



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
SCADA PARA EL PROCESO DE MEZCLA DE
PINTURA UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE LA
INDUSTRIA 4.0.”**

AUTOR:

YAGUAL RAMÍREZ MARÍA JOSÉ

TUTOR:

ING. DANIEL FLORES TOMALÁ, MACI.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme y siempre brindarme su bendición a lo largo de este trayecto, permitiéndome culminar con salud y éxito este trabajo de titulación.

A José Luis y Flor María, mis padres, los pilares fundamentales de mi vida, que, gracias a su amor, su dedicación constante y la fortaleza que me brindan día a día para no rendirme me incentivaron a cumplir una meta más en mi vida.

A mis hermanos, porque a pesar de las diferencias que tengamos, siempre están ahí para mí, sacándome una sonrisa y mostrándome lo bonito de compartir en familia.

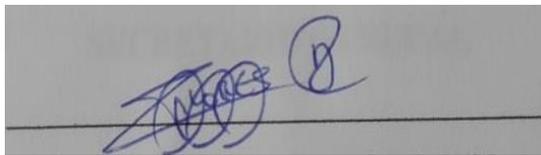
Los amo infinitamente.

MARÍA JOSÉ YAGUAL RAMÍREZ

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: **“Diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso de mezcla de pintura utilizando herramientas de la industria 4.0”**, elaborado por la estudiante **Yagual Ramírez María José**, 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, lo apruebo en todas sus partes y autorizo a los estudiantes para que inicien los trámites legales correspondientes.

La libertad, 14 de marzo de 2019

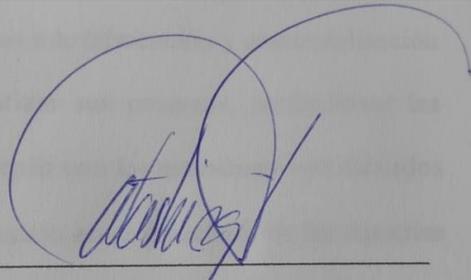
A rectangular area with a grey background containing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to be 'D. Flores Tomalá'.

Ing. Daniel Flores Tomalá, MACI.

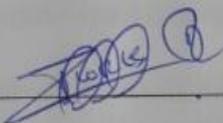
TRIBUNAL DE GRADO



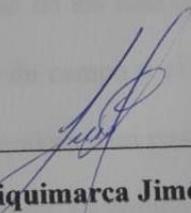
Ing. Freddy Villao, Msc
DECANO DE FACULTAD



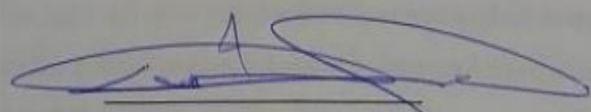
Ing. Washington Torres Guin, Msc
DIRECTOR DE LA CARRERA



Ing. Daniel Flores Tomalá, MACI
PROFESOR TUTOR



Ing. Luis Chiquimarca Jiménez, M.E.
PROFESOR DE ÁREA



Abg, Víctor Coronel Ortiz, Msc.

SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

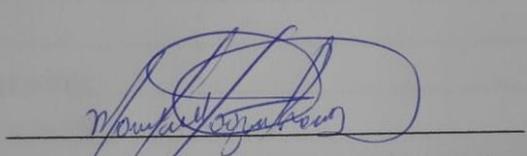
Actualmente en el país existen varias empresas a la fabricación y comercialización de pintura, las mismas que buscan automatizar sus procesos, perfeccionar las fórmulas del tinte y llevar a su industria a cumplir con los estándares más elevados de calidad y eficiencia. Este proyecto está basado en el mezclado de las materias prima utilizadas para la creación de la pasta base o pintura base, tomando en cuenta las etapas de mezclado y tiempo que cada una de ellas requiere para obtener una pasta de calidad que pueda ser utilizada para la creación de colores o para su simple distribución. El uso de un controlador lógico programable para el sistema hará que la automatización del proceso sea posible ya que es uno de los más confiables y competitivos del mercado, la pantalla HMI en el nivel de campo y el sistema de control y supervisión de datos SCADA, desde la computadora dará paso al control y monitoreo del sistema en tiempo real desde varios lugares. La comunicación que se logra entre hardware y software (INTOUCH, DOPSOFT, KEPSERVER) hacen posible que podamos manejar el proceso con tan solo un clic en el PC o un toque en la pantalla, cumpliendo sus funciones en los tiempos establecidos, reduciendo costos, tiempos de producción y brindando un producto de calidad. La presente propuesta tecnológica tiene como fin incorporar a esta industria al mundo de la tecnología 4.0, permitiéndole automatizar sus procesos de forma eficiente, tener un control y monitoreo de los procesos de forma local y remota, y visualizar los datos importantes o requeridos por el administrador de la empresa en internet a través de un plataforma web, utilizando el IOT 2040, dispositivo primordial en este auge industrial ya que permite transmitir los datos y señales desde el mismo campo industrial.

ABSTRACT

Currently in the country there are several companies in the manufacture and marketing of paint, which seek to automate their processes, improve the dye formulas and lead their industry to meet the highest standards of quality and efficiency. This project is based on the mixing of raw materials used for the creation of the base paste or base paint, taking into account the stages of mixing and time that each of them requires to obtain a quality paste that can be used for the creation of colors or for simple distribution. The use of a programmable logic controller for the system will make the automation of the process possible since it is one of the most reliable and competitive of the market, the HMI screen in the field level and the SCADA data control and supervision system, from the computer will give way to the control and monitoring of the system in real time from several places. The communication achieved between hardware and software (INTOUCH, DOPSOFT, KEPSERVER) make it possible for us to manage the process with just a click on the PC or a touch on the screen, fulfilling its functions in the established times, reducing costs, production times and providing a quality product. The purpose of this technological proposal is to incorporate this industry to the world of 4.0 technology, allowing it to automate its processes efficiently, have control and monitoring of processes locally and remotely, and visualize the important data or required by the company's administrator on the Internet through a web platform, using the IOT 2040, the primary device in this industrial boom because it can transmit data and signals from the same industrial field.

DECLARACIÓN

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



YAGUAL RAMÍREZ MARÍA JOSÉ

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
DECLARACIÓN	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	6
1.4 RESULTADOS ESPERADOS.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO.....	9
1.7 METODOLOGÍA	9
CAPÍTULO II.....	12
2.1 MARCO CONTEXTUAL	12
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.2.1 Pintura	13
2.2.2 Fabricación de la pintura.....	14
2.2.3 Automatización	16
2.2.4 Equipos Industriales	16
2.2.4.1 Controlador	17
2.2.4.2 Bombas	18
2.2.4.3 Variadores de frecuencia.....	20
2.2.4.4 Sensores	20
2.2.5 Comunicación Industrial	21
2.2.6 Sistema SCADA	24
2.2.7 Industria 4.0	24
2.2.8.1 IOT	25

2.3	MARCO TEÓRICO.....	26
CAPÍTULO III.....		27
3.1	COMPONENTES DE LA PROPUESTA.....	27
3.1.1	Componentes Físicos	27
3.1.2	Componentes Lógicos.....	37
3.2	DISEÑO DE LA PROPUESTA.	41
3.2.1	Implementación del prototipo del mezclado de pintura.....	41
3.2.2	Diagramas de conexión de elementos del sistema.	43
3.2.2.1	Diagrama topológico de conexión de equipos.	43
3.2.2.2	Diagrama eléctrico de las bombas.....	44
3.2.2.3	Diagramas de conexión del sensor ultrasónico de nivel	45
3.2.2.4	Conexión del SINAMIC IOT204.....	46
3.2.3	Configuración, Programación y funcionamiento del sistema de mezclado. 46	
3.2.3.1	Comunicación entre PLC S7-1200 Y Variador SINAMIC G120.....	47
3.2.3.2	Programación del proceso.....	48
3.2.3.3	Interfaz hombre- máquina.....	57
3.2.3.4	Interfaz SCADA.....	61
3.2.3.5	Comunicación IOT 2040.....	67
3.2.3.6	Plataforma Node-red.	70
3.2.3.7	Interfaz web en FREEborad.io.....	72
3.3	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	74
3.4	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.	81
3.4.1	Factibilidad Técnica.....	81
3.4.2	Costos del Proyecto.....	82
CAPÍTULO IV.....		85
4.1	CONCLUSIONES	85
4.2	RECOMENDACIONES.....	87
4.3	BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS.		90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Botes de pintura.....	14
Figura 2 Etapas de la fabricación de la pintura.....	14
Figura 3 Estructura del PLC.....	17
Figura 4 Pantalla HMI.....	18
Figura 5 Relación Maestro-Esclavo.....	23
Figura 6 Comunicación Profinet.....	24
Figura 7 Componentes fundamentales del IOT.....	25
Figura 8 Componentes del SINAMICS G120.....	29
Figura 9 Pantalla HMI.....	30
Figura 10 Tanque Plásticos.....	33
Figura 11 Sistema de tuberías.....	33
Figura 12 Tanque mezclador.....	34
Figura 13 Aspa mezcladora.....	34
Figura 14 SENSOR ULTRASÓNICO UB800-18GM40-I-V1.....	35
Figura 15 IOT2040.....	36
Figura 16 Norma TIA-568B.....	36
Figura 17 Portada de TIA PORTAL V14.....	37
Figura 18. Portada de DOPSoft.....	38
Figura 19 KepServer EX 6.0.....	38
Figura 20 Portada de Intocuh.....	39
Figura 21 Interfaz de ingreso de PUTTY.....	39
Figura 22 Editor de flujo NODE-RED.....	40
Figura 23 Portada de FreeBoard.io.....	40
Figura 24 Esquema mecánico de ajuste de motor y aspa.....	41
Figura 25 Diseño del sistema implementado.....	42
Figura 26 Implementación del prototipo de mezclado.....	43
Figura 27 Diseño topológico de la conexión de equipos.....	44
Figura 28 Diagrama eléctrico de conexión de la bomba.....	45
Figura 29 Diagrama de conexión de sensor.....	45
Figura 30 Conexiones al IOT 2040.....	46
Figura 31 Asignación de la dirección IP en el PLC.....	47
Figura 32 Asignación de la dirección IP en el variador.....	47

Figura 33 Conexión entre PLC y SINAMICS G120.	48
Figura 34 Declaración de variables para el proceso.....	49
Figura 35 Programación de encendido manual de bombas.....	49
Figura 36 Programación del On/Off Motor	50
Figura 37 Programación manual de etapas de Motor.....	51
Figura 38 Programación de temporizadores.	54
Figura 39 Diagrama de flujo de forma automática de la receta1..	54
Figura 40 Programación del sensor.....	57
Figura 41 Cambio de Ip en la pantalla HMI	57
Figura 42 Configuración de la comunicación Ethernet en dopsoft.....	58
Figura 43 Asignación de dirección IP del Hmi.....	58
Figura 44 Pantalla de inicio del sistema.....	59
Figura 45 Proceso de forma manual.	59
Figura 46 Pantalla de selección de recetas.....	60
Figura 47 Pantalla de receta.	60
Figura 48 Pantalla de información del Motor.	61
Figura 49 Pantallas de Alarmas.	61
Figura 50 Configuración del canal de comunicación.....	62
Figura 51 Configuración del dispositivo.....	62
Figura 52 Ingreso de variables en Kepserver.....	63
Figura 53 Configuración del Access Name	64
Figura 54 Configuración del Tagname	64
Figura 55 Pantalla principal de ingreso.....	65
Figura 56 Pantalla con el menú de acceso..	65
Figura 57 Pantalla del proceso para el Supervisor	66
Figura 58 Pantalla principal para el operador.	66
Figura 59 Pantalla de alarmas activas.	67
Figura 60 Pantalla de historial de alarmas.	67
Figura 61 Instalación de imagen en la SD.	68
Figura 62 Configuración de la dirección IP de la PC.....	68
Figura 63 Acceso al IOT 2040.....	69
Figura 64 Ingreso al dispositivo.....	69
Figura 65 Iot setup.	70

Figura 66 Inicialización de NODE-RED.	70
Figura 67 Plataforma NODE-RED.	71
Figura 68 Configuración del Nodo S7.	72
Figura 69 Ingreso del Data Source.....	72
Figura 70 Widgets en FREEBOARD.IO..	73
Figura 71 Plataforma en freeboard del proceso	73
Figura 72 Programación de la velocidad del motor..	76
Figura 73 Programación del encendido del sistema desde Node-red.	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de Comunicación industrial	22
Tabla 2 Datos técnicos de PLC S7-1200.	28
Tabla 3 Características del SINAMICS G120. 1.....	29
Tabla 4 Características de Bomba Monofásica PAOL.	31
Tabla 5 Características de Bomba Monofásica PIETRO.....	31
Tabla 6 Características del Motor SIEMENS.	32
Tabla 7 Diseño de Red de dispositivos.	44
Tabla 8 Tiempos de RECETA1.	52
Tabla 9 Tiempos de RECETA2.	53
Tabla 10 Pruebas de velocidad.....	74
Tabla 11 Velocidades para el prototipo.	75
Tabla 12 Tiempos de la Automatización del proceso	77
Tabla 13 Pruebas en sistema apagado.....	78
Tabla 14 Prueba del sistema encendido.	79
Tabla 15 Prueba de tiempos de respuesta.	79
Tabla 16 Costo de equipos.	83
Tabla 17 Costos de licencias de software necesarios.	84
Tabla 18 Costo Final de proyecto.	84

INTRODUCCIÓN

Los procesos de mezclado de pintura en nuestro país se realizan de forma manual en varias empresas, pues existen pocas fábricas que ejecuten este trabajo de manera automatizada, luego de realizar un estudio de mercado nació la idea de ésta propuesta tecnológica, la misma que consiste en un diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso de mezcla de pintura utilizando herramientas de la industria 4.0 con lo que podremos efectuar el sistema de mezclado en base a materias primas, para lograr el control de dicho proceso tendremos que aplicar los conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra carrera como el uso de sensores, actuadores, el controlador lógico programable (PLC) y otros dispositivos.

La presente propuesta está constituida por cuatro capítulos: capítulo I contiene temas tales como antecedentes que explican por qué se escogió esta propuesta, descripción del proyecto el mismo que se refiere a la implementación y simulación además de cada uno de los objetivos que se desean alcanzar. El capítulo II está todo el desarrollo contextual del proyecto, conceptos teóricos de los componentes electrónicos y las investigaciones con las que referencia el proyecto. El capítulo III hace referencia al desarrollo de la propuesta con todos sus componentes mecánicos y electrónicos sus características, diagramas eléctricos, componentes virtuales, configuraciones de red, programación de software, entre otros aspectos que se mencionan en el desarrollo del capítulo. Y en el capítulo IV encontramos conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos que respaldan cada uno de los procesos realizados dentro de la presente propuesta tecnológica que servirá como referencia en la implementación del sistema SCADA.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA PROPUESTA

1.1 ANTECEDENTES

La pintura, sus primeras mezclas y combinaciones surgen en Egipto luego avanza a Grecia, China y paulatinamente hasta América donde se mejoran sus productos, pero continúan demandando como en sus inicios de forzosos y largos procesos manuales que generan grandes inversiones económicas y de tiempo. En Ecuador desde 1939 aparecen industrias dedicadas a esta labor; mientras que en la provincia de Santa Elena pocas o nulas son las empresas que realizan esta tarea.

La pintura es un elemento muy utilizado en todos los procesos comerciales e industriales, sin embargo el proceso de mezclado y obtención de un determinado color es tedioso pues se realiza de manera manual; es por ello que el hombre tiene un interés profundo por sustituir el trabajo humano usando procesos y herramientas automatizadas, que han dado paso a que existan grandes avances en el área industrial en la última década, tanto así, que actualmente existen cientos de empresas dedicadas a la fabricación, combinación y venta de los distintos tipos de pinturas. Para estar a la par con la revolución digital, las fábricas buscan el perfeccionamiento de la obtención del tinte a través de la revolución: Industria 4.0, “conjunto de tecnologías unidas como, robótica, internet de las cosas; cyber seguridad; big data y data analytics, que están logrando una transformación industrial” (CRUZ, 2015)

La automatización es un proceso que debe ser incluido en las fases operativas de toda industria moderna, pues; con ella se logra optimizar recursos económicos y humanos con procesos eficientes y de calidad, debido que “la automatización implica la eliminación total o parcial del trabajo humano en la realización de diversas tareas desde las más sencillas hasta las más complejas” (GARCÍA MORENO, 2014)

En esta propuesta se plantea demostrar como a través de la automatización se pueden mejorar los sistemas del mezclado de pintura haciendo que la industria modernice sus procesos, sumergiéndose en la era digital a través de la utilización de las herramientas de la industria 4.0, táctica que las grandes empresas a nivel mundial aspiran a incluir en la actualidad.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente trabajo se diseña e implementa el proceso de un sistema de mezcla de pintura para optimizar los procesos de obtención de tintes, con la finalidad de reducir los tiempos muertos que se originan al momento de realizar este proceso de forma manual. Esta actividad se realiza en varios tanques distribuidos de la siguiente manera:

-  Tanque 1: Resina.
-  Tanque 2: Dispersante,
-  Tanque 3: Solvente
-  Tanque 4: Polvos
-  Tanque 5: Agua.

Tanque 6: Mezclador.

Los tanques que contienen el solvente, la resina y el mezclador son implementados en el sistema, mientras que los sobrantes son simulados.

Cada tanque cuenta con sus respectivas bombas de flujo lo que permite el paso de las materias primas automáticamente al tanque **6** que será el encargado de realizar las mezclas necesarias para la obtención de un producto de calidad. Este tanque cuenta con un sensor de nivel analógico que determinará la cantidad de pintura que posee con la consigna de evitar reboses y escases de producto.

Se incluye sensores de contacto simulados que miden el nivel bajo de los distintos tipos de materia prima que se utiliza (resina, solvente, pasta y polvos). Todo este proceso es monitoreado en una pantalla HMI. El proyecto cuenta con un dispositivo SIMATIC IOT2040 el cual envía datos obtenidos del proceso a través de una plataforma web, a la red con el fin de visualizar el comportamiento y los avances del mezclado de pintura.

El desarrollo de esta propuesta consta de 2 partes:

IMPLEMENTACIÓN

En esta etapa se describe la implementación de elementos básicos que ayudan a demostrar el correcto funcionamiento del proceso entre ellos el PLC, dispositivo que es el encargado del control de los componentes del sistema, pantalla HMI para monitorear el proceso, dos tanques (1,3) que tienen solvente y resina, dos bombas que permiten el paso de los productos base con los que se realiza el mezclado para la obtención del tinte, variador de frecuencia que maneja la velocidad del motor que

está colocado sobre el tanque mezclador el mismo que permite cumplir con las etapas del proceso de pintura. Este tanque cuenta con sensor que mide los niveles de pintura que existen en el recipiente donde se lleva a cabo el mezclado y una llave de paso que libera el tinte, mientras que para digitalizar los datos obtenidos del sistema y subirlos a la Web se utiliza un dispositivo IOT que permite al empresario llevar el control del proceso desde el lugar donde se encuentre.

SIMULACIÓN

En esta etapa se detalla la simulación de los Tanques 2,4,5 que poseen el dispersantes, polvos y agua que se deben bombear para obtener un producto de calidad, los sensores de niveles de contacto de los tanques antes mencionados, mediante los cuales se puede determinar el nivel bajo del tanque. Todo este proceso es visualizado en la pantalla HMI y un sistema SCADA observando la función de los elementos que posee el procedimiento: encendido y apagado, movimientos de motores, control de bombas, mediciones de niveles y mensajes de alerta en caso de ser necesario.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general.

Diseñar e implementar un sistema de control y supervisión SCADA para el proceso de un sistema de mezclado de pintura, utilizando tecnología de la industria 4.0.

Objetivos específicos.

- ✚ Identificar las características que se necesita en el sistema de mezclado de pintura para la industria.
- ✚ Diseñar el diagrama de lenguaje de escaleras (KOP) para la programación gráfica en el PLC.
- ✚ Desarrollar una interfaz gráfica en una pantalla HMI y un sistema SCADA, que permita realizar el monitoreo del proceso.
- ✚ Implementar el prototipo de mezcladora de pintura con sus correspondientes actuadores y sensores.
- ✚ Utilizar un dispositivo IOT 2040, para el envío de datos obtenidos del proceso y observar su comportamiento en la Web.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Al desarrollar esta propuesta con tecnología de la industria 4.0 se pretende obtener:

- ✚ Las características esenciales para el desarrollo idóneo de un sistema de mezclado de pintura que sea posible implementar en una industria real.
- ✚ El desarrollo de una programación en el lenguaje de escaleras del software Tia Portal, que permita el manejo de los procesos que intervienen en el mezclado y el control de la velocidad del motor que llevará a cabo la mezcla en sus diferentes fases.
- ✚ La implementación de un sistema SCADA para el monitoreo y control del sistema visualizando el comportamiento de todos los elementos que contiene encendido, apagado, movimientos de motores, control de bombas, mediciones de los niveles de los tanques y mensajes de alerta en caso de ser necesario en tiempo real.
- ✚ La implementación de un prototipo del sistema de mezclado de pintura basado en la industria real con el fin de comprobar el funcionamiento y la eficiencia del proceso.
- ✚ La comunicación entre el PLC y el dispositivo IOT 20040 utilizando el mismo como medio de comunicación con la web, permitiendo la visualización de los datos obtenidos del proceso en cualquier lado que el operador o el dueño de la empresa requiera.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El proceso de obtención de mezcla de pintura desde la materia prima normalmente se lo realiza de forma manual lo que conlleva utilizar tiempos extremadamente largos, además en los procesos de descarga de los elementos es necesario contar con un operador, los cuales en muchas ocasiones exceden la cantidad de materia prima que se utiliza para la formación de la pintura lo que ocasiona fallas al momento de obtener el tinte. “La elevada potencia de motores y el uso de bombas conlleva a un consumo de energía eléctrica elevado, ocasionando pérdidas económicas y de tiempos, pues, puede causar averías en las bombas y motores por el mal manejo”. (ESTRELLA, 2012)

La relevancia de este proyecto se enmarca en la oportunidad de otorgar a las industrias de pintura del Ecuador y de la provincia de Santa Elena la propuesta de diseñar e implementar un sistema de mezclado de pintura utilizando en sus procesos PLC's y otras herramientas automatizadas para que mejoren su producción, a la vez que reducirán costos operacionales logrando con ello incrementar la elaboración de los litros de pinturas que se obtienen al día, beneficiando así no solo al propietario del negocio sino también a las personas que laboran allí.

La presente propuesta tecnológica tiene como fin introducir a las empresas ecuatorianas y de la provincia al mundo de la industria 4.0, que permite digitalizar los datos del proceso llevándolos a un portal web, donde los administradores de las empresas podrán monitorear desde cualquier lugar donde se encuentren la información general de todo el proceso, los mismos que podrán ser guardados y

visualizados en lo posterior para ejecutar los balances de producción semestrales o anuales, permitiéndoles de esta manera competir con las grandes cadenas del mercado mundial.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO

En esta propuesta se diseña e implementa un sistema de mezclado de pintura mayoritariamente automatizado, utilizando herramientas de la industria 4.0, en donde se realiza la mezcla de las materias primas que forman la pintura para obtener un tinte que pueda ser comercializado o usado como base para la formación de otros colores. Utilizando un dispositivo IOT 2040 se visualiza a través de la web los resultados de la producción, conjugando así los conocimientos en las ramas de la electrónica, las redes y las telecomunicaciones que fueron adquiridos en las aulas universitarias., e incursionando en la nueva industria.

1.7 METODOLOGÍA

La presente propuesta tecnológica centrara su campo de acción en base a los siguientes métodos cuyo propósito real está dirigido a proveer información de los fundamentos existentes y concretos de este proyecto.

Investigación exploratoria

Aplicando la investigación exploratoria se obtendrían datos relevantes que permitan discernir todo lo referente al proceso es decir se refiere “cuando el objetivo es examinar un tema o parte de un proceso poco estudiado del cual se tiene muchas dudas” (HERNANDEZ, 2013) pues se conoce poca información de una parte de la propuesta como es el diseño de implementación del proceso e mezclado de pinturas.

