



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
FACULTAD DE MECÁNICA.
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO.**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO
PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES
EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD,
CAUDAL Y PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y
MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA”**

**ALEX EDUARDO MINA ORTÍZ.
JORGE LUIS YUNGÁN GARCÉS.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA.

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO.

**RIOBAMBA–ECUADOR.
2019.**

ESPOCH.

Facultad de Mecánica.

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-03.

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

ALEX EDUARDO MINA ORTÍZ.

Titulada: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO
PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES
EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y
PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN
AUTOMÁTICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO.

Ing. Carlos José Santillán Mariño.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos
MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

ESPOCH.

Facultad de Mecánica.

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-03.

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

JORGE LUIS YUNGÁN GARCÉS.

Titulada: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO.

Ing. Carlos José Santillán Mariño.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos
MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ALEX EDUARDO MINA ORTÍZ.

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA”

Fecha de Examinación: 2019-01-07.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE LUIS YUNGÁN GARCÉS.

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA”

Fecha de Examinación: 2019-01-07.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Dr. Marco Antonio Haro Medina PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo DIRECTOR DE DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			
Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Dr. Marco Antonio Haro Medina
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL.

DERECHOS DE AUTORÍA.

El trabajo de grado que presentamos es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados es de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Mina Ortíz Alex Eduardo.

Cedula de identidad: 080305250-5

Yungán Garcés Jorge Luis.

Cedula de identidad: 060438055-0

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.

Nosotros, Mina Ortíz Alex Eduardo y Yungán Garcés Jorge Luis declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que proviene de otra fuente están debidamente citadas y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Mina Ortíz Alex Eduardo.

Cedula de identidad: 080305250-5

Yungán Garcés Jorge Luis.

Cedula de identidad: 060438055-0

DEDICATORIA.

Este trabajo de titulación está dedicado primeramente a Dios, a mi familia en especial a mis padres, por su apoyo y cariño incondicional, ya que gracias a sus guías y consejos ha sido posible alcanzar mis metas, a mis hermanos que han sido un pilar fundamental durante mi vida y han estado pendiente de mí siempre.

Mina Ortíz Alex Eduardo

Este trabajo dedico con mucho cariño a mis padres Hilda Garcés y Pedro Yungán por su apoyo incondicional que hicieron lo posible para cumplir este objetivo, y en toda mi vida de educación, a mi hermana Marcia Yungán quien siempre me ha brindado su apoyo durante mi carrera universitaria.

Yungán Garcés Jorge Luis

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios, con mucho amor a mis padres Jefferson Mina y Desaida Ortíz por haberme apoyado durante mi vida y permitirme alcanzar mis metas universitarias. A mis hermanos que gracias a sus consejos fueron pilar importante en mi vida para lograr mis sueños.

Agradezco a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento a sus maestros y en especial a mi director y miembro por su apoyo en la elaboración y culminación de este trabajo de titulación.

Mina Ortíz Alex Eduardo

Agradezco a Dios y a mi familia por permitirme culminar esta etapa de mi vida estudiantil. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, a su planta de docentes quienes me han preparado en esta hermosa profesión.

Yungán Garcés Jorge Luis

CONTENIDO.

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Pág

CAPÍTULO I.

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema.	1
1.3	Justificación y actualidad.....	2
1.4	Objetivos.....	2
1.4.1	<i>Objetivo general.</i>	2
1.4.2	<i>Objetivos específicos.</i>	3

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1	Sistemas de instrumentación.	4
2.1.1	<i>Sistemas de adquisición de datos.</i>	5
2.1.2	<i>Funciones en la adquisición y distribución de señal.</i>	5
2.2	Sensores.	5
2.2.1	<i>Características de los sensores.</i>	6
2.3	Magnitudes físicas consideradas.	7
2.3.1	<i>Temperatura.</i>	7
2.3.2	<i>Velocidad.</i>	8
2.3.3	<i>Caudal.</i>	10
2.3.4	<i>Presión.</i>	11
2.4	Señales.	11
2.4.1	<i>Tipos de señales.</i>	12
2.4.2	<i>Acondicionamiento de señal.</i>	13
2.4.3	<i>Procesamiento de señal.</i>	15
2.4.4	<i>Almacenamiento de la información.</i>	16

2.5	LabVIEW.....	16
2.6	NI myRIO.....	17

CAPÍTULO III.

3.	CONSTRUCCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN.	
3.1	Selección de dispositivos y materiales	21
3.1.1	<i>NI myRIO 1900.....</i>	21
3.1.2	<i>Pt100.....</i>	22
3.1.3	<i>Circuito puente de wheatstone.</i>	22
3.1.4	<i>Ventilador ANERA DUPER FAN.....</i>	23
3.1.5	<i>Bombillo DC12V con potencia de 21WATTS (+SOCKET).....</i>	23
3.1.6	<i>Transductor de presión.....</i>	24
3.1.7	<i>Motor CD 12V GB37Y3530-30EN.....</i>	24
3.1.8	<i>Controlador L298N doble puente H.....</i>	25
3.1.9	<i>Caudalímetro YF-S401.....</i>	26
3.1.10	<i>Válvula solenoide.</i>	27
3.1.11	<i>Fuentes de alimentación de 12VDC 3.5A y 24VDC 2.5A.....</i>	28
3.1.12	<i>Software LabVIEW 2015.....</i>	28
3.2	Construcción del módulo.....	29
3.2.1	<i>Carcasa.....</i>	29
3.2.2	<i>Acondicionamiento de los sensores.....</i>	29
3.3	Conexión del modulo de entrenamiento a la tarjeta NI myRIO.....	34
3.3.1	<i>Conexión de los dispositivos de la variable de temperatura.....</i>	34
3.3.2	<i>Conexión de la variable de presión.....</i>	34
3.3.3	<i>Conexión de los dispositivos de la variable de caudal.....</i>	34
3.3.4	<i>Conexión de los dispositivos de la variable de velocidad.....</i>	35
3.4	Programación de la tarjeta NI myRIO para el sistema de control.....	36
3.5	Programación de sensores	39
3.5.1	<i>Programación del sensor de temperatura pt100.....</i>	39
3.5.2	<i>Acondicionamiento</i>	41
3.5.3	<i>Programación del transductor de presión.....</i>	49

3.5.4	<i>Acondicionamiento</i>	52
3.5.5	<i>Programación del sensor de velocidad</i>	59
3.5.6	<i>Programación del sensor de caudal</i>	63
3.5.7	<i>Creación del menú</i>	66

CAPÍTULO IV.

