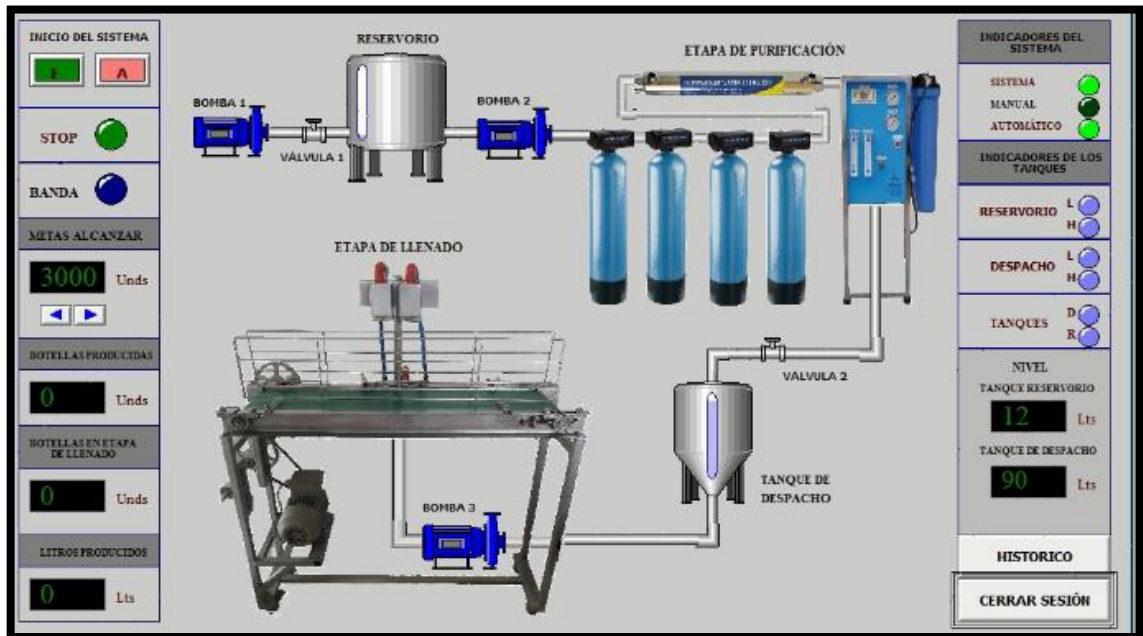


Figura 82: Visualizar variables del sistema mediante el SCADA

Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	0	Good	Sensor_bajo1	1	Good
Bomba_2	1	Good	Sensor_bajo2	1	Good
Bomba_3	0	Good	Indicador_Banda	0	Good
Cantidad	0	Good	Botellas_llenando	0	Good
Censado	0	Good	Tanque1_lleno	1	Good
Corriente	0	Good	Tanque2_lleno	0	Good
Consigna	0	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	1	Good
Frecuencia	0	Good	Sensor_2	1	Good
Sensor_alto1	1	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	0	Good	Válvulas	0	Good
Indicador_automático	1	Good	Válvula1	0	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	1	Good
Tanque_reservorio	150	Good	Tanque_despacho	100	Good

Tabla 19: Prueba de llenado del tanque de llenado

Una vez lleno los tanques se procede a realizar la prueba del llenado de botellas en el prototipo de cinta transportadora ver tablas 20, 21, 22.

