

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS UTILIZANDO TIA PORTAL**

**V15 PARA REGISTRO DE VARIABLES FÍSICAS**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN**

**ELECTROMECAÁNICA**

**LUIS DAVID ECHEVERRÍA ALOMOTO**

`luis.echeverria02@epn.edu.ec`

**DIRECTOR: ING. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ MSc.**

`alan.cuenca@epn.edu.ec`

**CODIRECTORA: ING. MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR MSc.**

`monica.vinueza@epn.edu.ec`

**QUITO, AGOSTO 2019**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Luis David Echeverría Alomoto, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Luis David Echeverría Alomoto**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Luis David Echeverría Alomoto, bajo nuestra supervisión.

---

**Ing. Alan Cuenca MSc.**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Ing. Mónica Vinuesa MSc.**

**CODIRECTORA DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, sabiduría y paciencia para culminar con esta carrera, su iluminación y bendición me permitió día a día seguir con mis estudios y finalmente terminar otra etapa más que me servirá para abrir nuevas puertas en mi futuro.

A mi madre Ximena Alomoto por demostrarme con sus gestos de cariño y amor lo importante de estar apoyando a la persona en cada paso que da, le agradezco por estar siempre pendiente de mí y brindarme el apoyo necesario para que salga adelante en mi vida.

A mi padre Alfonso Echeverría le agradezco por haberme enseñado que no existe nada sin un sacrificio y que gracias a sus enseñanzas me encuentro en este momento culminando esta carrera, además del apoyo que me brindo en los momentos más oportunos para mí, por sus consejos, su tiempo, su amor y sobre todo por la comprensión en todo momento.

Agradezco al Ing. Alan Cuenca por su tiempo, paciencia y dedicación que brindo hacia este proyecto y mi persona para alcanzar el objetivo propuesto.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional conjuntamente al cuerpo de docencia que me supieron brindar los conocimientos fundamentales para la vida profesional.

Finalmente, a toda mi familia que en su momento supieron ayudarme, a mis verdaderos amigos con los cuales pasamos momentos buenos y malos y que a pesar de la distancia nunca se alejaron.

David Echeverría A.

## DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi familia más cercana, mi madre Ximena, mi padre Alfonso y a mis hermanos ya que todos ellos depositaron su confianza en mí y a pesar de los altos y bajos momentos no les defraude, por lo que espero siempre se sientan orgullosos de mí, como yo de ellos.

A mis primos Gabriela Quimbita y Jefferson Alomoto que creyeron en mí y me incitaron a ser una mejor persona a través de sus consejos, además de brindarme en todo momento su apoyo y motivación.

A mi familia en general por haber creído en mí para superarme y graduarme de la universidad.

David Echeverría A.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN .....	II
CERTIFICACIÓN .....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN .....	XI
<i>ABSTRACT</i> .....	XII
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos.....	3
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	4
2.1. Descripción de la metodología usada.....	4
2.2. Técnicas e instrumentos empleados en la ejecución del proyecto .....	4
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	5
3.1. Algoritmo de control para el registro de datos .....	6
❖ Configuración de las entradas analógicas para la recepción de datos.....	7
❖ Configuración de la fecha y hora interna del PLC .....	9
❖ Configuración y programación para la adquisición de datos .....	13
❖ Configuración del servidor <i>web</i> en el TIA Portal V15. ....	17
3.2. Placa electrónica para la generación de señales.....	20
❖ Desarrollo de <i>scripts</i> .....	22
❖ Construcción de una planta para la placa electrónica. ....	22
❖ Conexión con el servidor <i>web</i> .....	27
3.3. Páginas <i>web</i> de monitoreo .....	31
❖ Creación de páginas <i>HTML</i> incluyendo comandos <i>AWP</i> y librerías <i>JavaScript</i> .....	32
❖ Configuración de las páginas <i>web</i> definidas por el usuario.....	38
❖ Programación de la instrucción “WWW”. ....	40
❖ Configuración para acceder a las páginas <i>web</i> definidas por el usuario. ....	42
❖ Configuración para la conexión mediante router en el TIA Portal V15 .....	43
3.4. Interfaz Humano Máquina HMI.....	46

❖ Selección y configuración del HMI KTP400 <i>Basic</i> .....	48
❖ Diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI) .....	52
3.5. Implementación del App <i>TeamViewer</i> para acceso remoto.....	57
3.6. Pruebas de funcionamiento.....	61
❖ Pruebas eléctricas.....	61
❖ Pruebas mecánicas .....	63
❖ Pruebas funcionales .....	64
3.7. Manual de usuario.....	67
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>69</b>
4.1. Conclusiones .....	69
4.2. Recomendaciones .....	70
<b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>
ANEXOS.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Elementos principales del proyecto.....	6
Figura 3.2. Ventana del TIA Portal para la asignación de la dirección IP en el PLC.....	7
Figura 3.3. Acondicionamiento empleado para las señales analógicas.....	7
Figura 3.4. Tabla de variables para la programación del algoritmo de control.....	9
Figura 3.5. Bloques configurados para normalizar y escalar variables.....	9
Figura 3.6. Selección de la zona horaria.....	10
Figura 3.7. Bloque de datos para la configuración de la fecha y hora.....	12
Figura 3.8. Bloques de instrucciones para la configuración de fecha y hora del PLC.....	12
Figura 3.9. Creación de un OB Bloque de datos para la instrucción "DataLogCreate".....	16
Figura 3.10. Bloque "DataLogCreate" configurado para la creación del archivo.....	16
Figura 3.11. Acceso a propiedades para la configuración del PLC.....	17
Figura 3.12. Proceso para realizar los ajustes en el servidor <i>web</i> del PLC S7-1200.....	18
Figura 3.13. Consigna de seguridad al activar el servidor <i>web</i> .....	18
Figura 3.14. Ajustes en la administración de usuarios para el servidor <i>web</i> del PLC.....	19
Figura 3.15. Lista de opciones que tendrá acceso el usuario.....	19
Figura 3.16. Diagrama de conexiones de los elementos a la placa Arduino UNO.....	20
Figura 3.17. Planta de proceso de transportacion de agua (Vista frontal).....	22
Figura 3.18. Planta de proceso de transportación de agua (Vista lateral).....	23
Figura 3.19. Planta de proceso de transportación de agua (Vista posterior).....	24
Figura 3.20. Página principal cuando se accede al servidor <i>web</i> .....	27
Figura 3.21. Descripción de las funciones que tiene la página al ingresar al servidor <i>web</i> .....	28
Figura 3.22. Descarga del archivo de registro de datos.....	30
Figura 3.23. Archivo de registro abierto en <i>Excel</i> .....	30
Figura 3.24. Proceso para crear una página <i>web</i> definida por el usuario.....	31
Figura 3.25. Estructura <i>HTML</i> en el <i>software Sublime Text</i> .....	33
Figura 3.26. Gráficos dinámicos utilizados en el diseño de la página <i>web</i> de monitoreo.....	36
Figura 3.27. Carpeta de almacenamiento de archivos para el desarrollo de la página <i>web</i> ....	36
Figura 3.28. Diseño de las páginas <i>web</i> de monitoreo.....	37
Figura 3.29. Proceso para cargar archivos de programación de la página <i>web</i> (Parte 1).....	38
Figura 3.30. Proceso para cargar archivos de programación de la página <i>web</i> (Parte 2).....	39
Figura 3.31. Proceso para cargar archivos de programación de la página <i>web</i> (Parte 3).....	40
Figura 3.32. Bloques generados al cargar los archivos de programación de la página <i>web</i> ....	40
Figura 3.33. Ubicación de la instrucción "WWW".....	41
Figura 3.34. Bloque de instrucción "WWW".....	41
Figura 3.35. Acceso al servidor <i>web</i> para ingresar a la página <i>web</i> de monitoreo.....	42
Figura 3.36. Páginas <i>web</i> de monitoreo de variables físicas.....	43



Figura 3.37. Partes del router CISCO <i>Linksys</i> WRT120N. ....	43
Figura 3.38. Página principal para la configuración del router. ....	44
Figura 3.39. Creación de una red local LAN (Parte 1).....	45
Figura 3.40. Creación de una red local LAN (Parte 2).....	45
Figura 3.41. Proceso para activar "Utilizar router" en TIA Portal V15. ....	46
Figura 3.42. Conexión de PLC y PC al router mediante cables de red.....	46
Figura 3.43. Dimensiones (mm) del Panel KTP400 <i>Basic</i> .....	47
Figura 3.44. Placa móvil terminada del Panel HMI.....	47
Figura 3.45. Selección del Panel HMI KTP400 en el TIA Portal. ....	48
Figura 3.46. Conexión del PLC con el Panel KTP400. ....	49
Figura 3.47. Configuración del formato de imagen para el Panel KTP400. ....	49
Figura 3.48. Configuración de avisos para el Panel KTP400. ....	50
Figura 3.49. Configuración de ventana principal para el Panel KTP400.....	50
Figura 3.50. Configuración de ventana del sistema para el Panel KTP400. ....	51
Figura 3.51. Configuración de botones para el Panel KTP400. ....	52
Figura 3.52. Asignación de dirección IP para el Panel KTP400. ....	52
Figura 3.53. Plantilla general para la programación en las ventanas del Panel HMI .....	53
Figura 3.54. Ventana Principal del Panel HMI.....	54
Figura 3.55. Ventana: Diagrama de funcionamiento del Panel HMI. ....	54
Figura 3.56. Ventana: Curvas de tendencia Temp. Vs Tiempo del Panel HMI. ....	55
Figura 3.57. Ventana: Curvas de tendencia Nivel. Vs Tiempo del Panel HMI. ....	55
Figura 3.58. Ventana: De avisos del Panel HMI.....	56
Figura 3.59. Conexión del Panel HMI al router mediante un cable de red.....	57
Figura 3.60. Búsqueda del Panel HMI para cargar en el PLC.....	57
Figura 3.61. Página principal del App <i>TeamViewer</i> .....	58
Figura 3.62. Configuración de contraseña del <i>TeamViewer</i> para acceso remoto (Parte 1) .....	59
Figura 3.63. Configuración de contraseña del <i>TeamViewer</i> para acceso remoto (Parte 2) .....	59
Figura 3.64. Acceso al ordenador mediante App <i>TeamViewer</i> .....	60
Figura 3.65. Monitorización de variables físicas mediante App <i>TeamViewer</i> . ....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Parámetros de las instrucciones “NORM_X” y “SCALE_X” .....	8
Tabla 3.2. Entradas analógicas utilizadas para la recepción de datos. ....	8
Tabla 3.3. Parámetros de las instrucciones “RD_LOC_T”, “RD_SYS_T” y “WR_SYS_T”. ....	11
Tabla 3.4. Parámetros de la instrucción “DataLogCreate” .....	13
Tabla 3.5. Parámetros de la instrucción “DataLogOpen” .....	14
Tabla 3.6. Parámetros de las instrucciones “DataLogWrite” y “DataLogClose” .....	15
Tabla 3.7. Parámetros de la instrucción “DataLogNewFile” .....	15
Tabla 3.8. Salidas analógicas de la placa Arduino UNO .....	21
Tabla 3.9. Conexiones de elementos a la placa Arduino UNO .....	21
Tabla 3.10. Entradas y salidas del PLC utilizadas para la planta de proceso .....	26
Tabla 3.11. Descripción de las pestañas de información de la página del servidor <i>web</i> .....	29
Tabla 3.12. Etiquetas utilizadas en la programación <i>HTML</i> .....	33
Tabla 3.13. Prueba de alimentación DC de elementos del proyecto .....	61
Tabla 3.14. Prueba de alimentación AC de elementos del proyecto .....	62
Tabla 3.15. Valores de voltaje ideales de las salidas analógicas de la placa electrónica .....	62
Tabla 3.16. Valores de voltaje reales de las salidas analógicas de la placa electrónica.....	63
Tabla 3.17. Comprobación del estado de los elementos a 25°C .....	63
Tabla 3.18. Comprobación del estado de los elementos a 50°C .....	64
Tabla 3.19. Comprobación del estado de los elementos a 75°C .....	64
Tabla 3.20. Datos obtenidos en pantalla LCD, página <i>web</i> de monitoreo y Panel HMI .....	65
Tabla 3.21. Funcionamiento de proyecto por etapas .....	66
Tabla 3.22. Datos de las variables de temperatura y nivel. ....	67
Tabla 3.23. Comprobación de información que contiene el archivo de registro.....	67
Tabla 3.24. Funcionamiento de las páginas <i>web</i> de monitoreo.....	68
Tabla 3.25. Funcionamiento del Panel HMI .....	68

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación, “DESARROLLO DE UNA BASE DE DATOS UTILIZANDO TIA PORTAL V15 PARA REGISTRO DE VARIABLES FÍSICAS”, representa una contribución didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje a los estudiantes de la carrera de Tecnología en Electromecánica. El proyecto es entregado al Laboratorio de Tecnología Industrial que permitirá ofrecer un aporte de conocimiento e interacción a los alumnos con estas herramientas a través de prácticas orientadas a su formación profesional.

El trabajo se encuentra conformado por un PLC S7-1200, una planta de proceso de transportación de agua, una placa electrónica y una placa móvil de un Panel HMI, todos estos elementos tienen como objetivo la Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) para en su posterior llevar a cabo con una base de datos.

Mediante el *software* industrial TIA Portal V15 se desarrolló un algoritmo de control para el registro de datos, también se realizó programación en Arduino UNO para generar señales, se creó páginas *web* para el monitoreo de variables, se diseñó una Interfaz Humano Máquina HMI para el control y supervisión del proceso y por último se implementó una App para tener acceso remoto al sistema de control.

También se detallan las pruebas de funcionamiento, el manual de usuario y finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones que fueron abstraídas a lo largo del desarrollo del proyecto.

Palabras claves: *DataLogging* TIA Portal, Servidor web S7-1200, Arduino UNO

## ABSTRACT

*The present work of title, "DEVELOPMENT OF A DATABASE USING TIA PORTAL V15 FOR REGISTRATION OF PHYSICAL VARIABLES", represents a didactic contribution in the process of teaching and learning to the students of the career of Technology in Electromechanics. The project is delivered to the Industrial Technology Laboratory that will offer a contribution of knowledge and interaction to students with these tools through practices aimed at their professional training.*

*The work is made up of an S7-1200 PLC, a water transportation process plant, an electronic board and a mobile board of an HMI Panel, all these elements are aimed at Monitoring, Control and Data Acquisition (SCADA) to later carry out with a database.*

*Using the TIA Portal V15 industrial software, a control algorithm was developed for data recording, programming was also carried out in Arduino UNO to generate signals, web pages were created to monitor variables, a Human Interface HMI Machine was designed for control and supervision of the process and finally an App was implemented to have remote access to the control system.*

*The operating tests, the user manual are also detailed and finally the conclusions and recommendations that were abstracted during the development of the project are presented.*

*Key words: DataLogging TIA Portal, Web Server S7-1200, Arduino UNO*

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

El avance de la tecnología permite que el control y monitoreo de los procesos sean más efectivos, lo cual facilita y reduce el trabajo del hombre a través de sistemas creados e implementados con *software* y *hardware* de diferentes tecnologías para gobernar, supervisar y adquirir datos con la finalidad de generar mayor rendimiento, calidad, optimización de recursos, costos y tiempo. *“La evolución tecnológica ha permitido la realización de automatismos cada vez más complejos hasta llegar al control completo de un proceso de producción”* (Arbildo López, 2011).

En la actualidad todas las empresas realizan algún tipo de proceso de forma automática, es por eso que existen aplicaciones de *software* en tiempo real que permiten administrar el control, para mantener estable un sistema automatizado de producción; sin embargo, también es vital que los datos que son suministrados por el sistema y las variables de referencia sean almacenados adecuadamente en una base de datos para su posterior análisis.

Un SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) permite visualizar el estado de las variables del sistema y a su vez acceder a una base de datos generada por medio del *software* de monitoreo (Pérez López, 2015).

Una base de datos es sumamente útil dentro de todo sistema de control, ya que por medio de esta se puede registrar, revisar, analizar y supervisar el proceso; teniendo así acceso al historial de alarmas y variables de control con mayor claridad que pueden ser presentadas en un simple computador.

Dicho esto, el laboratorio de control de la ESFOT cuenta con diversas plantas de procesos automatizados en las cuales los estudiantes de la carrera de electromecánica controlan y monitorean variables físicas como temperatura, nivel, presión, etc. Sin embargo, estos sistemas no permiten el almacenamiento de información para llevar a cabo una base de datos, razón por la cual se ha propuesto el desarrollo de la misma, con el propósito de visualizar las

variables que intervienen en el proceso en tiempo real y registrarlas para su respectivo estudio y análisis.

## **1.2. Justificación**

La gestión de base de datos es una de las disciplinas que, apoyada por las herramientas de software disponibles en el mercado, las técnicas de modelamiento y diseño se vuelve imprescindible en todo tipo de proceso ya sea administrativo o de producción. *“Hoy en día la tecnología permite al usuario acceder a los datos de un proceso de forma remota a través de internet o de una red Intranet utilizando diversos protocolos de comunicación”* (Oto Topon, 2016).

Almacenar datos provenientes de distintas variables es una acción indispensable en todo proceso, en la actualidad, los sistemas SCADA constituyen una poderosa herramienta tecnológica muy utilizada en la industria, estos sistemas se encuentran en interacción directa y permanente con los operadores y personal técnico, razón por la cual la información debe ser registrada de forma adecuada y sistemática, logrando así la posibilidad de disponer de una base de datos confiable y sólida para el seguimiento del comportamiento, desempeño operativo, registro de fallas y eventos de los equipos.

Un sistema SCADA con una base de datos estándar permite:

- Identificar las causas y los modos en que los equipos fallan.
- Desarrollar estrategias para reducir fallas y evitar que se repitan.
- Disponer de indicadores claves de desempeño como: disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad, tasa de fallos y tasas de reparación.

La implementación de una base de datos permite conocer el comportamiento de los equipos y las tendencias de trabajo en un determinado período. De esta manera se puede prevenir daños en los componentes y programar mantenimientos preventivos (Espejo Velasco, 2017).

Debido a que la ESFOT se encuentra en un proceso de crecimiento en el área de infraestructura, relacionada con los laboratorios y la construcción de módulos que permitan el aprendizaje práctico, se propone desarrollar una base de datos usando el *software* industrial TIA Portal V15 para almacenar información, asimismo se busca permitir el acceso a la misma a través del entorno de monitorización HMI, de la aplicación *Web Server* por medio de una página *web* y mediante una App de monitoreo por medio de un dispositivo móvil.

Los principales beneficios del proyecto son brindar un aporte de conocimiento e interacción a los estudiantes con estas herramientas informáticas a través de prácticas orientadas a la formación profesional de los estudiantes de electromecánica de la ESFOT.

### **1.3. Objetivos**

#### **❖ Objetivo general**

Desarrollar una base de datos utilizando TIA Portal V15 para registro de variables físicas.

#### **❖ Objetivos específicos**

- Desarrollar el algoritmo de control para el registro y almacenamiento de datos utilizando TIA Portal V15.
- Construir una placa electrónica que permita medir variables de temperatura y distancia.
- Desarrollar páginas *web* mediante programación *HTML*.
- Diseñar una Interfaz Humano Máquina HMI para el monitoreo de temperatura y distancia.
- Implementar el acceso remoto mediante App *TeamViewer*.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema.
- Elaborar un manual de usuario.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Descripción de la metodología usada**

La ejecución del proyecto se fundamenta en base a una investigación aplicada, debido a que se trata de un proyecto práctico en el cual se emplearon conocimientos y habilidades adquiridas a lo largo de toda la carrera, además se aplicó conocimientos del área de redes y telecomunicaciones. En este sentido, se concibe como un estudio aplicado tanto a la innovación técnica, científica e industrial.

También se toma en cuenta la metodología experimental, mediante la cual se procede a realizar pruebas que permitan retroalimentar los conocimientos y mediante ello poder efectuar cambios o mejoras que garanticen un correcto funcionamiento del proyecto. Para lograr todo ello es necesario seguir ciertos pasos o procedimientos que permitan determinar los aspectos más importantes del proyecto (Lozada, 2014).

### **2.2. Técnicas e instrumentos empleados en la ejecución del proyecto**

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado información técnica, la misma que ha servido para determinar los requerimientos de construcción e implementación.

Primero se desarrolla un algoritmo de control para el registro y el almacenamiento de datos usando el *software* industrial TIA Portal V15, con el fin de resguardar toda la información recopilada de las variables físicas para que posteriormente se pueda descargar en un archivo CSV (valores separados por comas) y ser visualizada en *Excel*.

Para generar dichas variables se construye una placa electrónica, que se basa en la utilización y programación de Arduino con sensores de temperatura y distancia, los cuales proporcionan variables eléctricas que serán conectadas a las entradas analógicas del PLC S7-1200 para su posterior control y monitoreo. Además, fue necesario la construcción de una pequeña planta en la que se desarrolle un proceso, en este caso el de control de nivel y temperatura de agua el cual ayudará a evidenciar más claramente el comportamiento y la variación de estas variables físicas.



Las páginas *web* desarrolladas con programación *HTML* y *JavaScript* en el *software Sublime Text* se crearon con el fin de monitorear las variables desde una Interfaz Humano Máquina.

Por otro lado, se utilizó un router para la creación de una red local LAN que permita al usuario tener acceso de manera inalámbrica, tanto a las páginas *web* de monitoreo como para descargar el archivo de registro de datos.

Para el desarrollo del Interfaz Humano Máquina HMI se utilizó el Panel SIMATIC KTP400, haciendo uso de todas sus herramientas con el fin de controlar, monitorear y visualizar información del proceso.

Para tener acceso remoto desde cualquier dispositivo móvil al ordenador conectado a la red local LAN establecida, se utiliza las prestaciones que brinda el App *TeamViewer* con lo cual los usuarios podrán ingresar al sistema desde cualquier lugar que se encuentren mediante un número de identificación y una contraseña.

Una vez concluido el proyecto se realizó pruebas de funcionamiento de todo el sistema para comprobar diversos parámetros en cuanto a programación, conexión y construcción.

Por último, es necesario que todo el proyecto disponga de un manual de usuario para su correcta utilización. El manual se realiza mediante imágenes que permitan identificar cada uno de los elementos, sus funcionamientos y su respectiva programación.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se construyó una planta de proceso de transportación de agua, una placa electrónica para generar señales y una placa móvil del Panel HMI para el Laboratorio de Tecnología Industrial. De igual manera, se desarrolló un algoritmo de control para el registro de datos, se creó páginas *web* para el monitoreo de variables, también se diseñó una Interfaz Humano Máquina HMI para el control y supervisión del proceso y por último se utilizó una App para tener acceso remoto al sistema de control.

El proyecto desarrollado consiste en la Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) de la planta que se construyó, en la Figura 3.1, se aprecian todos los elementos utilizados.

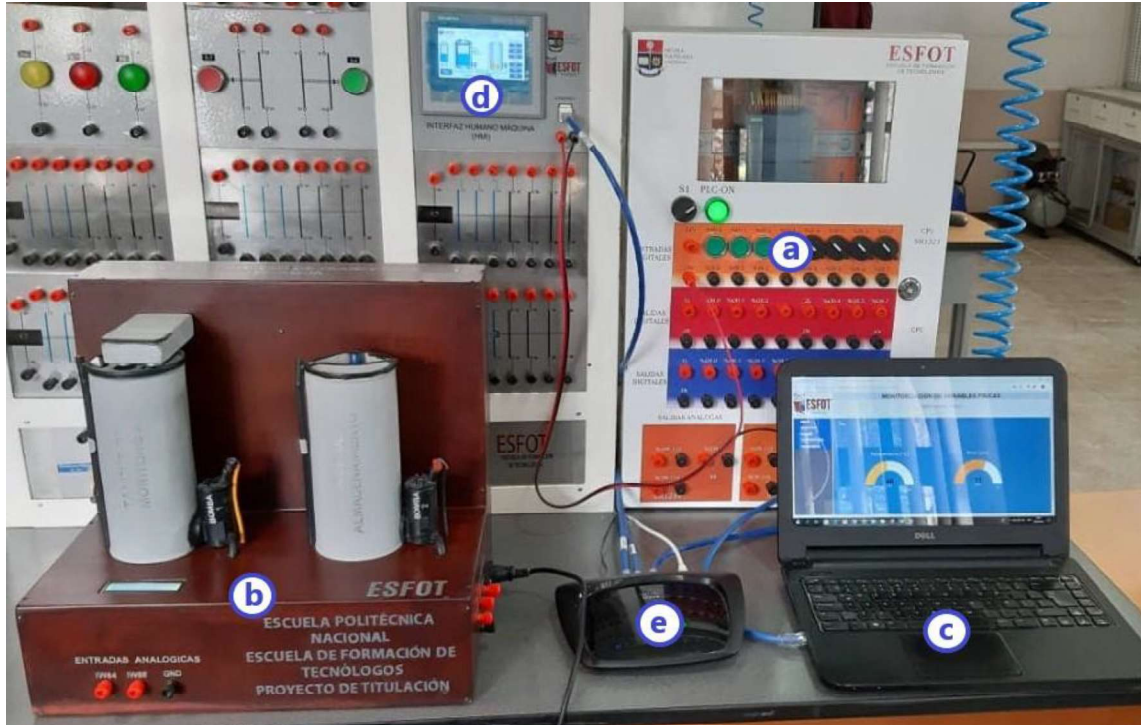


Figura 3.1. Elementos principales del proyecto.

- a. Módulo PLC S7-1200.
- b. Planta de proceso en cuyo interior se encuentra una placa electrónica (Arduino).
- c. PC para la recepción de datos y monitorear las variables desde las páginas *web*.
- d. Placa móvil del Panel HMI.
- e. Router CISCO *Linksys* WRT120N.

### 3.1. Algoritmo de control para el registro de datos

Para realizar el algoritmo de control se utiliza el *software* industrial TIA Portal previamente instalado en la PC. Para este proyecto se ha usado la versión V15, la misma que cuenta con las herramientas y librerías necesarias para su ejecución.

En el proyecto creado se selecciona y se escoge el modelo exacto del Controlador Lógico Programable que se dispone en el laboratorio y se realiza la asignación de una dirección IP

única. En la Figura 3.2, se muestra la ventana en la cual se configura la dirección IP única que tendrá el PLC, para lo cual se debe seleccionar y dar clic sobre el puerto Ethernet del controlador que posteriormente desplegará las propiedades del mismo.