4. ESTUDIO DE COSTOS

4.1	Costos directos.....	69
4.2	Costos indirectos.....	69
4.3	Costos totales	70
4.4	Conclusiones y recomendaciones.....	70
4.4.1	<i>Conclusiones</i>	70
4.4.2	<i>Recomendaciones</i>	71

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1-2 Especificaciones generales de la myRIO 1900.	19
Tabla 2-2 Especificaciones generales de la myRIO 1900.	20
Tabla 1-3 Especificaciones generales de Pt100.	22
Tabla 2-3 Especificaciones generales del conversor RTD PT100.	23
Tabla 3-3 Especificaciones generales del transductor de presión.	24
Tabla 4-3 Especificaciones generales motor CD 12V GB37Y3530-30EN.	25
Tabla 5-3 Controlador L298N doble puente H.	26
Tabla 6-3 Especificaciones generales sensor YF-S401.	26
Tabla 7-3 Especificaciones generales electroválvula Airtac 2P025-08.	27
Tabla 8-3 Pruebas del voltaje en función a la temperatura.	41
Tabla 9-3 Calculo de obtención de datos para el método de mínimos cuadrados.	42
Tabla 10-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de mínimos cuadrados.	43
Tabla 11-3 Calculo de obtención de datos para el método de regresión polinomial.	44
Tabla 12-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de regresión polinomial.	48
Tabla 13-3 Pruebas del voltaje en función a la presión.	52
Tabla 14-3 Calculo de obtención de datos para el método de mínimos cuadrados.	53
Tabla 15-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de mínimos cuadrados.	54
Tabla 16-3 Calculo de obtención de datos para el método de regresión polinomial.	55
Tabla 17-3 Cálculo del error absoluto y relativo Regresión polinomial.	58
Tabla 18-3 Promedio de pulsos.	65
Tabla 1-4 Costos directos.	69
Tabla 2-4 Costos indirectos.	69
Tabla 3-4 Costos totales.	70

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1-2 Estructura general de un sistema de adquisición y distribución de señales... 5	
Figura 2-2 Arquitectura física de un RTD..... 7	
Figura 3-2 Interior de un encoder..... 9	
Figura 4-2 Encoder óptico..... 9	
Figura 5-2 Encoder incremental..... 10	
Figura 6-2 Encoder absoluto..... 10	
Figura 7-2 Acondicionamiento de señal con tarjeta de adquisición de datos..... 13	
Figura 8-2 Procesamiento de una señal analoga..... 15	
Figura 9-2 Procesamiento de una señal digital..... 16	
Figura 10-2 Logotipo de Presentación del software..... 17	
Figura 11-2 Tarjeta NI myRIO..... 18	
Figura 12-2 Tarjeta NI myRIO, puertos y accesorios..... 19	
Figura 1-3 Tarjeta NI myRIO 1900..... 21	
Figura 2-3 Pt100 sensor de temperatura..... 22	
Figura 3-3 Conversor de RTD Pt100..... 22	
Figura 4-3 Ventilador ANERA DUPER FAN..... 23	
Figura 5-3 Bombillo DC12V con potencia de 21WATTS..... 23	
Figura 6-3 Transductor de presión..... 24	
Figura 7-3 Motor CD 12V GB37Y3530-30EN..... 24	
Figura 8-3 Diagrama de tiempo de conversión de la señal..... 25	
Figura 9-3 Controlador L298N doble puente H..... 25	
Figura 10-3 Caudalímetro YF-S401..... 26	
Figura 11-3 Válvula solenoide..... 27	
Figura 12-3 Fuentes de alimentación 24VDC 2.5A y 12VDC 3.5A..... 28	
Figura 13-3 Software LabVIEW 2015..... 29	
Figura 14-3 Circuito de acondicionamiento de la Pt100 a la NI myRIO..... 30	
Figura 15-3 Circuito de acondicionamiento del transductor de presión..... 30	
Figura 16-3 Circuito de acondicionamiento del encoder a la NI myRIO..... 31	
Figura 17-3 Circuito de acondicionamiento del caudalímetro a la NI myRIO..... 31	
Figura 18-3 Placa electrónica para la conexión de los elementos..... 32	

Figura 19-3	Pistas de la placa electrónica.....	32
Figura 20-3	Terminado de la placa electrónica.	33
Figura 21-3	Ensamblaje del módulo.....	33
Figura 22-3	Conexión de los dispositivos de la variable de temperatura.	34
Figura 23-3	Conexión de la variable de presión.	35
Figura 24-3	Conexión de los dispositivos de la variable de caudal.....	35
Figura 25-3	Conexión de los dispositivos de la variable de velocidad.....	36
Figura 26-3	Reconocimiento de LabVIEW a NI myRIO.	36
Figura 27-3	Selección de un nuevo proyecto en LabVIEW.	37
Figura 28-3	Selección del tipo de proyecto myRIO.	37
Figura 29-3	Selección del tipo de conexión myRIO.	38
Figura 30-3	Nuevo virtual instrument (VI).	38
Figura 31-3	Paneles de programación interfaz de usuario.....	39
Figura 32-3	Selección de la estructura.....	39
Figura 33-3	Selección de la entrada analógica de temperatura.	40
Figura 34-3	Selección del pin.	40
Figura 35-3	Ingreso de datos en LabVIEW.	48
Figura 36-3	Interfaz de usuario sensor de presión.....	49
Figura 37-3	Selección de la entrada analógica para el transductor de presión.	49
Figura 38-3	Selección del Pin para el transductor de presión.	50
Figura 39-3	Creación de una variable global para el transductor de presión.	50
Figura 40-3	Nombrar la variable global.	51
Figura 41-3	Creación del VI.	51
Figura 42-3	Ingreso de datos en LabVIEW.	58
Figura 43-3	Interfaz de usuario transductor de presión.	59
Figura 44-3	Selección de la estructura.....	59
Figura 45-3	Selección de la entrada para encoder.	60
Figura 46-3	Configuración del pin para el encoder.	60
Figura 47-3	Parametrización del encoder	61
Figura 48-3	Nombrar la variable global.	61
Figura 49-3	Configuración de pines	62
Figura 50-3	Control del sensor de velocidad.....	62
Figura 51-3	Interfaz de usuario del encoder.	63
Figura 52-3	Selección de la entrada digital.	63

Figura 53-3 Configuración del pin para el sensor de caudal.	64
Figura 54-3 Contador de pulsos.....	64
Figura 55-3 Parametrización del sensor de caudal.	66
Figura 56-3 Control del sensor de caudal.	67
Figura 57-3 Interfaz de usuario del sensor de caudal.	67
Figura 58-3 Creación de los SubVi.vi	68
Figura 59-3 Portada de presentación.	68

LISTA DE GRÁFICOS.

	Pág
Gráfico 1-2 Circuito puente con RTD y miliamperios mA vs temperatura °C.	8
Gráfico 2-2 Señal análoga.....	12
Gráfico 3-2 Señal digital.....	12
Gráfico 1-3 Voltios en función de temperatura (método de mínimos Cuadrados).....	41
Gráfico 2-3 Voltios en función de temperatura (método regresión polinomial)	44
Gráfico 3-3 Voltios en función de presión (método de mínimos Cuadrados)	52
Gráfico 3-4 Grafica de presión en función al voltaje.....	54

LISTA DE ANEXOS.

Anexo A: Creación y configuración del correo electrónico que se enlazará con LabVIEW.

Anexo B: Programación del sistema de generación de reportes en LabVIEW.

Anexo C: Visualización y recepción de reportes.

Anexo D: Especificaciones generales de fuentes de alimentación.

