



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN  
Y AVIÓNICA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE  
TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA  
ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE  
CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE  
INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE.”**

**AUTOR: CAISA SISA WILLIAM DAVID**

**DIRECTOR: ING. SANDOVAL VIZUETE PAOLA NATALY**

**LATACUNGA**

**2019**



## UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

### DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de Titulación, : **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE.”** realizado por el Sr. **CAISA SISA WILLIAM DAVID**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CAISA SISA WILLIAM DAVID** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 13 de Febrero del 2019

Atentamente,

---

Ing. Sandoval Vizuite Paola Nataly

DIRECTORA DE PROYECTO



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

#### **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **CAISA SISA WILLIAM DAVID**, con cédula de identidad N.º **220025121-9**, declaro que este trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE.”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 13 de Febrero del 2019

---

Caisa Sisa William David

C.I: 220025121-9



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

### **DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CARRERA ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

#### **AUTORIZACIÓN (PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL)**

Yo, **CAISA SISA WILLIAM DAVID**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE.”** Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 13 de Febrero del 2019

---

Caisa Sisa William David

C.I: 220025121-9

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Juan Caisa y María Sisa.

A mis hermanos, los cuales han sido mis mejores amigos, por su confianza, compañía y fuerzas para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por cuidarme y siempre estar a mi lado en cada momento de mi vida, así como durante todo el transcurso de mis estudios.

A mis padres, Juan Caisa y María Sisa, por haberme demostrado como ser un verdadero guerrero de la vida, con sus tan necesarios consejos de honradez, amor y perseverancia durante mi día a día, que me permitirán aplicar toda la vida.

A mi enamorada Daysi Analuisa, por llegar con amor a mi vida, compartir momentos inolvidables y estar presente en cada paso durante mis estudios.

A todos los amigos y compañeros de clase que han sido inspiración para poder llegar tan lejos venciendo dificultades, por mostrarme lo bueno y malo de la vida; siendo necesario experimentar cada situación para entender.

Al Ing. Pablo Pilatasig e Ing. Paola Sandoval directores de este proyecto de grado, que con apertura y disposición, me brindaron sus conocimientos y guía para concretar mis ideas.

## INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
INDICE DE CONTENIDOS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Alcance .....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
1.6 Automatización de procesos .....	5
1.6.1 Tipos de automatización .....	5
1.7 Sistema de control.....	6
1.7.1 Sistema de control a lazo cerrado .....	7
1.7.2 Control PID .....	8
1.8 Autómata programable .....	10
1.8.1 PLC Siemens S7-1200 .....	11
1.9 El Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	18
1.9.1 Software LabVIEW .....	19

1.9.2	Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC.....	21
1.10	Estación de temperatura PCT-2 .....	26
1.10.1	Modelo matemático del sistema de temperatura .....	27
1.10.2	Características del fluido (aire) .....	28
CAPÍTULO III.....		29
DESARROLLO DEL TEMA .....		29
2.1	Preliminares .....	29
2.2	Componentes para el control de temperatura .....	29
2.3	Conexiones del módulo de temperatura.....	30
2.4	Programación en STEP 7 (TIA PORTAL V14) .....	33
2.4.1	Comunicación PLC – PC .....	33
2.4.2	Elaboración de un nuevo proyecto.....	34
2.4.3	ESCALAMIENTO DE LA TEMPERATURA .....	37
2.4.4	Programación inicial.....	38
2.4.5	Programación, adquisición y envío.....	39
2.4.6	PID .....	44
2.4.7	Cargar en dispositivo .....	51
2.5	OPC SERVER .....	53
2.5.1	Elaboración de un nuevo canal.....	54
2.5.2	TAGS ADQUISICIÓN Y ENVIO.....	56
2.5.3	VERIFICACIÓN DE COMUNICACIÓN.....	58
2.6	NI LABVIEW 2017 .....	58
2.6.1	ELABORACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO .....	58
2.6.2	Programación.....	61
2.6.3	COMUNICACIÓN CON OPC SERVER.....	62
2.6.4	Pruebas y análisis de resultados .....	65
CAPITULO IV .....		70
CONCLUSIONES .....		70
RECOMENDACIONES.....		71



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	72
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema general de un sistema de control.....	7
Figura 2 Sistema de control a lazo cerrado.....	7
Figura 3 Diagrama de un Control PID.....	8
Figura 4 Diagrama de comunicación con PLC's.....	10
Figura 5 Estructura básica de un PLC. ....	11
Figura 6 Partes constitutivas de un PLC S7-1200. ....	12
Figura 7 Comunicaciones diversas del PLC S7-1200 CPU 1215C. ....	13
Figura 8 Diagrama del cableado de la CPU 1215C.....	14
Figura 9 STEP 7 (TIA Portal V14).....	15
Figura 10 Vista del Portal TIA Portal V14.....	16
Figura 11 Vista del proyecto TIA Portal V14.....	17
Figura 12 Esquema de contactos. ....	18
Figura 13 El Interfaz Hombre-Máquina (HMI).....	18
Figura 14 Software LabVIEW 2017. ....	19
Figura 15 Ventana del panel frontal. ....	20
Figura 16 Diagrama de bloques.....	21
Figura 17 Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC.....	21
Figura 18 Comunicación mediante protocolos ETHERNET/IP.....	23
Figura 19: Cable RJ45.....	24
Figura 20 Cable directo 568B.....	24
Figura 21: Comunicación mediante OPC Server. ....	25
Figura 22 Proceso térmico del módulo PCT-2.....	26

Figura 23 Diagrama para adquisición de datos del módulo PCT-2. ....	27
Figura 24 Conexión de V IC de la estación a AI0 del PLC. ....	30
Figura 25 Conexión de Reference Disturbace a AI3M del PLC. ....	31
Figura 26 Conexión de Reference Disturbace a AQ2M del PLC. ....	31
Figura 27 Conexión del Power Interface In a AQ0 del PLC. ....	32
Figura 28 Conexión de la estación de temperatura, el PLC y el HMI. ....	33
Figura 29 Comunicación PC - PLC.....	34
Figura 30 Software TIA Portal V14. ....	34
Figura 31 Ventana del TIA Portal.....	35
Figura 32 Ventana del proyecto nuevo. ....	35
Figura 33 Agregar el dispositivo al proyecto. ....	36
Figura 34 Ventana Vista del proyecto. ....	36
Figura 35 Bloque de programa "Main". ....	37
Figura 36 Grafico para determinar la pendiente.....	37
Figura 37 Programación inicial "FUNCIONAMIENTO". ....	38
Figura 38 Programación de la Temperatura. ....	39
Figura 39 Instrucción SUB. ....	40
Figura 40 Instrucción DIV.....	41
Figura 41 Instrucción MUL.....	41
Figura 42 Programación para la salida analógica del PLC.....	42
Figura 43 Programación para la salida analógica del PLC.....	43
Figura 44 Instrucción SCALE_X. ....	44
Figura 45 Insertar un Bloque de Programa nuevo. ....	44
Figura 46 Agregar nuevo bloque. ....	45

Figura 47 Bloque de datos.....	45
Figura 48 Instrucción PID_Compact.....	46
Figura 49 Icono de ventana de configuración.....	47
Figura 50 Vista de vista funcional. ....	47
Figura 51 Ajustes del valor real.....	48
Figura 52 Ajustes avanzados. ....	48
Figura 53 Parámetros PID. ....	49
Figura 54 Icono de ventana para la puesta en servicio. ....	49
Figura 55 Ventana Puesta en Servicio del PID. ....	50
Figura 56 Optimización de las señales en el PID.....	50
Figura 57 Configuración de la dirección Ethernet del PLC.....	51
Figura 58 Icono "Compilación". ....	51
Figura 59 Compilación de los parámetros y la programación.....	52
Figura 60 Icono "Cargar al dispositivo".....	52
Figura 61 Verificación de los parámetros que debe cargar el PLC.....	53
Figura 62 Parámetros cargados correctamente al PLC.....	53
Figura 63 Icono OPC Server Configuration.....	54
Figura 64 Ventana principal del NI OPC Server.....	54
Figura 65 Creación de un nuevo canal.....	55
Figura 66 Comunicación Siemens TCP/IP Ethernet.....	55
Figura 67 Agregar nuevo dispositivo para la comunicación.....	56
Figura 68 Configuración de la dirección IP del PLC.....	56
Figura 69 Icono de nuevo Tag o variable.....	56
Figura 70 Propiedades de las Tag's.....	57

Figura 71 Tag's necesarias para el proceso. ....	57
Figura 72 Conexión entre PLC y Software. ....	58
Figura 73 Icono NI LabVIEW 2017. ....	59
Figura 74 Ventana para crear un nuevo proyecto en LabVIEW. ....	59
Figura 75 Ventana de proyecto. ....	60
Figura 76 Ventanas para la programación en LabVIEW. ....	60
Figura 77 Programación respectiva del proceso. ....	61
Figura 78 Programación en la ventana del panel frontal. ....	62
Figura 79 Configuración del knob. ....	63
Figura 80 Propiedades del knob. ....	64
Figura 81 Configuración del knob para la comunicación con el NI OPC. ....	64
Figura 82 Comunicación del knob con el NI OPC Server. ....	65
Figura 83 Activación (ON) del Proceso. ....	65
Figura 84 Set Point con un valor de 30. ....	66
Figura 85 Apagado (OFF) del proceso. ....	66
Figura 86 Visualización del grafico en el TIA PORTAL. ....	67
Figura 87 Activación de la función "GUARDAR DATOS". ....	67
Figura 88 Activación del "PARO DE EMERGENCIA". ....	68
Figura 89 Desconexión del HMI. ....	68
Figura 90 Guardar los datos obtenidos durante el proceso. ....	69

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Algoritmo de PID.....	9
Ecuación 2: Pendiente de la recta.....	37

## RESUMEN

El presente proyecto “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE”, es un aporte más a la teoría de implementación de sistemas de control dentro del campo de la automatización industrial. La implementación de este sistema de control a lazo cerrado presenta una gran gama de aplicaciones por ser resistente, presenta un control con PID para su operación, en el cual permite tener un control óptimo del proceso tomando las señales o variables. La visualización y monitoreo del sistema de control se realizó mediante el software LabVIEW, en el que se refleja todo el proceso desde el envío y adquisición de datos; sin embargo, para realizar la comunicación fue necesario utilizar el protocolo de comunicación industrial NI OPC Server. Los componentes utilizados fueron la estación de temperatura PCT-2 que trabaja a un rango de 20 °C a 70°C, un controlador lógico programable (PLC S7-1200 CPU 1215C) para adquisición y envío de señales analógicas y una PC con el paquete LabVIEW como interfaz para monitorear y visualizar todo el proceso.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **SISTEMA DE CONTROL**
- **TEMPERATURA**
- **CONTROL PID**
- **PLC**
- **OPC**
- **PCT-2**

## **ABSTRACT**

The present research "IMPLEMENTATION OF A CLOSED LOOP TEMPERATURE CONTROL SYSTEM USING A PLC AND THE PCT-2 TEMPERATURE STATION FOR PROCESS CONTROL PRACTICES IN THE UGT-ESPE INSTRUMENTATION LABORATORY". Is another contribution to the theory of implementation of control systems within the field of industrial automation. The implementation of this closed loop control system has a wide range of applications for being resistant, presents a control with PID for its operation, in which it allows to have an optimal control of the process taking signals or variables. The Visualization and monitoring of the control system was done through LabVIEW software, in which the whole process is reflected from the sending and acquisition of data; however to make the communication protocol NI OPC Server. The components used were the temperature station PCT-2 operating at a range of 20 ° C to 70 ° C, a programmable logic controller (PLC S7-1200 CPU 1215C) for acquisition and analog signals sent and a PC with the package LabVIEW as an interface to monitor and visualize the entire process.

### **KEYWORDS:**

- **CONTROL SYSTEM**
- **TEMPERATURE**
- **PID CONTROL**
- **PLC**
- **OPC**
- **PCT-2**

### **CHECKED BY:**

**LCDA. MARÍA ELISA COQUE**  
**ENGLISH TEACHER UGT**



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El PLC es un controlador lógico programable S7-1200 que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización según (Tarquino, 2015), quien desarrollo el proyecto de grado con el tema “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE” argumenta que “El PLC es un controlador compacto Simatic S7-1200 CPU 1212C Siemens que consta de un modelo modular y compacto que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización que requieren funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes que se quieran ejecutar.”

El segundo trabajo revisado pertenece a los autores (Graciela, 2016), donde describen al PLC S7-1200, y acotan que: “El controlador SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y de tamaño reducido que gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 resultan idóneos para controlar tareas sencillas y complejas.”

### 1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad en el laboratorio de Instrumentación de la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS “ESPE”, esta implementado con varios equipos entre ellos, sensores, estaciones de temperatura, nivel y caudal, fuentes de alimentación, osciloscopios, controladores lógicos programables de fabricación anteriores que poseen poca capacidad de almacenamiento, dispositivos eléctricos y electrónicos,

entre otros. Sin embargo, se ha evidenciado que no posee controladores lógicos programables con comunicación digital PROFIBUS DP.

El desconocimiento de esta tecnología para realizar redes industriales provocará que los alumnos de la carrera Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica tengan un desenvolvimiento bajo y no respondan de forma técnica a los problemas o interrogantes que se dan en el día a día en el campo laboral.

### **1.3 Justificación**

Siempre, al estar a la vanguardia de nuevas tecnologías ha permitido dar soluciones eficaces en el campo industrial por tanto, el manejo de equipos actualizados es de vital importancia para preparar profesionales calificados con un espíritu proactivo en las diferentes actividades que puedan desempeñar en su vida laboral y profesional.

La utilización de los controladores lógicos programables con comunicación digital PROFIBUS DP permitirá realizar redes industriales con las respectivas conexiones de los elementos de cada nivel de la pirámide de automatización de campo al nivel de control y así diseñar un sistema ESCADA.

Cumpliendo con lo anteriormente mencionado los principales beneficiarios serán directamente los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, fortaleciendo los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en las aulas, permitiendo alcanzar un nivel de competitividad en el ámbito profesional, formando académicamente mano de obra calificada y cualificada para así aportar al desarrollo del país.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de control de temperatura a lazo cerrado utilizando un PLC y la estación de temperatura PCT-2 para prácticas de control de procesos en el laboratorio de instrumentación de la UGT-ESPE.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Programar en lenguaje Ladder el control para adquirir los valores de temperatura correspondientes y así el PLC ejecute las acciones deseadas.
- Establecer la comunicación entre el HMI y el PLC para monitorear los valores del transmisor de temperatura, cambiar el setpoint del valor de temperatura y obtener un registro de la temperatura en función del tiempo.
- Habilitar la comunicación del PLC para que ingrese a una red PROFIBUS.

## **1.5 Alcance**

En este presente proyecto se va utilizar la estación de temperatura PCT-2 existente en el laboratorio de instrumentación, teniendo en cuenta que la programación del PLC, se realizará en el software TIA Portal para obtener los datos del sensor de temperatura, a través del transmisor de temperatura de señales analógicas de 4 a 20 mA y obtener el setpoint que va colocar el usuario a través del HMI para realizar un sistema de control a lazo cerrado. El HMI será diseñado en el software LabView.

La instrumentos que se vamos a utilizar en el proyecto de titulación como transmisor, sensor de temperatura, niquelina, será la que se encuentra en la estación de temperatura PCT-2 existente en el Laboratorio de Instrumentación.

El PLC S7-1200 CPU 1215C será donado al laboratorio de instrumentación, para que sea utilizado con fines educativos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.6 Automatización de procesos**

Según (Rocatek, 2018) “La automatización de procesos es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos”.

Es el uso de tecnologías óptimas para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas; que por regla general son funciones repetitivas, haciendo que funcionen automáticamente y reduciendo al máximo la intervención humana. (Perez, Febrero 2018)

La Automatización Industrial es posible gracias a la unión de distintas tecnologías que permite enlazar sistemas de comunicación y los Controladores Lógicos Programables (PLC's), los mismos que se encargan de controlar un proceso automatizado mediante a una programación pre establecida para mejorar su operación y funcionamiento. (Perez, Febrero 2018)

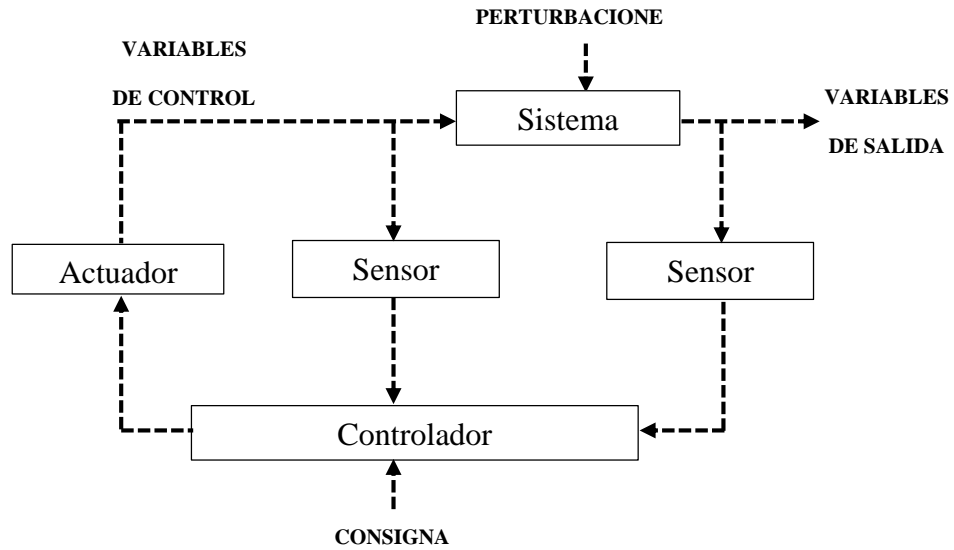
##### **1.6.1 Tipos de automatización**

Según (Icontec, 2018) tenemos varios tipos de automatización, que son los siguientes:

- **Automatización fija:** diseñada para la manufactura a gran escala. Se utiliza una maquina o equipo especializado para producir una parte de un producto o el producto en sí mismo, en una secuencia fija y continua. Este tipo de automatización es ideal en la elaboración de grandes productos que tienen un ciclo de vida extendido, un diseño inalterable y un amplió interés de los consumidores.
- **Automatización flexible:** Es un nivel de producción medio. Reduce el tiempo de programación del equipo y permite alternar la fabricación de dos productos (en series) al mezclar diferentes variables. La flexibilidad se refiere a la capacidad de los equipos para permitir los cambios en el diseño y configuración del producto.
- **Automatización programable:** Es un nivel de producción más pequeño. Segmentado por bloques. Permite cambiar o reprogramar la secuencia de operación, por medio de un software, para incluir las variaciones del producto. Entre los equipos más usados para este tipo de automatización se encuentran los controladores lógicos programables (PLC's).