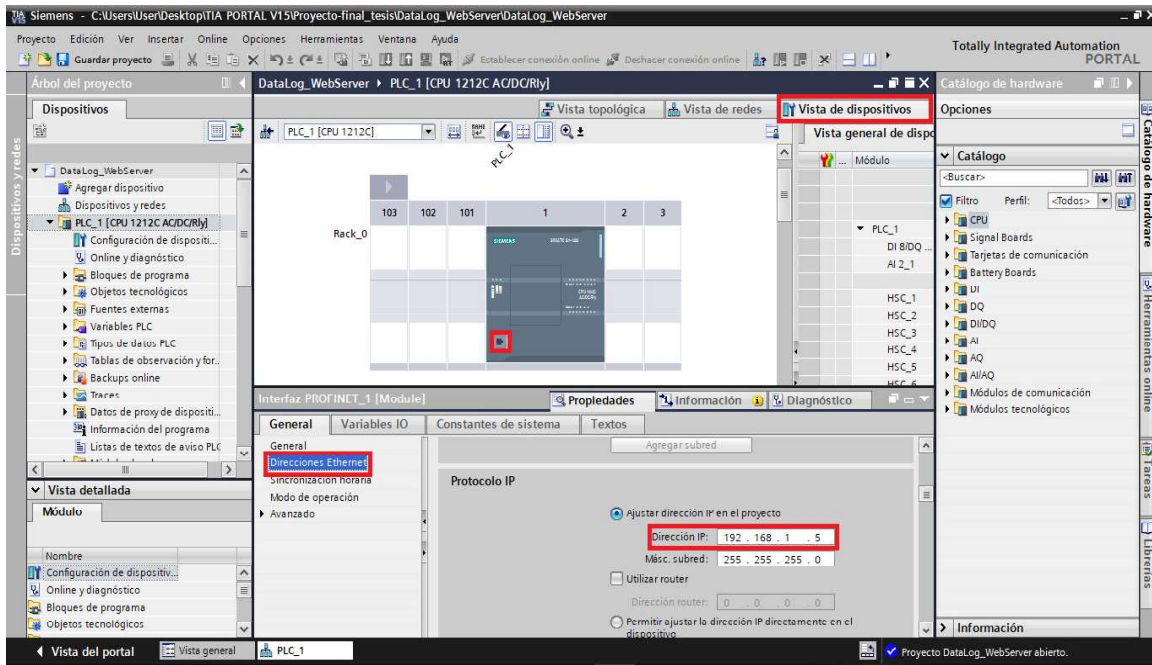


Figura 3.2. Ventana del TIA Portal para la asignación de la dirección IP en el PLC.

### ❖ Configuración de las entradas analógicas para la recepción de datos

Para realizar el acondicionamiento se considera el rango de las variables de instrumentación que enviará la placa electrónica en este caso es de 0 a 5V. El PLC S7-1200 posee dos entradas analógicas integradas de voltaje con un rango de 0 a 10V, con una resolución de 10 bits y un rango total de 0 a 27648 unidades de procesamiento (Siemens, 2015). En la Figura 3.3, se muestra el acondicionamiento empleado en el proyecto.

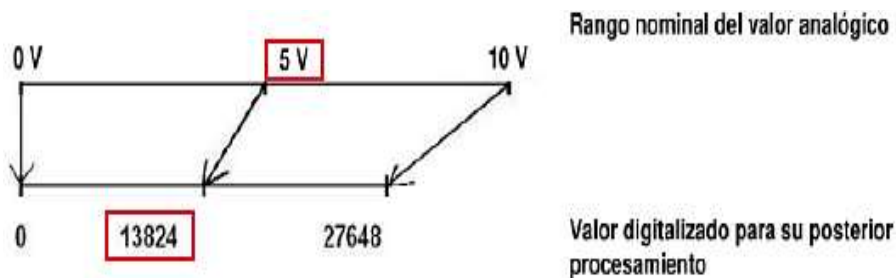


Figura 3.3. Acondicionamiento empleado para las señales analógicas.

Para la recepción de los datos se usa los bloques de instrucciones “NORM\_X” y “SCALE\_X” los cuales permiten normalizar y escalar las señales de entrada y así obtener los datos correctos enviados por la placa electrónica que suministrará señales analógicas de temperatura y nivel.

En la Tabla 3.1, se muestra los parámetros de los bloques a utilizar.

Tabla 3.1. Parámetros de las instrucciones “NORM\_X” y “SCALE\_X”.

<b>Instrucciones: NORM_X (Normalizar) y SCALE_X(Escalar)</b>		
<b>Parámetros de entrada</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Descripción</b>
MIN:	Int, Real	Entrada que indica el valor mínimo del rango.
VALUE:	SCALE_X: Real	Valor de entrada que se debe escalar o normalizar.
	NORM_X: Int, Real	
MAX:	Int, Real	Entrada que indica el valor máximo del rango.
OUT:	SCALE_X: Int, Real	Valor de salida escalado o normalizado.
	NORM_X: Real	

Fuente: (Siemens, 2015)

En la Tabla 3.2, se muestra las entradas del PLC que se utilizan para la recepción de datos de temperatura y nivel.

Tabla 3.2. Entradas analógicas utilizadas para la recepción de datos.

<b>Entradas analógicas</b>	
IW64	Variable de Temperatura
IW66	Variable de Nivel

A continuación, en el TIA Portal se crea una tabla de variables “DataLog\_WebServer” las cuales serán utilizadas para la programación en general, como se observa en la Figura 3.4.

En la Figura 3.5, se muestra los bloques “NORM\_X” y “SCALE\_X” con los parámetros configurados para acondicionar las entradas; en los dos primeros bloques se tiene la entrada IW64 que pertenece a la señal de temperatura, la cual es normalizada y escalada en un rango de 0 a 100°C y en los otros bloques se tiene la entrada IW66 que pertenece a la señal de nivel,

la cual de igual forma es normalizada y escalada de 0 a 18 cm; este acondicionamiento es referente a los rangos de operación de la planta.

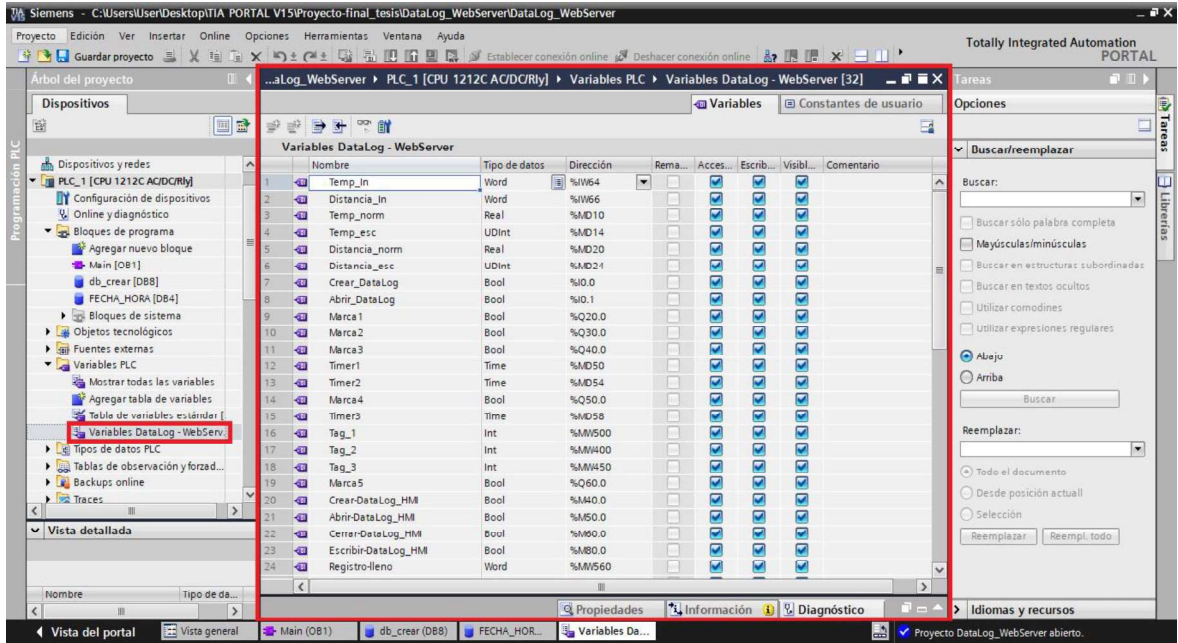


Figura 3.4. Tabla de variables para la programación del algoritmo de control.

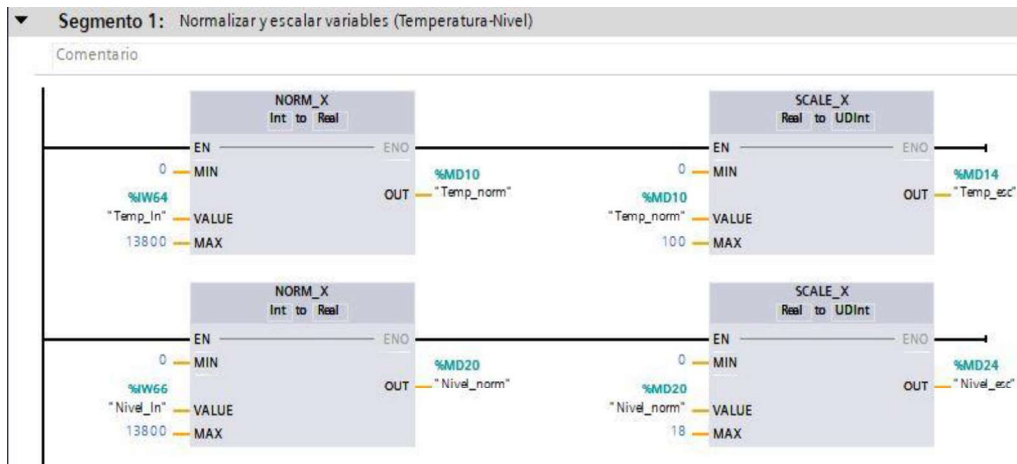


Figura 3.5. Bloques configurados para normalizar y escalar variables.

### ❖ Configuración de la fecha y hora interna del PLC

Para la presentación del registro de cada una de las variables, es necesario obtener la fecha y hora actualizada en el PLC, por esta razón se utilizan otros bloques de instrucciones avanzadas, los cuales permiten actualizar dichos parámetros (García, 2015). Para la configuración de la hora en el PLC S7-1200 se consideran las siguientes indicaciones:

El PLC dispone de dos tipos de horas:

- Hora Local: depende de la zona horaria Ej. GMT-5.
- Hora del Sistema: es configurada por el usuario.

Instrucciones avanzadas:

- RD\_LOC\_T: lee la hora local.
- RD-SYS-T: lee la hora del sistema.
- WR\_SYS\_T: escribe en la hora del sistema.

Para llevar a cabo la configuración, en primer lugar, se debe ajustar la hora local, para lo cual en las propiedades del PLC se escoge en la pestaña “Hora” y se selecciona la zona horaria como se muestra en la Figura 3.6.

Cabe señalar que la hora local se calcula aplicando la zona horaria y las variaciones correspondientes al horario de verano/invierno ajustadas en los parámetros de la ficha de configuración del dispositivo “Hora” (Siemens, 2015).

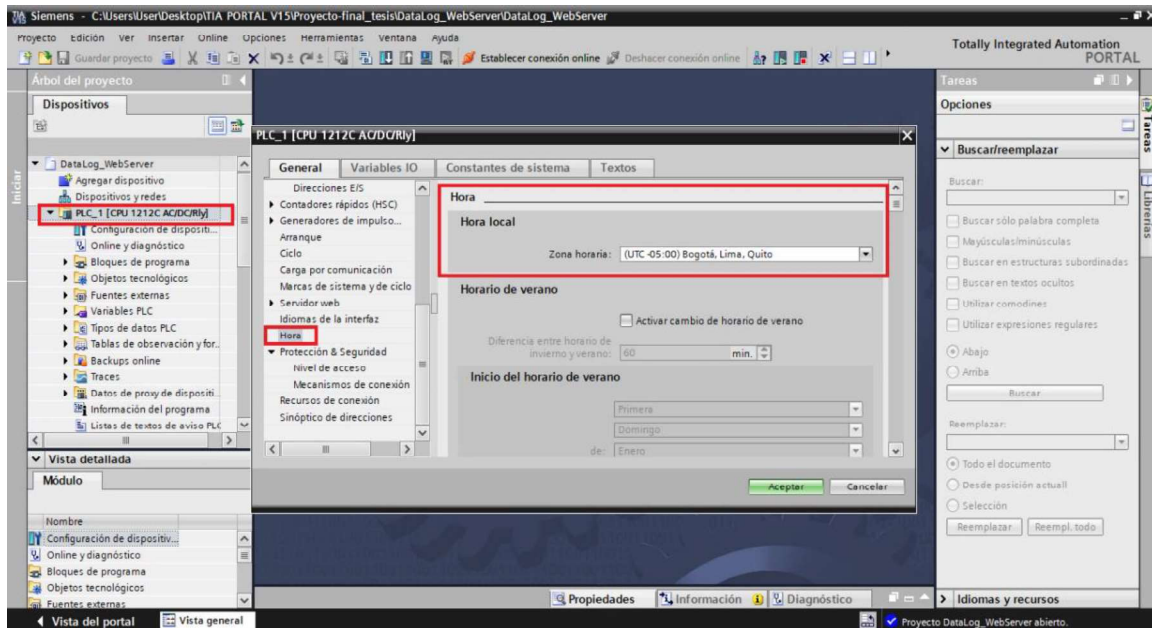


Figura 3.6. Selección de la zona horaria.

En la Tabla 3.3, se muestra la descripción de los parámetros para configurar la hora del PLC.

Tabla 3.3. Parámetros de las instrucciones “RD\_LOC\_T”, “RD\_SYS\_T” y “WR\_SYS\_T”.

Instrucciones “RD_LOC_T”, “RD_SYS_T” y “WR_SYS_T”			
Parámetros y tipo		Tipo de datos	Descripción
IN	IN	DTL	Hora que se debe ejecutarse en el reloj del sistema de la CPU.
OUT	OUT	DTL	RD_SYS_T: Hora actual del sistema. RD_LOC_T: Hora local actual.
LOCTIME	IN	DTL	WR_LOC_T :Hora local.
DST	IN	BOOL	WR_LOC_T: Daylight Saving Time solo se evalúa durante la "doble hora" cuando el reloj cambia al horario verano.
RET_VAL	OUT	Int	Código de condición de ejecución.

Fuente: (Siemens, 2015)

Para usar las instrucciones avanzadas se necesita de programación estructurada, para eso se crea un OB (Bloque de datos). Las variables para fecha y hora son de tipo *DTL (Date and Time Long)*. A continuación, se describe el proceso para llevar a cabo la creación del OB (Bloque de datos) y la configuración de la fecha y hora.

- a. En el Árbol del proyecto se agrega un nuevo bloque de programa llamado “FECHA\_HORA”, donde se ingresan funciones como: “LEER\_HORA\_LOCAL”, “LEER\_HORA\_SISTEMA” y “ESCRIBIR\_HORA\_SISTEMA” todas estas deben ser de tipo DTL, como se muestra en la Figura 3.7.
- b. Luego para la configuración se activa el bloque “WR\_LOC\_T” mediante una entrada digital establecida; una vez realizado esto se debe dirigir al OB (Bloque de datos) “FECHA\_HORA” y modificar el valor de arranque de la variable “ESCRIBIR\_HORA\_SISTEMA” en la cual se ingresa la fecha y la hora adecuadas por el usuario, en la Figura 3.8, se muestra los bloques con los parámetros establecidos.

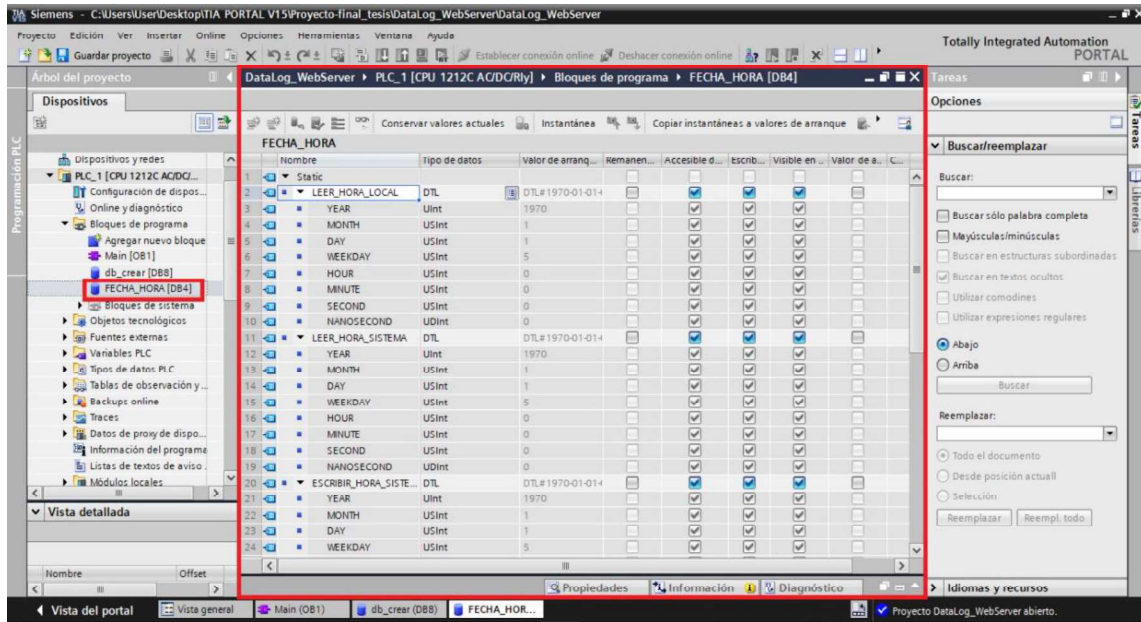


Figura 3.7. Bloque de datos para la configuración de la fecha y hora.

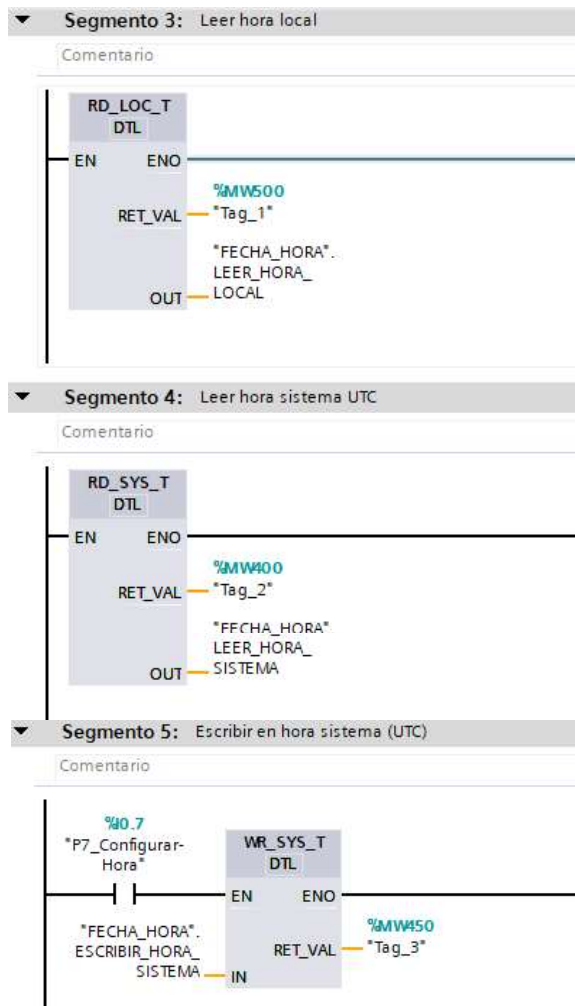


Figura 3.8. Bloques de instrucciones para la configuración de fecha y hora del PLC.



## ❖ Configuración y programación para la adquisición de datos

Para crear un archivo de registro de las variables, se utiliza las siguientes instrucciones de programación que controlan los registros:

- Instrucción “*DataLogCreate*” (Crear Data Log)

Crea e inicializa un archivo de registro, la CPU crea un archivo con el nombre definido en el parámetro “*NAME*”. A continuación, se muestra en la Tabla 3.4, los tipos de datos y su descripción para los parámetros.

Tabla 3.4. Parámetros de la instrucción “*DataLogCreate*”.

Instrucción “ <i>DataLogCreate</i> ”			
Parámetros y tipo		Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	Un cambio de señal low a high (ascendente) lanza la operación.
RECORDS	IN	Udint	Número máximo de registros que puede contener el registro circular antes de sobrescribir la entrada más antigua.
FORMAT	IN	UInt	Formato del registro. - 0 - Formato interno - 1 - Valores separados por coma (csv)
TIMESTAMP	IN	UInt	Formato del sello horario. - 0 – Sin sello de tiempo - 1 – Sello de tiempo
NAME	OUT	Variant	Nombre del registro.
ID	IN/OUT	Dword	Identificador numérico de registro.
HEADER	IN/OUT	Variant	Punteros a nombres de encabezados de columnas de registro para la fila superior de la matriz encriptada en el archivo CSV.
DATA	IN/OUT	Variant	Especifica los elementos de datos individuales (columnas) de un registro.

Fuente: (Siemens, 2015)

También la CPU crea un archivo de registro con un tamaño fijo predeterminado basado en los parámetros “*RECORDS*” y “*DATA*” que organizan los registros como un archivo de registro circular (Martínez, 2016).

- Instrucción “*DataLogOpen*” (Abrir Data Log)

Abre un archivo de registro ya existente. Es necesario abrir un registro antes de poder escribir registros nuevos en él. A continuación, en la Tabla 3.5, se indica la descripción de los parámetros.

Tabla 3.5. Parámetros de la instrucción “*DataLogOpen*”.

Instrucción “ <i>DataLogOpen</i> ”			
Parámetros y tipo		Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	Un cambio de señal low a high (ascendente) lanza la operación.
MODE	IN	Uint	Modo de operación: - 0 – Agregar a los datos existentes. - 1 – Borra todos los registros existentes.
NAME	IN	Variant	Nombre de un registro existente.
ID	IN/OUT	DWord	Identificador numérico de un registro.

Fuente: (Siemens, 2015)

- Instrucción “*DataLogWrite*” (Escribir Data Log)

Esta instrucción agrega registros nuevos al archivo hasta que este contenga el número máximo de registros especificado en el parámetro “*RECORDS*”, pero, en primer lugar, el registro de destino previo debe estar abierto. Por otro lado, cuando se llegue al número máximo, el siguiente registro que se escriba sobrescribirá el registro más antiguo.

- Instrucción “*DataLogClose*” (Cerrar Data Log)

Cierra un registro abierto. Las operaciones *DataLogWrite* sobre un registro cerrado producen un error. A continuación, en la Tabla 3.6, se muestra los parámetros de los dos bloques anteriores, debido a que tienen una estructura similar.

Tabla 3.6 Parámetros de las instrucciones "DataLogWrite" y "DataLogClose".

Instrucciones "DataLogWrite" y "DataLogClose"			
Parámetros y tipo		Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	Un cambio de señal low a high (ascendente) lanza la operación.
ID	IN/OUT	DWord	Identificador numérico de un registro.

Fuente: (Siemens, 2015)

- Instrucción "DataLogNewFile" (Data Log en archivo nuevo)

Permite al programa crear un archivo de registro nuevo basándose en otro ya existente. A continuación, en la Tabla 3.7, se muestra los tipos de datos para los parámetros de la instrucción.

Tabla 3.7. Parámetros de la instrucción "DataLogNewFile".

Instrucción "DataLogNewFile"			
Parámetros y tipo		Tipo de datos	Descripción
REQ	IN	Bool	Un cambio de señal low a high (ascendente) lanza la operación.
RECORDS	IN	UDInt	El número máximo de registro que puede contener el registro circular antes de sobrescribir la entrada más antigua.
NAME	IN	Variant	Nombre de registro: El nombre lo especifica el usuario.
ID	IN/OUT	DWord	Identificador numérico de un registro: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durante la ejecución, la entrada ID identifica un registro válido. La nueva configuración de registro se copia desde este registro.</li> <li>- Tras la ejecución, el parámetro ID se convierte en una salida que devuelve la ID del archivo de registro recién creado.</li> </ul>

Fuente: (Siemens, 2015)

Se debe tomar en cuenta que, para comenzar a desarrollar el algoritmo, lo primero que se debe realizar es crear un bloque de datos el cual es fundamental para configurar los parámetros de la instrucción *DataLogCreate*. A continuación, se describe el proceso para crear dicho bloque de datos.

- a. En la ventana “Árbol de proyecto” se selecciona “Agregar un nuevo bloque” y se coloca cualquier nombre en este caso “db\_crear”. En el nuevo bloque ahora se debe crear las funciones que ayudarán a la generación del registro, funciones como *DataLogName* (Ingresa el nombre del registro), *DataLogID* (Dirección del registro), *Header* (Ingresa un encabezado) y *Data* (Están los datos que serán almacenados en el registro), en la Figura 3.9, se muestra las variables para cada uno de los parámetros del registro.

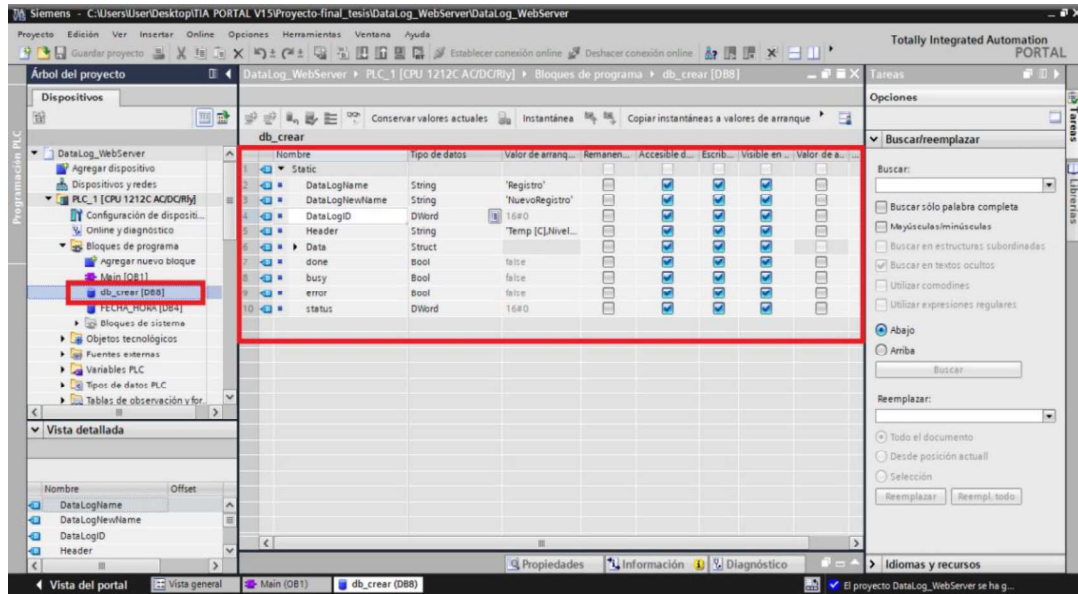


Figura 3.9. Creación de un OB Bloque de datos para la instrucción "DataLogCreate".