LISTA DE ABREVIATURA

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
PC	Computador
Pin	Terminal
VI	Virtual Instrument (Instrumento Virtual)
NI	National Instruments
FPGA	Matriz de puertas programables (Field programable gate array)
RTD	Detector de temperatura resistivo
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.
AI	Entrada analógica (Analogic Input)
AO	Salida analógica (analogic Ouput)
DIO	Entrada/Salida Digital (Digital Input/Oput)
DGND	Tierra digital (Digital Ground)

RESUMEN

Se realizó la implementación de un módulo de entrenamiento para instrumentación y acondicionamiento de las señales emitidas por sensores de temperatura, presión, caudal y velocidad. Para el desarrollo del proyecto se utilizaron sensores industriales, y el software LabVIEW vinculada a una tarjeta NI MyRIO 1900 la cual procesa la información obtenida por los sensores implementados. Para este módulo las señales análogas se configuraron una Pt100 y el transductor de presión por medio de componentes electrónicos los cuales estuvieron dentro del rango de 1 a 5V, siendo este último el voltaje máximo admisible por la tarjeta y para las señales digitales utilizamos el encoder incremental y caudalímetro que generan pulsos en “1” o “0” lógico “encendido” o “apagado” dando como resultado “verdad o negación”. Una vez conectado el módulo con la tarjeta NI MyRIO 1900 se realizó la programación mediante en el software LabVIEW y con las lecturas obtenidas se procedió a realizar la parametrización y el acondicionamiento de las señales a una presentación fácil de leer, con la finalidad de monitorear el comportamiento de la señal y realizar el control del módulo para instrumentación. Podemos concluir que los sensores utilizados para la elaboración de este módulo tienen una gran aplicación en el campo industrial, por lo que se consideraron las señales emitidas por estos, para obtener resultados con mayor precisión. Se recomienda implementar el acondicionamiento de señales en futuros proyectos de titulación, a su vez se recomienda tener conocimientos básicos para la manipulación de los elementos utilizados en el desarrollo de este proyecto.

PALABRAS CLAVES: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MODULO PARA INSTRUMENTACIÓN> <ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL>, <TARJETAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <CONTROL Y MONITOREO>, <PARAMETRIZACIÓN>.

ABSTRACT

It carried out the implementation of a training module for instrumentation and conditioning of the signals emitted by temperature, pressure, flow and speed sensors. For the development of the project used industrial sensors and the Lab VIEW software linked to a card NI MyRIO 1900 which processes the information obtained by the implemented sensors. For this module, the analog signals were configured with a Pt100 and the pressure transducer through electronic components which were within the range of 1 to 5V; being the maximum operating voltage according to the card, but for the digital signals applied the incremental encoder and flowmeter that generate electrical pulses in "1" or "0" logical "on" or "off" giving as result: "truth or denial". Once the module was connected to the card NI MyRIO 1900, it made the programming by using LabVIEW software, and then with the readings obtained was possible to make the parametrization, besides the conditioning of the signals for a presentation that is easy to read in order to monitor the behavior of the signal and perform control of the module for instrumentation. It is concluded that the sensors used for the development of this module have a great application in the industrial field; that is why the signals emitted by them were considered to obtain results with greater precision. It is recommended to implement the signal conditioning in future research projects. At the same time, it is recommended to have basic knowledge for the manipulation of the elements used in the development of the present research.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCE>, <MODULE FOR INSTRUMENTATION>, <SIGNAL CONDITIONING, <DATA ACQUISITION CARDS>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <CONTROL AND MONITORING>, <PARAMETERIZATION>

INTRODUCCIÓN.

La implementación de un módulo de entrenamiento para instrumentación y acondicionamiento de señales emitidas por sensores de temperatura, presión, caudal y velocidad, en el laboratorio de Control y Manipulación Automática de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento permitirá filtrar y separar del ruido e interferencias no deseadas a las señales emitidas por los sensores, convirtiéndola en una señal entendible para el estudiante lo que posteriormente derivará en un mejor análisis del comportamiento de los mismos y aplicarlos a procesos industriales

Tiempo atrás las industrias utilizaban equipos los cuales eran difíciles de manipular y controlar, además de realizar un trabajo poco eficiente, estos tenían grandes costos de mantenimiento correctivo ya que el equipo trabajaba hasta presentarse averías lo que conllevaba a detener la producción, todo esto daba como resultado el desgaste prematuro de los equipos y una producción de baja calidad.

En el presente y debido a modernos equipos las industrias han sumado a sus líneas de producción equipos con mayor complejidad y más eficientes con la finalidad de incrementar su producción y competitividad en el mercado logrando un producto de mejor calidad. Por lo que gracias a la implementación de sensores se ha logrado mejorar el control y el monitoreo de procesos en las industriales, ya que esto permite anticiparnos mediante avisos, a fallas y averías imprevistas permitiendo al operario controlar el proceso o realizar una planificación para mantenimiento reduciendo los accidentes, así como pérdidas de producción por paradas no programadas.

Este módulo permitirá a los estudiantes de la escuela de Ingeniería de Mantenimiento realizar pruebas con varios sensores y visualizar el comportamiento de la señal emitidas por éstos, mejorando así su análisis para la toma de decisiones, y familiarizarse con nuevas técnicas.

CAPÍTULO I.

1.1 Antecedentes.

En el pasado lograr el control y monitoreo de variables físicas resultaba un proceso complejo los cuales involucraban dispositivos de gran tamaño y poco eficientes lo que posteriormente derivaba en tomas de datos imprecisas y poco confiables, con el avance tecnológico se ha conseguido disminuir el tamaño de estos dispositivos, así como mejorar la eficiencia de los mismo, logrando de esta manera mediciones exactas y sistemas más económicos.

En la actualidad se ha incrementado el número de empresas que utilizan dispositivos electrónicos y mecánicos complejos de alto valor económico los cuales trabajan con mayores potencias y energía mejorando así su producción y competitividad, por lo que el control y monitoreo se vuelven importantes a la hora de precautelar la seguridad de los sistemas, así como las vida y salud de las personas que se encuentren cercanos a esté.

La implementación que se llevará a cabo en el laboratorio de Control y Manipulación Automática permitirá a los estudiantes de Ingeniería de Mantenimiento realizar prácticas y pruebas con procesos simulados, permitiendo que éstos se familiaricen con nuevas tecnologías.

1.2 Planteamiento del problema.

La inexistencia de un módulo para el entrenamiento de dispositivos para instrumentación dificulta que los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento puedan manipular y visualizar el comportamiento de señales eléctricas transmitida por sensores de temperatura, caudal, presión, humedad, entre otros así ganen experiencia en la utilización de estos dispositivos. En muchos casos los sistemas tradicionales que cuentan con este tipo de sensores realizan lecturas erróneas, lo cual interfiere con la exactitud de los datos generados y por consecuencia con el análisis de dichos datos, además conlleva un mayor tiempo en la generación de reportes en comparación a los sistemas más actuales. El módulo de entrenamiento de instrumentación realizará algunas de las tareas asociadas

al servicio sin necesidad de intervención humana. Es decir, hacer más trabajo con menos personas. La cantidad liberada de trabajo humano se puede dedicar a tareas que realmente proporcionen valor a la producción.

Por otro lado, el rendimiento de las personas puede variar en función de sus conocimientos, habilidades, experiencia, carga de trabajo, estado de salud y motivación. Por el contrario, la automatización garantiza estabilidad en sistemas que lo implementan.

1.3 Justificación y actualidad.

Este proyecto tecnológico tiene como finalidad la implementación de un módulo de entrenamiento para instrumentación y acondicionamiento de señales emitidas por sensores de temperatura caudal y presión, en el laboratorio de Control y Manipulación Automática de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento, este módulo permitirá que los estudiantes puedan realizar sus prácticas utilizando una variedad de sensores existentes en la industria, con la finalidad de ampliar su conocimiento en esta área posteriormente las señales podrán ser visualizadas en una PC a través del software LabVIEW.