## 1.7 Sistema de control

Un sistema de control es un tipo de medio que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento de un proceso; su finalidad es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados (consigna o Set Point). (Alvarez, 2014)

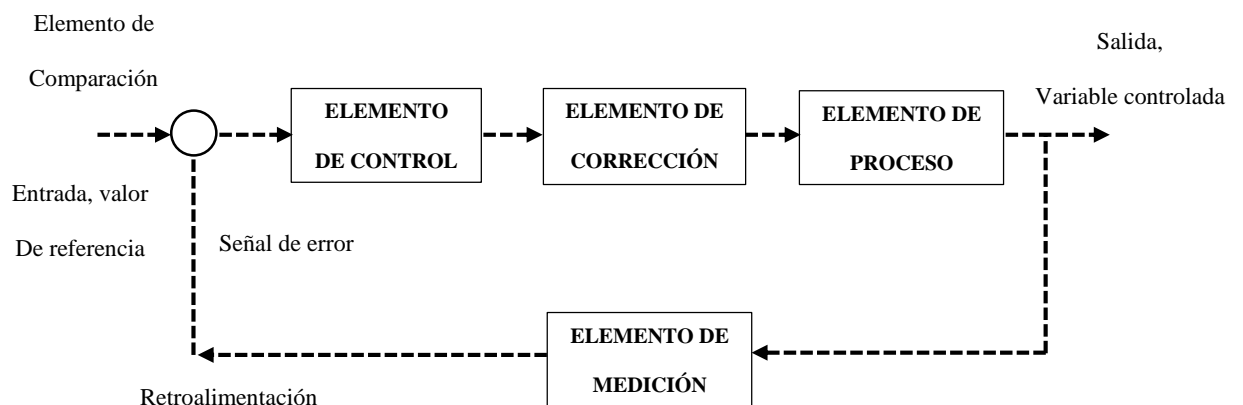


**Figura 1 Esquema general de un sistema de control.**

Fuente: (Alvarez, 2014)

### 1.7.1 Sistema de control a lazo cerrado

Es un tipo de sistema de control, que el proceso se trata de enviar información sobre el estado de la señal de salida al de entrada. La señal de salida es comparada con la señal de entrada mediante una trayectoria de retroalimentación con el propósito de corregir y solucionar los posibles errores o perturbaciones del exterior que puedan ocurrir durante el proceso. (Ramirez, 2018)



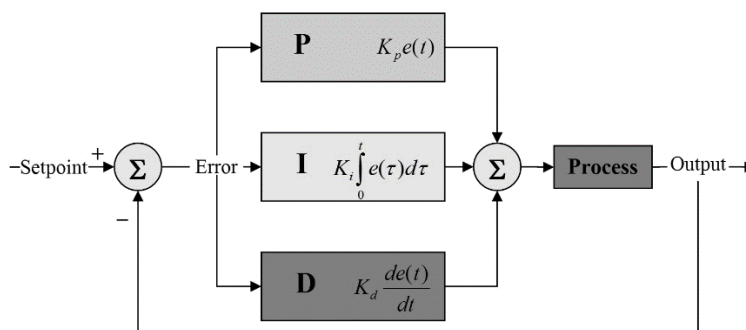
**Figura 2 Sistema de control a lazo cerrado.**

Fuente: (Ramirez, 2018)

## 1.7.2 Control PID

### 1.7.2.1 Proporcional Integral Derivativo (PID)

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. (Jimenez, 2017)



**Figura 3 Diagrama de un Control PID.**

**Fuente:** (Jimenez, 2017)

Esta estrategia de control se emplea en sistemas de control re-alimentados (*Feed back*), en donde se toma una muestra de la salida, se compara con la referencia que se quiere y luego se modifica la entrada a la planta o proceso que hará que la salida se modifique. (National Instruments, 2018)

Para el control PID se requiere un controlador PID, el que puede encontrarse como un equipo independiente (*stand alone*) o bien estar inserto dentro de otro equipo como un convertidor de frecuencia, un PLC, etc.



El resultado de estos tres componentes: proporcional, integral, y derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID.

Definiendo  $u(t)$  como la salida del controlador, la forma final del algoritmo del PID es:

#### **Ecuación 1: Algoritmo de PID.**

$$u(t) = MV(T) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(T) dT + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

#### **1.7.2.2 Constantes de variación**

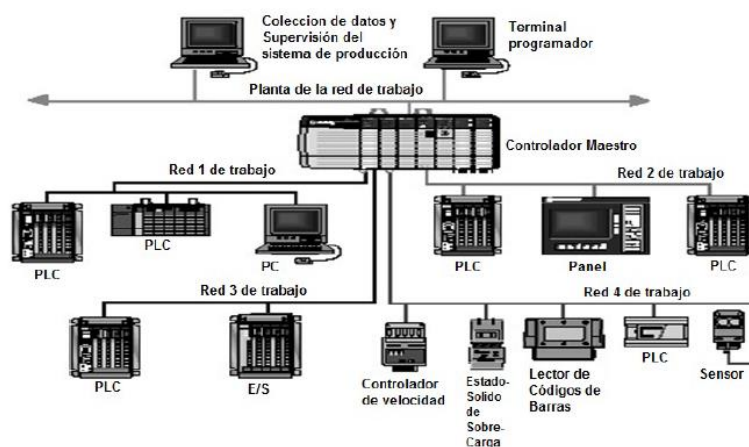
Las constantes de variación en un control PID, según (Jimenez, 2017), son los siguientes:

- **(P) constante de proporcionalidad:** Es ajustable con el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional.
- **(I) constante de integración:** Se indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.
- **(D) constante de derivación:** Es la respuesta de la acción proporcional duplicada. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá.

## 1.8 Autómata programable

Según (Perez, Febrero 2018), se entiende por “Controlador Lógico Programable (PLC), o Autómata Programable, a toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales”.

Un Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico programable, en lenguaje específico, diseñado para controlar, en tiempo real y en un medio industrial, procesos secuenciales. Que constan con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como pueden ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y matemáticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. (DIEEC, 2018)



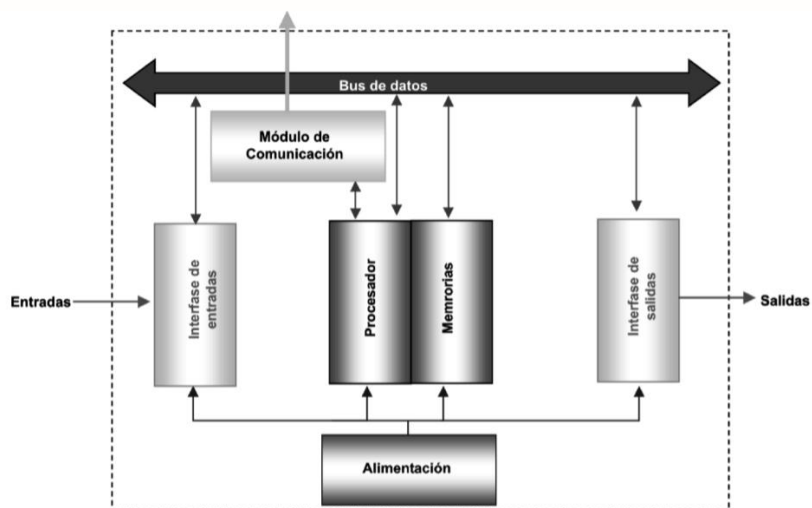
**Figura 4 Diagrama de comunicación con PLC's.**

**Fuente:** (DIEEC, 2018)

La principal diferencia entre un PC y un PLC, es que el PLC contienen variados canales para medir distintas señales obtenidos de sensores instalados en la máquina o proceso. Y también tienen canales de salida de señal que actúan sobre la máquina o proceso. (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.



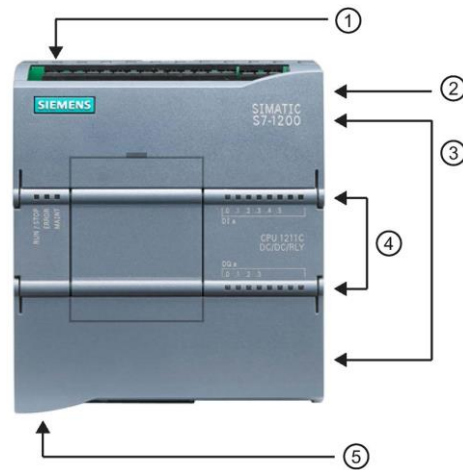
**Figura 5 Estructura básica de un PLC.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

### 1.8.1 PLC Siemens S7-1200

Según (Siemens, SIMATIC S7-1200 EL FUTURO DE LA INDUSTRIA, 2018) El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es apto para controlar una gran diversidad de aplicaciones.

Según (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016) Las partes que constituyen un PLC Siemens S7-1200 son:



**Figura 6 Partes constitutivas de un PLC S7-1200.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

- ① Conector de corriente
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ④ LEDs de estado para las E/S integradas
- ⑤ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

### 1.8.1.1 PLC S7-1200 CPU 1215C

Según (Siemens, SIMATIC S7-1200 CPU 1215C, 2015) Es un nuevo controlador de la familia Siemens s7-1200 con las características de tener una CPU compacta de alto rendimiento con 24 entradas/salidas integradas Ampliable con:

- 1 Signal Board (SB) o Communication Board (CB)
- 8 Signal Modules (SM)
- Máx. 3 módulos de comunicaciones (CM)

### 1.8.1.1.1 Características generales

- La CPU incorpora un microprocesador,
- Una fuente de alimentación integrada,
- Circuitos de entrada y salida,
- E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)
- Una vez cargado el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación.
- La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.
- La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232. (Siemens, SIMATIC S7-1200 EL FUTURO DE LA INDUSTRIA, 2018)



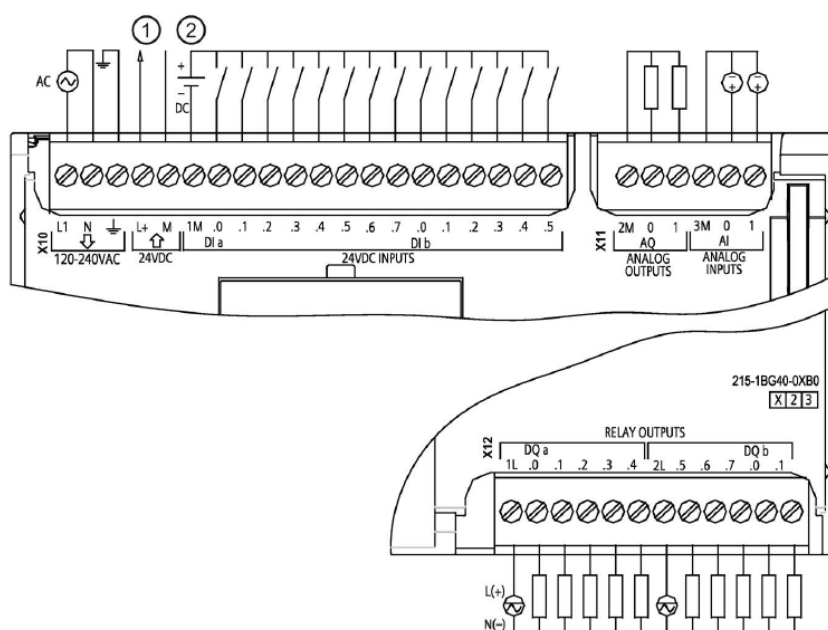
**Figura 7 Comunicaciones diversas del PLC S7-1200 CPU 1215C.**

**Fuente:** (Siemens, SIMATIC S7-1200 EL FUTURO DE LA INDUSTRIA, 2018)

### 1.8.1.1.2 Características técnicas

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Memoria de CPU de 100 kB.
- Integrado por dos puertos de controladores Interfaz Ethernet / PROFINET.
- 2 Entradas analógicas que trabajan de 0 a 10 Vdc.
- 2 Salidas analógicas que trabajan de 0 a 20 mA.
- Entradas/Salidas digitales integradas.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 o superior para la configuración y programación de la gama Simatic Basic Panels. (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)
- Rango de Alimentación de 85 a 264 Vac.
- Frecuencia de línea de 47 a 63 Hz.

### 1.8.1.1.3 Diagrama del cableado de la CPU



**Figura 8 Diagrama del cableado de la CPU 1215C.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

① Alimentación de sensores 24 V DC

Para una inmunidad a interferencias adicional, conecte "M" a masa incluso si no se utiliza la alimentación del sensor.

② Para entradas en sumidero, conecte "-" a "M" (Como se indica).

Para entradas en fuente, conecte "+" a "M".

**Nota:** El borne L1 o N (L2) se puede conectar a una fuente de tensión de hasta 240 V AC. El borne se puede considerar L2 y no es necesario que esté puesto a tierra. No se necesita polarización para los bornes L1 y N (L2). (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

### 1.8.1.2 Software de programación

#### 1.8.1.2.1 Programa STEP 7 (TIA PORTAL)

Según (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016) el STEP 7 proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar el rendimiento, STEP 7 ofrece dos vistas diferentes del proyecto: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto).



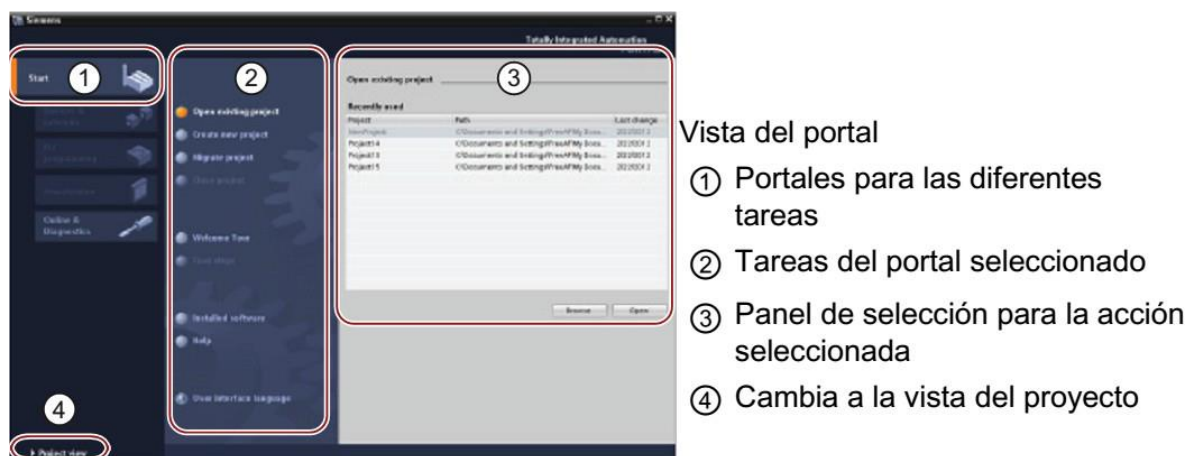
**Figura 9 STEP 7 (TIA Portal V14).**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)

El sistema de ingeniería totalmente compuesto Simatic Step 7 Basic on Simatic WinCC Basic para SIMATIC S7-1200 y Paneles Basic HMI está orientado a la tarea, es inteligente y ofrece editores intuitivos y táctiles de usar para una configuración eficiente de Simatic HMI Basic Panels.

Simatic Step 7 Basic se inspira en un marco común de ingeniería para la configuración de dispositivos hardware y red, esquemas de diagnóstico y mucho más. (Siemens, SIMATIC STEP 7 Basic, 2018)

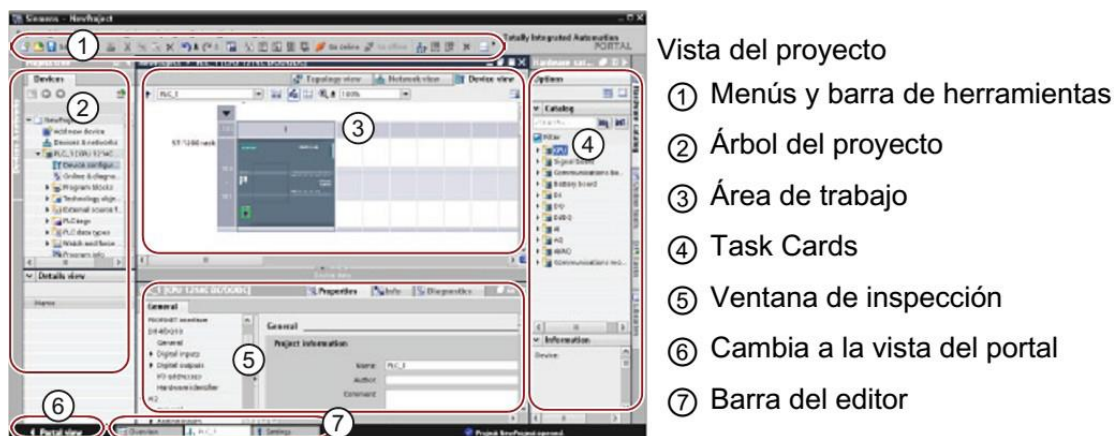
El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto. La funcionalidad de este sistema es el elemento central que otorga esta gran potencia a la interacción de controlador y HMI. (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)



**Figura 10 Vista del Portal TIA Portal V14.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)





### Vista del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas
- ② Árbol del proyecto
- ③ Área de trabajo
- ④ Task Cards
- ⑤ Ventana de inspección
- ⑥ Cambia a la vista del portal
- ⑦ Barra del editor

**Figura 11 Vista del proyecto TIA Portal V14.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)

### 1.8.1.2.2 Lenguaje de programación

Los lenguajes de programación se refieren a diferentes formas de poder escribir el programa usuario. El software actual permite traducir el programa usuario de un lenguaje a otro, realizando la edición del programa en el lenguaje más conveniente. (Rocatek, 2018)

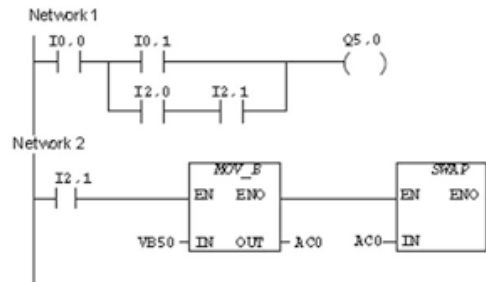
Existen varios tipos de lenguajes de programación:

- Esquema de contactos
- Listado de contactos
- Esquema funcional

En un lenguaje gráfico, mediante símbolos se representan contactos. Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes. (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)

Una rama de lenguaje de programación está compuesta de una serie de contactos, conectados en serie o en paralelo que dan origen a una salida que puede

ser una bobina o una función especial. El diagrama de contactos (*ladder diagram* LD) es un lenguaje que utiliza un juego estandarizado de símbolos de programación. (Rocatek, 2018)

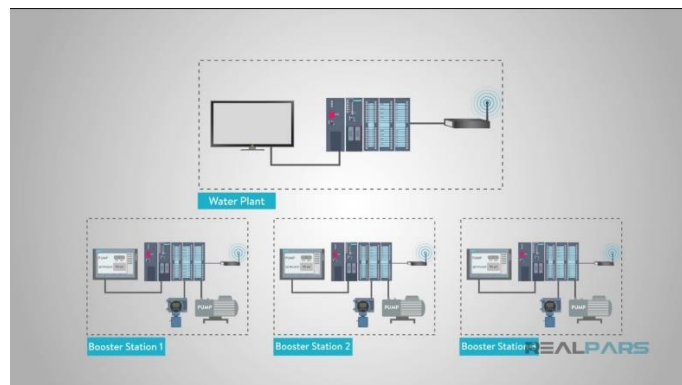


**Figura 12 Esquema de contactos.**

Fuente: (Rocatek, 2018)

## 1.9 El Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

El Interfaz Hombre-Máquina (*Human Machine Interface*) es el medio entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del usuario. Es la principal herramienta utilizada en línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil, entendible y procesable. (Wonderware, 2018)



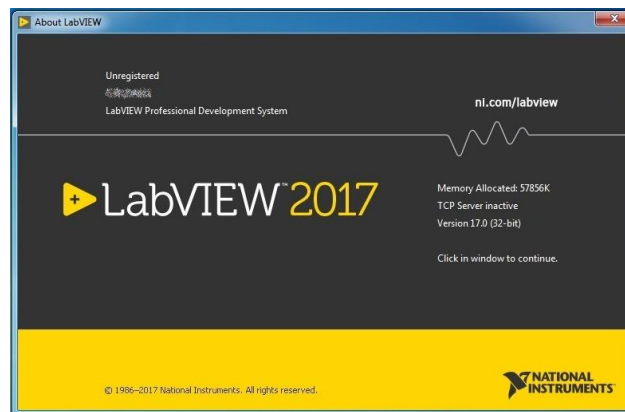
**Figura 13 El Interfaz Hombre-Máquina (HMI).**

Fuente: (Wonderware, 2018)

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa casi en tiempo real. Proporcionan un contexto al estado físico de las variables, gráficos de técnicas visuales que aportan significado y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa, además permiten controlar y la optimización al regular los objetivos de producción. (Wonderware, 2018)

### 1.9.1 Software LabVIEW

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos en una plataforma y entorno de desarrollo para diseño de sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico eficiente para hardware y software de pruebas, control, diseño, simulación o adquisición de valores reales de algún proceso. (National Instruments N. , 2018)



**Figura 14 Software LabVIEW 2017.**

**Fuente:** (National Instruments N. , 2018)

LabVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware

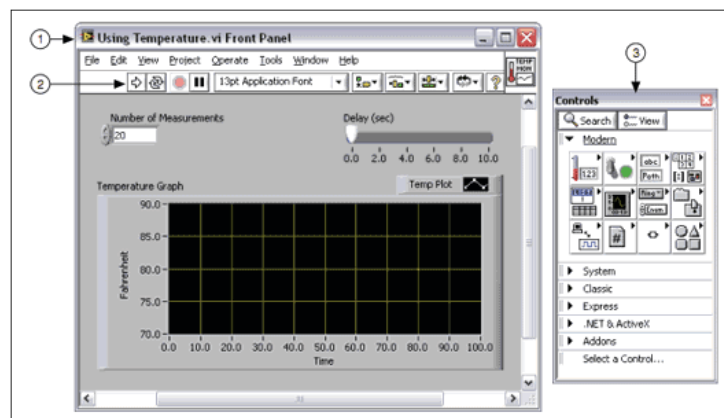
de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas. (National Instruments N. , 2018)

### 1.9.1.1 Entorno LabVIEW

Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs ya que su apariencia y operación imitan a los instrumentos físicos. LabVIEW contiene una amplia variedad de herramientas para adquirir, analizar, visualizar y almacenar datos, así como herramientas para ayudar a solucionar problemas. (National Instruments N. , 2018)

Cuando se crea un nuevo VI, tenemos dos ventanas: La ventana del panel frontal y el diagrama de bloques.

