



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**  
**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y**  
**COMPUTACIÓN.**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN  
& AVIÓNICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA.**

**TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA PARA EL  
CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA UTILIZANDO  
EL TRANSMISOR TH 300 PARA PRACTICAS DE CONTROL  
DE PROCESOS”.**

**AUTOR: TAIBE CANDO JOSÉ EDUARDO**

**DIRECTOR: ING. PABLO PILATASIG**

**LATACUNGA**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA Y COMPUTACIÓN  
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL TRANSMISOR TH 300 PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS”** realizado por el señor **TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO**, 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 Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 31 Julio del 2017

---

**ING. PABLO PILATASIG  
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN  
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO**, con cédula de identidad N° 1804755880 declaro que este trabajo de titulación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL TRANSMISOR TH 300 PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS”** 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.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Latacunga, 31 Julio del 2017

---

**TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO**

C.I: 0504012105



**DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN  
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**

**AUTORIZACIÓN (PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL)**

Yo, **TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL TRANSMISOR TH 300 PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 31 Julio del 2017

---

**TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO**

C.I: 0504012105

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado a mis padres y a Dios. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS UGT -ESPE por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi director de tesis, Ing. Pablo Pilatasig por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN (PUBLICACIÓN BIBLIOTECA VIRTUAL)</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Justificación e importancia.....	2
1.4 Objetivos:.....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos.....	3
1.5 Alcance .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
MARCO TEÓRICO. ....	4
2.1 Sensores de temperatura .....	4
2.2 Termopar / Termocuplas.....	4

2.2.1	Tipos de termocuplas .....	5
2.2.2	Linealidad de las termocuplas .....	5
2.2.3	Principio de efecto Seebeck.....	6
2.3	Termistor.....	6
2.3.1	Tipos de termistores.....	6
2.4	RTD (Detector Termo Resistivo).....	7
2.4.1	TIPOS DE RTDs .....	8
2.4.2	RTD TIPO Pt100 .....	8
2.4.3	Conexión de una Pt100 de tres hilos.....	9
2.4.4	Conexión de una Pt100 de cuatro hilos.....	10
2.4.5	Auto calentamiento y Corrientes de excitation .....	11
2.4.6	Precauciones que se deben tener con las PT100.....	11
2.4.7	Recomendaciones para usar una PT100.....	11
2.5	TRASMISOR DE TEMPERATURA.....	12
2.5.1	Definición. ....	12
2.5.2	Descripción. ....	12
2.5.3	Características del equipo.....	13
2.5.4	Ventajas .....	14
2.5.5	Desventajas .....	14
2.5.6	Funcionamiento.....	15
2.5.7	Comunicación HART con suministro de alimentación.....	15
2.5.8	Comunicación HART con suministro vía alimentador aislador .	16
2.5.9	Conexiones .....	16
2.6	Microcontrolador .....	19
2.6.1	Definición de Microcontrolador.....	19
2.6.2	PIC16F877A.....	20
2.6.3	Características generales Del PIC16F877 .....	21

2.7.1.4 Almacenamiento de la programación.....	23
2.7.1.5 Importancia del oscilador de 4 MHz.....	23
2.8	TARJETA NI
MyRIO.....	<b>¡Error! Marcador no definido..</b> 24
2.8.1 DEFINICION DE NI MyRIO ....	<b>24¡Error! Marcador no definido.</b>
2.8.1.2 Partes de un sistema de DAQ.....	25
2.8.1.3 Función de la PC en un sistema DAQ.....	25
2.8.1.4 NI MyRio-1900.....	25
2.8.1.5 Tarjeta NI My Rio-1900 .....	26
2.8.1.6 CARACTERISTICAS NI MyRIO .....	27
2.8.1.7 Descripción de conectores del NI MyRIO.....	27
2.8.1.8 REQUERIMIENTOS.....	228
2.7.5 Puerto de Expansión (MXP) NI MyRIO .....	29
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>30</b>
<b>DESARROLLO DEL TEMA. ....</b>	<b>30</b>
3.1 Preliminares.....	30
3.2 Operación del Procesó.....	30
3.2.11 Diagrama de la operación del proceso .....	30
3.3 Transmisor Th 300 .....	31
3.3.1.1 Detalle de la placa.....	31
3.3.1.2 Indicación de servicio de LED .....	31
3.3.1.3 Puesta en servicio.....	32
3.3.1.4 Control de rotura de cables.....	32
3.3.1.5 Parámetros de fábrica.....	33
3.4 RTD tipo Pt100.....	34
3.5 Tarjeta de Adquisición de datos NI MyRIO.....	34
3.5.1.2 Partes de una FPGA.....	35
3.6 Software.....	36
3.6.1.1 LabVIEW MyRIO 2014.....	36

3.7	Caja Termica.....	36
3.7.1.1	Construcción de la caja termica.....	36
3.8	Instalaciones Del NI MyRI.....	37
3.9	Procedimiento del control de temperatura .....	39
<b>CAPÍTULO IV</b>	.....	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....		<b>56</b>
4.1	Conclusiones. ....	56
4.2	Recomendaciones. ....	57
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....		<b>58</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....		<b>61</b>
<b>ANEXOS.</b> .....		<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Familias de los PIC.....	22
<b>Tabla 2</b> Indicaciones del LED del SITRANS TH-300.....	31
<b>Tabla 3</b> Parametrización de fábrica .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Esquema de una termocupla .....	4
<b>Figura 2</b> Tipos de termocuplas.....	5
<b>Figura 3</b> Linealidad de los distintos tipos de termocuplas .....	5
<b>Figura 4</b> Circuito que muestra el efecto Seebeck.....	6
<b>Figura 5</b> Curva característica del termistor .....	7
<b>Figura 6</b> Dispositivo RTD tipo pt100.....	7
<b>Figura 7</b> Curva característica de la PT100.....	9
<b>Figura 8</b> Diseño de una Pt100 de 3 hilos .....	9
<b>Figura 9</b> Conexión de tres hilos.....	10
<b>Figura 10</b> Conexión de cuatro hilos.....	10
<b>Figura 11</b> Diseño de una Pt100 de 4 hilos .....	11
<b>Figura 12</b> Módem VIATOR USB HART.....	13
<b>Figura 13</b> Diagrama interno del TH-300.....	13
<b>Figura 14</b> Comunicación HART con suministro de alimentación.....	15
<b>Figura 15</b> Comunicación HART con suministro vía alimentador aislador....	16
<b>Figura 16</b> Esquema de conexión de la energía auxiliar .....	17
<b>Figura 17</b> Esquema de conexión del amperímetro.....	17
<b>Figura 18</b> Esquema de conexión de la RTD a tres hilos .....	17
<b>Figura 19</b> Ventilador 12vDC .....	18
<b>Figura 20</b> Diagrama de Pines del PIC16F877A .....	20
<b>Figura 21</b> Diagrama de Bloques del PIC16F877A .....	21
<b>Figura 22</b> cristal acompañado de 2 condensadores.....	24
<b>Figura 23</b> Sistema de DAQ .....	25
<b>Figura 24</b> NI MyRIO. ....	26
<b>Figura 25</b> NI MyRIO 1900. ....	27
<b>Figura 26</b> MyRIO 1900.....	28
<b>Figura 27</b> NI MyRIO 1900 conector C.....	28
<b>Figura 28</b> Puerto de Expansión (MXP) NI MyRIO .....	29
<b>Figura 29</b> Diagrama de la operación del proceso.....	30
<b>Figura 30</b> Estructura de la placa de características .....	31
<b>Figura 31</b> Conexión de la RTD.....	34
<b>Figura 32</b> Partes de una FPGA.....	35

<b>Figura 33</b> Software LabVIEW 2014 .....	36
<b>Figura 34</b> Caja térmica .....	37
<b>Figura 35</b> NI MyRIO USB Monitor .....	38
<b>Figura 36</b> Prueba del NI MyRIO .....	38
<b>Figura 37</b> Ventana de instalación correcta .....	39
<b>Figura 38</b> Ventana de proyecto en blanco para el control de temperatura..	39
<b>Figura 39</b> Proyecto control de temperatura creada .....	40
<b>Figura 40</b> Agregar nuevo dispositivo al proyecto del encoder .....	40
<b>Figura 41</b> Selección del NI MyRIO para el encoder. ....	41
<b>Figura 42</b> Agregar un VI al dispositivo para el control de temperatura.....	41
<b>Figura 43</b> NI MyRIO con VI creado para el control de temperatura .....	42
<b>Figura 44</b> Selección de VI Express llamado control de temperatura .....	42
<b>Figura 45</b> Selección Analog input.....	43
<b>Figura 46</b> Selección Analog input simple .....	43
<b>Figura 47</b> Selección del canal AI0.....	44
<b>Figura 48</b> Selección View Code .....	44
<b>Figura 49</b> Selección connections diagram .....	45
<b>Figura 50</b> Analog input .....	45
<b>Figura 51</b> seleccionar MEAN.....	46
<b>Figura 52</b> Ecuación de la entrada de voltaje .....	46
<b>Figura 53</b> Analog Out. ....	47
<b>Figura 54</b> Control de Potencia de salida de Temperatura.....	48
<b>Figura 55</b> PID.VI.....	48
<b>Figura 56</b> Control PID.VI .....	49
<b>Figura 57</b> PID.VI uniendo al control de salida. ....	49
<b>Figura 58</b> Waveform chart.....	50
<b>Figura 59</b> Merge Signals. ....	50
<b>Figura 60</b> Setpoint y variable de proceso PV. ....	51
<b>Figura 61</b> Escala de 0 a 100%. ....	51
<b>Figura 62</b> PID Gains.....	52
<b>Figura 63</b> Valor del setpoint. ....	52
<b>Figura 64</b> Sobre Impulsó del control PID. ....	53
<b>Figura 65</b> PID Gains.....	53
<b>Figura 66</b> Valores modificados en el PID gains.....	54

<b>Figura 67</b> Rango de impulso es 0.5grados alto.....	54
<b>Figura 68</b> Rango de impulso es 0.5grados bajo.....	55

## RESUMEN

El presente proyecto técnico describe la forma como se realizó el control automático PID de temperatura y se detalla las características, modo de configurar y las conexiones del transmisor TH 300 de la marca Siemens y la **tarjeta de adquisición de datos de la National Instruments MyRIO 1900**. El **SITRANS TH-300** es un transmisor de temperatura que genera señales de corriente de 4 mA a 20 mA, necesita una fuente externa de 12 VDC a 30 VDC para su correcto funcionamiento, gracias al LED de diagnóstico rojo/verde, el usuario puede saber el funcionamiento de la medición y apreciar si tiene fallos, además de aquello el transmisor de temperatura puede trabajar con una amplia gama de sensores tal es el caso de la **RTD tipo Pt100** que se ha empleado para este proyecto. El modo de conexión de tres hilos es uno de los más utilizados y el error es menor. Se creó un programa en el software **LabView MyRIO** para el control PID. El nivel de temperatura generado por la níquelina es adquirido por el canal analógico (puerto 0) que se encuentra en el conector MPX A de la tarjeta de adquisición de datos. En el programa desarrollado se visualiza el setpoint y la variable adquirida del proceso. El pic 16F877A adquiere estabilidad de la señal de 4-20 mA del transmisor, esta señal proporciona un sobreimpulso al setpoint de 0.5° a un nivel máximo y un nivel mínimo.

### Palabras Claves

**TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS**

**TRASMISOR TH 300**

**LABVIEW**

**RTD TIPO Pt100**

## **ABSTRACT**

This technical project describes how the automatic PID temperature control, it specifies the features, configuration mode and connections of the Siemens TH 300 transmitter and the National Instruments MyRIO 1900 data acquisition card. The SITRANS TH-300 is a temperature transmitter that generates current signals from 4 mA to 20 mA, requires an external source of 12 VDC to 30 VDC for correct operation, thanks to the red / green diagnostic LED, the user can know the measurement operation and see if it has some mistakes, in addition to that the temperature transmitter can work with a wide range of sensors such is the case of the RTD type Pt100 that has been used for this project. The three-wire connection mode is one of the most used and the error is minor. A LabView MyRIO software program was created for the PID control, the temperature level generated by nickel is acquired by the analogue channel (port 0) which one is located on the -MPX A- connector of the data acquisition card. In the developed program, the reference point and the acquired process variable are displayed. The pic 16F877A further prints the 4-20 mA signal from the transmitter, this signal provides an override to the setpoint of 0.5 ° a maximum level and a minimum level.

### **Keywords**

**DATA ACQUISITION CARD**

**TH 300 TRASMISOR**

**LABVIEW**

**RTD TYPE Pt100**

---

Lic. Wilson Villavicencio F.MSC

DOCENTE UGT

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **1.1 ANTECEDENTES.**

En la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga se encuentra ubicada la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, la institución está orientada a la enseñanza con fines: logística, seguridad aérea, electrónica, y al mantenimiento de aeronaves, apoyados en material técnico de sus múltiples laboratorios promoviendo el aprendizaje a través de las prácticas.

El laboratorio de Instrumentación Virtual de la carrera de Electrónica debe disponer de equipos de última tecnología para desarrollar prácticas de control de procesos industriales que vayan acorde a las necesidades del ámbito laboral. Para lo cual se hizo una investigación de campo en el cual se pudo observar que se dispone de un transmisor TH 200 de un trabajo técnico realizado por la Srta. QUINGA MEZA ANGELA ELIZABETH con el tema "Análisis de la configuración de transmisor de SITRANS SH-200 mediante el modem 7NG3092-8KU para adquirir señales de la RTD tipo Pt 100".

Permitiendo a los estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica adaptarse con el funcionamiento de un control automático de temperatura, fortaleciendo así el proceso de enseñanza-aprendizaje gracias a la ayuda de el transmisor de temperatura de última tecnología

#### **1.2 Planteamiento del problema**

En la UGT-ESPE, la carrera de electrónica, en sus laboratorios cuenta con dispositivos como sensores y equipos que permiten adquirir, transformar y visualizar el comportamiento e temperatura; pero debido al avance tecnológico que es una variable a nivel mundial, una gran parte de lo mismo se encuentra obsoletos.

Es indispensable que los estudiantes de la carrera de Electrónica tengan conocimiento de este tipo de tecnología y puedan manipular este tipo de transmisor TH 300 puesto que su aplicabilidad es amplia en aplicaciones de control de procesos industriales tales como, automatización de casas, alarmas contra incendio.

### **1.3 Justificación e importancia**

Es necesario realizar prácticas en los laboratorios de Instrumentación Virtual que sean acorde con los dispositivos actuales como: el Transmisor TH 300 el cual facilitará el aprendizaje de los estudiantes de la carrera Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica; permitiendo asimilar nuevas tecnologías en la industria ecuatorianas.

Las grandes empresas aeronáuticas y de producción en general son más competitivas dentro de su campo laboral y cada vez obtiene equipos como: eléctricos y electrónicos de última tecnología con el propósito de optimizar recursos, así aumentar sus producciones y agilizar sus procesos industriales.

La maqueta para el control automático de temperatura es factible se conocerá la parte funcional del Transmisor TH 300, ya que la señal de medición emitida por un transmisor de resistencias que es convertida en una señal digital por un conversor analógico digital y el valor medido es transformado en una corriente de 4 y 20 mA.

Por tal motivo es importante implementar prácticas de control de procesos y monitoreo de temperatura, aplicando los conocimientos adquiridos teóricamente por los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica desarrollando destrezas y habilidades que generen conocimientos significativos, facilitando así un óptimo desempeño laboral en el futuro.

## 1.4 Objetivos:

- **General**

Implementar una maqueta para el control automático de temperatura utilizando el transmisor TH 300 para prácticas de control de procesos Unidad de Gestión de la Tecnologías ESPE.

- **Específicos**

- Investigar las características del control automático en textos o internet para formar el marco teórico.
- Analizar las características del transmisor TH 300 con la ayuda del manual para aplicar en el control automático de temperatura.
- Elaborar la maqueta con material adecuado para aislar el proceso de la temperatura ambiente.
- Crear un programa en LabView para visualizar las señales adquiridas de la maqueta del control automático.

## 1.5 Alcance

El presente proyecto técnico se basa en la implementación de una maqueta didáctica donde los estudiantes puedan desarrollar prácticas de adquisición de datos y aplicar los conocimientos adquiridos en el aula, de un control automático proporcional por medio de un transmisor de temperatura TH 300 el cual se creó un control PID en el software LabView para el control automático de temperatura.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO.

#### 2.1 Sensores de temperatura

##### 2.1.1.1 Definición de un Sensor

Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

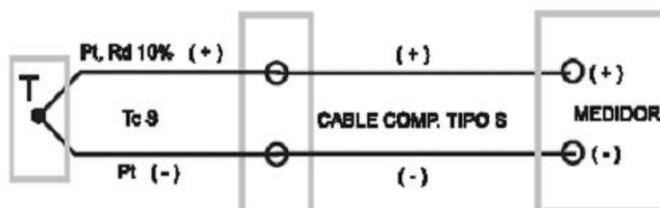
Hay tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

El sensor de temperatura, típicamente suele estar formado por el elemento sensor, de cualquiera de los tipos anteriores, la vaina que lo envuelve y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios se transmitan rápidamente al elemento sensor y del cable al que se conectarán el equipo electrónico (ecured, 2017).

#### 2.2 Termopar / Termocuplas

El termopar, también llamado termocuplas y que recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico.

Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.



**Figura 1** Esquema de una termocupla

**Fuente:** (teii, 2010).

Los termopares tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidos en la industria. El principal inconveniente estriba en su

precisión, que es pequeña en comparación con sensores de temperatura RTD o termistores.

- **Tipos de termocuplas**

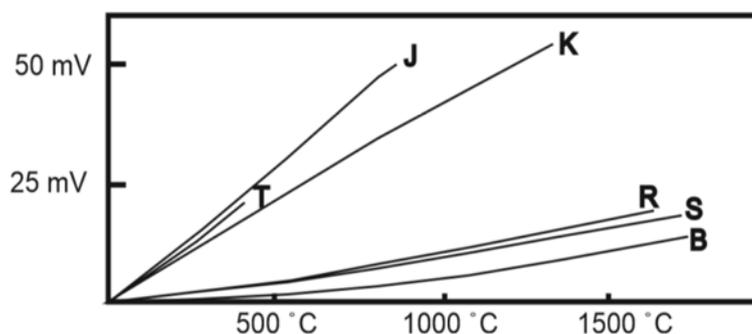
Existen una infinidad de tipos de termocuplas, en la tabla aparecen algunas de las más comunes, pero casi el 90% de las termocuplas utilizadas són del tipo J o del tipo K.

Tc	Cable + Aleación	Cable - Aleación	°C	Rango (Min, Max) mV	Volts Max
J	Hierro	cobre/nickel	(-180, 750)	42.2	
K	Nickel/cromo	Nickel/aluminio	(-180, 1372)	54.8	
T	Cobre	cobre/nickel	(-250, 400)	20.8	
R	87% Platino 13% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	21.09	
S	90% Platino 10% Rhodio	100% Platino	(0, 1767)	18.68	
B	70% Platino 30% Rhodio	94% Platino 6% Rhodio	(0, 1820)	13.814	

**Figura 2** Tipos de termocuplas

### 2.2.1.1 Linealidad de las termocuplas

La dependencia entre el voltaje entregado por la termocupla y la temperatura no es lineal (no es una recta), es deber del instrumento electrónico destinado a mostrar la lectura, efectuar la linealización, es decir tomar el voltaje y conociendo el tipo de termocupla, ver en tablas internas a que temperatura corresponde este voltaje.