Investigación bibliográfica

Diseñada como un instrumento para el investigador pues se refiere al “proceso de conocimientos y técnicas que el investigador debe tener para emplear periódicamente la biblioteca y sus fuentes” (HERNANDEZ, 2013). Se utilizará la presente exploración para obtener instrucciones científicas que ayudará en el proceso a cimentar de forma específica e irrefutable la propuesta, estos procedimientos son obtenidos mediante el uso de revistas indexadas, periódicos científicos, internet. Escritos de teóricos, etc.

Investigación aplicada

Luego de aplicar la investigación cuantitativa la cual permite cosechar datos, medir fenómenos y analizar los resultados se crea la investigación aplicada la misma que “busca la generación de conocimiento con aplicación directa, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto” (LOZADA, 2014) dándonos a entender el autor que este método permite crear procesos para la transformación y avance del sector productivo.

La investigación aplicada presenta las siguientes fases:

FASE 1: Análisis del proceso del sistema de mezclado de pintura y la industria

4.0

En este punto se efectúa una recopilación de datos introductorios totalmente obligatorios y necesarios para su respectivo análisis además de conocer los diferentes requerimientos en hardware y software consiguiendo los objetivos trazados para alcanzar la propuesta.

FASE 2: Diseño e implementación de software y hardware.

En esta fase se definirá los respectivos dispositivos industriales que se utilizarán en la propuesta además del software de programación con el fin de obtener los resultados esperados. La implementación del sistema de mezclado de pintura se efectuará aplicando cada uno de los conocimientos obtenidos dentro de las aulas de clases, el monitoreo del mismo se lo realizará mediante la utilización de una pantalla HMI. Para digitalizar los datos obtenidos del proceso se utilizará un dispositivo IOT 2040 para estos sean visualizados por quienes manejan la empresa.

FASE 3: Simulación del proceso y evaluación de resultados.

Mediante el proceso de simulación se confirma el trabajo realizado en cada una de las anteriores fases, se lleva el control del resultado registrando los datos para luego evaluar cada uno de los resultados para su posterior corrección en caso de ser necesario.

CAPÍTULO II

PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

La fabricación de pintura data desde hace muchos años atrás como una de las actividades que las personas vienen desarrollando para su subsistencia. Pinturas Cándor es una de las empresas pioneras del país que realiza este tipo de procesos desde 1939 hasta la actualidad. Para la obtención del lote del producto es necesario seguir una serie de pasos: mercadeo en donde se obtiene información sobre la demanda de los productos en el mercado; planificación en donde se revisan las ordenes planificadas, que exista la materia prima necesaria, quien estará a cargo de ese lote y donde se va llevar a cabo; revisión en donde se revisa los aspectos técnicos de la orden planificada; producción en donde se lleva a cabo la fabricación de la pintura. Hoy en día a lo largo del país existen múltiples empresas grandes y pequeñas, dedicadas a la fabricación de este elemento.

Algunas de estas entidades realizan sus procesos de manera manual, lo que conlleva mucho más tiempo del necesario, demandando un esfuerzo físico de sus trabajadores mayor al habitual. Normalmente las empresas para el desarrollo de la base de la pintura, cuentan con una infraestructura semi-industrial, que consta de reservorios del producto primo, un mezclador que permite la unión y formación de la pasta base, y tanques más pequeños que sirven para almacenar el producto mezclado, todo esto es manipulado por personal humano. La automatización de este proceso, ayudará a que las sociedades optimicen sus recursos y tiempos, además podrá ser instalado en diferentes empresas que lo requieran.

La simulación e implementación del sistema de mezclado de pintura será elaborado en los laboratorios de automatización de electrónica y telecomunicaciones de la UPSE (Universidad estatal Península de Santa Elena) perteneciente al cantón La Libertad de la provincia de Santa Elena, utilizando racks de comunicación, que ya existen en el área de trabajo, incluyendo hardware y componentes electrónicos que sean necesarios adquirir a lo largo de la ejecución de la propuesta.

Para poder iniciar el sistema se debe verificar que el contenido de los tanques de los elementos primarios con las cuales es elaborada la pintura base, sea el necesario para llevar a cabo el proceso de lo contrario se debe proceder al llenado de los mismos. El operario podrá manejar el sistema a través de una interfaz en donde se logrará observar las diferentes etapas que posee el mezclado. El empresario a cargo de todo el proceso podrá observar datos precisos que serán enviados mediante internet a una plataforma Web y la comunicación de los equipos a utilizar durante este proceso será por protocolo Ethernet.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Pintura

Las pinturas “son materiales o una mezcla de materiales de textura líquida o pastosa, que se aplican con una brocha o pincel en algún tipo de superficie” (DOERNER, 2014). Este elemento es utilizado para recubrir diferentes tipos de superficies, desde un simple tablón de madera hasta un automóvil. Según (kalpakjian, 2010) existe una clasificación de la pintura y es la siguiente:

 Esmaltes

✚ Lacas

✚ Pintura a base de agua.

La fabricación de todos los tipos de pintura conlleva una serie de procesos que deben ser precisos y que deben completar altos estándares de calidad y una de las etapas más importantes dentro de la elaboración de este producto es el mezclado ya que un excedente de materia prima, puede ser perjudicial tanto para la empresa como para el consumidor del producto.



Figura 1 Botes de pintura. www.ingither.com

2.2.2 Fabricación de la pintura

Para el inicio del proceso se debe verificar el contenido de los elementos necesarios para llevar a cabo la fabricación de la pintura, contar con las cantidades necesarias y exactas de materia prima correspondientes a la orden ya que cualquier anomalía puede causar algún error al momento de la producción.



Figura 2 Etapas de la fabricación de la pintura. Elaborado por el autor

Proceso de dispersión 1

Esta etapa permite mezclar los pigmentos y aditivos con la materia prima requerida para obtener la pasta base para la formación de nuevos tintes con la consistencia necesaria, entonces se procede a bombear resina hacia el mezclador proceso que dura alrededor de 30 minutos (debido a la cantidad de resina que se desee utilizar en la orden de producción el tiempo puede variar). Se procede a colocar un poco de dispersante o humectante lo que permite amenorar el tiempo de esta etapa para que la mezcla sea correcta es necesario encender el agitador a velocidad máxima durante 5 minutos.

Proceso de dispersión 2

En esta etapa se realiza el bombeo del solvente y los pigmentos, encendiendo el agitador por 4 a 5 horas culminando así el proceso de dispersión. Para verificar que se hayan cumplido los estándares durante este proceso, un operador es el encargado de evaluar la finura y limpieza del producto utilizando los equipos necesarios y en caso de ser necesario se vuelve a encender el agitador por el tiempo que sea necesario.

Proceso de estabilización

Este proceso es el encargado de terminar de mezclar la resina y el solvente que sean necesarios para la elaboración de la pintura, en donde el mezclador debe permanecer encendido durante el bombeo de los elementos primos y la velocidad con la que se realiza debe ser menos a la de la dispersión.

Proceso de emulsificación

Esta etapa permite dar más viscosidad a la pintura. Para lograr esto la velocidad mínima con la que debe moverse el agitador es de 700 RPM, y se debe empezar a poner agua para obtener la viscosidad requerida, pero el agua también debe tener una velocidad de 45kg/min. Esta mezcla se bate de 3 a 5 minutos más.

2.2.3 Automatización

“La automatización consiste en implementar en un proceso, los dispositivos que le dan autonomía al mismo” (Higuera, 2010), permitiendo a las empresas que emplean esta actividad optimizar sus recursos, ya que automatizar un proceso nos da ventajas tales como: producción con calidad, incremento de producción, seguridad laboral para los operadores, mayor control de la producción, etc. La automatización industrial es el auge actual pues la combinación de varias tecnologías hace posible que la mayor parte de procesos que existen en el mundo para la manufactura de algún elemento tengan sus procesos programados en un autómatas de manera secuencial.

2.2.4 Equipos Industriales

Los equipos industriales forman parte fundamental del proceso de automatización de las empresas ya que ellos son los encargados de brindar autonomía a las tareas de manufactura a la que se dedica cada entidad. Existen muchas herramientas que son utilizadas para la optimización del sistema hombre-máquina y dependiendo de las necesidades del proceso se definen las características de los equipos a utilizar, entre los principales tenemos:

2.2.4.1 Controlador

El controlador como su nombre lo indica, es el que se encargará de llevar el control de todo el proceso que se desea automatizar, es un equipo en el que se programa una serie de comandos que permitan hacer autónoma la manufactura de algún producto ya que se puede repetir la elaboración, una y otra vez, con la misma eficacia y características, reduciendo así los tiempos de producción de las empresas. Cada controlador posee ventajas que le permiten diferenciar el uno del otro, y que se deben tener en cuenta al momento de adquirir y utilizar uno, tales como: memoria, lenguaje de programación, lectura de señales, tiempo de respuesta y protocolos de comunicación.

PLC

Es un equipo electrónico que permite controlar en tiempo real los procesos en su mayoría industriales, que tenga previamente programados en su memoria interna. Trabaja con una serie de lenguajes de programación tales como: escalera (“ladder”), listado de instrucciones (mnemónicos), diagramas lógicos y lenguajes de alto nivel (Grafcet, leng. de programación).

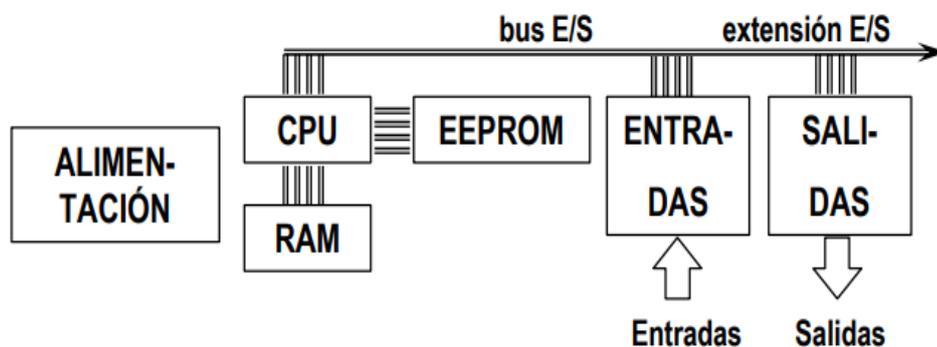


Figura 3 Estructura del PLC. www.fio.unicen.edu.ar

HMI

Este dispositivo es el equipo en el que se desarrolla la interfaz con la cual el hombre puede manejar los equipos de campo del proceso al que está dirigido. Al comunicarse con el PLC permite presentar en pantalla: variables, graficas o datos, que pueden ser manipulados con el fin de supervisar, operar o monitorear el proceso.



Figura 4 Pantalla HMI. Kisko.com

2.2.4.2 Bombas

La bomba “es un equipo que convierte la energía mecánica en energía que algún tipo de fluido necesita para ser transportada” (VIEJO, 2011). Normalmente estos equipos son accionados por un motor eléctrico y es una de las herramientas básicas en procesos donde se necesitan el paso de fluidos, como la fabricación de la pintura, para la elaboración de un nuevo producto.

Bomba centrífuga

La bomba centrífuga es una máquina que se encarga en convertir la energía que proviene del motor en energía cinética y después en presión permitiendo de esta manera el paso de producto. No necesitan un alto mantenimiento, su rendimiento

depende del espesor y viscosidad del líquido que se desea transferir, la presión con la que se transporta el flujo no es tan elevada.

2.2.4.3 Motores

Los motores, máquinas eléctricas que convierten la energía eléctrica a mecánica, produciendo un movimiento giratorio en su eje, son utilizados para realizar diferentes tareas en el campo industrial. Es el eje principal de cada empresa, pues permiten el movimiento de elementos necesarios tales como bandas transportadoras, agitadores, mezcladores, cerramiento de puertas, subir o bajar materiales, etc.

MARTIN (2012) afirma que: “Los motores que se utilizan en la industria se clasifican según el tipo de corriente que manejen, es por ellos que existe dos tipos: motores de corriente alterna y motores de corriente continua”. Normalmente la industria trabaja con motores de corriente alterna, condicionalmente son de bajo costo de operación y mantenimiento, comparados con los de corriente continua.

Motores de corriente alterna trifásicos

Es el tipo de motores utilizados en el área industrial, y pueden tener desde fracciones de HP hasta miles de HP. Pueden venir de varios tamaños y con diferentes características según las necesidades que se requiera solventar en la empresa, aunque normalmente los podemos ver en bandas transportadoras de productos y agitadores de mezclas.

Su principal ventaja es el coste bajo de operación y el poco mantenimiento que estas máquinas requieren a lo largo de su vida útil.

2.2.4.3 Variadores de frecuencia

“Los variadores de frecuencia son dispositivos que permiten llevar un control de la velocidad del motor de corriente alterna, modificando la frecuencia de alimentación del motor” (MARTIN, 2012), cuenta con una pantalla que permite llevar a cabo una supervisión de las corrientes, velocidades y tensiones que provocan que el motor este en marcha. Estos dispositivos son manejados a través de una serie de parámetros, que varían dependiendo del modelo y marca del mismo, su programación puede ser a través del panel de operaciones con el que cuenta, mediante un software y programación que se pueda adquirir por separado o través de un cable con un programa que solamente permite modificar parámetros del variador.

2.2.4.4 Sensores

Conjunto de elementos electrónicos (resistencias, inductancias, capacitores, ultrasonidos) capaces de convertir una señal física no eléctrica, en una eléctrica. Según PEREZ, ACEVEDO, FERNANDEZ, ARMESTO (2009) se clasifican de la siguiente manera:

- ✚ Por el principio de funcionamiento : Pasivos y activos.
- ✚ Por el tipo señal eléctrica que generan : Analógicos , digitales y temporales.
- ✚ Por el rango de valores que proporcionan : De medida, On/Off

- ✚ Por el nivel de integración: Discretos, integrados, inteligentes.
- ✚ Por el tipo de variable física medida.

El uso de todos estos sensores es indispensable en los procesos automatizados ya que permite medir diferentes características tales como: presión, nivel, caudal, flujo, viscosidad, temperatura, etc., de los distintos procesos que se llevan a cabo en el área industrial.

Sensor de nivel analógico

“Un sensor de nivel analógico logra obtener una medida a través de los parámetros de corriente o voltaje”. (PEREZ, ACEVEDO, FERNANDEZ, ARMESTO, 2009). Se debe configurar el sensor para obtener las mediciones y se logra transmitir la información cuando el sensor toma distancia con el objeto o sustancia a medir.

2.2.5 Comunicación Industrial

Lograr una buena comunicación, es el éxito de cualquier proceso que queramos llevar a cabo, es por eso que la comunicación entre los equipos que se utilizan en el proceso manufacturero de la industria es de vital importancia para que cumpla con todos los estándares de calidad exigidos en los procesos de producción. Las principales características, según GUERRERO (2012) que debemos tomar en cuenta en las redes de comunicación son:

- ✚ Velocidad de envío de datos
- ✚ Velocidad de recepción de datos
- ✚ Cantidad de datos que pueden viajar en cada envío.

Debemos tomar en cuenta que en la industria no todos los niveles de redes de comunicación son iguales, ya que unos son más exigentes que otros, por ejemplo, la red de ordenadores que generan las bases de datos para llevar un control de producción se puede trabajar con una velocidad de respuesta baja, mientras que la red en donde se maneja el controlador lógico programable debe tener una respuesta alta para que el proceso que se esté llevando a cabo no presente ningún error, es por ello existe una pirámide compuesta por 4 niveles para las diferentes redes de datos que se deben utilizar.

NIVELES	DESCRIPCION
NIVEL1 (OFICINA):	Compuesto por ordenadores que se utiliza en las oficinas.
NIVEL 2 (PLANTA):	Compuesto por ordenadores que cumplen con funciones específicas dentro del proceso.
NIVEL 3 (CÉLULA):	Compuesto por elementos inteligentes que influyen directamente en la manufactura.
NIVEL 4 (CAMPO):	Compuesto por los dispositivos que generan los movimientos en el proceso.

Tabla 1. Niveles de Comunicación industrial. Tabla elaborada por el autor

Estos protocolos permiten facilitar la transmisión y envío de manera eficaz y rápida dentro del proceso, son muy utilizados ya que proporcionan la interacción en tiempo real con los dispositivos que están el campo.

MODBUS-RTU

Este protocolo es uno de los mayormente utilizados en las industrias debido a que fue creado exclusivamente para aplicaciones industriales, es gratuito y público. Se basa en una relación maestro – esclavo produciendo una comunicación punto a punto, a través de un puerto RS-232 o un puerto RS-485. Un dispositivo (controlador) es el encargado de enviar algún dato a otro y esperar una respuesta de otro (Instrumento de campo).

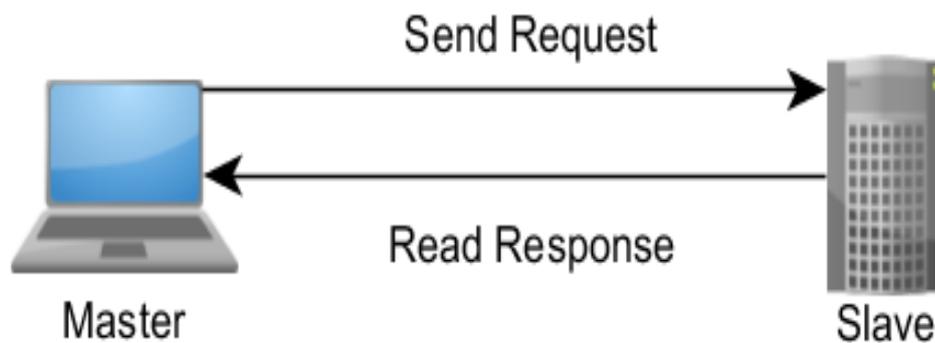


Figura 5 Relación Maestro-Esclavo (INSTRUMENTS, 2014)

Comunicación PROFINET

Uno de los estándares de comunicación más utilizados en las redes industriales está basado en el protocolo Ethernet industrial, TCP/IP y otros estándares. Su principal característica es permitir la comunicación de los dispositivos de campo en tiempo real pudiendo acceder a ellos desde la red, para realizar alguna tarea o mantenimiento que los dispositivos necesiten mejorando así, la velocidad y brindando mayor seguridad a las comunicaciones lo que permite mejorar la producción en la industria. (INCIBE, 2017)

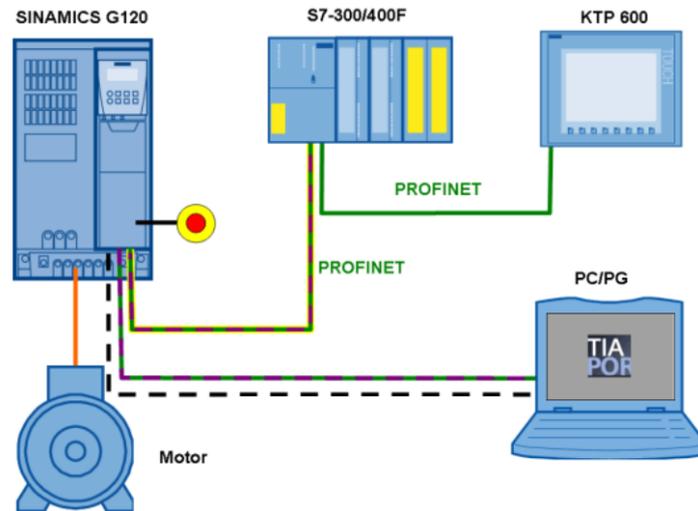


Figura 6 Comunicación Profinet (SIEMENS, 2015)

2.2.6 Sistema SCADA

“Los sistemas de control, supervisión y adquisición de datos, o como se lo denomina por sus siglas en inglés SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), permiten llevar un control de un sistema local o remoto gracias a una interfaz gráfica que da paso a la comunicación entre el usuario y el sistema” (Rodríguez, 2015). Mediante un software permite la supervisión y monitoreo de actividades programadas previamente en un dispositivo de control (PLC) dentro de una planta industrial.

2.2.7 Industria 4.0

Mencionar a la industria 4.0, es hablar de la industria del futuro, la industria a la que se promete todas las empresas llegaran a ser, con el fin de brindar servicios y productos de calidad al consumidor final. “El nombre de INDUSTRIA 4.0 se originó en Alemania en el año 2011, haciendo referencia a una política

gubernamental basada en usar herramientas tecnológicas en procesos automatizados para virtualizarlos y digitalizarlos, utilizando así herramientas electrónicas y creando una interacción entre máquinas y humanos” (YNUZCA, IZAR, OSORIO, PREYRA, BOCARANDO, 2017). Esta industria es un conjunto de varias herramientas tecnológicas, como internet de las cosas, nubes de datos, inteligencia artificial, impresiones 3D, big data, etc, lo que esta ocasionado gran revolución y cambios en las industrias manufactureras y en las expectativas que uno como cliente posee del producto final.

2.2.8.1 IOT

IOT o internet de las cosas “es el componente tecnológico fundamental en el cual está basada toda la industria 4.0, este término surge de Kevin Ashton en el año 2009” (CRUZ, 2015). Cabe mencionar que todo esto es posible gracias al uso de herramientas electrónicas tales como sensores, microprocesadores y controladores, lo que permite que las cosas, el internet y la conectividad, los tres principales componentes del IOT, se unan entre si para dar paso a esta tecnología.

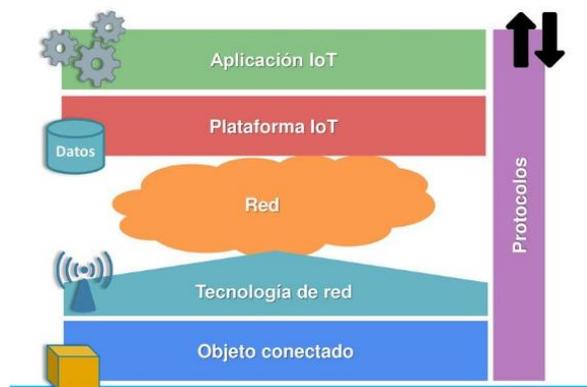


Figura 7 Componentes fundamentales del IOT (CRUZ, 2015)

2.3 MARCO TEÓRICO

Obtener una pintura de calidad, es el mayor desafío de las empresas que se dedican a esta labor, por lo que se busca automatizar la mayor parte de procesos que permita obtener un producto verificado para la venta al público. Estudios buscan disminuir los denominados tiempos muertos que existen en este sector pero optimizando los procesos de mezcla de pintura para la fabricación de colores, más no desde la obtención de la pasta base con la que se elaboran los colores, sin embargo en el año 2007 la Escuela politécnica Nacional, con el trabajo “Control automático del sistema de mezcla de tintes en pinturas Cóndor”, busco optimizar el procesos de obtención de las pinturas con un control elaborado con una interfaz hombre-máquina a través de una pantalla HMI y un controlador lógico programable, con el fin de reducir los procesos manuales que se dan en dicha empresa, lo que ocasiono un aumento del 25% en su producción , cumpliendo con el objetivo de proyecto.

En el año 2010, la Escuela Politécnica Superior del Litoral con el trabajo de titulación “Diseño e Implementación de módulo didáctico de un sistema automático de obtención de colores de pintura, obtenidos a partir de la mezcla de colores primarios y su Respectivo Envasado” que permitía la mezcla de 36 colores diferentes dependiendo de la elección del usuario dando rienda suelta a la creatividad, ya que al ser un módulo didáctico los estudiantes podían hacerles las mejoras que crean necesarias, sin embargo este modelo podía ser utilizado como prototipo para una aplicación industrial ya que contaba con bombas, electroválvulas, sensores de nivel.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA.

3.1.1 Componentes Físicos

Para la presente propuesta se utilizó diferentes elementos eléctricos y electrónicos, los cuales vamos a mencionar a continuación con sus respectivas características.

PLC S7-1200

Controlador lógico programable eficaz y veras apto para la automatización de procesos industriales capaz de llevar el control de varios dispositivos que envían señales digitales y analógicas para procesarlas permitiendo el control de sistemas en tiempo real. Tiene un diseño robusto lo que proporciona seguridad a los datos y una amplia serie de instrucciones convirtiéndolo en un dispositivo idóneo para ser utilizado en cualquier campo industrial.