La Ventaja del Panel Frontal se abre cuando es un VI nuevo o existente, ya que es la interfaz de usuario para el VI. (National Instruments N. , 2018)

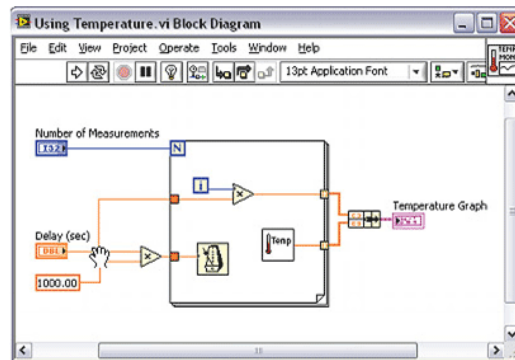


**Figura 15 Ventana del panel frontal.**

**Fuente:** (National Instruments N. , 2018)

El diagrama de bloques son los objetos que incluyen terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, los cuales transfieren datos.

Después de crear la ventana del panel frontal, se añade un código usando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. (National Instruments N. , 2018)



**Figura 16 Diagrama de bloques.**

**Fuente:** (National Instruments N. , 2018)

### 1.9.2 Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC

La CPU soporta conexiones PROFINET con dispositivos HMI. (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)



**Figura 17 Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC.**

**Fuente:** (Siemens, MANUAL DEL PRODUCTO, 2016)

Las características para la configuración e instalación de la comunicación son:

- El puerto PROFINET de la CPU debe configurarse para poder establecer una conexión con el HMI.
- El HMI se debe instalar y configurar.
- La información de configuración del HMI forma parte del proyecto de la CPU y se puede configurar y cargar desde el proyecto.
- Para la comunicación entre dos usuarios no se requiere un switch Ethernet. Un switch Ethernet se requiere sólo si la red comprende más de dos dispositivos. (Siemens, MANUAL DEL SISTEMA, 2016)

### 1.9.2.1 Tecnología ETHERNET/IP

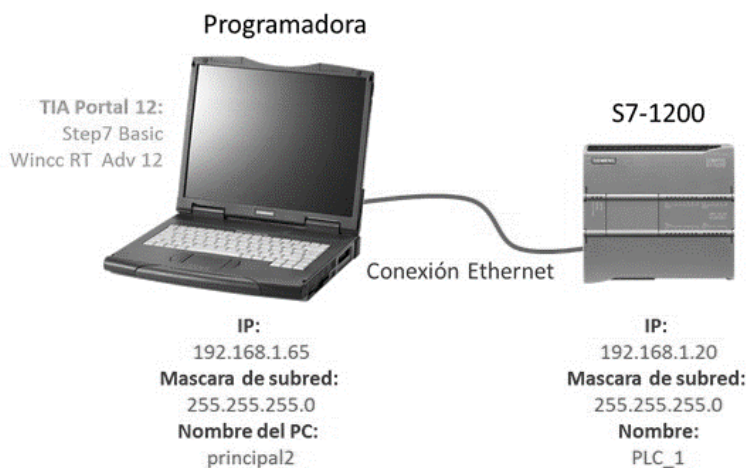
Ethernet/IP, abreviatura de “*Ethernet™ Industrial Protocol*” (Protocolo Industrial Ethernet), es un estándar para la interconexión de redes industriales que aprovecha los medios físicos y los chips de comunicaciones Ethernet comerciales. (SIEMON, 2018)

El Ethernet/IP es diseñado para satisfacer la gran demanda de aplicaciones de control compatibles con puertos Ethernet. La solución estándar para la interconexión de redes admite la transmisión de mensajes implícitos (transmisión de mensajes de E/S en tiempo real) y la transmisión de mensajes explícitos (intercambio de mensajes). (SIEMON, 2018)

El Ethernet/IP es una red abierta que utiliza tecnología productiva, como:

- El estándar de vínculo físico y de datos IEEE 802.3
- El conjunto de protocolos Ethernet TCP/IP (Protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet), estándar del sector para Ethernet.

- Protocolo de control e información (CIP), el protocolo que permite la transmisión de mensajes de E/S en tiempo real e información/transmisión de mensajes entre dispositivos similares.



**Figura 18 Comunicación mediante protocolos ETHERNET/IP.**

**Fuente:** (SIEMON, 2018)

### 1.9.2.2 Cableado de red (RJ45)

La RJ-45 (*Registered Jack - 45*) es una interfaz física, usada para conectar redes de cableado estructurado. Posee ocho "pines" o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado. (Analfatecnicos, 2018)



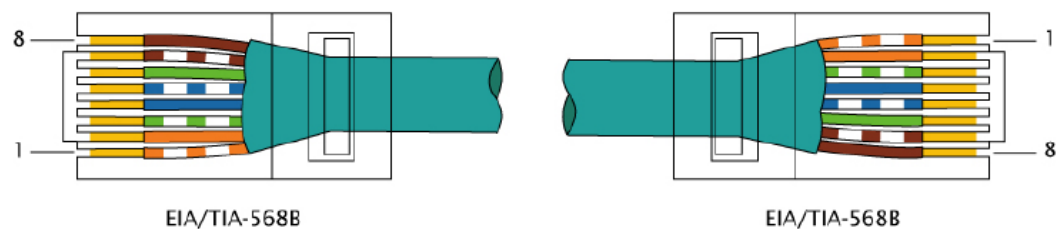
**Figura 19:** Cable RJ45.

**Fuente:** (Analfatecnicos, 2018)

El Tipo de cable utilizado para una red, es el cable directo que sirve para conectar dispositivos desiguales, como un computador con un *hub* ó *switch*. En ambos extremos del cable deben tener la misma distribución. No existe diferencia alguna en la conectividad entre la distribución 568B y la distribución 568A siempre y cuando en ambos extremos se use la misma, en caso contrario hablamos de un cable cruzado. (Analfatecnicos, 2018)

El esquema más utilizado es tener en ambos extremos la distribución 568B.

Cable directo 568B



**Figura 20** Cable directo 568B.

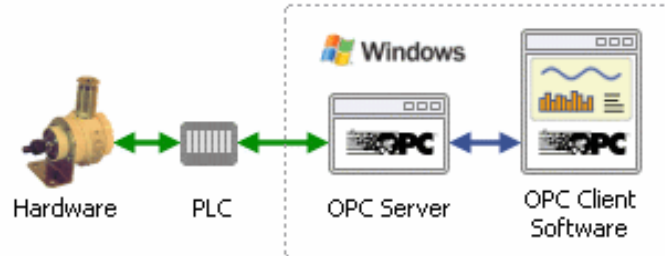
**Fuente:** (Analfatecnicos, 2018)



### 1.9.2.3 OPC Server

El OPC, (OLE para el Control de Procesos) es una especificación técnica no propietaria definida por la *OPC Foundation* y consiste en un sistema de interfaces estándar basado en OLE/DCOM de Microsoft. Con OPC es posible intercambiar información entre dispositivos industriales con sistemas de información o aplicativos de escritorio. (Larraioz Elektronika, 2016)

En otras palabras, OPC permite desarrollar de manera práctica y eficiente aplicaciones que intenten comunicarse directamente con equipos industriales controlados por controladores lógicos programables (PLC) o computadores. OPC extiende el concepto original del modelo COM y de los enlaces OLE adaptados a los requerimientos de la automatización, control y monitoreo de los procesos industriales. (Larraioz Elektronika, 2016)



**Figura 21:** Comunicación mediante OPC Server.

**Fuente:** (Larraioz Elektronika, 2016)

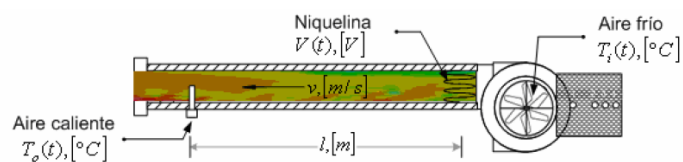
Según (Larraioz Elektronika, 2016), las ventajas de la utilización del OPC son las siguientes:

- Establece una línea divisoria entre los fabricantes de hardware y software dando flexibilidad a los usuarios para utilizar tecnologías diversas en sus aplicaciones.

- Los desarrolladores de software no tienen que reescribir controladores debido a cambios en características o adiciones en un hardware.
- Los usuarios tendrán más opciones con las cuales puedan desarrollar diversos sistemas de aplicación a nivel industrial.
- Los desarrolladores de servidores pueden actualizar sus productos en conformidad a los cambios en el hardware sin afectar al resto del sistema.

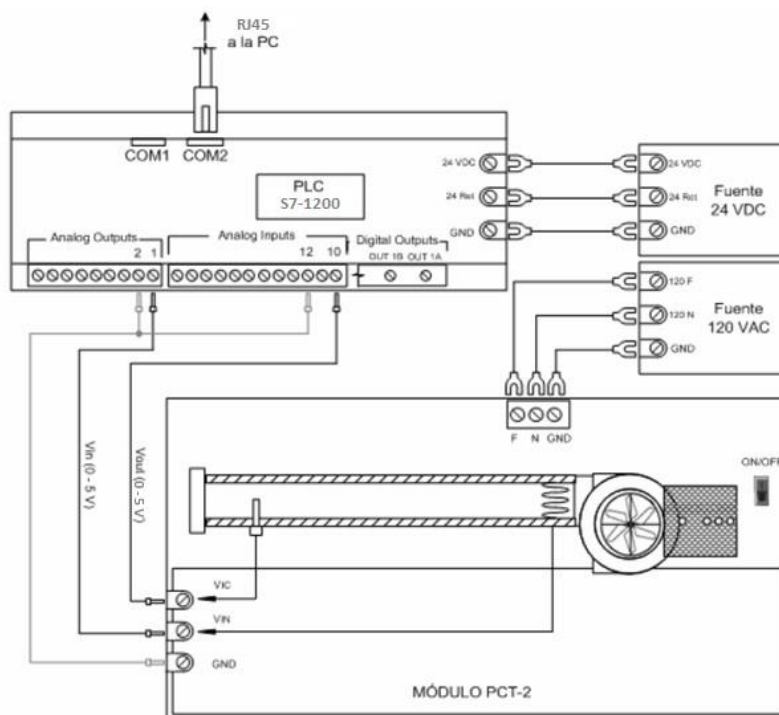
### 1.10 Estación de temperatura PCT-2

En la Figura 22, se muestra el modelo físico del módulo de temperatura PCT-2, que consta de un sensor tipo IC de estado sólido, el cual por su tipo, no es lineal. Además de esto, se tiene un conducto de flujo de aire, el cual mediante un ventilador, que remueve el aire dentro de él. Una resistencia o niquelina, que se encuentra en la entrada del conducto, es la encargada de calentar el aire que ingresa. De esta forma y gracias al ventilador, se tienen diferentes temperaturas a lo largo del conducto de aire. (Espinoza, 2016)



**Figura 22 Proceso térmico del módulo PCT-2.**

**Fuente:** (Espinoza, 2016)



**Figura 23 Diagrama para adquisición de datos del módulo PCT-2.**

Fuente: (Espinoza, 2016)

### 1.10.1 Modelo matemático del sistema de temperatura

Considerando el módulo de temperatura PCT-2 como un sistema no lineal, el modelamiento se abordará como un proceso o sistema dinámico el cual puede definirse como: “Una combinación de elementos o componentes relacionados entre sí que actúan para alcanzar una determinada meta”. (De la Cruz, 2013)

Para la obtención del modelo dinámico será necesario el estudio del comportamiento de la variable de salida a lo largo del tiempo, según cambios efectuados en las variables de entrada.

### 1.10.2 Características del fluido (aire)

En el sistema de temperatura el flujo de aire permite la transferencia de calor el punto de medición, por lo que el estudio de sus características permite conocer el comportamiento del aire durante el proceso. (De la Cruz, 2013)

El aire impulsado por el ventilador dentro del tubo concéntrico se comporta como:

- Flujo no viscoso Interno, (por ser impulsado dentro del tubo concéntrico).
- Flujo de aire incompresible Turbulento, (flujo intensamente desordenado por la velocidad de rotación del ventilador).
- Ingreso de aire forzado, (impulsado por el ventilador).
- Flujo de aire unidimensional uniforme, (el desplazamiento del aire es a lo largo del tubo).

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **2.1 Preliminares**

En el presente capítulo se detalla el procedimiento correspondiente sobre cómo se realizó la implementación de un sistema de control de temperatura a lazo cerrado, para esto se utilizó el módulo de temperatura, AIR FLOW TEMPERATURE CONTROL SYSTEM PCT-2, para adquirir la señal, posteriormente controlarla con el PLC S7-1200 CPU 1215C y monitorizada mediante un HMI generado con el software LabVIEW.

El módulo de temperatura PCT-2 utilizado trabaja en un rango de 20 a 70 grados Celsius, en donde para adquirir los datos fue necesario realizar un escalamiento y acoplar las señales. La adquisición de datos analógicos que envía el módulo fue realizado a través del Sensor V IC.

Mediante la programación en el Software STEP 7 (TIA PORTAL), se realizó la adquisición de datos analógicos hasta el PLC provenientes de la estación de temperatura y se monitoreó con un control PID. A la vez se conectó a un ordenador mediante el OPC Server para representar en varios indicadores gráficos realizados en un VI creado en LabVIEW, de forma que se pueda visualizar el comportamiento de la variable (temperatura).

#### **2.2 Componentes para el control de temperatura**

Los componentes utilizados para crear un sistema de control de temperatura son los siguientes:

- Módulo de Temperatura, AIR FLOW TEMPERATURE CONTROL SYSTEM PCT-2.
- PLC S7-1200 CPU 1215C.
- PC.
- (1) Resistencia de 250  $\Omega$ .
- Fuente de alimentación (110 V).
- Cable de comunicación Ethernet.
- Cables de conexión.

### 2.3 Conexiones del módulo de temperatura

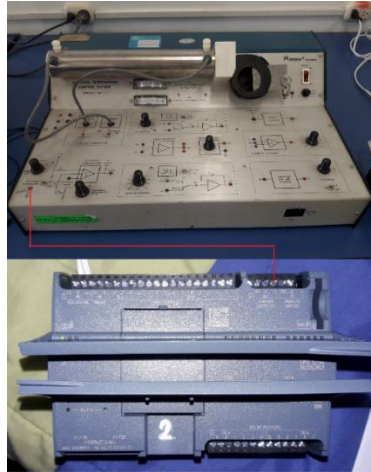
El módulo o estación de temperatura contiene una niquelina que controla el flujo de aire de la estación de temperatura cuyos valores varían en un rango de 20 a 70 grados Celsius. A continuación se detalla las conexiones del módulo de temperatura:

- Conexión del V IC de la estación de temperatura a la entrada analógica AI0 del PLC.



**Figura 24 Conexión de V IC de la estación a AI0 del PLC.**

- Conexión del *Reference Disturbance* (Perturbación de referencia) de la estación de temperatura al puerto de conexión AI3M que es la entrada analógica incorporada en el PLC.



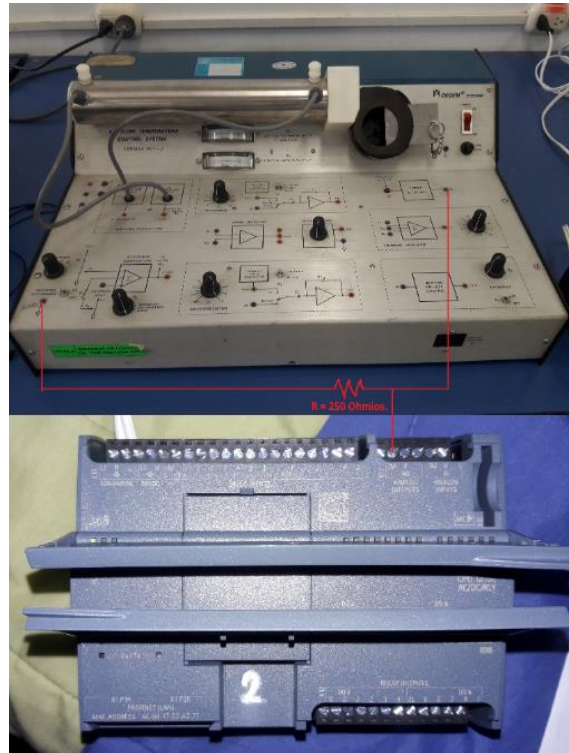
**Figura 25 Conexión de Reference Disturbance a AI3M del PLC.**

- Conexión del *Reference Disturbance* (Perturbación de referencia) de la estación de temperatura a AQ2M que es la salida analógica incorporada en el PLC.



**Figura 26 Conexión de Reference Disturbance a AQ2M del PLC.**

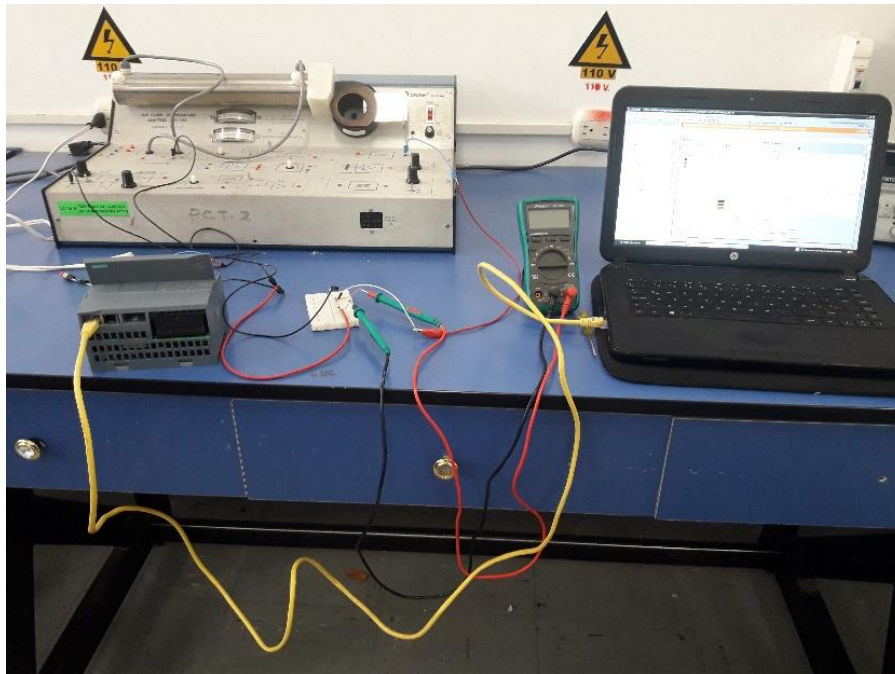
- Conexión del *Power Interface In* (Interfaz de alimentación) de la estación de temperatura a la salida analógica AQ0 del PLC. (**Nota:** Se conecta una resistencia de  $250\ \Omega$  entre el *Power Interface* (In) y la salida analógica).