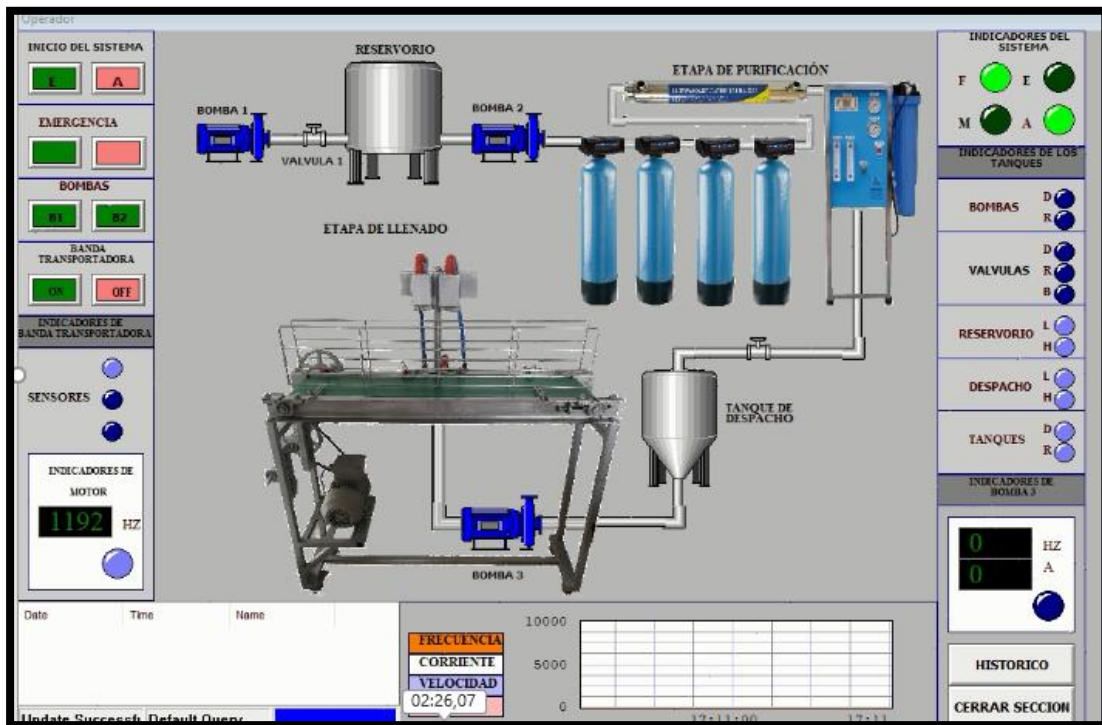


Figura 83: Visualización de llenado de botellas mediante el SCADA



COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y EL SISTEMA SCADA					
Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	0	Good	Sensor_bajo1	1	Good
Bomba_2	0	Good	Sensor_bajo2	1	Good
Bomba_3	0	Good	Indicador_Banda	1	Good
Cantidad	0	Good	Botellas_llenando	0	Good
Censado	3000	Good	Tanque1_lleno	1	Good
Corriente	0	Good	Tanque2_lleno	1	Good
Consigna	7500	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	0	Good
Frecuencia	0	Good	Sensor_2	1	Good
Sensor_alto1	1	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	1	Good	Válvulas	0	Good
Indicador_automático	1	Good	Válvula1	0	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	0	Good

Tabla 20: Prueba del encendido de la banda transportadora

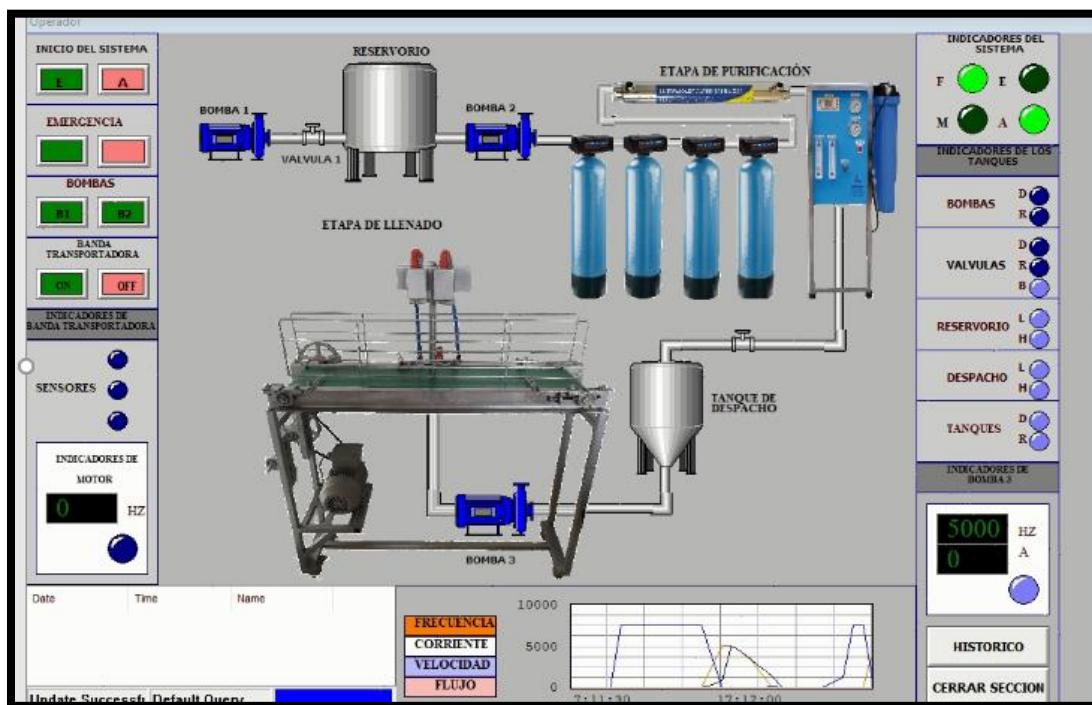


Figura 84: Visualización de variables de los actuadores mediante el SCADA

COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y EL SISTEMA SCADA					
Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	0	Good	Sensor_bajo1	1	Good
Bomba_2	0	Good	Sensor_bajo2	1	Good
Bomba_3	1	Good	Indicador_Banda	0	Good
Cantidad	0	Good	Botellas_llenando	2	Good
Censado	3000	Good	Tanque1_lleno	1	Good
Corriente	5000	Good	Tanque2_lleno	1	Good
Consigna	0	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	1	Good
Frecuencia	5000	Good	Sensor_2	0	Good
Sensor_alto1	1	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	1	Good	Válvulas	1	Good
Indicador_automático	1	Good	Válvula1	0	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	0	Good