PLC S7-1200 – DATOS TÉCNICOS	
	
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé
Tamaño	90 x 100 x 75

Voltajes de alimentación	120v ~ 240 V AC
Áreas de marcas	4096 bytes
Entradas integradas	
 Digitales	8 entradas
 Analógicas	2 entradas
Salidas Integradas	
 Digitales	6 salidas
Memorias integradas	
 De trabajo	25KB
 De carga	1 MB
 Remanente	2KB
 Bit Memory (M)	4KB

Tabla 2 Datos técnicos de PLC S7-1200.Tomado del Datasheet

Variador de frecuencia SINAMICS G120

Sinamics G120 es un variador seguro y de alta eficiencia, con un diseño modular que consta de una unidad de regulación CU (Control Unit), un módulo de potencia PM IP20 (Power Module), un panel de operación inteligente IOP (Intelligent Operator Panel), filtro de clase B externo como componente auxiliar, y un módulo de potencia PM230, apto para todo campo industrial, manufacturero, textil, de tintes, sistemas de transporte, envasados y embalaje de piezas.

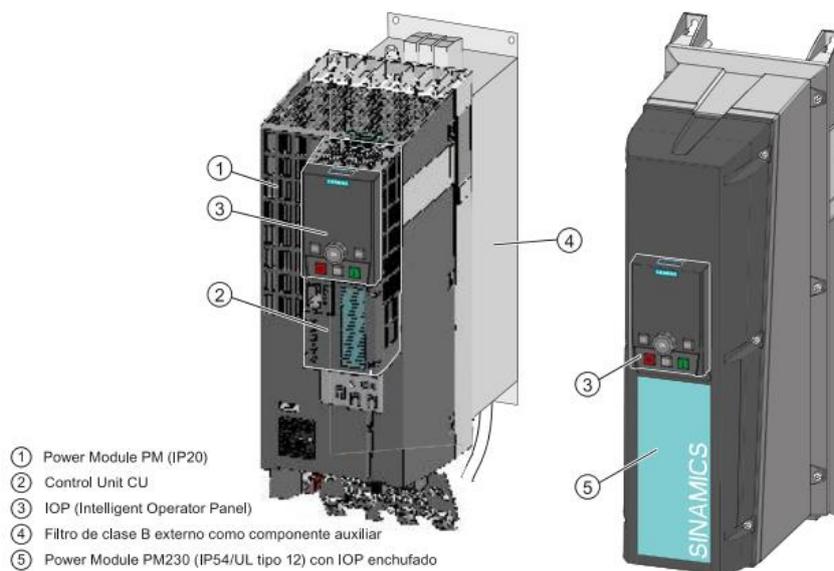


Figura 8 Componentes del SINAMICS G120. Tomada del manual

DATOS TÉCNICOS	
Modelo	SINAMICS-G120 CU250S
Tamaño	173mm x 73 mm x 145mm
Potencia	0,37kW hasta 250kW
Comunicación	PROFINET, Ethernet/IP

Tabla 3 Características del SINAMICS G120. Tomada del manual

Pantalla HMI DELTA DOP-B03E211

Esta pantalla permite observar el proceso que se está llevando a cabo de manera manual o automática, revisar las alarmas o fallas que se presenta en el sistema de mezclado, niveles de los tanques.

Características:

- ✚ Permite comunicación Ethernet.
- ✚ Alimentación DC de 24 Voltios
- ✚ Puertos de transferencias de datos: USB, Ethernet, RS-232
- ✚ Tamaño de pantalla: 4.3 Pulgadas
- ✚ Pantalla: TFT LCD (color 65536)
- ✚ Peso: 264g
- ✚ SDRAM: 64 Mbytes
- ✚ Memoria integrada: 128 MB
- ✚ Software de Manejo: DOPSoft.



Figura 9 Pantalla HMI. Elaborada por el autor

Bombas centrífugas monofásicas

Para este trabajo se utilizó dos modelos de bombas monofásicas con el fin de permitir el paso de dos de los elementos necesarios para el mezclado de la pintura.

En las siguientes tablas se presentan sus características.

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA PAOLO



Modelo	PBP-50
HP	0,5
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	115- 230V
Potencia - Max	550W
Caudal	40 l/min

Tabla 4 Características de Bomba Monofásica PAOL. Tomado del Datasheed

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA PIETRO



Modelo	PUMP QB-60
HP	0,5
Frecuencia	60 Hz
Voltaje	110 V
Potencia - Max	550W
Caudal	40 l/min

Tabla 5 Características de Bomba Monofásica PIETRO. Tomado del Datasheed

Motor trifásico siemens

Este motor permite el movimiento de las aspas que el tanque mezclador posee para la incorporación de todos los elementos que componen a pintura.

CARACTERÍSTICAS MOTOR SIEMENS	
Voltaje de alimentación	220 V
HP	1
Frecuencia	50 Hz
Revoluciones	1500 rpm
Consigan de velocidad	16380,422

Tabla 6 Características del Motor SIEMENS. Tomado del Datasheed

Tanques plásticos

Tanques transparentes de 200 litros aproximadamente que alojan agua simulando las dos sustancias principales en el proceso de mezclado: solvente y resina. Son transparentes para que se pueda observar la disminución del líquido cuando se realiza el bombeo del agua al tanque mezclador.



Figura 10 Tanque Plásticos. Elaborada por el autor

Sistema de tuberías

Se les adecuo tuberías de $\frac{1}{2}$ y 1 pulgada para que se permita el traspaso de los fluidos al tanque mezclado. Se usa tuberías pvc-plastigama, porque son una de las más comerciales y recomendadas en el mercado para el paso de agua.

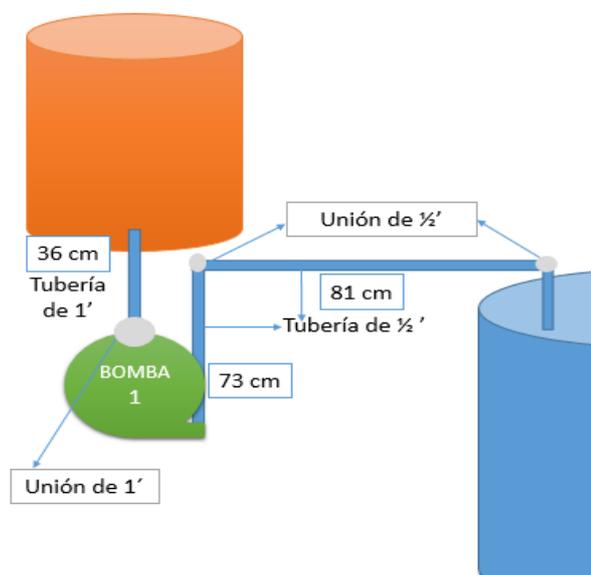


Figura 11 Sistema de tuberías. Elaborado por el autor.

Tanque mezclador

Tanque de acero galvanizado, de 60 cm de diámetro y 60cm de alto, con una capacidad aproximada de 170 litros, en cuyo interior se encuentra un aspa mezcladora fabricada de acero inoxidable de 54 cm de alto, sus aspas tienen una dimensión de 18cm x 5cm.

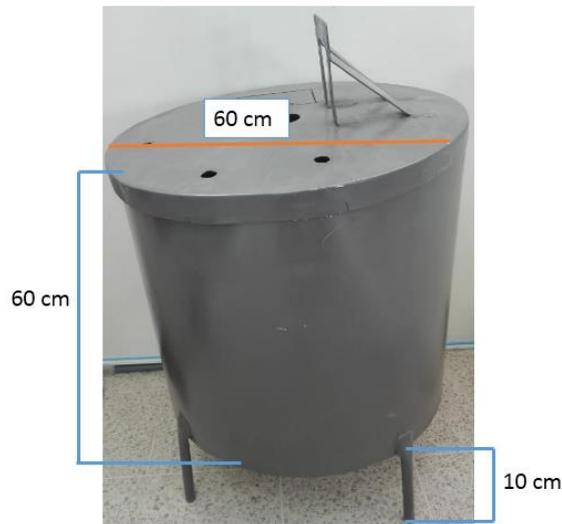


Figura 12 Tanque mezclador. Elaborada por el autor



Figura 13 Aspa mezcladora. Elaborada por el autor

Sensor ultrasónico ub800-18gm40-i-v1

Sensor que permite medir el nivel de la sustancia que se encuentra en el tanque mezclador con el fin de saber la cantidad de mezcla disponible en el tanque, y evitar algún tipo de rebose que se dé por alguna presentarse alguna falla en el sistema.

Algunas de sus características son:

- ✚ Rango de detección: 50 a 800mm
- ✚ Rango de ajuste: 70 a 800mm
- ✚ Zona ciega: 0 a 50mm
- ✚ Retardo de respuesta de 100ms
- ✚ Voltaje en el que trabaja: 10 a 30V.



Figura 14 SENSOR ULTRASÓNICO UB800-18GM40-I-V1. Pepperl+Fuchs, 2019

IOT2040

Dispositivo que permite el procesamiento, almacenamiento y transferencia de datos de los procesos que se requieran en el área industrial. Dispositivo de software libre que cuenta con las siguientes características:

- ✚ Procesador Intel Quark x1020
- ✚ 2 Puertos Ethernet
- ✚ 2 puertos RS232/485

- ✚ Fiables y robusto.
- ✚ Respaldo de batería
- ✚ 1GB de RAM, 8MB de Flash, 256KB SRAM
- ✚ 2 x 10/100 Mbps Ethernet RJ45

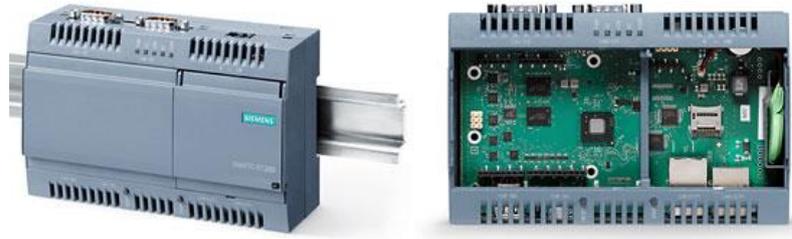


Figura 15 IOT2040. Siemens, 2017

Cables de red

Para hacer la comunicación entre todos los dispositivos necesarios para la automatización del proceso de mezclado (PLC – IOT2040 – SINAMIG G120 – HMI), se utilizó cables de red categoría 5e, ponchado de manera directa con la norma T-568B.

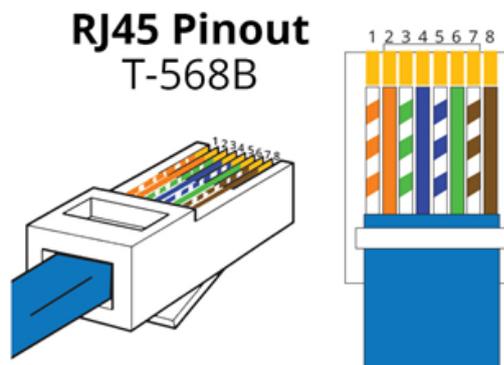


Figura 16 Norma TIA-568B. Cabrera, 2017

3.1.2 Componentes Lógicos

A continuación, se describe los componentes lógicos utilizados en la propuesta.

Tia portal v14

Software de ingeniería que permite manejar y configurar los procesos que deseamos automatizar, robusto, confiable y eficiente, su programación es basada en lenguaje KOP (Lenguaje de escaleras) y FUP (lenguaje por funciones), convirtiéndolo en uno de los softwares mayormente utilizados en el ámbito industrial.

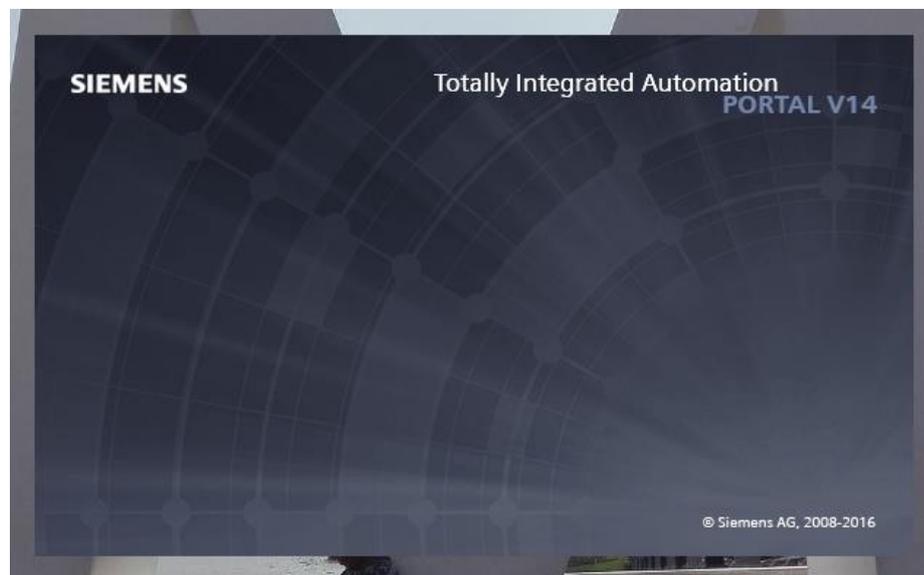


Figura 17 Portada de TIA PORTAL V14. Tia Portal V14

En la presente propuesta se utilizó el lenguaje de escaleras KOP para el desarrollo del mezclado de la pintura, ya que al poder trabajar con gráficos parecidos a contactos abiertos y cerrados facilita la programación del proceso, además, cuenta con funciones adicionales tales como: contadores, temporizadores, comparadores, matemáticas, etc.

Dopsoft

Este software de la empresa DELTA, a través de ilustraciones y animaciones que se pueden programar permite el monitoreo y manejo de los procesos a través de la pantalla HMI logrando así la comunicación HOMBRE-MÁQUINA que se requiere en el campo industrial.

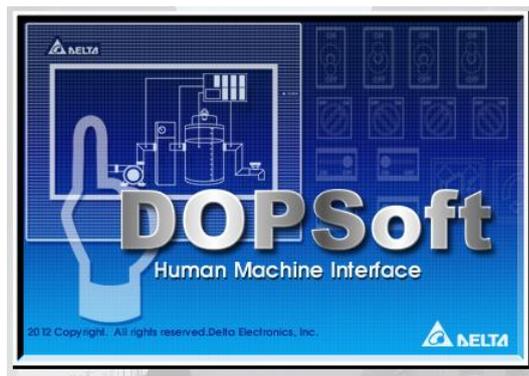


Figura 18. Portada de DOPSoft @Dopsoft

Kepserver ex 6.0

Es una plataforma servidora que permite conectar aplicaciones y dispositivos utilizados en el campo industrial con el fin de lograr el control y la recolección de datos del proceso que se está automatizando en tiempo real. Presenta un diseño que cumple con los estándares de calidad requeridos por la industria.

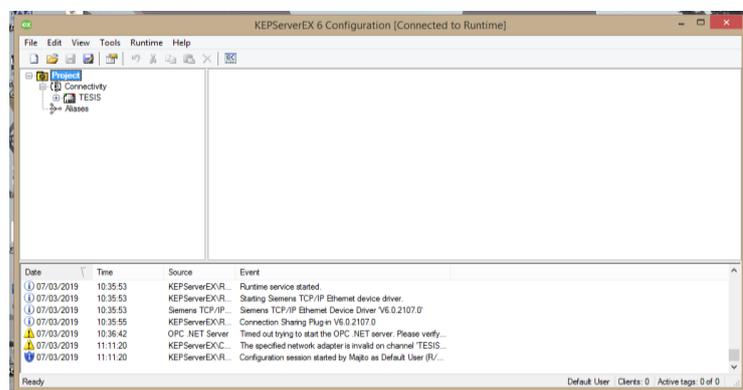


Figura 19 KepServer EX 6.0. Kepserver

Wonderware-Intouch

Software que brinda la oportunidad de visualizar datos del proceso que se está llevando a cabo por administradores y supervisores del área en tiempo real desde cualquier computador que este comunicado con el sistema.

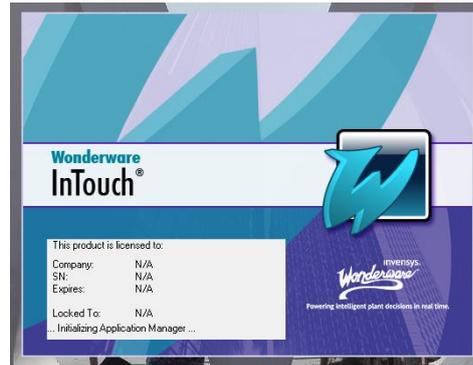


Figura 20 Portada de Intouch. Intouch

Putty

Es un software libre que otorga la comunicación con servidores permitiéndonos ejecutar comandos para su configuración. Este medio de comunicación se lo utiliza para lograr ingresar al dispositivo IOT 2040 y mediante líneas de comando instalar los complementos necesarios para que el hardware funcione de manera correcta cuando lo usemos durante la visualización de datos del proceso en internet.

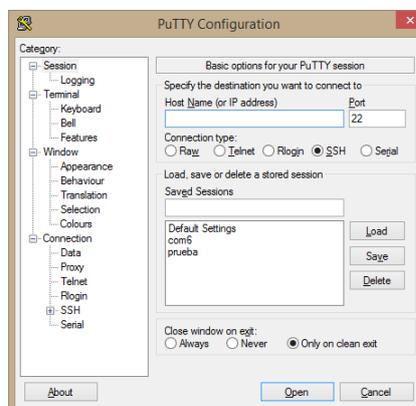


Figura 21 Interfaz de ingreso de PUTTY. Putty

Node red

Es una herramienta de programación visual que cuenta con una variedad de nodos que se puede conectar entre sí para lograr el envío y recepción de datos, brindando al usuario la posibilidad de conectar dispositivos y servicio brindados en la web de manera rápida fiable, y verás. Será el medio de comunicación que se utilizará para lograr la visualización de los datos del proceso de mezclado en la web.

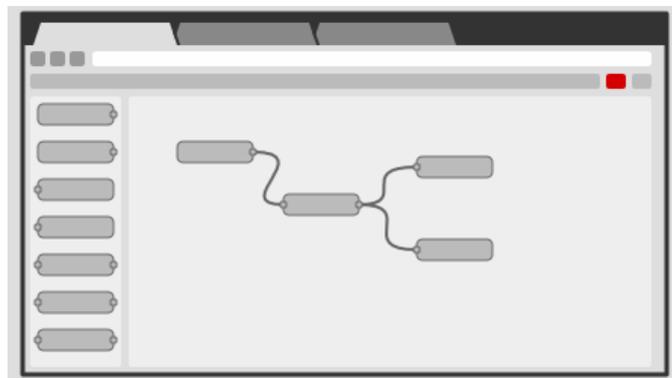


Figura 22 Editor de flujo NODE-RED. Node-Red, 2017

Freeboard.io

FreeBoard es una plataforma web de código abierto que accede a datos del node-red en tiempo real, permitiendo visualizar dicha información en su pantalla a través de medios gráficos como widgets, indicadores, etc.

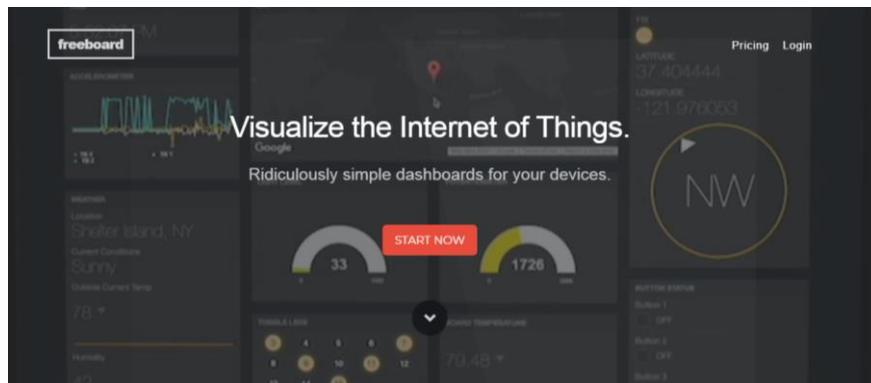


Figura 23 Portada de FreeBoard.io. Freeboard

3.2 DISEÑO DE LA PROPUESTA.

3.2.1 Implementación del prototipo del mezclado de pintura

En la presente propuesta se implementó un prototipo de mezclado de pintura para la demostración del funcionamiento de la planta. Para dicha implementación se utiliza 2 tanques plásticos cuyas dimensiones son de 89cm de alto por 54 cm de diámetro, alojando aproximadamente 55 galones de flujo, en su interior contiene agua simulando dos de los componentes más importante en la obtención de la pintura como son la resina y el solvente.

Un tercer tanque de acero galvanizado cumplirá la función de mezclador, contiene en su interior un aspa mezcladora fabricada de acero inoxidable, la misma que está conectada al motor trifásico que es el encargado de dar movimiento al aspa, este tanque también contiene a un lado una llave de paso que permite extraer el producto obtenido al final del mezclado, este motor está en ubicado en la parte superior del tanque arriba de la tapa, ajustado con pernos que mantiene la estabilidad del mismo, de esta manera se obtiene un mezclado parejo y con menos reboses.

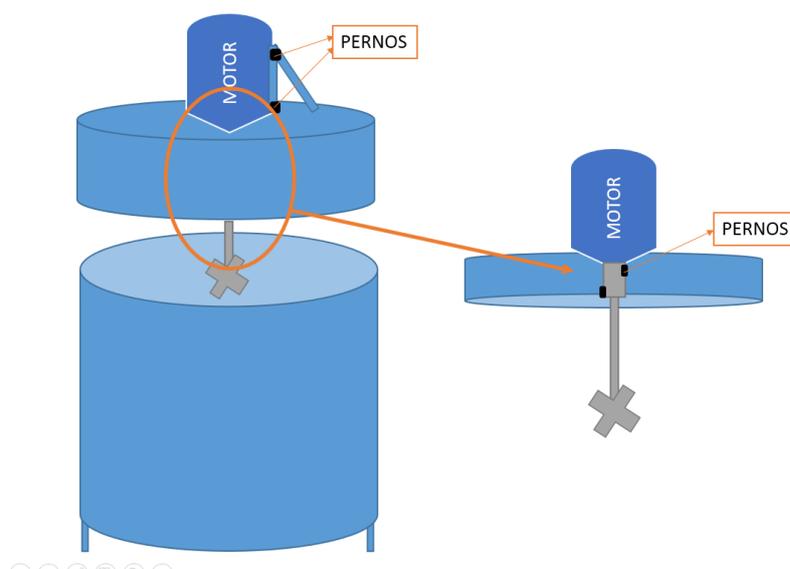


Figura 24 Esquema mecánico de ajuste de motor y aspa. Elaborado por el autor.

El motor está conectado al módulo que contiene variador de frecuencia SINAMICS G120 alimentado por 220 voltios, el cual permite manejar las diferentes velocidades que se requieren en las etapas del proceso de obtención de tintes.

Para el paso de los líquidos hacia el tanque de mezclado se utilizan dos bombas centrífugas alimentadas con 110 Voltios conectadas a los reservorios por medio de tuberías de ½ y 1 pulgada, y otros elementos tales como: codos, teflón, tampones, adaptadores.