**Figura 27 Conexión del *Power Interface In* a AQ0 del PLC.**

La conexión de la resistencia de  $220\ \Omega$  entre el *Power Interface* (In) y la salida analógica del PLC, se realiza porque el PLC entrega en las salidas analógicas un valor de 0 a 20 mA. Por ende, es necesario transformar los miliamperios a voltaje ya que el módulo de temperatura trabaja en un rango de operación de 0 a 5 voltios.





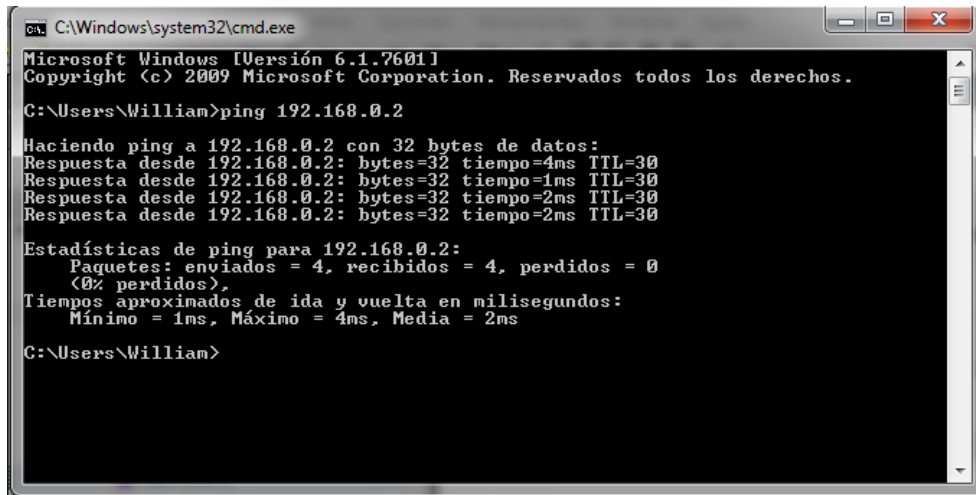
**Figura 28 Conexión de la estación de temperatura, el PLC y el HMI.**

Finalmente el módulo de temperatura y el PLC son conectados por medio de la comunicación Ethernet a la PC para su respectiva visualización y monitoreo del proceso.

## **2.4 Programación en STEP 7 (TIA PORTAL V14)**

### **2.4.1 Comunicación PLC – PC**

Dar clic en Inicio, vamos a buscar programas y archivos, se escribe “cmd” y se realiza la comunicación con el PLC conectado (ping 192.168.0.2).



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

C:\Users\William>ping 192.168.0.2

Haciendo ping a 192.168.0.2 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=4ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=1ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30
Respuesta desde 192.168.0.2: bytes=32 tiempo=2ms TTL=30

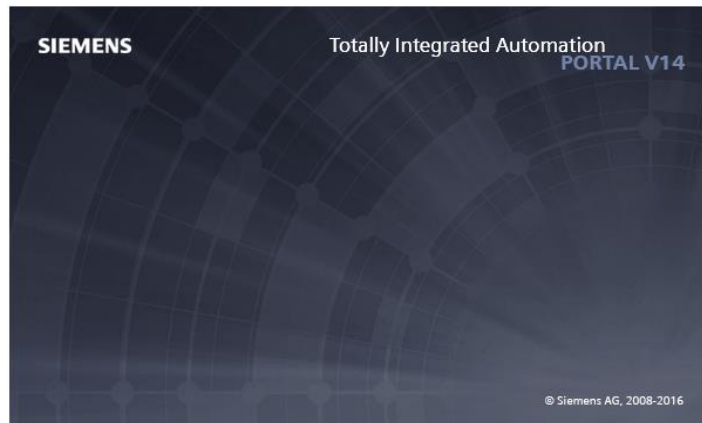
Estadísticas de ping para 192.168.0.2:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
              (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 4ms, Media = 2ms