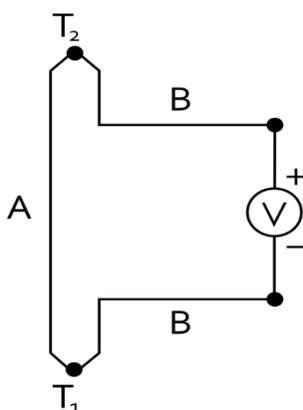


**Figura 3** Linealidad de los distintos tipos de termocuplas

**Fuente:** (teii, 2010).

### 2.2.1.2 Principio de efecto Seebeck

Al conectar dos conductores diferentes entre sí, la diferencia de temperatura entre ellos causa una diferencia de potencial en el punto de contacto, lo cual genera una corriente eléctrica en los conductores que forman el circuito. El sentido del flujo de la f.e.m. en el caso de dos metales va desde el área de mayor temperatura hacia la de menor temperatura y está en el orden de algunos micros volts por grados centígrados (ecured, 2017).



**Figura 4** Circuito que muestra el efecto Seebeck

**Fuente:** (teii, 2010).

En el caso de la unión entre un metal y un semiconductor el sentido de la f.e.m. depende del tipo de material que se utilice, P o N, y pueden alcanzar hasta 200 microvolts por grados centígrados. Los dispositivos construidos bajo este principio son conocidos como termopares.

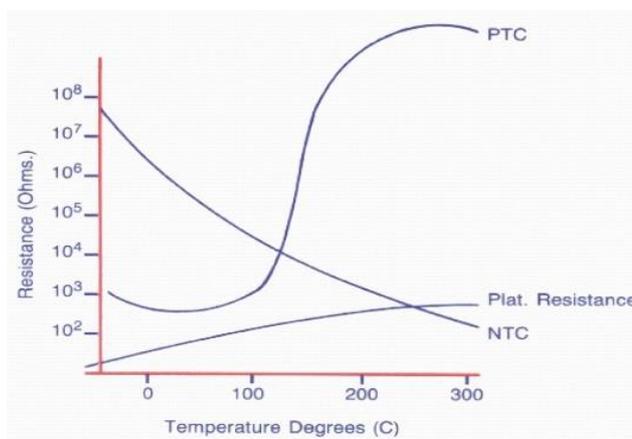
### 2.3 Termistor

El término termistor proviene de (Thermally Sensitive Resistor). Está basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura (teii, 2010).

- **Tipos de termistores**

Existen los termistores tipo NTC y los termistores tipo PTC. En los primeros, al aumentar la temperatura, disminuye la resistencia. En los PTC, al aumentar la temperatura, aumenta la resistencia. El principal problema de los termistores es que no son lineales según la temperatura por lo que es

necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y son complicados de calibrar.



**Figura 5** Curva característica del termistor

**Fuente:** (teii, 2010).

#### 2.4 RTD (Detector Termo Resistivo).

Los RTD son sensores de temperatura resistivos. En ellos se aprovecha el efecto que tiene la temperatura en la conducción de los electrones para que, ante un aumento de temperatura, haya un aumento de la resistencia eléctrica (Figura 6) que presentan al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño (del orden de los milivoltios)", el cual varía cuando la temperatura lo hace. (teii, 2010).



**Figura 6** Dispositivo RTD tipo pt100

**Fuente:** (teii, 2010).

- **TIPOS DE RTDs**

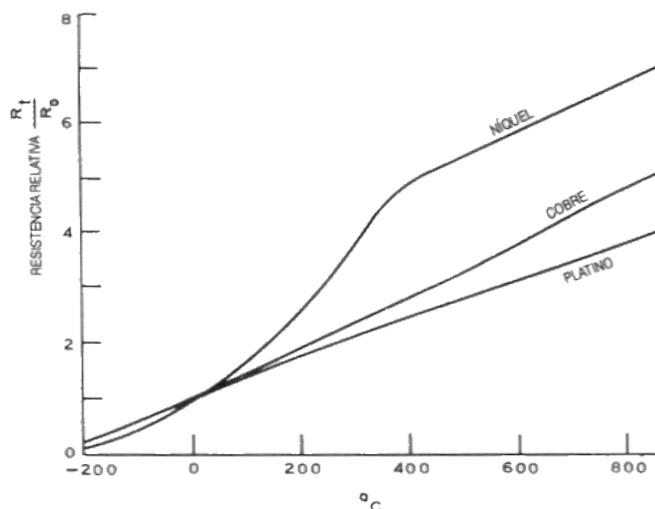
El RTD de uso más común es el Pt100 ya que es un elemento altamente confiable aplicable a un conjunto muy amplio de aplicaciones industriales. Otros RTD de uso no tan frecuente son los Pt500, Pt1000 y Ni100 estos sensores son aún más sensibles respecto a los Pt100 debido a que ofrecen una mayor variación de la impedancia respecto al mismo cambio de temperatura (teii, 2010).

Dependiendo del material del cual están hechos los sensores RTD los que hacen referencia, respectivamente, al Platino (Pt), Níquel (Ni) y Cobre (Cu). Pt100 define a un sensor de temperatura basado en Platino y que tiene un nivel del impedancia (resistencia) de 100 Ohms a una referencia de 0°C, por su parte Pt500 es un sensor también de Platino con valor de 500 Ohms a la referencia de 0°C, lo mismo pasa para los elementos Ni100 y Cu120 con valores respectivos de 100 y 120 a 0°C para el Níquel y Cobre. A menos que se especifique lo contrario nos referiremos a RTD únicamente como Pt100 que es sensor de uso más frecuente.

#### **2.4.1.1 RTD TIPO Pt100**

Según la investigación de (teii, 2010) dice lo siguiente:

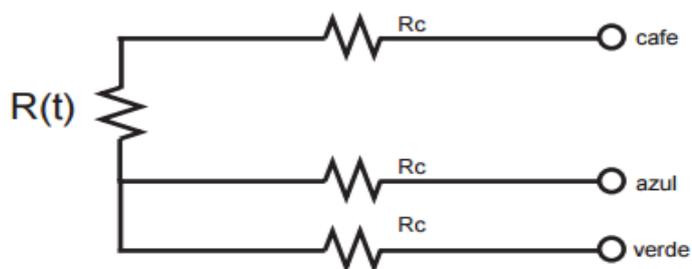
Una Pt100 es un sensor de temperatura que está constituido por un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms; es decir su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia (Figura 7), que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica, convirtiendo un tipo especial de RTD (Detector Termo Resistivo). El modo en el que la resistencia aumenta no es lineal pero si creciente, lo cual es muy característico del platino de manera que con ayuda de tablas es posible encontrar la temperatura a la que corresponde. Generalmente las Pt100 industriales se encuentran encapsuladas como las termocuplas, es decir están dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material que se conoce como vaina; en uno de los extremo está el elemento sensible, que es alambre de platino y en el otro extremo están los terminales eléctricos, protegidos dentro de un cilindro de aluminio, que se denomina cabezal (Figura 6). (teii, 2010).



**Figura 7** Curva característica de la PT100

**Fuente:** (teii, 2010)

- **Conexión de una Pt100 de tres hilos**

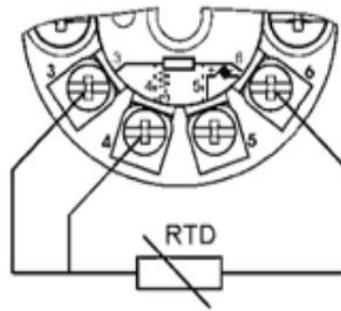


**Figura 8** Diseño de una Pt100 de 3 hilos

**Fuente:** (teii, 2010)

Según la investigación de Arian, 2011 dice lo siguiente:

El modo de conexión de tres hilos es uno de los más utilizados y el error es mucho menor que el de una conexión de dos hilos. “El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa casi siempre en el "puente de Wheatstone" (Figura 8). Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión (Figura 8). (teii, 2010)



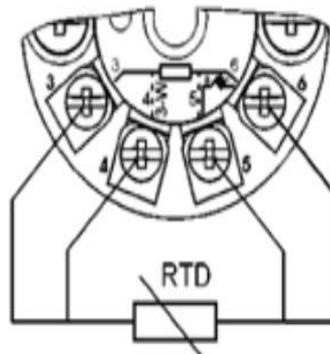
**Figura 9** Conexión de tres hilos

**Fuente:** (Mansilla, 2012)

- **Conexión de una Pt100 de cuatro hilos**

Según la investigación de (Puertas, 2012) dice lo siguiente:

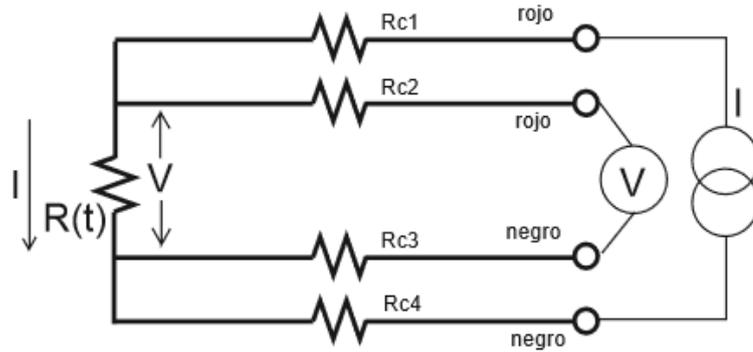
El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



**Figura 10** Conexión de cuatro hilos

**Fuente:** (Mansilla, 2012)

Por los cables 1 y 4 (3-6) se hace circular una corriente  $I$  conocida a través de  $R(t)$  provocando una diferencia de potencial  $V$  en los extremos de  $R(t)$ . Los cables 2 y 4 (4-5) están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia (Figura 11) luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables  $R_{c2}$  y  $R_{c3}$  será cero ( $dV = I_c \cdot R_c = 0 \cdot R_c = 0$ ) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje  $V$  en los extremos del elemento  $R(t)$ . Finalmente el instrumento obtiene  $R(t)$  al dividir  $V$  medido entre la corriente  $I$  conocida. (Puertas, 2012)



**Figura 11** Diseño de una Pt100 de 4 hilos

**Fuente:** (Puertas, 2012)

#### **2.4.1.2 Auto calentamiento y Corrientes de excitación**

Según la investigación de Tex, 2013 dice lo siguiente:

“Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente “I” por el elemento sensor, que permitirá medir su resistencia. Esta corriente “I” llamada "corriente de excitación", la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo. La "corriente de excitación" puede generar un efecto de calentamiento del elemento sensor, aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura. Éste problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la PT100, porque tiene menor capacidad de disipación del calor generado. (Tex, 2013)

#### **2.4.1.3 Precauciones que se deben tener con las PT100**

Según la investigación de (Tex, 2013) dice lo siguiente:

Se deben tener ciertas precauciones de limpieza y protección cuando se instala una PT100 para prevenir errores por fugas de corriente, es decir tener valores erróneos en la temperatura, que por lo general son menores a la real; esto se genera con frecuencia en ambientes muy húmedos que causan un deterioro en el cableado produciendo un paso de corriente entre ellos a través de humedad condensada. (Tex, 2013)

#### **2.4.1.4 Recomendaciones para usar una PT100**

Según la investigación de Tex, 2013 dice lo siguiente:

La PT100, si bien es cierto, es más costosa y mecánicamente un poco tan más rígida a comparación de las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas de  $-100^{\circ}\text{C}$  a  $400^{\circ}\text{C}$ , en el caso de la Pt100 adquirida. Las Pt100 pueden entregar precisiones de una décima de grado y a la vez su principal ventaja es que no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor. A las Pt100 se las puede ubicar hasta unos 30 metros del dispositivo medidor sin mayor problema, utilizando cable de cobre convencional para la extensión, tomando ciertas precauciones en la instalación. Es recomendable usar Pt100 para mediciones de  $-100^{\circ}\text{C}$  a  $400^{\circ}\text{C}$  porque tienen una precisión muy alta manteniendo su estabilidad. Se la puede usar en el proceso de alimentos en general como: envasados, pasteurizados, cocción, conservación, aguas de enfriamiento, aceites, etc., ideal también en la industria química o cámaras de secado de textiles, papel, etc... (Tex, 2013)

## **2.5 TRASMISOR DE TEMPERATURA**

- **Definición.**

Los transmisores de temperatura son equipos que permiten linealidad y acondicionar una señal. Con un transmisor de temperatura es posible que señales provenientes de termopares y RTD se extiendan longitudes más allá de las que los sensores por sí solos permiten, garantizando una señal altamente estable y confiable, la salida 4 a 20 mA es uno de los medios más populares para la transmisión de señal y control eléctrico en la industria aunque también existen salidas a Voltaje directo e incluso con protocolo de comunicación como lo es HART (teii.com.mx, s.f.).

### **2.5.1.1 Descripción.**

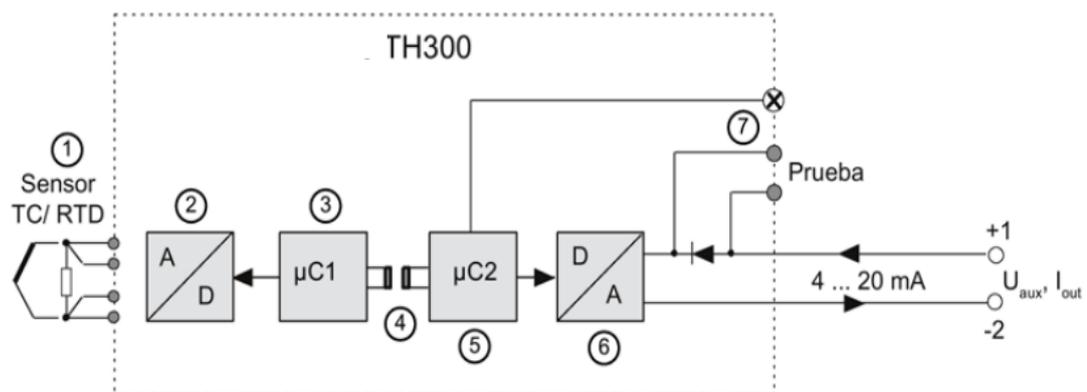
El transmisor de temperatura con el protocolo HART está diseñado para soportar todos los sensores termopares, resistencia y señales en milivoltios. La instalación es rápida y fácil con SIMATIC PDM o comunicador portátil (Figura 12).



**Figura 12** Módem VIATOR USB HART

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2016)

Algunas especificaciones que caracterizan a este equipo en algo esencial podemos destacar a continuación: Con un multímetro se puede leer directamente el valor de la corriente la cual es de 4mA a 20 mA, sin interrumpir la señal de salida. Gracias al LED de diagnóstico rojo/verde, el usuario puede saber enseguida cómo está funcionando la medición y apreciar si esta tiene fallos (Figura 13).



**Figura 13** Diagrama interno del TH-300

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2009).

### 2.5.1.2 Características del equipo

Según el manual de instrucciones (Siemens, Siemens-AG, 2009) describe lo siguiente:

- Posee un cable bifilar.
- El software de interfaz es el SIPROM PDM.

- Puede programarse el rango de medición y muchas otras magnitudes, con o sin conexión del sensor.
- Tiene una separación galvánica para protección del equipo.
- Gracias a los dos pines de prueba adicionales, se puede conectar un multímetro y medir la señal de corriente sin interferir con el bucle de corriente.
- Indicación del estado de servicio (LED verde o rojo). (Siemens, Siemens-AG, 2009).

### **2.5.1.3 Ventajas**

Según el manual de instrucciones (Siemens, Siemens-AG, 2009) describe lo siguiente:

- “Alta precisión en todo el rango de temperatura ambiente.
- Reducción de perturbaciones procedentes del entorno.
- Información de fallo en caso de rotura o cortocircuito del sensor ajustable.
- Ahorro de cables de conexión equipotencial en termopares.
- Aislamiento galvánico para una mayor precisión de medida y seguridad en mediciones con termopares.
- Se puede realizar compensación en un punto o en dos puntos.
- Electrónica robusta, totalmente moldeada
- Conexión eléctrica en áreas con riesgo de explosión”. (Siemens, Siemens-AG, 2009).

### **2.5.1.4 Desventajas**

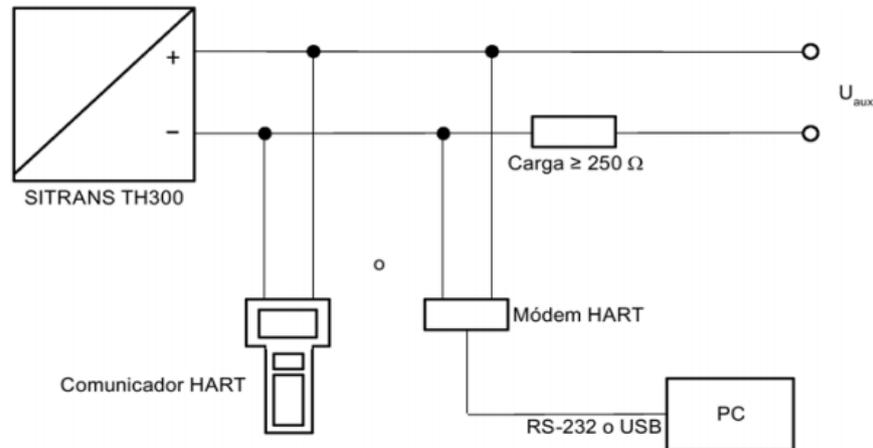
- Comandos específicos para cada dispositivo.
- Su funcionamiento se efectuara únicamente con una resistencia de carga estándar de 250 – 1100 ohms.
- La comunicación se produce mediante un cable de instrumentación de calidad estándar.
- La comunicación Hart se efectuara con dispositivos habilitados con tecnología Hart.

### 2.5.1.5 Funcionamiento

Según el manual de instrucciones (Siemens, Siemens-AG, 2009) describe lo siguiente:

La señal de medición emitida por el sensor de temperatura, “es convertida en una señal digital por un convertidor analógico-digital. A continuación la (Figura 14), esta señal se evalúa en un microcontrolador ( $\mu\text{C1}$ ), se corrige según la característica del sensor y se transmite a través de la separación galvánica al microcontrolador ( $\mu\text{C2}$ ). Allí se calculan los valores de salida analógicos, se averigua el estado de funcionamiento mediante LED y se procesan los datos de comunicación. Por medio de un convertidor analógico-digital, el valor medido es transformado en una corriente de salida de entre 4 y 20 mA. La parametrización y el manejo del transmisor de temperatura TH300 se realizan mediante un PC que se conecta al cable bifilar a través de un módulo de acoplamiento adecuado en este caso el modem HART con puerto USB. (Siemens, Siemens-AG, 2009).