- b. Luego se procede a completar los parámetros necesarios que se indican a continuación en la Instrucción *DataLogCreate* como se indica en la Figura 3.10.

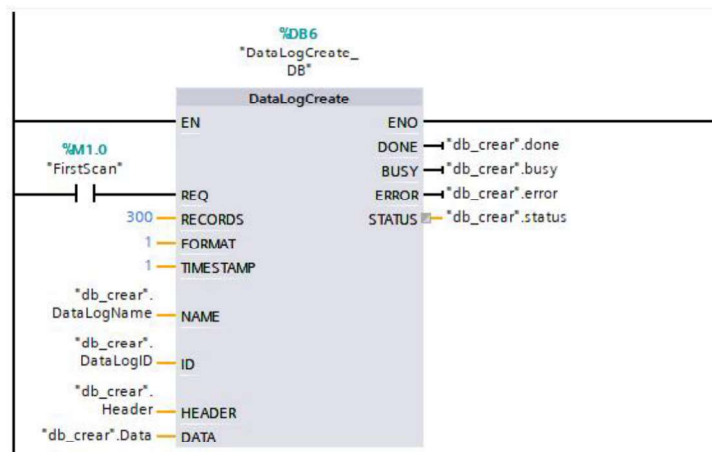


Figura 3.10. Bloque "DataLogCreate" configurado para la creación del archivo.

El algoritmo de control y tabla de variables completos con la configuración establecida para el registro de datos se encuentra en el Anexo A.

### ❖ Configuración del servidor *web* en el TIA Portal V15

La habilitación y configuración del servidor *web* permite tener acceso a datos de la CPU mediante las páginas *web* propias del PLC en las cuales se podrá descargar archivos de registro de datos para luego abrirlos en *Excel*, a continuación, se muestra el proceso para la habilitación del servidor.

Lo primero es dirigirse al “Árbol del proyecto” y dar clic derecho sobre el autómata programable y seleccionar la opción “Propiedades” tal como se observa en la Figura 3.11.

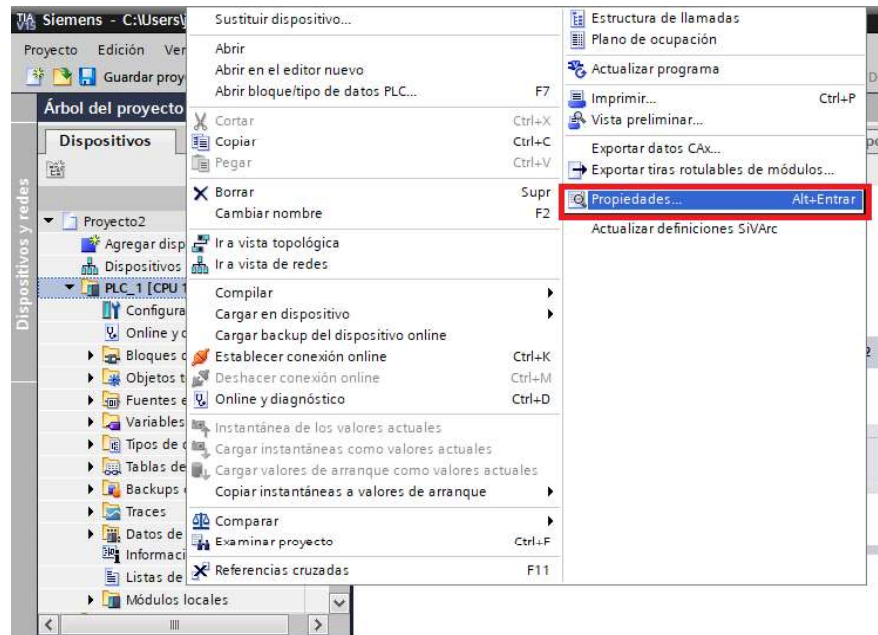


Figura 3.11. Acceso a propiedades para la configuración del PLC.

Para poder aprovechar toda la funcionalidad del servidor es necesario realizar los siguientes ajustes que se muestran en la Figura 3.12.

- a. **Activar el servidor *web*:** En la Figura 3.13, se activa la casilla de verificación “Activar servidor *web* en el módulo”. Al hacerlo, aparece la siguiente nota y se procede a dar clic en “Aceptar”.

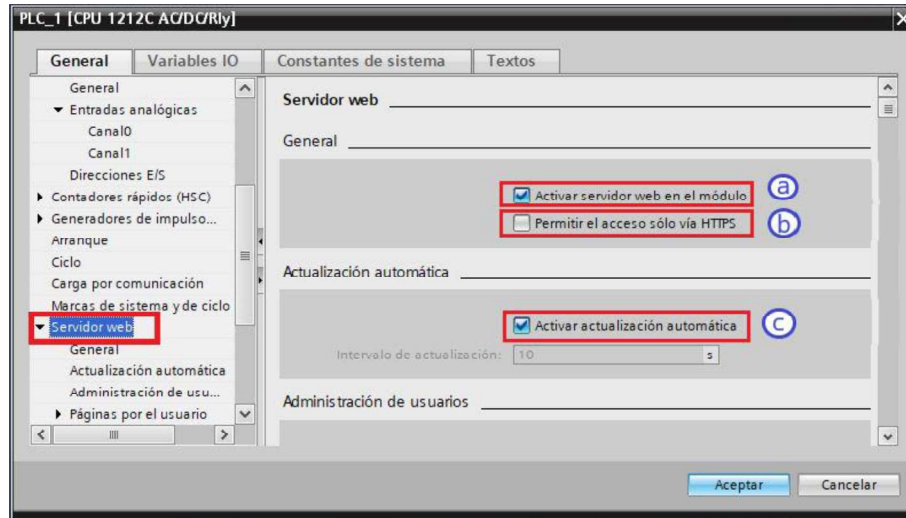


Figura 3.12. Proceso para realizar los ajustes en el servidor *web* del PLC S7-1200.

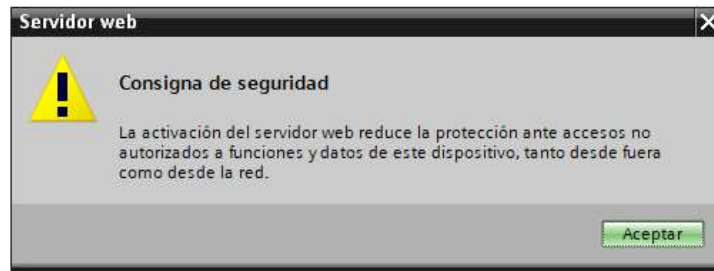


Figura 3.13. Consigna de seguridad al activar el servidor *web*.

- b. Permitir el acceso solo vía HTTPS:** Las páginas *web* se transfieren de forma estándar a través de una conexión no segura y no están protegidas frente a ataques de terceros. Si se desea transferir al navegador exclusivamente páginas *web* e información de acceso encriptadas, se activa en las propiedades de la CPU la opción “Permitir el acceso solo vía HTTPS”. Se debe asegurarse de que la URL de la CPU comience en este caso con “<https://>” (Siemens, 2015).
- c. Actualización automática:** En el ajuste predeterminado de una CPU configurada esta activada la actualización automática. Las siguientes páginas *web* se actualizan automáticamente:
- ✓ Página de inicio
  - ✓ Búfer de diagnóstico
  - ✓ Información del módulo

- ✓ Avisos
- ✓ Información sobre la comunicación

Asimismo, para completar con la habilitación del servidor *web* se configura la administración de usuarios, para esto se deben realizar los pasos enumerados que se muestran en la Figura 3.14. El usuario dispondrá únicamente de las opciones que se le hayan asignado en los derechos de acceso, como se observa en la Figura 3.15.



Figura 3.14. Ajustes en la administración de usuarios para el servidor *web* del PLC.



Figura 3.15. Lista de opciones que tendrá acceso el usuario.

La lista de usuarios le ofrece las siguientes posibilidades:

- 1 Configurar el nombre de usuario.
- 2 Otorgar derechos de acceso al usuario.

### 3 Asignación de contraseñas para mayor seguridad.

Una vez realizados todos los ajustes necesarios se procede a compilar para comprobar si existe algún error. Si la compilación se realizó de forma correcta sin ninguna clase de errores, se procede a cargar el programa al PLC.

#### 3.2. Placa electrónica para la generación de señales

La placa electrónica es la encargada de generar las señales eléctricas que se van a monitorear y registrar.

Los elementos que se utilizaron para la construcción de la placa electrónica son:

- Arduino Uno.
- Sensor digital de temperatura DS18B20.
- Sensor ultrasónico de distancia HC-SR04.
- Pantalla de cristal de líquido LCD 16x2.

En la Figura 3.16, se muestra la placa electrónica utilizada y el diagrama de conexiones.

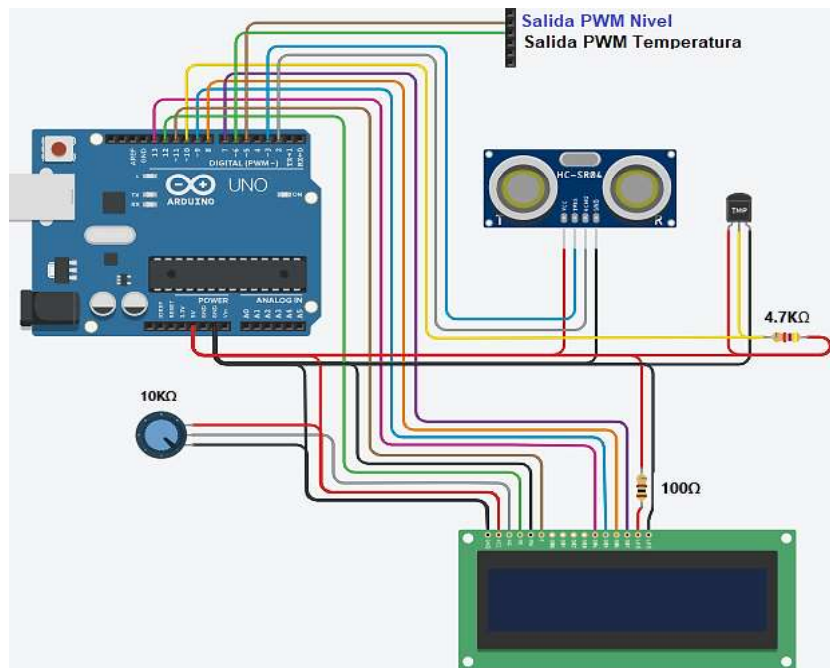


Figura 3.16. Diagrama de conexiones de los elementos a la placa Arduino UNO.



En la Tabla 3.8, se indica las salidas de la placa electrónica las cuales serán conectadas a las entradas analógicas del PLC S7-1200.

Tabla 3.8. Salidas analógicas de la placa Arduino UNO.

<b>SALIDAS ANALÓGICAS ARDUINO UNO</b>	
<b>Función</b>	<b>Pin</b>
Salida PWM Nivel	5
Salida PWM Temperatura	6

A continuación, en la Tabla 3.9, se muestra los pines de los elementos que se utilizaron los mismos que se van a conectar a los pines de la placa electrónica.

Tabla 3.9. Conexiones de elementos a la placa Arduino UNO.

<b>CONEXIÓN DE ELEMENTOS CON ARDUINO UNO</b>	
<b>Pines-Elementos</b>	<b>Pines-Arduino UNO</b>
<b>PANTALLA LCD</b>	
Vss (GND)	GND
Vcc (+5)	5V
VD (Contraste)	Pin ajustable potenciómetro
RS	12
RW (Read/Write)	GND
E (Enable)	11
D4-D7 (Bit de datos 4-7)	13-9-8-7
A (Back light (+))	Resistencia 100Ω y luego 5V
K (Back light (-))	GND
<b>SENSOR DE DISTANCIA</b>	
Vcc (+5)	5V
Trig	3
Echo	2
GND	GND
<b>SENSOR DE TEMPERATURA</b>	
GND	GND
DATA	Resistencia 4.7 KΩ y pin 10
VDD	Resistencia 4.7KΩ y 5V

### ❖ Desarrollo de *scripts*

Un *script* es el nombre que Arduino usa para un programa. Es la unidad de código que se carga y se ejecuta en la placa Arduino. En el Anexo B se detalla la programación necesaria para la generación de variables de instrumentación referentes a nivel y temperatura y su respectiva visualización en la pantalla LCD. El código se divide en partes gracias a la utilización de la librería *Protothreads* que son subprocesos que permiten establecer un flujo de control secuencial.

### ❖ Construcción de una planta para la placa electrónica

La planta de proceso se construyó con el objetivo de tener una mejor presentación de la placa electrónica. Dicho esto, se desarrolló un proceso simple el cual se va encargar del control de temperatura y nivel de agua. La planta consta de los siguientes elementos que se muestran en las Figuras 3.17, 3.18 y 3.19. Las dimensiones de la planta se encuentran en el Anexo C.



Figura 3.17. Planta de proceso de transporte de agua (Vista frontal).

- a. Estructura de madera.
- b. Borneras de las salidas provenientes de la placa electrónica.
- c. Pantalla de cristal líquido LCD que mostrará los datos de temperatura y nivel.
- d. Bomba que transportará el agua al tanque de almacenamiento.
- e. Bomba que transportará el agua al tanque de monitorización.
- f. Tanque de monitoreo el cual también contiene en su interior el sensor de temperatura.
- g. Tanque de almacenamiento el cual también contiene en su interior la niquelina.
- h. Sensor de distancia que se utiliza para medir el nivel del tanque de monitoreo.
- i. Mangueras y conectores por donde circula el agua.



Figura 3.18. Planta de proceso de transporte de agua (Vista lateral).

- j. Borneras de las salidas digitales del PLC que harán funcionar a las bombas y niquelina.
- k. Conector para la alimentación del sistema electrónico.

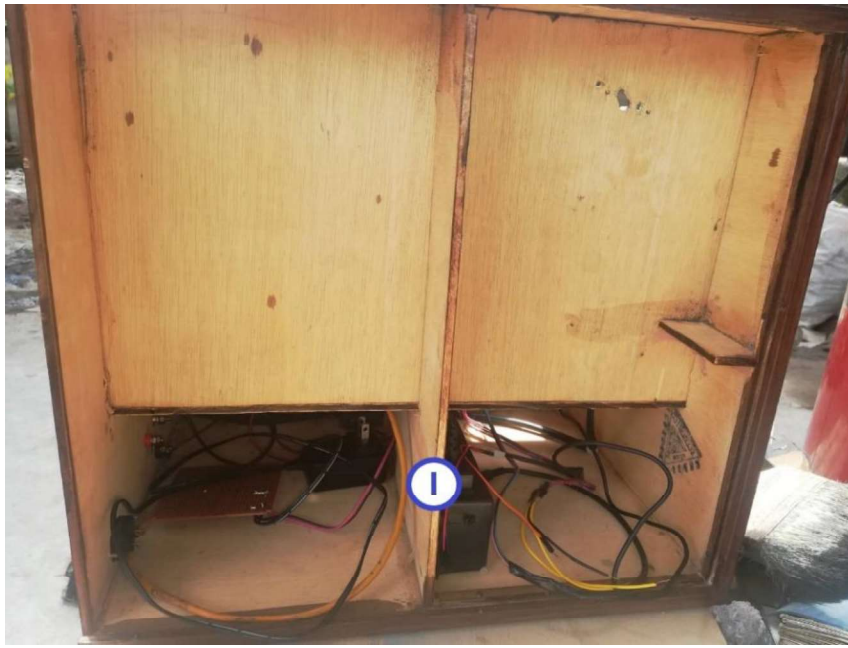


Figura 3.19. Planta de proceso de transporte de agua (Vista posterior).

#### I. Fuentes para el funcionamiento de las bombas.

Para el funcionamiento de la planta se creó un algoritmo de control el cual tiene dos modos de operación uno automático y el otro manual. Cabe considerar algunos puntos importantes que influyen en el funcionamiento de la planta:

- a. En el interior del tanque de monitoreo se encuentra el sensor de temperatura, razón por la cual la niquelina que calentará el agua se encuentra en el tanque de almacenamiento, esto para evitar problemas al activar la niquelina.
- b. El nivel total de los tanques es de 18 cm, para evitar que haya desprendimiento de agua cuando entre en funcionamiento la planta solo se llenará hasta los 17 cm como máximo.
- c. La temperatura máxima a la cual podrá llegar el agua será de 70 a 75°C, esto debido a que puede dañar los elementos de la planta como las mangueras que transportarán el agua caliente.
- d. Para que entren en funcionamiento las bombas se debe tener un nivel mínimo de 4 cm, esto debido a que pueden dañarse trabajando en vacío.

- e. De igual forma para que entre en funcionamiento la niquelina debe existir un nivel mínimo de 5 cm ya que de lo contrario podría causar un daño grave a la planta.

Todas estas consideraciones se tomaron en cuenta para la realización del algoritmo de control el cual tiene: restricciones y bloqueos que buscarán mantener el buen funcionamiento de la planta. A continuación, se describe el funcionamiento de los modos de operación.

**Modo Automático:** se dispone de tres formas de operación que se detallan a continuación.

- **P1:** Considerando que al principio del proceso el tanque de almacenamiento se encontrará lleno de agua, al pulsar o activar P1 realizará lo siguiente: se activará la bomba dos que transportará la mitad del nivel de agua al tanque de monitoreo, para luego activarse la niquelina que se mantendrá activa y calentará el agua restante del tanque de almacenamiento, y por último se volverá a activar la bomba dos que transportará todo el nivel de agua al tanque de monitoreo.
- **P2:** El usuario podrá elegir si quiere aumentar la temperatura del agua y para esto se podrá pulsar o activar P2 que realizará lo siguiente: se activará la bomba uno que transportará la mitad del nivel de líquido al tanque de almacenamiento, seguido de esto se activará la niquelina que aumentará la temperatura del agua y por último se activará la bomba dos que permitirá regresar todo el nivel de agua al tanque de monitoreo para evidenciar el aumento de temperatura.
- **P3:** Finalmente el usuario podrá hacer que todo el nivel del líquido regrese al tanque de almacenamiento, para llevar a cabo con esto se podrá activar el pulsador P3 que realizará lo siguiente: solo se activará la bomba uno por un tiempo que transportará todo el nivel de agua al tanque de almacenamiento.

**Modo Manual:** Este modo de operación tiene asociado un pulsador del PLC para activar a cada elemento los cuales son:

- ✓ P4: Activa la bomba 1.
- ✓ P5: Activa la bomba 2.

✓ P6: Activa la niquelina.

**P0 Paro:** Este pulsador permitirá parar en cualquier instante el funcionamiento de la planta.

El algoritmo de control se desarrolló para evidenciar los cambios tanto en el nivel y la temperatura para poder controlar, supervisar y adquirir datos, lo cual es la razón de este proyecto. En la Tabla 3.10, se muestra las entradas y salidas del PLC que se utilizaron para llevar a cabo con el funcionamiento de la planta.

Tabla 3.10. Entradas y salidas del PLC utilizadas para la planta de proceso

<b>DIRECCIONES DEL PLC</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Entradas Digitales</b>	
Automático	
I0.0	P0 Paro
I0.1	P1
I0.2	P2
I0.3	P3
Manual	
I0.4	P4 Bomba 1
I0.5	P5 Bomba 2
I0.6	P6 Niquelina
<b>Entradas Analógicas</b>	
IW64	Entrada señal temperatura
IW66	Entrada señal nivel
<b>Salidas Digitales</b>	
Q0.0	Bomba 1
Q0.1	Bomba 2
Q0.2	Niquelina

La programación completa del algoritmo de control y tabla de variables se encuentra en el Anexo A.

## ❖ Conexión con el servidor web

Para acceder al servidor, es necesario realizar lo siguiente:

- Comprobar que el PLC S7-1200 y la PC estén dentro de una red Ethernet común o que estén interconectados directamente con un cable Ethernet estándar.
- Abrir el navegador *web* y en la barra de dirección del navegador introducir la dirección IP de la CPU S7 configurada (192.168.1.5). Posteriormente se establece la conexión y se abre la página “Intro”. En la Figura 3.20, se muestra la primera página (Intro) que se abre desde del servidor *web*.

Al ingresar a la página *web*, es probable que el navegador manifieste un mensaje de advertencia acerca de la seguridad del PLC, este mensaje de advertencia surge, a pesar de que se haya activado la opción de acceso seguro al PLC la cual se modificó dentro de las propiedades del mismo. Los manuales de usuario de los PLC’s muestran que al conectar el PLC S7 con un sitio *web* se cifra la sesión con un certificado digital, por lo que algunos de los navegadores no pueden identificar esta dirección y es necesario descargar dicha licencia para evitar conflictos (Siemens, 2015).

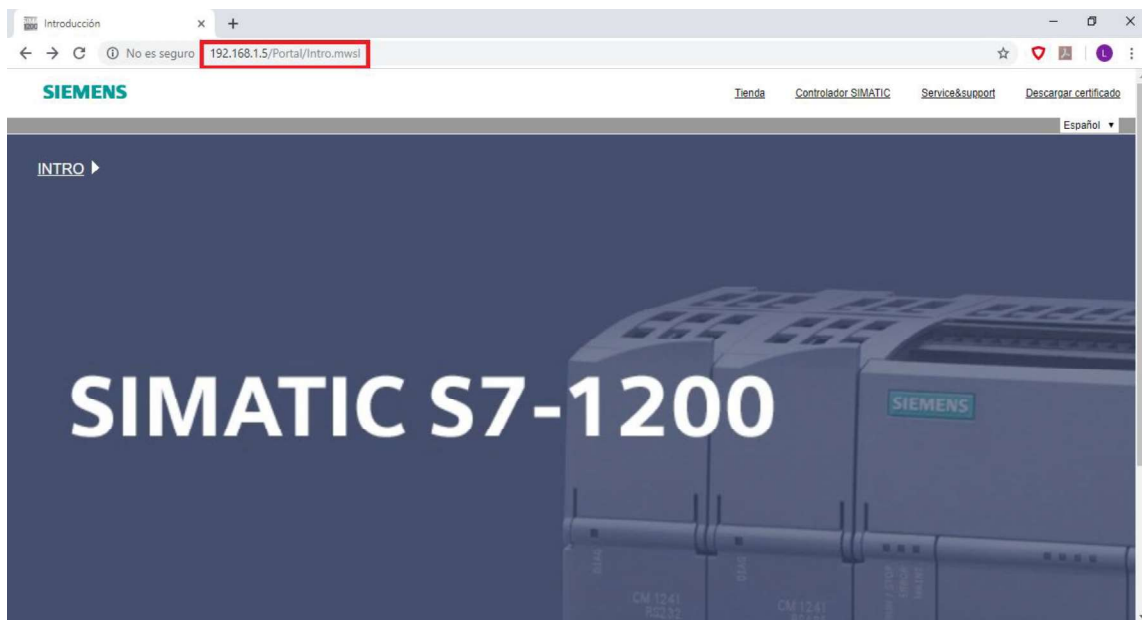


Figura 3.20. Página principal cuando se accede al servidor *web*.

Para usar todas las funciones de la páginas *web* es necesario iniciar sesión. Se inicia con un nombre de usuario y contraseña definidos anteriormente. Todas las páginas *web* estándar de S7-1200 tienen una estructura común con enlaces de navegación y controles de página. En la Figura 3.21, se enumeran las funciones principales que ofrece esta página.

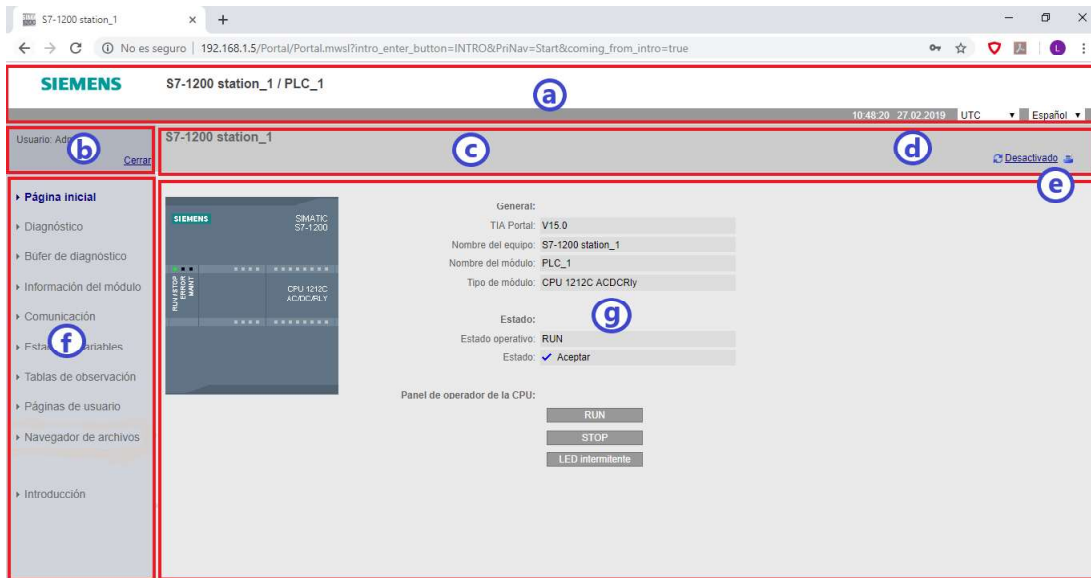


Figura 3.21. Descripción de las funciones que tiene la página al ingresar al servidor *web*.