C:\Users\William>
```

**Figura 29 Comunicación PC - PLC**

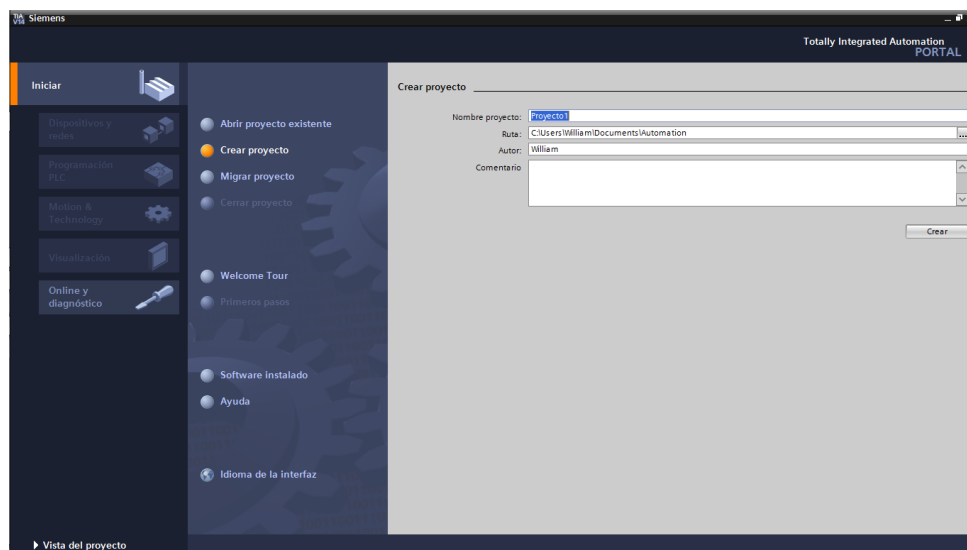
## 2.4.2 Elaboración de un nuevo proyecto

Inicio > TIA Portal V14



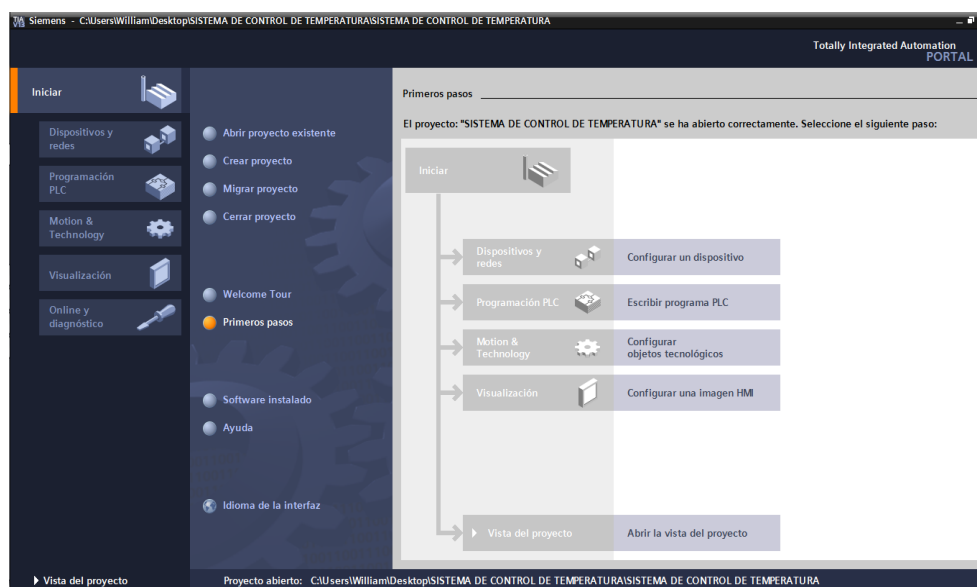
**Figura 30 Software TIA Portal V14.**

Seguidamente se abre la ventana del programa TIA Portal V14 y se procede a llenar los datos que se presentan.



**Figura 31 Ventana del TIA Portal.**

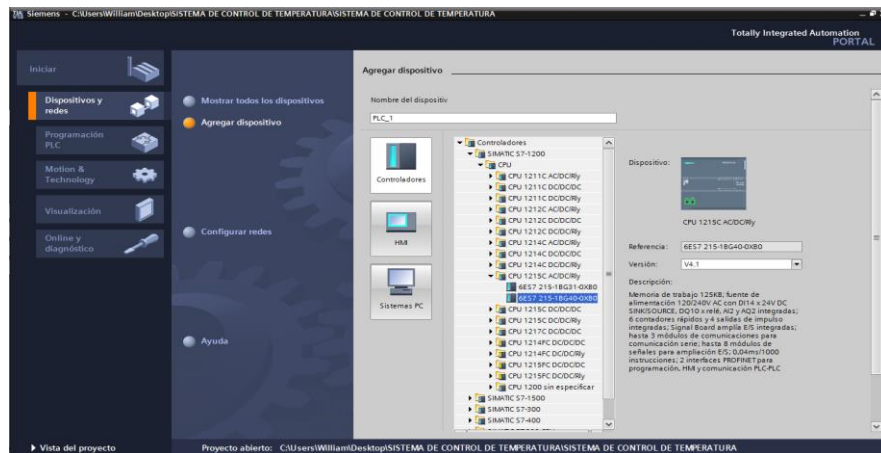
Clic en Crear y después en Dispositivos y redes para continuar el proceso.



**Figura 32 Ventana del proyecto nuevo.**

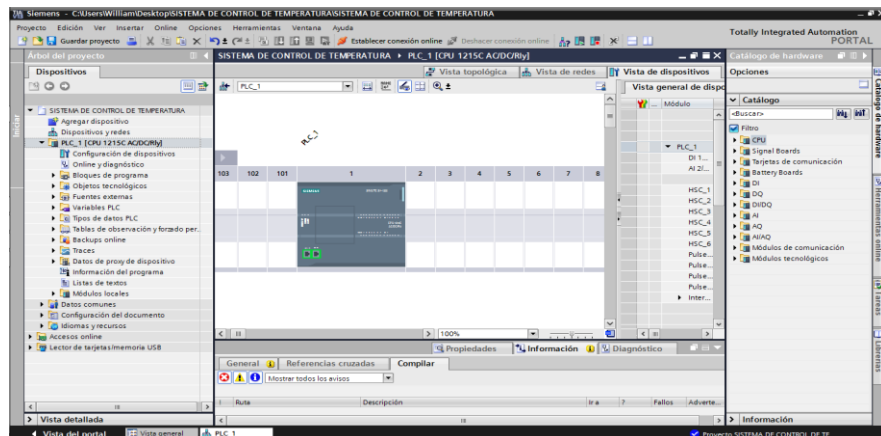
Seguidamente. Agregar dispositivo y seleccionar el PLC adecuado que se va utilizar. Al ingresar a la pantalla Agregar dispositivo se escoge Controladores >

SIMATIC S7-1200 > CPU > CPU 1215C AC/DC/Rly > 6ES7 215-1BG40-0XB0, y finalmente Agregar.



**Figura 33 Agregar el dispositivo al proyecto.**

Al agregar el PLC deseado se abrirá la ventana vista del proyecto y se verifica si es el PLC correcto a utilizar.



**Figura 34 Ventana Vista del proyecto.**

Si el PLC es correcto se procede a dar clic en Bloques de programa > Main, para continuar con la respectiva programación del proceso.

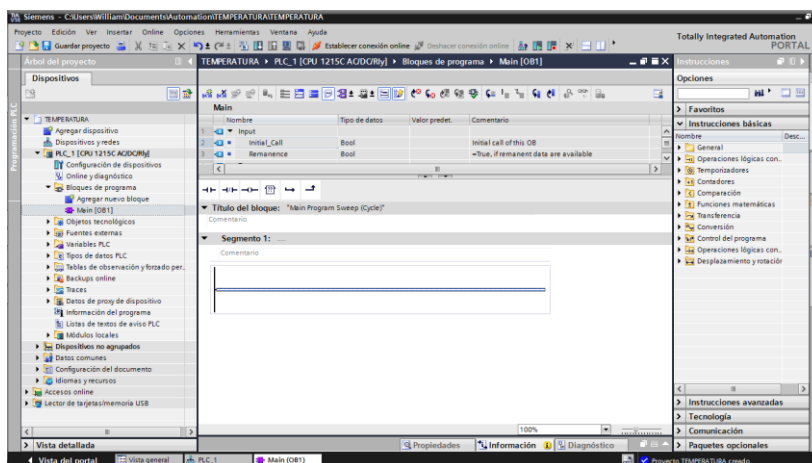


Figura 35 Bloque de programa "Main".

### 2.4.3 ESCALAMIENTO DE LA TEMPERATURA

Para determinar la temperatura se usa el método gráfico de la pendiente como se muestra en la Figura 36. Para luego encontrar la ecuación que sustente a la misma.

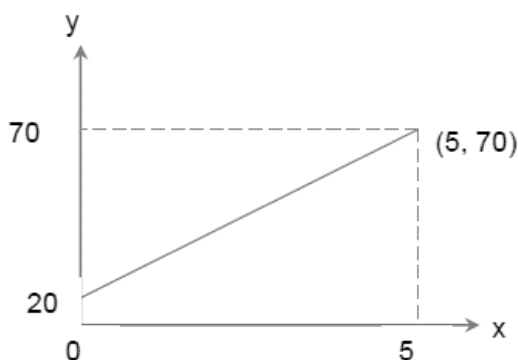


Figura 36 Grafico para determinar la pendiente.

Ecuación 2: Pendiente de la recta.

$$m = \frac{y^2 - y^1}{x^2 - x^1} = \frac{70 - 20}{5 - 0} = 10$$

$$y - y^1 = m(x - x^1)$$

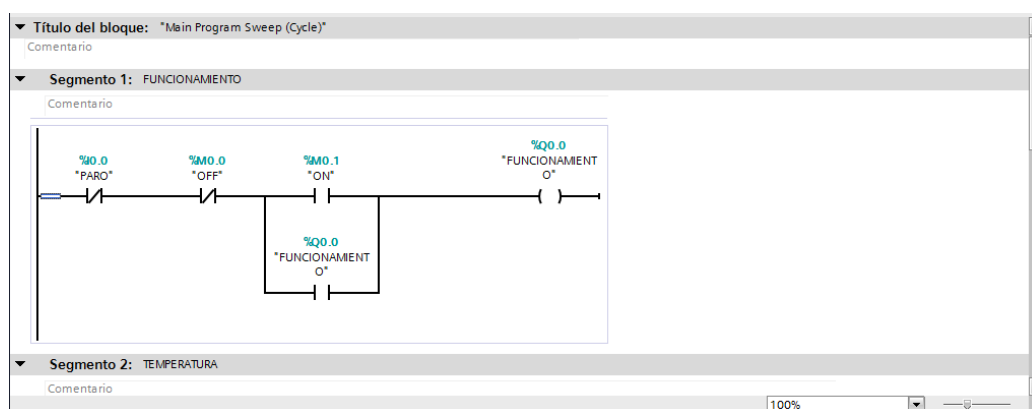
$$y - 70 = 10(x - 5)$$

$$y = 10x + 20$$

Una vez encontrada la ecuación se procede a implementar los datos obtenidos en el escalamiento para la programación en TIA Portal V14.

#### 2.4.4 Programación inicial

A continuación se ingresa a *Main* y se realiza la programación inicial, en el segmento 1, arrastramos un contacto normalmente cerrado que será nuestro “I0.0” o Paro de Emergencia, después se ubica otro contacto normalmente cerrado que será “M0.0” o Paro del proceso, seguidamente se sitúa un contacto normalmente abierto que será “ M0.1” o Encendido del Proceso, posteriormente se coloca una bobina que será nuestro “Q0.0” o activación de todo el proceso, finalmente se ubica un contacto “Q0.0” o memoria para el encendido o paro del proceso.



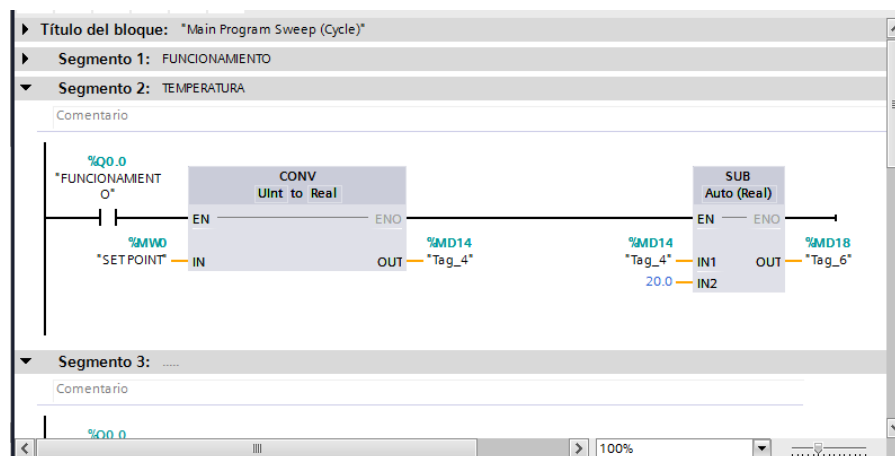
**Figura 37 Programación inicial "FUNCIONAMIENTO".**

## 2.4.5 Programación, adquisición y envío

Seguidamente al crear parte del encendido y apagado del proceso, se continua con la programación, para la adquisición de datos analógicos y escalamiento de la temperatura.

Se ubica un contacto de “Q0.0” para que el proceso pueda funcionar. Posteriormente para enviar datos analógicos del PLC al módulo de temperatura se realiza la respectiva programación. Instrucciones > Instrucciones basicas > Conversion > CONVERT.

Arrastramos la opción y se procede a llenar las variables para el proceso, en IN con “MW0” o Set Point para el ingreso de valores enteros, y en OUT con “MD14” que es el valor real de la respectiva conversión (UInt > Real).

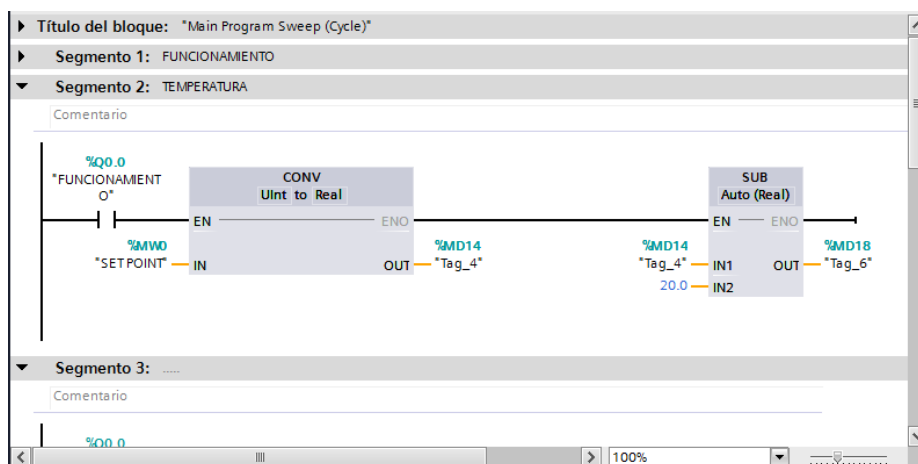


**Figura 38 Programación de la Temperatura.**

A continuación se dirige a Instrucciones > Instrucciones básicas > Funciones matemáticas > SUB. Se arrastra la opción SUB o resta, seguida de la instrucción CONV.

Se procede a llenar los datos en la instrucción SUB, en IN1 con “MD14” o valor real ingresado, en IN2 con “20.0” que es el valor para el escalamiento

correspondiente de la temperatura, y en OUT con “MD18” que es una variable para obtención del valor realizado en la operación.



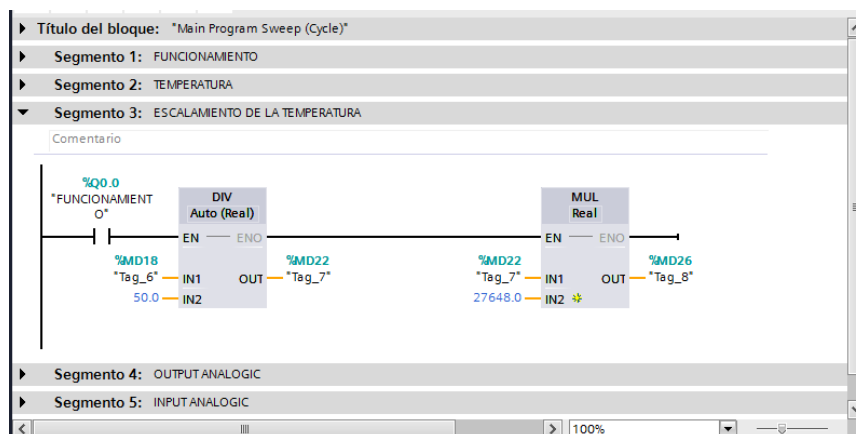
**Figura 39 Instrucción SUB.**

Seguidamente se dirige al Segmento 3, donde continua la programación del escalamiento de la temperatura, al inicio se coloca un contacto de “Q0.0” o contacto que activa el proceso.

Después se ubica en instrucciones > Instrucciones básicas > Funciones matemáticas > DIV. Arrastramos la instrucción DIV o división, seguido del contacto “Q0.0”.

Posteriormente se procede a llenar los datos correspondientes en la instrucción DIV, en IN1 con “MD18” o dicho valor de operación realizada anteriormente, en IN2 con “50.0” que es valor para el escalamiento correspondiente de la temperatura, y en OUT con “MD22” que se obtendrá el valor realizado en dicha operación.

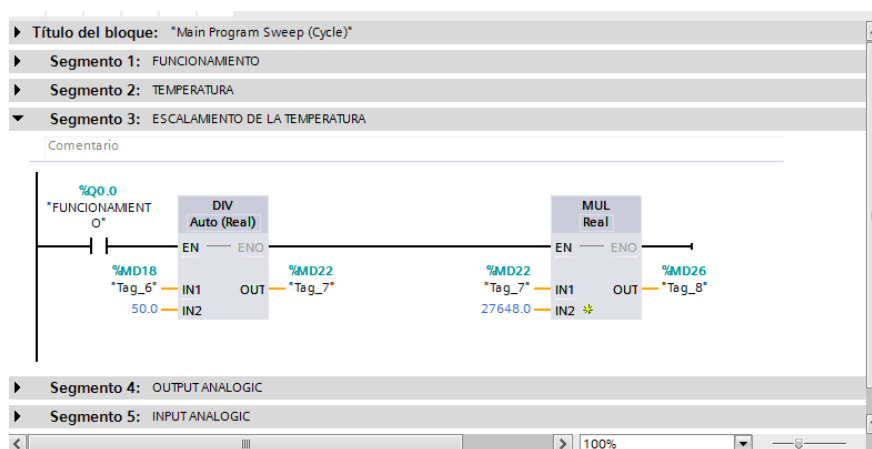




**Figura 40 Instrucción DIV.**

Seguidamente se dirige a instrucciones > Instrucciones básicas > Funciones matemáticas > DIV. Se Arrastra la instrucción MUL o multiplicación, seguida de la instrucción DIV.

Se procede a llenar los datos en la instrucción matemática MUL, en IN1 con "MD22" o valor de dicha operación anterior, en IN2 con "27648.0" o valor máximo de operación, y en OUT con "MD26" en el que se obtendrá el resultado de dicha operación.

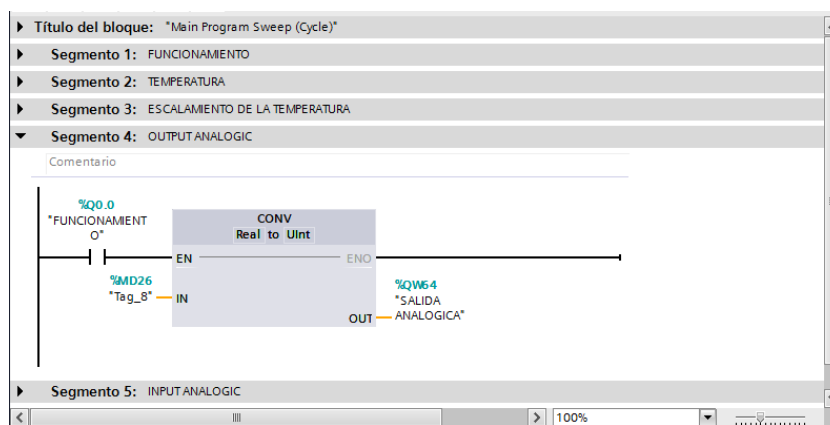


**Figura 41 Instrucción MUL.**

Posteriormente se dirige al Segmento 4, donde se crea el bloque de instrucción para el envío de los valores correspondientes en la salida analógica que enviara el PLC a la estación de temperatura.

Se arrastra un contacto "Q0.0" y se ubica al inicio, seguidamente en Instrucciones > Instrucciones básicas > Conversión > CONVERT.

Se arrastra la instrucción CONV y se ingresan los datos correspondientes, en IN con "MD26" o variable que da el resultado final de la operación realizada para el escalamiento de la temperatura, en OUT con "QW64" o dirección del canal de la salida analógica que tiene el PLC. En la instrucción CONV se realiza la conversión de datos "Real" a "UInt" que entrega el PLC al módulo de temperatura.



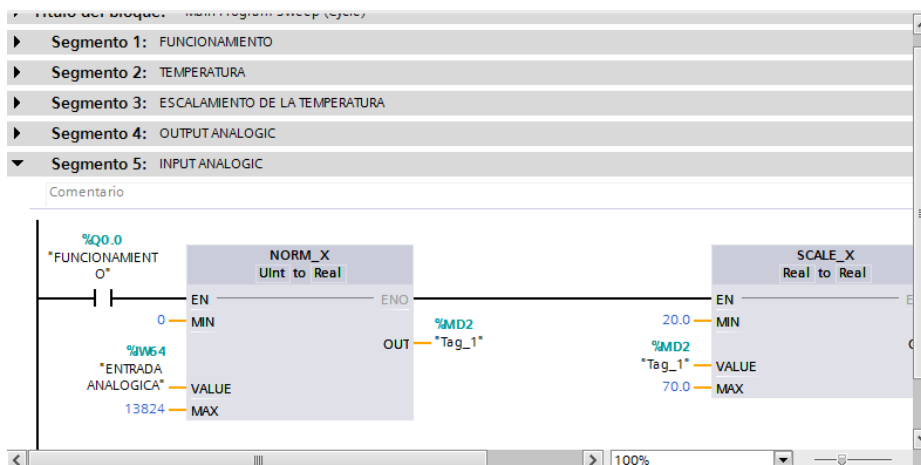
**Figura 42 Programación para la salida analógica del PLC.**

Seguidamente se dirige al Segmento 5, en donde se realiza la programación para la adquisición de datos analógicos que entrega el módulo de temperatura al PLC.

Se arrastra un contacto "Q0.0" para encender el proceso. Seguidamente se dirige a Instrucciones > Instrucciones básicas > Conversión > NORM X.

Se ubica la instrucción NORM X seguido del contacto, se procede a llenar los datos correspondientes, en MIN con "0" que es el valor mínimo que debe enviar el

módulo de temperatura, en VALUE con “IW64” que es la dirección del canal de entrada de los valores analógicos que tiene el PLC, en MAX con “13824” que es el valor máximo de operación del módulo de temperatura y en OUT con “MD2” donde se adquiere los valores reales que trabaja el módulo de temperatura. En la instrucción NORM X o normalizar se toma los valores de entrada en “UInt” y se transforma a valor “Real”.



**Figura 43 Programación para la salida analógica del PLC.**

Se dirige a Instrucciones > Instrucciones básicas > Conversión > SCALE X. Se agrega la instrucción SCALE a continuación de la instrucción NORM X.

A continuación se llenan los datos correspondiente en la instrucción SCALE X, en MIN con “20.0” que es el valor mínimo de temperatura que debe entregar el módulo de temperatura, en VALUE con “MD2” en el cual se tiene el valor normalizado de la entrada analógica, en MAX con “70.0” que es el valor máximo de temperatura que debe llegar en el módulo de temperatura durante todo su proceso y en OUT con “MD6” en el cual se obtendrá en valor real al que se encuentra la estación de temperatura.

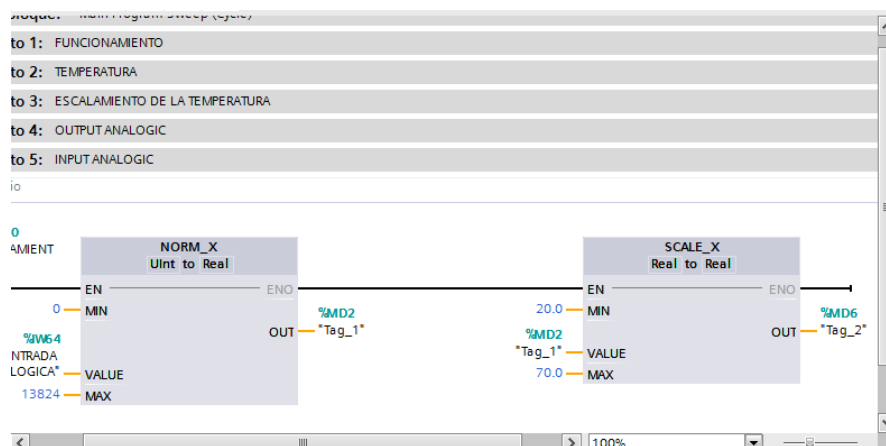


Figura 44 Instrucción SCALE\_X.

## 2.4.6 PID

Para la utilización del Control PID es necesario dirigirse al dispositivo PLC que se esté utilizando > Bloques de programa > Agregar nuevo bloque > damos clic en bloque de organización. Al seleccionar el tipo de bloque de organización procedemos a darle un nombre y damos clic en Aceptar.

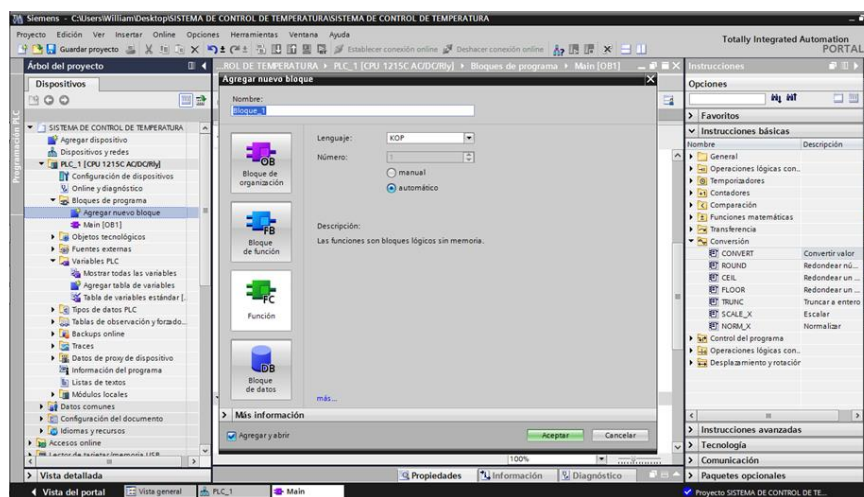
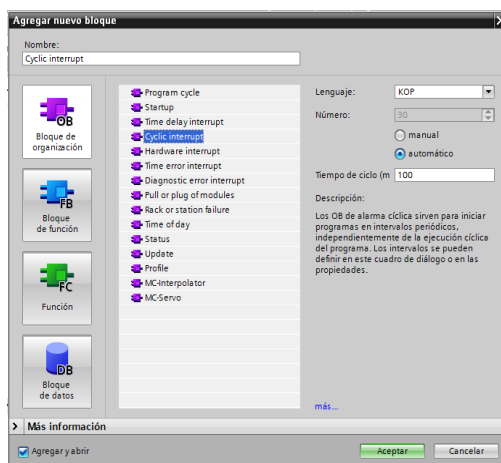


Figura 45 Insertar un Bloque de Programa nuevo.