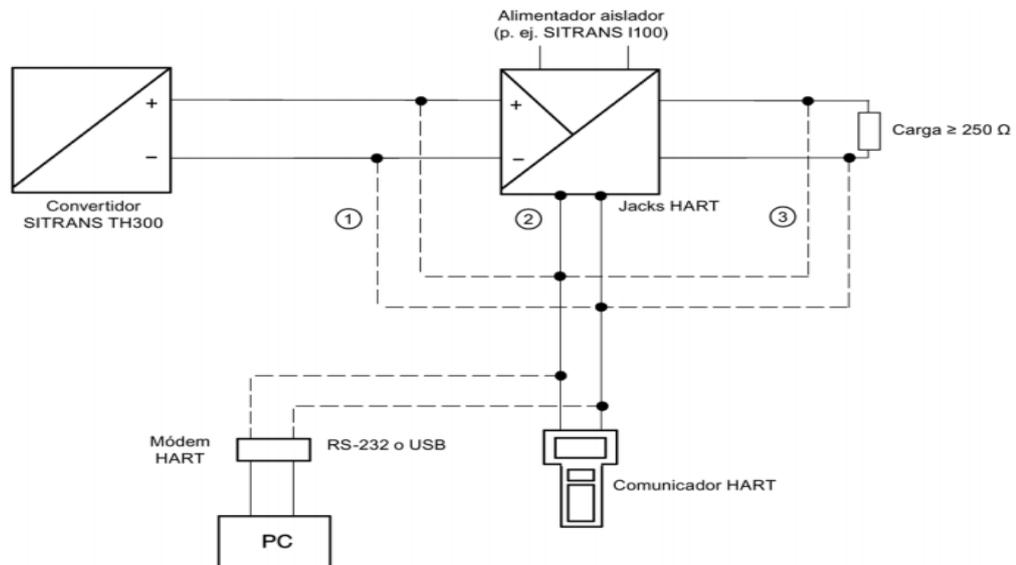
- **Comunicación HART con suministro de alimentación**



**Figura 14** Comunicación HART con suministro de alimentación

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2013)

- **Comunicación HART con suministro vía alimentador aislador**



**Figura 15** Comunicación HART con suministro vía alimentador aislador

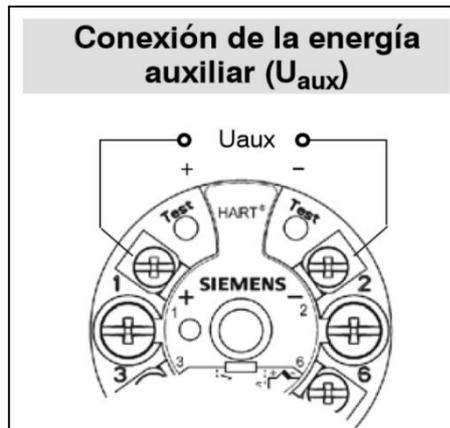
**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2013)

- ① Con una alimentación con seguridad intrínseca solo pueden utilizarse comunicadores o módems HART con seguridad intrínseca.
- ② Comunicación HART vía jacks HART del alimentador aislador
- ③ La carga de  $\geq 250 \Omega$  solo es relevante si la comunicación HART se desarrolla a través de esta rama. En cualquier otro caso, carga de 0 a  $650 \Omega$  para versiones ① o ②

### 2.5.1.6 Conexiones

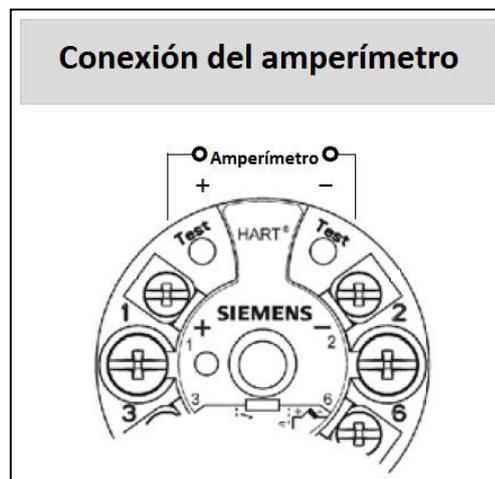
Según el manual de instrucciones (Siemens, Siemens-AG, 2009) describe lo siguiente:

Para conectar la energía auxiliar de alimentación, se deben conectar los bornes como se muestra en la (Figura 16), a pesar de que el aparato está protegido contra la inversión de polaridad es recomendable tener siempre en cuenta su polaridad. En los bornes de prueba, conecte el amperímetro en prueba (+) y prueba (-) en la (Figura 17). A partir de ese momento, podrá controlar la corriente de entre 4 y 20 mA. Y en el caso de la RTD a tres hilos se deberá conectar los bornes como se muestra en la Figura 18 (Siemens, Siemens-AG, 2009).



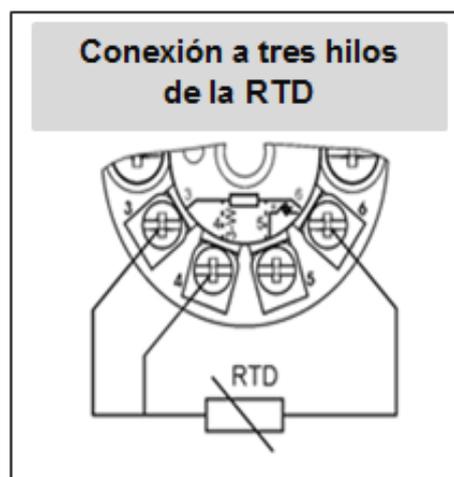
**Figura 16** Esquema de conexión de la energía auxiliar

**Figura:** (Siemens, Siemens-AG, 2009)



**Figura 17** Esquema de conexión del amperímetro

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2010)



**Figura 18** Esquema de conexión de la RTD a tres hilos

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2010)

## 2.6 Ventilador

### 2.6.1.1 Definición de ventilador

Un ventilador es una máquina de fluido, más exactamente una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire. Se utiliza para usos muy diversos como: ventilación de ambientes, refrescamiento de máquinas u objetos o para mover gases, principalmente el aire, por una red de conductos.



**Figura 19** Ventilador 12vDC

**Fuente:** (definicionabc.com, s.f.)

### 2.6.1.2 Partes básicas de un ventilador

- Rodamientos
- Marco
- Rotor
- Motor

### 2.6.1.3 Tipos de ventiladores

- Tamaño
- PWM vs. Voltaje
- Conectores de los ventiladores
- Conectores de las placas y reguladores

### 2.6.1.4 Ruido generado por ventiladores

- dB en ventiladores
- Un ventilador vs. varios ventiladores

Considerado uno de los elementos más útiles y necesarios para el confort, el ventilador es básicamente una máquina que tiene como objetivo principal la generación de una corriente de aire permanente que, sin embargo, puede variar su intensidad o dirección de acuerdo al interés de quien lo maneje (ecured, 2017).

Los ventiladores pueden ser objetos de uso personal (por ejemplo en una casa) como también partes de máquinas mayores que necesitan de su presencia para asegurar la ventilación de sus partes internas e impedir así el recalentamiento (por ejemplo, los ventiladores que se haya dentro de las computadoras).

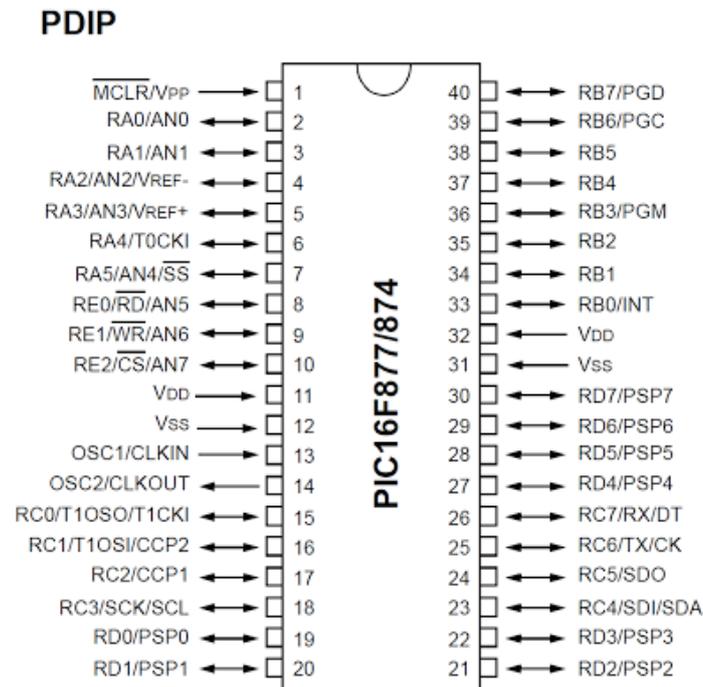
## **2.7 Microcontrolador**

### **2.7.1.1 Definición de Microcontrolador**

Según el manual de instrucciones (Microchip, 2014) describe lo siguiente:

El microcontrolador es un circuito integrado que contiene toda la estructura de un microcomputador o microprocesador, o sea CPU, RAM, ROM y circuitos de entrada y salida.

En la actualidad existen microcontroladores más especializados que poseen además convertidores análogos digital, temporizadores, contadores y un sistema para permitir la comunicación en serie y en paralelo; pudiendo crear aplicaciones ilimitadas con los microcontroladores, todo dependerá del diseño y las funciones que debe realizar. (Microchip, 2014)



**Figura 20** Diagrama de Pines del PIC16F877A

**Fuente:** (Microchip, 2014)

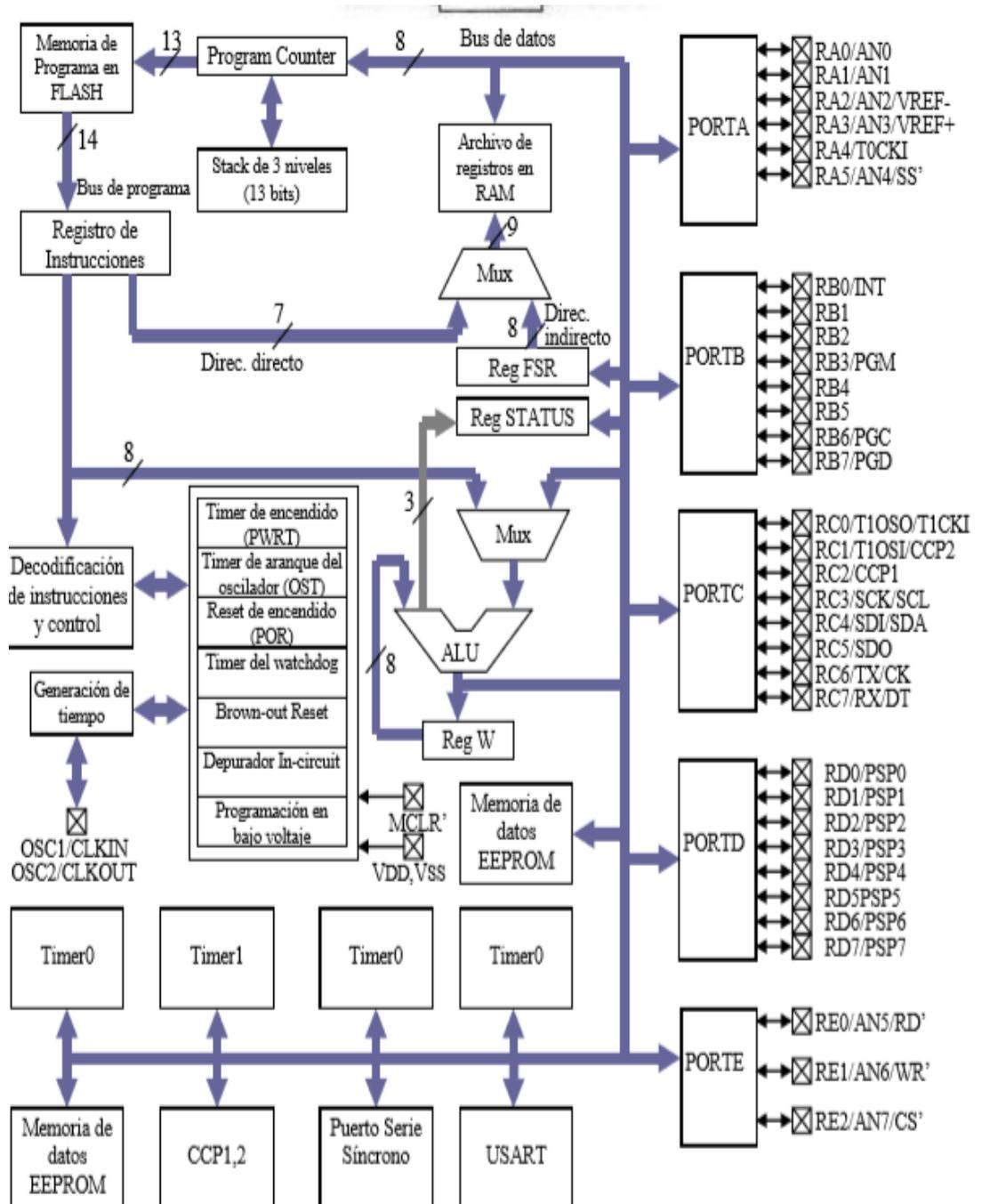
### 2.7.1.2 PIC16F877A

Según el manual de instrucciones (Microchip, 2014) describe lo siguiente:

El microcontrolador PIC16F877A de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución. (Microchip, 2014)



**Figura 21** Diagrama de Bloques del PIC16F877A

Fuente: (Microchip, 2014)

### 2.7.1.3 Características generales Del PIC16F877A

Según el manual de instrucciones (Microchip, 2014) describe lo siguiente

Es una lista de las características que comparte el PIC16F877A con los dispositivos más cercanos de su familia:

**Tabla 1**

Familias de los PIC

PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
-----------	-----------	-----------	-----------

**Fuente:** (Microchip, 2014)**CPU:**

Según el manual de instrucciones (Microchip, 2014) describe lo siguiente:

- Tecnología RISC
- Sólo 35 instrucciones que aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos
- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (200 nseg de ciclo de instrucción)
- Opciones de selección del oscilador (Microchip, 2014)

**Memoria:**

Según el manual de instrucciones (Microchip, 2014) describe lo siguiente:

- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa
- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Lectura/escritura de la CPU a la memoria flash de programa
- Protección programable de código
- Stack de hardware de 8 niveles Reset e interrupciones:
- Hasta 14 fuentes de interrupción
- Reset de encendido (POR)
- Timer de encendido (PWRT)
- Timer de arranque del oscilador (OST)
- Sistema de vigilancia Watchdog timer.
- **Otros:**
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 volts
- Alta disipación de corriente de la fuente: 25Ma

- Rangos de temperatura: Comercial, Industrial y Extendido
- Bajo consumo de potencia:
- Menos de 0.6mA a 3V, 4 Mhz
- 20  $\mu$ A a 3V, 32 Khz (Microchip, 2014)

#### **2.7.1.4 Almacenamiento de la Programacion**

El PIC cuenta con pines por donde le llegará la señal analógica, estos pines deben configurarse como entradas analógicas, el conversor analógico digital PIC cuenta con un circuito que carga un condensador interno al PIC con la tensión analógica que le está llegando a la entrada analógica, luego la tensión almacenada en el condensador lo convierte en un número binario de 10 bits que representará la tensión almacenada en el condensador, este número binario se guarda en sus registros **ADRESH** y **ADRESL** de 8 bits cada uno pero estos actúan como un solo registro de 16 bits, en el registro ADRESH se guardan los bits más significativos y en el registro ADRESL se guardan los bits menos significativos, el número que representa la tensión almacenada en el condensador y guardado en forma binaria dentro de estos registros será de 10 bits para el PIC16F877A, la cantidad de bits de este número depende del conversor analógico digital PIC del microcontrolador PIC utilizado (gomez, s.f.).

#### **2.7.1.5 Importancia del oscilador de 4 MHZ**

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. El circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877a puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son

**RC-** Oscilador con Resistencia y condensador.

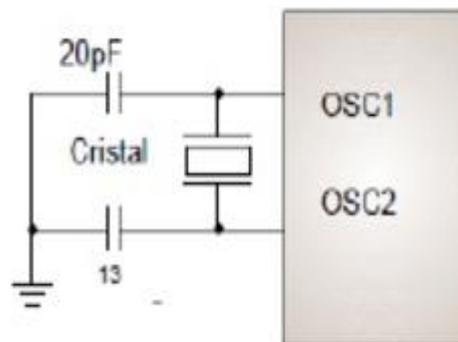
**XT-** Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).

**HS-** Cristal de Alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).

**LP-** Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de Oscilador se usa. Esto se hace a través de unos fusibles llamados “fusibles de configuración”.

El tipo de oscilador que se sugiere para las prácticas es el XT con un cristal de 4 MHz, porque garantiza precisión y es muy comercial. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz en este caso, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El Cristal debe ir acompañado de dos condensadores (gomez, s.f.).



**Figura 22** cristal acompañado de 2 condensadores

**Fuente:** (Microchip, 2014)

## 2.8 TARJETA DE ADQUISICION DE DATOS

### 2.8.1.1 Definición

La adquisición de datos (DAQ) es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. Un sistema DAQ consiste de sensores, hardware de medidas DAQ y una PC con software programable. Comparados con los sistemas de medidas tradicionales, los sistemas DAQ basados en PC aprovechan la potencia del procesamiento, la productividad, la visualización y las habilidades de conectividad de las PCs estándares en la industria proporcionando una solución de medidas más potente, flexible y rentable (Instruments, NI MyRIO, 2013).

### 2.8.1.2 Partes de un Sistema de DAQ



**Figura 23** Sistema de DAQ

**Fuente:** (National, 2015)

### 2.8.1.3 Función de la PC en un sistema DAQ

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente.

Una PC con software programable controla la operación del dispositivo DAQ y es usada para procesar, visualizar y almacenar datos de medida. Diferentes tipos de PCs son usadas en diferentes tipos de aplicaciones. Una PC de escritorio se puede utilizar en un laboratorio por su poder de procesamiento, una laptop se puede utilizar por su portabilidad o una PC industrial se puede utilizar en una planta de producción por su robustez.