- a. Encabezado del servidor *web* dotado de selector para visualizar la hora local del PLC o la hora UTC y un selector para el idioma.
- b. Inicialización o finalización de sesión.
- c. Encabezado estándar de la página *web* con el nombre de la página del PLC a visualizar.
- d. Icono de actualización: para páginas con actualización automática, activa o desactiva la función de actualización automática.
- e. Icono de impresión.
- f. Área de navegación para pasar a otra página.
- g. Espacio de contenido de la página *web* estándar.

El servidor *web* S7 1200 ofrece una información específica sobre el estado de la CPU a través de páginas *web* integradas, en la Tabla 3.11, se muestra las pestañas de información del PLC con su respectiva función.



Tabla 3.11. Descripción de las pestañas de información de la página del servidor *web*.

<b>Designación</b>	<b>Función</b>
Página inicial	Esta página muestra una versión general de la información de la CPU, el nombre de la CPU, el tipo de CPU y la información específica sobre su estado de funcionamiento actual.
Identificación	Visualización de la información de estática, tales como de serie, el orden y número de versión.
Búfer diagnóstico	de Observación de los contenidos del búfer de diagnóstico con las entradas más recientes.
Información módulo	del Ofrece información de datos sobre todos los módulos que se encuentran en rack local.
Comunicación	Visualización de la información sobre las interfaces PROFINET de la CPU; presentación de la demanda de recursos de la conexión.
Estado variables	de Permite visualizar cualquier dato de memoria o E/S dentro de la memoria del PLC. Dentro de esta pantalla se puede ingresar una dirección directa como I0.0, un nombre de variables del PLC o una variable de un bloque de datos determinado.
Navegador archivos	de Muestra todos los archivos de datos y directorios que existen en la tarjeta de memoria SIMATIC. Los archivos se pueden descargar, borrar, renombrar o cargarse. Los directorios se pueden volver a crear, eliminar o cambiar el nombre.
Páginas usuario	de Las páginas web de usuarios proporcionan una lista de páginas web con aplicaciones web específicas de cada cliente.
Introducción	Página de introducción al servidor <i>web</i> .

Fuente: (Siemens, 2015)

Descritas todas las funcionalidades que se tiene al ingresar al servidor *web* del PLC a continuación, se accede a la pestaña “Navegador de archivos” en la cual se muestran los archivos existentes en el PLC y se selecciona el “registro” creado en formato .csv y automáticamente comenzará la descarga del archivo de registro de datos, tal como se muestra en la Figura 3.22.

Finalmente, en la Figura 3.23, se muestra el archivo de registro abierto en *Excel* en el cual se observa información como la fecha, la hora y el comportamiento de las variables de temperatura y nivel.

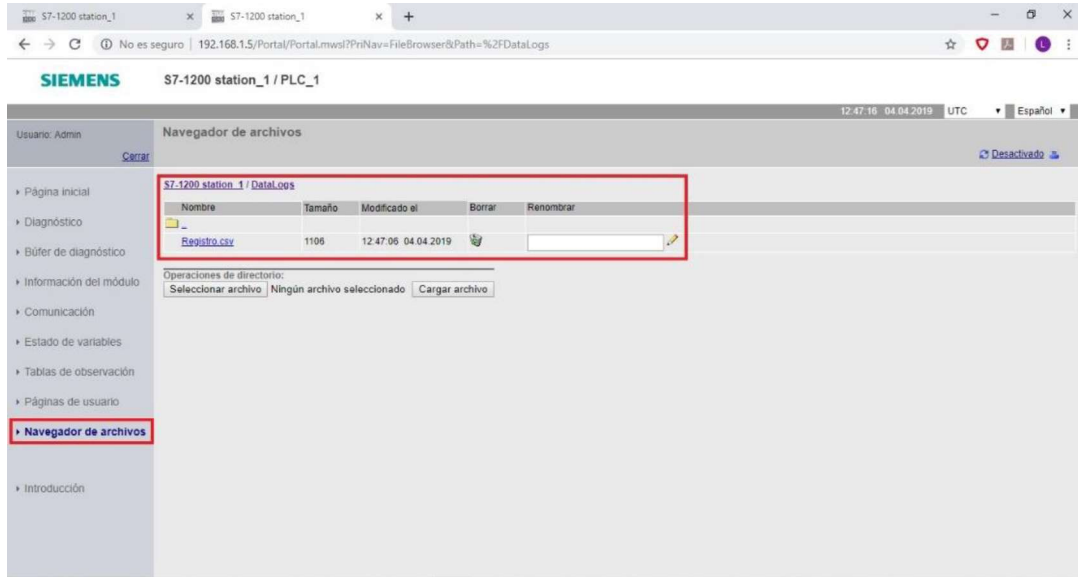


Figura 3.22. Descarga del archivo de registro de datos.

Record	Date	UTC Time	Temp [C]	Nivel [cm]
1	4/04/2019	12:44:06	50	14
2	4/04/2019	12:44:16	50	14
3	4/04/2019	12:44:26	50	14
4	4/04/2019	12:44:36	50	14
5	4/04/2019	12:44:46	50	18
6	4/04/2019	12:44:56	50	6
7	4/04/2019	12:45:06	50	8
8	4/04/2019	12:45:16	50	12
9	4/04/2019	12:45:26	50	12
10	4/04/2019	12:45:36	50	12
11	4/04/2019	12:45:46	50	5
12	4/04/2019	12:45:56	50	11
13	4/04/2019	12:46:06	50	9
14	4/04/2019	12:46:16	50	7
15	4/04/2019	12:46:26	50	7
16	4/04/2019	12:46:36	50	12
17	4/04/2019	12:46:46	50	12
18	4/04/2019	12:46:56	50	12
19	4/04/2019	12:47:06	50	12
20	4/04/2019	12:47:16	50	12
21	4/04/2019	12:47:26	50	12
22	4/04/2019	12:47:36	50	12
23	4/04/2019	12:47:46	50	12
24	4/04/2019	12:47:56	50	12
25	4/04/2019	12:48:06	50	12
26	4/04/2019	12:48:16	50	12

Figura 3.23. Archivo de registro abierto en Excel.

### 3.3. Páginas web de monitoreo

A continuación, se detalla cada uno de los pasos y procesos secuenciales para la creación de páginas web HMI definidas por el usuario, las cuales tienen como objetivo el monitorear las variables físicas. Este proceso incluye varias tareas que se describen a continuación en la Figura 3.24.

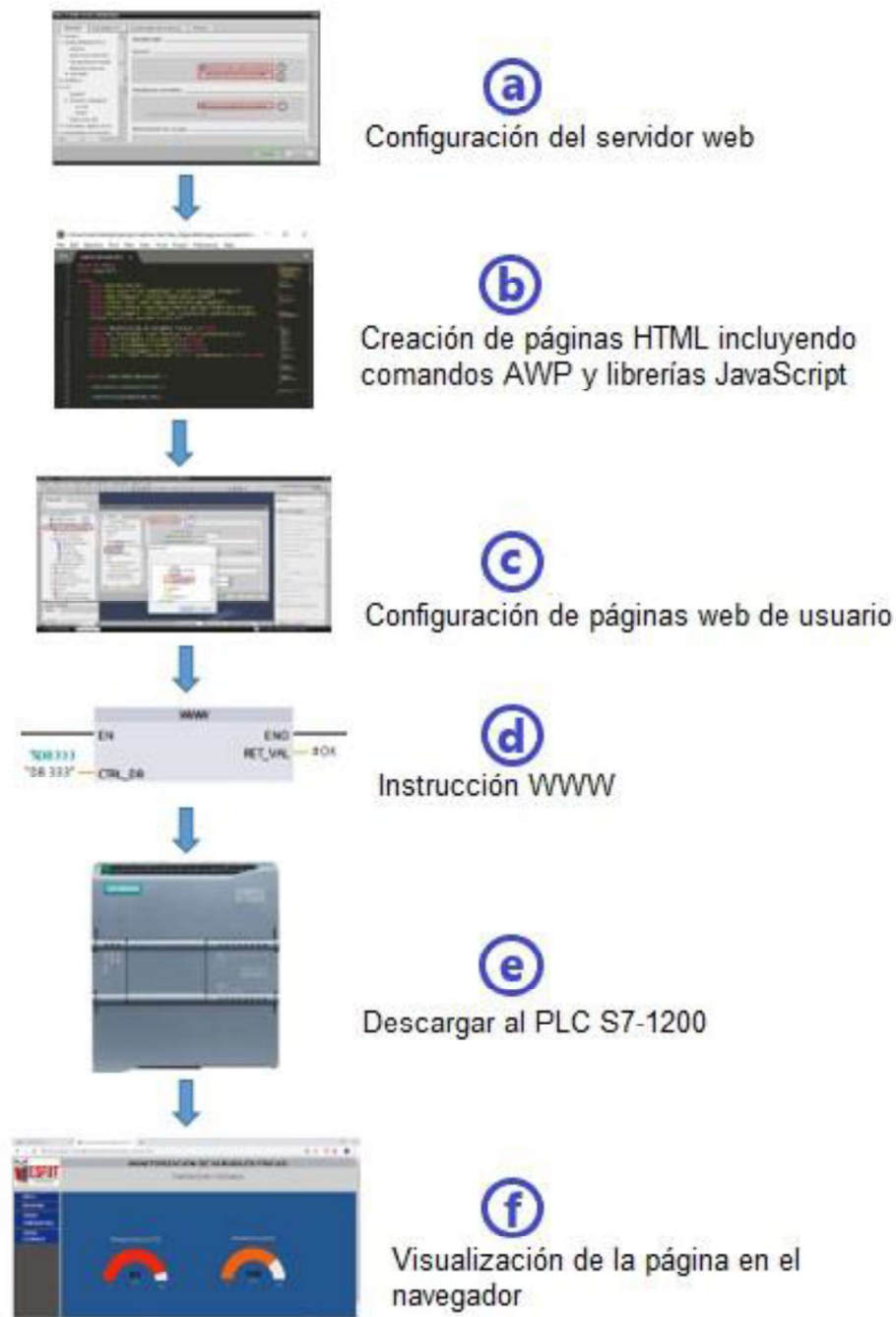


Figura 3.24. Proceso para crear una página web definida por el usuario.

- a. Configuración del servidor *web* del PLC S7-1200.
- b. Creación de las páginas *web* con un editor HTML que incluya comandos *AWP* (*Automation Web Programming*) y librerías *JavaScript*.
- c. Configuración para controlar el uso de las páginas *HTML*.
- d. Inclusión de la instrucción *WWW* dentro de la programación.
- e. Compilar y cargar los bloques en el PLC.
- f. Acceder a la página *web* definidas por el usuario desde el computador.

El servidor *web* ya se configuró con anterioridad para llevar a cabo la ejecución del algoritmo de control en cuanto a la adquisición de datos.

#### ❖ Creación de páginas *HTML* incluyendo comandos *AWP* y librerías *JavaScript*

El usuario deberá diseñar sus propias páginas específicas en código *HTML* dependiendo de las necesidades. Estas páginas se pueden diseñar utilizando un editor *HTML* mediante comandos en lenguaje *AWP*, esta página *web* servirá para interacción entre el usuario y el PLC.

- Estructura básica en *HTML*

Para la elaboración del diseño *web* se utilizará el *software Sublime Text*, este programa presenta características generales para realizar un diseño amigable facilitando el uso de la plataforma y permitirá configurar diversos parámetros según las necesidades del programador. En este *software* se realizará la declaración de variables en lenguaje *AWP* para interactuar con el PLC, y monitorear mediante la visualización de los diseños HMI en la *web* (Almache Barahona, 2017). Se aprecia en la Figura 3.25, la presentación básica *HTML* en el *software Sublime Text*.

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4
5 <head>
6   <meta charset="utf-8">
7   <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge,chrome=1">
8   <meta name="viewport" content="width=device-width">
9   <meta content="yes" name="apple-mobile-web-app-capable">
10  <meta content="black" name="apple-mobile-web-app-status-bar-style">
11  <meta name="viewport" content="user-scalable=no, width=device-width,
12  initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0">
13  <title> Monitorización de variables físicas </title>
14  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/estilos1.css">
15 </head>
16
17 <body>
18   <header>
19
20     <div id="epn">
21       
22     </div>
23
24   </header>
25
26   <h1> ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS </h1>
27

```

Figura 3.25. Estructura *HTML* en el software *Sublime Text*.

- Etiquetas utilizadas en el diseño *web*

En la Tabla 3.12, se muestra algunas de las etiquetas de programación *HTML*, las mismas que formarán parte de la estructura del diseño *web*.

Tabla 3.12. Etiquetas utilizadas en la programación *HTML*.

ETIQUETA	FUNCIONES
<html> .... </html>	Etiqueta de inicio del documento <i>web</i> .
<head> ... </head>	Encabezado de un archivo <i>HTML</i> .
<body> ... </body>	Muestra el contenido a presentar en el navegador.
<a> ... </a>	Enlaza.
<div> ... </div>	Agrupación de elementos.
<!-- ... --> , /* ... */	Comentarios.
<img>	Incluye imágenes.
Width	Ancho de la imagen.
Height	Alto de la imagen.
Border	Ancho del borde que utiliza en los botones e imágenes.
<input>	Declarar controles de datos de entrada por el usuario.
<link>	Permite al usuario pasar de una página a otra.
Href	Este atributo especifica la dirección de destino.
<script>... </script>	Área de comandos JavaScript.
<style> ... </style>	Formatos de hojas de estilo.
<p> ... </p>	Párrafo de texto.
<section>... </section>	Encierra el código en una sección genérica.
<title> ... </title>	Genera título de la página.

Fuente: (Almache Barahona, 2017)

- Declaración de variables en lenguaje *AWP*

Para la creación de una página *web* definida por el usuario que permita monitorear las variables del PLC, se debe crear el código en una hoja *HTML* antes mencionada y agregar comandos *AWP* para acceder a la información de la CPU.

Los comandos *Automation Web Programming (AWP)* se introducen en forma de comentarios de *HTML*, estos comandos pueden estar ubicados en cualquier posición en el archivo, sin embargo, por razones de claridad, es conveniente para listar los comandos ubicarlos en el principio del archivo *HTML* (Siemens, 2015). El servidor *web* del S7-1200 ofrece comandos *AWP* que se incrustan en las páginas *web* definidas por el usuario como comentarios *HTML* para los siguientes fines:

- ✓ Leer variables PLC.
- ✓ Escribir variables.
- ✓ Leer variables especiales.
- ✓ Escribir variables especiales.
- ✓ Definir tipos de enumeración.
- ✓ Asignar variables a tipos de enumeración.
- ✓ Crear bloques de datos de fragmentos.

Un comando *AWP* se entiende como la sintaxis del comando especial con el que se intercambian datos entre la CPU y el archivo *HTML*. Debido a que las páginas que se crearán son únicamente para monitorear, los comandos *AWP* solo serán para leer variables del PLC.

Para leer una variable del PLC se debe colocar ya sea su dirección o su nombre, a continuación, se muestra la sintaxis de los comandos utilizados en la creación de la página *web* de monitoreo de la siguiente forma:

“ :=”Temp\_esc”: “

“ :=”Nivel\_esc”: “

- Selección del idioma en la página *HTML*

En las páginas *web* creadas, el usuario debe confirmar que el código establecido este dentro de los parámetros *HTML* ya que el *software* TIA Portal V15 en ningún momento se encarga de la verificación de alguna de la sintaxis *HTML*.

En el código *HTML* en la parte del encabezado del documento se debe implementar la siguiente línea “`<meta charset="utf-8">`” para probar el idioma y configurarlo al idioma español.

*UTF-8 (8-bit UCS Transformation Format)* es el formato más ampliamente utilizado de codificación para caracteres *Unicode*.

A cada carácter *Unicode* se le asigna una cadena de bytes codificados especialmente de una longitud variable. *UTF-8* es compatible con hasta cuatro bytes en el que se pueden visualizar todos los caracteres *Unicode*. (Siemens, 2015)

- Código para adaptar la página *web* a dispositivos móviles

Para controlar la adaptación de la páginas *web* se utiliza la etiqueta *meta viewport*, esta configura el ancho, alto y escala que utiliza el sitio *web*, para mostrar el contenido en un dispositivo móvil, esta etiqueta “`<meta name="viewport" content="width=device-width">`” se debe ingresar en el encabezado de la estructura *HTML* dentro de la estructura `<head> </head>`.

- Librerías en *JavaScript*

Existe la posibilidad de añadir elementos de gráficos dinámicos con mayor ilustración, en los cuales se podrá visualizar los valores de las variables en ejecución mediante indicadores de colores o animaciones tal como se aprecia en la Figura 3.26, para lo cual es necesario escribir líneas de código *HTML* y agregar las librerías de cada elemento dentro de la carpeta principal, el principal inconveniente de ingresar demasiadas librerías es que cada una ocupa espacio en los bloques de datos y estos están limitados a la memoria que dispone el PLC (Almache Barahona, 2017). Como se mencionó anteriormente en el encabezado de la página *HTML* se debe ingresar las librerías en *JavaScript* para el gráfico dinámico, a continuación, se muestran las librerías utilizadas:

```
<script src="js/jquery-2.0.2.min.js"></script>
```

```
<script src="js/raphael.2.1.0.min.js"></script>
```

```
<script src="js/justgage.1.0.1.min.js"></script>
```

```
<script src = " js/smoothie2.js " > </script>
```

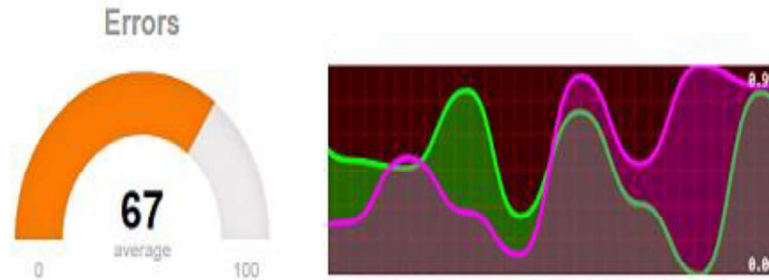


Figura 3.26. Gráficos dinámicos utilizados en el diseño de la página web de monitoreo.

El archivo correspondiente a las librerías en *JavaScript* es necesario almacenarlo dentro de la misma carpeta donde se encuentren los archivos en *HTML*, hojas de estilo, archivos .js e ilustraciones que se emplearán en el diseño de la página web. Esto debe ser primordial al cargar los archivos al PLC ya que el compilador enviará todos los archivos que se encuentren dentro de la carpeta donde se encuentran los códigos de la paginas web como se muestra en la Figura 3.27.

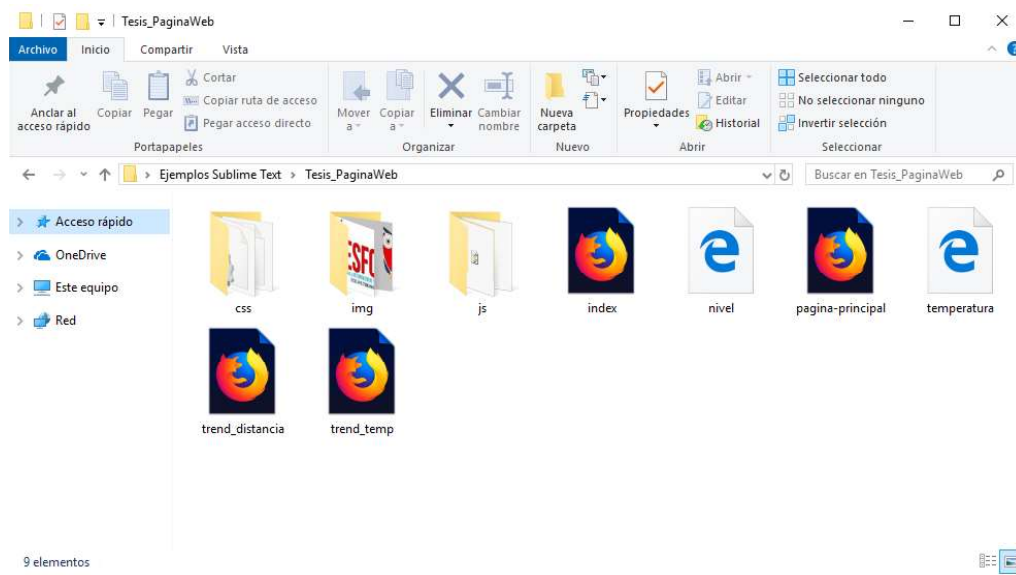


Figura 3.27. Carpeta de almacenamiento de archivos para el desarrollo de la página web.



- Hojas de estilo con extensión .CSS (Hojas de estilo en cascada)

En la creación de páginas *web* en archivo *HTML*, se necesita implementar una extensión en lenguaje *CSS* que es de gran utilidad y permite facilitar el desarrollo *web*, este tipo de lenguaje permite estructurar datos e información, controlar y ubicar imágenes mediante pixeles o porcentajes, es decir la flexibilidad y la accesibilidad a la información de la página *web*.

Es necesario acceder a este tipo de archivo *CSS*, para esto en el encabezado del archivo *HTML* se debe aumentar la siguiente línea de código “<link rel=“stylesheet” type=“text/css” href=“css/estilos2.css”>”, en donde *css/estilos2.css* hace el llamado al nombre del archivo y la carpeta que lo contiene.

Como se ha explicado anteriormente este tipo de archivos ayudan en el control de pixeles, estos se ven representados en cómo se quiere visualizar la página *web* en el navegador dándole así un mejor estilo, además ubicando cada uno de los elementos a elección y necesidad del programador. Esta hoja de estilo ayuda en el diseño de la página *web* dando mayor control de espacios en pixeles o porcentajes, en la Figura 3.28 se muestra el diseño de la página *web* de monitorización de variables físicas.

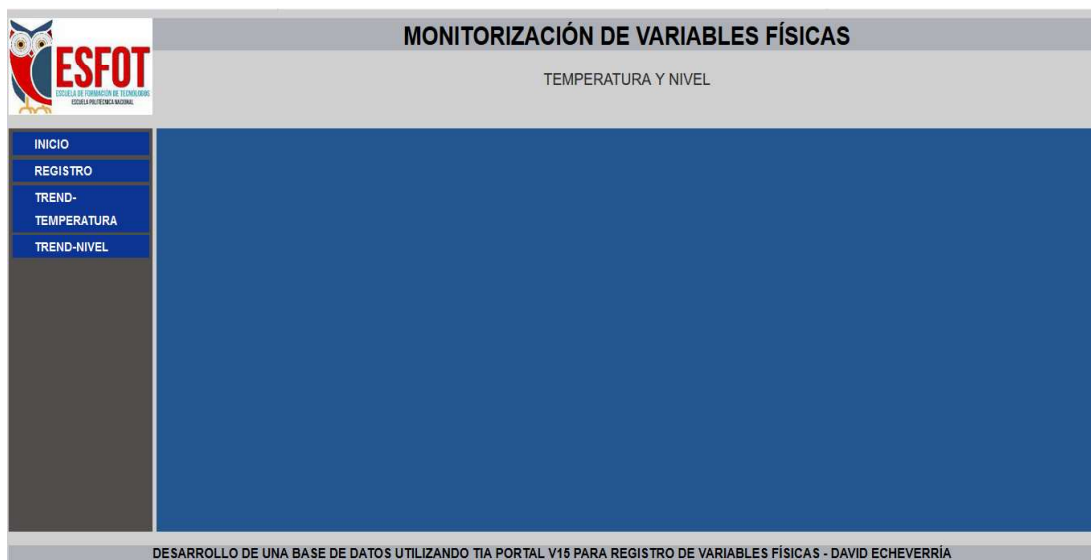


Figura 3.28. Diseño de las páginas *web* de monitoreo.

La programación completa para la creación de las páginas *web* de monitoreo se encuentra en el Anexo D.

## ❖ Configuración de las páginas web definidas por el usuario

Una vez concluido con el diseño de las páginas web se procede a configurar el PLC para que el usuario pueda tener acceso a estas, para lo cual es necesario seguir una serie de pasos:

- Dar clic derecho en el PLC y seleccionar propiedades.
- En la ventana que se despliega se debe trasladarse hasta la pestaña “Servidor Web”.
- Una vez dentro se busca la opción “Páginas por el usuario” donde se deben cargar los archivos de las páginas web.
- En la parte de “Directorio HTML” se selecciona el nombre de la carpeta del computador donde se guardó los archivos de las páginas web y se selecciona en aceptar como se observa en la Figura 3.29.

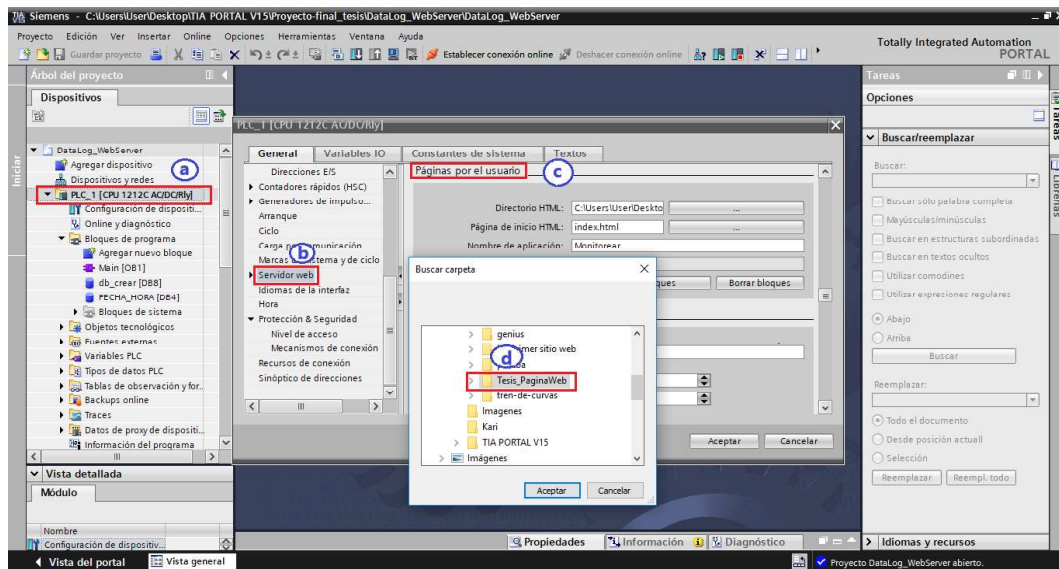


Figura 3.29. Proceso para cargar archivos de programación de la página web (Parte 1).

- Una vez en el recuadro de “Página de inicio HTML” se elige cual será la página de inicio, en este caso se encuentra con el nombre index.html y se selecciona abrir, como se aprecia en la Figura 3.30.
- Ya en el “Nombre de la aplicación” el usuario puede escribir un nombre cualquiera o a su vez dejarlo en blanco. El servidor web utiliza el nombre de aplicación para subcategorizar o agrupar con más detalle las páginas web. Cuando se proporciona un nombre de

aplicación, el servidor *web* crea un URL para la página definida por el usuario con el siguiente formato: `http[s]://ww.xx.yy.zz/awp/<nombre aplicación>/nombre página>.html` (Siemens, 2015).

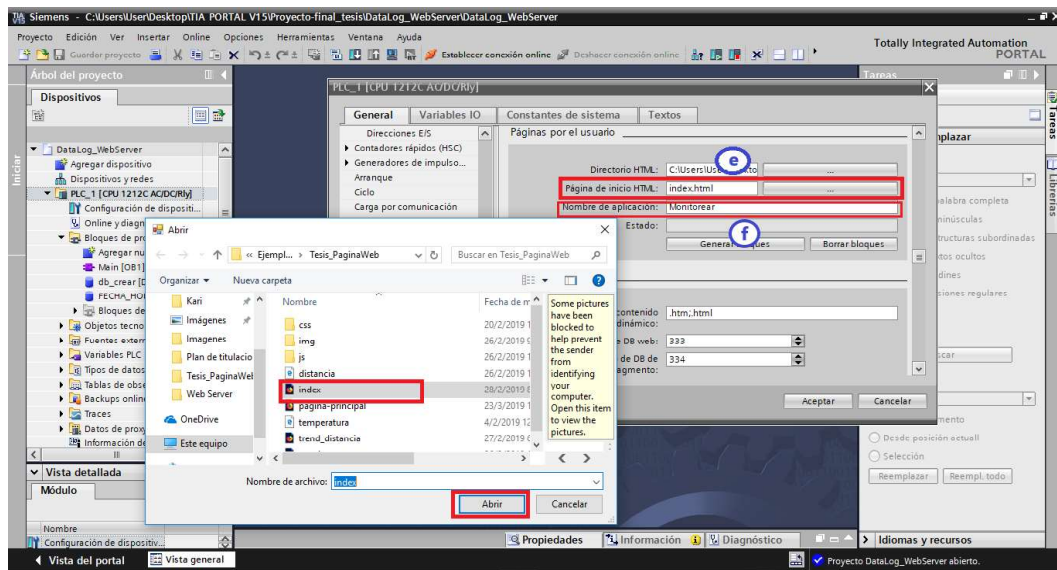


Figura 3.30. Proceso para cargar archivos de programación de la página *web* (Parte 2).

- g. Para proceder a la generación de los bloques de programación se procede a seleccionar el botón “Generar bloques” como se muestra en la Figura 3.31, en donde el *software* TIA Portal V15 genera de forma automática los bloques de datos a partir de las páginas HTML que están dentro de la carpeta establecida anteriormente. Una vez establecidos los bloques de datos, las páginas *web* definidas por el usuario pasan a formar parte del programa del TIA Portal V15.

Los bloques producidos a partir de las páginas de diseño *web* que son definidas por el usuario se manifestarán dentro de “Bloques de sistema” del árbol de navegación de cada proyecto, tal como se muestra en la Figura 3.32.

Se designa como fragmento a cada archivo que se encuentre en la carpeta principal de usuario que se cargó anteriormente. Al dar clic en “Generar bloques”, el compilador del *STEP* 7 convierte estos archivos y copia cada uno en una matriz en el elemento del fragmento de bloques de datos.

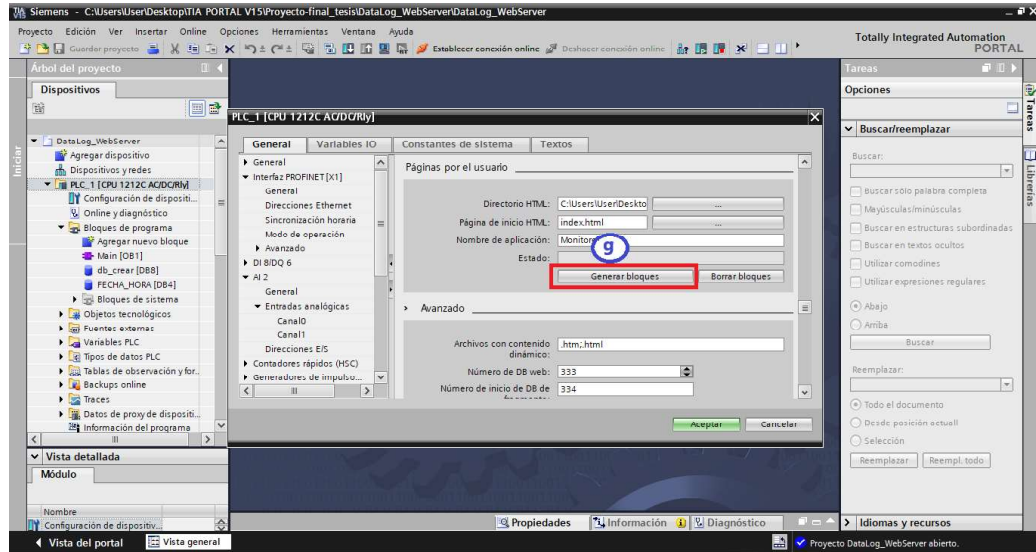


Figura 3.31. Proceso para cargar archivos de programación de la página *web* (Parte 3).

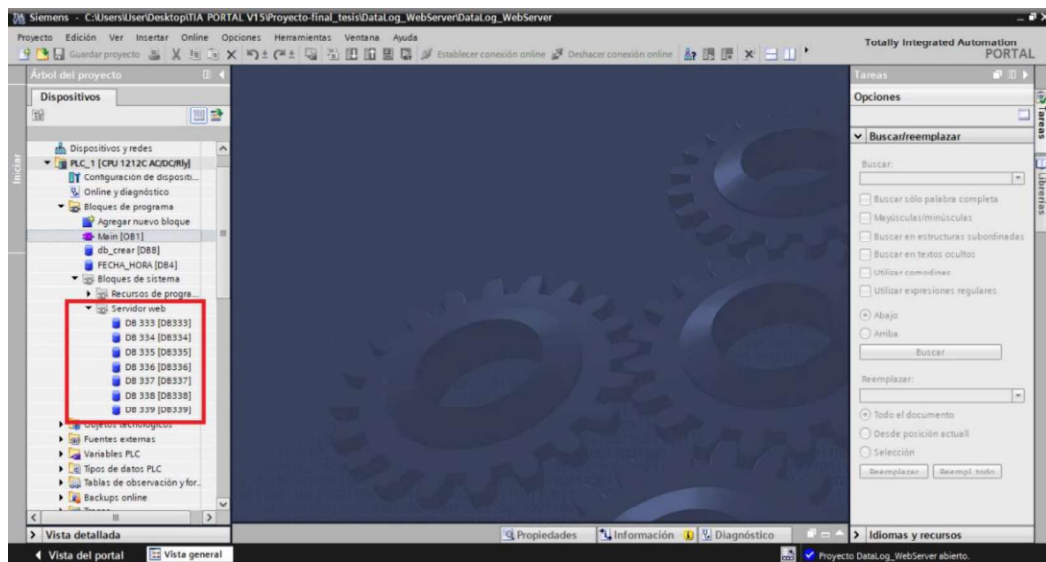


Figura 3.32. Bloques generados al cargar los archivos de programación de la página *web*.

### ❖ Programación de la instrucción “WWW”

El programa TIA Portal V15 contiene la instrucción “WWW”, para establecer una sincronización entre el programa de usuario y el servidor *web* en la CPU, esta instrucción se encuentra en instrucciones/comunicación en la parte de servidor *web*, en la Figura 3.33, se muestra la ubicación de la instrucción “WWW”.

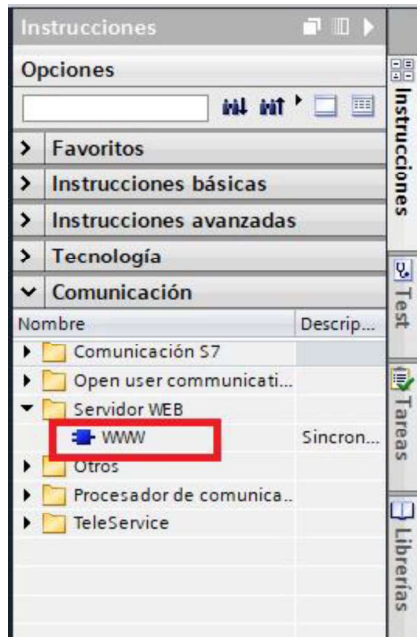


Figura 3.33. Ubicación de la instrucción “WWW”.

Luego de haber generado los bloques de datos, es necesario agregar al código de programación la instrucción WWW, el parámetro de entrada de la instrucción será el bloque de datos de control en este caso empezará en el DB333 el cual estuvo establecido en los parámetros del servidor *web*, este especifica el contenido de las páginas *web*, además hay que enlazar una variable para guardar un valor de retorno de la función que entrega determinados números mostrando errores o si todo se está ejecutando correctamente, para almacenar este valor se emplea una marca que no se esté utilizando en la programación como se indica en la siguiente Figura 3.34. Una vez generada la instrucción WWW es necesario compilar y descargar el código de programación al PLC.



Figura 3.34. Bloque de instrucción “WWW”.

De igual forma una vez realizadas todas las configuraciones, todo esto debe ser compilado para comprobar si existe algún error. Si la compilación se realizó de forma correcta sin ninguna clase de errores, se procede a descargar al PLC.

### ❖ Configuración para acceder a las páginas web definidas por el usuario

Una vez finalizada la carga del programa al PLC ya se puede acceder al servidor web, tal como se describió anteriormente, ingresando al navegador web e introduciendo la dirección IP del PLC (192.168.1.5) se ingresará a la página principal, luego se procederá a ingresar el usuario y contraseña establecidos, donde se podrá tener acceso a todas las funciones del servidor. A continuación en el menú que se encuentra en la parte izquierda de la ventana estándar del SIMATIC se marca la opción “Paginas de Usuario” y se deberá seguir y ejecutar el enlace que muestra “Página de inicio de la Aplicación” y el nombre que se haya colocado a la aplicación como se muestra en la Figura 3.35.

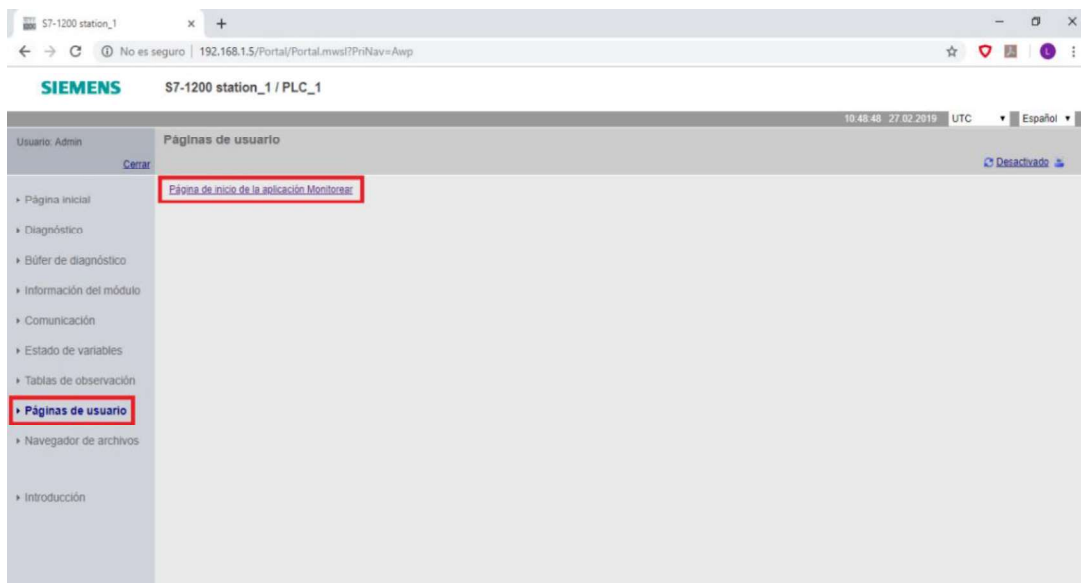


Figura 3.35. Acceso al servidor web para ingresar a la página web de monitoreo.

Al seleccionar el link aparecerán las páginas web creadas por el usuario como se observa en la Figura 3.36, y de esta manera se podrá monitorear las variables tanto de temperatura y nivel.

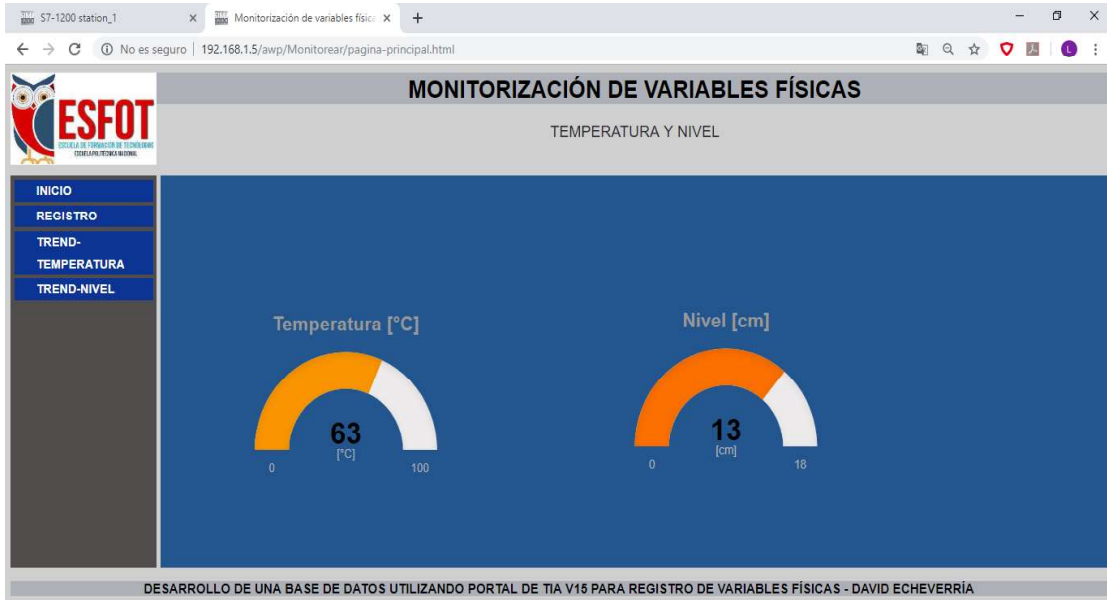


Figura 3.36. Páginas *web* de monitoreo de variables físicas.

#### ❖ Configuración para la conexión mediante router en el TIA Portal V15

Con la ayuda de un router se busca crear una red de área local LAN para que otros usuarios tengan la posibilidad de ingresar a las páginas *web* de monitoreo. Para lo cual se usó el CISCO *Linksys* WRT120N que es un router que permite acceder a internet mediante una conexión inalámbrica o por uno de sus cuatro puertos conmutados. En la Figura 3.37, se muestra el router con sus partes que lo conforman.



Figura 3.37. Partes del router CISCO *Linksys* WRT120N.

Para establecer la conexión lo primero es realizar la configuración del router, para lo cual se debe conectar el puerto de internet al puerto WAN por medio de cable de red, y uno de los puertos LAN conectar al puerto ETHERNET de la PC por medio de otro cable de red. Una vez

establecida la conexión se ingresa al navegador de internet y se coloca la dirección IP del router la cual es “192.168.1.1” y posteriormente se introduce el usuario y la clave que ya vienen designados de fábrica; en “Nombre de usuario” y “Contraseña” se ingresa la palabra “Admin” que permitirá acceder al menú de configuración del router. En la Figura 3.38, se encuentra la página principal del router y sus pestañas de navegación.

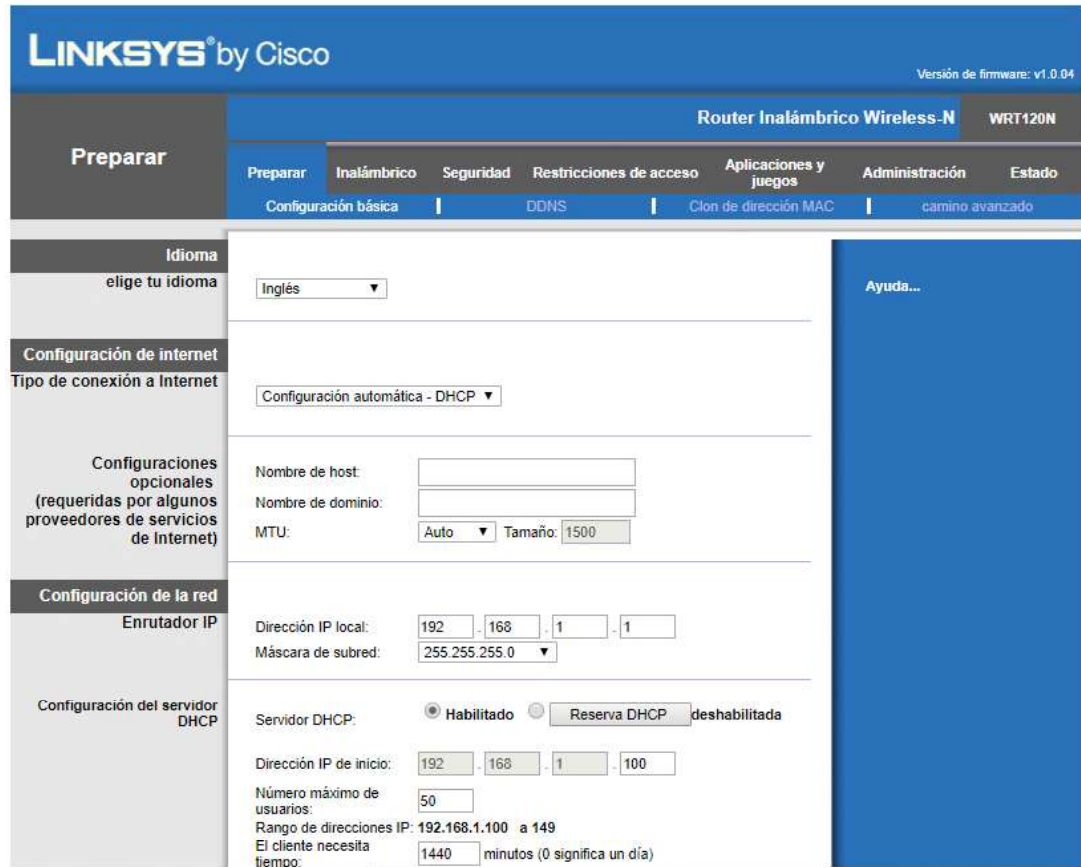


Figura 3.38. Página principal para la configuración del router.

Lo siguiente es crear la red local, para lo cual se escoge “Configuraciones Inalámbricas Básicas” dentro de la pestaña principal “Inalámbrico”, en la Figura 3.39, se muestra la asignación del nombre que tendrá la red en este caso tendrá el nombre de “WebServer”.

De igual manera se establecerá una contraseña, para lo cual se escoge “Seguridad inalámbrica” dentro de la pestaña principal “Inalámbrico”. En la Figura 3.40, se muestra la configuración de la contraseña que tendrá la red, en este caso es “plcs71200”.



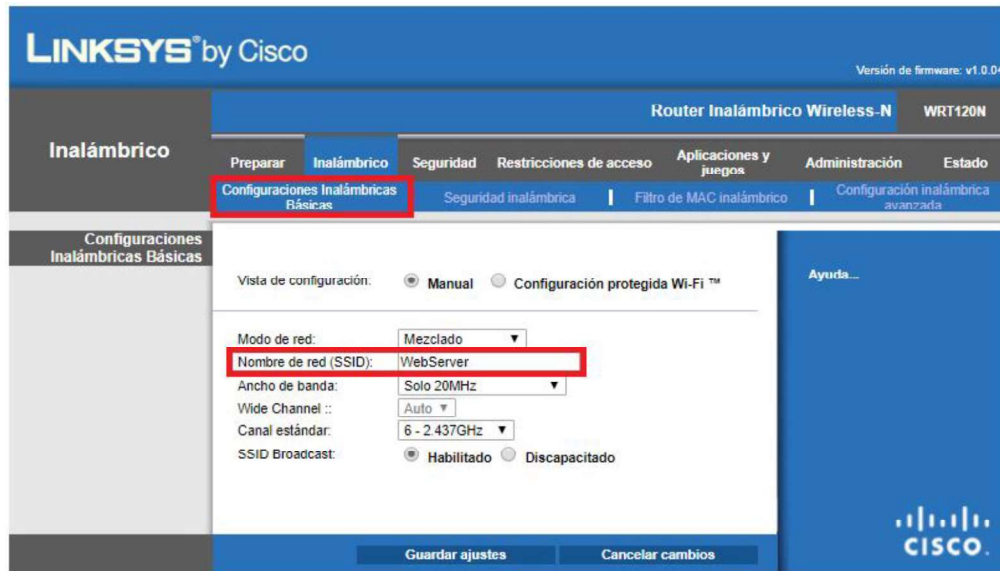


Figura 3.39. Creación de una red local LAN (Parte 1).

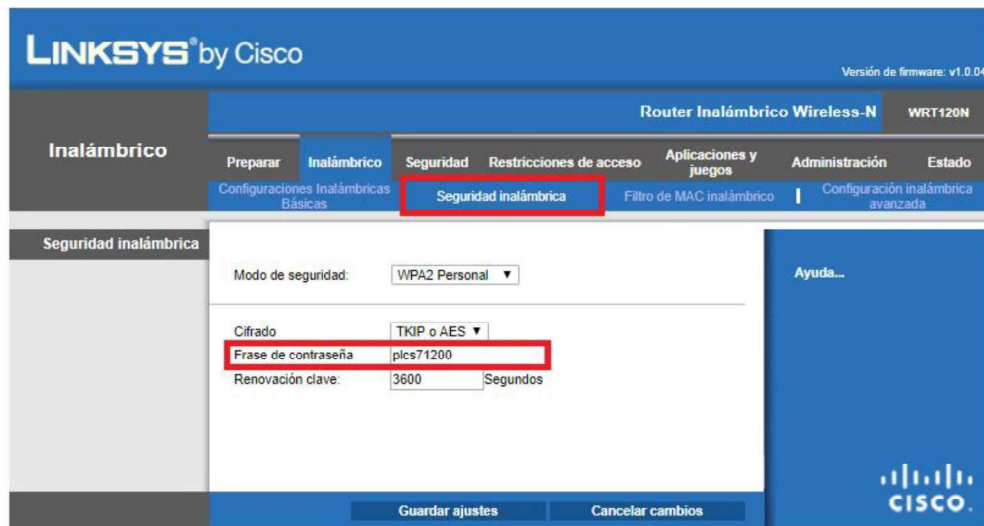


Figura 3.40. Creación de una red local LAN (Parte 2).

Ya configurado el router ahora se requiere realizar una modificación básica en el *software* TIA Portal V15, para conectar el PLC a la red LAN (Red de Área Local). Para lo cual se selecciona la opción propiedades del dispositivo y se escoge la pestaña "Direcciones Ethernet", en el protocolo IP se debe activar la opción "Utilizar router" e ingresar la dirección IP del router, la cual es "192.168.1.1." y dar clic en aceptar para guardar la configuración, cómo se puede observar en la Figura 3.41. También, en la Figura 3.42, se observa el PLC S7-1200 y la PC conectados al router para establecer la conexión de red.

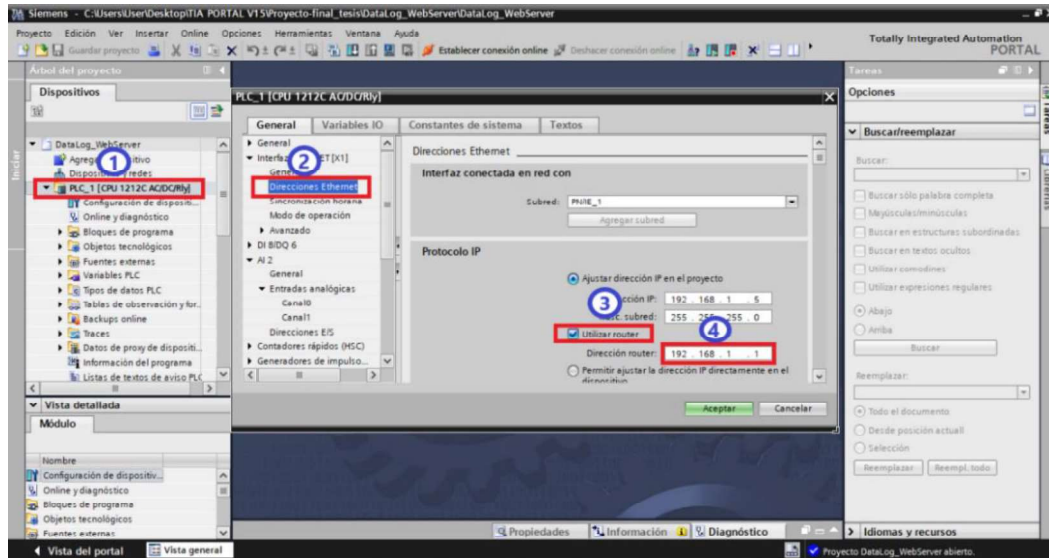


Figura 3.41. Proceso para activar "Utilizar router" en TIA Portal V15.

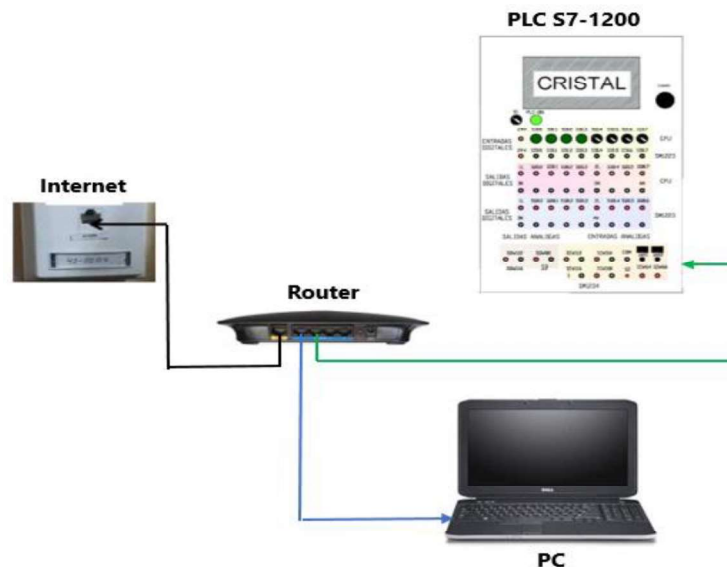


Figura 3.42. Conexión de PLC y PC al router mediante cables de red.

### 3.4. Interfaz Humano Máquina HMI

Para la Interfaz Humano Máquina se usó un Panel KTP400 *Basic* de *Siemens* para el que se construyó una placa metálica de 2 (mm) de espesor con dimensiones de 210 (mm) de ancho y 170 (mm) de alto tomando en cuenta las medidas que tiene el Panel, en la Figura 3.43, se muestran las dimensiones del Panel KTP 400 *Basic*.

La placa metálica se construyó con el fin de empotrar el Panel en las mesas de trabajo, manteniendo un estilo similar a las placas móviles del Laboratorio de Tecnología Industrial. En

la Figura 3.44, se muestra la placa móvil con el Panel HMI creado donde se muestra la conexión para la transmisión de datos y la alimentación necesaria. Cabe señalar que para la alimentación del Panel se utiliza la fuente del PLC, la cual es de 24 Vdc.

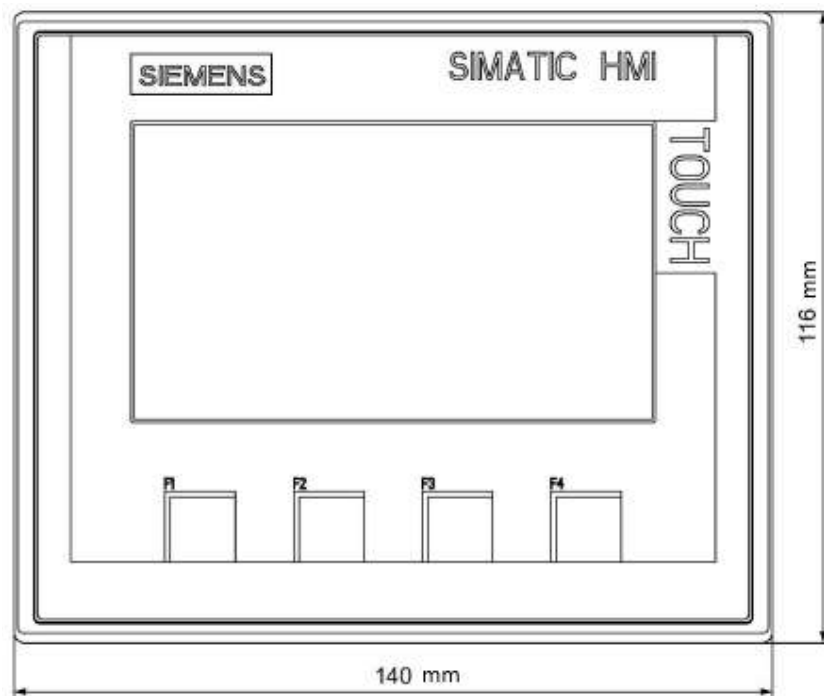


Figura 3.43. Dimensiones (mm) del Panel KTP400 Basic.



Figura 3.44. Placa móvil terminada del Panel HMI.

Las dimensiones de la placa móvil del Panel HMI se encuentran en el Anexo E.

A continuación, se describe el proceso para realizar el diseño de la Interfaz en la cual se utilizó todas las herramientas disponibles.

#### ❖ Selección y configuración del HMI KTP400 *Basic*

Para agregar un HMI KTP400 *Basic* en el proyecto se debe seguir los siguientes pasos:

- a. Se selecciona “Agregar dispositivo” en la ventana “Árbol del proyecto” y se selecciona la KTP400 *Basic* de referencia 6AV2 123-2DB03-0AX0 tal como se muestra en la Figura 3.45, se procede a agregar el nuevo dispositivo dando clic en aceptar.

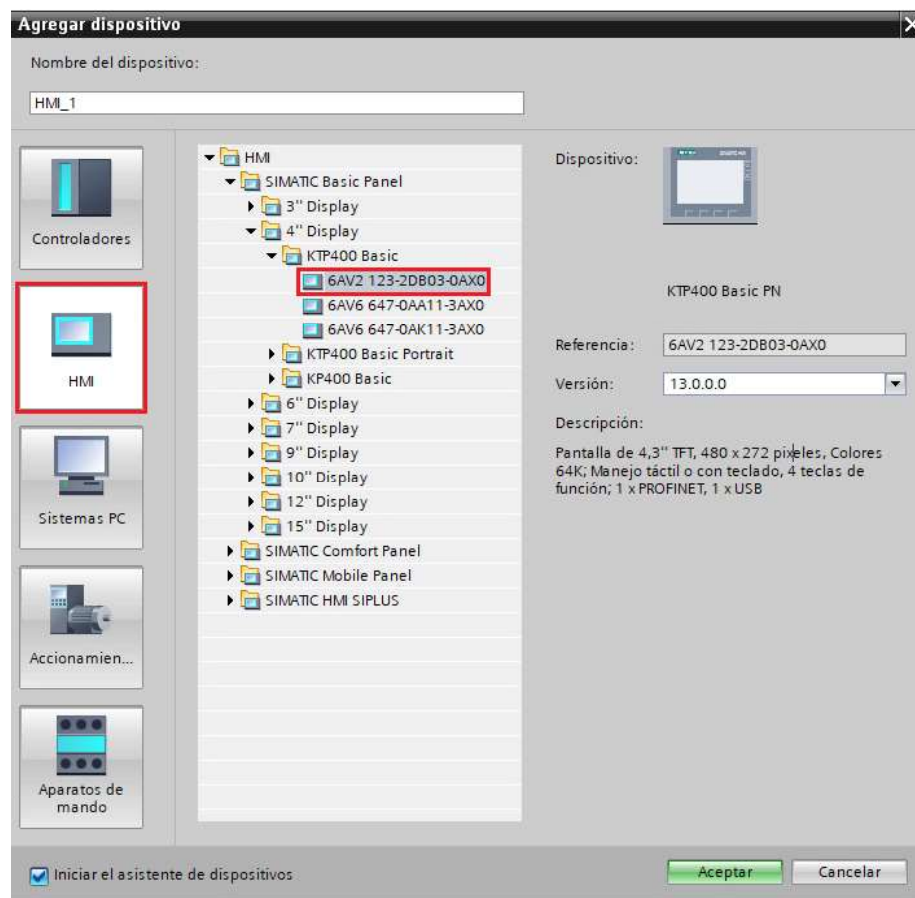


Figura 3.45. Selección del Panel HMI KTP400 en el TIA Portal.

- b. El asistente del panel de operador permite configurar algunos parámetros de la KTP400 *Basic*. El primer parámetro es la conexión del PLC, la cual se selecciona en la opción examinar y se elige el PLC que se agregó anteriormente, en la Figura 3.46, se observa esta configuración.

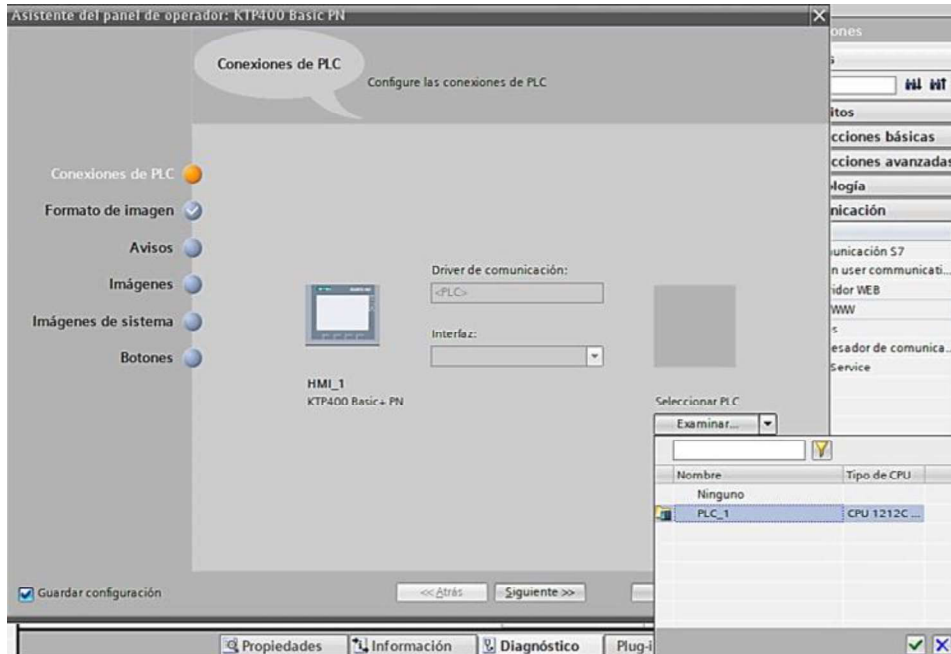


Figura 3.46. Conexión del PLC con el Panel KTP400.

- c. En la configuración del formato de imagen se podrá cambiar el color de la pantalla, así también como el encabezado como se indica en la Figura 3.47.

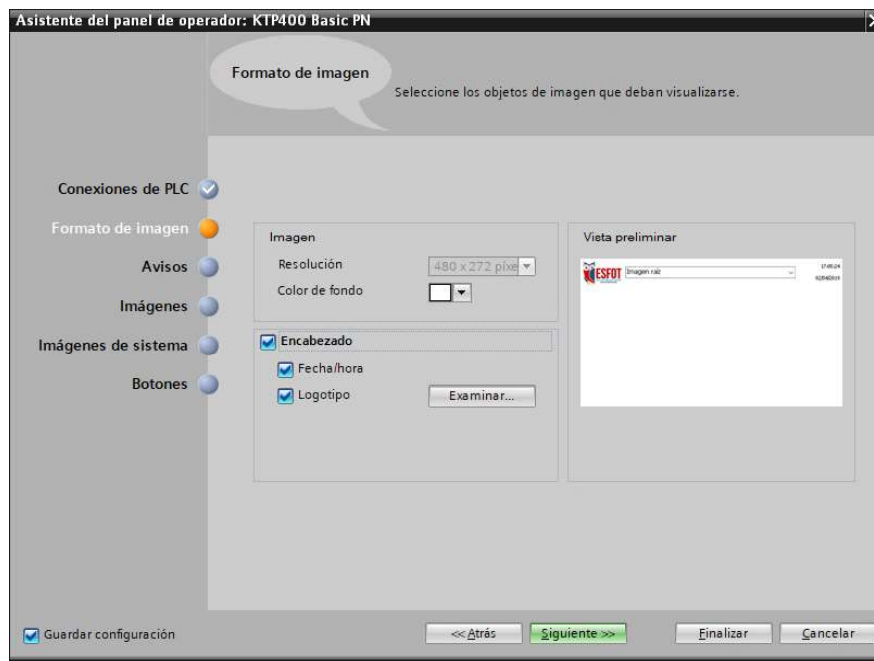


Figura 3.47. Configuración del formato de imagen para el Panel KTP400.

- d. La configuración de avisos permite habilitar diferentes opciones que se mostrarán en la pantalla una vez que ya esté funcionando, en la Figura 3.48, se observa los avisos que se puede seleccionar.

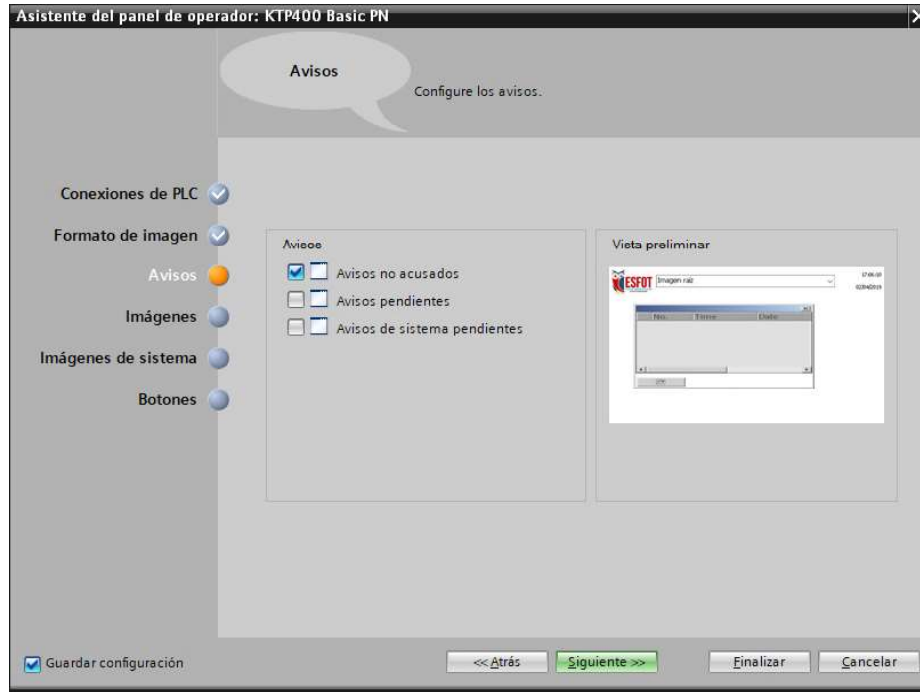


Figura 3.48. Configuración de avisos para el Panel KTP400.

- e. En la configuración de imagen, el usuario puede agregar y quitar el número de ventanas que desee tener en la *Basic Panel* y la forma en la cual estarán enlazadas tal y como se muestra en la Figura 3.49.

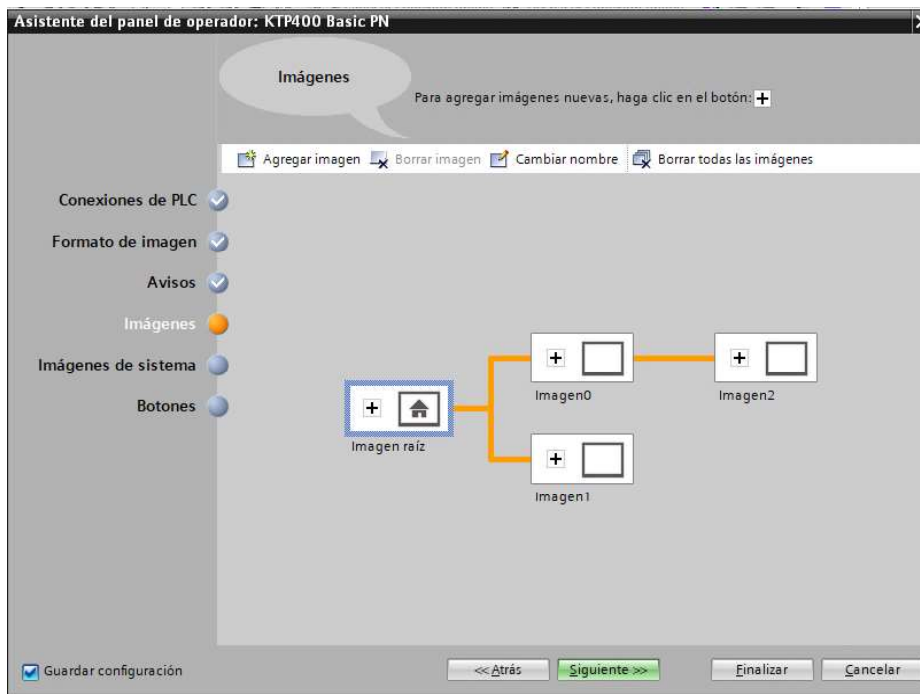


Figura 3.49. Configuración de la ventana para el Panel KTP400.

- f. La configuración de imágenes del sistema permite agregar pantallas por defecto, entre ellas; sistema visor de diagnóstico, información del proyecto, administración de usuarios, información del sistema, estados operativos, cambio de idioma y salir del *runtime* tal como se muestra en la Figura 3.50.