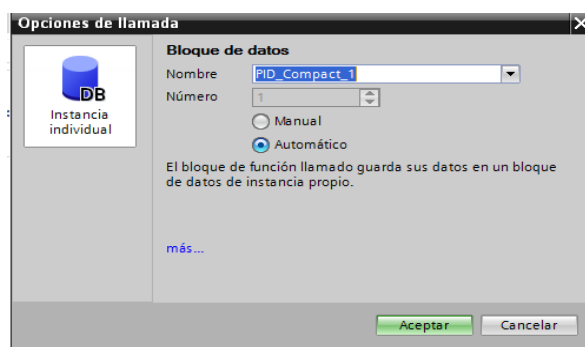
Seguidamente al seleccionar un bloque de organización se abrirá una ventana y se agrega el Cyclic Interrupt, posteriormente clic en Aceptar.



**Figura 46 Agregar nuevo bloque.**

Después de agregar el nuevo bloque de programa “Cyclic interrupt (OB30)” se procede a ingresar a la ventana de programación, y se ubica en el Segmento 1, seguidamente se dirige a instrucciones > Opciones > Tecnología > PID Control > Compact PID > PID Compact.

Se ubica la instrucción PID Compact y se abre la ventana donde se llenaran los datos del PID y clic en Aceptar.



**Figura 47 Bloque de datos.**

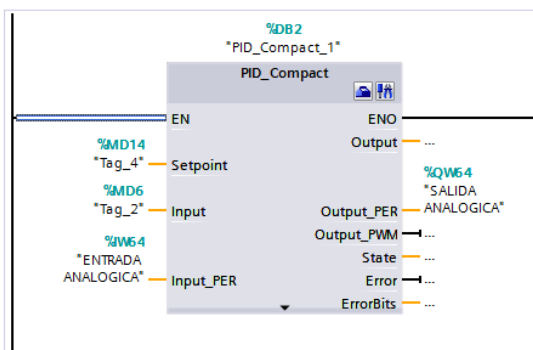
Posteriormente al Aceptar el tipo de PID a utilizar, se procede a llenar los datos necesarios para que el PID realice en el control de temperatura, se ubican las variables de entrada como los de salida.

En Setpoint con “MD14” en el cual se ingresan los valores correspondientes para alcanzar la temperatura deseada.

En Input con “MD6” en el cual se adquiere los valores de la estación de temperatura.

En Input PER con “IW64” que es el dato de entrada analógica que recibe el PLC de la estación de temperatura.

En Output PER con “QW64” que es el dato de la salida analógica que entrega el PLC a la estación de temperatura.



**Figura 48 Instrucción PID\_Compact.**

Seguidamente después de ubicar las variables correspondientes en el PID Compact, se procede a configurar el PID. Sin embargo hay dos opciones para la configuración interna del PID: La Ventana de configuración con todos los parámetros y La Ventana para la puesta en servicio.

### 2.4.6.1 Ventana de configuración

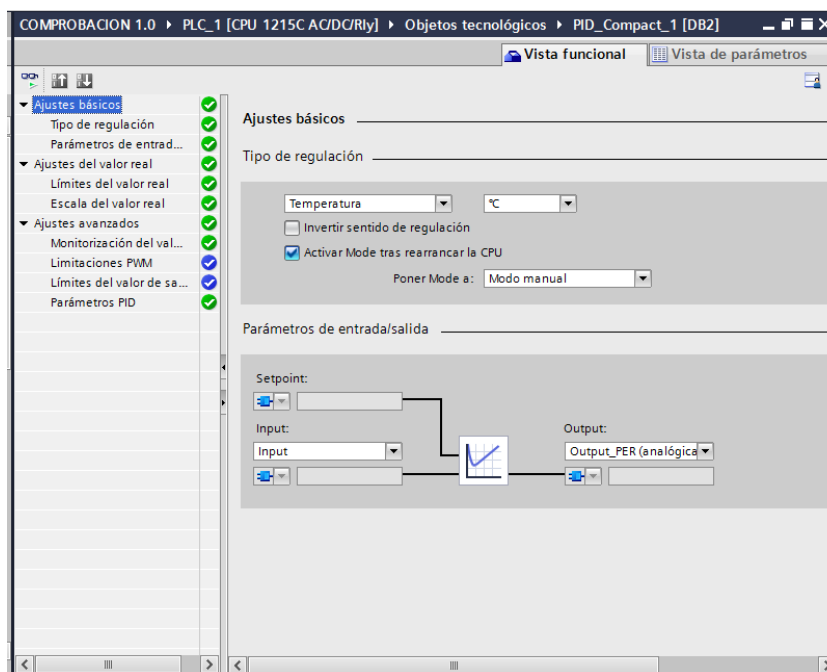
A continuación se dirige al icono del lado superior derecho “Abre la ventana de configuración”.



**Figura 49 Icono de ventana de configuración.**

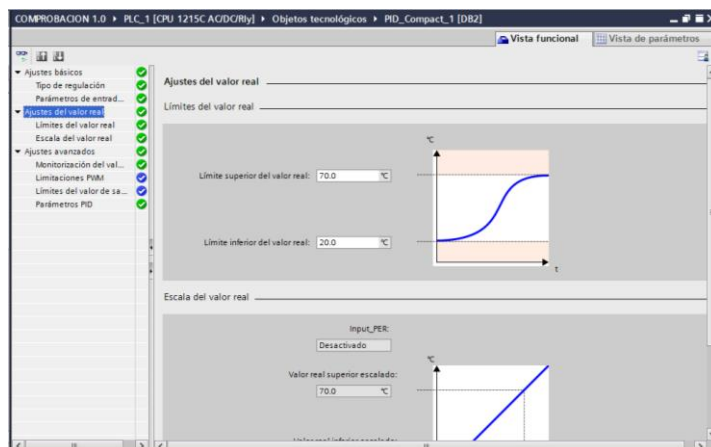
Posteriormente se desplegará una ventana “Vista funcional” para configurar los ajustes básicos, los ajustes del valor real y los ajustes avanzados.

En los ajustes básicos se escoge el tipo de regulación necesario para el proceso “Temperatura” y a que unidad trabaja “°C”, y se da los parámetros de entrada y salida que tendrá el PID “Input” y “Output PER”.



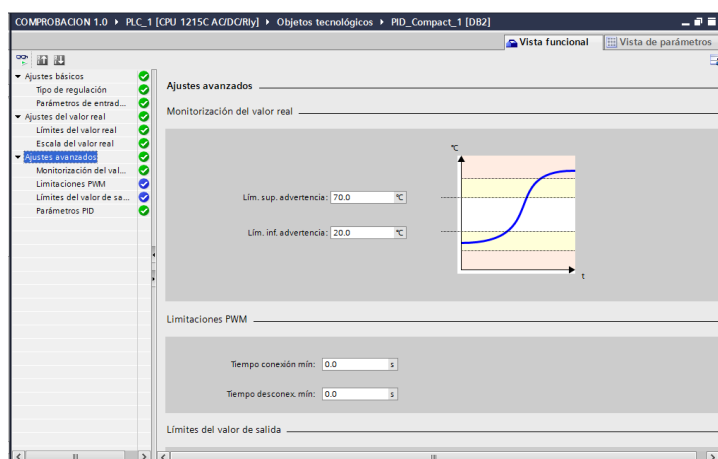
**Figura 50 Venta de vista funcional.**

En los ajustes del valor real se determina el límite superior “70.0 °C” y límite inferior “20.0 °C” y la escala a la cual trabajara el PID en operación.



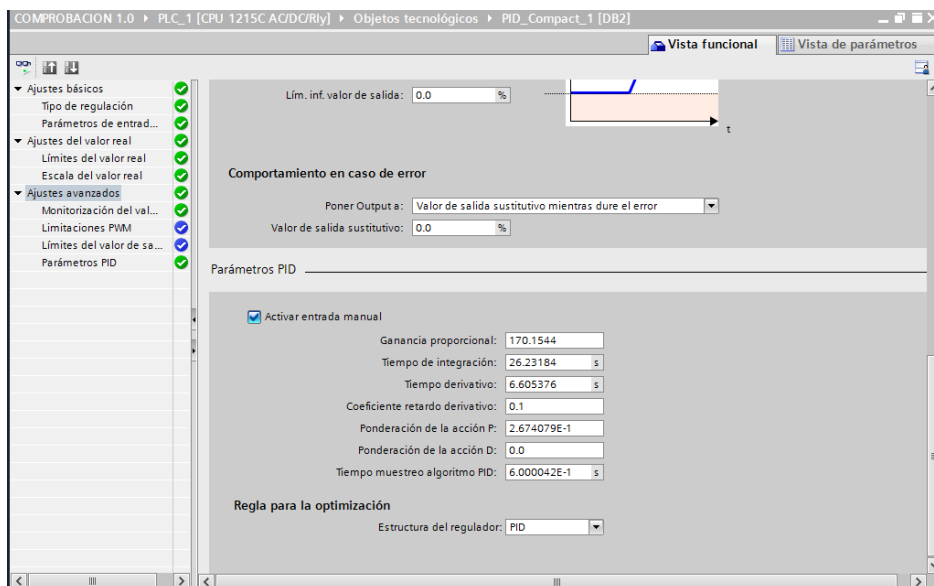
**Figura 51 Ajustes del valor real.**

En los ajustes avanzados se dan valores reales de monitorización entre el límite superior de advertencia de “70.0” y el límite inferior de advertencia de “20.0”, las limitaciones PWM, se da límites del valor de salida entre el límite superior valor de salida de “100” y el límite inferior valor de salida de “0”, y se agrega parámetros PID en el cual se de una regla para la optimización de las señales durante el proceso.



**Figura 52 Ajustes avanzados.**





**Figura 53 Parámetros PID.**

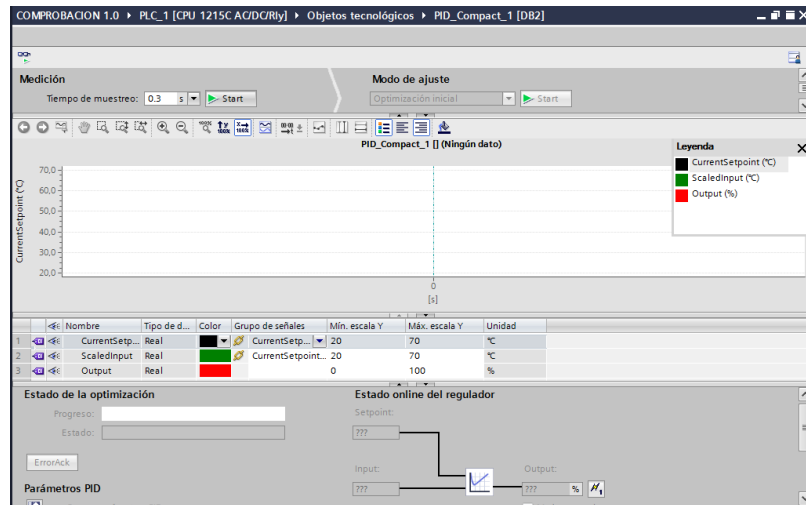
#### 2.4.6.2 Ventana para la puesta en servicio

A continuación se dirige al icono del lado superior derecho “Abre la ventana para la puesta en servicio”.



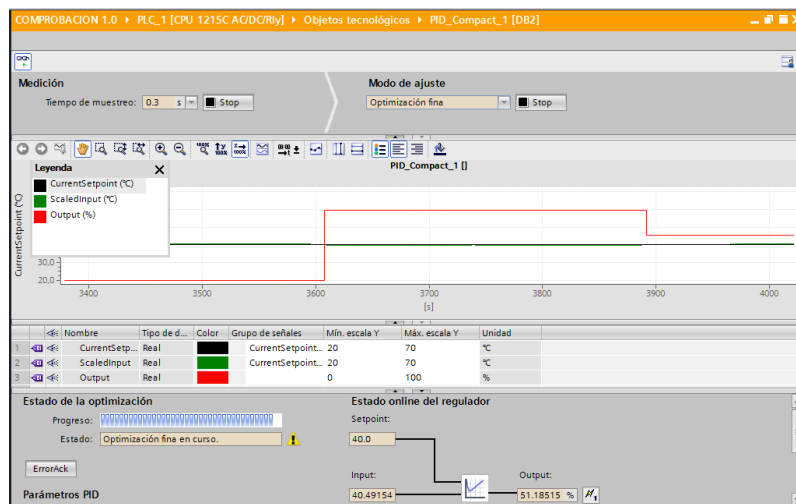
**Figura 54 Icono de ventana para la puesta en servicio.**

Posteriormente se desplegará una ventana “Puesta en servicio” para sintonizar las señales de la temperatura, seguidamente clic en “Start” de la instrucción Medición, se da un tiempo de muestreo óptimo y el sistema comienza a mostrar las señales que se adquieren.



**Figura 55 Ventana Puesta en Servicio del PID.**

Para optimizar las señales de la temperatura se dirige a Modo de ajuste, se escoge el modo de optimización que se necesita; sin embargo, es necesario primero seleccionar optimización inicial, seguidamente la optimización final para que la optimización de las señales sean correctas, a continuación damos clic en “Start”.



**Figura 56 Optimización de las señales en el PID.**

## 2.4.7 Cargar en dispositivo

### 2.4.7.1 Configurar dirección IP

Primeramente antes de Compilar y cargar un programa al PLC, es necesario verificar la dirección *Ethernet* que tiene el PLC (*Subred: PN/IE\_1*), y crear el Protocolo IP > la dirección IP en el proyecto (Dirección IP: 192.168.0.2) (Masc. *subred: 255.255.255.0*).

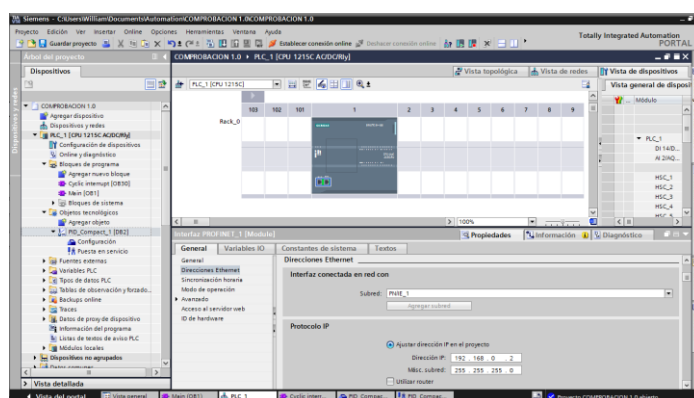


Figura 57 Configuración de la dirección Ethernet del PLC.

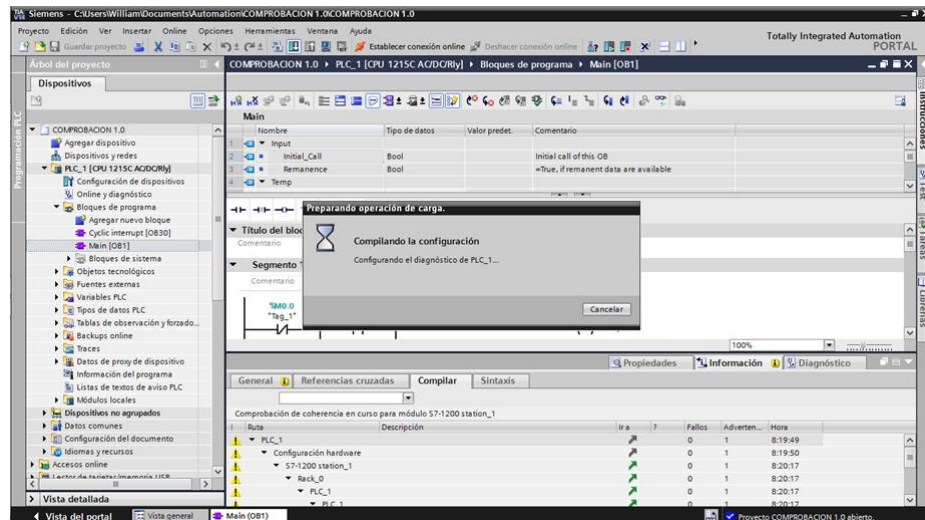
### 2.4.7.2 Compilar programación

Seguidamente al realizar la programación necesaria para el proceso, se dirige a la parte superior de la ventana de proyecto de TIA Portal para mandar a compilar la programación y observar si existe algún error.



Figura 58 Icono "Compilación".

Se da clic en Compilar y se verifica si todas las líneas e instrucciones dadas a la programación y al PLC sean las correctas o si existe algún error.



**Figura 59** Compilación de los parámetros y la programación.

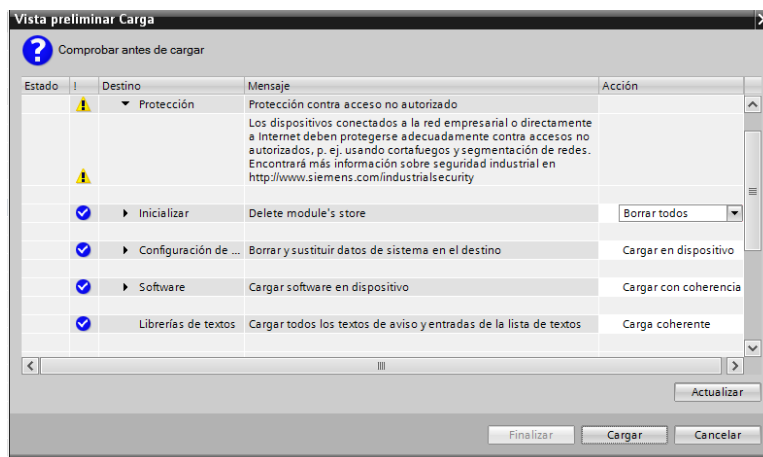
### 2.4.7.3 Cargar programación al PLC

Seguidamente al realizar la compilación necesaria para el proceso, se dirige a la parte superior de la ventana de proyecto de TIA Portal para mandar a cargar la programación.

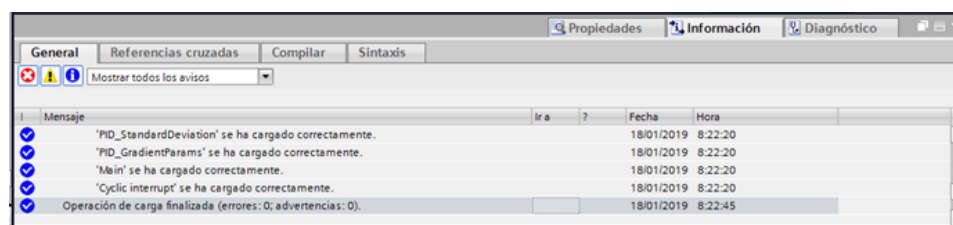


**Figura 60** Icono "Cargar al dispositivo".

Se da clic en Cargar y se verifica todos los parámetros para asignar la programación al PLC.



**Figura 61 Verificación de los parámetros que debe cargar el PLC.**

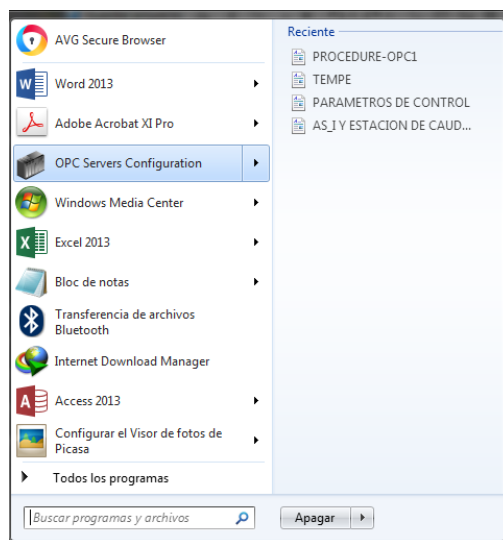


**Figura 62 Parámetros cargados correctamente al PLC.**

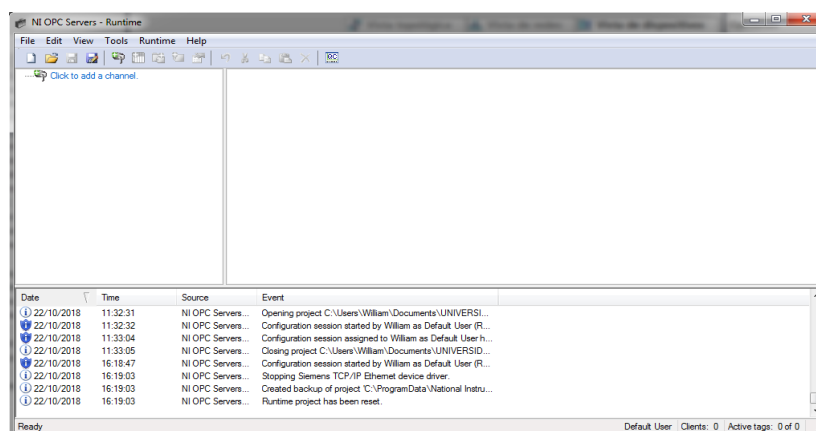
## 2.5 OPC SERVER

Para la comunicación del HMI es necesario utilizar el *Software OPC Server* que facilita la comunicación del PLC con el *Software LabVIEW*, en el cual nos permite visualizar el monitoreo de temperatura que realiza el proceso.

Se dirige a Inicio > *OPC Server Configuration*.



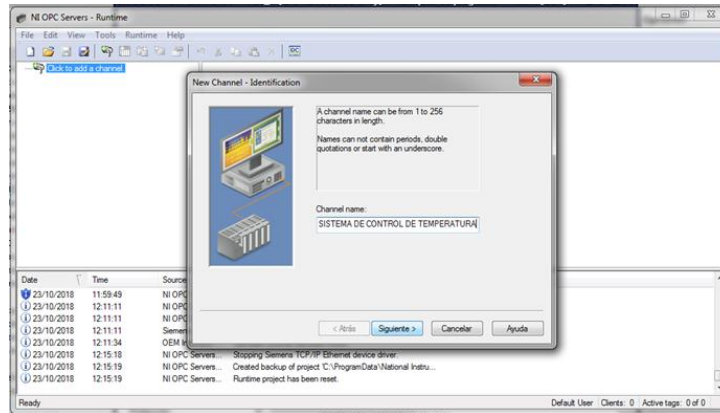
**Figura 63 Icono OPC Server Configuration.**



**Figura 64 Ventana principal del NI OPC Server.**

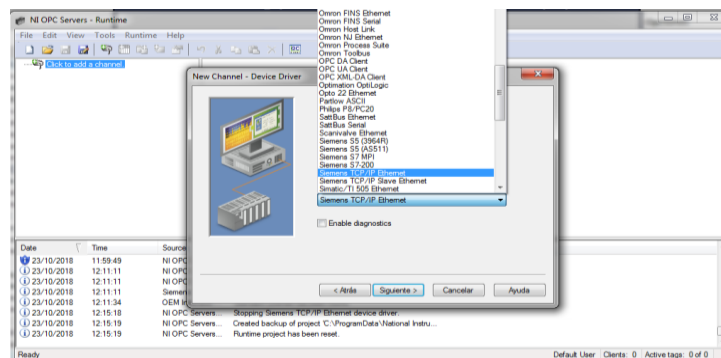
### 2.5.1 Elaboración de un nuevo canal

Para la comunicación del OPC Server es necesario crear las *Tags*; sin embargo, primeramente se da clic en “*Click to add a canal*” y se configura todos los parámetros para añadir un canal de comunicación con el dispositivo.



**Figura 65 Creación de un nuevo canal.**

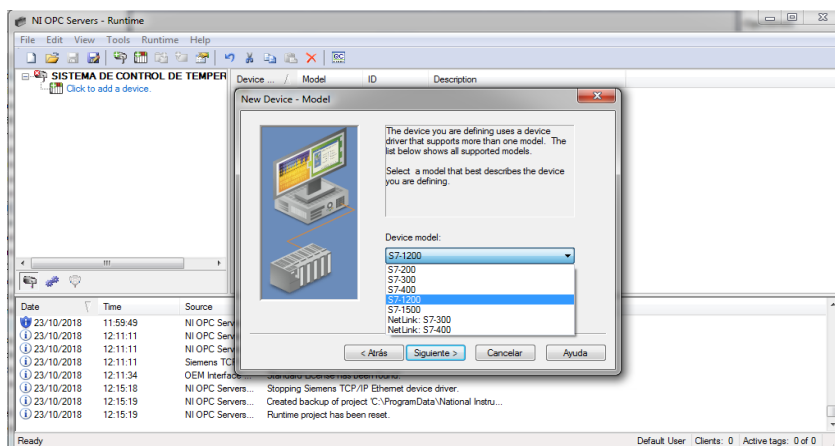
Selección del tipo de comunicación a utilizarse entre el PLC y el HMI “*Siemens TCP/IP Ethernet*”.



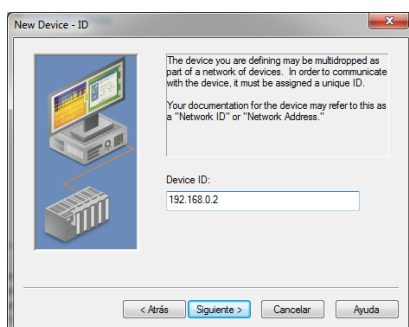
**Figura 66 Comunicación Siemens TCP/IP Ethernet.**

Al seleccionar el tipo de comunicación damos siguiente a todo y “aceptar”.

Al crear el canal correspondiente para la comunicación, se agrega el dispositivo que se utiliza para el proceso “*Click to add a device*”. Se agrega un nombre al dispositivo, el respectivo modelo y se agrega la dirección IP a la cual está trabajando el PLC para la comunicación con la PC.



**Figura 67 Agregar nuevo dispositivo para la comunicación.**

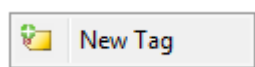


**Figura 68 Configuración de la dirección IP del PLC.**

A continuación se da click en “siguiente” a todos los parámetros y “aceptar”.

## 2.5.2 TAGS ADQUISICIÓN Y ENVÍO

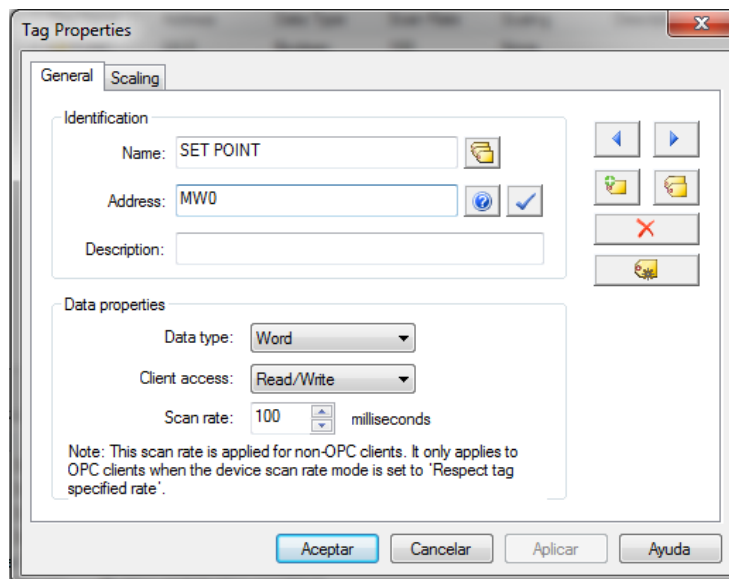
Al agregar el respectivo dispositivo a utilizarse, se procede a crear las *tags*. Se da click derecho en la ventana de tareas y “New Tag”.



**Figura 69 Icono de nuevo Tag o variable.**

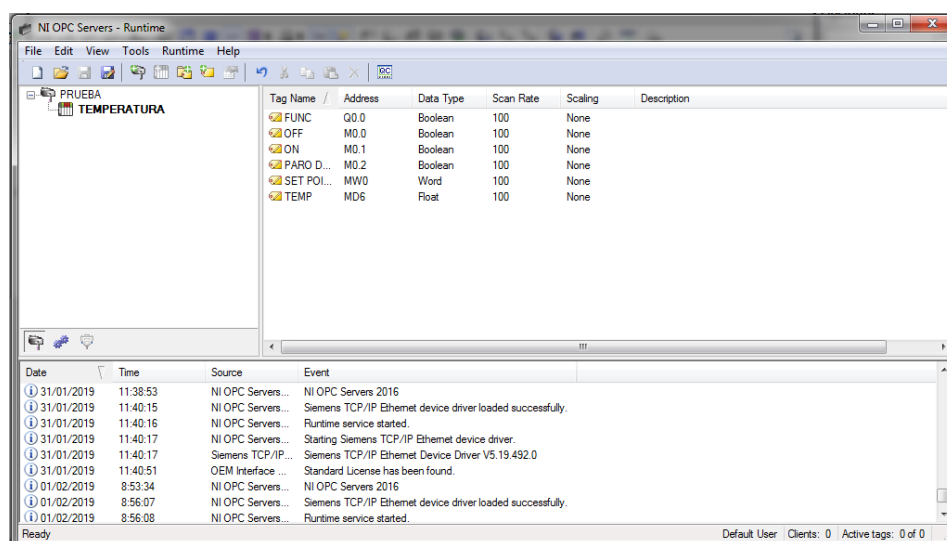


Se ingresan los datos correspondientes en “*Tag Properties*”, como se visualiza en la figura 70.



**Figura 70** Propiedades de las Tag´s.

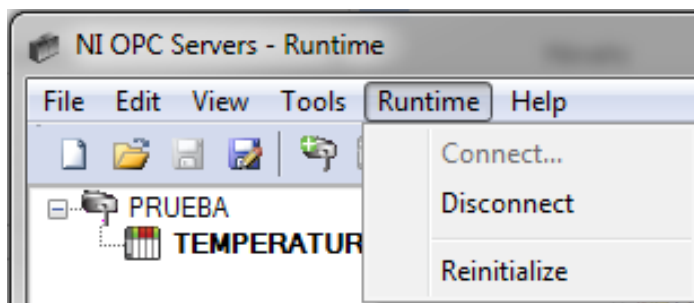
A continuación se crean las *tags* necesarias para el proceso, en el cual se pueda visualizar el tipo de dato que se desea representar.