### 2.8.1.4 NI My Rio-1900

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente

La compañía National Instruments desarrolló la tarjeta NI MyRIO, que es un hardware embebido diseñado específicamente para facilitar el desarrollo de sistemas de ingeniería avanzados, de manera más rápida y económica que antes. Actualmente existen disponibles dos versiones, la versión cubierta de NI MyRIO (-1900) que ofrece habilidad WiFi, 3 puertos de E/S y una cubierta, mientras que la versión de tarjeta únicamente (NI myRIO-1950) ofrece un tamaño más pequeño sin WiFi y con 2 puertos de E/S. (National, 2015)



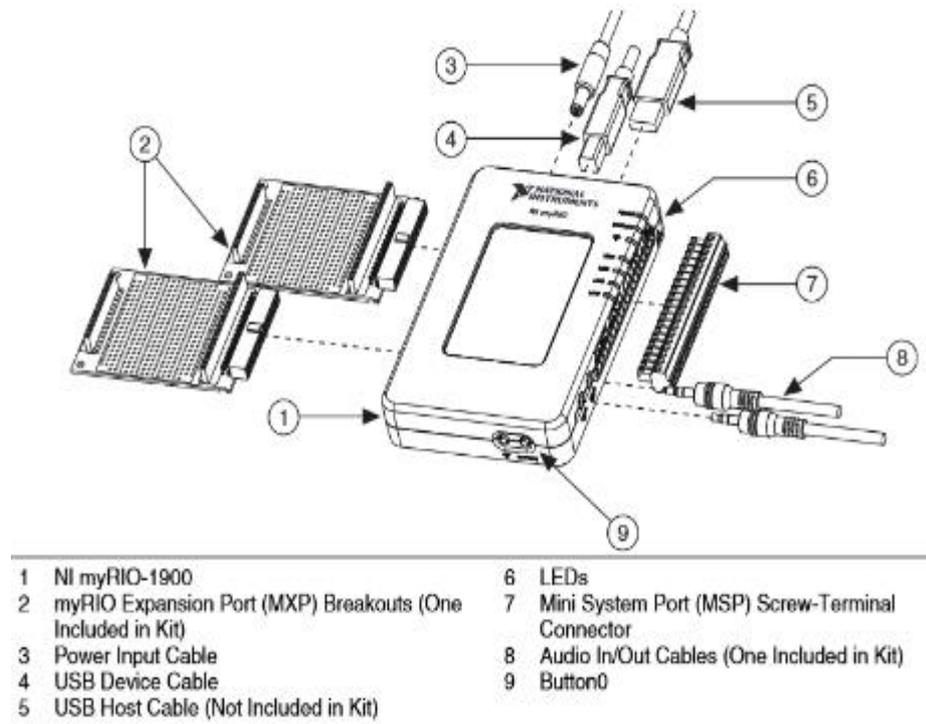
**Figura 24** NI MyRIO.

**Fuente:** (National, 2015)

#### **2.8.1.5 Tarjeta NI My Rio-1900**

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente

El dispositivo NI MyRIO permite interactuar con el Zynq-7010 Sistema en un Chip completamente programable (SoC) para liberar el poder del software de diseño de sistemas NI LabVIEW en aplicaciones de tiempo-real (real-time RT) y en nivel FPGA. De esta forma en lugar de invertir tiempo en la depuración de sintaxis de código o en desarrollar interfaces de usuario, los estudiantes pueden usar el paradigma de programación gráfica de LabVIEW para enfocarse en construir sus sistemas y resolver sus problemas de diseño sin la presión agregada de una herramienta complicada. El NI Myrio-1900 proporciona una entrada analógica (AI), la salida analógica (AO), entrada y salida digital (DIO), audio y salida de energía en un dispositivo integrado compacto (Figura 25). El NI Myrio-1900 se conecta a un ordenador host a través de USB y dispositivos inalámbricos 802.11b, g, n. (National, 2015)



**Figura 25** NI MyRIO 1900.

**Fuente:** (National, 2015)

### 2.8.1.6 CARACTERÍSTICAS NI MyRIO

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente

El MyRIO utiliza un procesador Z-7010 Xilinx con 2 núcleos a 667 MHz cada uno. A NVM (memoria no volátil) de 256 MB y una memoria DDR3 de 512 MB con una frecuencia de reloj de 533 MHz y un bus de datos de 16 bits. Los puertos host USB y dispositivos son puertos USB 2.0 de alta velocidad. La entrada de audio es una entrada de un equipo de música que consiste en dos canales de una sola terminal CA acoplada. La impedancia de entrada es de 10k en corriente directa de una gama nominal de  $\pm 2,5$  y un ancho de banda de 2 Hz a 20 KHz a como se esperaba para el audio.

### 2.8.1.7 Descripción de conectores del NI MyRIO

El NI-1900 MyRIO tiene canales de entrada analógica en MyRIO de puertos de expansión (MXP) conectores A y B (Figura 26), puerto Mini Sistema (MSP) del conector conectores C (Figura 27). MXP llevar a conjuntos idénticos de señales. (National, 2015)

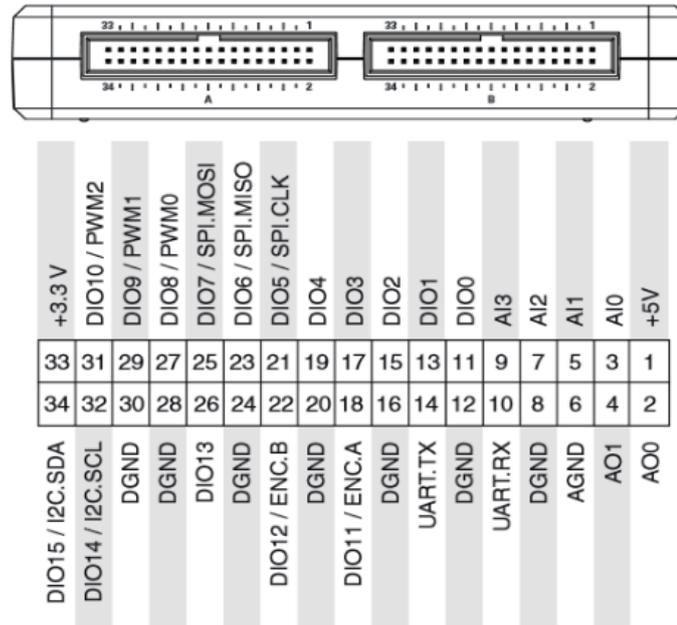


Figura 26 MyRIO 1900.

Fuente: (National, 2015)

La figura a continuación muestra las señales en el mini puerto del sistema (MSP) conector C.

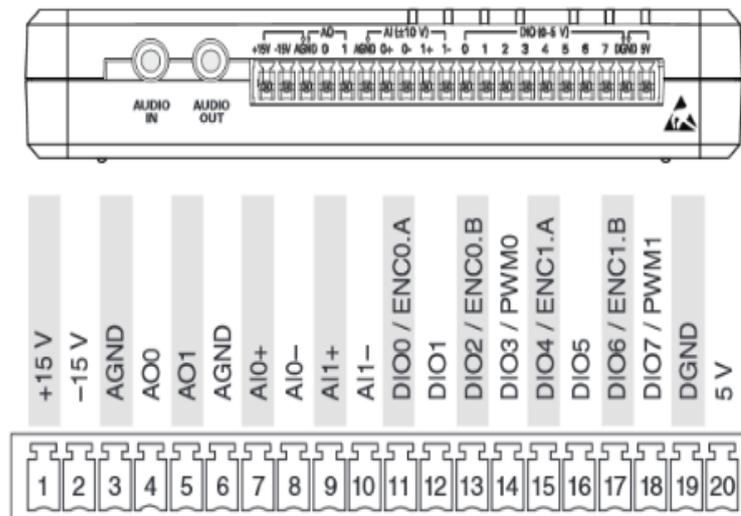


Figura 27 NI MyRIO 1900 conector C.

Fuente: (National, 2015)

### 2.8.1.8 Requerimientos

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente

#### Software

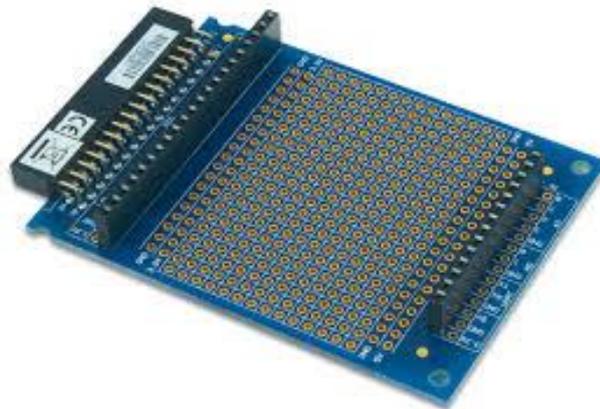
- NI LabVIEW 2016 o versiones superiores.
- NI LabVIEW MyRIO Toolkit 2016

- NI LabVIEW Real-Time 2016
- Xilinx Compilation Tools 14.4
- Hardware
- Tarjeta NI MyRIO
- Fuente de alimentación para NI MyRIO
- Cable USB para NI MyRIO
- Kit de inicio de NI MyRIO (PCB proporcionada por el instructor)
- Sistema Compact RIO
- Cable de Poder
- Cable de Ethernet (National, 2015)

#### **2.8.1.9 Puerto de Expansión (MXP) NI MyRIO**

Según el manual de instrucciones (National, 2015) describe lo siguiente

El Accesorio de Protoboards de Puerto de Expansión (MXP) NI MyRIO ayuda a los estudiantes a conectar fácilmente sensores y circuitos personalizados a E/S MXP. Se vende en paquetes de cinco tarjetas, este accesorio incluye orificios pre-elaborados para soldar, dispuestos a un espacio de montaje estándar para rápida conectividad. (National, 2015)



**Figura 28** Puerto de Expansión (MXP) NI MyRIO

**Fuente:** (National, 2015)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL TEMA.

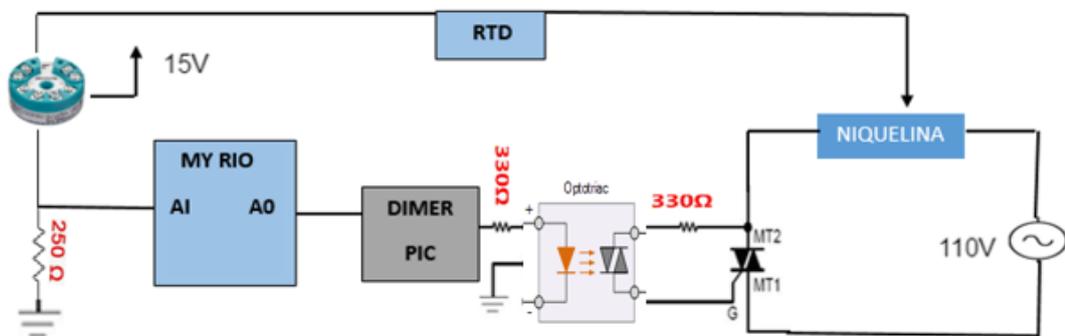
#### 3.1 Preliminares

- Flujo: Calor.
- El nivel mínimo: 20°C y el nivel máximo: 60°C.
- Temperatura máxima de temperatura de la caja térmica es: 80°C.
- La temperatura del proceso no es corrosivo ni tampoco abrasivo.

#### 3.2 Operación del proceso.

Se realiza un control de temperatura donde es suministrado desde una caja termica lo cual es de un material resistente al calor donde se encuentra una base de barro y la niquelina de 600w eso ayuda a dar calor para el flujo de salida de aire por dos ventiladores de 12vDC por lo tanto la RTD Tipo Pt100 envía niveles de temperatura al transmisor th 300, en el software desarrollado se presenciara señales y niveles de temperatura en tiempo real el cual nos indica el setpoint y la variable del proceso. Una vez que el setpoint alcanza cierto nivel máximo de temperatura hasta alcanzar una temperatura máxima, una vez alcanzada la temperatura deseada se comienza a establecer el nivel de temperatura el cual va tener un error de sobre impulsó, cuando el nivel de temperatura de la caja baja al nivel mínimo siempre va tener un tiempo sumamente lento. Se observara los niveles y señales en el programa desarrollado en LabVIEW.

##### 3.2.1.1 Diagrama de la operación del proceso



**Figura 29** Diagrama de la operación del proceso

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

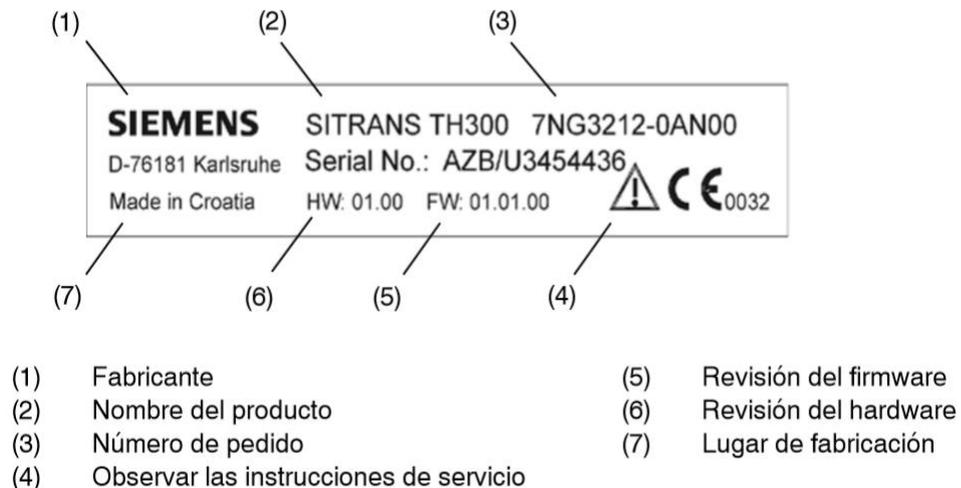
Para la implementación del proyecto técnico fueron necesarios los siguientes dispositivos:

### 3.3 Transmisor TH 300

Lo que se buscó con el transmisor de temperatura TH-300 es ampliar la gama de sensores con los que puede funcionar, añadiéndole los distintos tipos de termocuplas y RTDs que podemos encontrar en el mercado, permitiendo de este modo donde se adapte más a sus necesidades porque las posibles conexiones a realizarse son más amplias que las que se tenía anteriormente con el TH-200. Además permite tener rangos de medida más amplios, si es verdad la precisión de la temperatura adquirida disminuirá con la RTD Tipo Pt100 pero los costos serán mucho más económicos al momento de adquirir sensores.

#### 3.3.1.1 Detalles de la placa

En el dispositivo “se encuentra la placa de características con el número de pedido y otros datos importantes sobre el producto lo cual se usó para control de temperatura.



**Figura 30** Estructura de la placa de características

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2013)

#### 3.3.1.2 Indicaciones de servicio LED

**Tabla 2**

Indicaciones del LED del SITRANS TH-300

ESTADO	COLOR	SIGNIFICADO
<b>No funciona</b>	No se enciende	“No hay suficiente tensión de suministro”
<b>Encendido</b>	Verde (continuo)	Todo está funcionando adecuadamente, no existen errores.
<b>Error</b>	Rojo	Señala errores.
	(intermitente)	Fallos en el servicio.
	(continuo)	“Errores internos en el aparato de RAM, ROM, EEPROM, CHECKSUM, WATCHDOG, LIFO, o bien señala que la temperatura ambiente no está dentro del rango permitido.
	(intermitente aprox. 2 Hz)	Indica errores ajenos al aparato como: rotura de un cable, cortocircuito en el sensor, sensor fuera de los valores límite”.

**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2010)

### 3.3.1.3 Puesta en servicio

Los datos de servicio del transmisor se deben ajustar de acuerdo con la tarea de medición que el aparato vaya a efectuar. Los datos de servicio deben coincidir con los datos que figuran sobre la placa de características. Al conectar la energía auxiliar (Figura 16), el transmisor se pondrá en funcionamiento después de un intervalo de arranque de 10 segundos aproximadamente, para que los valores medidos sean estables, después de conectar la tensión de suministro es recomendable dejar que el transmisor se caliente por 5 minutos.

### 3.3.1.4 Control de rotura de cables

Las termocuplas y la PT100 “permiten efectuar un control de rotura de cables específico del canal de medición. En las termorresistencias y los emisores de resistencia, el control de rotura está permanentemente activo. Si se rompe un cable, no se podrá averiguar la temperatura de referencia del sensor interno, es decir la temperatura del sistema electrónico, pero si el

control de rotura de cables está activado, todos los cables del sensor se encuentran sometidos a un control permanente de roturas.

En caso de error, se emite la corriente de defecto programada de 3,6 mA a 23 mA, la cual podrá ser modificada según la necesidad del usuario”. En caso de que se rompa un cable estando desactivado el control de rotura, puede haber errores en el valor medido y en los valores de temperatura interna del sistema electrónico. (Siemens, Siemens-AG, 2009)

### 3.3.1.5 Parámetros de fábrica

A través del comando de menú “Calibración hecha en fábrica”, se puede restablecer la configuración que el transmisor tenía al salir de fábrica. Una vez restablecidos los ajustes de fábrica, el SITRANS TH200 o el SITRANS TH300 poseen la siguiente configuración (Siemens, Siemens-AG, 2009)

**Tabla 3**

Parametrización de fábrica

Parámetros	Se establece el siguiente valor
TAG	No se establece el ajuste original
Descripción	No se establece el ajuste original
Aviso	No se establece el ajuste original
Número de serie	No se establece el ajuste original
Fecha de instalación (Sistema Eléctrico)	No se establece el ajuste original
Clase de sensor	Termo resistencia
Tipo de sensor	PT100 DIN IEC 751
Conexión	Conexión Estándar
Conexión del sensor	Conexión a tres hilos
Factor del sensor	1.00
Offset del sensor 1	0.00 °C
Comienzo del rango de medición	0 °C

Final del rango de medición	100 °C
Unidad	°C
Control de rotura	ON
Detección de cortocircuito	OFF

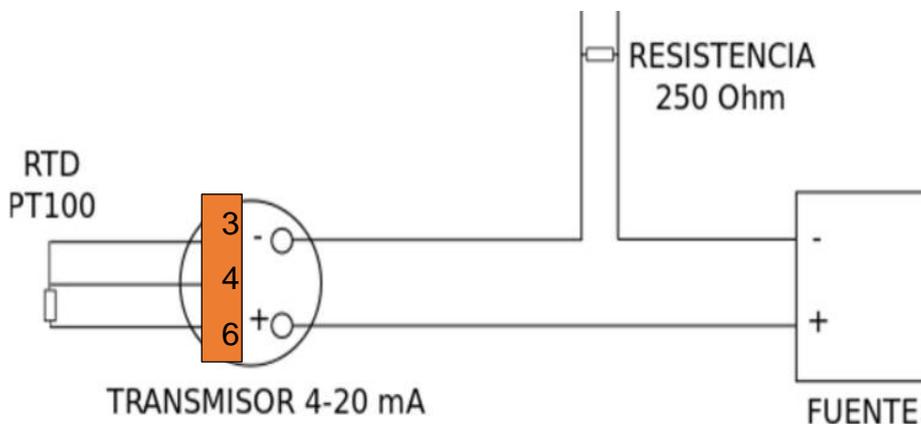
**Fuente:** (Siemens, Siemens-AG, 2010)

### 3.4 RTD Tipo PT100

Para el proyecto fue usado un sensor de temperatura por el cual se decidió por el uso una Pt100 de 3 hilos debido a sus características y su clasificación. El dispositivo mencionado fue la mejor alternativa para adquirir señales de temperatura ya que cuenta con una señal resistiva de 100ohm a 0°C (ecured, 2017) .

La facilidad que da la conexión de la PT100 es tener una temperatura real, sin compensación interna por el cual podemos observar en el programa desarrollado de LabVIEW.