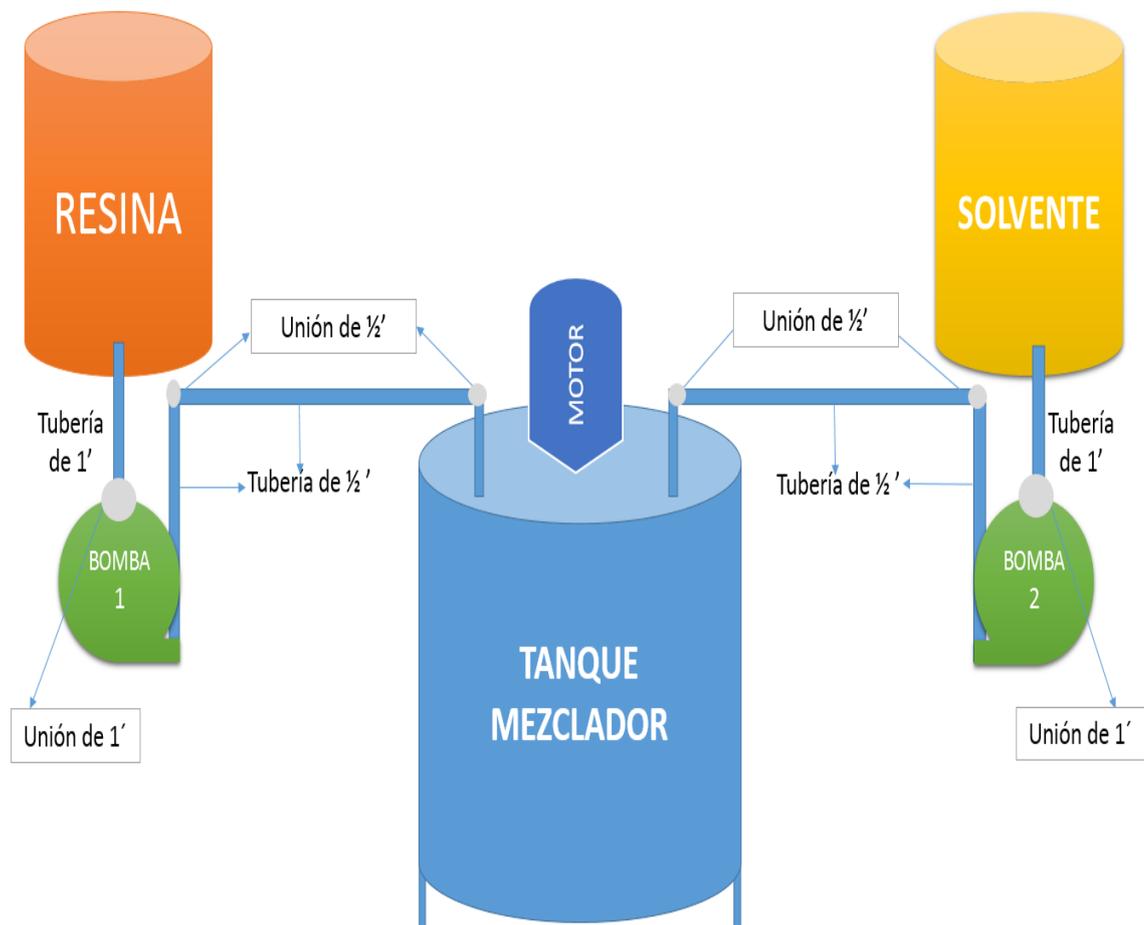


Figura 25 Diseño del sistema implementado. Elaborador por el autor

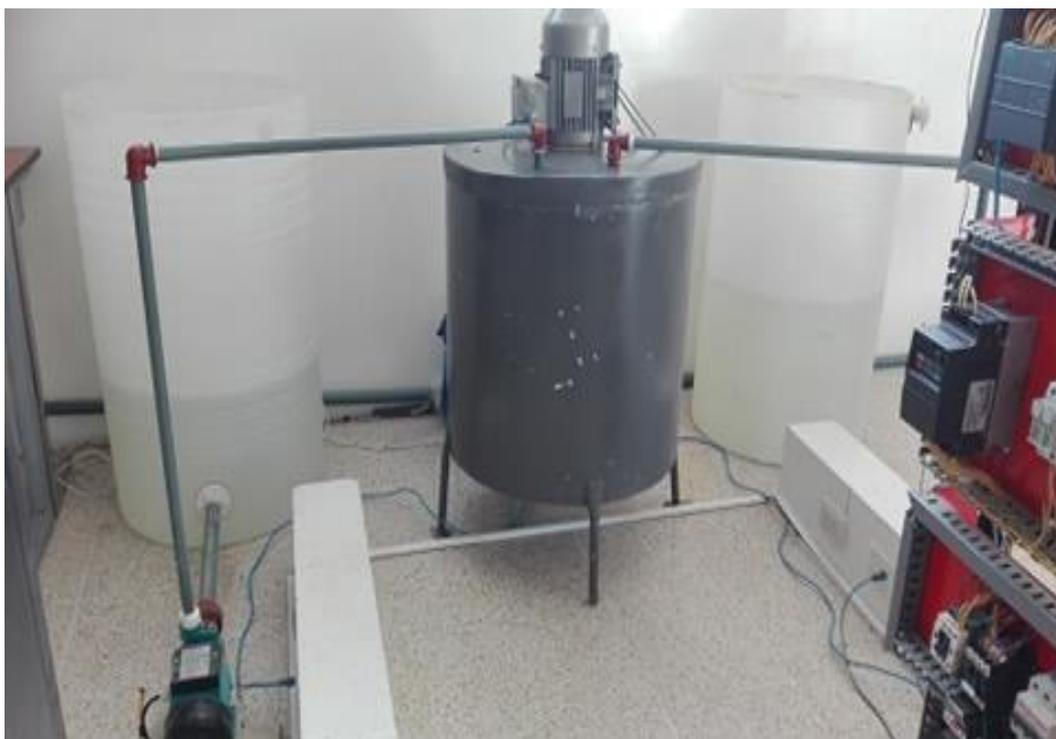


Figura 26 Implementación del prototipo de mezclado. Elaborada por el autor

3.2.2 Diagramas de conexión de elementos del sistema.

3.2.2.1 Diagrama topológico de conexión de equipos.

Para la comunicación de todos los equipos que se utiliza en la automatización y visualización de datos del mezclado, se conectan todos los equipos a la red empresarial, tal como se ve en la Figura 20, tomando en cuenta que el dispositivo IOT 2040 tiene que estar comunicado a internet ya que cumple la función de un servidor, enviado los datos a la plataforma web.

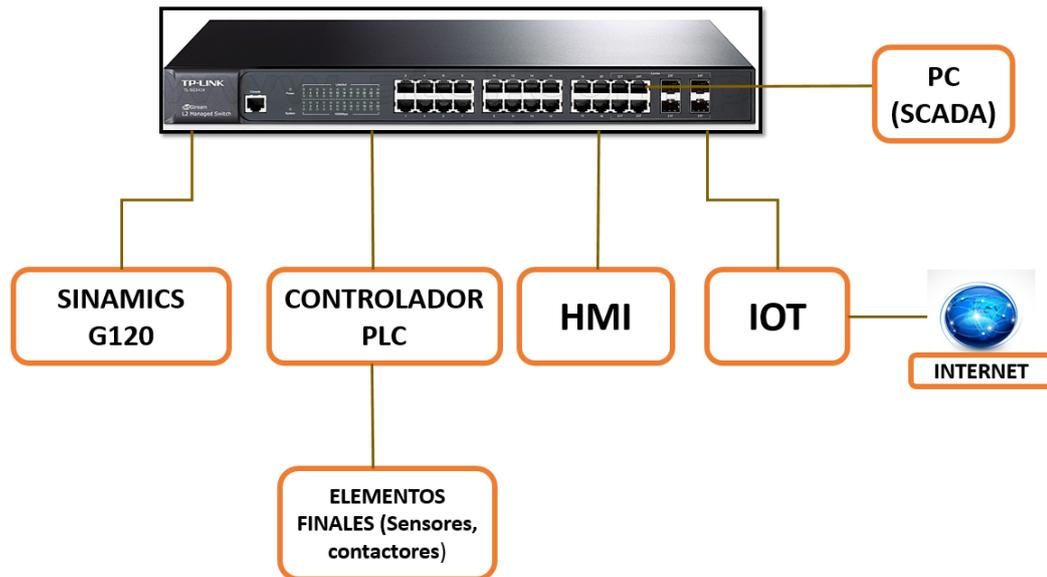


Figura 27 Diseño topológico de la conexión de equipos. Elaborado por el autor

Cada dispositivo cuenta con su dirección IP dentro de la red del proceso distribuidos como se observa en la tabla 6.

EQUIPO	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE RED
PLC S7-1200	192.168.0.67	255.255.255.0
PANTALLA HMI	192.168.0.61	255.255.255.0
VARIADOR DE FRECUENCIA	192.168.0.35	255.255.255.0
IOT 2040	192.168.0.69	255.255.255.0
PC-SCADA	192.168.0.65	255.255.255.0

Tabla 7 Diseño de Red de dispositivos. Elaborado por el autor

3.2.2.2 Diagrama eléctrico de las bombas

Las bombas monofásicas utilizadas en la automatización del proceso están conectadas al PLC a través de contactores que están alimentados por un breaker conectado al voltaje requerido.

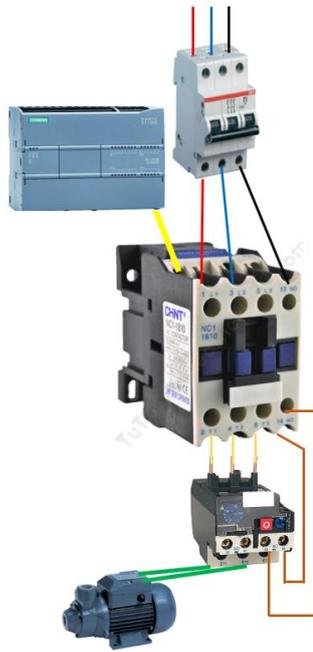


Figura 28 Diagrama eléctrico de conexión de la bomba. Elaborado por el autor

3.2.2.3 Diagramas de conexión del sensor ultrasónico de nivel

Al ser un sensor ultrasónico la señal que envía al PLC es de tipo analógico, pero debemos tomar en cuenta que el controlador recibe este tipo de señales por medio de voltaje y el sensor envía datos por medio de amperaje ya que trabaja de 4 a 20 mA., por lo que es necesario conectar una resistencia de 500ohms al sensor para que el PLC pueda recibir la señal adecuada y poder hacer una lectura correcta del nivel.

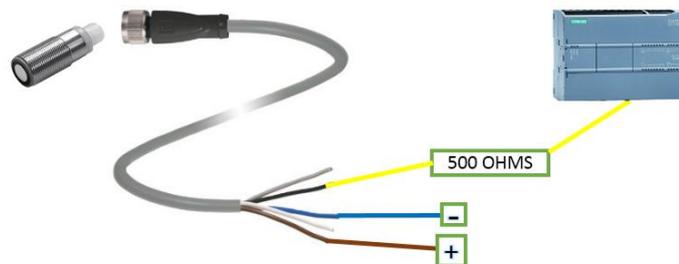


Figura 29 Diagrama de conexión de sensor. Elaborado por el autor

3.2.2.4 Conexión del SINAMIC IOT204

Este dispositivo debe estar alimentado por una fuente externa de 12 voltios en su interior cuenta con una tarjeta de memoria, además, debe estar conectado mediante un puerto Ethernet a la red industrial y del otro una red internet con la que pueda trabajar.

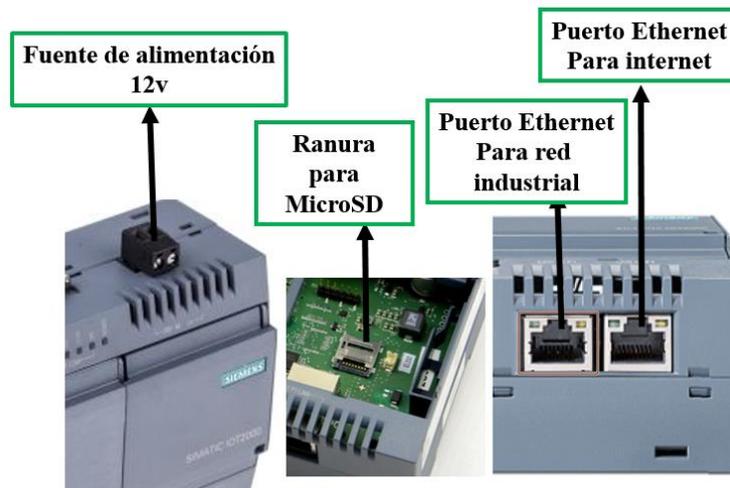


Figura 30 Conexiones al IOT 2040. Elaborado por el autor

3.2.3 Configuración, Programación y funcionamiento del sistema de mezclado.

Como se mencionó anteriormente para que todos los dispositivos estén conectados entre sí deben estar agregados a una misma red local, sin embargo, en cada uno de ellos se debe realizar ciertas configuraciones para que la comunicación sea óptima y precisa. Empezamos asignado una dirección IP a nuestro controlador lógico programable, para este proyecto nuestro PLC contara con la dirección 192.168.0.67, con mascara de subred 255.255.255.0, tal como se ve en la figura 24.



Figura 31 Asignación de la dirección IP en el PLC. Elaborado por el autor

3.2.3.1 Comunicación entre PLC S7-1200 Y Variador SINAMIC G120

Para lograr la comunicación entre estos dos equipos a través de la tecnología PROFINET se utiliza el software TIA PORTAL. Si nuestro variador de frecuencia es nuevo se le debe asignar una dirección IP que este dentro de nuestro rango de red local en este caso se utilizó la IP 192.168.0.30 para que nuestros dos dispositivos estén en red.

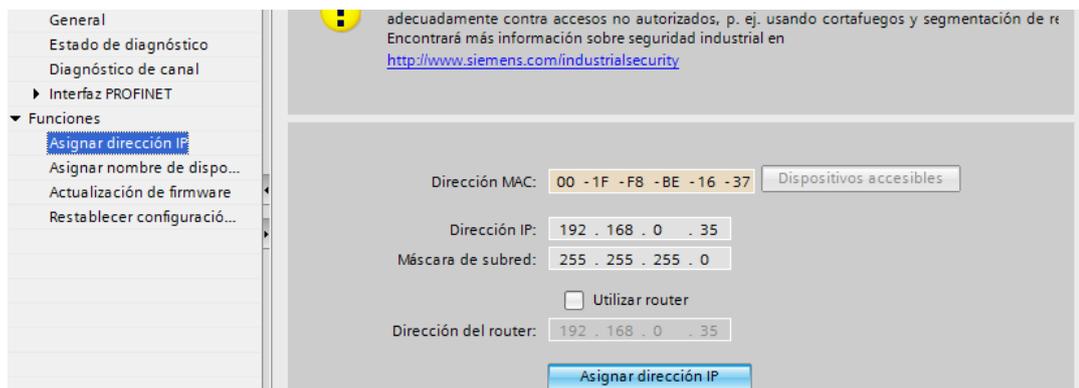


Figura 32 Asignación de la dirección IP en el variador. Elaborado por el autor

Una vez configurado este parámetro se procede a crear un nuevo proyecto para empezar la conexión entre el variador y el controlador. Se debe agregar el dispositivo en el proyecto por buscándolo en el catálogo de TIA PORTAL > Otros

dispositivos de campo > PROFINET IO >DRIVERS > SIEMENS AG> SINAMICS> SINAMICS-G120SV-PN, se le procede a cambiar el nombre del dispositivo y a conectarlos con el PLC como se muestra en la Figura 25. Una vez terminada esta conexión, se accede al variador en dentro de las opciones del catálogo se accede a submódulos y se agrega al variador el TELEGRAM Estándar 1, para que se pueda acceder a las palabras de mando del motor.

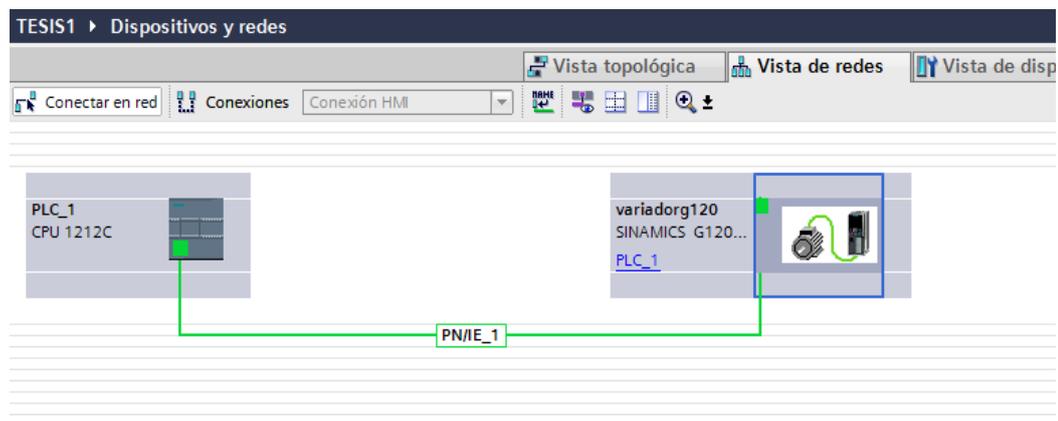


Figura 33 Conexión entre PLC y SINAMICS G120. Elaborado por el autor.

3.2.3.2 Programación del proceso.

Como todo proceso en el campo industrial se debe contar con control manual y uno automático. Se procede a declarar las variables a utilizar en todo el proceso, los contactos que encienden cada bomba, cada etapa de mezclado y las salidas, tomando en cuenta que parte de este proceso es simulado por lo que no es necesario asignar las entradas y salidas físicas que tiene el PLC en caso de no usarlas. Como se puede observar en la Figura 27, la declaración de una variable no es complicado, simplemente se coloca el nombre que le queremos asignar, el tipo de dato y la dirección de la variable, que puede ser de memoria, de entrada, o de salida.

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Coment
1	On-resina	Bool	%M2.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	BombaResina	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Manual	Bool	%M6.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Nombre de la Variables

Tipo de dato

Dirección

Figura 34 Declaración de variables para el proceso. Elaborado por el autor

El proceso consta un botón de inicio de sistema, que será el encargado del encendido del mismo, luego de esto se debe escoger la forma en la que se llevará a cargo el proceso, ya sea MANUAL o AUTOMÁTICO. Si se accede de forma manual al proceso entonces cada bomba tendrá su encendido y apagado de tal manera que al accionar uno de las señales de entrada se active una bobina de salida que encienda la bomba que traspassa uno de los cinco componentes que son necesarios al momento de fabricar el tinte, puede ser solvente, resina, agua, polvos o dispersante o de paso a alguna otra fase del proceso mezclado.

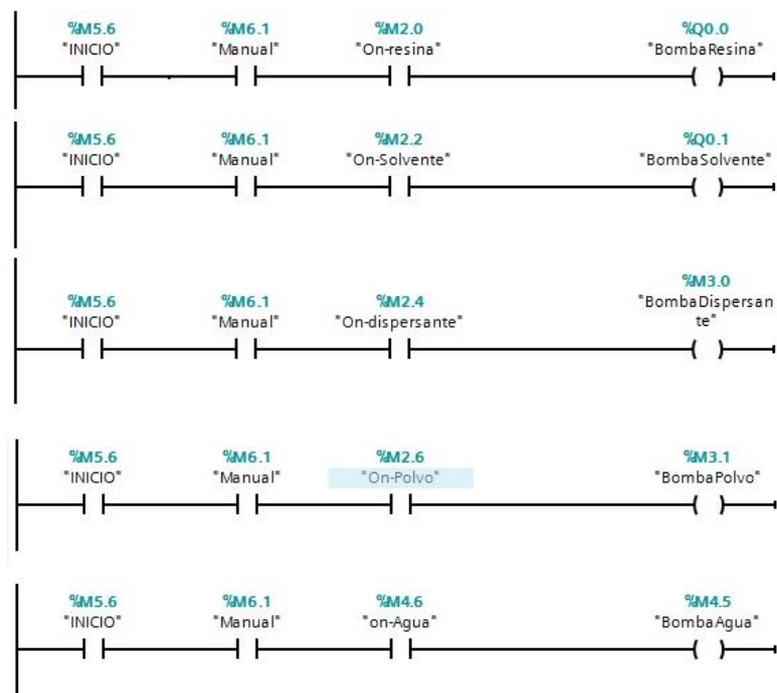


Figura 35 Programación de encendido manual de bombas Elaborado por el autor.

El encendido del motor que está conectado al variador de frecuencia, se acciona a través de palabras de mando, que vienen dadas por el Sinamics G120. La palabra guardada en la memoria %QW64:P, donde se asigna un valor hexadecimal, que es la que prepara al variador para su funcionamiento, es decir imprime la velocidad programada en el motor.

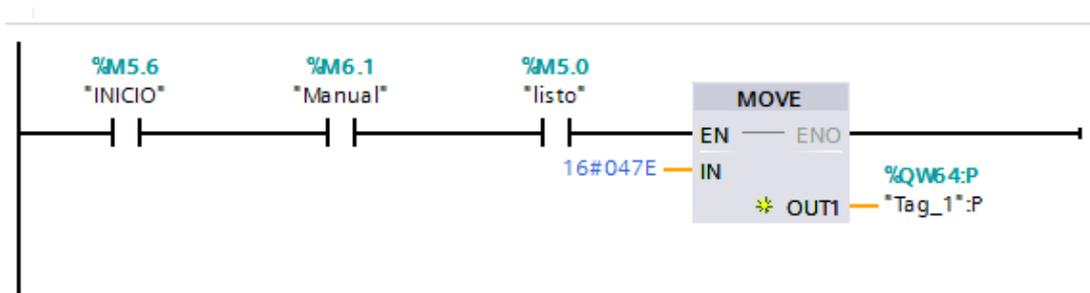


Figura 36 Programación del On/Off Motor. Elaborado por el autor

Una vez encendido el variador se imprime las velocidades ya determinadas para cada una de las cuatro etapas que conlleva el proceso de mezclado: dispersión 1, dispersión 2, estabilización y emulsificación. La palabra que pone en modo RUN al variador se la asigna con valor hexadecimal en %QW64:P, mientras que la velocidad va dada según la consigan y las revoluciones por minuto que trabaje el motor y es asignada en %QW66:P.

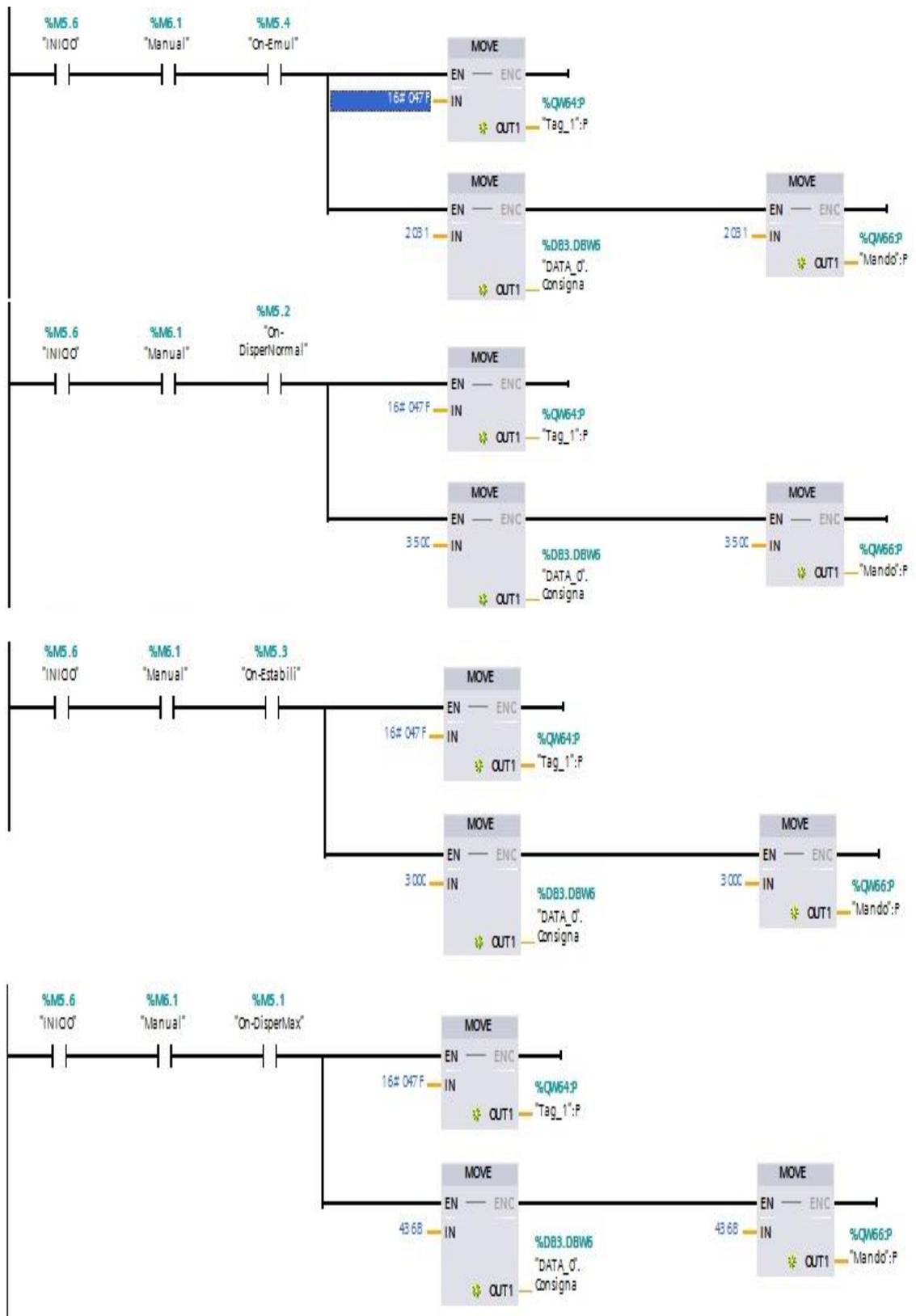


Figura 37 Programación manual de etapas de Motor. Elaborado por el autor.