**Figura 71** Tag´s necesarias para el proceso.

### 2.5.3 VERIFICACIÓN DE COMUNICACIÓN

Al crear las tags correspondientes para la comunicación del PLC con la PC, se verifica si existe comunicación entre el dispositivo y el Software.



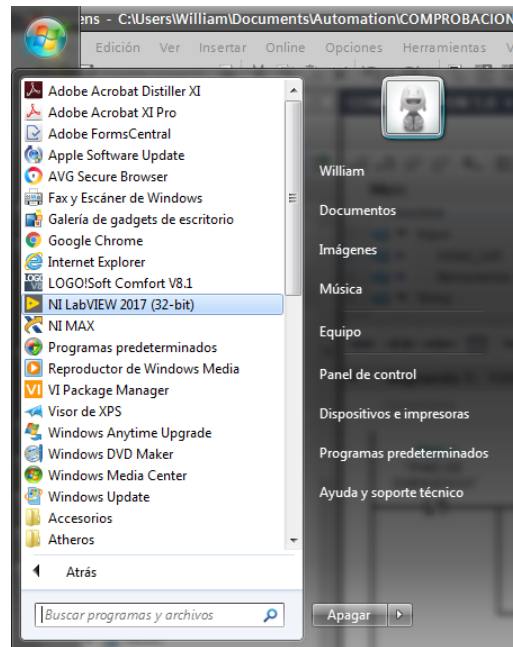
**Figura 72 Conexión entre PLC y Software.**

## 2.6 NI LABVIEW 2017

El software de visualización a utilizar para el control y monitoreo de la estación de temperatura PCT-2 fue mediante el Software NI LabVIEW 2017, en que cual permite crear un entorno gráfico para el diseño del HMI entre el PLC y la PC.

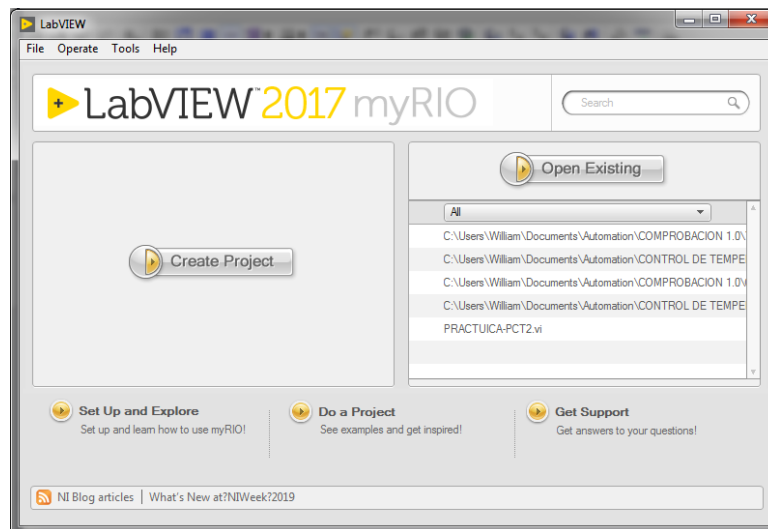
### 2.6.1 ELABORACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO

Se dirige a Inicio > todos los programas > NI LabVIEW 2017 (32-bit)



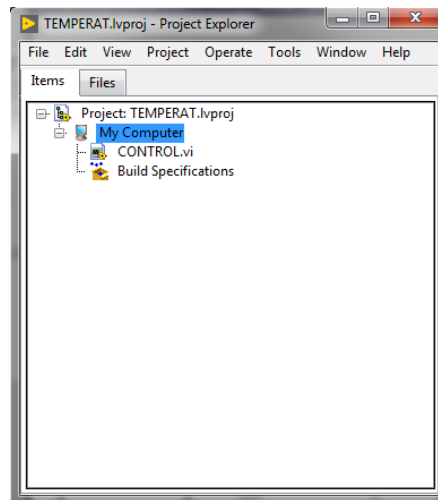
**Figura 73** Icono NI LabVIEW 2017.

Se dirige a “*Create Project*”, para crear un nuevo proyecto, en el cual se diseñara la programación para visualizar el monitoreo del proceso.



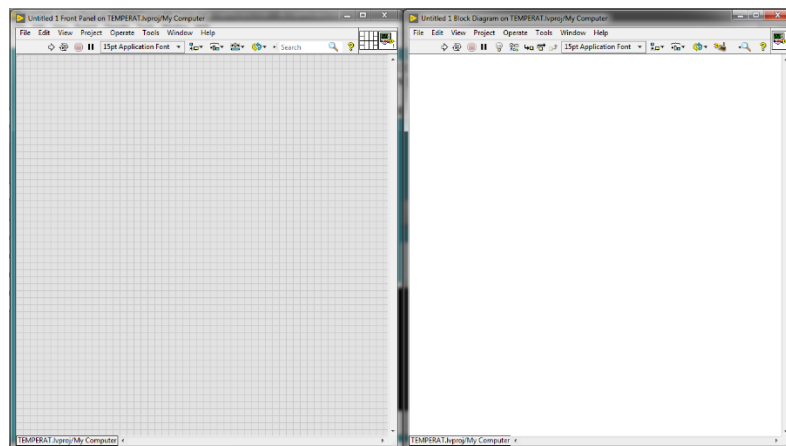
**Figura 74** Ventana para crear un nuevo proyecto en LabVIEW.

Al crear un nuevo proyecto se agrega un nuevo VI “CONTROL”, en el cual se muestra las ventanas para la programación.



**Figura 75 Ventana de proyecto.**

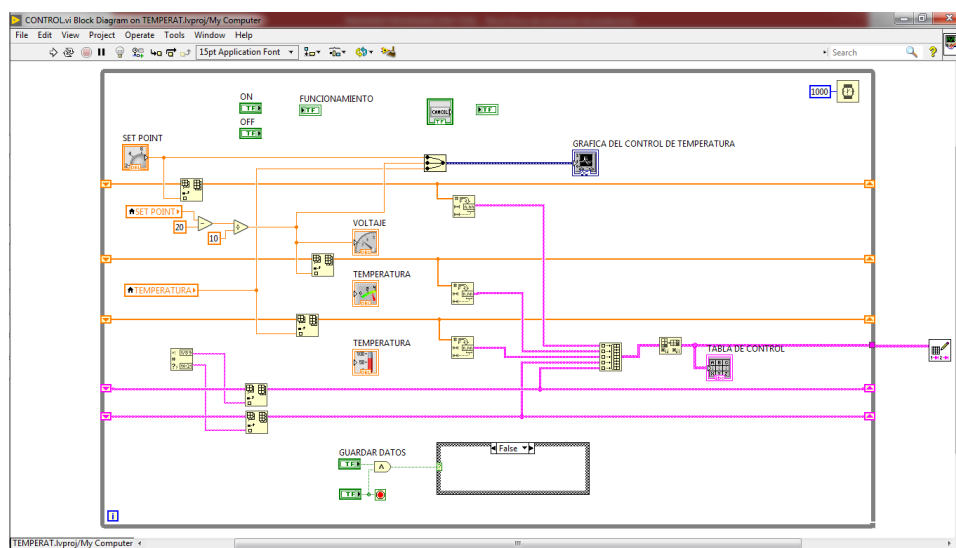
Respectivamente se añaden la ventana del panel frontal y la del diagrama de bloques.



**Figura 76 Ventanas para la programación en LabVIEW.**

## 2.6.2 Programación

Seguidamente se dirige a la ventana del diagrama de bloques a realizar la respectiva programación; sin embargo, se debe tomar en cuenta que indicadores serán los necesarios para visualizar, controlar y monitorear el proceso.



**Figura 77 Programación respectiva del proceso.**

Posteriormente al crear la programación en la ventana del diagrama de bloques, se dirige a la ventana del panel frontal para realizar las modificaciones necesarias y crear un diseño de HMI, en el cual se pueda visualizar todo el proceso.

ON > Encendido del proceso.

OFF > Apagado del proceso.

FUNCIONAMIENTO > Led indicador de encendido o apagado del proceso.

PARO DE EMERGENCIA > Desactiva el proceso ante cualquier falla.

GUARDAR DATOS > Activa el parámetro para guardar datos automáticamente.

DESCONEXIÓN HMI > Permite desconectar la comunicación PLC – PC.

SET POINT > Permite ingresar valores para el control de temperatura.

VOLTAJE > Visualiza el valor de voltaje que envía el PLC a la estación PCT-2.

TEMPERATURA > Visualiza el valor de temperatura de la estación PCT-2.

TABLA DE REGISTRO > Permite visualizar los datos durante todo el proceso.

GRÁFICA DEL CONTROL DE TEMPERATURA > Muestra las señales correspondientes al proceso.

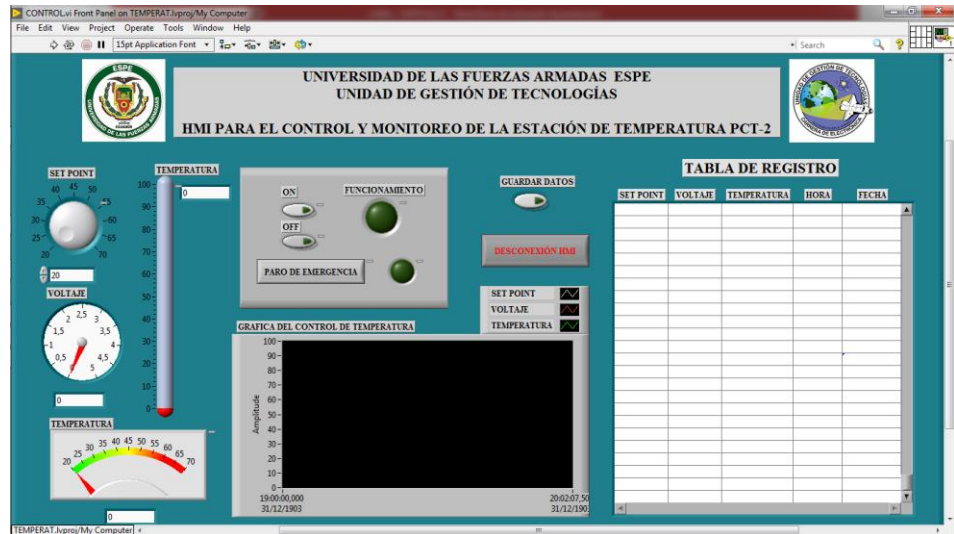
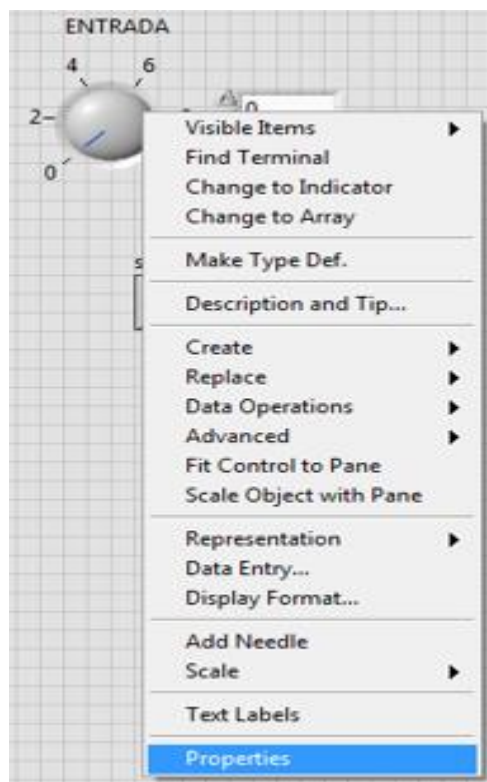


Figura 78 Programación en la ventana del panel frontal.

### 2.6.3 COMUNICACIÓN CON OPC SERVER

La comunicación entre un PLC y el software LabVIEW se realiza mediante un sistema de comunicación OPC Server utilizado para los procesos industriales; en el cual, es necesario crear la comunicación directamente desde LabVIEW.

Para realizar la comunicación, se procede a dar click derecho en la función "Knob". *Properties > Data Binding*.



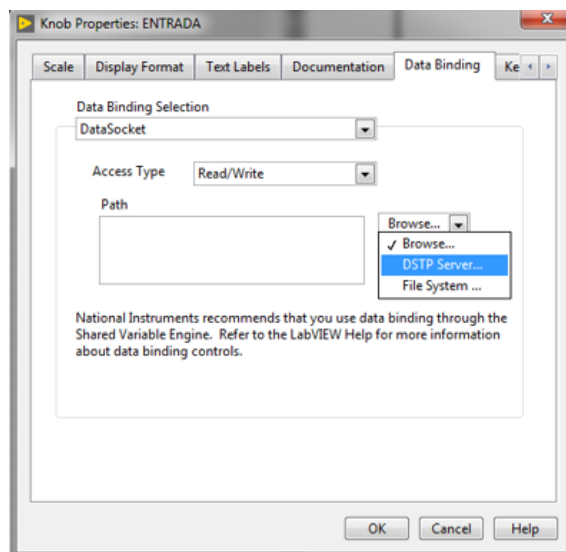
**Figura 79 Configuración del knob.**

A continuación se procede a seleccionar los parámetros necesarios para crear la comunicación de LabVIEW mediante el OPC Server.

*Data Binding Selection > DataSocket*

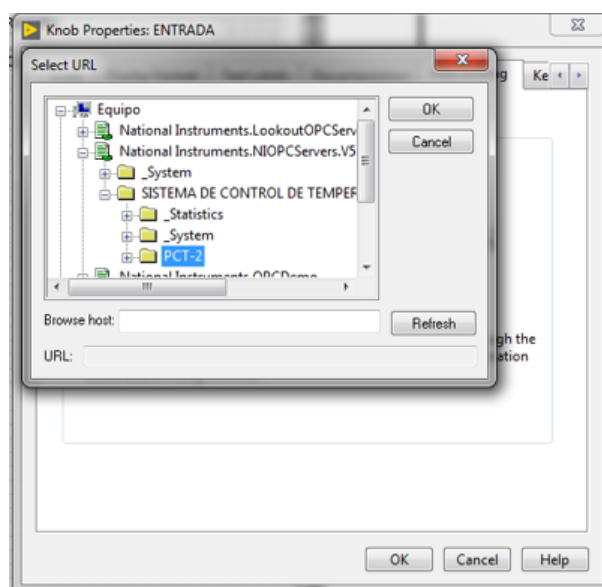
*Access Type > Read/Write*

*Path > DSTP Server*



**Figura 80 Propiedades del knob.**

Al seleccionar el *Path* > *DSTP Server*, se despliega una ventana “*Select URL*”, donde se procede a seleccionar el *tag* correspondiente a este *knob*.



**Figura 81 Configuración del knob para la comunicación con el NI OPC.**



Al seleccionar el *tag* correspondiente, en el *knob* se puede visualizar, en la parte superior derecha un rectángulo de color gris y cuando se activa el proceso este tiende a tomar el color verde.

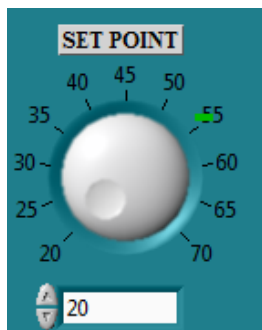


Figura 82 Comunicación del knob con el NI OPC Server.

## 2.6.4 Pruebas y análisis de resultados

Realizada la comunicación del PLC con el HMI, se procede a dar click en “RUN” para activar la comunicación mediante el OPC Server, y activar el proceso.

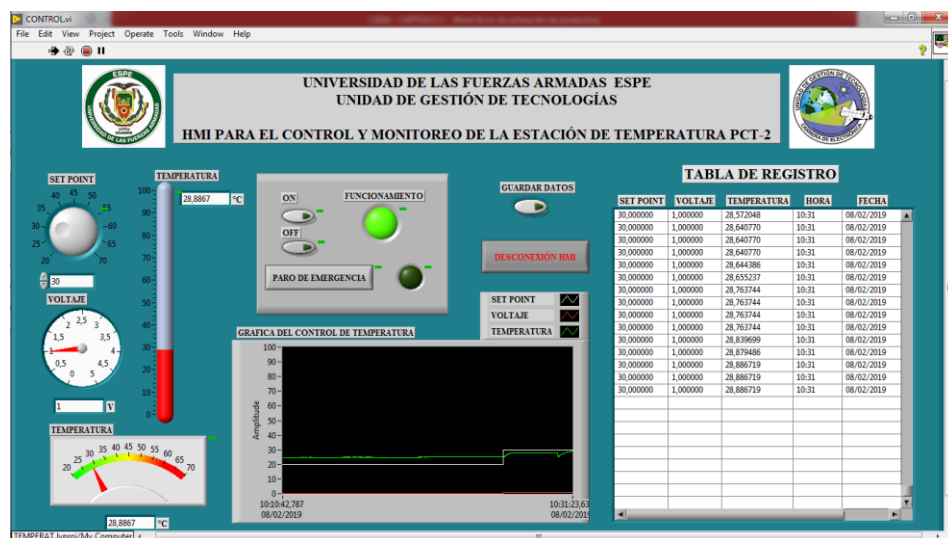


Figura 83 Activación (ON) del Proceso.

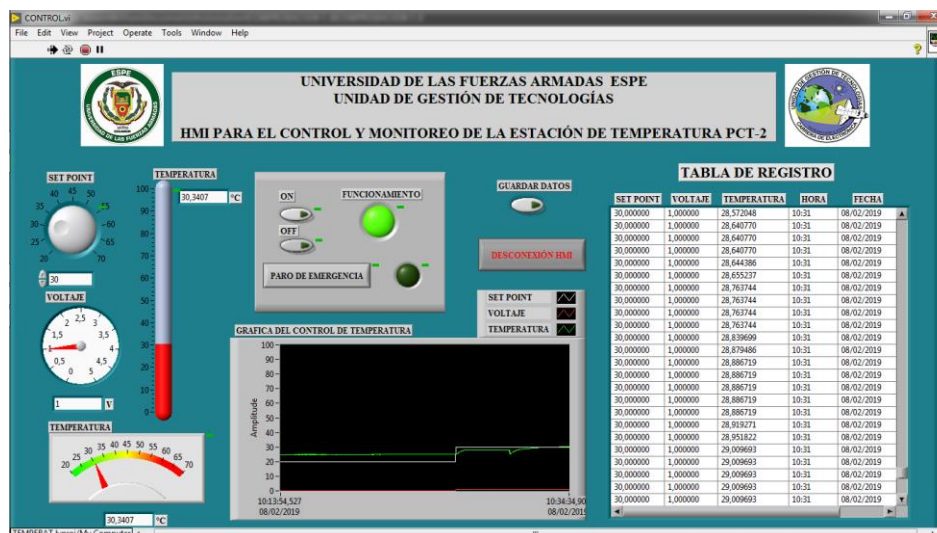


Figura 84 Set Point con un valor de 30.

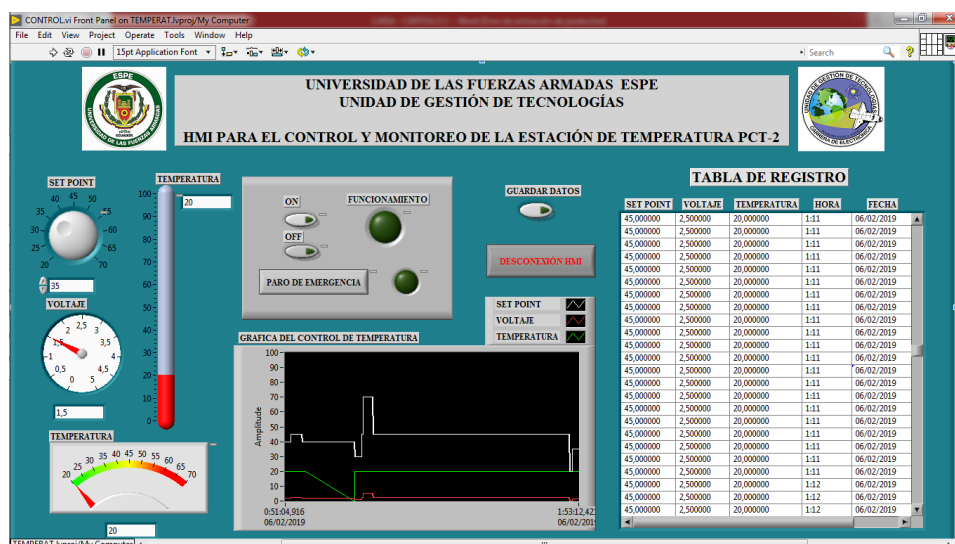


Figura 85 Apagado (OFF) del proceso.



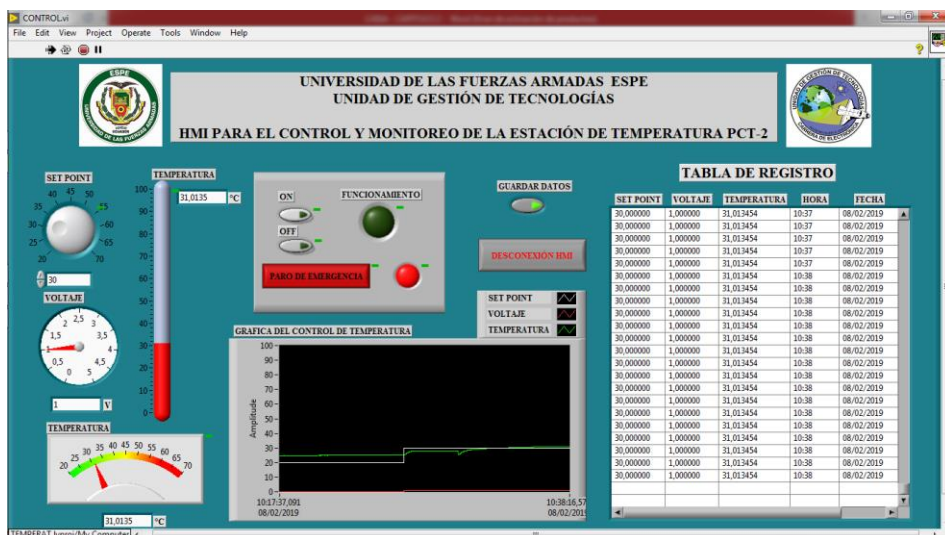


Figura 88 Activación del "PARO DE EMERGENCIA".

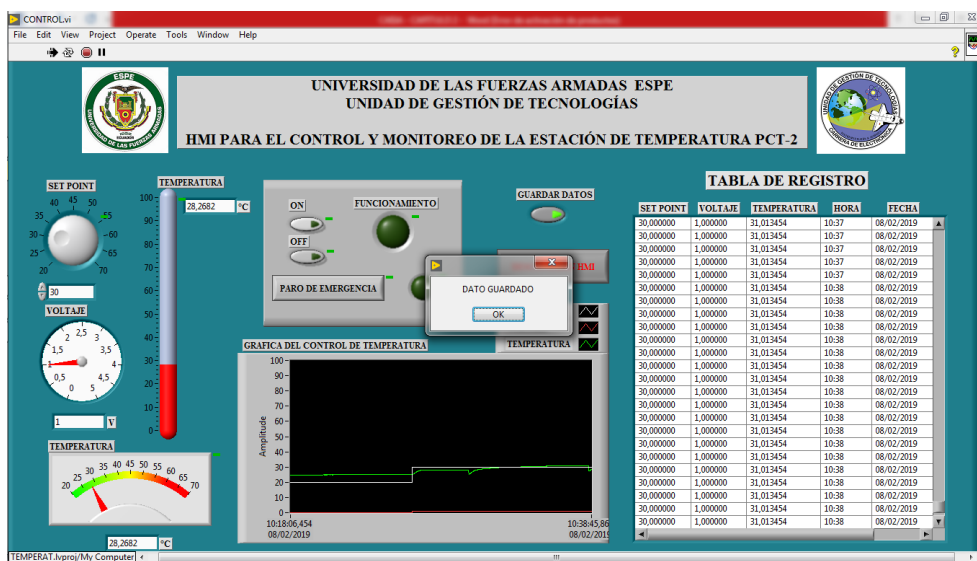
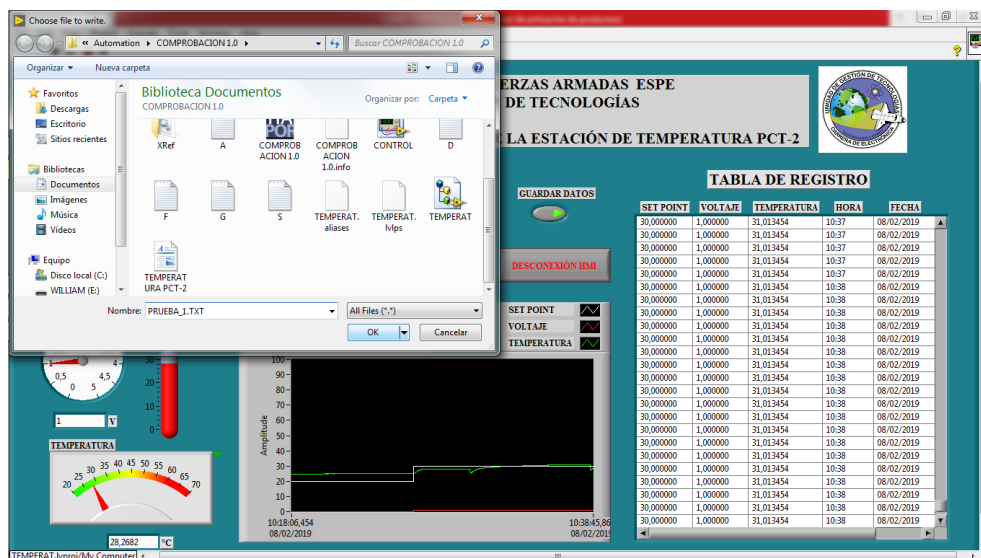


Figura 89 Desconexión del HMI.



**Figura 90 Guardar los datos obtenidos durante el proceso.**

Al desconectar la comunicación del HMI, nos permite guardar los datos de la tabla de registro; y abrir una ventana en la que se puede guardar la información en cualquier tipo de documento que sea necesario “PRUEBA\_1.TXT”.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

El presente proyecto llegó a cumplir con el objetivo principal de implementar un sistema de control de temperatura a lazo cerrado utilizando un PLC y la estación de temperatura PCT-2. El procedimiento durante toda la implementación se realiza gracias a las componentes y dispositivos adquiridos, diseñado mediante los diversos paquetes software de programación que permite realizar un diseño básico para el control y monitoreo del proceso; en el cual se visualiza los valores que presenta la estación de temperatura PCT-2.

El sistema de control implementado fue diseñado a través de un controlador PID, el que permite tener un control óptimo del proceso y visualizar las variables o datos enviados entre los dispositivos durante todo el monitoreo.

La visualización del sistema de control de temperatura fue desarrollada en el software gráfico LabVIEW, que permite utilizar varias herramientas necesarias y realizar una comunicación industrial entre componentes subordinados o agregar condiciones durante el proceso; a la vez, brinda una función en el cual se puede representar un registro de temperatura en función del tiempo.

## RECOMENDACIONES

- Los nuevos diseños de controladores, hace necesario que se presente un estudio para saber cuáles son más eficientes. Desarrollando así opciones de control más diversas para distintos sistemas de control.
- Aún queda por explorar las diversas formas de diseño de un sistema de control para el módulo de temperatura PCT-2 disponible en el laboratorio de instrumentación virtual. De esta manera se podría tener más información de que control es más eficiente.
- Un controlador lógico programable (PLC) permite tener varias herramientas para diseñar un proceso industrial, teniendo en cuenta que es necesario leer primero el manual del dispositivo para comprender cuales son las múltiples funciones y aplicaciones.
- Al utilizar una estación de temperatura PCT-2 se debe tener en cuenta la configuración y las formas de aplicación a los distintos procesos al tratarse de una variable que tiende a tener una reacción lenta, dependiendo al cambio físico del ambiente que lo rodea.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Alvarez, B. X. (2014). *UPCommons*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3330/5/34059-5.pdf>
- 2) Analfatecnicos. (2018). *Analfatecnicos*. (Analfatecnicos, Ed.) Recuperado el 26 de Diciembre de 2018, de <https://www.analfatecnicos.net/archivos/79.ConexionesRJ45-Wikipedia.pdf>
- 3) De la Cruz, M. (2013). *Implementación de un HMI utilizando un Touch Panel KTP 600 PN y el PLC S7-1200 para el monitoreo y control de temperatura*. Latacunga, Ecuador. Recuperado el 28 de Diciembre de 2018
- 4) DIEEC. (Enero de 2018). *CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES (PLC's)*. Madrid: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEEC). Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de [http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion\\_de\\_referencia\\_ISE6\\_1\\_1.pdf](http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf)