Tabla 21: Prueba del llenado de botellas

COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y EL SISTEMA SCADA					
Item ID	Valor	Calidad	Item ID	Valor	Calidad
Apagar	0	Good	Indicador_Encendido	1	Good
Apagar_Banda	0	Good	Indicador_Manual	0	Good
Bomba_1	0	Good	Sensor_bajo1	1	Good
Bomba_2	0	Good	Sensor_bajo2	1	Good
Bomba_3	1	Good	Indicador_Banda	0	Good
Cantidad	3000	Good	Botellas_llenando	0	Good
Censado	3000	Good	Tanque1_lleno	1	Good
Corriente	0	Good	Tanque2_lleno	1	Good
Consigna	0	Good	Prender_sistema	0	Good
Encender_B	0	Good	Reset	0	Good
Emergencia	0	Good	Sensor_1	1	Good
Frecuencia	0	Good	Sensor_2	1	Good
Sensor_alto1	1	Good	Sensor_3	1	Good
Sensor_alto2	1	Good	Válvulas	0	Good
Indicador_automático	1	Good	Válvula1	0	Good
Indicador_emergencia	0	Good	Válvula 2	0	Good

Tabla 22: Prueba de apagar banda transportadora



## Producción vista desde el sistema scada

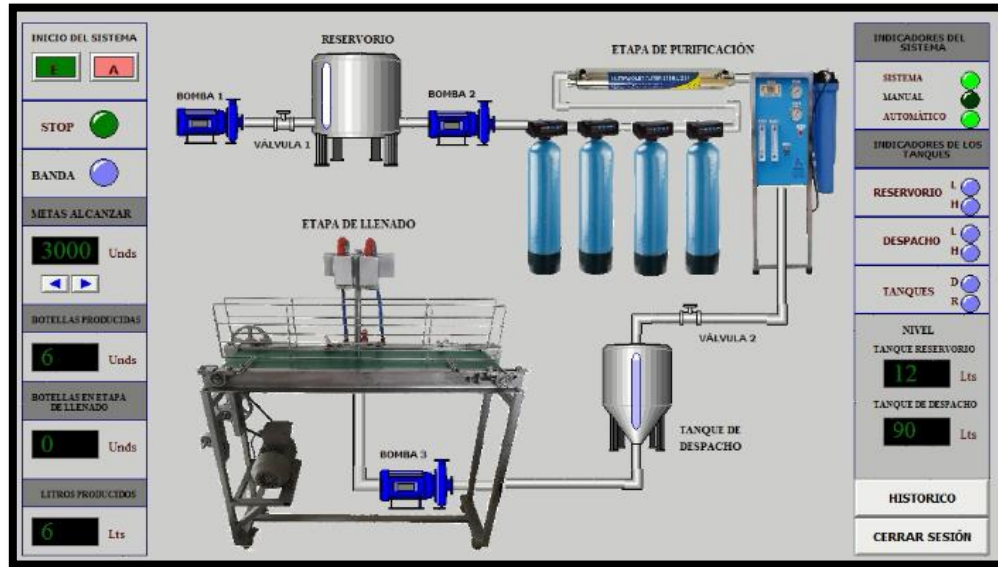


Figura 85: Producción del sistema visualizada desde el SCADA

## 2.7.2 PRUEBAS ENTRE PLC, NODE RED Y FREEBOAR

Prueba del variador de velocidad VFD-EL

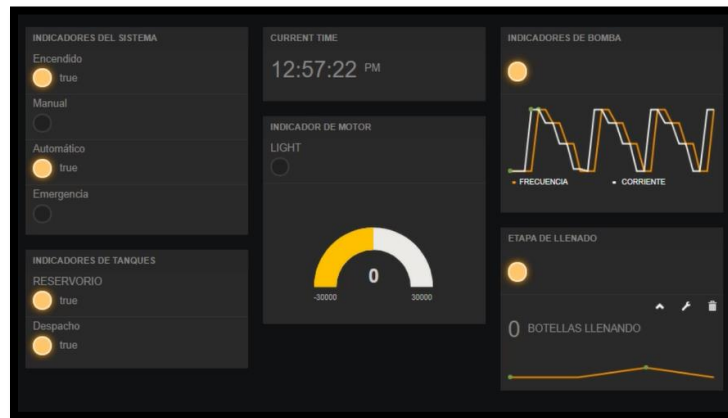


Figura 86: Variables de bomba visualizadas en Freeboard

COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC NODE RED Y FREEBOARD.IO					
VALOR	NODE RED	FREEBOARD.IO	VALOR	NODE RED	FREEBOARD.IO
Prueba 1	2s	11.90seg	Prueba 6	1s	9.05seg
Prueba 2	1.8s	10.67seg	Prueba 7	1.4s	8.49seg
Prueba 3	2s	10.02seg	Prueba 8	1s	8.99seg
Prueba 4	1.7s	9.87seg	Prueba 9	1.5s	7.48seg
Prueba 5	1.2s	9.45 seg	Prueba 10	1.2s	7.90seg