Por otro lado, si escogemos la opción de fabricación de manera automática, inmediatamente se procede a escoger el tipo de receta que queremos elaborar sea esta receta 1 o receta 2, cada una tiene sus tiempos específicos en bombeos de producto y en las etapas de mezclado.

Los tiempos durante la ejecución de la RECETA1 en este prototipo están asignados como se describen en la tabla 7. Cabe recalcar que los tiempos que se presentan de la industria real son extraídos del trabajo “Control automático del sistema de mezcla de tintes en Pinturas Cóndor”.

ETAPA	TIEMPO DE	TIEMPO DE
	EJECUCION EN LA INDUSTRIA REAL	EJECUCION EN EL PROTOTIPO
Bombeo de resina	30 minutos	2 minutos 15 segundos
Bombeo de Dispersante	2 minutos	10 segundos
Etapas de dispersión 1	5 minutos	25 segundos
Bombeo de Solvente	20 minutos	1 minuto
Bombeo de Polvos	2 minutos	10 segundos
Etapas de dispersión 2	4 horas	3 minutos
Etapas de Estabilización	30 minutos	1 minuto
Bombeo de Resina	20 minutos	15 segundos
Bombeo de Solvente	20 minutos	15 segundos
Etapas de emulsificación	4 minutos	18 segundos
Bombeo de agua	1 minuto	5 segundos

Tabla 8 Tiempos de RECETA1. Elaborado por el autor

Los tiempos durante la ejecución de la **RECETA2** se describen en la tabla 8.

ETAPA	TIEMPO DE	TIEMPO DE
	EJECUCION EN LA INDUSTRIA REAL	EJECUCION EN EL PROTOTIPO
Bombeo de resina	22 minutos	2 minutos
Bombeo de Dispersante	2 minutos	10 segundos
Etapa de dispersión 1	5 minutos	25 segundos
Bombeo de Solvente	15 minutos	30 segundos
Bombeo de Polvos	2 minutos	10 segundos
Etapa de dispersión 2	4 horas	3 minutos
Etapa de Estabilización	30 minutos	1 minuto
Bombeo de Resina	15 minutos	10 segundos
Bombeo de Solvente	15 minutos	10 segundos
Etapa de emulsificación	4 minutos	18 segundos
Bombeo de agua	1 minuto	4 segundos

Tabla 9 Tiempos de RECETA2. Elaborado por el autor

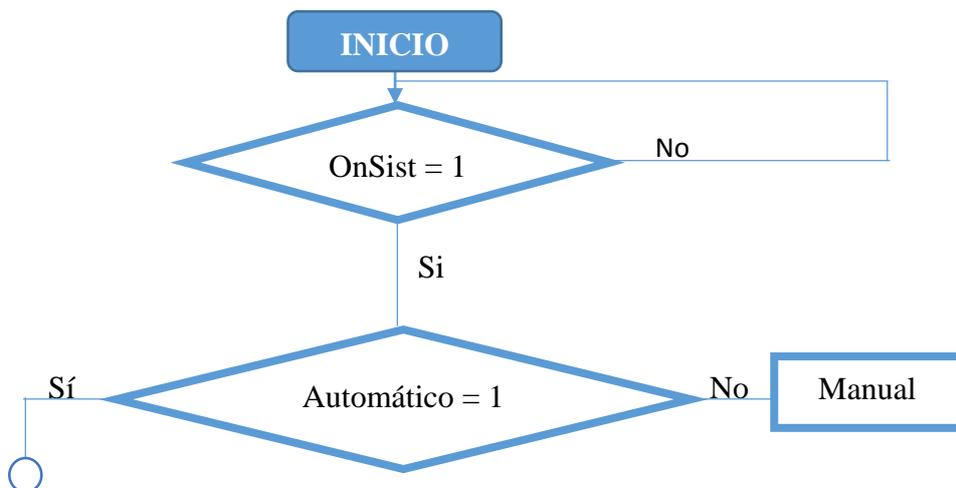
En esta parte de la programación se utilizan temporizadores que permiten el control exacto del tiempo programado en el TIA PORTAL, a cada uno de ellos se le asignan una base de datos por defecto, en ella se ingresa el tiempo en el cual el temporizador cumplirá la función (PT), la variable donde se almacena el valor por el cual se ejecuta el temporizador (ET), la señal de entrada que activa el temporizador (IN) y la señal de salida (Q).

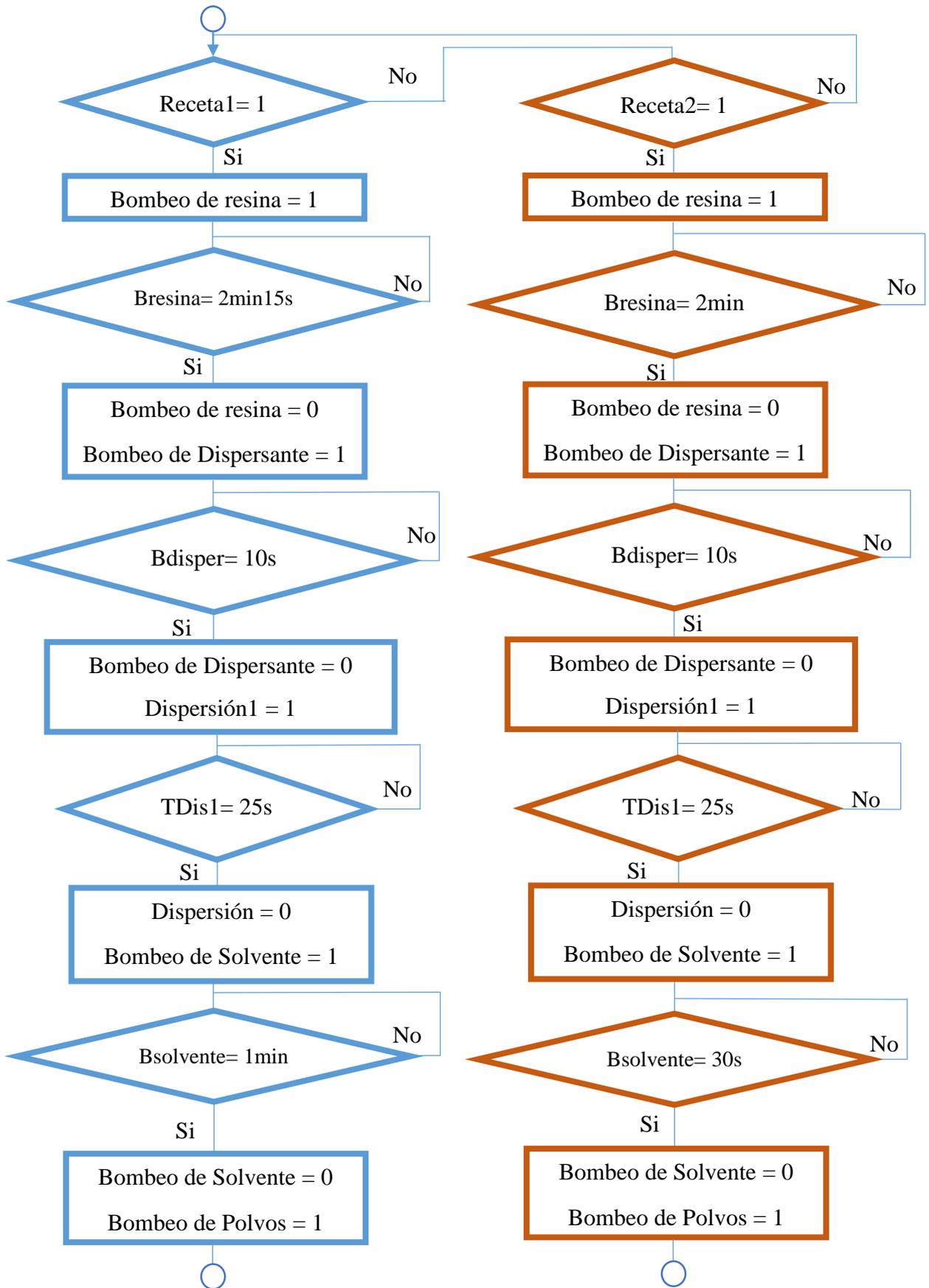


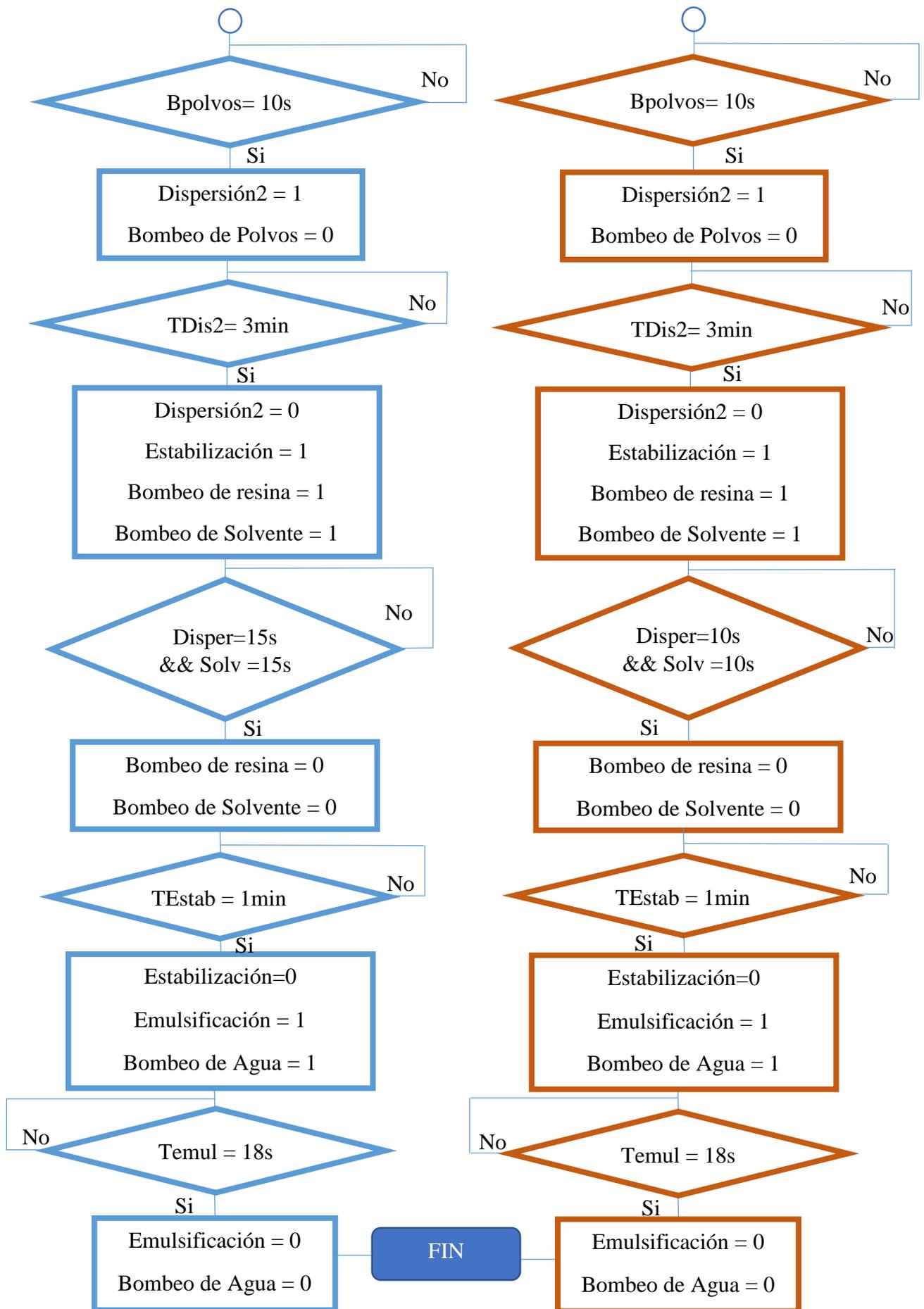
Figura 38 Programación de temporizadores. Elaborado por el autor.

Una de las partes fundamentales del proceso es saber el momento exacto en el que se debe encender el motor y las velocidades que se le debe asignar para que el proceso de mezclado sea exitoso. Como se mencionó anteriormente el variador de frecuencia trabaja por medio de palabras de mando que envían las consignas de velocidad para que el motor funcione es por ellos que la programación automática del sistema también utiliza comparadores, que sirven para no apagar el variador durante la ejecución, sino simplemente dejar su consigna en 0 mientras se realiza algún otro proceso, por lo que la programación del proceso de forma automática de las recetas queda de la siguiente manera:

Figura 39 Diagrama de flujo de forma automática de la receta1. Elaborado por el autor.







La receta 2 funciona de la misma manera lo que varía son los tiempos de bombeo. Cada proceso en donde se utiliza un dato de consigna de velocidad cuenta con un bloque que guarda el dato en una base de datos y con un bloque de conversión matemático que permite las revoluciones por minuto de cada etapa. Tiene un bloque programado para el PARO de emergencia en saber caso que se necesario. Cuenta también con un sensor de nivel analógico que mide la cantidad de producto que está en el recipiente una vez terminado el mezclado, para proceder al traspaso de la pasta al reservorio.

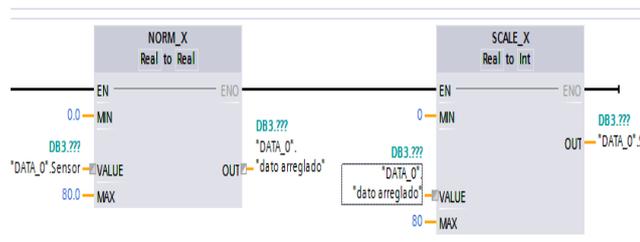


Figura 40 Programación del sensor. Elaborado por el autor

3.2.3.3 Interfaz hombre- máquina

Para el manejo del proceso en el campo se diseña una interfaz gráfica en la pantalla HMI, la misma que debe ser configurada asignándole primero la dirección IP correspondiente al dispositivo en esta caso la 192.168.0.61.



Figura 41 Cambio de Ip en la pantalla HMI. Elaborado por el autor.

A través del software DOPsoft realizamos la programación gráfica para el proceso industrial pero lo primero que se debe realizar es la configuración de la comunicación mediante Ethernet. Al abrir un nuevo proyecto en el software nos aparece una ventana que nos permite elegir el modelo de pantalla con la que contamos (DELTA DOP-B03E211), luego de esto nos aparece una ventana en la cual se agrega el tipo de comunicación que se utiliza asignando la dirección IP del controlador lógico de donde procede la información para el manejo del proceso desde la pantalla y la dirección IP que ya se asignó al dispositivo anteriormente, configurándolo como se muestra en la Figura43 y 44.

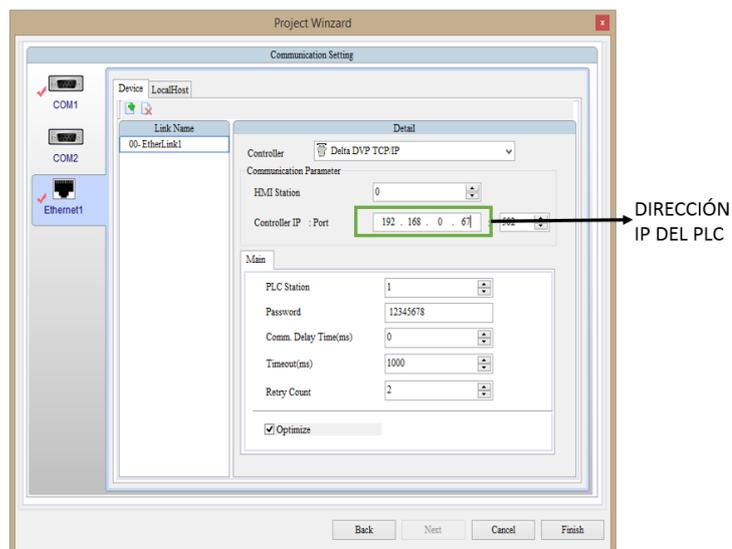


Figura 42 Configuración de la comunicación Ethernet en dopsoft. Elaborado por el autor.

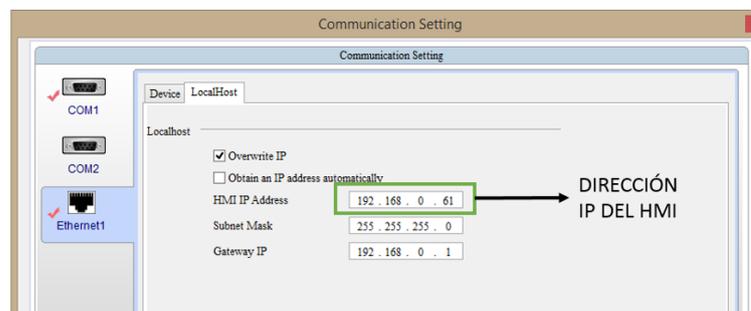


Figura 43 Asiganción de dirección IP del Hmi. Elaborado por el autor

Culminada la configuración se realiza el diseño de las pantallas que se presentan en el HMI. La primera pantalla es el ingreso al sistema donde el operador digita la contraseña de acceso dando paso a la pantalla de control que le da apertura al manejo del sistema, en la misma se inicia el proceso y se selecciona la forma en la que se va a llevar a cabo el proceso.

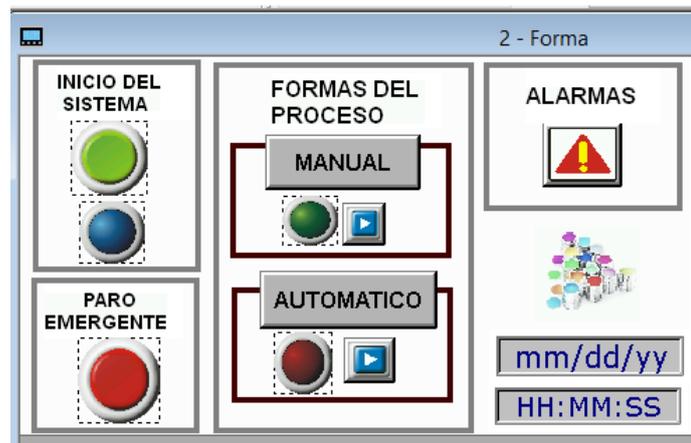


Figura 44 Pantalla de inicio del sistema. Elaborado por el autor.

Si el proceso es de forma manual se dirige a las pantallas de bombeo de producto y etapas de mezclado del sistema, en donde el operador tiene el control de accionar las bombas y el mezclado por el tiempo que el desee como se muestra en la figura 48. Cada tanque tiene un indicador de nivel y un pulsador que simula un sensor que indica si el tanque tiene nivel bajo.

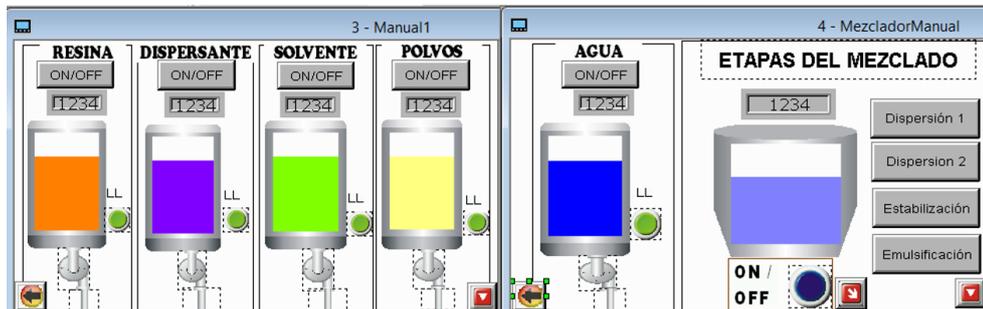


Figura 45 Proceso de forma manual. Elaborado por el autor

Si el proceso es de forma automática accede a la pantalla de selección de receta como se muestra en la figura 49. Una vez escogida la receta de inmediato empieza a funcionar el sistema pudiendo visualizar el proceso en la pantalla de la receta seleccionada la misma que cuenta con indicadores de nivel, indicadores de accionamiento de las bombas e indicador de la etapa de mezclado que está llevando a cabo como se muestra en la figura 50.



Figura 46 Pantalla de selección de recetas. Elaborado por el autor

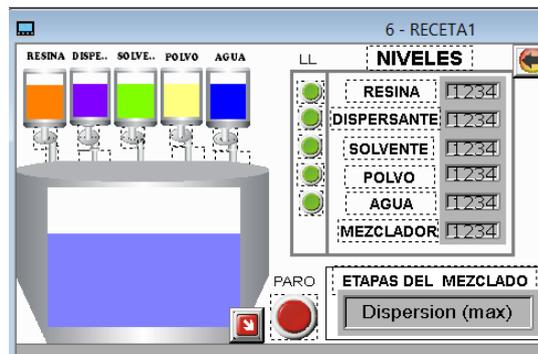


Figura 47 Pantalla de receta. Elaborado por el autor

Debajo de cada tanque mezclador se presenta un botón que da el acceso a la pantalla que permite ver parte de la información del motor la consigna de velocidad en la que se encuentra y los revoluciones por minuto que las que se lleva cada etapa de mezclado.\

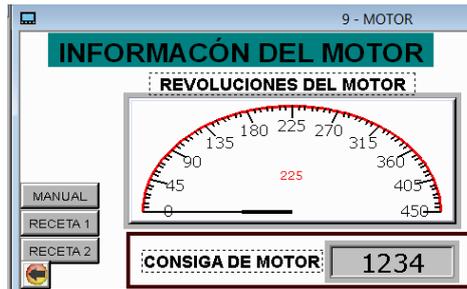


Figura 48 Pantalla de información del Motor. Elaborado por el autor

Existe también pantallas de alarmas que permiten visualizar la alarma que está activa, un indicador para mostrar en dónde se produce la falla y un historial de alarmas para ver todas las que se han presentado a lo largo del proceso.

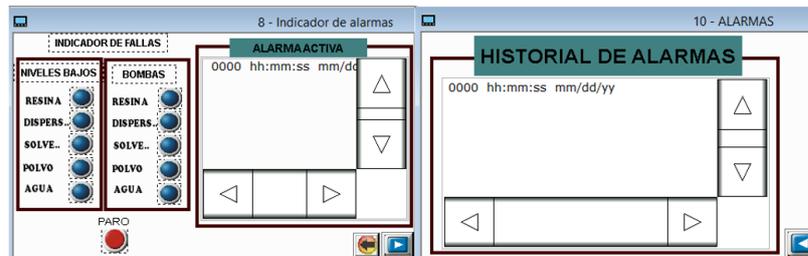


Figura 49 Pantallas de Alarmas. Elaborado por el autor

3.2.3.4 Interfaz SCADA

Configuración del KepServerEX 6.0

Con el fin de lograr una comunicación óptima entre el PLC y el computador se utiliza el servidor KepServerEX 6.0, configurando el dispositivo al que tendrá acceso, el canal de comunicación, y las variables que se usan en el proceso.

Para la **configuración del canal** seleccionamos **CLICK TO ADD A CHANNEL** e ingresamos los datos solicitados: Nombre del canal, adaptador de red y el tipo del canal que escogeremos será: Siemens TCP/IP Ethernet.

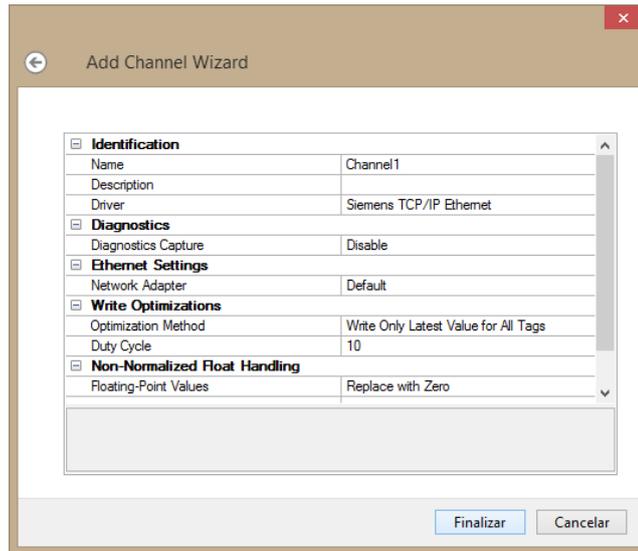


Figura 50 Configuración del canal de comunicación. Elaborado por el autor

Una vez culminado la configuración del canal, se procede a **configurar el dispositivo** seleccionando la opción **CLICK TO ADD A DEVICE** en donde configuraremos el nombre del dispositivo: PLC, modelo: S7-1200 y la IP del controlador: 192.168.0.67.