- 5) Espinoza, J. (2016). *MÓDULO DE CONTROL DE TEMPERATURA DE FLUJO DE AIRE PCT-2*. Sangolqui: ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO. Recuperado el 29 de Diciembre de 2018, de [https://www.academia.edu/28699010/INGENIERIA\\_ELECTR%C3%93NICA\\_E\\_INSTRUMENTACI%C3%93N\\_SCADA\\_RECONOCIMIENTO\\_DE\\_ALARMAS\\_NOMBREhttps://www.academia.edu/28699010/INGENIERIA\\_ELECTR%C3%93NICA\\_E\\_INSTRUMENTACI%C3%93N\\_SCADA\\_RECONOCIMIENTO\\_DE\\_ALARMAS\\_NOMBRE](https://www.academia.edu/28699010/INGENIERIA_ELECTR%C3%93NICA_E_INSTRUMENTACI%C3%93N_SCADA_RECONOCIMIENTO_DE_ALARMAS_NOMBREhttps://www.academia.edu/28699010/INGENIERIA_ELECTR%C3%93NICA_E_INSTRUMENTACI%C3%93N_SCADA_RECONOCIMIENTO_DE_ALARMAS_NOMBRE)
- 6) Graciela, M. M. (2016). *Repositorio UTC*. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3666/1/T-UTC-000021.pdf>
- 7) Icontec. (10 de Diciembre de 2018). *AUTOMATIZACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES*. (C. d. Medellín, Editor) Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de *AUTOMATIZACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES*: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://herramientas.camaramedellin.com.co/Inicio/Buenaspracticasesempresariales/BibliotecaProdu>



cci%25C3%25B3nyOperaciones/Automatizaciondelosprocesosindustriales.aspx

- 8) Jimenez, D. C. (2017). *AUTOSINTONIZACION DE LAZOS DE CONTROL PID EN CONTROLADORES PROGRAMABLES*. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Recuperado el 13 de Diciembre de 2018, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6003/1/ChivataCasta%C3%B1edaOmarAndres2017.pdf>
- 9) Larraioz Elektronika. (04 de Octubre de 2016). *AGM – Larraioz Elektronika*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2018, de <https://larraioz.com/articulos/opc-desde-el-clasico-al-nuevo-opc-ua>
- 10) National Instruments. (19 de Noviembre de 2018). *National Instruments*. (N. Instruments, Ed.) Recuperado el 15 de Diciembre de 2018, de <http://www.ni.com/white-paper/3782/en/>
- 11) National Instruments, N. (2018). *National Instruments*. (N. Instruments, Productor) Recuperado el 22 de Diciembre de 2018, de <http://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/environment.htm>  
<http://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/environment.htm>
- 12) Perez, E. A. (Febrero 2018). *SISTEMAS DE AUTOMATIZACION Y AUTOMATAS PROGRAMABLES* (Tercera ed.). Barcelona: MARCOMBO. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <https://www.marcombo.com/sistemas-de-automatizacion-y-automatas-programables-9788426725899/>
- 13) Ramirez, R. (2018). *CATARINA*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2018, de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/ramirez\\_r\\_o/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/ramirez_r_o/capitulo2.pdf)
- 14) Rocatek. (2018). *PROGRAMACION DEL PLC*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de [http://www.rocatek.com/programacion\\_de\\_plc.php](http://www.rocatek.com/programacion_de_plc.php)
- 15) Siemens. (2015). *Siemens AG*. (S. AG, Ed.) Recuperado el 18 de Diciembre de 2018, de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/control>

adores\_modulares/controlador\_basico\_S71200/Documents/Datos%20t%C3%A9cnicos%201200.pdf

- 16) Siemens. (2016). *Siemens AG*. Alemania, Alemania: Siemens AG. Recuperado el 18 de Diciembre de 2018
- 17) Siemens. (2016). *Siemens AG*. Alemania, Alemania: Siemens. Recuperado el 16 de Diciembre de 2018
- 18) Siemens. (2018). *Siemens AG*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores\\_modulares/controlador\\_basico\\_s71200/pages/s7-1200.aspx](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx)
- 19) Siemens. (2018). *Siemens AG*. (S. AG, Ed.) Recuperado el 20 de Diciembre de 2018, de [https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/Documentacion-Didactica/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf)
- 20) SIEMON. (2018). *SIEMON*. (SIEMON, Editor) Recuperado el 23 de Diciembre de 2018, de [https://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp)
- 21) Tarquino, C. G. (Agosto de 2015). *Repositorio ESPE*. Recuperado el 7 de Mayo de 2018, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10126/1/AC-ESPEL-ENI-0358.pdf>
- 22) Wonderware. (2018). *Wonderware*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2018, de <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Sistema de Control:** es un conjunto de dispositivos encargados de dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados.

**Temperatura:** Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.

**Control PID:** (Controlador Proporcional, Integral y Derivativo) es un mecanismo de control simultáneo por realimentación ampliamente usado en sistemas de control industrial.

**PLC:** Controlador Lógico Programable.

**OPC:** (OLE para Control de Procesos) es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, que ofrece una interfaz común para comunicación.

**PCT-2:** Proceso de Control de Temperatura 2.

**DATOS PERSONALES**

**NOMBRE** Caisa Sisa William David  
**DOCUMENTO DE IDENTIDAD** 2200251219  
**FECHA DE NACIMIENTO** 08 de Septiembre de 1996  
**LUGAR DE NACIMIENTO** Tungurahua / Ambato  
**ESTADO CIVIL** Soltero  
**DIRECCIÓN** Ambato / Santa Rosa  
**TELÉFONO** 0960117719  
**E-MAIL** willycaisa@gmail.com



<b>FORMACION ACADEMICA</b>
----------------------------

**ESTUDIOS PRIMARIOS** Escuela Fiscal Mixta "Presidente Tamayo"  
**ESTUDIOS SECUNDARIOS** Colegio Fisco misional Técnico A. "Padre Miguel Gamboa"  
**ESTUDIOS SUPERIORES** Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - UGT  
**CARRERA** Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica

<b>SEMINARIOS Y OTROS</b>
---------------------------

Primeras Jornadas Tecnológicas Internacionales en Electromecánica, dictado por varios expositores internacionales con duración de 24 horas en el campus ESPE Latacunga; 12 de diciembre del 2016.

<b>EXPERIENCIA LABORAL</b>
----------------------------

PRACTICAS PRE PROFESIONALES CEPEDA S.A  
 Fecha de inicio: 6 de marzo del 2017  
 Fecha de finalización: 31 de marzo 2017  
 PRACTICAS PRE PROFESIONALES CEPEDA S.A.  
 Fecha de inicio: 28 de agosto del 2017  
 Fecha de finalización: 22 de septiembre del 2017

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE RESPONSABILIZA EL  
AUTOR**

---

CAISA SISA WILLIAM DAVID

CC. 2200251219

**DIRECTOR DE LA CARRERA ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

---

ING. PABLO XAVIER PILATASIG PANCHI

Latacunga,..... Febrero del 2019



## CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA

### ACTA DE RECEPCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi siendo (las catorce horas del 15 de febrero del 2019) ante el señor **ING. PABLO PILATASIG** Director de la Carrera de ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA de la **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS** de la **UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE**, comparece que el señor egresado: **CAISA SISA WILLIAM DAVID**, quien manifiesta hacer la entrega de una impresión del desarrollo del trabajo de graduación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA A LAZO CERRADO UTILIZANDO UN PLC Y LA ESTACIÓN DE TEMPERATURA PCT-2 PARA PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS EN EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN DE LA UGT-ESPE.”** realizado por el Sr. **CAISA SISA WILLIAM DAVID**”. En efecto, verificado por el Director de Carrera que el egresado presenta el trabajo de graduación dentro del plazo estipulado en este reglamento, por lo que el señor Director dispone se levante la presente Acta de Entrega – Recepción, para dar cumplimiento a lo establecido en la forma legal.

Para constancia de lo actuado, firman en la unidad el señor **DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA** y el señor **EGRESADO** de esta carrera.

---

Sr. Caisa Sisa William David

**Egresado**

---

Ing. Pablo Pilatasig

**Director de la Carrera**