- **Conexión de la RTD Tipo Pt100**



**Figura 31** Conexión de la RTD

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

### 3.5 Tarjeta de Adquisición de Datos NI MyRIO

El software nos facilita la interacción entre la PC y el usuario para adquirir, analizar y presentar datos de medidas. También es una aplicación pre-construida con funcionalidad predefinida o un entorno de programación para construir aplicaciones con funcionalidad personalizada. Las

aplicaciones que nos presta las tarjeta son personalizadas generalmente son usadas para automatizar múltiples funciones de un dispositivo DAQ, realizar algoritmos de procesamiento de señales y mostrar interfaces de usuario personalizadas (Instruments, Adquisición de Datos, 2016).

### 3.5.1.1 Canales de entrada analógicos

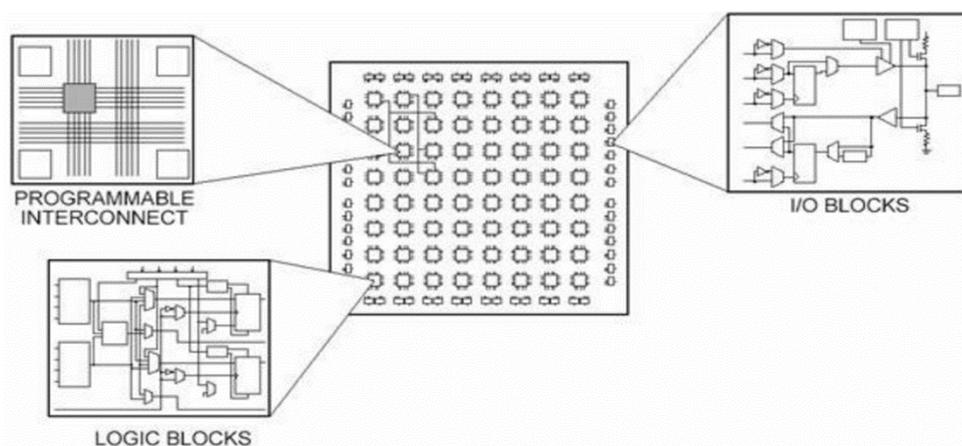
El NI-1900 MyRIO tiene canales de entrada analógica en el puerto de expansión MyRIO (MXP) conectores A y B, puerto Mini Sistema (MSP) Conector C, y un conector de entrada de audio estéreo. Las entradas analógicas son multiplexadas a un convertidor único de analógico a digital (ADC) que se muestran en todos los canales.

El conector MXP A y B tienen cuatro canales de entrada analógica de una sola terminación por conector, AI0-AI3, que se puede utilizar para medir las señales 0-5V. (Instruments, 2013)

El conector MSP C tiene dos canales de entrada analógica diferencial de alta impedancia, AI0 y EA1, que se puede utilizar para medir señales de hasta  $\pm 10$  V. Las entradas de audio son entradas de línea estéreo izquierdo y derecho con un rango de  $\pm 2,5$  V a escala completa. (Instruments, 2013).

### 3.5.1.2 Partes de una FPGA

Cada chip de FPGA está hecho de un número limitado de recursos predefinidos con interconexiones programables para implementar un circuito digital reconfigurable y bloques de E/S para permitir que los circuitos tengan acceso al mundo exterior.



**Figura 32** Partes de una FPGA

**Fuente:** (Instruments, NI MyRIO, 2013)

### 3.6 Software

Para desarrollar la programación para el control de temperatura se utiliza el software LabVIEW.

#### 3.6.1.1 LabVIEW MyRIO 2014

En cuanto al software para desarrollar el control PID se utiliza LabVIEW para crear instrumentos virtuales que ayudan a visualizar valores de temperatura que proporciona la caja termica, de mejor manera el estado del proceso que se lleva a cabo. Se eligió este software porque permite establecer una comunicación entre el Trasmisor th 300 y el PC para enviar y recibir datos de manera serial para control de temperara.



**Figura 33** Software LabVIEW 2014

**Fuente:** (National, 2014)

### 3.7 Caja termica de temperatura

Caja térmica para altas temperaturas. La caja térmica se compone de una carcasa y un registrador de datos de 2 canales accionado por baterías para mediciones de altas temperaturas. El registrador de datos de la caja térmica P se puede ajustar a través del PC, iniciándolo y parándolo.

#### 3.7.1.1 Construcción de la caja termica

Para la construcción de una caja térmica decidimos emplear en un 80% aproximadamente un material que fuera resistente al calor y que cumpliera

con las mismas características de resistencia y aislamiento de la energía térmica, así que usamos madera con un aislante de fibra de vidrio para toda la estructura interna, para la estructura exterior se utilizó el material sika el cual sirve para que no haya filtraciones de humedad.

La caja tiene dos ventiladores de 12VDC y una estructura interna que tiene una base de barro y una niquelina de 600W con una fuente externa para su funcionamiento. La caja construida es accesible y manipulable por cualquier persona



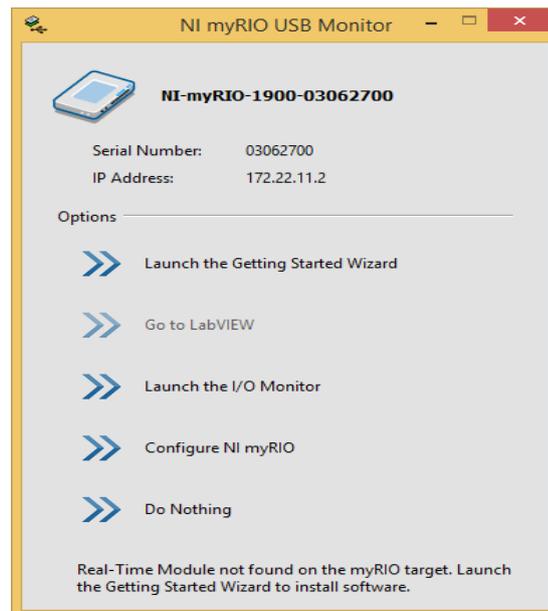
**Figura 34** Caja térmica

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

### **3.8 Instalaciones Del NI MyRIO 1900**

Es necesario instalar el software NI LabView MyRIO 2014, incluido drivers y el módulo FPGA antes de conectar el NI MyRIO a cualquier puerto USB del computador.

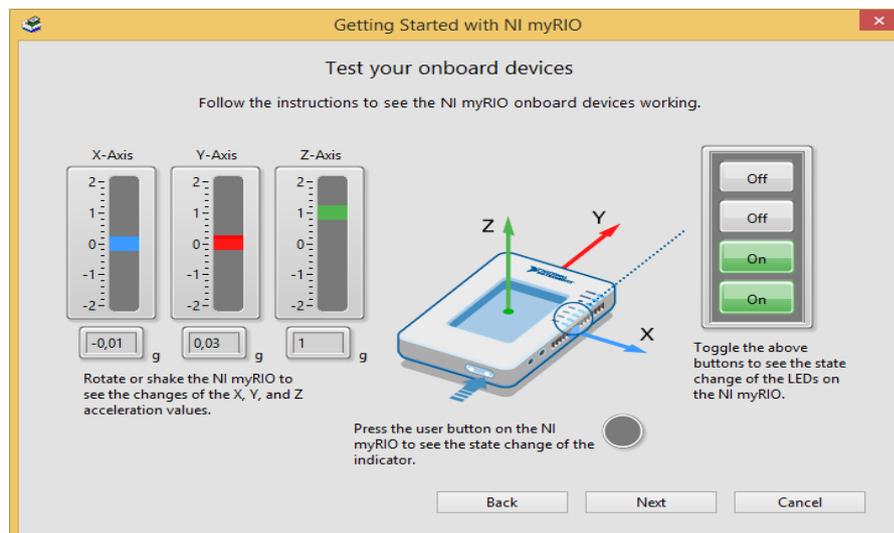
El momento que se conecta por primera vez el NI MyRIO al computador (Figura 35), aparece la siguiente ventana



**Figura 35** NI MyRIO USB Monitor.

**Fuente:** (myRio, 2016)

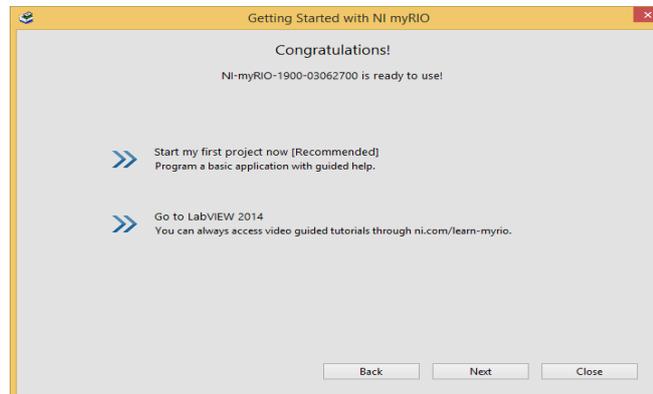
En la (Figura 35) aparece el número de serie y la dirección IP del NI MyRIO, Finalizada el reconocimiento del NI MyRIO aparece una ventalla donde nos da diferentes configuraciones para la prueba del dispositivo, en esta se comprueba el funcionamiento de cada parte de la tarjeta NI MyRIO.



**Figura 36** Prueba del NI MyRIO

**Fuente:** (myRio, 2016)

Una vez realizado las pruebas del NI MyRIO como se observa en la (Figura 37), pulse sobre el botón Next que aparecerá otra ventana donde menciona que el dispositivo está listo para su diferente uso.

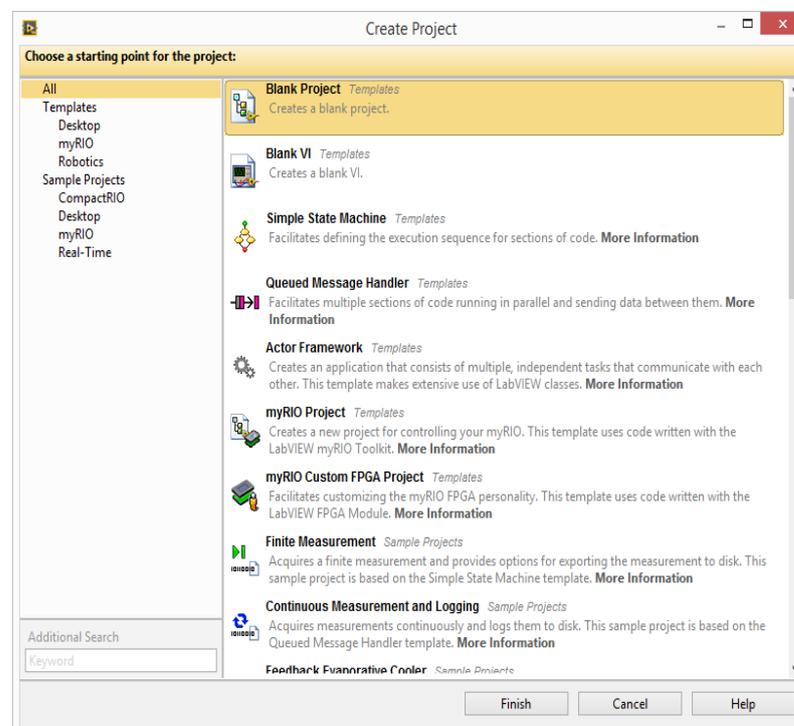


**Figura 37** Ventana de instalación correcta.

**Fuente:** (myRio, 2016)

### 3.9 Procedimiento del control de temperatura

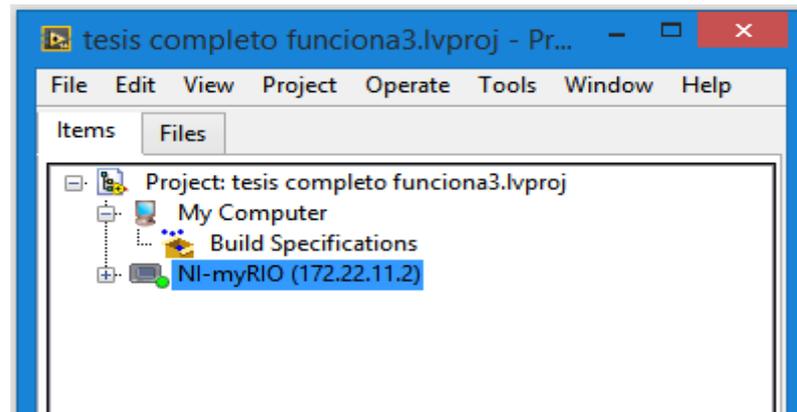
Pulse el botón Next para terminar la instalación de la tarjeta NI MyRIO que se muestra en la Figura 37 Ventana de instalación correcta.. Abra LabVIEW 2014, cree un nuevo proyecto, asigne un nombre por ejemplo: adquisición de control de temperatura.



**Figura 38** Ventana de proyecto en blanco para el control de temperatura.

**Fuente:** (myRio, 2016)

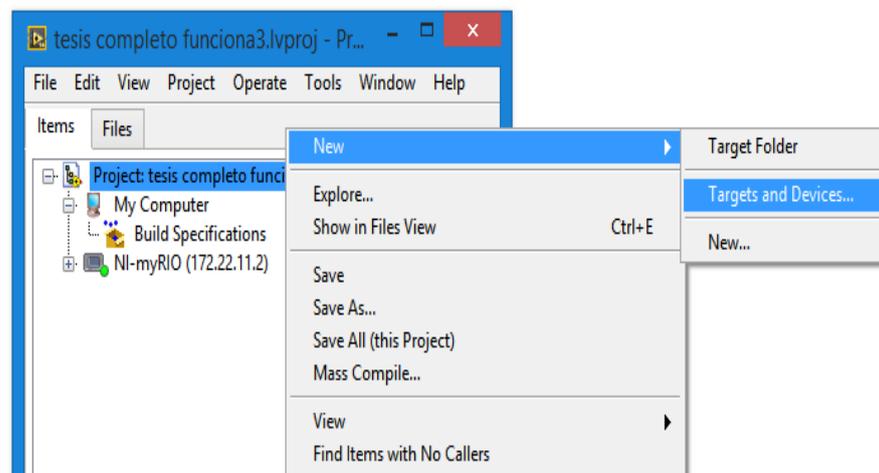
Se abre una nueva ventana con el nombre del proyecto creada



**Figura 39** Proyecto control de temperatura creada.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

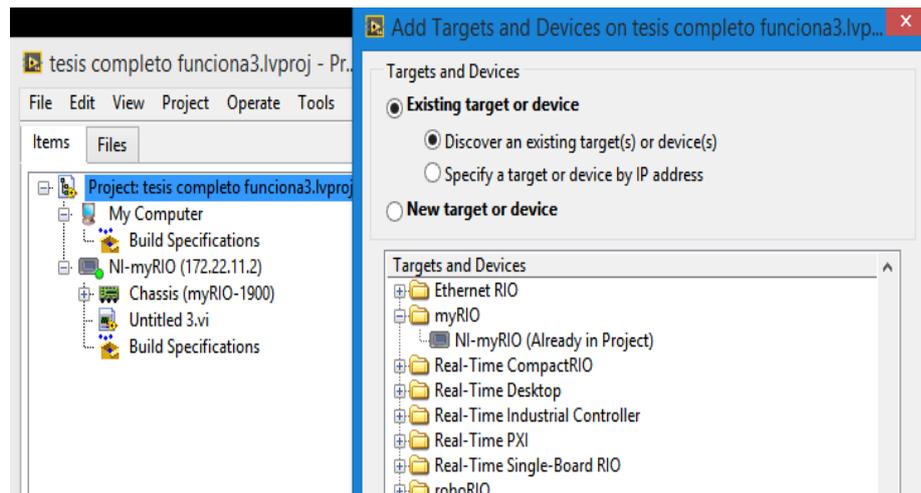
Pulse el botón derecho del mouse sobre el nombre del proyecto para agregar un nuevo dispositivo.



**Figura 40** Agregar nuevo dispositivo al proyecto

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

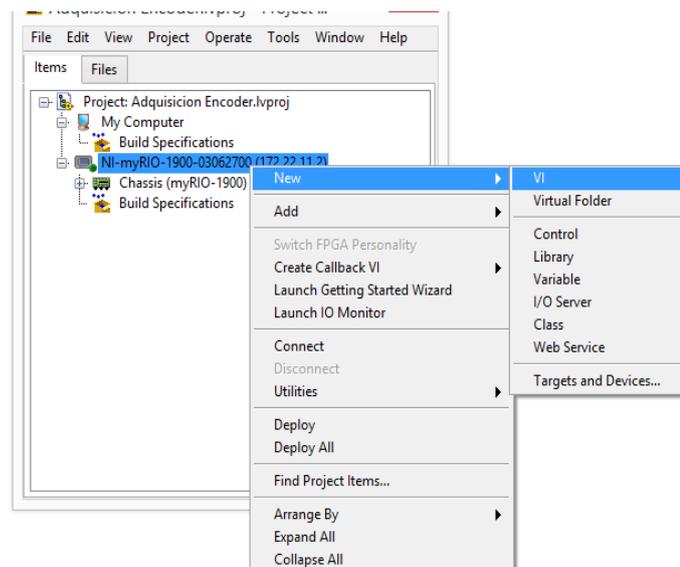
En la ventana que aparece, abra la carpeta MyRIO y selecciono el dispositivo detectado como se observa en la Figura 41, pulso el botón OK para continuar.



**Figura 41** Selección del NI MyRIO para el encoder.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

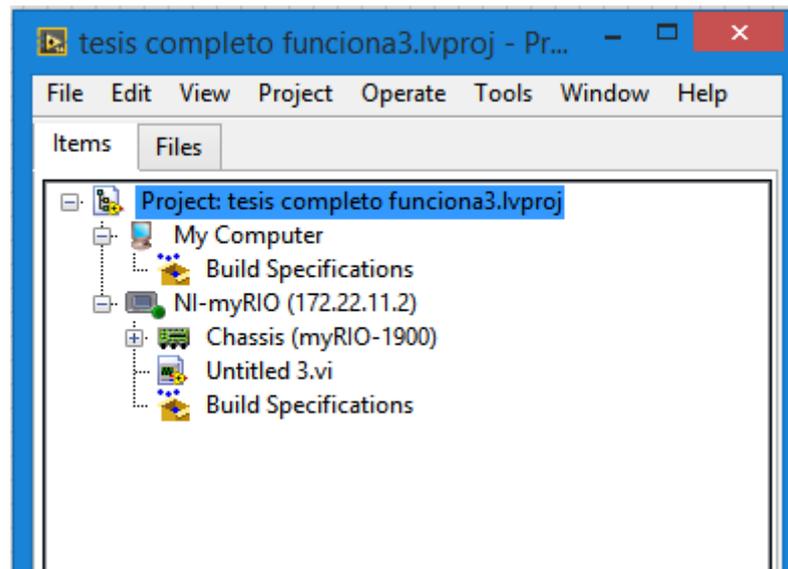
Realicé un clic derecho sobre el dispositivo NI MyRIO para crear un VI con el nombre control de temperatura.