Tabla 23: Prueba de adquisición de datos de frecuencia y corriente de la bomba

## Prueba del variador G120

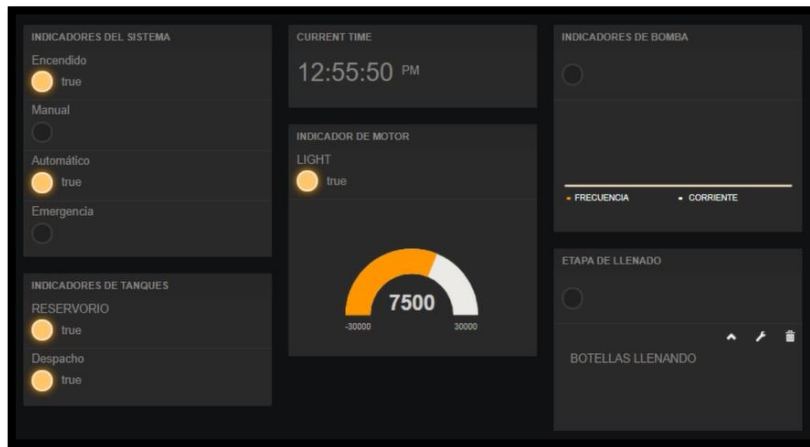


Figura 87: Variables del motor visualizadas en Freeboard

VALOR	NODE RED	FREEBOARD.IO
<b>Prueba 1</b>	2s	11.45seg
<b>Prueba 2</b>	1.7s	10.05seg
<b>Prueba 3</b>	1.2s	9.67seg
<b>Prueba 4</b>	1s	8.07seg

Tabla 24: Prueba de adquisición de datos del motor

## Prueba de lectura de indicadores # 1

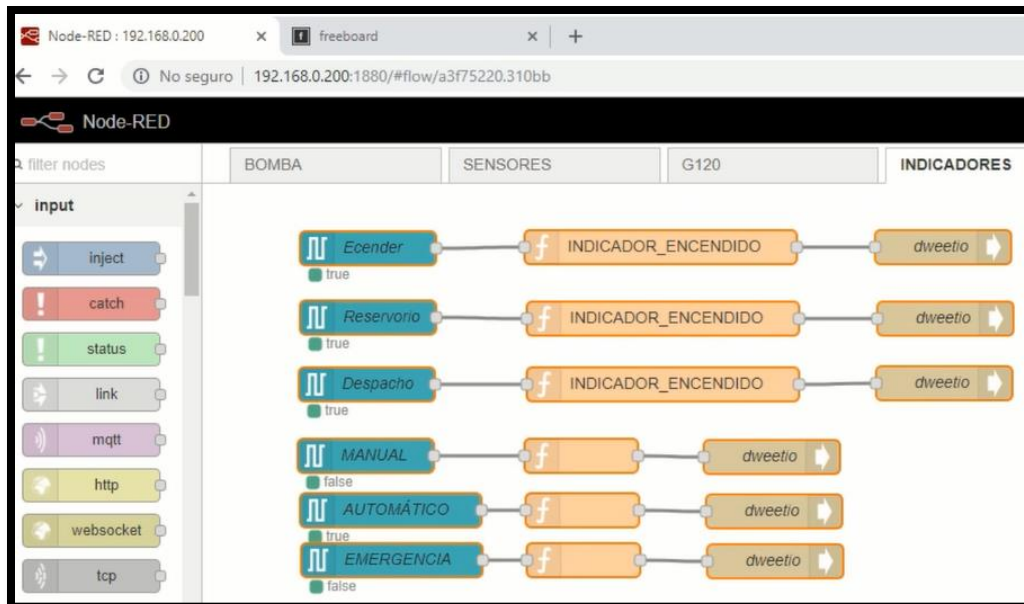


Figura 88: Programación de indicadores mediante Node red

Variable	Node	Freeboard	Variable	Node	Freeboard
Bomba_3	80ms	7.89seg	Ind_automático	78ms	8.10seg
Cantidad	2s	13.78seg	Ind_Encendido	86ms	7.09seg
Censado	1.2s	9.65seg	Indicador_Banda	85ms	5.67seg
Corriente	2s	11.90seg	Botellas_llenando	1.2s	8.35seg
Consigna	1.5s	11.35seg	Tanque1_lleno	90ms	8.25seg
Frecuencia	2s	11.90	Tanque2_lleno	87ms	7.29seg