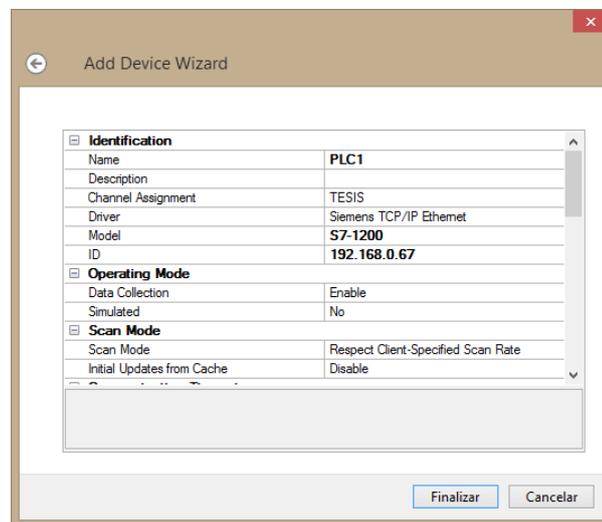


Figura 51 Configuración del dispositivo. Elaborado por el autor

Una vez terminada la configuración de todo el kepsserver, se procede al ingreso de las variables que se necesitan para el manejo desde el sistema SCADA. Al ingresar

a la ventana se colocan tres campos obligatorios que son: el nombre de la variable que vamos a utilizar, la dirección que tiene la misma y el tipo de variables.

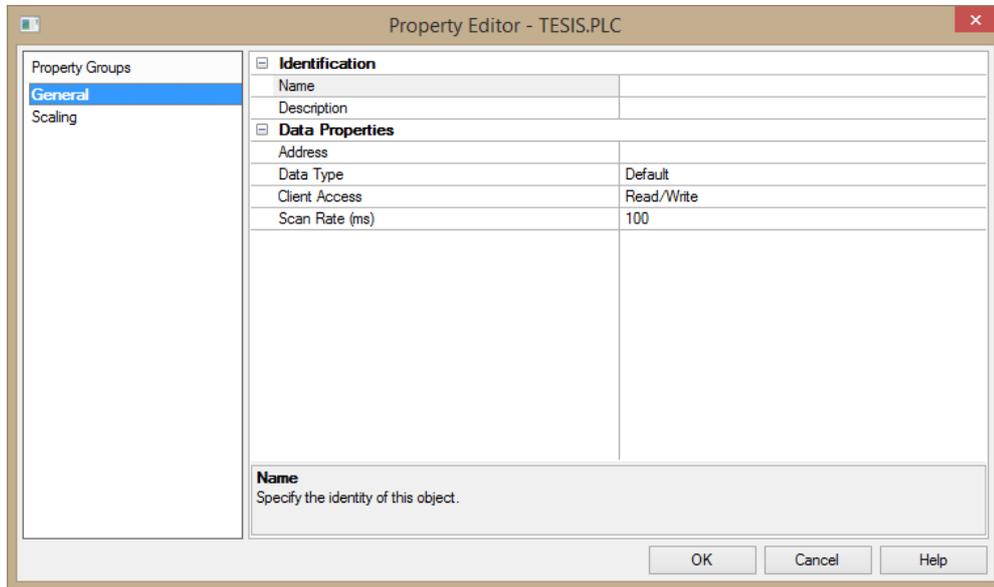


Figura 52 Ingreso de variables en Kepserver. Elaborado por el autor.

Configuración del software.

Como en todo programa lo primero que se debe hacer es la configuración para lograr la comunicación entre el PLC y el software INTOUCH, para esto se definen dos parámetros fundamentales que son la configuración del ACCESS NAME, y el TAGNAME.

Se ingresa al INTOUCH y creamos un proyecto nuevo asignándole el nombre que deseamos, una vez dentro de la pantalla principal nos dirigimos a la barra de menú. Opción SPECIAL > Access Name apareciendo una pantalla en la que añadiremos el nombre del acceso, y el Topic Name que debe ser igual al creado en el Kepserver.

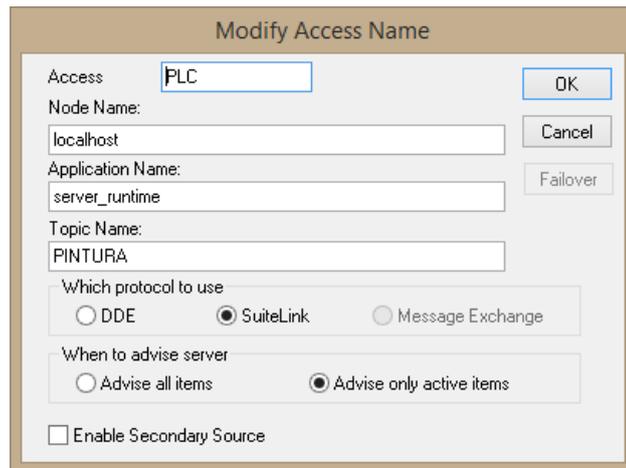


Figura 53 Configuración del Access Name. Elaborado por el autor.

La configuración del TAGNAME consiste en el ingreso de las variables que se utiliza para el manejo del sistema desde el SCADA, configurando el nombre de la variable, su tipo, su dirección y la definición del Access Name tal como se muestra en la figura 55.

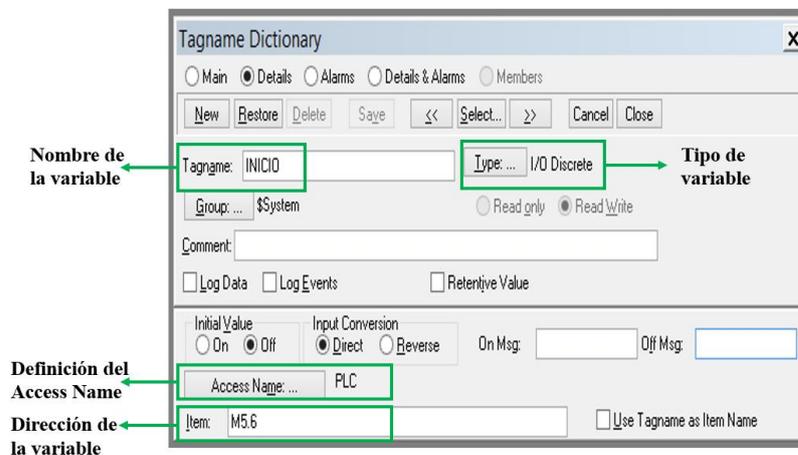


Figura 54 Configuración del Tagname. Elaborada por el autor

Diseño del SCADA del sistema de mezclado.

Culminado la configuración se empieza con el diseño de la interfaz grafica que permite el manejo del sistema de mezclado desde la computadora

✚ Pantalla de inicio del sistema.

Esta cuenta con el ingreso de usuario y contraseña, ya sea como operador o como supervisor del sistema con lo que se permite acceder al menú de opciones para podemos dirigirnos a la pantalla del proceso, las alarmas activas o el historial de alarmas que se han producido durante el proceso.



Figura 55 Pantalla principal de ingreso. Elaborado por el autor



Figura 56 Pantalla con el menú de acceso. Elaborado por el autor.

✚ Pantalla del proceso.

Dependiendo del usuario que se haya ingresado se muestra la pantalla del proceso correspondiente. Si el usuario es un supervisor se puede visualizar en la pantalla indicadores mostrando el estado del proceso ya sea manual o automático, el nivel del tanque de llenado y las revoluciones en caso de que el motor este llevando a cabo una etapa de mezclado.

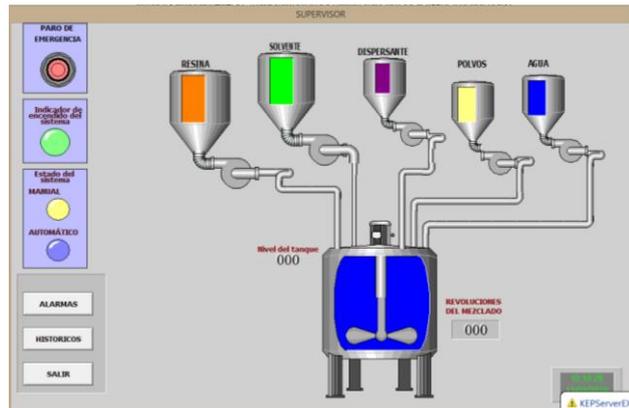


Figura 57 Pantalla del proceso para el Supervisor. Elaborado por el autor

Si el usuario que se ingresa es un operador se observa una pantalla de proceso completa, es decir, permite el encendido apagado y control de todo el sistema mediante el PC.

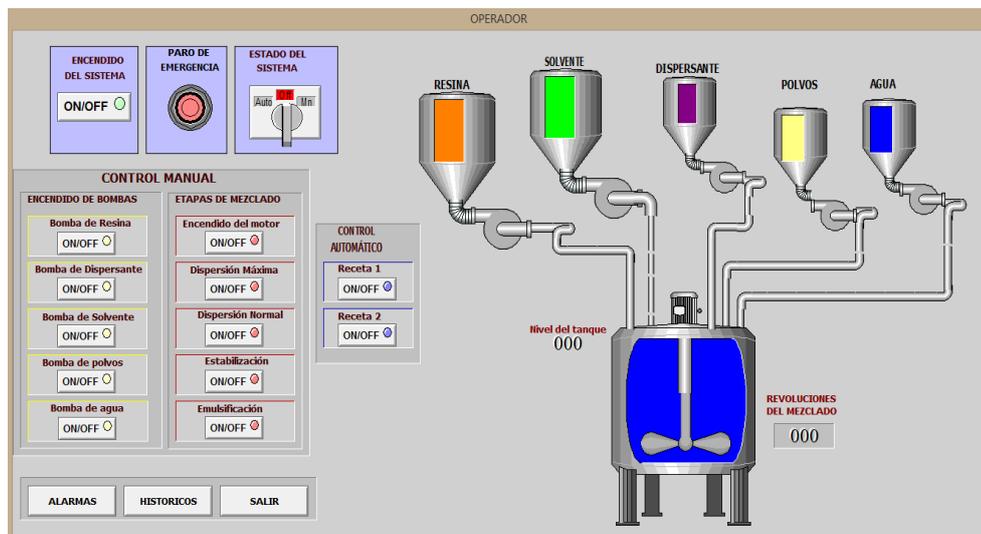


Figura 58 Pantalla principal para el operador. Elaborada por el autor

🚨 Alarmas del sistema e históricos de alarmas.

Como todo proceso industrial se puede visualizar una pantalla donde se muestran las alarmas que se hayan activado a lo largo del sistema y una pantalla

de historial de alarmas con el fin de contar con información para poder revisar los errores y corregirlos.

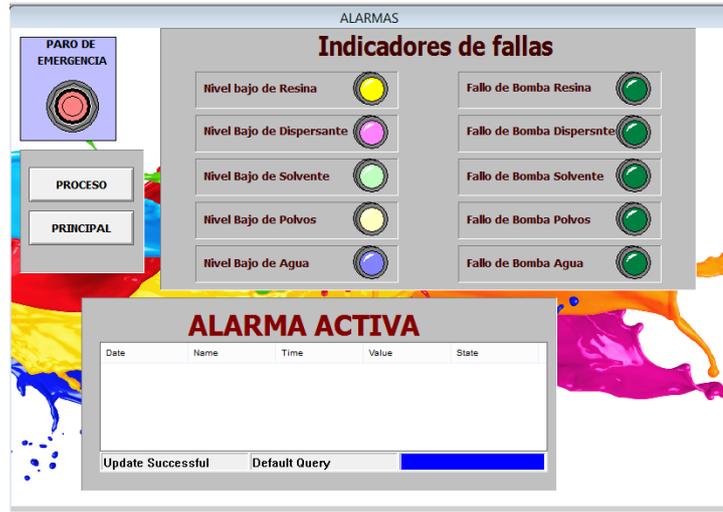


Figura 59 Pantalla de alarmas activas. Elaborado por el autor



Figura 60 Pantalla de historial de alarmas. Elaborado por el autor

3.2.3.5 Comunicación IOT 2040.

CONFIGURACION DE LA SD

Para poder comunicar los datos desde el PLC hasta el dispositivo IOT2040 se requiere quemar una imagen en una tarjeta SD con capacidad mayor a 8Gb a través del software **Win32 Disk Imager -1.0**, dicha imagen se puede descargar desde la

misma página de siemens y sirve para acceder al dispositivo y ampliar su rango de memoria. La tarjeta Micro SD se coloca en la ranura con la que cuenta el SIMATIC

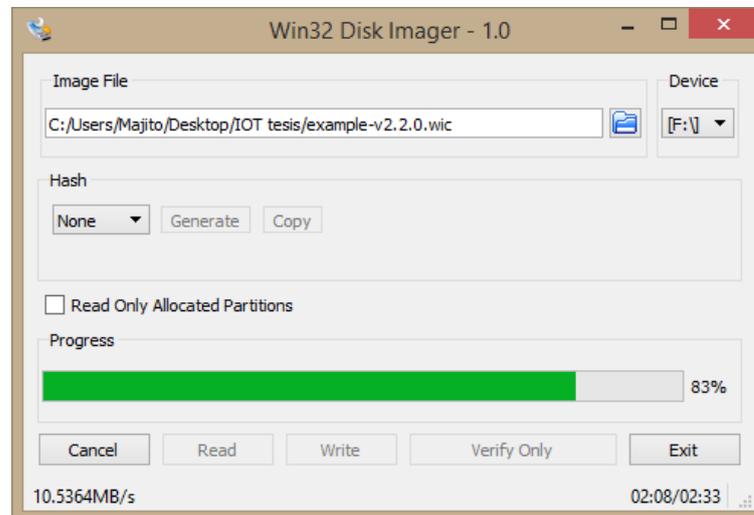


Figura 61 Instalación de imagen en la SD. Elaborado por el autor

CONFIGURACIÓN DEL DIPOSITIVO USANDO PUTTY

La imagen quemada en la tarjeta SD trae por defecto la dirección IP 192.168.200.1 por lo que, para poder acceder al dispositivo, el computador con el que se configura el IOT debe contar con una dirección IP en este rango.

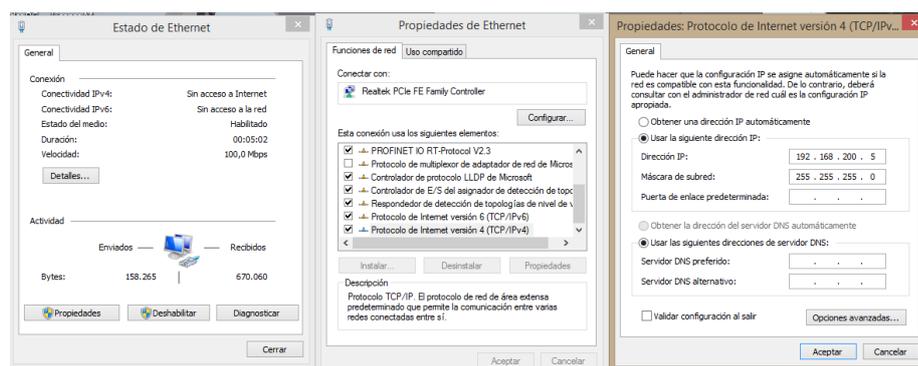


Figura 62 Configuración de la dirección IP de la PC. Elaborado por el autor

Utilizamos el software putty, colocando como HOST NAME la dirección IP por defecto que trae el dispositivo. 192.168.200.1 para poder ingresar al sistema del SINAMIC.

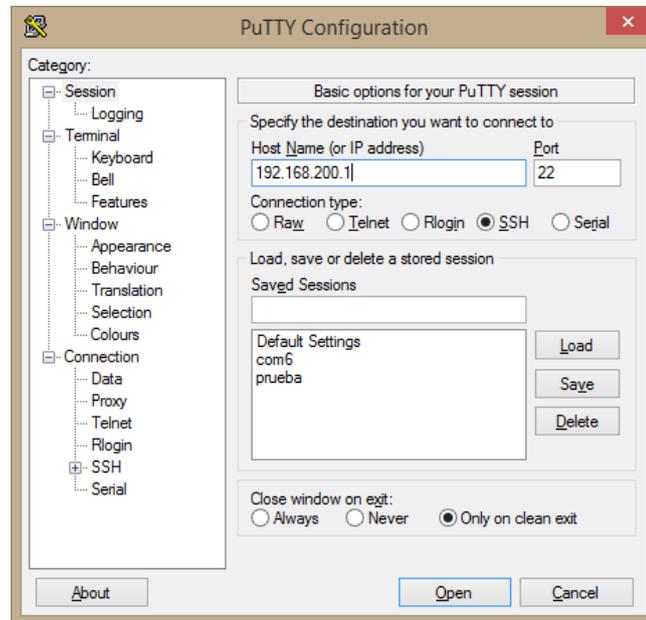


Figura 63 Acceso al IOT 2040. Elaborado por el autor.

Aparece una pantalla de acceso en la que nos pide el usuario que por defecto es **root** y así otorgarnos el acceso al sistema y poder cambiarle la dirección IP con el fin de que se encuentra dentro de nuestra red industrial. Para ello digitamos el comando **iot2000setup**.

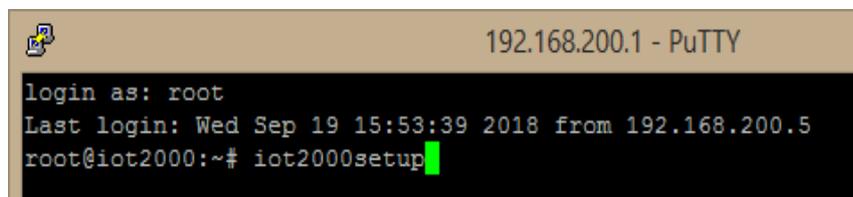


Figura 64 Ingreso al dispositivo. Elaborado por el autor

Ingresa a un cuadro como se aprecia en la figura 68, en donde nos escogeremos la opción **Networking** en donde se configura los siguientes parámetros:

Ethe1: 192.168.0.69.

Ethe2: dhcp.

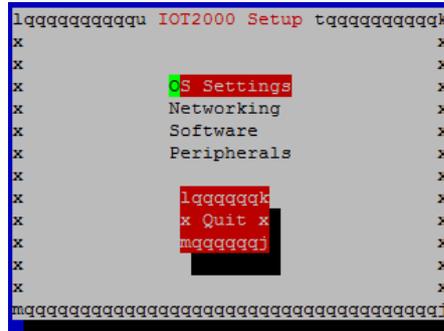


Figura 65 Iot setup. Elaborado por el autor

Una vez configurada la dirección IP del IOT2040, regresamos a colocar la dirección IP anterior de nuestra PC porque con esta pequeña configuración todos los dispositivos que se utilizan en el sistema ya están dentro de la red industrial.

3.2.3.6 Plataforma Node-red.

Desde PUTTY se inicializa la plataforma NODE-RED utilizando la siguiente línea de código: **node /usr/lib/node_modules/node-red/red &**.

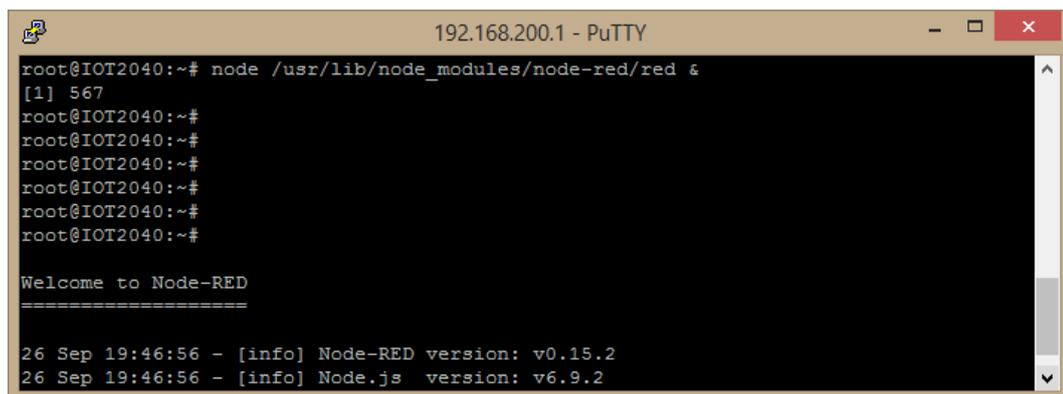


Figura 66 Inicialización de NODE-RED. Elaborado por el autor

En el navegador de internet en la barra de dirección digitamos **192.168.0.69:1880/#**, lo que nos dará acceso al NODE-RED. Dentro del sitio se debe descargar a través

los nodos necesarios para establecer la comunicación entre el PLC y la plataforma en la que se visualizarán los datos del sistema: S7 y DWETTIO.

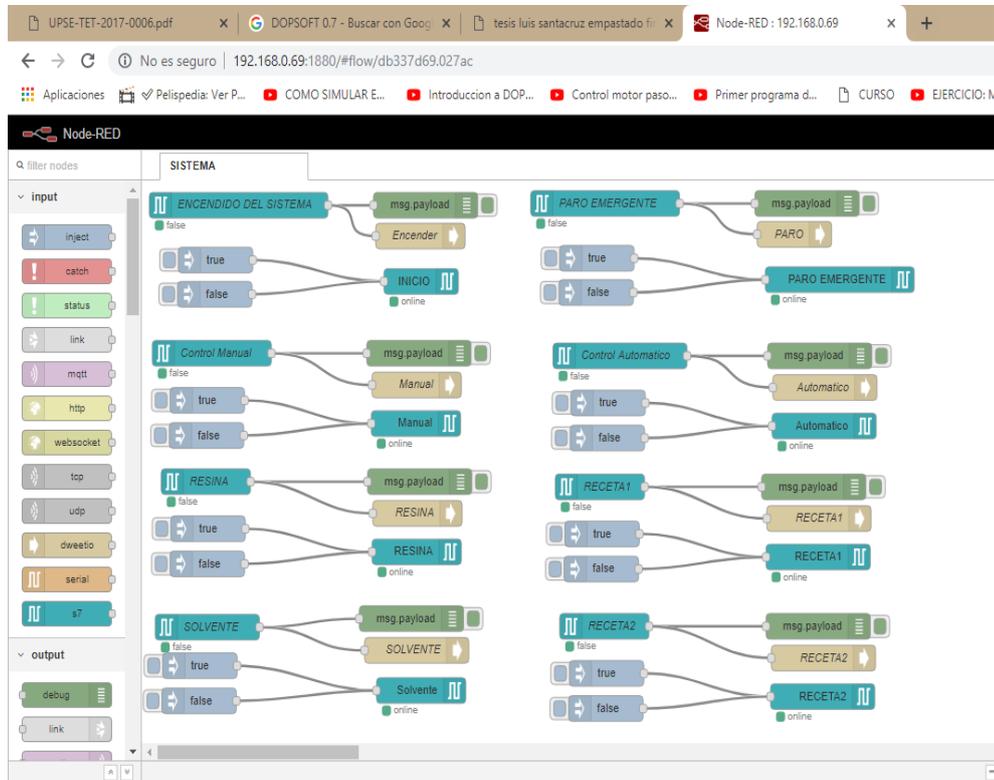


Figura 67 Plataforma NODE-RED. Elaborado por el autor

El nodo S7 es el que permite la comunicación con las entradas, salidas y datos de memoria que queremos extraer, visualizar o tratar desde node-red. Su configuración es simple, al momento de llevar el nodo a la pantalla de trabajo le damos doble click, lo que nos dará acceso a una ventana en donde se agrega la dirección IP del PLC que se utiliza en el sistema. Dentro de esa misma ventana se agrega las variables con las cuales se va a trabajar desde Node-red colocando el nombre de la variable y la dirección que tiene.