Este módulo tiene fines académicos que va acorde a la misión y visión de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento y complementará el desarrollo de aprendizaje de los estudiantes, mejorando su preparación y experiencia en el campo de la instrumentación, colaborando así con el compromiso de entregar profesionales de calidad que cumplan con los requerimientos de las industrias.

Esta implementación ayudará a conocer el funcionamiento y desarrollo de un sistema moderno y también será un aporte tecnológico de gran ayuda, al ser una herramienta que permita una mejor toma de decisiones.

1.4 Objetivos

1.4.1 **Objetivo general.** Implementar un módulo de entrenamiento para instrumentación y acondicionamiento de señales emitidas por sensores de temperatura, velocidad, caudal y presión, en el laboratorio de control y manipulación automática.

1.4.2 Objetivos específicos.

Determinar las variables físicas que intervendrán en el sistema, y los diferentes dispositivos de medición necesarios para la realización del proyecto.

Diseñar y programar el sistema de monitoreo y control con LabVIEW.

Acondicionar las señales analógicas y digitales para poder ser interpretadas.

Realizar pruebas con el sistema ya implementado.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Sistemas de instrumentación.

“La instrumentación trata los sistemas integrados cuya finalidad es medir magnitudes físicas de un sistema externo, elaborar la información asociada a ellas y representarlas”. (DRAKE MOYANO, 2005, p.1)

“El objetivo básico de un sistema de instrumentación es la adquisición de información del mundo físico a la máxima velocidad posible, con la mayor exactitud que se pueda.” (RIU COSTA, et al, 1995, p.12)

Para la elaboración de estos sistemas se realiza su diseño individual para los componentes que lo conforman, logrando así una unión ideal entre el elemento y el objetivo final, para el cual es diseñado, unos de los obstáculos al implementar es te tipo de sistema son los costos elevados al igual que se dificulta una posible reestructuración para cumplir distintos objetivos a los planteados originalmente. (RIU COSTA, et al, 1995, p.12)

Estos sistemas ayudan a establecer características en las cuales se ejecuta una actividad además de la verificación de parámetros como diseño, rendimiento, protección ambiental entre otros. Estos sistemas pueden monitorear el desempeño logrando así una comparación entre lo que se obtiene y el objetivo a alcanzar. (RIU COSTA, et al, 1995, p.15)

El módulo de instrumentación, en el presente trabajo de titulación, tendrá una finalidad didáctica, permitiendo mediante su manipulación del mismo y fácil portabilidad, lograr conexiones con otros dispositivos ubicados en el laboratorio, lo que proveerá de conocimientos técnico a los señores estudiantes mejorando, notablemente su aprendizaje, lo que permitirá como futuros profesionales desenvolverse de mejor manera dentro de esta área.

2.1.1 *Sistemas de adquisición de datos.* Mediante estos sistemas se permite la obtención de datos los cuales podremos monitorear y guardar en caso de ser necesario. Para lograr esto se debe transformar las magnitudes físicas obtenidas a pulsos eléctricos por medio de un transductor. Podemos encontrar varios tipos de sistemas de adquisición de datos entre ellos tenemos el manual, análogo y el digital en este último el ordenador o Pc permiten también manipular y lograr simulaciones con determinados datos. (DÍAZ RUBIO, 2002, p.20)

2.1.2 *Funciones en la adquisición y distribución de señal.* Este tipo de sistemas cumplen funciones como adquisición, procesamiento y presentación de la información en casos particulares cuentan también con el registro de datos. La finalidad de estos sistemas es realizar una comparación entre los resultados obtenidos con los objetivos planteados y poder realizar una modificación en el proceso o en los parámetros deseados. (PALLÁS ARENY, 1993, p.3)

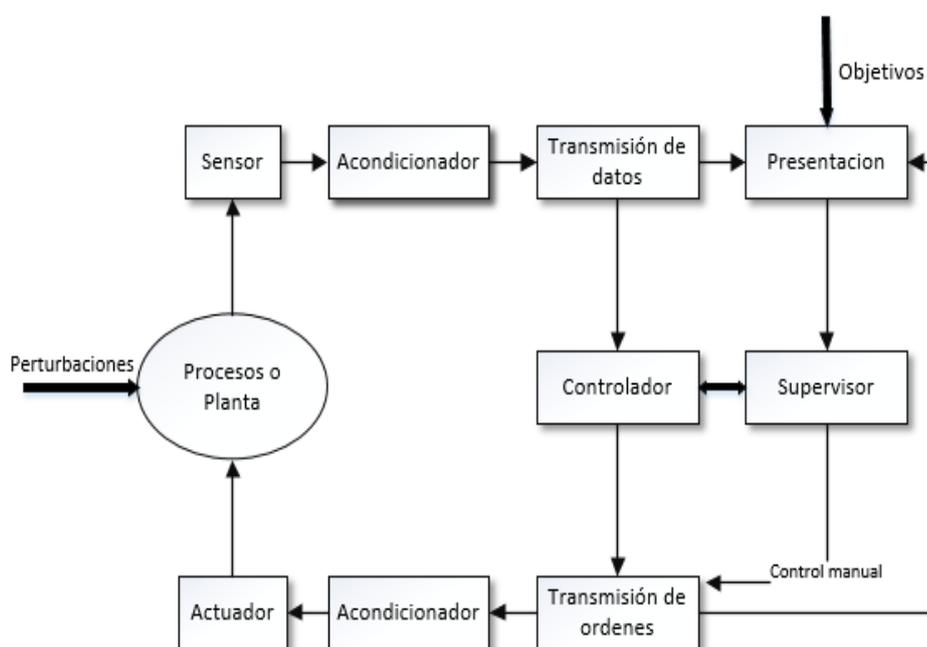


Figura 1-2 Estructura general de un sistema de adquisición y distribución de señales.

Fuente: (PALLÁS ARENY, 1993).

2.2 Sensores.

Son dispositivos o componentes de un sistema los cuales están en contacto directo con el entorno físico. Su función radica en convertir una magnitud de entrada no eléctrica en una señal eléctrica. (PALLÁS ARENY, 1993, p.27)

“Estos dispositivos electrónicos tienen la capacidad de detectar la variación de una magnitud física, tales como: temperatura, iluminación, movimiento y presión entre otros, y de convertir el valor de esta, en una señal eléctrica, ya sea analógica, digital o magnética.” (ABAC DE LEÓN, 2015, p.42)

2.2.1 *Características de los sensores.* El objetivo de un sensor es interpretar la magnitud aplicada en su entrada en una señal eléctrica de salida, sus características se dividen en estáticas y dinámicas.