Tabla 25: Lectura de indicadores del sistema. Prueba 1

## Prueba de lectura de indicadores #2

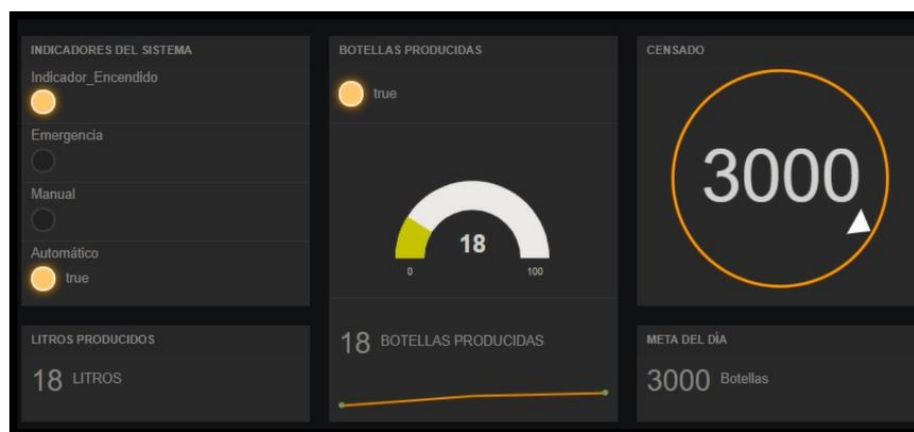


Figura 89: Visualización de variables de producción mediante Freeboard

Variable	Node	Freeboard	Variable	Node	Freeboard
Bomba_3	92ms	6.89seg	Ind_automático	82ms	8.06seg
Cantidad	1.2s	12.7seg	Ind_Encendido	88ms	7.09seg
Censado	1s	8.99seg	Indicador_Banda	94ms	6.89seg
Corriente	1.3s	9.87seg	Botellas_llenando	1.3s	9.01seg
Consigna	1s	7.68seg	Tanque1_lleno	91ms	7.99seg
Frecuencia	1.5s	9.87seg	Tanque2_lleno	89ms	7.09seg

Tabla 26: Lectura de indicadores del sistema. Prueba 2

En las pruebas realizadas se registra el tiempo de transmisión de envío de datos del PLC a la plataforma IOT, considerándose un tiempo de 1 a 10 segundos un tiempo aceptable para la recepción de datos en tiempo real.

### 2.7.3 Prueba de envío de mensaje

N°	TIMES
<b>Prueba 1</b>	15seg
<b>Prueba 2</b>	12seg
<b>Prueba 3</b>	10seg
<b>Prueba 4</b>	11seg

Tabla 27: Prueba de envío de mensaje a Gmail

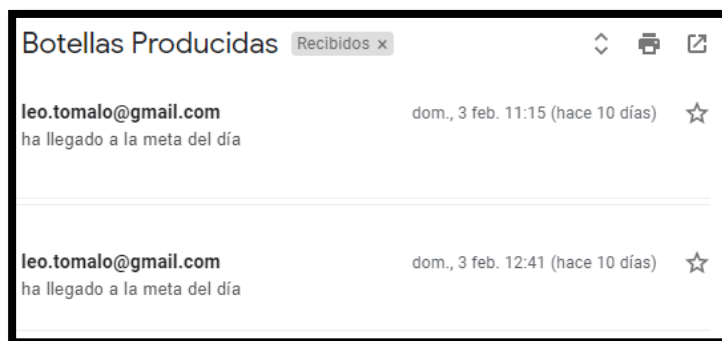


Figura 90: Envío de mensaje al correo electrónico gmail

### 2.7.4 Prueba de llenado de botellas de 1 litro



Figura 91: Medición de niveles de botellas producidas

NIVEL DE BOTELLAS				
N°	Botella 1	Botella 2	Botella 3	Botella 4
<b>Prueba 1</b>	995ml	1000ml	1000ml	1003ml
<b>Prueba 2</b>	1000ml	1000ml	998ml	1005ml
<b>Prueba 3</b>	1000ml	1000ml	998ml	998ml
<b>Prueba 4</b>	1010ml	1010ml	1000ml	1000ml

Tabla 28: Pruebas de control de nivel en llenado de botellas

Margen de error del 2% equivalente a 20ml máximo y mínimo valores varían entre 980ml y 1020ml.

### 2.7.5 Rendimiento de producción

Diseño	N° de envases	Volumen del envase	Tiempo de llenado	Envases en 1 hora	Envases 1 día (6 horas)	Producción Mensual 20 días
<b>Empresa artesanal</b>	2	1000ml	30 seg	240	1.440	28.800
<b>Prototipo diseñado</b>	2	1000ml	10seg	480	2.880	57.600

Tabla 29: Rendimiento de producción del prototipo de llenado de botellas



Figura 92: Prototipo de llenado de botellas

## 2.8 RESULTADOS

- Se realizó la programación del diseño de llenado de botellas en el autómata programable, mediante el lenguaje escalera en el software tia portal, para comunicar el sistema SCADA mediante el OPC KEPServer. Las pruebas realizadas comprueban que las ordenes proporcionadas por el autómata estuvieron acordes con el funcionamiento del sistema.
- Para el control mediante red LAN se implementó un sistema SCADA, que permite leer los datos en tiempo real con un intervalo de 1 a 2 segundos, además almacena información para análisis posteriores, restringe el ingreso de personal no autorizado y el operador puede manipular algunas variables (ingreso de meta del día, encendido de sistema y actuadores).

- Para la monitorización del sistema de llenado de botellas, se diseña una interfaz hombre maquina (HMI) que permite la simulación de los tanques del sistema, el control de alarmas, visualizar indicadores, manipular encendido del sistema y actuadores, teniendo un tiempo de repuesta de 1 segundo.
- Las pruebas realizadas determinan que el prototipo de llenado de botellas permite mejorar el rendimiento de producción de la empresa, llenando en un tiempo de 10 segundos 2 botellas de litro, permitiendo a la embotelladora tener en un minuto 8 botellas producidas con un nivel aceptable en el margen de error del 2%, evitando el rebosamiento del producto. La producción es de 2880 botellas diarias trabajando 6 horas.
- El plus generado a la embotelladora correspondiente a la utilización del SIMATIC IOT 2040, permite visualizar en un punto con acceso internet la plataforma remota que consta de 2 cuentas, registradas para el supervisor y operador, donde el supervisor puede monitorear variables de producción tales como: meta del día, cantidad de botellas producidas, litros producidos, unidades en etapa de llenado e indicador del sistema (encendido, apagado, emergencia, automático y manual), el operador visualiza variables técnicas tales como: corriente y frecuencia de bomba, consigna de velocidad del motor, indicadores del sistema, encendido de banda transportadora, indicadores de tanques y visualización de a hora. El tiempo de transmisión de los datos es de 1 a 10 segundos.

## CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas a la programación del PLC demuestran que existe en el sistema un 0% de pérdida de información entre el prototipo de llenado botellas, el SCADA, HMI y el Node red dando como resultado una comunicación estable.
- Para el acceso a la supervisión, control y adquisición de datos que se realiza en el sistema SCADA, se presenta interrupciones cada 2 horas, provocando pérdidas de datos, debido a la falta de una licencia adecuada para el servidor OPC Kepsver.
- El acceso al monitoreo de la interfaz hombre máquina presenta un 100% de eficiencia en término de trasmisión y recepción de datos. Su tiempo de respuesta es de un segundo, el mismo que no afecta a la ejecución del proceso, por ende, se considera un tiempo aceptable.
- La automatización del prototipo de llenado de botellas mediante el uso de equipos industriales, presenta un 99% de eficiencia con respecto al funcionamiento de los dispositivos, además tiene un tiempo de respuesta aceptable con referencia a la interacción con el PLC permitiendo tener una producción de 8 botellas por minuto.
- La utilización del equipo industrial SIMATIC IOT 2040 permite utilizar el internet de las cosas, de tal manera que se puede monitorear los datos de forma remota en la plataforma freeboard, con un tiempo de respuesta de 1 a 10 segundos. Considerándose un tiempo admisible por el motivo que no se pierde la conexión.

## RECOMENDACIONES

- En el caso de querer implementar esta propuesta se recomienda la adquisición de una licencia autorizada para el funcionamiento de OPC Kepserverex, con el fin de no tener interrupciones en el sistema SCADA.
- Debido que en esta propuesta se utiliza equipos trifásicos, se recomienda en el caso que el sistema tenga una aplicación, utilizar un variador de frecuencia y motor monofásico para bajar costó en equipos industriales. Además, se recomienda instalar un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS), como respaldo de energía.
- Para evitar pérdidas de información entre el equipo simatic IOT 2040 y Node red cuando el equipo se actualiza automáticamente, se recomienda realizar un ping para evitar interrupción durante el acceso remoto.
- Para trabajos futuros que requieran almacenar datos e interactuar entre máquinas mediante la plataforma freeboard, se recomienda adquirir un plan de acuerdo a las necesidades de la empresa y tener un ancho de banda aceptable. De tal manera que se obtenga un tiempo de trasmisión y recepción apropiado para la interacción entre los actuadores y sensores.
- Si el cliente necesita un mejor tiempo de respuesta en la interfaz remota, se recomienda utilizar una plataforma con tiempo de respuesta comprendidos entre 1 segundo tales como IBM Cloud, o la que proporciona siemens MindSphere, considerando que los costó son más elevados, pero el tiempo de producción es el recomendado



## BIBLIOGRAFÍA

- AG, S. (Noviembre de 2009). Controlador Programable S7-1200. Manual de usuario. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/s71200-manual%20del%20sistema.pdf>
- Alonso, J. L. (2013). Montaje y puesta en marcha de sistemas robóticos y sistemas de visión, en bienes de equipo y maquinaria industrial. fme0208. IC Editorial. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=Up0Wxh86N28C&pg=PT168&dq=sistemas+scada&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi4m4Cq3-bfahukpffkharuag4q6aeirtaf#v=onepage&q=sistemas%20scada&f=false>
- Alvarado, E. S. (15 de 11 de 2015). scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/288899273/sistema-de-embotellado>
- AntoninGavlas, J. J. (2018). Possibilities of transfer process data from PLC to Cloud platforms based on IoT. ScienceDirect, 156-161. doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318308905?via%3Dihub>
- Consuegra, L. A. (Marzo de 2015). Diseño e implementación de un prototipo de un sistema de automatización de llenado y distribución de botellas. Guayaquil, Guayas, Ecuador. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10435/1/UPS-GT001526.pdf>
- Corrales, L. (2007). interfaces de comunicación industrial. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/parte%202.pdf>
- Delta electronics, I. (Noviembre de 2007). vfd-el manual de usuario. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de <https://mecmod.com/pdf/delta-vfd-e.pdf>
- Escudero, A. T. (12 de Febrero de 2018). puesta en marcha de un sistema. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/26011/Trabajo%20de%20fin%20de%20grado3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Incibe. (6 de Febrero de 2017). Características y seguridad en Profinet. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>
- Infaimon. (13 de 12 de 2017). Revolución artificial . Qué es y qué aporta la Revolución Industrial 4.0.