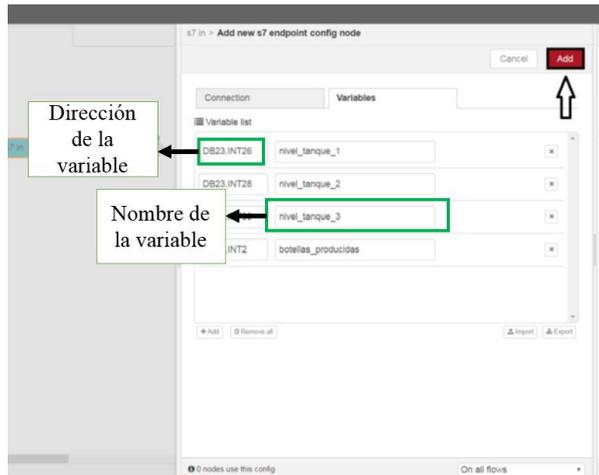


Figura 68 Configuración del Nodo S7. Elaborado por el autor

3.2.3.7 Interfaz web en FREEborad.io.

Esta plataforma web permite visualizar los datos del sistema de control de mezclado, se conecta con Node-Red a través del nodo DWETTIO. Para acceder a este se debe crear un usuario y una contraseña conectados con un correo electrónico. Al acceder se crea una ventana de trabajo en la que se añade los DATA SOURCE correspondientes al proceso, configurando los siguientes parámetros:

- 🚦 Type: Dweet.io
- 🚦 Name: El nombre de la base
- 🚦 Thing Name: Debe ser exactamente igual al colocado en node-red.

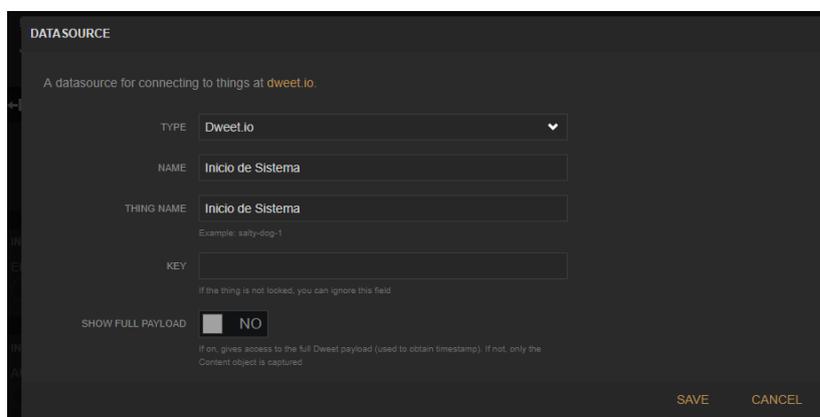


Figura 69 Ingreso del Data Source. Elaborado por el autor

Luego se añade un panel dando click en la opción **ADD PANEL**, en él se puede añadir indicadores, textos, gráficos y diferentes widgets que necesitemos.

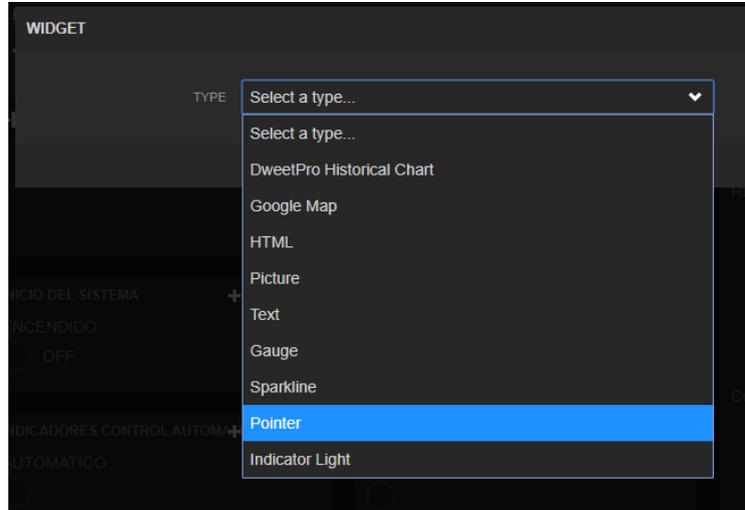


Figura 70 Widgets en FREEBOARD.IO. Elaborado por el autor.

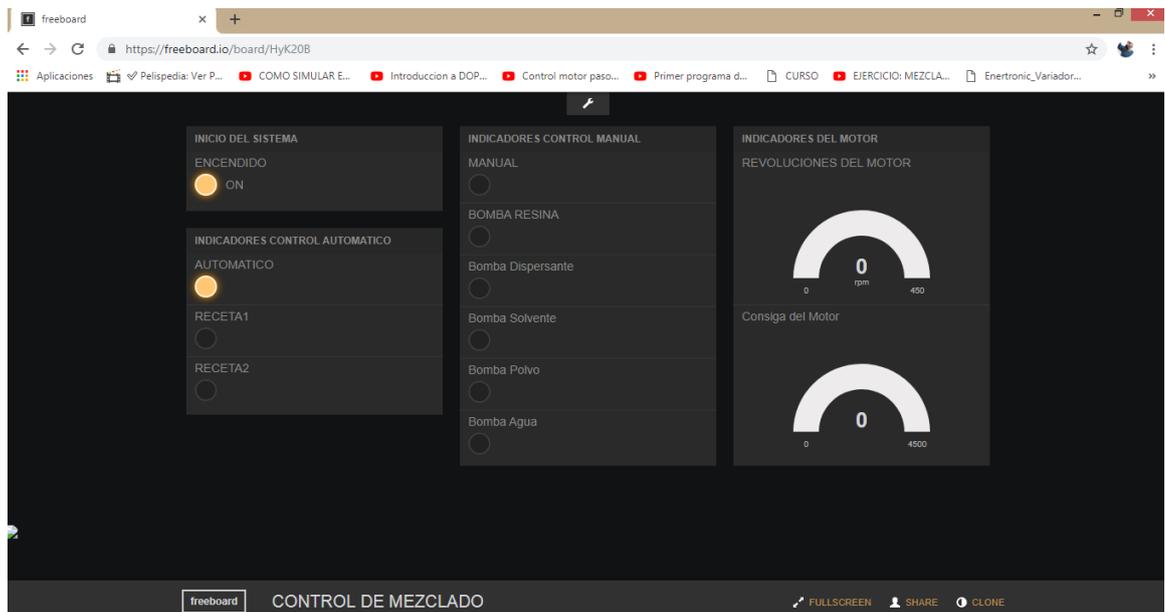


Figura 71 Plataforma en freeboard del proceso

3.3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Pruebas de velocidad del motor

El mezclado de pintura maneja varias etapas de mezclado, distribuidas de la siguiente manera:

- ✚ DISPERSIÓN 1: 880 rpm
- ✚ DISPERSIÓN 2: Velocidad menor a la dispersión 1.
- ✚ ESTABILIZACIÓN: Velocidad menor a la dispersión 2.
- ✚ EMULSIFICACIÓN: 700 rpm

Conociendo que la velocidad máxima con la que trabaja el motor en la industria es de 1500 rpm y lo mínima 700rpm, se realizó una prueba experimental de forma manual para comprobar el funcionamiento del sistema ya que la ser un prototipo no puede funcionar con la velocidad máxima.

VELOCIDAD (RPM)	Descripción
1500	El tanque no soporta esta velocidad
700	El tanque no soporta esta velocidad
500	Tanque estable – aspa inestable
450	Tanque estable – aspa con movimiento bruscos- fugas de agua
400	Tanque estable – aspa estable – fugas de agua
300	Tanque estable – aspa estable- pocas o nulas fugas de agua

Tabla 10 Pruebas de velocidad. Elaborado por el autor

En base a las pruebas obtenidas en la tabla 12 se determinó que en este prototipo el motor no puede trabajar a su velocidad real, sino a un máximo de 300rpm, usándola como referencia para la etapa de dispersión máxima, ya que el tanque y el aspa no se desestabilizan abruptamente en el momento del mezclado, por lo tanto, las velocidades se trabajaran de la siguiente manera.

ETAPA	VELOCIDAD REAL	VELOCIDAD DEL PROTOTIPO.
DISPERSIÓN 1	880 RPM	300 RPM
DISPERSIÓN 2	Velocidad menor a la dispersión 1.	200 RPM
ESTABILIZACIÓN	Velocidad menor a la dispersión 2.	175 RPM
EMULSIFICACIÓN	700 RPM	150RPM

Tabla 11 Velocidades para el prototipo. Elaborador por el autor.

Una vez hechas las pruebas manuales de las revoluciones motor máximo en las que puede trabajar el tanque, determina se procede a realizar una regla de tres con el fin de determinar la consigna de velocidad a la que se debe programar el variador para que el motor tome la velocidad correspondiente, tomando en cuenta que la velocidad máxima del motor es de 1500rpm, y la consigna de programación es 16380.4224 dato que debimos hallar anteriormente.

 **300 rpm**

$$\text{Consigna de velocidad} = \frac{1638.4224 * 300}{1500} = 3276$$

✚ 200 rpm

$$\text{Consigna de velocidad} = \frac{1638.4224 * 200}{1500} = 2185$$

✚ 175 rpm

$$\text{Consigna de velocidad} = \frac{1638.4224 * 175}{1500} = 1911$$

✚ 150 rpm

$$\text{Consigna de velocidad} = \frac{1638.4224 * 150}{1500} = 1638$$

De tal manera que los valores hallados en las ecuaciones son las consignas exactas correspondientes a las velocidades en la que se trabaja, dichas consignas deben ser introducidas en la programación del sistema de la siguiente manera.

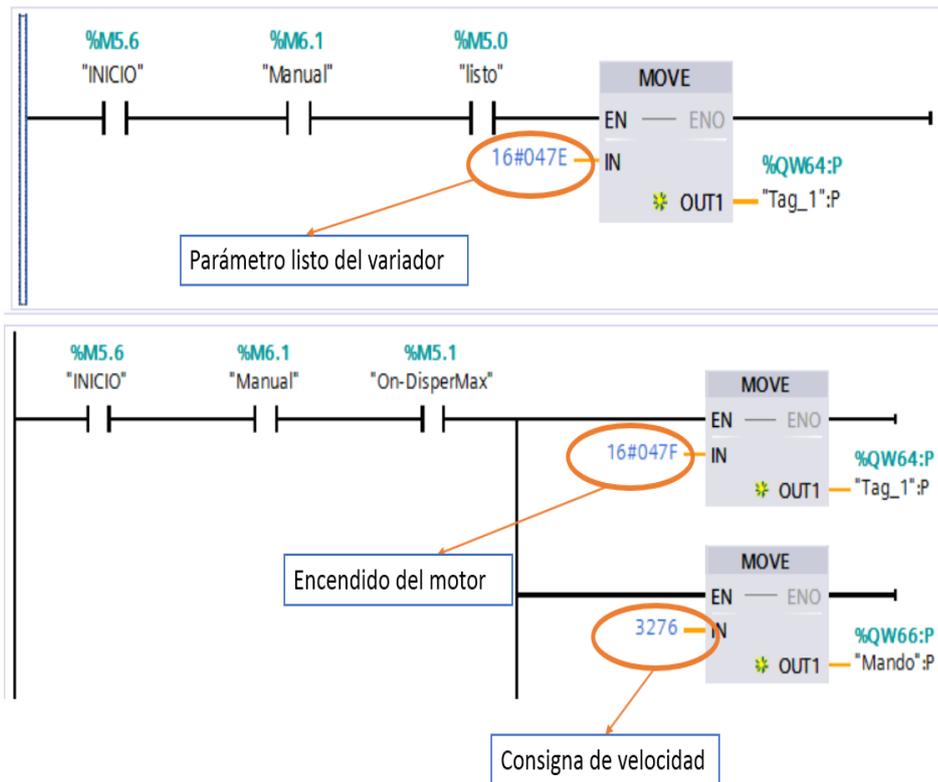


Figura 72 Programación de la velocidad del motor. Elaborado por el autor.

Pruebas de tiempos de mezclado.

En la industria real el proceso de mezclado para la obtención de pasta base de forma manual se realiza en un tiempo estimado de **7 horas** dependiendo del tipo de la pintura con lo que se consigue aproximadamente 10500 litros de tinte.

Realizando el control automático ON/OFF, los tiempos de cada etapa que se desarrolla en el sistema se llevan a cabo como se detalla en la tabla 13.

ETAPA	TIEMPO EMPLEADO
Bombeo de resina	30 Minutos
Bombeo de Dispersante	2 minutos
Etapa de dispersión 1	5 minutos
Bombeo de Solventes	20 minutos
Bombeo de Polvos	2 minutos
Etapa de dispersión 2	4 horas
Etapa de Estabilización	30 minutos
 Bombeo de Resina	
 Bombeo de Solvente	
Etapa de emulsificación	4 minutos
 Bombeo de agua	
TOTAL	5h33minutos

Tabla 12 Tiempos de la Automatización del proceso

Realizando pruebas con el tiempo que se requiere para la obtención del tinte, se comprueba que el control automático empleado en este sistema es viable en la industria real. Un proceso manual normalmente demora 7horas aproximadamente,

con este sistema se reduce notablemente a 5 horas con 43 minutos con los tiempos establecidos como se detalla en la tabla 13.

Pruebas de comunicación entre el PLC – KEPSERVER

Se realizan pruebas con las variables de entrada del sistema en estado apagado como se muestra en la tabla 11.

VARIABLES	VALOR	ESTADO	VARIABLES	VALOR	ESTADO
INICIO	0	GOOD	Manual	0	GOOD
PARO	0	GOOD	Automático	0	GOOD
OnRes	0	GOOD	On-Motor	0	GOOD
ON-solvente	0	GOOD	On-Estabili	0	GOOD
ON-disper.	0	GOOD	On-Emul	0	GOOD
ON-polvos	0	GOOD	Automático	0	GOOD
ON-agua	0	GOOD	Receta2	0	GOOD
On-DisperNormal	0	GOOD	On-DisperMax	0	GOOD

Tabla 13 Pruebas en sistema apagado. Elaborado por el autor

Se procedió a iniciar el sistema, activar el estado manual y encender todas las bombas en el sistema.

VARIABLES	VALOR	ESTADO	VARIABLES	VALOR	ESTADO
INICIO	1	GOOD	Manual	1	GOOD
PARO	0	GOOD	Automático	0	GOOD

OnRes	1	GOOD	On-Motor	0	GOOD
ON-solvente	1	GOOD	On-Estabili	0	GOOD
ON-disper.	1	GOOD	On-Emul	0	GOOD
ON-polvos	1	GOOD	Automático	0	GOOD
ON-agua	1	GOOD	Receta2	0	GOOD
On-DisperNormal	0	GOOD	On-DisperMax	0	GOOD

Tabla 14 Prueba del sistema encendido. Elaborado por el autor

Pruebas de visualización de datos.

Al usar plataformas nuevas para el monitoreo del sistema, se verifica la eficiencia de respuesta de los sistemas.

DATO	Tiempo de respuesta en	Tiempo de respuesta en
	Node-RED	freeboard.io
Inicio del sistema	0,5s	5,2s
Estado Manual	0,5s	5,2s
Estado Automático	0,5s	5,2s
Revoluciones del motor	0,5s	6,1s
Envío de correo electrónico	0,5s	10s

Tabla 15 Prueba de tiempos de respuesta. Elaborado por el autor

Con las pruebas de comunicación se logró visualizar que los valores adquiridos por la plataforma KEPSERVER coinciden con el funcionamiento lógico del proceso,

obteniendo los resultados esperados de acuerdo a la activación y cambio de valores de las variables, lo que indica que la comunicación entre los equipos a través de la red PROFINET es favorable. El tiempo de respuesta de este sistema es inmediato y cumple con las normas establecidas por la industria para el control y monitoreo en tiempo real desde el diseño SCADA del sistema.

Prueba de manejo de sistema desde Node-red y freeboard.io

Con esta prueba se espera lograr el encendido del sistema desde internet utilizando estas dos plataformas. Node-red cuenta con nodos que permiten realizar una secuencia con la que se logra el encendido del sistema desde esta interfaz, sin embargo, freeboard no cuenta con herramientas que hagan posible el encendido del proceso desde internet.



Figura 73 Programación del encendido del sistema desde Node-red. Elaborado por el autor

Node-Red realiza la recolección de datos desde el PLC con un tiempo de respuesta casi inmediato, por lo que la información puede verse en este sistema rápidamente. El envío de datos desde Node-red a la plataforma web FREEDBOARD tiene una demora de 5 a 7 segundos aproximadamente, por lo que la visualización de los indicadores del proceso no se realiza de forma inmediata. Este tiempo de espera es

viable debido a que al ser un proceso que conlleva horas de ejecución no es necesario que la plataforma esté en constante actualización. El tiempo de respuesta depende también de la velocidad del internet con el que se cuente en el área.

3.4 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

3.4.1 Factibilidad Técnica.

Este análisis de factibilidad técnica es para determinar la viabilidad del proyecto de sistema de control de mezclado de pintura, donde para la implementación se realizó un estudio previo de las normas de comunicación, equipos y materiales con el fin cumplir requerimientos básicos del proceso utilizando recursos de fácil acceso en el mercado y con tecnología idónea para hacer uso de ellos en el campo industrial.

Se considera instalar equipos necesarios para cubrir todas las necesidades del proceso tales como PLC, HMI, variador de frecuencia, IOT 2040, bombas, tuberías y sensores. Se propone utilizar una interfaz Ethernet para la comunicación de todos los equipos principales que cuentan con tecnología Profinet, además de una interfaz de comunicación OPC, obtenida desde KEPSERVER, la cual permite la conexión entre el nivel de campo y lo equipos en el nivel de control.

Este estudio permite evaluar el hardware y el software que es parte fundamental del montaje de cualquier proyecto. Como parte de hardware se utiliza el controlador lógico programable S7-1200 debido a que es uno de los más robustos y confiables del mercado apto para procesos industriales, debido a que cuenta con la capacidad de manejar varios dispositivos, una pantalla DELTA DOPB que por sus

características sobresale en el mercado como una de las robustas y estables para estar en el campo.

En cuanto al software se utiliza Tia Portal para la programación del PLC porque permite una programación sencilla y secuencial, además la comunicación con los dispositivos que tenga el sistema son en tiempo real, WONDERWARE INTOUCH que a pesar de tener unos costos elevados en cuanto a licencia ofrece robustez, una interfaz gráfica amigable con el usuario y cumple con los estándares establecidos legalmente OPC-KEPSERVER porque facilita la comunicación de los equipos dando paso al monitoreo y control de manera segura y confiable.

Todos estos equipos y repuestos de los mismos en caso de ser necesarios tienen costos accesibles y están disponibles en el país, por lo que se tendrá inconvenientes ni gastos adicionales de importación. Para demostrar que el sistema funciona de manera correcta la implementación del control de mezclado de pintura se la realiza en los laboratorios de automatización de la facultad de sistema y telecomunicaciones de la universidad.

3.4.2 Costos del Proyecto

A continuación, se detalla los costos de los equipos, materiales y mano de obras necesarios en este control de mezclado de pintura.

COSTO DE EQUIPOS

CANT.	DESCRIPCIÓN	COSTO [€]
1	MÓDULO: SINAMICS G120 –MOTOR TRIFASICO SIEMENS.	1500,00
1	SIMATIC IOT 2040	388,08
1	PLC S7-1200 1212C AC/DC/RELÉ	473,00
1	PANTALLA DELTA DOP-B03E211	419,00
1	PROTOTIPO DE TANQUE MEZCLADOR	250,00
1	SWITCH	200,00
2	BOMBAS MONOFÁSICAS	75,80
1	SENSOR ULTRASÓNICO DE NIVEL UB800-18GM40-I-V1	289,48
1	BOTONERA	1,00
2	CONTACTORES	21,00
	CABLE UTP	10,00
	CABLE ELECTRICO #12	7,70
	CABLE FLEXIBLES 2X18	2,10
	TUBERIAS DE 1'Y ½'	11,16
	MATERIAL PARA TUBERIAS	17,50
	MATERIAL PARA CABLE ELECTRICO	5,00
TOTAL		\$3670,82

Tabla 16 Costo de equipos. Elaborado por el autor

COSTO DE LICENCIAS DE SOFTWARE

DESCRIPCIÓN	COSTO [\$]
LICENCIAS KEPSERVEREX 6 INTOUCH	438,00
LICENCIA WONDERWARE INTOUCH	2500,00
ALMACENAMIENTNO EN FREEBOARD X 1 AÑO	360,00
TOTAL	\$3298,00

Tabla 17 Costos de licencias de software necesarios. Elaborado por el autor

COSTO FINAL

EQUIPOS	\$ 3670,82
LICENCIAS	\$3298,00
MANO DE OBRA	\$1500,00
TOTAL	\$ 8468,82

Tabla 18 Costo Final de proyecto. Elaborado por el autor

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Se determinó que para el bombeo del líquido al tanque de mezclado se necesita simplemente bombas monofásicas de 110V, mientras que, para el movimiento del aspa, el motor que se utiliza es trifásico puesto que añadiéndole a éste el variador de frecuencia SINAMICS G120 se obtienen las diferentes velocidades de trabajo que se requieren en el sistema, dicho variador fue adquirido por la tecnología profinet con la que cuenta ya que de esta manera la conexión y comunicación entre equipos será más robusta.

La programación realizada en el lenguaje de escaleras KOP de TIA PORTAL permitió llevar un control manual basado en el encendido y apagado de cada bomba y de cada etapa de mezclado a través de un botón, y un control ON/OFF automático del proceso dependiendo de los tiempos de descarga de cada producto y los tiempos que dura cada etapa de mezclado con sus velocidades correspondientes, cumpliendo así con las recetas en los tiempos determinados.

Utilizando software de diseño (Wonderware Intouch y Dopsoft) y software de comunicación (Kepserver), se desarrolló la interfaz Hombre- Máquina en la pantalla HMI y el sistema SCADA, basado en las normas ISA101, estándar que se usa para que no exista distracción en el operador por los colores excesivos o muy brillantes que puedan afectar a la visión. La interfaz en el HMI permite llevar el

control y monitoreo desde el nivel de campo, observando el comportamiento de cada tanque, bomba o sensor que este activo, mientras que el sistema SCADA diseñado tiene una respuesta casi inmediata, de manera que apenas encendamos el proceso desde la PC se activa en el campo. Durante las pruebas de este sistema no se presentó ninguna pérdida de información.

Las velocidades aplicadas en este prototipo no son las mismas con las que se trabaja en la industria real debido a que el prototipo montado no cuenta con las dimensiones exactas que se requiere en el campo industrial, sin embargo, se determinó las velocidades idóneas con las que el prototipo funciona, logrando demostrar las etapas de mezclado que se llevan a cabo en la industria. Durante las pruebas del proceso completo (software y hardware) no se presentó pérdidas de información lo que indica que todos los equipos industriales que están conectados a través de la red PROFINET del laboratorio interactúan entre sí satisfactoriamente.

A través de la herramienta de desarrollo de programación visual NODE-RED y realizando las configuraciones necesarias en la tarjeta de memoria que permite el acceso al equipo se logró utilizar el Simatic IOT 2040 como intercomunicador entre el PLC y la plataforma web, dando así acceso a la visualización de los datos del proceso por medio de FREEBOARD, mostrando información precisa y en tiempo real de la ejecución del proceso. El manejo del sistema desde la plataforma web no fue posible debido a que freeboard.io presenta solamente widgets de visualización de datos.

4.2 RECOMENDACIONES

En base a las pruebas y resultados obtenidos durante el desarrollo de esta propuesta se recomienda que para la elaboración del prototipo del sistema, considerar la elaboración de tanques de acero inoxidable ya que es pesado y mucho más estable que el acero galvanizado y realizar pruebas previas del funcionamiento del motor conectado al agitador para evitar desestabilizaciones.

Obtener las licencias autorizadas del KEPSERVER para que no hayan interrupciones entre la comunicación del sistema SCADA y el PLC y capacitar a los operadores, supervisores y administradores de la industria sobre el manejo del sistema.

Tomar en cuenta que la red de internet que llega al IOT 2040, no debe provenir del mismo switch donde está implementada la red industrial, ya que genera errores de comunicación por lo que es recomendable adaptar una antena wifi al SIMATIC IOT2040 para evitar errores de comunicación que pueden surgir utilizando cables de red.