2.2.1.1 *Características estáticas.*

Calibración. Son los ensayos y pruebas realizadas frecuentemente en los instrumentos de medición con la finalidad de constatar su cumplimiento, de modo que garanticen el desempeño deseado y a su vez sean instrumentos confiables. (VILLALOBOS ORDAZ, et al, 2006, p.36)

Sensibilidad. “Es la variación de la señal de salida producida por una variación de entrada”. (PALLÁS ARENY, 1993, p.32)

Exactitud. “Es la similitud que existe entre los valores real de entrada y el valor calculado a partir de la salida obtenida y de la sensibilidad”. (PALLÁS ARENY, 1993, p.33)

Error de cero y error de ganancia. “El error de cero es el valor de la salida del sensor en el punto en que supuestamente debería ser nula. Por otro lado, el error de ganancia indica la discrepancia entre la sensibilidad prevista y la observada. Ambos errores varían con los factores ambientales, en particular por la temperatura, tensión de alimentación y con el tiempo”. (PALLÁS ARENY, 1993, p.33)

Resolución. “Es el mínimo cambio se puede percibir a la salida. Cuando se trata de un cambio a partir de una entrada nula se emplea a veces el termino umbral”. (PALLÁS ARENY, 1993, p.34)

Otros factores a considerar son: límites de la tensión de alimentación, temperatura, humedad, vibraciones, presencia de sustancias corrosivas, para algunos de estos factores

se especifica su influencia en la exactitud del sensor, para otros el límite absoluto. (PALLÁS ARENY, 1993, p.34)

2.3 Magnitudes físicas consideradas.

2.3.1 *Temperatura.* “Temperatura es aquella propiedad que determina la capacidad que tiene un cuerpo para absorber o transferir calor de su alrededor” (VILLALOBOS ORDAZ, et al, 2006, p.63)

Esta es una de las propiedades más importantes halladas dentro de los sistemas de producción ya que es imposible evitar que los materiales o sistemas sean vulnerables a esta, para su medida encontraremos varios tipos de sensores, siendo los más comunes termopares, termistores y RTDs. (Ver figura 2-2)

2.3.1.1 *RTD Sensores de temperatura resistiva.* “Una (RTD) de platino es un dispositivo con una resistencia típica de 100Ω a 0°C . Está constituida en una capa delgada de platino en una capa de plástico. Su resistencia se modifica con la temperatura y generalmente puede medir temperaturas hasta 850°C . Al pasar una corriente a través de un RTD se genera un voltaje. Al medir este voltaje, se puede determinar la resistencia y, por lo tanto, la temperatura. La relación entre la resistencia y la temperatura es relativamente lineal.” (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016)

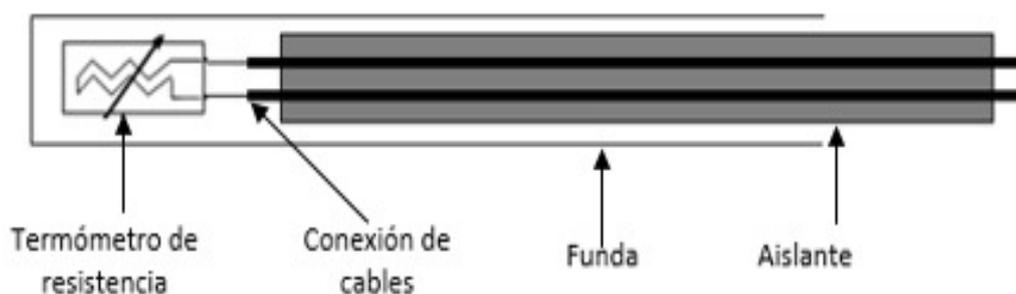


Figura 2-2 Arquitectura física de un RTD.

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

2.3.1.2 *Características dinámicas.* La presencia de elementos que almacenan energía hace que la respuesta de un sensor cuando la entrada es variable, difiera de la que presenta cuando la entrada es constante. (PALLÁS ARENY, 1993, p.35)

2.3.1.3 *Propiedades de la Pt100.* “Es el más utilizados dentro de los procesos industriales debido gran estabilidad y precisión, tienen mayor linealidad que los termopares y cuentan con una exactitud de ± 0.1 a $\pm 0.5\%$, también cuentan con la capacidad de resistir golpes y vibraciones sin que alteren su funcionamiento”. (VILLALOBOS ORDAZ, et al, 2006, p.123)

2.3.1.4 *Circuito puente de wheatstone.* “Es un arreglo de cuatro resistencias en condiciones iniciales que tienen el mismo valor y se genera un cambio de voltaje al detectarse cambios en el valor en una resistencia. La RTD funcionan como transductores, convirtiendo los cambios de temperatura en señales de voltaje, mediante los cambios de resistencia”. (VILLALOBOS ORDAZ, et al, 2006, p.125)

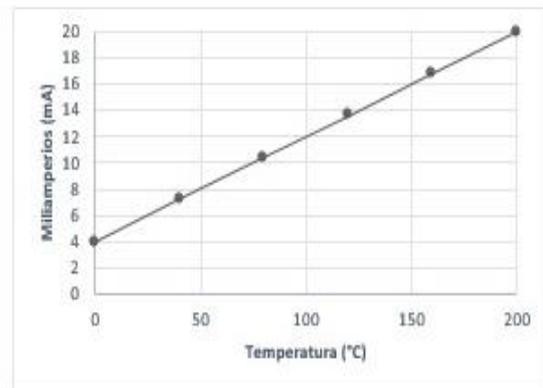
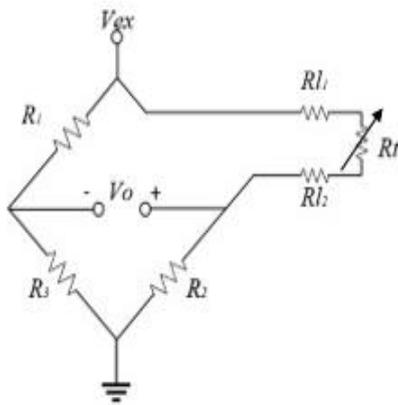


Gráfico 1-2 Circuito puente con RTD y miliamperios mA vs temperatura °C.
Fuente: (VILLALOBOS ORDAZ, y otros, 2006).

2.3.2 *Velocidad.* “En los procesos industriales existen dos tipos de formas para realizar mediciones de velocidad, siendo una de éstas por medio de equipos mecánicos y equipos eléctricos, los primeros detectan el número de vueltas del eje de la máquina, en donde se incorporan la medición del tiempo para determinar el número de revoluciones por minuto, los segundos detectan la velocidad por medio de sistemas eléctricos”. (CREUS SOLÉ, 2010, p.323)

2.3.2.1 *Encoder.* Estos son los más utilizados para medir los sistemas rotacionales, son también conocidos como tacómetros o codificadores de posición estos elementos son capaces de convertir el movimiento, ya sea rotacional o lineal a una señal digital equivalente (CORONA RAMÍREZ, et al, 2014, p.78)

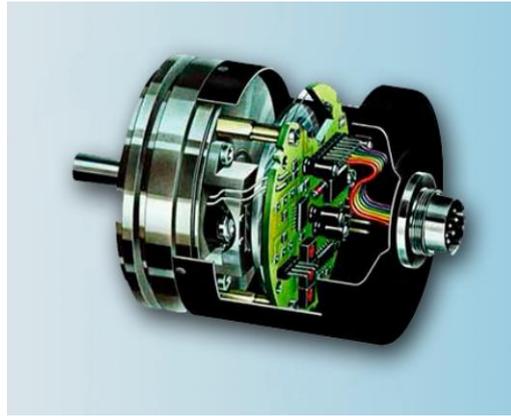


Figura 3-2 Interior de un encoder.