- Infaimon. (2 de Abril de 2018). Que es la industria 4.0. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de <https://blog.infaimon.com/que-es-la-industria-4-0/>
- José Velasquez Costa, J. G. (2017). José Velásquez, Costa Juber, Gonzales Prado doctor en Gestión empresarial, docente de Ingeniería Industrial, email: jose.velasQuezc@urp.pe.lumno de la escuela de Ingeniería Industrial. email: juber.gonzales@urp.edu.perecibido: 02/05/2017 aceptad. red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. doi:DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13505>
- LinkLabs. (3 de Agosto de 2016). Plataformas IoT: Qué son y cómo seleccionar una. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de <https://www.link-labs.com/blog/what-is-an-iot-platform>.
- Mario Cruz Vega, P. O. (2015). Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada: Internet of things. EOI Esc.Organiz.Industrial. Recuperado el 2 de Enero de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=ujradwaaqbaj&printsec=frontcover&dq=aplicaciones+del+internet+de+las+cosas+en+la+industria&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjgmVtpw-ffahuic98khtibdkwq6aeikdaa#v=onepage&q=aplicaciones%20del%20internet%20de%20las%20cosas%20en%20la>
- Mateos, F. (Noviembre de 2004). automatatas programables vision general. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <http://isa.uniovi.es/docencia/IngdeAutom/transparencias/PLC-Gral-2.pdf>
- Rodríguez, T. C. (s.f.). Embotelladoras. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/55C1539B41E9E38BC1256F250063FA82?Opendocument>
- Siemens. (2018). Simatic iot2040. La pasarela inteligente para las soluciones de IoT industrial. Recuperado el 12 de Enero de 2019, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/pc\\_industriales/pages/simatic-iot2040.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/pc_industriales/pages/simatic-iot2040.aspx)
- Sienmens. (Julio de 2015). Convertidores de baja tension sinamics g120. Recuperado el 16 de Enero de 2019, de [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/830/109478830/att\\_861662/v1/G120C\\_BA7\\_0715\\_PI\\_esp.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/830/109478830/att_861662/v1/G120C_BA7_0715_PI_esp.pdf)
- Vicente Guerrero Jimenez, R. Y. (2012). Comunicaciones Industriales Siemens. Marcombo. Recuperado el 11 de Enero de 2019, de <https://books.google.com.ec/books?id=fpcvcodca8ic&pg=pt622&dq=comunicacion+s7&hl=es&sa=x&ved=0ahukewjppqgeroffahxouvkkhemucceq6aeikdaa#v=onepage&q=comunicacion%20s7&f=false>

## ANEXOS

### ANEXO 1: SISTEMA SCADA

#### PROGRAMCIÓN DE LOS TANQUES

```
IF USUARIO=="OPERADOR" AND CONTRASEÑA=="12345" AND SESION == 1 THEN
Show "Operador";
SESION=0;
CODIGO=0;
USUARIO="";
CONTRASEÑA="";
ELSE IF USUARIO=="OPERADOR" AND CONTRASEÑA <> "12345" AND SESION == 1 THEN
CODIGO=1;
ENDIF;
ENDIF;

IF USUARIO=="OPERADOR" AND CONTRASEÑA <> "12345" AND COD_ASIG=="765" AND SESION == 1 THEN
Show "Operador";
SESION =0;
CODIGO=0;
COD_ASIG="";
USUARIO="";
CONTRASEÑA="";
ENDIF;

IF USUARIO=="SUPERVISOR" AND CONTRASEÑA=="12346" AND SESION == 1 THEN
Show "Supervisor";
SESION=0;
CODIGO=0;
USUARIO="";
CONTRASEÑA="";
ELSE IF USUARIO=="SUPERVISOR" AND CONTRASEÑA <> "12346" AND SESION == 1 THEN
CODIGO=1;
ENDIF;
ENDIF;

IF USUARIO=="SUPERVISOR" AND CONTRASEÑA <> "12346" AND COD_ASIG=="789" AND SESION == 1 THEN
Show "Supervisor";
SESION =0;
CODIGO=0;
COD_ASIG="";
USUARIO="";
CONTRASEÑA="";
```

#### CONFIGURACIÓN DE USUARIO Y CONTRASEÑA

```
IF BOMBA_1 ==1 THEN
T_RESERVORIO = T_RESERVORIO+1;
IF T_RESERVORIO >=150 THEN
T_RESERVORIO = 150;
ENDIF;
ENDIF;

IF INDICADOR_AUTOMATICO==1 AND H_L1 ==0 THEN
T_RESERVORIO = T_RESERVORIO+2;
IF T_RESERVORIO >=150 THEN
T_RESERVORIO = 150;
ENDIF;
ENDIF;

IF INDICADOR_AUTOMATICO==1 AND L_L1==1 AND H_L2==0 AND LLENAR_TANQUE AND T_RESERVORIO >=10 THEN
T_RESERVORIO = T_RESERVORIO - 1;

T_DESPACHO=T_DESPACHO+1;
IF T_DESPACHO >=100 THEN
T_DESPACHO = 100;
ENDIF;
ENDIF;

IF BOMBA_2 ==1 AND T_RESERVORIO >=10 THEN
T_RESERVORIO = T_RESERVORIO - 1;
T_DESPACHO = T_DESPACHO +1;
ENDIF;
```