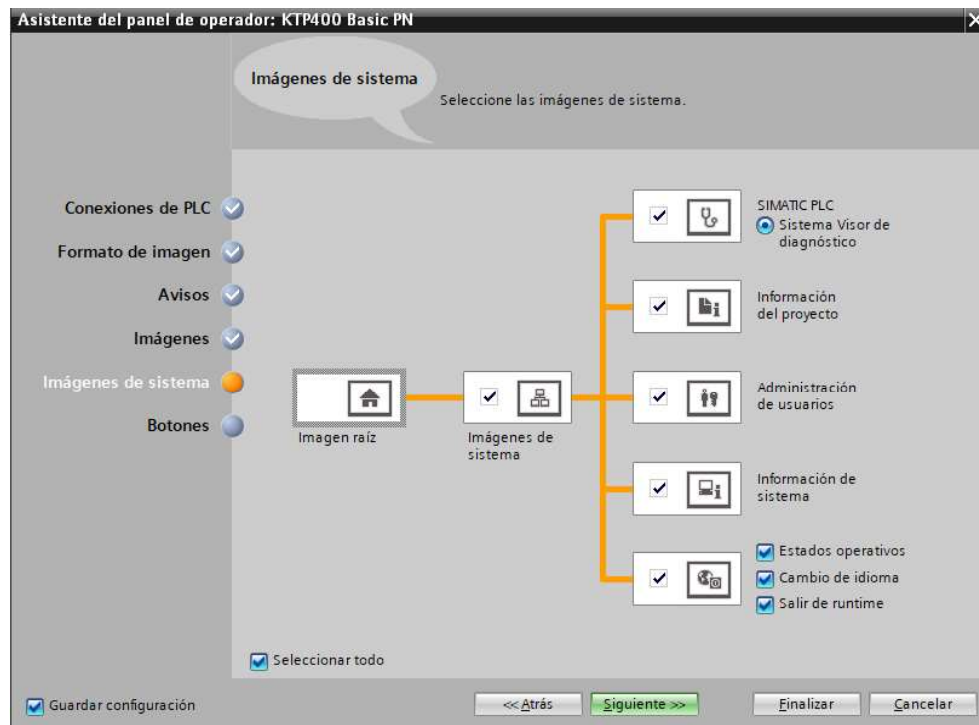


Figura 3.50. Configuración de la ventana del sistema para el Panel KTP400.

- g. Finalmente la configuración de los botones permite agregar cada uno de los botones propios del *Basic Panel* y seleccionar el lugar donde estarán ubicados, esto se observa en la Figura 3.51.
- h. Para la configuración de una dirección IP en la *Basic Panel*, si no tiene una dirección por defecto, se da doble clic en la ranura Ethernet del dispositivo, la dirección asignada será 192.168.1.2 tal como se muestra en la Figura 3.52.

Finalmente se realiza la respectiva Interfaz Humano Máquina HMI

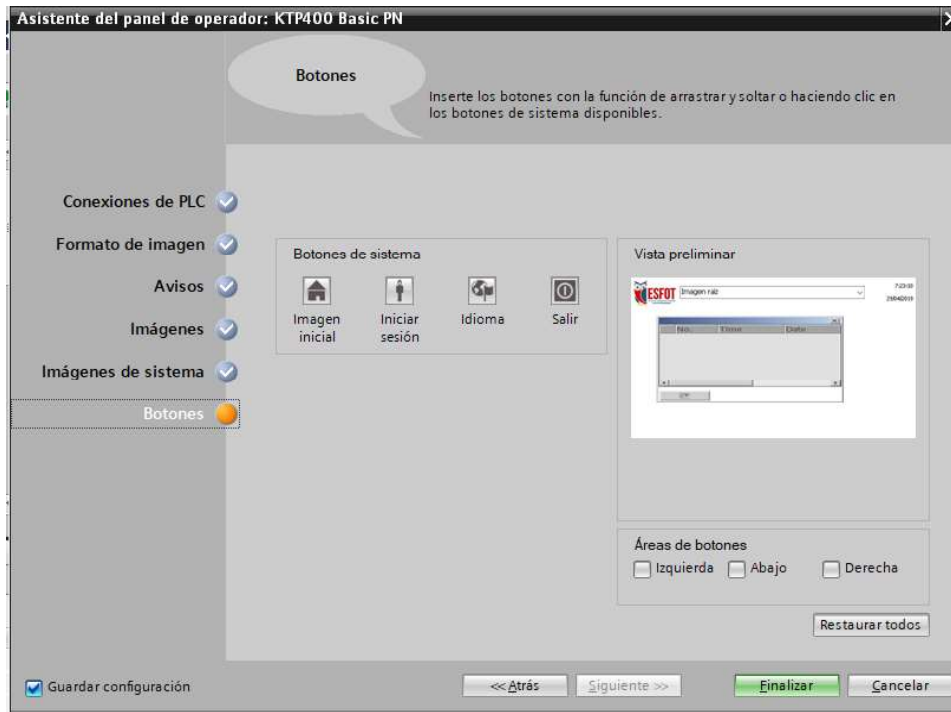


Figura 3.51. Configuración de botones para el Panel KTP400.

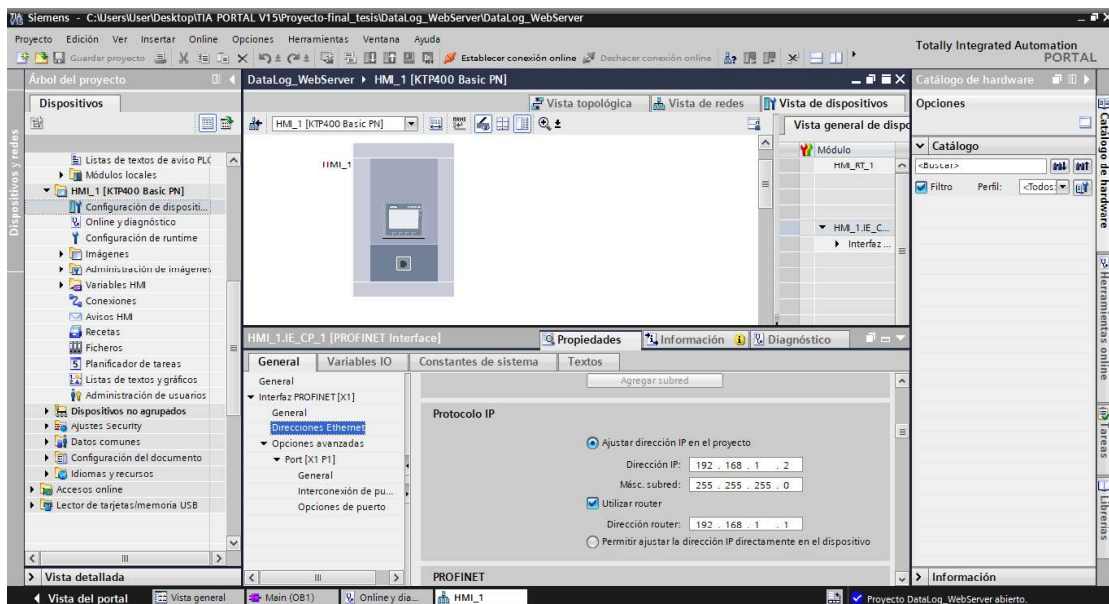


Figura 3.52. Asignación de dirección IP para el Panel KTP400.

### ❖ Diseño de la Interfaz Humano Máquina (HMI)

El diseño de la Interfaz Humano Máquina es importante en el desarrollo del proyecto, ya que debe ajustarse a las necesidades del usuario y debe tener: accesos directos, imágenes, advertencias, símbolos o textos que faciliten al usuario comprender las distintas funciones con las que cuenta el HMI.



En la Figura 3.53, se muestra la plantilla a utilizar en donde se encuentra información como: títulos, logotipo, hora y fecha que se mostrará en cada ventana. Por otro lado, para todas las ventanas se consideró un fondo blanco en la pantalla, debido a que el lugar en donde se encontrará el panel, no facilita el ingreso del brillo del sol, razón por la cual se podrá apreciar de forma clara la información. También, para la configuración de las teclas de función del panel se consideraron dos: la primera tecla sirve para regresar a la ventana principal en este caso la “F1” y la segunda tecla sirve para cerrar sesión en el panel en este caso la” F4”.

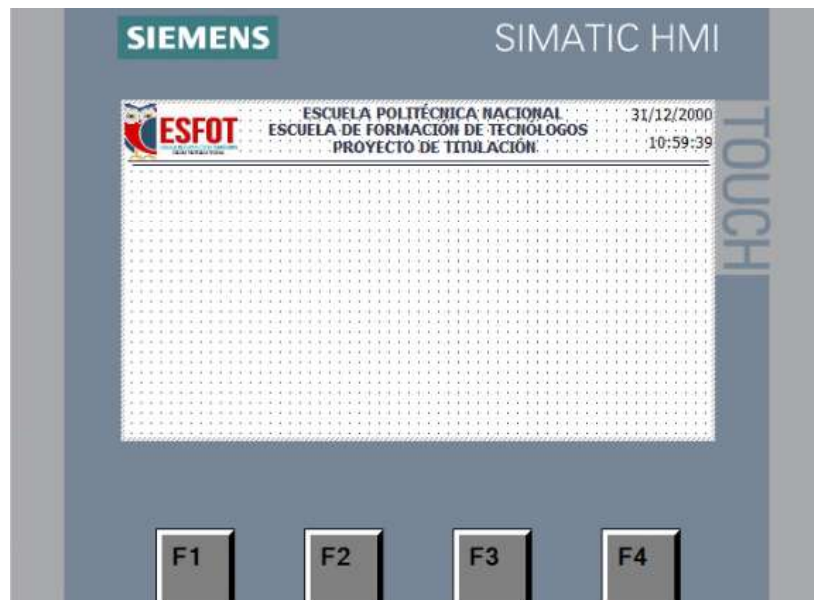


Figura 3.53. Plantilla general para la programación en las ventanas del Panel HMI.

A continuación, se muestra el diseño de todas las ventanas creadas con su respectivo funcionamiento.

- **Ventana: Principal**

En la Figura 3.54, se encuentra la ventana principal del proyecto la cual tiene un menú que permite ingresar a las diferentes ventanas para controlar, supervisar y monitorear todo el proceso.

- **Ventana: Diagrama de funcionamiento**

En la Figura 3.55, se muestra la ventana que contiene el proceso, en la cual se presentan: valores de temperatura y nivel del tanque, una luz indicadora; que mostrará que se están

registrando los datos y por último se muestran botones; que permiten controlar de forma automática y manual todo el proceso.

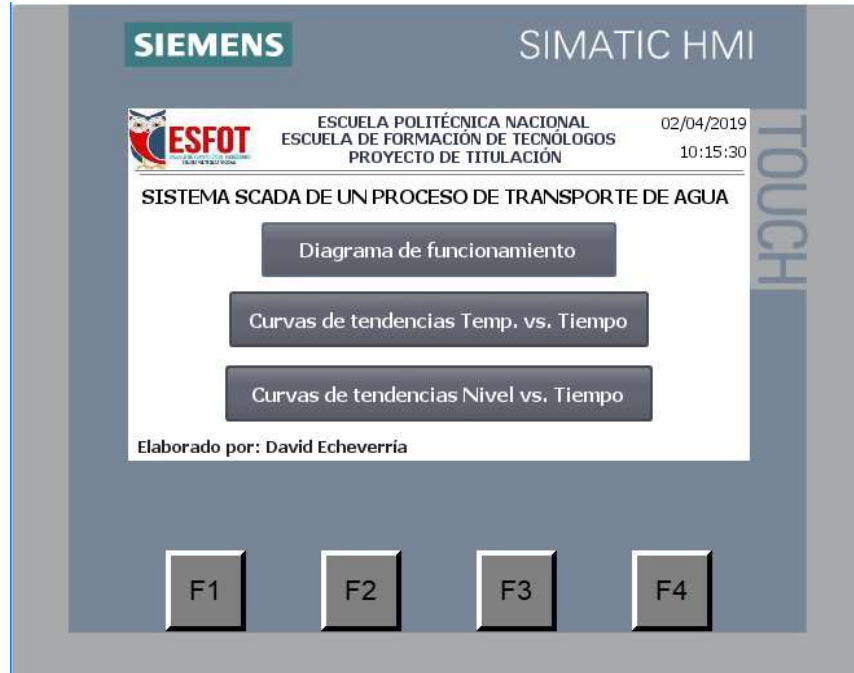


Figura 3.54. Ventana: Principal del Panel HMI.

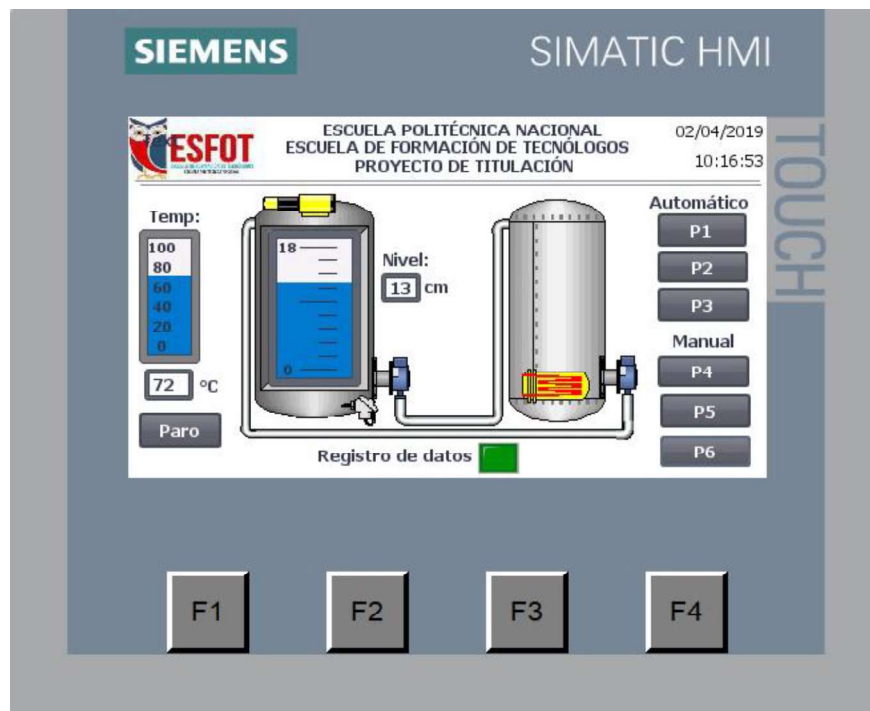


Figura 3.55. Ventana: Diagrama de funcionamiento del Panel HMI.

- **Ventanas: Curvas de tendencias**

A continuación, en las Figuras 3.56 y 3.57 se muestran las gráficas del comportamiento de la temperatura y el nivel en función del tiempo, toda esta información sobre los cambios de las mismas se está registrando en un archivo que posteriormente se podrá descargar y visualizar.

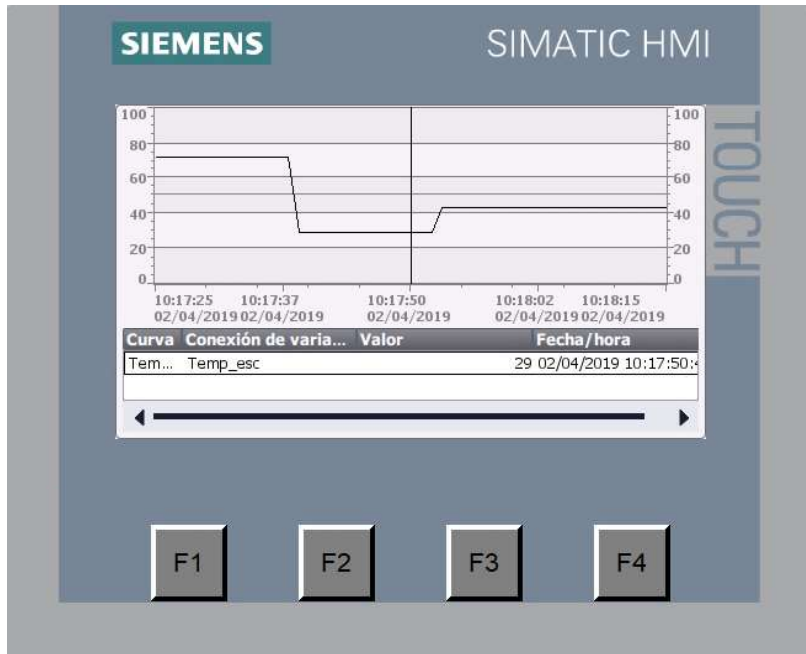


Figura 3.56. Ventana: Curvas de tendencia Temp. Vs Tiempo del Panel HMI.

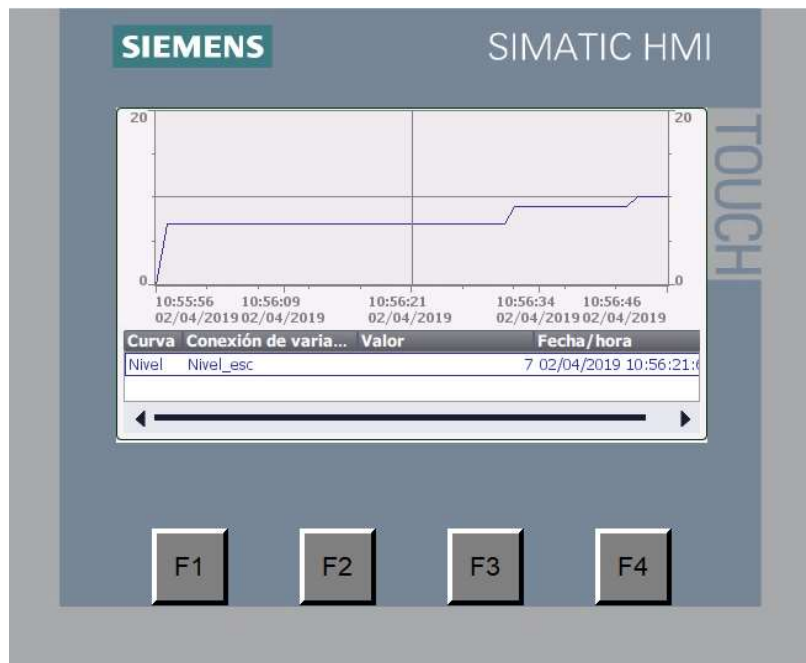


Figura 3.57. Ventana: Curvas de tendencia Nivel. Vs Tiempo del Panel HMI.

- **Ventana: De avisos**

En la Figura 3.58, se muestra la ventana de avisos, donde se indica información sobre errores y advertencias que ocurren en el proceso, esto ayuda a tener una mayor información y permite corregir estos problemas para tener un buen funcionamiento.



Figura 3.58. Ventana: De avisos del Panel HMI.

Una vez creado la Interfaz Humano Máquina del sistema, se carga el programa al Panel HMI, para esto se debe considerar los siguientes pasos:

- El panel también debe estar conectado al router mediante un cable red como se muestra en la Figura 3.59.
- Luego se dirige a la ventana del TIA Portal en “Árbol del proyecto” se selecciona la carpeta del HMI y con un clic derecho se selecciona la opción compilar, luego en la opción cargar en el dispositivo se muestra la siguiente ventana en la cual se inicializa una búsqueda del Panel HMI a utilizar se escoge y se da en “Cargar” como se muestra en la Figura 3.60. Se arranca y se sobrescribe el módulo y se completa la carga del programa al Panel HMI.

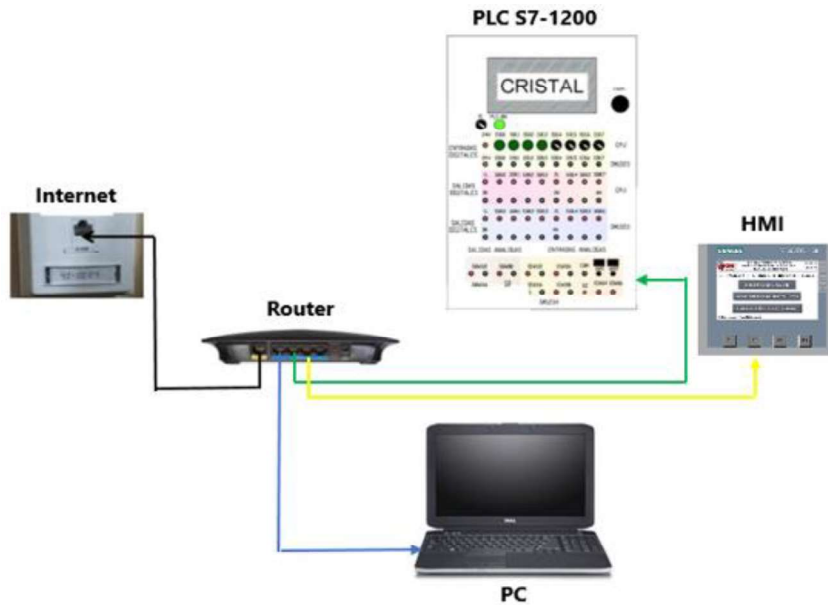


Figura 3.59. Conexión del Panel HMI al router mediante un cable de red.

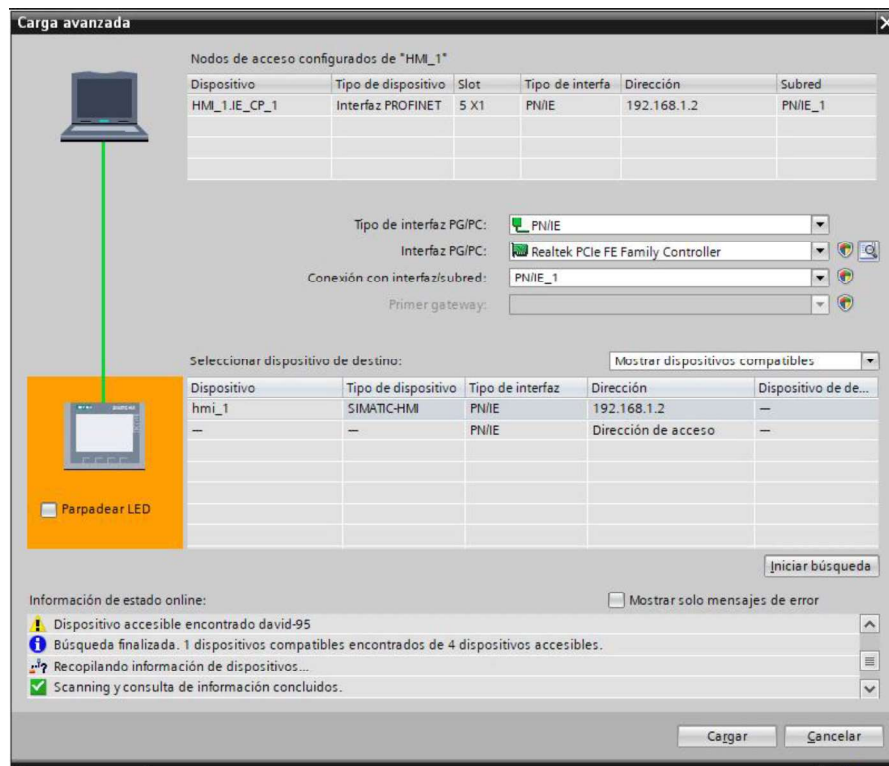


Figura 3.60. Búsqueda del Panel HMI para cargar en el PLC.

### 3.5. Implementación del App *TeamViewer* para acceso remoto

*TeamViewer* es un programa para ordenador cuya función es conectarse remotamente a otro equipo. Entre sus funciones están: compartir y controlar escritorios, reuniones en línea, videoconferencias y transferencia de archivos entre ordenadores.

La necesidad de utilizar *TeamViewer* surge debido a que otros usuarios que se encuentren fuera de la red local establecida, no podrán tener una conexión para monitorear el proceso, razón por la cual con este programa se permitirá establecer una conexión remota para observar el comportamiento de las variables físicas desde cualquier parte del mundo.

A continuación, se describe el proceso para llegar a tener una conexión remota desde un dispositivo móvil al ordenador que tenga acceso a la red local establecida.

- a. Instalar el *TeamViewer* en el ordenador. En la Figura 3.61, se muestra la página principal después de abrir el App.

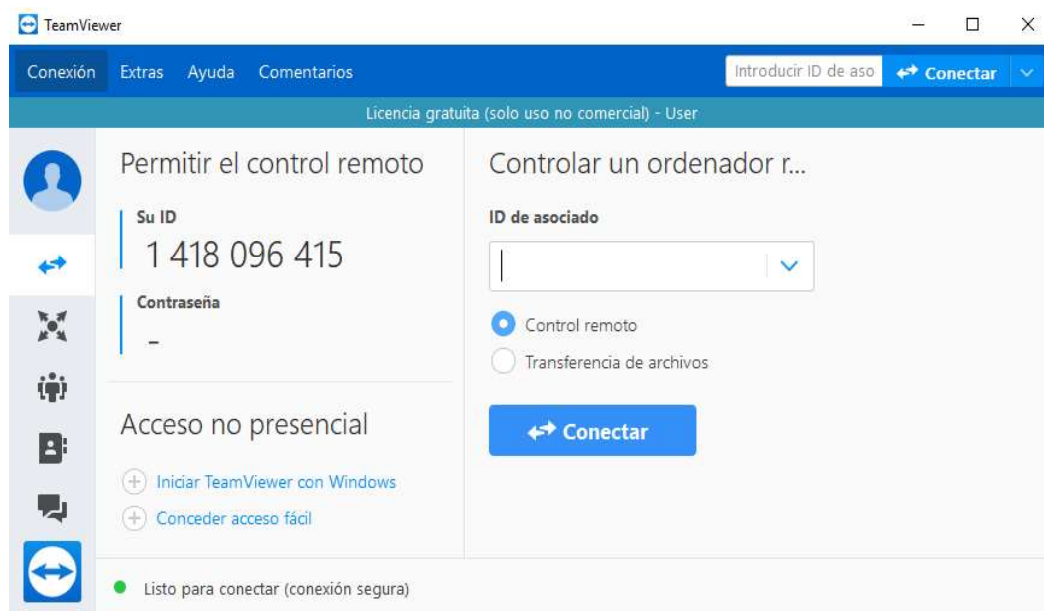


Figura 3.61. Página principal del App *TeamViewer*.

- b. Para permitir una conexión remota se debe tener un número de identificación de usuario (ID) con su respectiva contraseña, debido a que *TeamViewer* siempre da una contraseña aleatoria al establecer una conexión, se realizará una configuración para que el usuario establezca su propia contraseña sin que esta cambie cada vez que ingrese. A continuación, se muestra el proceso para llevar a cabo la configuración de la contraseña.
  - Dirigirse al menú “Extras” y escoger la opción “Opciones”, como se indica en la Figura 3.62.

- Posteriormente se despliega una ventana con “Opciones de *TeamViewer*”, se escoge en el menú la opción “Seguridad” en la cual se podrá establecer y confirmar la contraseña a utilizar tal como se muestra en la Figura 3.63.

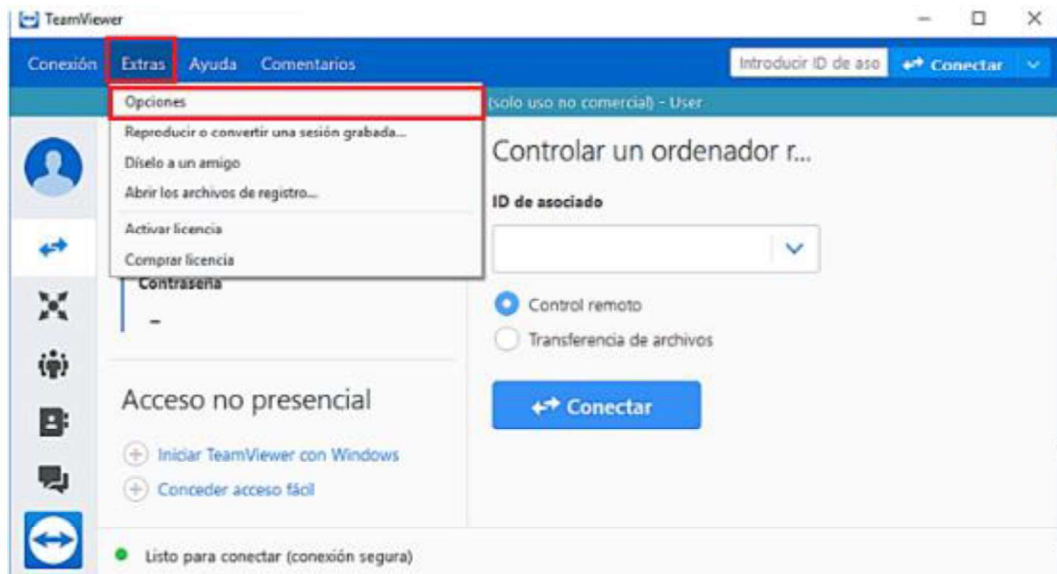


Figura 3.62. Configuración de contraseña del *TeamViewer* para acceso remoto (Parte 1).

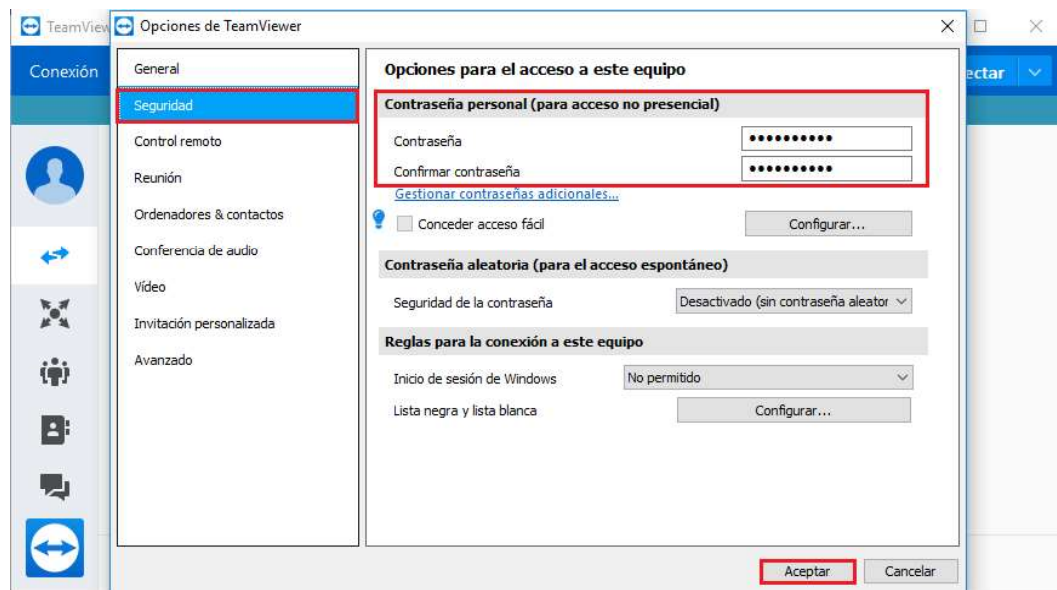


Figura 3.63. Configuración de contraseña del *TeamViewer* para acceso remoto (Parte 2).

- c. Se establece la conexión control remoto del móvil al ordenador
  - Una vez ya instalado y funcionando el programa *TeamViewer* en el ordenador al cual se desea acceder desde el dispositivo móvil, se debe descargar e instalar la misma aplicación en el dispositivo móvil.

- Al abrir la aplicación en el móvil se pedirá el número de identificación ID y la contraseña del ordenador al que se desea acceder, se introducen estos datos y se pulsa en “Aceptar”. Se espera a que se establezca la conexión y se mostrará el escritorio del ordenador remoto, como se muestra en la Figura 3.64.

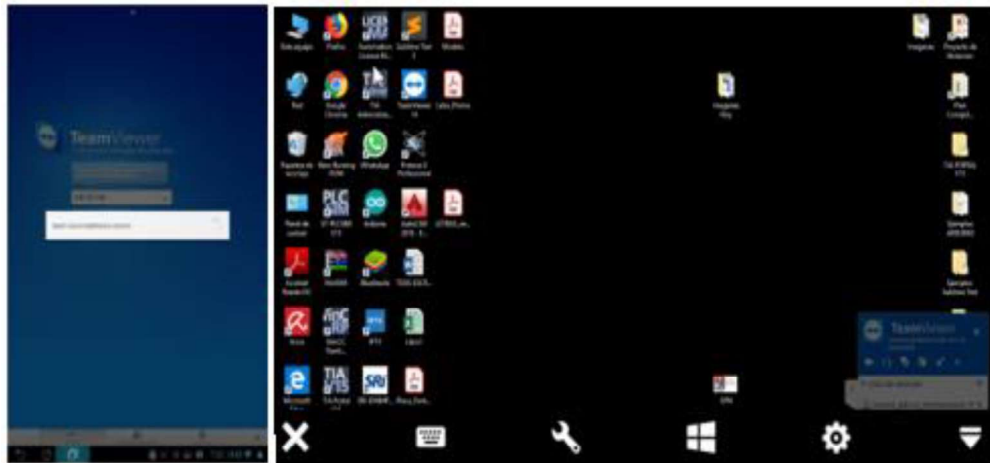


Figura 3.64. Acceso al ordenador mediante App *TeamViewer*.

Esta ventana *TeamViewer* permitirá ingresar y monitorear el proceso desarrollado en el proyecto como se muestra en la Figura 3.65.

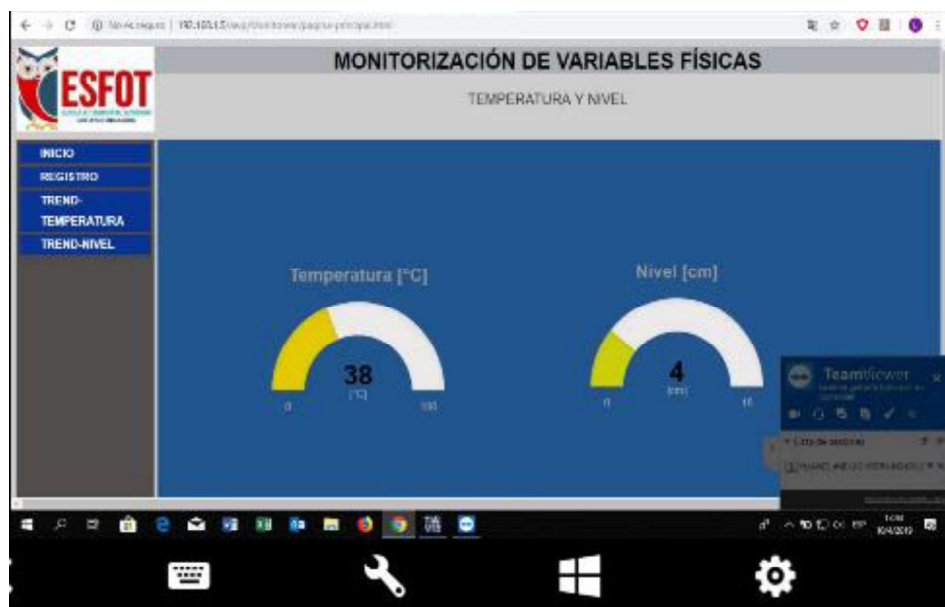


Figura 3.65. Monitorización de variables físicas mediante App *TeamViewer*.

Si se desea que otra persona desde otro ordenador, controle el equipo, se debe facilitarle el número ID y la contraseña, una vez hecho esto, el equipo estará a disposición de dicha persona.



### 3.6. Pruebas de funcionamiento

Una vez concluido el proyecto, se procede a realizar diferentes pruebas, con el propósito de determinar el correcto funcionamiento y cumplimiento de los objetivos planteados.

Entre el tipo de pruebas que se realizan al proyecto para su evaluación, están las pruebas eléctricas, mecánicas y funcionales.

#### ❖ Pruebas eléctricas.

- **Prueba de alimentación de energía para todos los elementos.**

Consiste en medir con el multímetro el voltaje de alimentación para cada elemento. Debido a que la mayoría de elementos utilizan voltaje DC para su funcionamiento se utilizó tres fuentes.

El primero se utilizó para energizar: la placa Arduino; la cual a su vez alimenta a los sensores y pantalla LCD; el segundo y tercero se usaron para alimentar las bombas 1 y 2 respectivamente.

Y por último para alimentar el Panel HMI se utilizó la fuente propia del PLC, a continuación, en la Tabla 3.13, se muestra el voltaje de operación para cada elemento.

Tabla 3.13. Prueba de alimentación DC de elementos del proyecto

<b>Elemento</b>	<b>Voltaje DC</b>
Placa Arduino	9.2V
Sensor de temperatura	5.1V
Sensor de distancia	5.1V
Pantalla LCD	5.1V
Bomba 1	12.3V
Bomba 2	12.1V
Panel HMI	24V

Para la alimentación de las fuentes y niquelina se utilizó las salidas del PLC las cuales envían voltaje AC, a continuación, en la Tabla 3.14, se muestra el voltaje necesario para alimentar a estos elementos.

Tabla 3.14. Prueba de alimentación AC de elementos del proyecto

Elemento	Voltaje DC
Adaptador AC/DC para bomba 1	110V
Adaptador AC/DC para bomba 2	110V
Niquelina	110V

Debido a que las bombas funcionan aproximadamente a 1 [A] se conectó directamente las salidas del PLC a las entradas de la planta. Sin embargo, para la niquelina se necesita de 9.5 [A] por lo que para su activación se utilizó un contactor y la alimentación directa de la mesa de trabajo la cual trabaja hasta 16 [A].

- **Prueba de voltaje en las salidas analógicas de la placa electrónica**

Consiste en verificar con el multímetro la variación de voltaje desde su rango mínimo a máximo, por otro lado, también se comprueba el acondicionamiento realizado en el proyecto. En la Tabla 3.15, se muestra los valores de voltaje ideales que deben suministrar las salidas del Arduino.

Tabla 3.15. Valores de voltaje ideales de las salidas analógicas de la placa electrónica

Salidas Analógicas			
Temp [°C]	Voltaje [V]	Nivel [cm]	Voltaje [V]
25	1.25	4	1.08
30	1.5	6	1.62
50	2.5	9	2.43
60	3	15	4.05
75	3.5	17	4.59

En la Tabla 3.16, se muestra los valores de voltaje reales tomados de las salidas analógicas, en la cual se observa que existe pérdidas, estas a causa de caídas de voltaje que se presentan cuando toda la placa está en funcionamiento.

Tabla 3.16. Valores reales de las salidas analógicas de la placa electrónica

<b>Salidas Analógicas</b>			
Temp [°C]	Voltaje [V]	Nivel [cm]	Voltaje [V]
25	1.4	4	0.9
30	1.9	6	1.8
50	2.4	9	2.5
60	3.1	15	4
75	3.6	17	4.6

❖ **Pruebas mecánicas**

- **Prueba de resistencia de los elementos a la variación de temperatura**

Consiste en observar la resistencia que tienen los elementos al estar en contacto con el agua a diferentes temperaturas. Y de esta forma conocer la temperatura máxima que pueden soportar los elementos sin que se cause daños.

Para llevar a cabo con esto se realizó tres pruebas en las cuales se fue subiendo progresivamente la temperatura hasta llegar al límite máximo.

En la Tabla 3.17, se muestra el comportamiento que tuvieron los elementos al estar en contacto con el agua a una temperatura de 25°C. Y se observa que no existe ningún inconveniente todos los elementos se encuentran en buen estado.

Tabla 3.17. Comprobación del estado de los elementos a 25°C

<b>Elemento</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Presenta daño</b>
Mangueras	✓	
Tanque 1	✓	
Tanque 2	✓	
Bomba 1	✓	
Bomba 2	✓	

En la Tabla 3.18, se muestra el comportamiento que tuvieron los elementos al estar en contacto con el agua a una temperatura de 50°C, como se observa todavía no existe ningún inconveniente, y la planta funciona correctamente.

Tabla 3.18. Comprobación del estado de los elementos a 50°C

<b>Elemento</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Presenta daño</b>
Mangueras	✓	
Tanque 1	✓	
Tanque 2	✓	
Bomba 1	✓	
Bomba 2	✓	

En la Tabla 3.19, se muestra el comportamiento que tuvieron los elementos al estar en contacto con el agua a una temperatura de 75°C, se observa que las mangueras y las bombas podrían presentar daños debido a los materiales con los cuales están contruidos estos elementos, además se evidencio que el pegamento utilizado en la unión de mangueras comenzó a deteriorarse.

Tabla 3.19. Comprobación del estado de los elementos a 75°C

<b>Elemento</b>	<b>Buen estado</b>	<b>Presenta daño</b>
Mangueras		✓
Tanque 1	✓	
Tanque 2	✓	
Bomba 1		✓
Bomba 2		✓

Por otro lado, cabe señalar que a los 75°C es una temperatura suficiente para monitorear y observar la variación que tiene la temperatura en el proceso.

#### ❖ **Pruebas funcionales**

Para poder realizar este tipo de pruebas se debe cumplir con el diagrama de conexiones mostrado en el Anexo F.

- **Prueba de verificación de valores en los diferentes elementos**

El objetivo de esta prueba es observar que los valores que muestran los elementos como son; la pantalla LCD, la página web y el Panel HMI sean los mismos y se mantengan constantes. Para llevar a cabo con esto se comenzó a variar la temperatura y nivel y se tomaron 10 datos a cada minuto para observar la variación, tal como se observa en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20. Datos obtenidos en pantalla LCD, pagina *web* de monitoreo y Panel HMI.

Hora	Pantalla LCD		Página web		Panel HMI	
	Temp [°C]	Nivel [cm]	Temp [°C]	Nivel [cm]	Temp [°C]	Nivel [cm]
10:30	20.5	4	20	4	20	4
10:31	25.3	5	25	5	25	5
10:32	30.1	6	30	6	30	6
10:33	35.4	7	35	7	35	7
10:34	40.7	9	40	8	40	8
10:35	45.2	10	45	10	45	10
10:36	50.8	11	50	11	50	11
10:37	55.3	12	55	12	55	12
10:38	60.4	14	60	14	60	14
10:39	65.5	16	65	15	66	15
10:40	70.2	17	71	17	71	17