**Figura 42** Agregar un VI al dispositivo para el control de temperatura

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

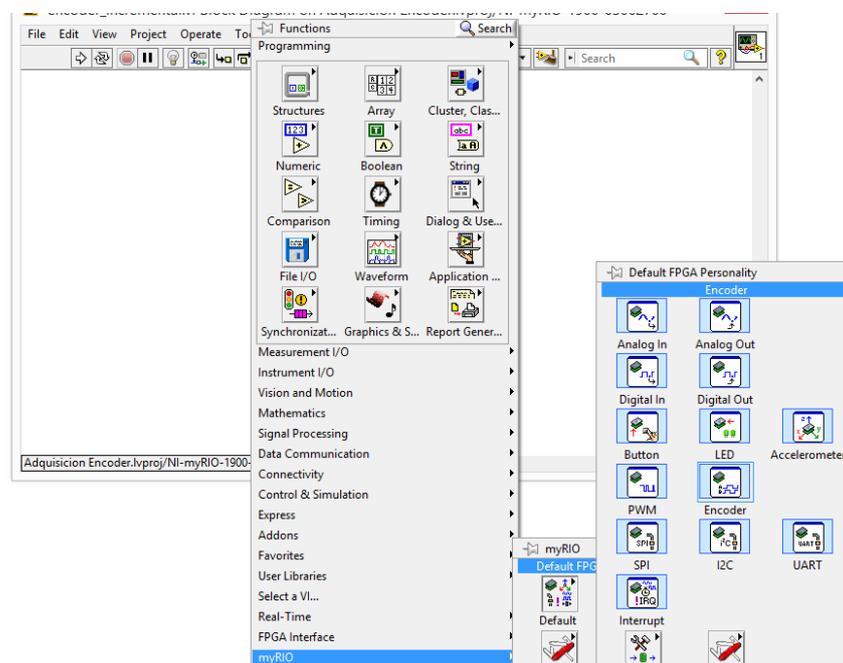
Se abre una nueva pestaña con la tesis completo control de temperatura .vi



**Figura 43** NI MyRIO con VI creado para el control de temperatura

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

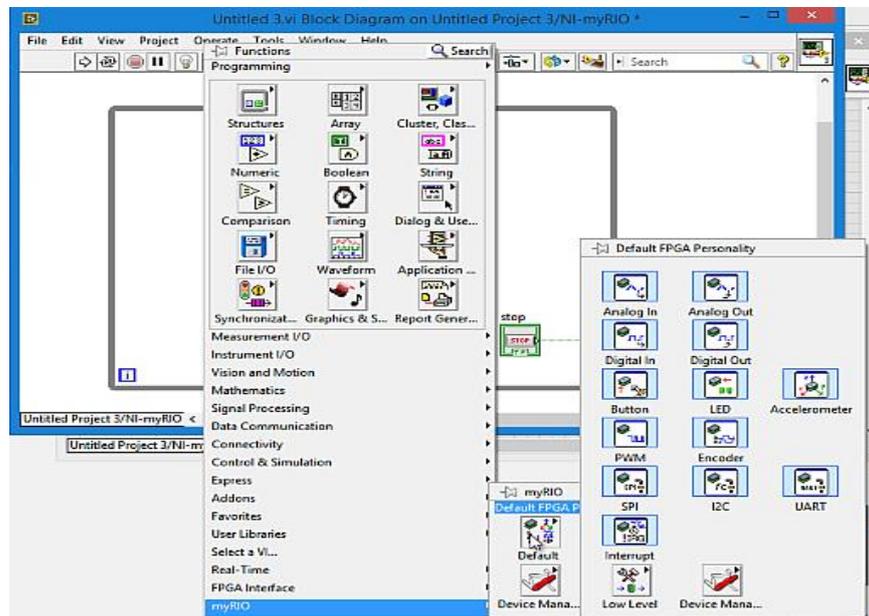
Observe la paleta de funciones y abro el VI Express llamado control de temperatura (Figura 44), coloco dentro del diagrama de bloques y realizo en MyRIO para proceder a realizar el control de temperatura.



**Figura 44** Selección de VI Express llamado control de temperatura.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

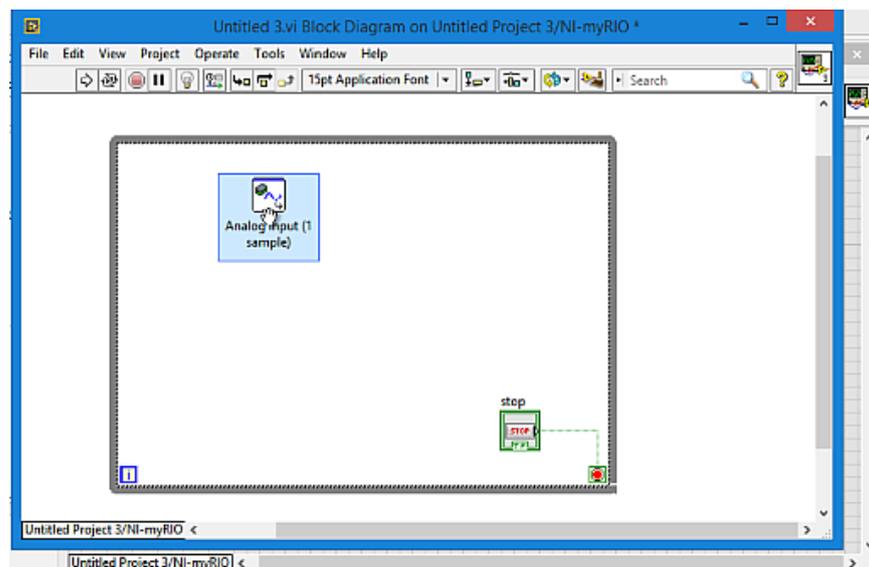
Coloco en el Default FPGA Personality, se abre una nueva paleta de funciones donde se escoge Analog input (Figura 45) que es para la entrada de información para el control de temperatura



**Figura 45** Selección Analog input

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

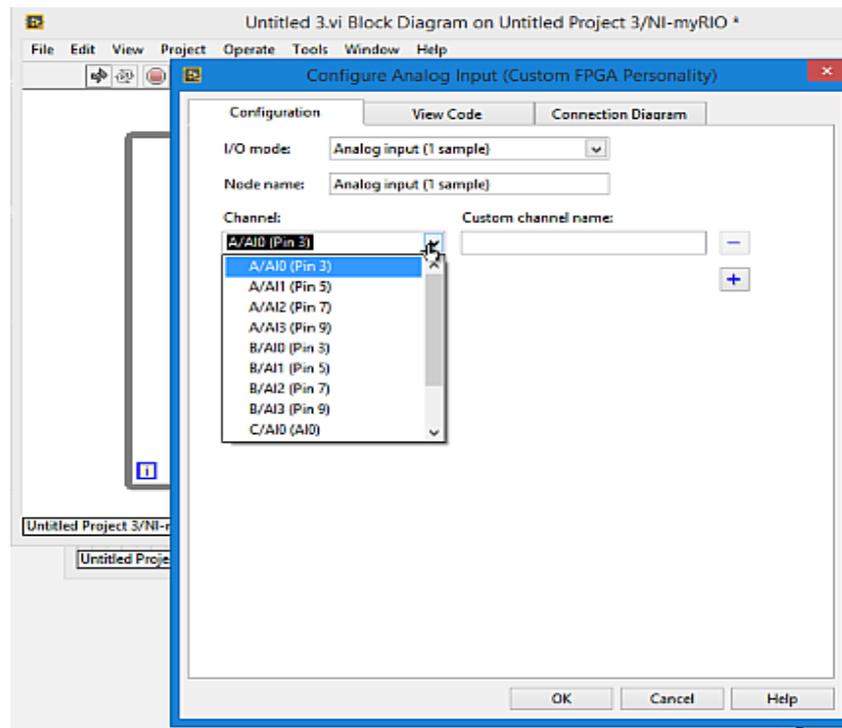
En Analog input simple, se abre su diferente funciones y como está configurado internamente.



**Figura 46** Selección Analog input simple

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

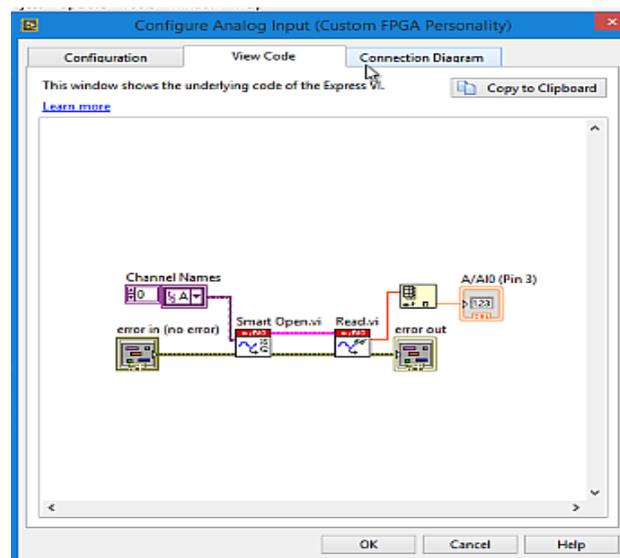
El Analog input simple en la pestaña configuración indica los canales que es AI0, AI1, AI2, AI3. El cual se utiliza el canal AI0 (Figura 47).



**Figura 47** Selección del canal AI0.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

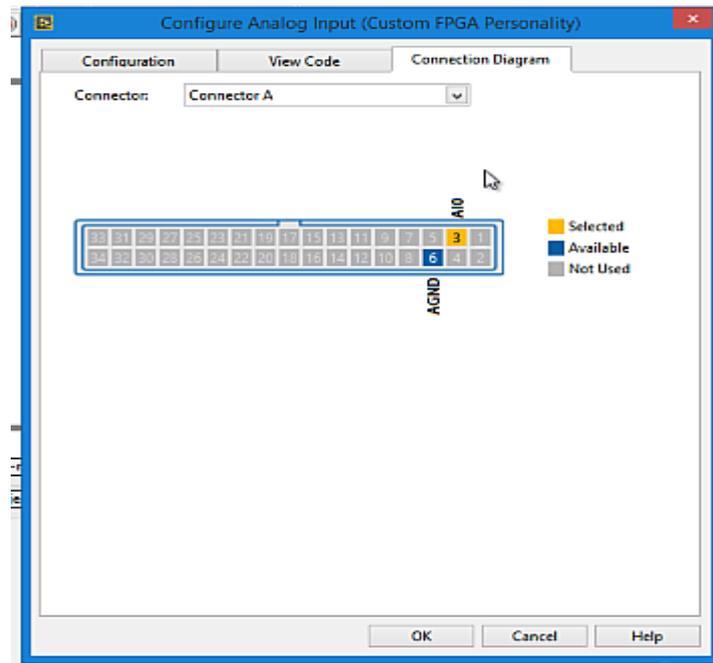
Coloco en View Code para ver cómo está realizado internamente con el canal A/AI0.



**Figura 48** Selección View Code

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

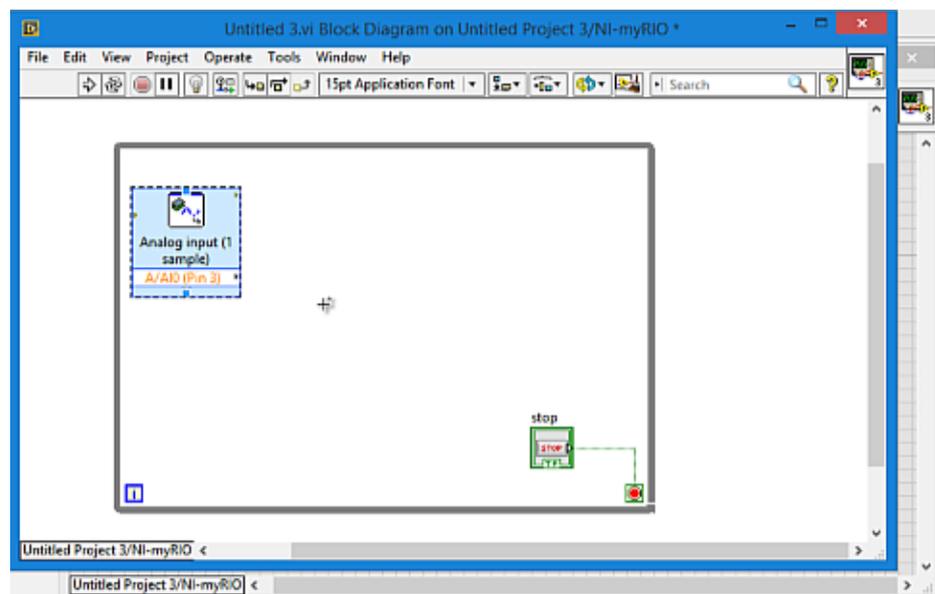
Seleciono en Connections Diagram, se observa cómo se puede conectar en GND y en canal AIO (Figura 49), luego selecciono en OK.



**Figura 49** Selección connections diagram

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

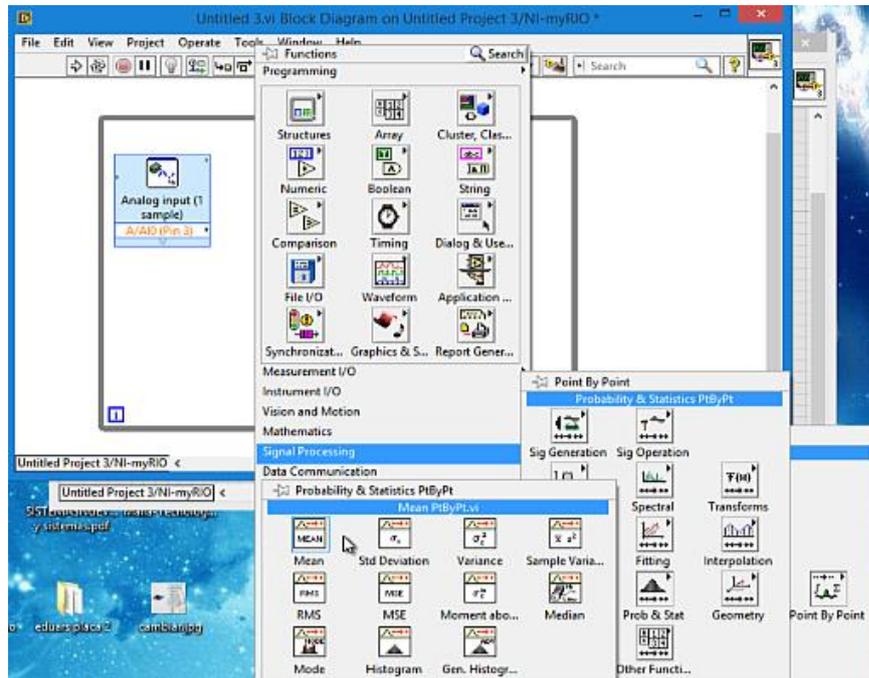
Regreso a la LabView MyRIO donde se nos muestra Analog input que es nuestra entrada analógica para el procedo de control de temperatura (Figura 50).



**Figura 50** Analog input

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

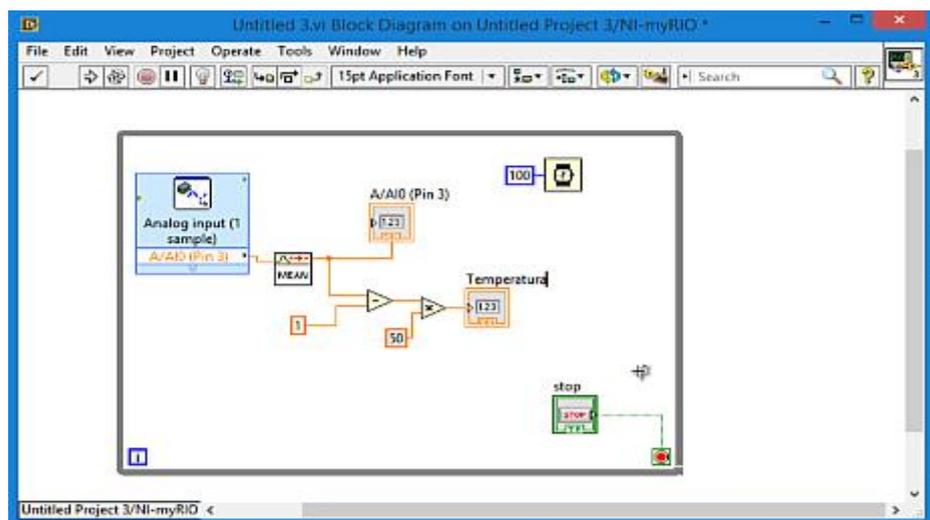
En el Analog input creo un indicador lo cual me permitirá observar el control de temperatura (Figura 51) y lo cual escojo la opción MEAN.



**Figura 51** seleccionar MEAN

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

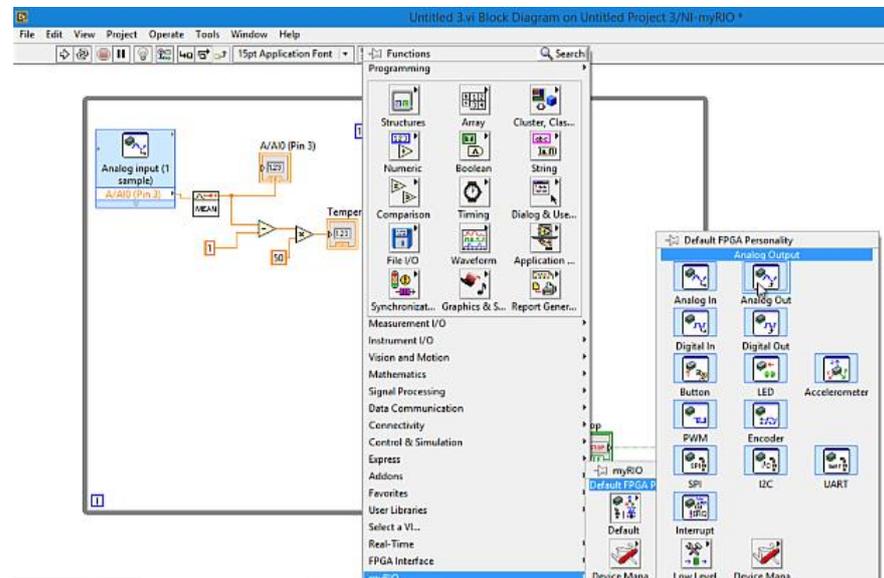
El cual realicé a unir con el indicador del Analog input y realizamos la ecuación para el voltaje de temperatura.



**Figura 52** Ecuación de la entrada de voltaje

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

Una vez que se realizó el control de temperatura la parte la salida de GND se va a la salida del GND del micro y la AI0 conecto a la fuente para poder controlar desde el software LabVIEW MyRIO (Figura 53). Así mismo creo el control de salida de temperatura con el Analog Out.