Fuente: <http://www.set-up.es/el-encoder/>

2.3.2.2 Tipos de Encoders.

Encoders ópticos. “Generalmente se compone de un par de dispositivos optoelectrónicos, uno de los cuales constituye el emisor o fuente de luz y el otro es el receptor; De esta manera cuando el disco gira se produce una señal alternante, la frecuencia registrada por esta señal determina la velocidad del eje”. (CORONA RAMÍREZ, et al, 2014, p.79)

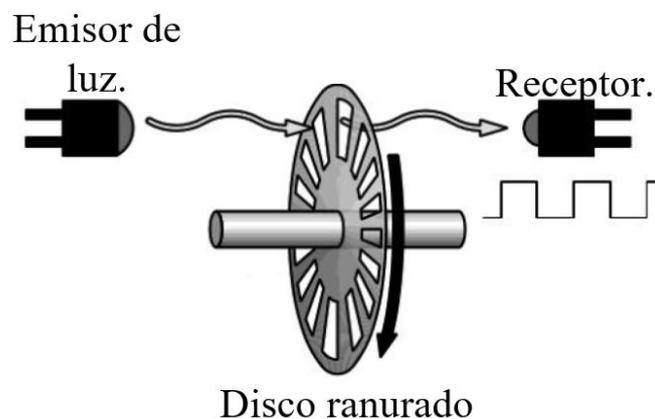


Figura 4-2 Encoder óptico.

Fuente: (CORONA RAMÍREZ, y otros, 2014).

Encoders incremental. “Este tipo de encoder se caracteriza porque determina su posición, contando el número de impulsos que se generan cuando un rayo de luz, es atravesado por marcas opacas en la superficie de un disco unido al eje”. (VILLALOBOS GUERRERO, 2013, p.30) (Ver Figura 5-2)

Encoders absolutos “contienen bandas ordenadas según un código binario en el rotor y el circuito detector decodifica el código que es único para cada posición del rotor”. (VILLALOBOS GUERRERO, 2013 p.30) (Ver Figura 6-2)

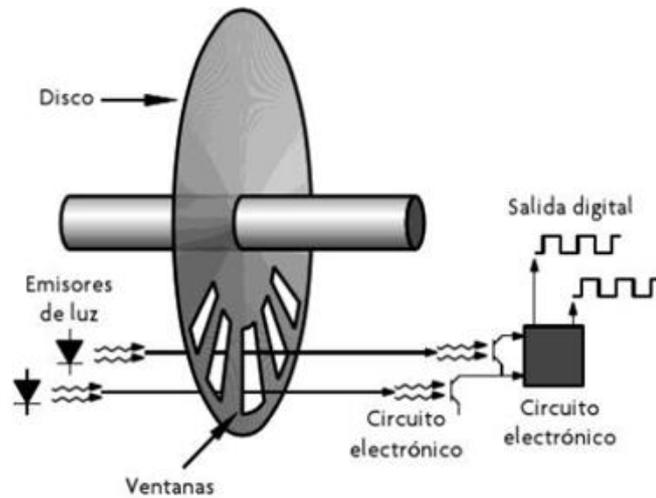


Figura 5-2 Encoder incremental.
 Fuente: (CORONA RAMÍREZ, y otros, 2014).

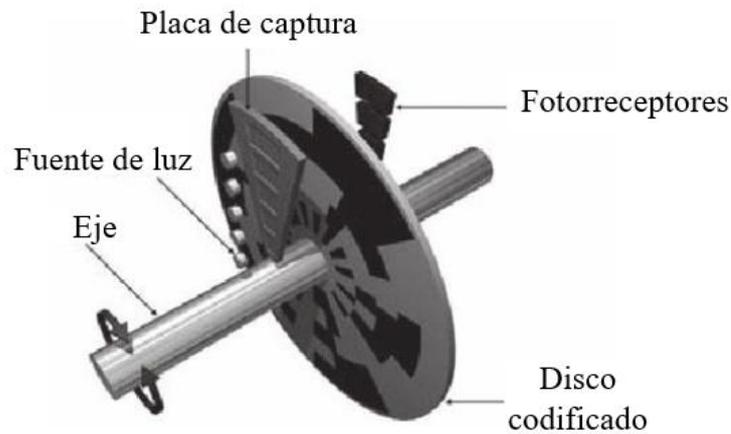


Figura 6-2 Encoder absoluto.
 Fuente: (CORONA RAMÍREZ, y otros, 2014).

2.3.3 **Caudal.** “En la mayor parte de las operaciones realizadas en los procesos industriales y en las efectuadas en laboratorio y en plantas piloto es muy importante la medición de caudales de líquidos y gases. Existen dos tipos de medidores, los volumétricos que determinan el caudal en volumen del fluido, y los de masa que determinan la caudal masa. Se reservan los medidores volumétricos para la medida general de caudal y se destinan los medidores de caudal másico a aquellas aplicaciones en las que la exactitud de la medida es importante” (CREUS SOLÉ, 2010, p.105)

“La medición del flujo de líquidos y gases tiene un amplio campo en diversos procesos industriales, donde además juega un papel importante, ya que la medición de flujos sirve como base para controlar el desarrollo del proceso de manera adecuada”. (CORONA RAMÍREZ, et al, 2014, p.251)

2.3.4 **Presión.** Éstas magnitudes de medida se pueden encontrar en la gran parte de las industrias y procesos productivos, debido a esto, los productos, materiales y equipos se trasladan de un lugar a otro o realizan operación compleja para el ser humano, todo esto con ayuda de procesos automatizados evitando así el incómodo o pesado trabajo que podrían tener ciertas labores.

2.3.4.1 *Clasificación según el elemento que los conforman.*

Elementos mecánicos. “Podemos dividirlos en elementos primarios de medida directa que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas (barómetro cubeta, manómetro de tubo en U, manómetro de tubo inclinado, manómetro de toro pendular, manómetro de campana) y en elementos primarios elásticos que se deforman con la presión interna del fluido que contienen.” (CREUS SOLÉ, 2010, p.92)

Elementos electromecánicos. “Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico combinado con un transductor eléctrico, que genera la correspondiente señal eléctrica. El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico. Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos: resistivos, magnéticos, capacitivos, extensométricos y piezoeléctricos”. (CREUS SOLÉ, 2010, p.96)

Elementos electrónicos de vacío. “Los elementos electrónicos de vacío se emplean para la medida de alto vacío, son muy sensibles y se clasifican en los siguientes tipos, Medidor McLeod, Mecánicos, Propiedades de un gas, Térmicos y Ionización”. (CREUS SOLÉ, 2010, p.100)

2.4 Señales.

“Se denomina señales a una o más variables independientes que contienen información acerca de la naturaleza o comportamiento de algún fenómeno. Estas transportan

información acerca del sistema que las produjo, contenida o codificada en un patrón de variaciones de alguna magnitud física”. (JIMENEZ VIVANCO, et al, 2010, p.1)

2.4.1 Tipos de señales.

2.4.1.1 *Señales análogas.* También conocida como señal continua al procesar la señal análoga se obtiene una señal sin interrupciones y estable por un determinado periodo de tiempo, estas señales pueden ser lineal no lineal, periódicas no periódicas, de polaridad directa o inversa. (ABAC DE LEÓN, 2015, p.21) (Ver Gráfico 2-2)

2.4.1.2 *Señales digitales.* “Son aquellos que tienen de salida una señal que no es continua en el tiempo, sino que tiene una salida de “1” o “0” lógico “encendido” o “apagado”, teniendo como respuesta “verdad o negación”, a intervalos de tiempo específicos, los cuales pueden variar de duración o la frecuencia del pulso para interpretar la señal en ese instante de tiempo actuando según corresponde al diseño del sistema en que se encuentra el sensor”. (ABAC DE LEÓN, 2015, p.24) (Ver Gráfico 3-2)



Gráfico 2-2 Señal análoga.