El sistema electrónico donde se encuentra la pantalla LCD es quien envía la información al PLC, razón por la cual los datos mostrados en la página web y el panel HMI son iguales y estos son comparados con la pantalla LCD. Como se puede observar existe un ligero error, esto debido a la caída de voltaje que se puede presentar debido a los cables que conectan el sistema electrónico a las entradas analógicas del PLC.

- **Prueba de funcionamiento de proyecto por etapas**

Lo que busca esta prueba es comprobar el correcto funcionamiento que debe mostrar el proyecto al momento de ir activando diferentes etapas. En la Tabla 3.21, se muestra el comportamiento de las diferentes etapas que se van comprobando cronológicamente.

Tabla 3.21. Funcionamiento de proyecto por etapas

<b>Comprobación del funcionamiento del proyecto por etapas</b>		
<b>Etapas</b>	<b>Correcto</b>	<b>Incorrecto</b>
Comunicación del PLC S7-1200 con la PC	✓	
Acceso al Servidor Web del PLC S7-1200	✓	
Descarga del archivo de registro de datos	✓	
Planta del proceso de transportación de agua	✓	
Acceso a las páginas web de monitoreo	✓	
Comunicación del PLC con el Panel HMI	✓	
Acceso remoto utilizando TeamViewer	✓	

- **Prueba de registro de datos**

Para descargar el archivo que contiene los datos de las variables de temperatura y nivel, el usuario debe acceder al servidor *web* del PLC el mismo que está conectado a un router para proporcionar señal inalámbrica, esto se lo puede realizar desde un ordenador o desde un dispositivo móvil conectado a la misma red del PLC.

Una vez descargado el archivo de tipo CSV, este puede ser abierto con el programa *Excel* para su visualización. En la Tabla 3.22, se indican los datos de las variables de temperatura y nivel.

De igual forma se comprobó que los datos mostrados en el archivo sean correctos, específicamente la hora y fecha para cada dato mostrado en el archivo, ya que de esto permitirá realizar informes para tomar diferentes decisiones y posteriormente realizar acciones en el sistema. En la Tabla 3.23, se muestra el comportamiento de los datos al abrir el archivo.

Tabla 3.22. Datos de las variables de temperatura y nivel.

Record	Date	UTC Time	Temp [°C]	Nivel [cm]
1	4/04/2019	12:44:06	50	14
2	4/04/2019	12:44:16	50	14
3	4/04/2019	12:44:26	50	14
4	4/04/2019	12:44:36	55	14
5	4/04/2019	12:44:46	55	18
6	4/04/2019	12:44:56	56	6
7	4/04/2019	12:45:06	57	8
8	4/04/2019	12:45:16	58	12
9	4/04/2019	12:45:26	58	12
10	4/04/2019	12:45:36	60	12
11	4/04/2019	12:45:46	60	5
12	4/04/2019	12:45:56	60	11
13	4/04/2019	12:46:06	62	9
14	4/04/2019	12:46:16	62	7
15	4/04/2019	12:46:26	62	7
16	4/04/2019	12:46:36	62	12
17	4/04/2019	12:46:46	62	12
18	4/04/2019	12:46:56	65	12
19	4/04/2019	12:47:06	65	12
20	4/04/2019	12:47:16	65	12

Tabla 3.23. Comprobación de información que contiene el archivo de registro

Datos que contiene el archivo de registro		
Datos	Correcto	Incorrecto
Fecha actualizada	✓	
Hora actualizada	✓	
Variación de datos de temperatura	✓	
Variación de datos de nivel	✓	

- **Pruebas de funcionamiento de las páginas web de monitoreo y Panel HMI**

Esta prueba consiste en activar todas las herramientas utilizadas tanto en las páginas web como en el Panel HMI para verificar su buen funcionamiento.

En la Tabla 3.24, se muestra el comportamiento de cada herramienta de las páginas web al ser activada.

Tabla 3.24. Funcionamiento de las páginas web de monitoreo

<b>Comprobación del funcionamiento de las páginas web de monitoreo</b>		
	<b>Correcto</b>	<b>Incorrecto</b>
Botones de acceso a otra página	✓	
Redirección a la página para descargar el archivo de datos	✓	
Trend de curvas de temperatura	✓	
Trend de curvas de nivel	✓	
Grafica dinámica de variación de temperatura	✓	
Grafica dinámica de variación de nivel	✓	

En Tabla 3.25, se muestra el comportamiento de las herramientas utilizadas para el diseño de la Interfaz Humano Máquina al ser activadas.

Tabla 3.25. Funcionamiento del Panel HMI

<b>Comprobación del funcionamiento del Panel HMI</b>		
	<b>Correcto</b>	<b>Incorrecto</b>
Fecha y hora actualizada	✓	
Botones para dirigirse a las ventanas	✓	
Tecla de función para regresar a la ventana principal	✓	
Botones para accionar la planta de proceso	✓	
Luz indicadora de adquisición de datos	✓	
Tren de curva se Temperatura	✓	
Tren de curva de Nivel	✓	
Avisos	✓	

### 3.7. Manual de usuario

El manual de usuario se adjunta en el Anexo G.



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

- El trabajo expuesto como proyecto de titulación cumple con el objetivo principal que consiste en el desarrollo de una base de datos. Esto se logra mediante diversos programas como son: el *software* TIA Portal V15, el cual crea un archivo de registro de datos; la programación en Arduino UNO, el cual permite la generación de señales y el *software* *Sublime Text* donde se creó páginas *web* de monitoreo.
- Con la implementación de este proyecto, se logró que el Laboratorio de Tecnología Industrial, disponga de una herramienta funcional para registro de datos e información en tiempo real para su respectivo análisis; permitiendo de esta forma brindar un aporte de conocimiento e interacción a los estudiantes con esta herramienta informática.
- Al desarrollar el algoritmo de control para el registro de datos se consideró parámetros importantes que influyen en el archivo de almacenamiento, los cuales deben ser configurados para su funcionamiento como son la fecha y hora del PLC, esto debido a que estos datos deben ser exactos y precisos, lo que permitirá realizar informes para tomar diferentes decisiones y posteriormente realizar acciones en el sistema de control
- Disponer de una base de datos es una acción indispensable en todo proceso industrial, ya que por medio de ésta se puede registrar, revisar, analizar y supervisar el proceso. Por otro lado, una base de datos permite conocer el comportamiento de los equipos y las tendencias de trabajo en un determinado periodo, para que de esta manera se pueda prevenir daños en los componentes y programar mantenimientos preventivos.
- Con la habilitación del servidor *web* se logró que el PLC tenga acceso para transferir información a la *web* con lo cual se puede descargar el archivo de registro de datos e ingresar a las páginas *web* de monitoreo.

- Al utilizar un módulo Arduino para la generación de señales de instrumentación se consideró sus valores de 0 a 5V cumpliendo con el rango de trabajo de las señales analógicas del PLC, el cual es de 0 a 10V con una resolución de 10 bits.
- Se construyó una planta de proceso la cual cumple con el objetivo de brindar una mejor interacción del usuario con el proyecto, permitiendo de esta manera monitorear, controlar y adquirir datos de las respectivas variables físicas.
- Se diseñó páginas *web* mediante programación *HTML* y *JavaScript* para el monitoreo de las variables del proceso, permitiendo al usuario tener acceso a ellas de manera inalámbrica desde cualquier dispositivo móvil siempre y cuando estos tengan acceso a internet.
- Se construyó una placa móvil del Panel HMI en la que se desarrolló la Interfaz Humano Máquina para que el usuario tenga mayor facilidad de visualizar la información a la vez que pueda controlar el proceso de forma eficiente.
- Con el uso del App *TeamViewer* se logró realizar la conexión remota desde un dispositivo móvil al PC que tenga acceso a la red local establecida, facilitando de esta forma al usuario tener acceso al sistema de control.
- El acceso remoto al sistema de control ayuda a supervisar y controlar el proceso a la vez que brinda la oportunidad de modificar valores si este lo requiera todo esto sin la necesidad de estar presente en el proceso.
- Por medio de las pruebas realizadas a los elementos del proyecto como son: la planta de proceso, el Panel HMI se determinó que estos se encuentran en perfectas condiciones para su posterior uso en las prácticas de la materia de control industrial.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

- Para establecer una comunicación entre el ordenador, el PLC y el Panel HMI se debe considerar que todos estos equipos deben estar en una misma red y tener una dirección IP única para evitar conflictos.

- Es recomendable tener un conocimiento previo, en programación *HTML* y *Javascript* para poder realizar modificaciones en las páginas *web* de monitoreo.
- Tomar en cuenta la corriente nominal de los elementos que conforman la planta, para de esta forma utilizar de forma correcta la alimentación de las mesas de trabajo.
- Para la utilización de la planta de proceso se debe conocer perfectamente su funcionamiento, para así evitar daños en la misma. A la vez que se debe seguir el manual de usuario para poner en marcha el sistema o realizar alguna configuración en el mismo.
- En cuanto a las páginas *web* se recomienda como trabajo futuro completar la función para controlar el proceso ya que estas solo permiten monitorearlo.
- Antes de la utilización del Panel HMI tomar en cuenta la alimentación que necesita, se recomienda utilizar la fuente de voltaje DC que proporciona el módulo PLC ya que esta cumple con los requerimientos necesarios para el Panel.
- Se recomienda realizar mantenimientos preventivos como: inspección visual de todos los elementos del sistema, revisión continua de las conexiones eléctricas, ajuste de las borneras tanto de la planta como del Panel HMI, verificar existencia de fugas en los tanques de planta, etc.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Abata Viera, D., & Arias Barrionuevo, W. (2015). *Diseño e implementación de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) para una unidad de generación de vapor*. Quito.
- Almache Barahona, V. (2017). *Diseño de un HMI en Web Server del PLC S7-1200/1500 para el control de un proceso multivariables de un módulo didáctico para el laboratorio de hidrónica y neutrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Arbildo López, A. (12 de Mayo de 2011). *El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento*. Obtenido de [http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/227/202](http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/227/202)
- Blažek, J. (10 de Junio de 2015). *BLAJA Automation Portal*. Obtenido de <https://www.blaja.cz/plc-automaty/zaznam-dat-v-pameti-s7-1200-na-mc-kartu-ve-formatu-csv.html>
- Colomer, J., Meléndez, J., & Ayza, J. (s.f.). *Sistemas de supervisión - Introducción a la monitorización y supervisión experta de procesos. Metodos y herramientas*. CEA-IFAC.
- Dunkels, A. (Diciembre de 2014). *Sobre Protothreads*. Obtenido de <http://dunkels.com/adam/pt/about.html>
- Espejo Velasco, P. (Abril de 2017). *Sistema de control y adquisicion de señales con Hardware y software libre y su incidencia en la industria*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6576/1/20T00835.pdf>
- García, D. (9 de Febrero de 2015). *infoPLC*. Obtenido de <http://www.infoplc.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/2241-cambio-reloj-s7-1200-plc>
- Gottardo, M. (11 de Marzo de 2018). *Gtronic Robotics*. Obtenido de <http://www.gtronic.it/test/index.php/programmazione-plc/>

- Gottlieb, O. (30 de Octubre de 2015). *DMC Smart People. Expert Solutions*. Obtenido de <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/9108/data-logging-with-siemens-s7-1200-plcs>
- Gútiérrez, I. (s.f.). *Programación Siemens.com*. Obtenido de <https://programacionsiemens.com/data-logging-en-tia-portal/#comments>
- Jácome Ramírez, F., & Martínez Vallejo, J. (2014). *Implementación del PLC SIMATIC S7-1200 y pantalla táctil al módulo de clasificación por colores y materiales para el laboratorio de control y manipulación automática de la escuela de ingeniería de mantenimiento de la ESPOCH*. Riobamba.
- Jager, T. (7 de Septiembre de 2013). *DMC Smart People. Expert Solutions*. Obtenido de <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/8567/siemens-s7-1200-web-server-tutorial--from-getting-started-to-html5-user-defined-pages>
- Lehtinen, E. (2016). *Lógica Siemens S7-1500 - Características del Servidor Web*.
- López Frías, G. (2013). *Diseño e implementación de software y hardware de un registrador de variables eléctricas con comunicaciones Ethernet basado en tecnología Arduino y sistema de supervisión HMI*. Latacunga.
- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*.
- Martínez. (22 de Septiembre de 2016). *Electrónica y manufactura*. Obtenido de <https://electronicaymanufactura.blogspot.com/2016/09/uso-del-servidor-web-integrado-en-el.html>
- Olmos Tigse, A. S., & Poveda Ocaña, H. F. (2016). *Diseño e implementación de un sistema HMI para el monitoreo y control de la variables presión, temperatura y nivel en la casa de mamáquinas del hospital del IESS de la ciudad de Latacunga*. Latacunga.
- Oto Topon, M. (Febrero de 2016). *DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA CON BASE DE DATOS SEGUN NORMA ISO 14224 PARA DOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA*

*PLANTA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL ZPF BLOQUE 18- PETROAMAZONAS*

*EP*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4597>

Pérez López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología En Marcha*, 3-14.

Siemens. (2015). *Controlador programable S7-1200 - Manual del sistema*.

Torrente, Ó. (2013). *ARDUINO Curso práctico de formación*. México: Alfaomega Grupo Editor.

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** Algoritmo de control y tabla de variables del sistema.

**ANEXO B:** Código de Arduino para la generación de variables de instrumentación.

**ANEXO C:** Dimensiones de la planta de proceso.

**ANEXO D:** Programación HTML y JavaScript para desarrollo de páginas web.

**ANEXO E:** Dimensiones de la placa móvil HMI.

**ANEXO F:** Diagrama de conexiones del sistema.

**ANEXO G:** Manual de usuario.

## **ANEXO A:**

Algoritmo de control y tabla de variables del sistema.



## **ANEXO B:**

Código de Arduino para la generación de variables de instrumentación.