**Figura 53** Analog Out.

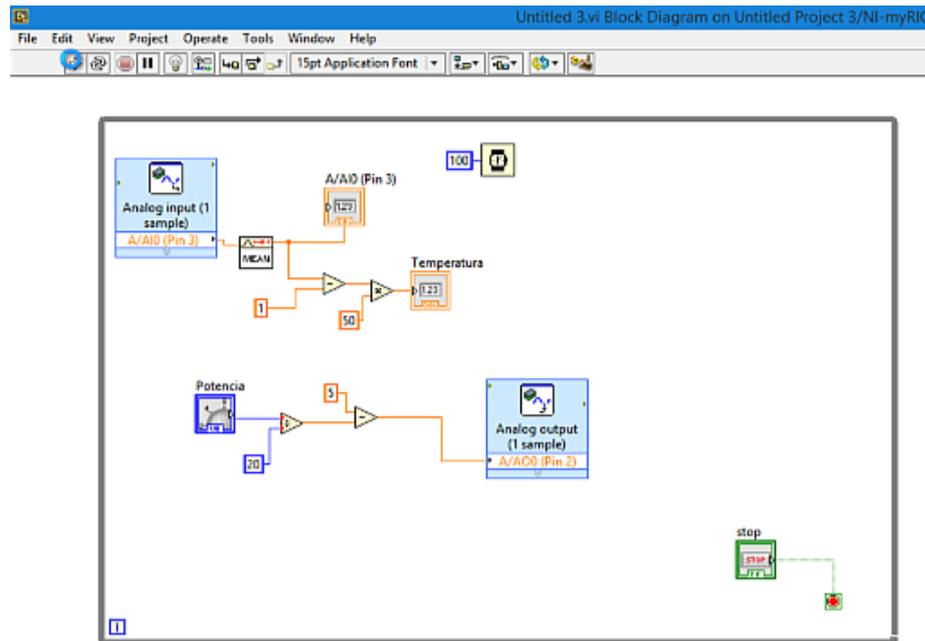
**Fuente:** (TAIPE, 2017)

Para esto me dirijo al Front Panel para colocar una perrilla con el nombre de potencia con una escala de un valor min 0 y un valor max de 100 %, lo cual me representa los siguientes valores.

Rango de Voltaje

Donde 0 es 5 voltios	El 100% es 0 voltios
----------------------	----------------------

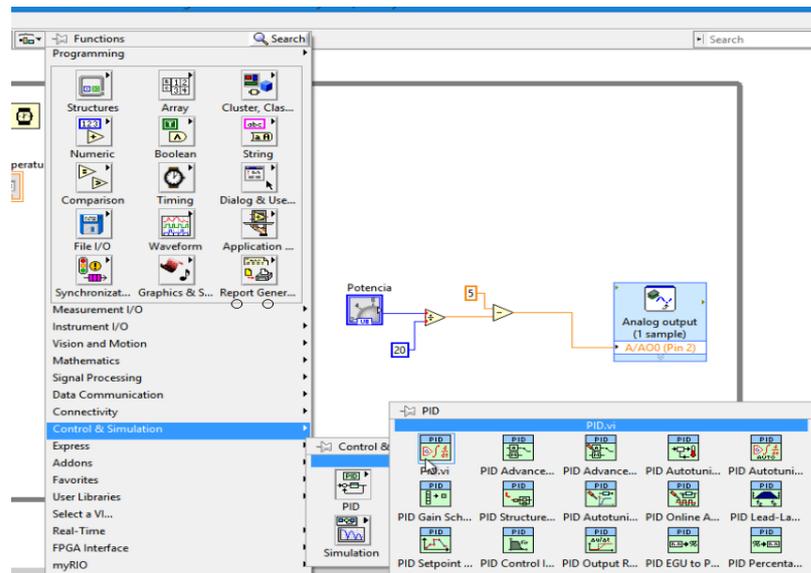
La potencia que es 100% le divido para 20 lo cual me da un valor de 5 voltios, hago referencia que la potencia del 100% es 20 el cual coloco un restador con una constante de 5 para que cuando sea 5 me de cero y cuando sea cero me de cinco (Figura 54).



**Figura 54** Control de Potencia de salida de Temperatura.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

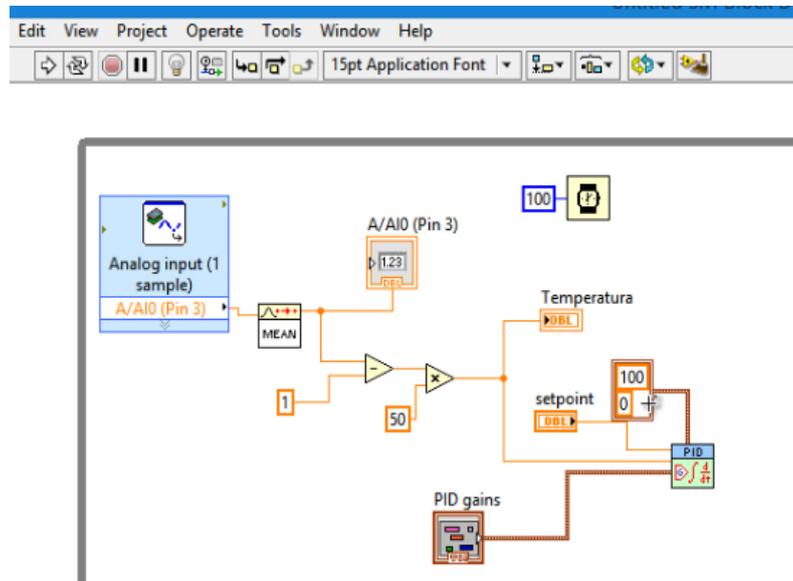
Observe en el block diagram de clip derecho se abre una paleta donde señalo en control & Simulation (Figura 55). Y se abre una nueva pestaña llamada PID y escojo la primera caja PID.VI



**Figura 55** PID.VI

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

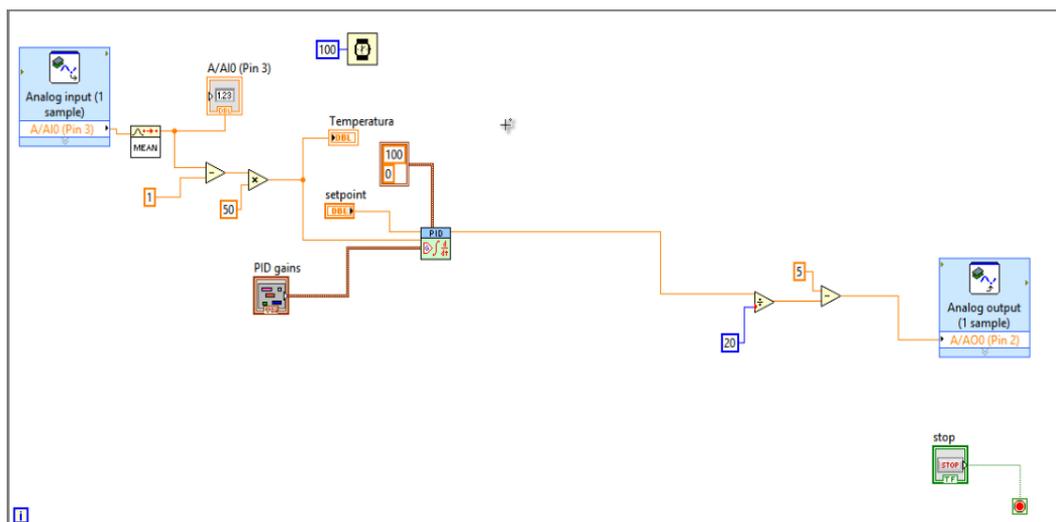
En el PID.vi que indica el setpoint lo cual creo un indicador de control, la siguiente nos indica variable de procesos lo cual uno con el indicar de temperatura luego creo un control PID ganancia (Figura 56) y por último el rango de salida señaló crear una constante donde va una rango de 0 hasta el 100%.



**Figura 56** Control PID.VI

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

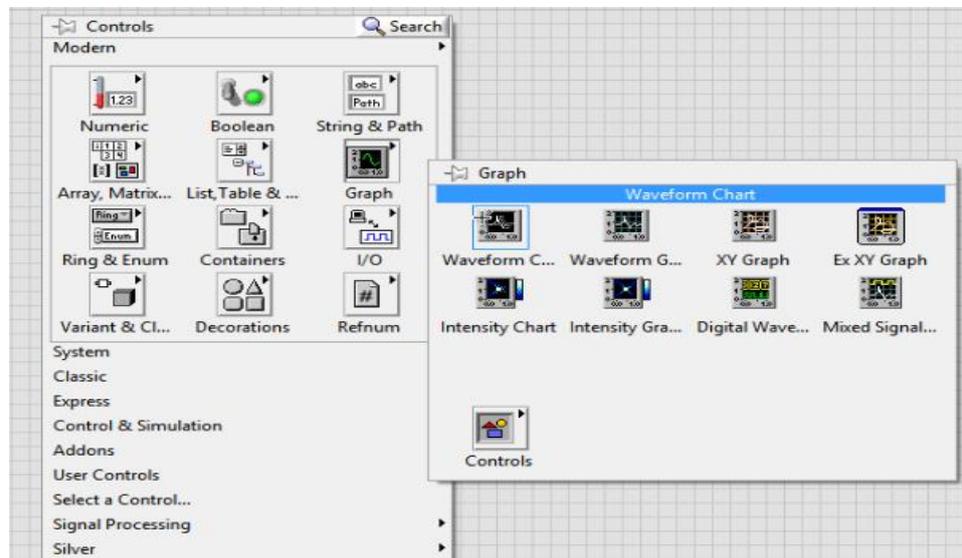
Siguiendo con el control PID suprimo la perrilla de potencia de la salida de temperatura para unir con el PID (Figura 57).



**Figura 57** PID.VI uniendo al control de salida.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

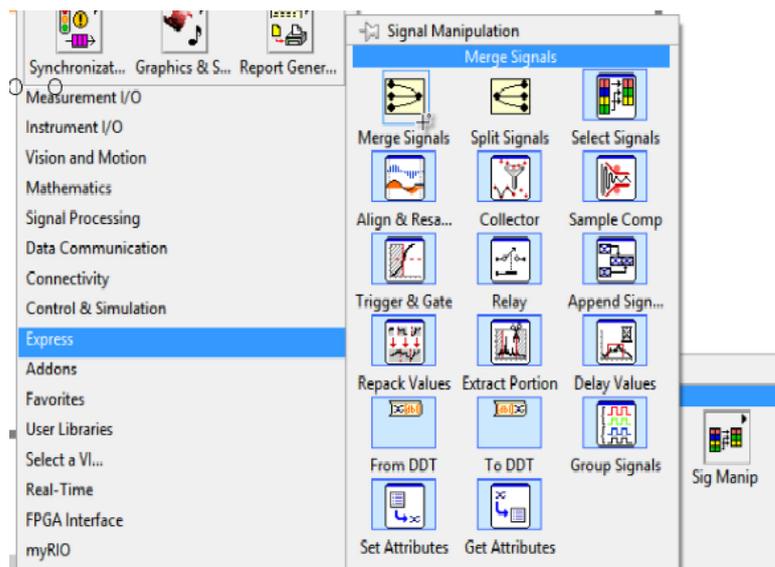
Realicé un clip en la parte superior del Block diagram en la pestaña Windows y señalo en Show Front Panel y nos dirigimos al Front Panel para continuar con el control (Figura 58). Después clip derecho se nos abre una caja de opciones donde señalo en Graph y escojo en Waveform chart.



**Figura 58** Waveform chart.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

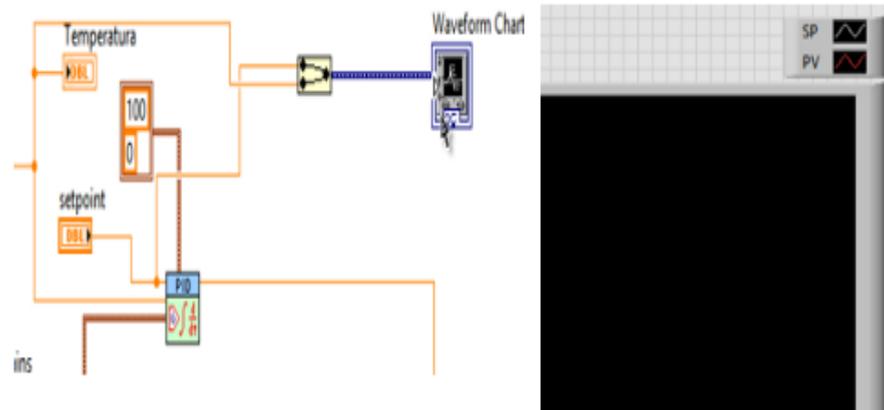
Luego me dirijo a block diagram doy clip derecho y señalo en la pestaña Express luego me dirijo a Sig Manip y escojo Merge Signals (Figura 59).



**Figura 59** Merge Signals.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

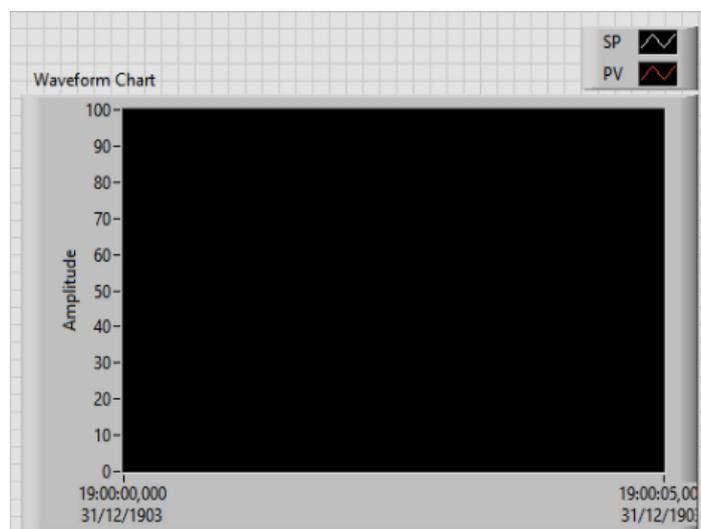
Primero ingreso el sept point luego ingreso la variable de proceso que es el indicador de temperatura, también uno con el Waveform chart. En el Waveform chart escribo setpoint y variable de proceso PV (Figura 60).



**Figura 60** Setpoint y variable de proceso PV.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

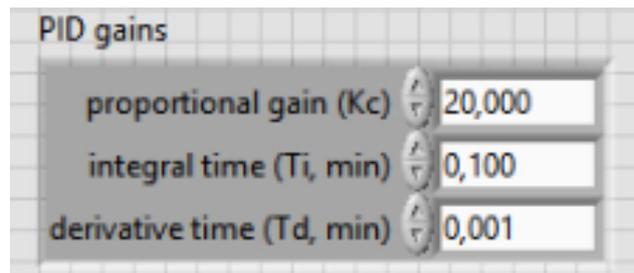
En el Waveform chart quite el acto escala en Y y coloque de 0 a 100 el cual es la potencia para el control.



**Figura 61** Escala de 0 a 100%.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

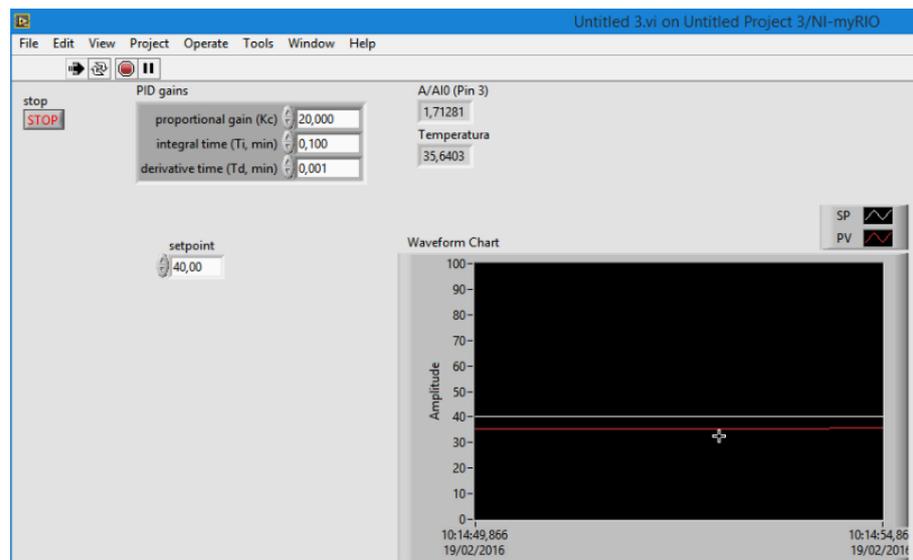
En el cuadro PID gains (Figura 62) de que encontramos en el from panel colocamos valores como referencia para el control PID de temperatura que vamos a partir que es una referencia estándar.



**Figura 62** PID Gains.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

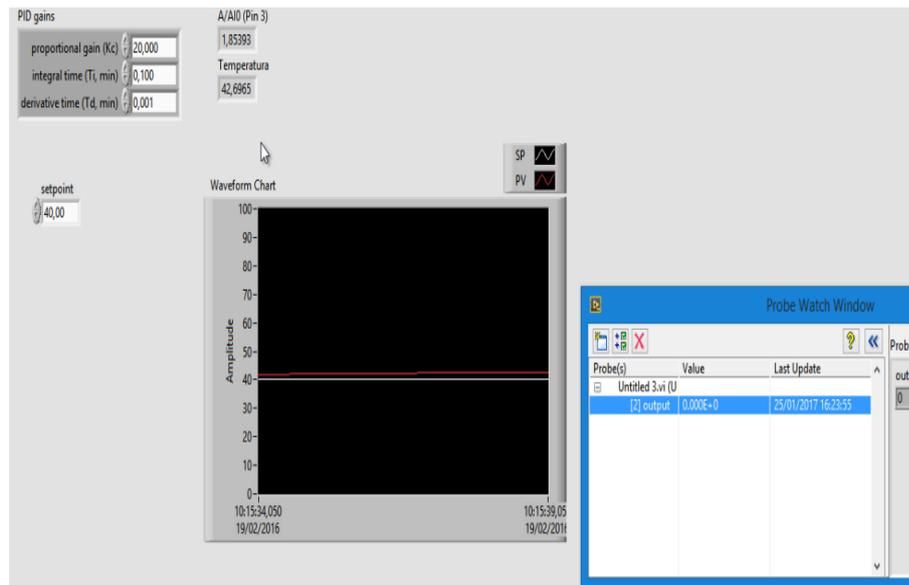
En el setpoint colocamos un valor de 40 y visualizo en el Waveform chat dos líneas de diferente color donde una es la variable de proceso y la otra es el setpoint (Figura 63).



**Figura 63** Valor del setpoint.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

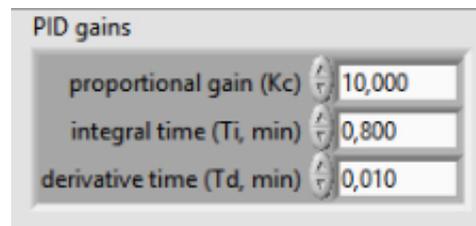
Observe a la salida de la variable de proceso en la (Figura 64) que va cambiando de acuerdo a las constantes se va acercando y va bajando, va ver mucho sobre impulso esto significa que se va pasar de 40.