Fuente: (Autores, 2018).

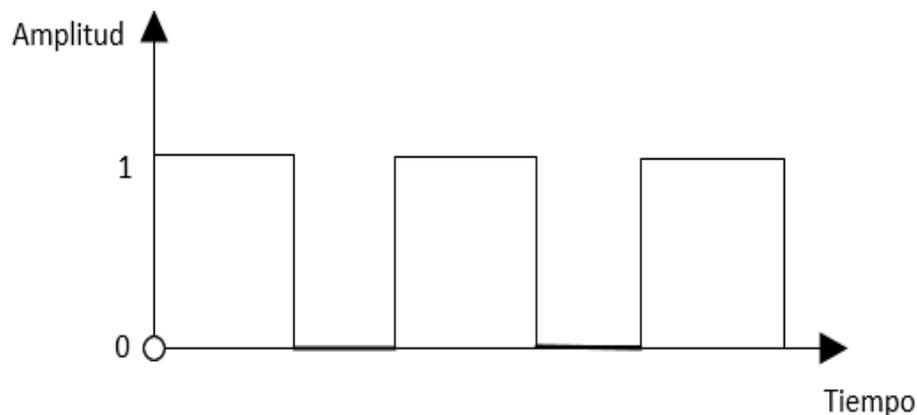


Gráfico 3-2 Señal digital.

Fuente: (Autores, 2018).

2.4.2 **Acondicionamiento de señal.** Mediante el uso adecuado de sensores como velocidad, temperatura, presión, caudal entre otros, las industrias han logrado mejorar su control y monitoreo sobre los procesos, permitiendo así aumentar el rendimiento y a la vez que se reduce el impacto al ambiente.

“Estos sensores, a su vez, requieren el acondicionamiento de las señales antes de que un dispositivo de adquisición de datos pueda medir con eficacia y precisión la señal”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.1)



Figura 7-2 Acondicionamiento de señal con tarjeta de adquisición de datos.

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2018).

El proceso de acondicionamiento de señal es de vital importancia dentro de la toma de datos mediante sensores, ya que esto permite lecturas precisas mejorando así el análisis para la toma de decisiones.

Las necesidades de acondicionamiento de las señales varían ampliamente dependiendo de la funcionalidad del sensor, por lo que ningún instrumento puede proporcionar todo tipo de acondicionamiento para todos los sensores. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.1)

2.4.2.1 **Fundamentos del acondicionamiento de señales.** Un gran número de señales que proviene de sensores, necesitan ser modificadas de alguna manera para poder ser procesadas por las tarjetas de adquisición de datos, estas modificaciones pueden ser amplificación, excitación, filtrado aislamiento entre otros, esto dependiendo del tipo de sensor con el que se esté trabajando y los resultados que se quieran alcanzar. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.2)

A continuación, se detallará algunos de los tipos de acondicionamientos de señales que podemos encontrar en nuestro medio:

Amplificación. “Los amplificadores incrementan el nivel de tensión para lograr una mejor adaptación al rango del convertidor analógico-digital, incrementando así la resolución de la medida y la sensibilidad. Además, la localización de los acondicionadores de señal externos más cerca de la fuente de la señal o del transductor, mejora la relación de la señal con respecto al ruido de la medida, mediante el incremento del nivel de la tensión antes de que se vea afectada por el ruido ambiental. Los sensores típicos que requieren de amplificación son los termopares y los medidores de deformaciones”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.2)

Atenuación. “La atenuación, que es lo contrario que la amplificación, se necesita cuando las tensiones que se van a digitalizar están fuera del rango del convertidor analógico-digital. Esta forma de acondicionamiento de la señal disminuye la amplitud de la señal de entrada de modo que la señal acondicionada quede dentro del rango de tensión del convertidor analógico-digital. La atenuación es típicamente necesaria cuando se miden tensiones de más de 10 V”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.2)

Filtrado. “Los filtros rechazan el ruido no deseado dentro de un determinado rango de frecuencias. A menudo, los filtros paso-bajo se utilizan para bloquear el ruido de las medidas eléctricas, tales como el procedente de los 50/60 Hz de la red eléctrica”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.2)

Aislamiento. “Señales de tensión que están bastante fuera del rango del digitalizador pueden dañar al sistema de medida y al operador. Por esa razón, se requiere generalmente el aislamiento junto con la atenuación para proteger al sistema y al usuario de las tensiones peligrosas o de los picos de tensión”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.2)

Excitación. “Se requiere una excitación en muchos tipos de transductores. Por ejemplo, las galgas extensiométricas, los acelerómetros, los termistores y las RTDs requieren tensiones externas o corriente de excitación. Las medidas de RTDs y de termistores se hacen con una fuente de corriente que convierte la variación de la resistencia en una tensión medible. Los acelerómetros tienen a menudo un amplificador integrado, que

requiere una corriente de excitación proporcionada por el dispositivo de medida” (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.3).

Linealización. “La linealización es necesaria cuando los sensores producen señales de tensión que no están linealmente relacionados con las medidas físicas. La linealización, que consiste en el proceso de interpretación de la señal del sensor, se puede implementar mediante el acondicionamiento de la señal o por medio de software”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2015, p.3)

2.4.3 **Procesamiento de señal.** Es la unión de elementos destinados para la conversión de las señales eléctricas con la finalidad de alcanzar los deseados propuestos.

“Un sistema puede considerarse como un proceso en el cual las señales de entrada son transformadas por el sistema o provocan que éste responda de alguna forma, lo que da como resultado otras señales como salidas” (OPPENHEIM, et al, 1997, p.534)

Cuando pasamos una señal a través de un sistema, como en el caso del filtrado, decimos que hemos procesado la señal. En este caso el procesado de la señal implica la separación de la señal deseada del ruido y la interferencia. En general, el sistema se caracteriza por el tipo de operación que realiza sobre la señal. Tales operaciones se denominan habitualmente como procesado de la señal. (JIMENEZ VIVANCO, et al, 2010, p.2)

Un gran número de las señales que encontramos en nuestro ambiente tienen forma análoga, con dispositivos adecuados éstas pueden ser procesadas de forma directa. (JIMENEZ VIVANCO, y otros, 2010, p.8)

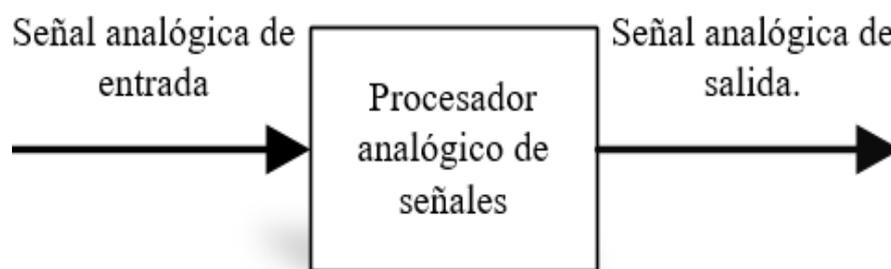


Figura 8-2 Procesamiento de una señal analógica.