```

//Variables y constantes de temperatura
byte      i;
byte      present = 0;
byte      type_s;
byte      data[12];
byte      addr[8];
float     celsius=0;

//-----

//Variables y constantes de distancia
const int  nLecturas=10;          //Numero de lecturas para hacer la
media
int        lecturas[nLecturas];  //Array que guarda las ultimas lecturas
int        indice=0;             //Posición actual dentro del array
int        total=0;              //Suma de las lecturas guardadas en el
array
int        media=0;              //Media de las lecturas guardadas en el
array
unsigned long tiempo=0;
unsigned long distancia=0;
unsigned long nvl=0;

//-----

#include <OneWire.h>              //Librería sensor de temperatura
#include <DallasTemperature.h>    //Librería sensor de temperatura
#include <LiquidCrystal.h>        //Librería para la pantalla LCD
LiquidCrystal lcd(12,11,13,9,8,7); //Declaración pines a utilizar en el
LCD

#include <pt.h>                    //Librería ProtoThreads

struct pt hilo1;
struct pt hilo2;

//-----

void setup() {
  PT_INIT(&hilo1);
  PT_INIT(&hilo2);
}

```

```

void loop() {
  temperatura(&hilo1);
  nivel(&hilo2);
}

//-----
--

//----- Temperatura -----
--

void temperatura(struct pt *pt){
  PT_BEGIN(pt);

  OneWire ds(10);          //Pin 10 (junto a una resistencia de 4.7K)
  lcd.begin(16,2);

  //void setup() {
    Serial.begin(9600);
    PT_INIT(&hilo1);
    static long t=0;
  //}

  //void loop() {
    do{

      if ( !ds.search(addr)) {
        ds.reset_search();
        delay(1000);
        return;
      }

      for( i = 0; i < 8; i++) {

        if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
          return;
        }

//El primer byte ROM indica qué chip
        switch (addr[0]) {

          case 0x28:
            type_s = 0;

```

```

        break;
    default:
        return;
    }

    ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0x44, 1); //Iniciar la conversión

//Tal vez 750ms es suficiente, tal vez no
//Podríamos hacer un ds.depower () aquí, pero el reinicio se hará cargo de
ello.

    present = ds.reset();
    ds.select(addr);
    ds.write(0xBE);

    for ( i = 0; i < 9; i++) {
        data[i] = ds.read();
    }

//Convertir los datos a temperatura real.
//porque el resultado es un entero con signo de 16 bits, debería
//almacenarse en un tipo "int16_t", que siempre es de 16 bits
//incluso cuando se compila en un procesador de 32 bits.

    int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];
    if (type_s) {
        raw = raw << 3; //Resolución predeterminada de 9
bits

        if (data[7] == 0x10) {
//"Cuenta restante" da una resolución completa de 12 bits
            raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
        }
        else {
            byte cfg = (data[4] & 0x60);
//A menor resolución, los bits bajos no están definidos, así que vamos a
ponerlos en cero

            if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7;
            else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3;
            else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1;
        }
    }

```

```

    celsius = (float)raw / 16.0;
    Serial.print("Temp: ");
    Serial.print(celsius);
    Serial.println(" Celsius ");
    analogWrite(6,celsius*2.55);

    lcd.setCursor(0,0); lcd.print("Temp:");
    lcd.setCursor(7,0);  lcd.print(celsius); lcd.print(" C");

    lcd.setCursor(0,1); lcd.print("Nivel:");
    lcd.setCursor(7,1);  lcd.print(nvl); lcd.print(" cm");

    PT_WAIT_UNTIL(pt, (millis()-t)>500);

    }while (true);
    PT_END(pt);
}

//-----
--
//----- Nivel -----
--

void nivel(struct pt *pt){
    PT_BEGIN(pt);
    //void setup() {
    Serial.begin(9600);
    PT_INIT(&hilo2);
    static long t1=0;

    pinMode(2,INPUT);    //Donde esta conectado el pin "echo" del
sensor
    pinMode(3,OUTPUT);   //Donde esta conectado su pin "Trigger"

    //Creo un array inicialmente vacio
    for(int i=0; i<nLecturas; i++) {lecturas[nLecturas]=0;}
    //}

    //void loop() {
    do{
    t1 = millis();

```

```

//Estabilizamos el sensor antes de enviar el pulso de activacion
digitalWrite(3,LOW);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(3,HIGH);          //Envio el pulso de activacion
delayMicroseconds(10);       //La duracion de este pulso ha de ser
10us

//Paro la activacion y comienza el envio de la señal ultrasonica
    digitalWrite(3,LOW);

/*Inmediatamente despues de empezar el envio del ultrasonido, por el pin
"echo"se empieza a recibir una señal HIGH. La funcion pulseIn () pausa
entonces el sketch para contar el tiempo transcurrido hasta recibir el
rebote, momento en el cual por el pin "echo" pasa a detectarse una señal LOW
y pulseIn() devuelve su resultado*/

    tiempo = pulseIn(2,HIGH);

/*Calculo la distancia (distancia en cm = velocidad en cm/us multiplicado
por el tiempo en us). Ya se ha dividido entre dos para contar solo el tiempo
de ida*/

    distancia=0.017*tiempo;

/*Pero no quiero obtener un valor de distancia individual, porque puede ser
muy fluctuante: quiero que el valor tenido en cuenta sea una media de los
ultimos diez valores individuales medidos. Para ello, primero elimino de la
suma total el valor ubicado en el indice actual del array, que corresponde a
la medida tomada hace 10 iteraciones*/

    Serial.print(distancia);
    Serial.println(" cm");

    nvl=-0.93*distancia+18.9;

    total=total-lecturas[indice];

/*Ahora añado la nueva distancia medida precisamente en ese elemento del
array, sobrescribiendolo. De esta manera, se hace una reescritura ciclica
de cada elemento cada diez lectura*/

    lecturas[indice]=distancia;

//Y finalmente, añado este nuevo valor a la suma total otra vez

    total=total+lecturas[indice];
    indice=indice+1;          //Voy al siguiente elemento del
array
//Al final del array (10 elementos) vuelvo a empezar

    if(indice>=nLecturas) {indice=0;}

    media=total/nLecturas;          //Calculo a media

/*Si la distancia es menor que 255cm cambio el brillo del LED, de forma que
a menor distancia mas brillantes sea*/

    if (media<255){
        analogWrite(5,nvl*14.2);
    }

```

```
PT_WAIT_UNTIL(pt, (millis()-t1)>100); //El tiempo minimo
entre lecturas ha de ser de 20us
```

```
}while (true);
```

```
//}
```

```
PT_END(pt);
```

```
}
```

## **ANEXO C:**

Dimensiones de la planta de proceso.



## **ANEXO D:**

Programación HTML y JavaScript para el desarrollo de páginas web.

## **ANEXO E:**

Dimensiones de la placa móvil HMI.

## **ANEXO F:**

Diagrama de conexiones del sistema

## **ANEXO G:**

Manual de usuario.