Mantener el IOT 2040 activo a través del software gratuito PUTTY, ya que realiza la función de un servidor, transmitiendo los datos desde el PLC a través de node-red hasta freeboard.io e investigar sobre más plataformas web que nos brinden un mejor acceso al sistema, permitiéndonos manejarlo desde internet.

4.3 BIBLIOGRAFÍA

- Cabrera, K. (2017). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para el proceso de pasteurización de leche*. La Libertad, Ecuador.
- CRUZ, M. (2015). *Las tecnologías IOT dentro de la industria conectada Internet of things*. Madrid: Fundacion EIO.
- DOERNER, M. (2014). *Los materiales de pintura y su empleo en el arte*. Barcelona España: Reverte, S.A.
- ESTRELLA, V. (2012). *Control Automático del sistema de mezcla de tintes en pinturas cóndor*. Quito.
- GARCÍA MORENO, E. (2014). *Automatización de procesos industriales*. España: Editorial Universitat Politècnica de Valencia.
- GUERRERO, V. (2012). *Comunicaciones Industriales*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- HERNANDEZ, S. (2013). *Metodología de la investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL\interamericana editores.
- Higuera, A. G. (2010). *El control automatico en la industria*. Cuenca: Ediciones de la Universidad de castilla -La Mancha.
- INCIBE. (16 de Febrero de 2017). *Incibe-cert_*. Obtenido de <https://www.incibe-cert.es/blog/caracteristicas-y-seguridad-profinet>
- INSTRUMENTS, N. (15 de Octubre de 2014). *National Instruments, Introduccion al Modbus*. Obtenido de <http://www.ni.com/white-paper/7675/es/>
- kalpakjian, S. (2010). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson Educación de México, S.A.
- LOZADA, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición*. QUITO, ECUADOR: ciencia america.
- MARTIN, J. C. (2012). *Automatismos Industriales*. Madrid: Editex.
- Node-Red. (2017). *Node-Red*. Obtenido de <https://nodered.org/>
- Pepperl+Fuchs. (2019). *Pepperl+Fuchs GmbH*. Obtenido de https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_186.htm?view=productdetails&prodid=39580
- PEREZ, ACEVEDO, FERNANDEZ, ARMESTO. (2009). *Automatas Programables y Sistemas de Automatización*. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Rodriguez, A. (2015). *SISTEMAS SCADA*. Barcelona: Marcombo S.A.

- SIEMENS. (2015). *Siemens, Profinet Driver*. Obtenido de <https://w3.siemens.com/mcms/distributed-io/en/profinet/profinet-driver/pages/default.aspx>
- Siemens, E. (2017). *SIMATIC IOT2040*. Obtenido de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/pc_industriales/pages/simatic-iot2040.aspx
- VIEJO, M. (2011). *BOMBAS, Teoría, diseño y aplicaciones*. Mexico: LIMUSA S.A.
- YNUZCA, IZAR, OSORIO, PREYRA, BOCARANDO. (2017). *El entorno de la industria 4.0 : Implicaicones y Perspectivas Futuras*. Mexico.

ANEXOS.

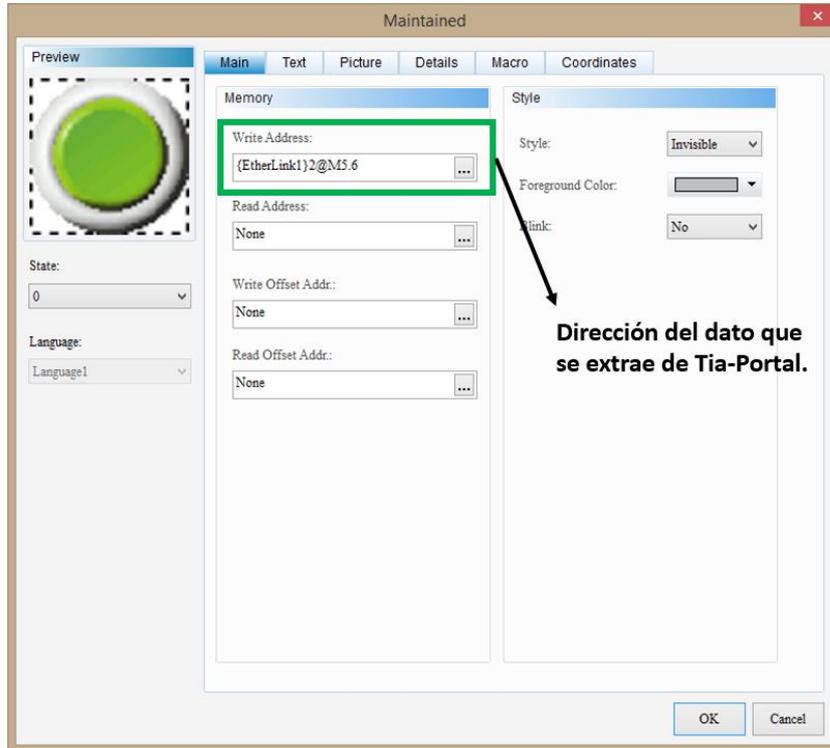
Anexo 1: Declaración de variables para el modo manual en TIA PORTAL.

Manual									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Cor	
1	On-resina	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	BombaResina	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Manual	Bool	%M6.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	On-Solvente	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	On-dispersante	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	On-Polvo	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	BombaSolvente	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	BombaDispersante	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	BombaPolvo	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	tiempo	Tíme	%MD100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	listo	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	On-DisperMax	Bool	%M5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	On-DisperNormal	Bool	%M5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	On-Estabili	Bool	%M5.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	On-Emul	Bool	%M5.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	BombaAgua	Bool	%M4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	on-Agua	Bool	%M4.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	tiempo2	Tíme	%MD130	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

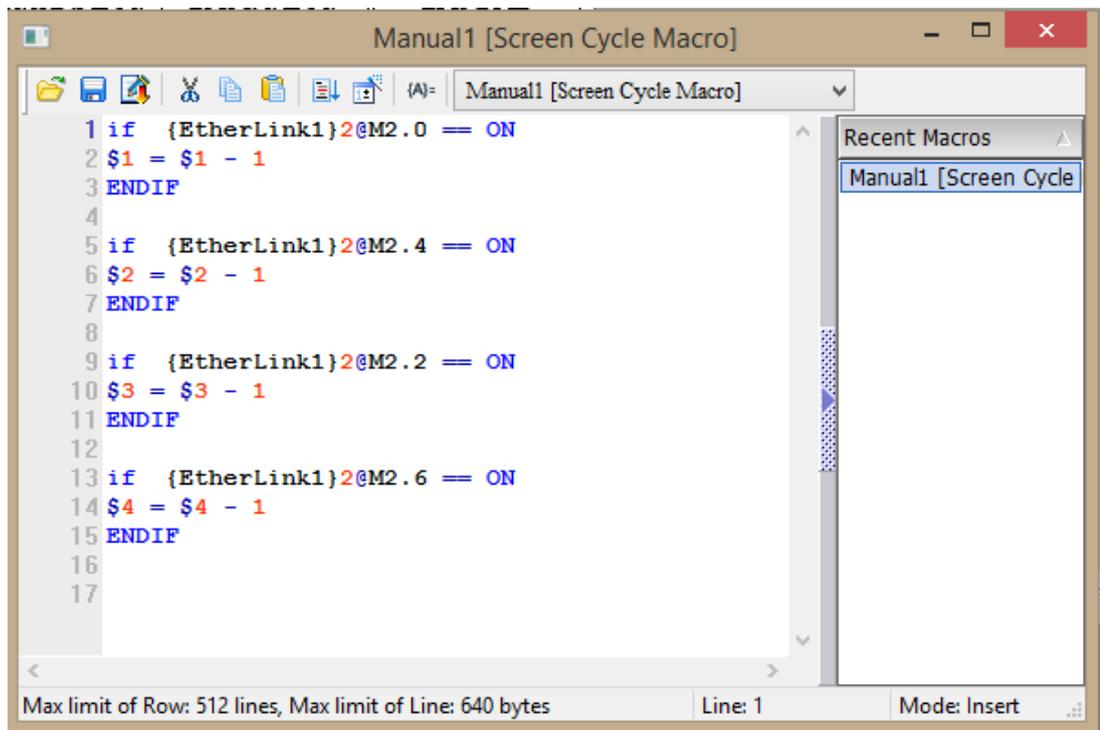
Anexo 2: Declaración de variables para el modo automático en TIA PORTAL.

Automatico									
	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Coment	
1	Automatico	Bool	%M6.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	A-BombaResina	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	A-BombaSolvente	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	A-BombaPolvos	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Receta1	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	T-RESINA	Tíme	%MD116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	A-Humectante	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	Ret-resina	Tíme	%MD120	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	T-Humectante	Tíme	%MD124	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Ret-Humectante	Tíme	%MD128	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	T-dispersionMaxima	Tíme	%MD132	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
12	Ret-dispersionMax	Tíme	%MD136	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
13	T-solventes	Tíme	%MD140	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
14	T-polvos	Tíme	%MD144	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
15	Ret-Solventes	Tíme	%MD148	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
16	T-dispersion2	Tíme	%MD152	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
17	Ret-disper2	Tíme	%MD156	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
18	T-estabilizacion	Tíme	%MD160	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
19	T-Esta-Res	Tíme	%MD164	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
20	T-Esta-sol	Tíme	%MD168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
21	Ret-estabilizacion	Tíme	%MD172	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
22	T-EMulsificacion	Tíme	%MD176	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
23	T-agua	Tíme	%MD180	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
24	A-AGUA	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
25	Receta2	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
26	A-bombaresina2	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
27	A-bombasolvente2	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
28	A-polvos2	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
29	A-Humectante2	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
30	A-Agua2	Bool	%M4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
31	listo2	Bool	%M4.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
32	PARO EMERGENTE	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
33	conteo	Word	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
34	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

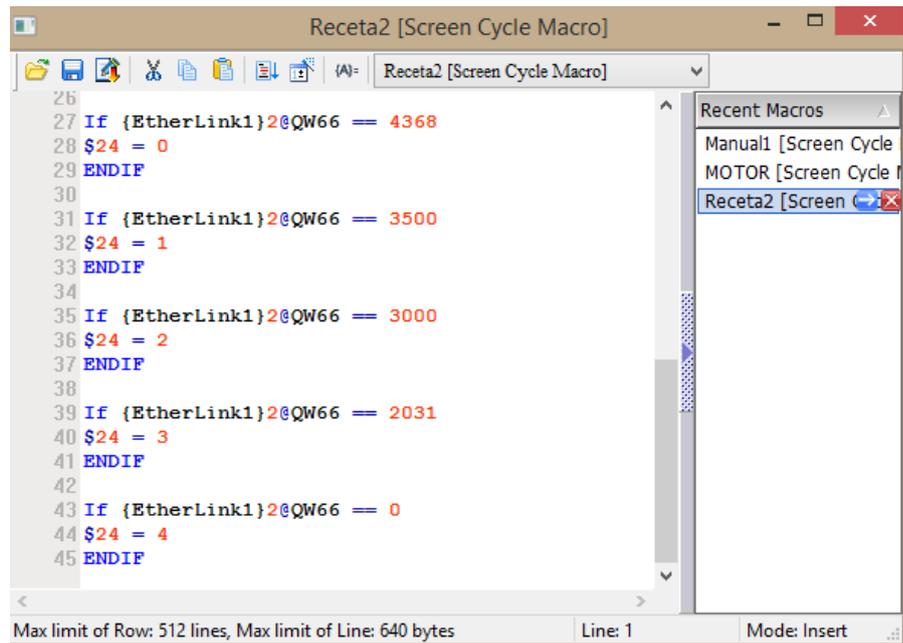
Anexo 3: Comunicación de elementos gráficos con Tia Portal en dopsoft



Anexo 4: Programación de descarga de tanques Dopsoft.



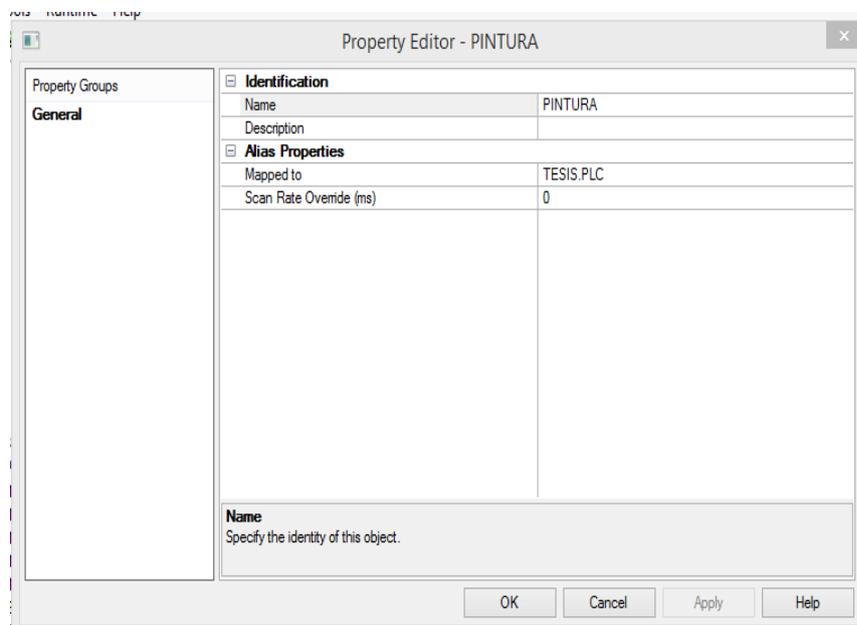
Anexo 5: Programación para la presentación de textos en Dopsoft.



```
26
27 If {EtherLink1}2@QW66 == 4368
28 $24 = 0
29 ENDIF
30
31 If {EtherLink1}2@QW66 == 3500
32 $24 = 1
33 ENDIF
34
35 If {EtherLink1}2@QW66 == 3000
36 $24 = 2
37 ENDIF
38
39 If {EtherLink1}2@QW66 == 2031
40 $24 = 3
41 ENDIF
42
43 If {EtherLink1}2@QW66 == 0
44 $24 = 4
45 ENDIF
```

Max limit of Row: 512 lines, Max limit of Line: 640 bytes Line: 1 Mode: Insert

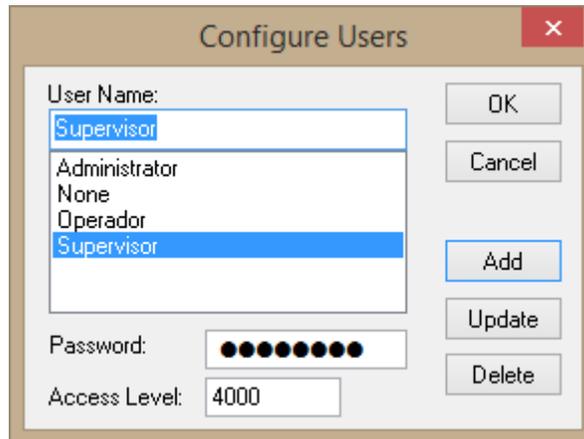
Anexo 6: Creación de alias de trabajo en KEEPSERVERE 6.0



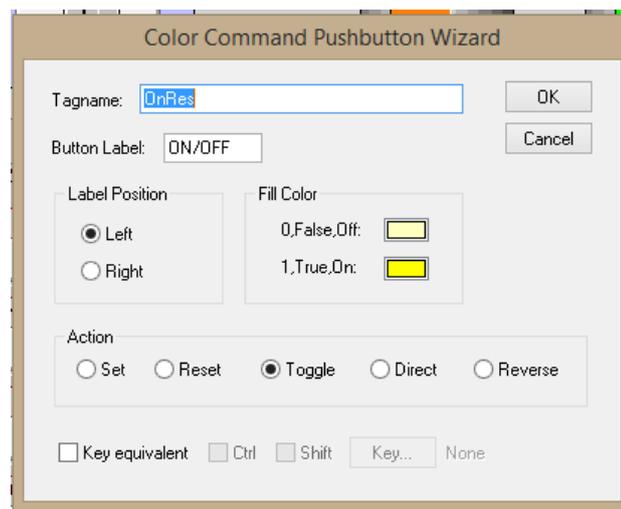
Property Groups	
General	
Identification	
Name	PINTURA
Description	
Alias Properties	
Mapped to	TESIS.PLC
Scan Rate Override (ms)	0
Name Specify the identity of this object.	

OK Cancel Apply Help

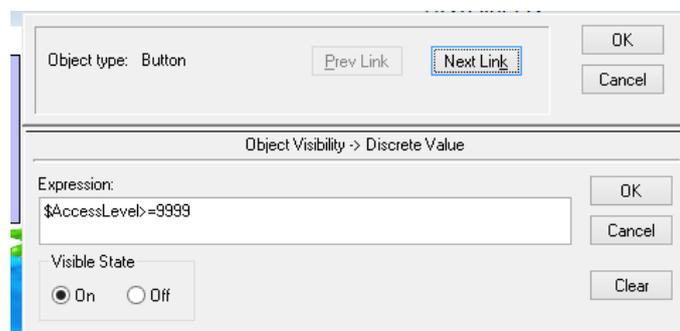
Anexo7: Ingreso de nuevos usuario en Wonderware Intouch.



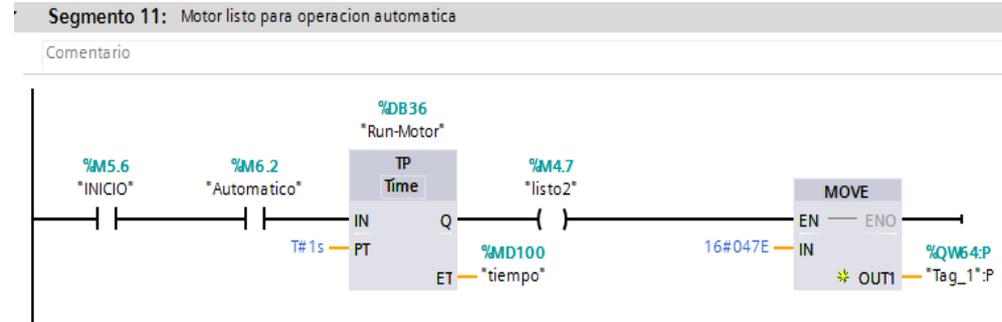
Anexo 8: Asignación de variables a objetos en Wonderware Intouch.



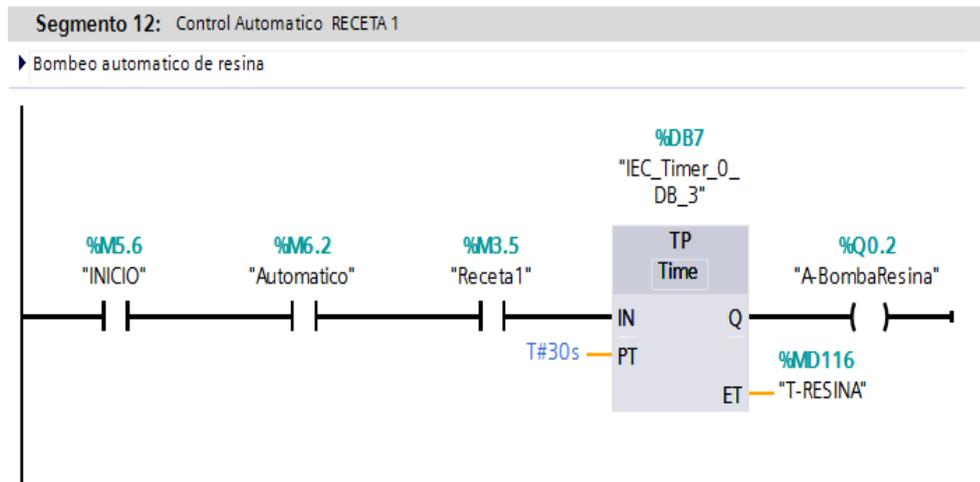
Anexo 9: Configuración de niveles de acceso en Wonderware Intouch.



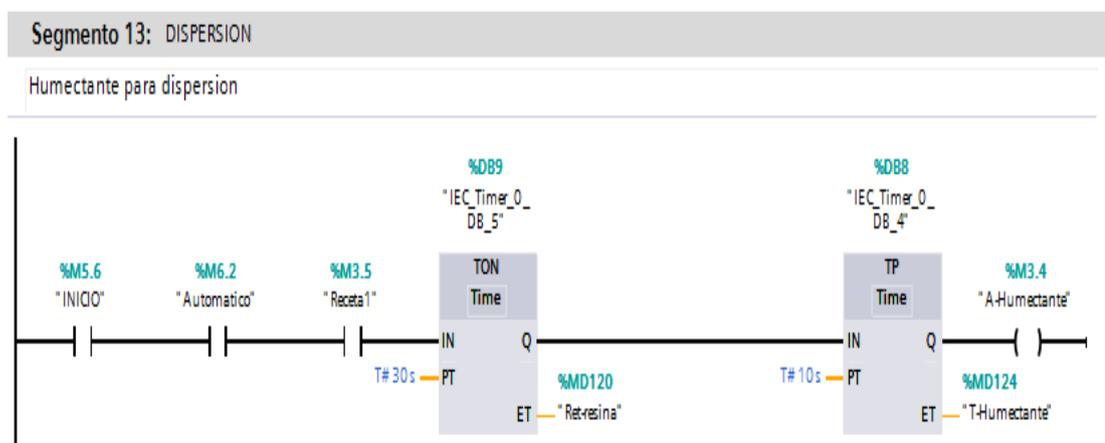
Anexo 10: Programación que permite poner en listo el variador.



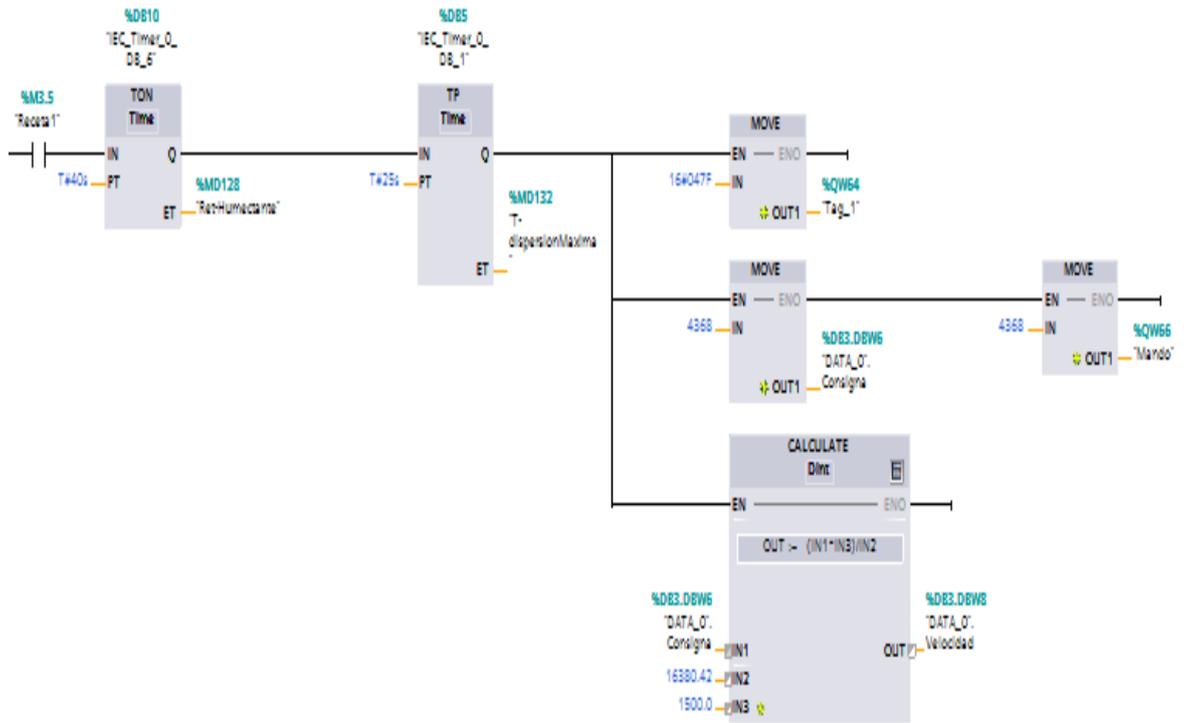
Anexo 11: Programación de activación de Receta 1



Anexo 12: Programación de bombeo de dispersante



Anexo 13: Programación de dispersión 1



Anexo 14: Programación Paro de movimiento de motor