**Figura 64** Sobre Impulsó del control PID.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

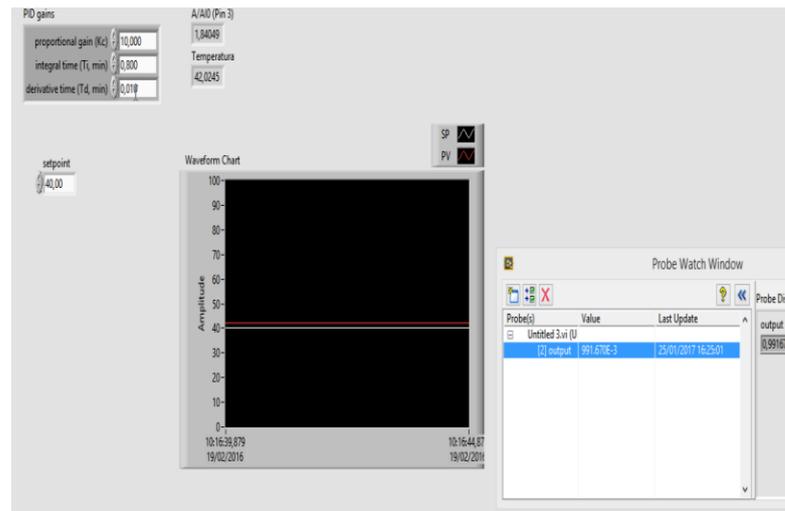
Para no tener mucho sobre impulso modifíco los valores en el cuadro PID Gains como se ve en la Figura 65.



**Figura 65** PID Gains.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

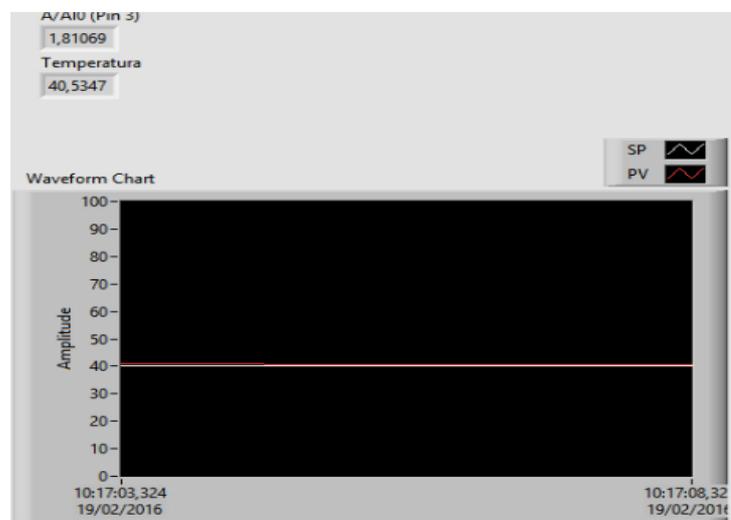
Donde el valor 10 es ganancia del proceso, el 0,8 es para eliminar error residual y el 0,01 es respuesta casi no va influenciar mucho porque no es tan rápida la variable pero si se puede modificarle (Figura 66).



**Figura 66** Valores modificados en el PID gains.

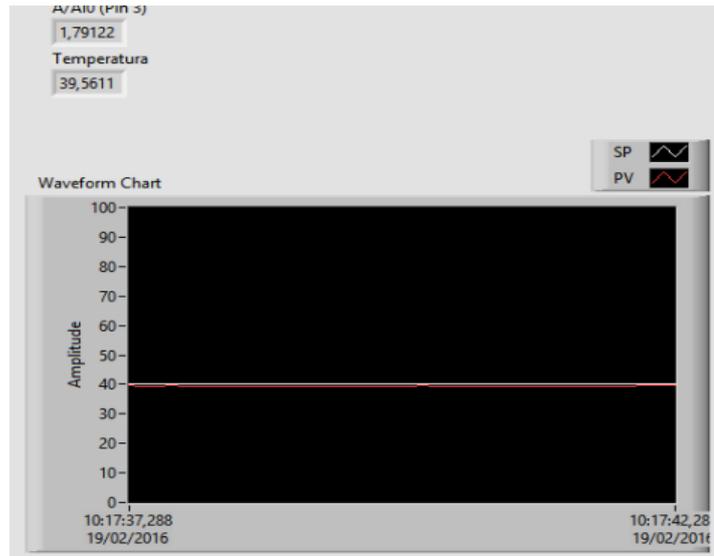
**Fuente:** (TAIPE, 2017)

Observe que se estabiliza con un impulso alto y bajo que se mantenga en un rango de 0.5 grados alto en la (Figura 67) y un 0.5 grado bajo (Figura 68) y finalizó el control PID de temperatura.



**Figura 67** Rango de impulso es 0.5grados alto.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)



**Figura 68** Rango de impulso es 0.5grados bajo.

**Fuente:** (TAIPE, 2017)

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 4.1 Conclusiones.

- Se analizó las características del transmisor de temperatura SITRANS TH-300 para su correcta conexión y manipulación en el Laboratorio de Instrumentación Virtual en futuras prácticas de los estudiantes de la UGT-ESPE.
- La tarjeta de adquisición de datos NI MyRIO es un hardware embebido diseñado específicamente para facilitar el desarrollo de sistemas avanzados, de manera rápida y precisa las condiciones en que está operando el equipo y en caso de existir algún problema dar una solución adecuada ágil para retornar a condiciones óptimas de funcionamiento lo más pronto posible.
- Se explicó los diferentes métodos de conexión entre los sensores de temperatura y el transmisor SITRANS TH-300, es importante tener a la mano el manual, porque la conexión que existe entre una RTD tipo Pt 100 y una termocuplas es distinta y en caso de conectar mal el sensor del equipo emitirá una señal de error y no se podrá adquirir datos.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento tanto de la adquisición de señales y niveles de temperatura obteniéndose resultados aceptables.

## 4.2 Recomendaciones.

- Adquirir más transmisores de temperatura para que así el estudiante tenga en cada uno de los módulos de trabajo los dispositivos necesarios para realizar sus prácticas.
- Tener cuidado al momento de conectar o polarizar mal el transmisor de temperatura, la tarjeta NI MYRIO y las RTD tipo Pt100 para su correcto funcionamiento y evitar a futuro equipos inutilizables.
- Para la transmisión de temperatura se debe conectar una resistencia de carga de 250 ohms.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**AI / AO:** (Entrada analógica / Salida analógica). Es una señal continua que transmite los datos de los fenómenos físicos tales como la temperatura, tensión, presión, sonido o la luz.

**Alumel.-** Es una aleación formada principalmente de níquel con aluminio, manganeso y silicio, su punto de fusión es muy elevado y su resistencia a la corrosión es elevada.

**Antideflagrante.-** Técnica de diseño o construcción que sirve para evitar la iniciación o propagación de una combustión en atmósferas inflamables.

### C

**Checksum.-** También llamado suma de chequeo. Esta función permite detectar cambios accidentales en la secuencia de datos para protegerlos, verificando que no haya discrepancias tanto en los datos obtenidos al inicio como al final de la transmisión.

**Corriente de excitación.-** Voltaje necesario para que un dispositivo pueda desempeñarse como se espera

### E

**E.E.P.R.O.M.-** Esta memoria puede ser borrada y programada con impulsos electrónicos, cuando se desconecta la memoria los datos quedan intactos, por ese motivo se le conoce como una memoria “no volátil”.

### F

**Firmware.-** Es un software que maneja físicamente al hardware.

**FPGA.-** Rayo de puerto programable, dispositivo programable que contiene bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad puede ser configurada 'in situ' mediante un lenguaje de descripción especializado. (Field Programmable Gate Array)

## I

**Interfaz.:** Conexión e interacción entre hardware, software y el usuario.

**Implementación:** Poner en funcionamiento aplicar métodos, medidas para llevar a cabo algo.

## L

**LabView:** (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) laboratorio de trabajo de ingeniería de instrumentos virtuales.

## M

**Medida mínima de span.-** Es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida del instrumento

## R

**R.A.M.-** Es una memoria de acceso aleatorio, se utiliza como memoria de trabajo para el sistema operativo, programas y la mayoría de software. Ahí se cargan todas las instrucciones que se ejecutan.

**R.O.M.-** Esta memoria permite sola la lectura de la información y no la escritura.

**RTD.-** Dispositivo Termo Resistivo.

## S

**Software:** Es conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten ejecutar distintas tareas en una computadora

## V

**Vapores metálicos.-** Son vapores que se producen durante el periodo de soldadura. Dependiendo del tipo de soldadura tienen diferentes composiciones que lo hacen toxico.

**VI:** (Instrumentos Virtuales). Un programa de software y dispositivos de hardware que trabajan juntos para crear un sistema de medición definido por el usuario.

## **W**

**WATCHDOG.-** Perro Guardián, es un temporizador que hace que el programa se borre después de un periodo de tiempo y vuelva a condiciones de fábrica, es como un RESET.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- definicionabc.com. (s.f.). Obtenido de  
<https://www.definicionabc.com/?s=Ventilador#resultados>
- ecured. (2017). www.ecured.cu. Obtenido de  
[https://www.ecured.cu/Efecto\\_Seebeck](https://www.ecured.cu/Efecto_Seebeck)
- gomez, D. (s.f.). www.academia.edu. Obtenido de  
[http://www.academia.edu/5071733/MICROCONTROLADOR\\_PIC16F877](http://www.academia.edu/5071733/MICROCONTROLADOR_PIC16F877)
- Instruments, N. (20 de Junio de 2012). FPGAs a fondo. Obtenido de  
<http://www.ni.com/white-paper/6983/es/>
- Instruments, N. (Agosto de 2013). NI MyRIO. User Guide an Specifications. Texas.
- Instruments, N. (2016). Adquisicion de Datos. Obtenido de  
<http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- Mansilla. (Septiembre de 2012). conbotassocias.wordpress.com. Obtenido de  
<https://conbotassocias.wordpress.com/2012/09/14/pt100-rtd/>
- Microchip. (2014). Mikroe. Obtenido de  
<https://learn.mikroe.com/ebooks/microcontroladorespic/chapter/caracteristicas-basicas-del-pic16f887/>
- myRio, N. (2016).
- National, I. (2015). myRIO. Obtenido de  
<https://www.fing.edu.uy/inco/cursos/firmware/laboratorio/cartillaPIC16F877.pdf>
- Puertas, J. (2012). Aliexpress. Obtenido de  
<https://es.aliexpress.com/item/Freeshipping-RTD-Pt100-ohm-Probe-Sensor-L-50mm-PT-NPT-1-2-Thread-with-Lead-Wire/1348260286.html?spm=2114.43010208.4.1.0gBT0C>
- Siemens. (2009). Siemens-AG. Obtenido de  
[http://www.grupdap.es/descargas-industrias/01-catalogos/13-instrument/FI01\\_SITRANS\\_T\\_2009\\_TEMPERATURA.pdf](http://www.grupdap.es/descargas-industrias/01-catalogos/13-instrument/FI01_SITRANS_T_2009_TEMPERATURA.pdf)

Siemens. (Junio de 2010). Siemens-AG. Obtenido de [http://www.vision-solutions.ca/media/uploads/products/files/SITRANS\\_TH200\\_Manual.pdf](http://www.vision-solutions.ca/media/uploads/products/files/SITRANS_TH200_Manual.pdf)

Siemens. (13 de Abril de 2013). Siemens-AG. Obtenido de [http://www.vision-solutions.ca/media/uploads/products/files/SITRANS\\_TH200\\_Manual.pdf](http://www.vision-solutions.ca/media/uploads/products/files/SITRANS_TH200_Manual.pdf)

Siemens. (2016). Siemens-AG. Obtenido de <https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?regionUrl=/ES&language=es>

TAIPE. (2017).

TAIPE, E. (2017). LATACUNGA.

teii. (2010). Obtenido de <http://teii.com.mx/RTDPt100.html>

teii.com.mx. (s.f.). teii. Obtenido de <http://www.teii.com.mx/transmisores-temperatura.html>

Tex. (23 de Junio de 2013). Obtenido de [http://www.moodle2.tfe.umu.se/pluginfile.php/41127/mod\\_resource/content/1/Pt100.pdf](http://www.moodle2.tfe.umu.se/pluginfile.php/41127/mod_resource/content/1/Pt100.pdf)

# **A N E X O S**

## ANEXO A

### MANUAL DEL TRANSMISO TH 300

© Siemens AG 2009

## SITRANS T measuring instruments for temperature

### Transmitters for mounting in sensor head

**SITRANS TH300**  
 two-wire system, universal, HART

#### Overview



**"HART" to beat - the universal SITRANS TH300 transmitter**

- Two-wire devices for 4 to 20 mA, HART
- Mounting in the connection head of the temperature sensor
- Universal input for virtually any type of temperature sensor
- Configurable over HART

#### Application

SITRANS TH300 transmitters can be used in all industrial sectors. Due to their compact size they can be installed in the connection head type B (DIN 43729) or larger. The following sensors/signal sources can be connected over their universal input module:

- Resistance thermometers (two, three or four-wire system)
- Thermocouple elements
- Resistance-based sensors and DC voltage sources

The output signal is a direct current from 4 to 20 mA in accordance with the sensor characteristic, superimposed by the digital HART signal.

Transmitters of the "intrinsically safe" type of protection can be installed within potentially explosive atmospheres. The devices comply with the Directive 94/9/EC (ATEX), as well as FM and CSA regulations.

#### Benefits

- Compact design
- Flexible mounting and center hole allow you to select your preferred type of installation
- Electrically isolated
- Test sockets for multimeters
- Diagnostics LED (green/red)
- Sensor monitoring open circuits and short-circuits
- Self-monitoring
- Configuration status stored in EEPROM
- SIL 2 (with order code C20)
- Expanded diagnostic functions, such as slave pointer, operating hours counter, etc.
- Special characteristic
- Electromagnetic compatibility to EN 61326 and NE21

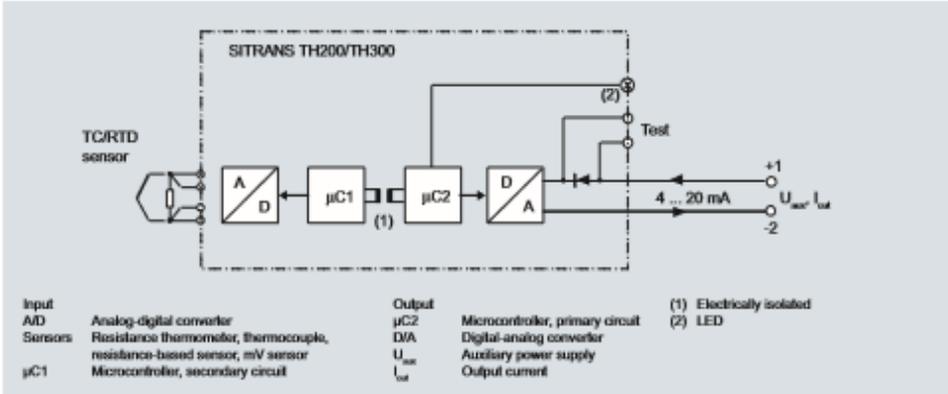
#### Function

The SITRANS TH300 is configured over HART. This can be done using a handheld communicator or even more conveniently with a HART modem and the SIMATIC PDM parameterization software. The configuration data are then permanently stored in the non-volatile memory (EEPROM).

Once the sensors and power supply have been correctly connected, the transmitter outputs a temperature-linear output signal and the diagnostics LED displays a green light. In the case of a sensor short-circuit, the LED flashes red, an internal device fault is indicated by a steady red light.

The test socket can be used to connect an ammeter at any time for monitoring purposes and plausibility checks. The output current can be read without any interruption, or even without opening the current loop.

3



<b>Input</b> A/D Sensors µC1	Analog-digital converter Resistance thermometer, thermocouple, resistance-based sensor, mV sensor Microcontroller, secondary circuit	<b>Output</b> µC2 D/A $U_{aux}$ $I_{out}$	Microcontroller, primary circuit Digital-analog converter Auxiliary power supply Output current	(1) Electrically isolated (2) LED
---------------------------------------	--	---	--	--------------------------------------

SITRANS TH 300 function diagram

Siemens FI 01 - 2010
3/15

## ANEXO B

### RTD TIPO PT100

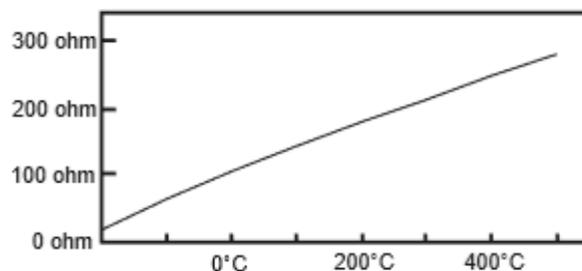


#### Pt100, su operación, instalación y tablas.

##### *Que es un Pt100 ?*

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vainas), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

##### *Ventajas del Pt100*

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES:

---

**Nombres y apellidos:** José Eduardo Taipe Cando  
**Documento de identidad:** 0504012105  
**Fecha de nacimiento:** 18 de Agosto de 1993  
**Lugar de nacimiento:** Cotopaxi – Latacunga – La Matriz  
**Estado civil:** Soltero  
**Dirección:** Barrio Sur – Av Roosbel  
**Teléfono:** 0999040618  
**E-mail:** eduarstaipe123@hotmail.es

### FORMACIÓN ACADÉMICA:

---

**Estudios Primarios:** Escuela “Simon Bolivar”  
**Estudios Secundarios:** Instituto Tecnológico “Ramon Barba Naranjo”  
**Universitarios:** Unidad de Gestion de Tecnologias-ESPE  
Carrera de Electrónica Mención Instrumentación  
y Aviónica

**CURSOS:**

---

Curso: **COMPUTACIÓN BÁSICA**, dictado por (FUNDEL),

Curso: **ELECTRÓNICA BÁSICA**, dictado por (Gremio de Maestros Artesanos en Electronica ),

**EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES:**

---

- **IMHOTEP CONSTRUCTORES. CLTA**

**CARGO:** Técnico Auxiliar

200 horas prácticas

- **WILTECOP DISTRIBUIDOR**

**CARGO:** Técnico en mantenimiento en Electronica

---

**Taipe Eduardo**  
**C.C.: 0504012105**

## **ACEPTACIÓN DEL USUARIO**

Latacunga, Julio de 2017

Yo, ING PABLO PILATÁSIG en calidad de encargado del Laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías, me permito informar lo siguiente:

El proyecto de graduación elaborado por la Sr. TAÍPE CANDO JOSÉ EDUARDO, con el tema: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA UTILIZANDO EL TRANSMISOR TH 300 PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS"

Ha sido efectuado de forma satisfactoria en las dependencias de mi cargo y que la misma cuenta con todas las garantías de funcionamiento, por lo cual extiendo este aval que respalda el trabajo realizado por el mencionado estudiante.

Por tanto me hago cargo de todas las instalaciones realizadas por el Sr. Estudiante.

Atentamente,

**ING. PABLO PILATÁSIG**  
**ENCARGADO DEL LABORATORIO DE INSTRUMENTACION VIRTUA**

## **HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

TAIPE CANDO JOSÉ EDUARDO

C.C: 0504012105

DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

---

ING. PABLO PILATASIG

Latacunga, Julio de 2017