## ANEXO 2: PROGRAMACIÓN HMI

### PROGRAMACIÓN DEL TANQUE DE RESERVORIO

```
If {EtherLink1}2@M2.2==ON
  $11= $11+2
  $8 = $11
  If $11>=150
    $8 = 150
  endif
EndIf

If {EtherLink1}2@M1.1==ON
  If {EtherLink1}2@M2.5==OFF
    $11= $11+2
    $8 = $11
    If $11>=150
      $8 = 150
    endif
  ELSE
    $8 = $11
  EndIf
EndIf
```

### PROGRAMACIÓN DEL TANQUE DE DESPACHO

```
IF {EtherLink1}2@M3.2==ON
  IF $11 > 10
    $11= $11-1
    $12= $12+1
    $8 = $11
    $9 = $12
  ENDIF
ENDIF

If {EtherLink1}2@M1.1==ON
  If {EtherLink1}2@M2.0==ON
    If {EtherLink1}2@M2.3==ON
      If {EtherLink1}2@M3.5==Off
        IF $11 > 10
          $11= $11-1
          $12= $12+1
          $8 = $11
          $9 = $12
          IF $12 >= 100
            $9 = 100
          ENDIF
        ENDIF
      ENDIF
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF
```

```
EndIf
EndIf

If {EtherLink1}2@M8.2==ON
    $12= $12-1
    $9 = $12
EndIf
```

### ANEXO 3: NIVEL DE BOTELLAS DE DIFERENTES MARCAS



## ANEXO 4: NIVEL DE BOTELLAS PRODUCIDAS



## ANEXO 5: VARIABLES DEL OPC KEPSERVER

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
APAGAR	I0.1	Boolean	100	None
APAGAR_B	M7.3	Boolean	100	None
BOMBA_1	M2.1	Boolean	100	None
BOMBA_2	M3.1	Boolean	100	None
BOMBA_3	M5.3	Boolean	100	None
CANTIDAD	DB7.DBW12	Word	100	None
CENSADO	DB7.DBW2	Word	100	None
CORRIENTE	DB5.DBW4	Word	100	None
ELECTROVALVU...	M2.2	Boolean	100	None
ELECTROVALVU...	M3.2	Boolean	100	None
EMERGENCIA	I0.2	Boolean	100	None
ENCENDER_B	M7.1	Boolean	100	None
FRECUENCIA	DB5.DBW2	Word	100	None
H_L1	M2.6	Boolean	100	None
H_L2	M3.6	Boolean	100	None
INDICADOR_AUT...	M1.1	Boolean	100	None
INDICADOR_ECE...	Q0.0	Boolean	100	None
INDICADOR_EME...	Q0.1	Boolean	100	None
INDICADOR_MAN...	M1.0	Boolean	100	None
L_L1	M2.4	Boolean	100	None
L_L2	M3.4	Boolean	100	None
LIGHT	M9.0	Boolean	100	None
LLENADO	DB7.DBW0	Word	100	None
LLENAR_TANQUE	M2.0	Boolean	100	None
LLENAR_TANQUE2	M3.0	Boolean	100	None
PRENDER	I0.0	Boolean	100	None
SENSOR_1	I0.6	Boolean	100	None
SENSOR_2	I0.7	Boolean	100	None
SENSOR_3	I0.3	Boolean	100	None
VALVULAS	Q0.3	Boolean	100	None
VELOCIDAD	DB14.DBW0	Word	100	None

## ANEXO 6: VARIABLES DEL TIA PORTAL

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
<input type="checkbox"/>	Encender	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Apagar	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_Emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	indicador_Encendido	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Manual	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_Manual	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_Automatico	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Llenar_tanque	Tabla de variables e..	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Bomba_1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Electroválvula	Tabla de variables e..	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	L_L1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_LL1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	H_L1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_HL1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Bomba_2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Electroválvula_2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	L_L2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_LL2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	H_L2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_HL2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Llenar_tanque2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	indicador_Bomba_2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Variables PLC									
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
<input type="checkbox"/>	Cosigna	Tabla de variables e..	Int	%QW66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	m_sensor1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Sensor_C	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	M_SENSORC	Tabla de variables e..	Bool	%M7.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	P_Banda	Tabla de variables e..	Bool	%M7.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_Banda	Tabla de variables e..	Bool	%M7.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Apagar_banda	Tabla de variables e..	Bool	%M7.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Indicador_sensor	Tabla de variables e..	Bool	%M7.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	LIGHT	Tabla de variables e..	Bool	%M9.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Botellas_llenas	Tabla de variables e..	Bool	%M8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	ALARMA_BOMBA	Tabla de variables e..	Bool	%M6.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	F_BOMBA	Tabla de variables e..	Bool	%M6.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	F_BOMBA_D	Tabla de variables e..	Bool	%M8.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	ALARMA_BOMBA_D	Tabla de variables e..	Bool	%M8.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	F_BOMBA_R	Tabla de variables e..	Bool	%M8.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	ALARMA_BOMBA_R	Tabla de variables e..	Bool	%M8.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	F_MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%M9.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	ALARMA_MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%M9.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Reset	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Encendido_remoto	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Apagado_virtual	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	Emergencia_virtual	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