Fuente: (AMBARDAR, 2002).

El procesamiento digital de señales analógicas necesita la utilización de un convertidor análogo a digital para acondicionar la señal análoga antes del procesamiento y un convertidor digital a análogo para convertir la señal digital procesada de nuevo a la forma analógica. (AMBARDAR, 2002, p.465)



Figura 9-2 Procesamiento de una señal digital.

Fuente: (AMBARDAR, 2002).

El procesamiento de una señal, no tan solo se la realizará de forma física sino también con la asistencia de un software de computación, esto se logra mediante una simulación computarizada de un sistema físico con esto, podemos llevar a cabo el procesamiento de señales las cuales pueden ser de forma física como virtual o lograr también la unión de ambas.

2.4.4 **Almacenamiento de la información.** Se realiza cuando se sobrepasa la capacidad destinada para el procesamiento de datos y cuando se tiene un limitado espacio de almacenamiento. En el presente las herramientas utilizadas para este fin son de naturaleza tecnológicas, ya que debido a su constante evolución permiten aumentar la capacidad y tener un espacio ilimitado para el almacenamiento de datos. Entre los dispositivos más comunes tenemos computadoras, discos duros, memorias entre otros.

2.5 LabVIEW.

LabVIEW es una herramienta utilizada en el manejo y uso de elementos de instrumentación, ya que gracias a su fácil interfaz y a los componentes que los conforman permite al usuario simular procesos, presentar datos y ayuda a la toma de decisiones, esto debido a su conectividad con dispositivos tecnológicos como tarjetas de adquisición de datos.

Para los sistemas de adquisición de datos se necesita de un software de instrumentación, que sea flexible para futuros cambios, y preferiblemente que sea de fácil manejo, siendo

lo más poderoso e ilustrativo posible. Para elaborar los algoritmos de control y toma de datos en los proyectos de sismica, se consideró que el lenguaje más apto es el LabVIEW (Laboratory Virtual Engineering workbench). (TREJO ALMARAZ , 1997, p.1)

Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y de gran elegancia. Es un programa de mucho poder donde se cuentan con librerías especializadas para manejos de sistemas de adquisición de datos, Redes, Comunicaciones, Análisis Estadístico, Comunicación con Bases de Datos (Útil para una automatización de una empresa a nivel total). (TREJO ALMARAZ , 1997, p.1)

Con lo mencionado anteriormente se puede concluir que LabVIEW es una herramienta que permite a los estudiantes, profesores adquirir conocimiento de manera más práctica y sencilla ya que este software permite gracias a su interfaz una fácil manipulación y simulación de todo aquello que podría pasar en el mundo real, en solo un ordenador esto sin mencionar la fácil interacción que se logra entre este software y otros, así como la conectividad con diferentes dispositivos tecnológicos con el adecuado ensamblaje. (TREJO ALMARAZ , 1997, p.1)



Figura 10-2 Logotipo de Presentación del software.

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2006).

2.6 NI myRIO.

NI myRIO fue creado para que los alumnos realicen prácticas y simulaciones de problemas reales que se pueden encontrar en el mundo profesional y en aulas de clases. Contiene un procesador programable para que puedan desarrollar sistemas y resolver problemas de diseño complicados de manera más rápida todo en una forma compacta. El dispositivo NI myRIO tiene componentes reconfigurables los cuales pueden funcionar de manera conjunta con sistemas de LabVIEW, ya sea en una aplicación de tiempo real, como en el nivel de un FPGA. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016)

“NI myRIO es una herramienta de enseñanza reconfigurable y reutilizable que ayuda a los estudiantes a aprender una gran variedad de conceptos de ingeniería, así como proyectos de diseño completos. Utilizando herramientas de tiempo real, FPGA y capacidades integradas de Wi-Fi, junto con la memoria integrada; los estudiantes pueden desplegar aplicaciones de forma remota y ejecutarlos (sin conexión a un ordenador remoto)” (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

“Tres conectores, dos puertos, expansión y un puerto que es idéntico al conector NI myDAQ envían y reciben señales desde los sensores y circuitos que los estudiantes necesitan en sus sistemas. Cuarenta líneas de Entrada / Salida digitales, entrada de codificador de cuadratura, ocho entradas analógicas de una sola terminal; dos entradas analógicas diferenciales; cuatro salidas analógicas unipolares; y dos salidas analógicas con referencia a tierra permiten la conectividad a un sinnúmero de sensores y dispositivos y control de programación de sistemas”. (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016)



Figura 11-2 Tarjeta NI myRIO.
Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

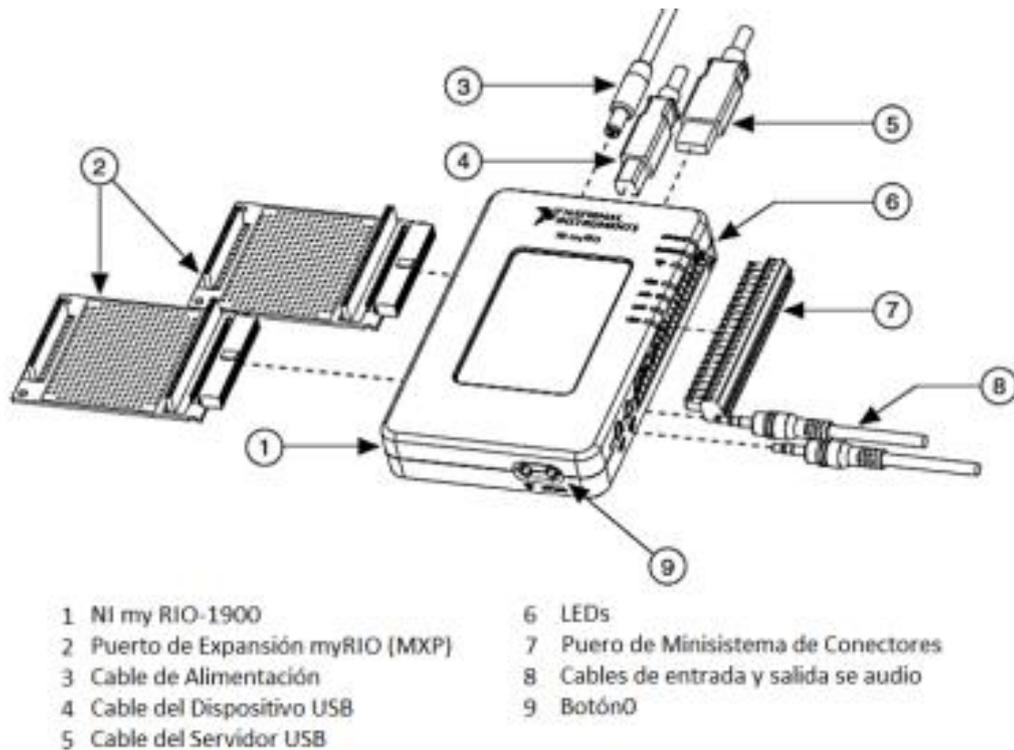


Figura 12-2 Tarjeta NI myRIO, puertos y accesorios.
 Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

Tabla 1-2 Especificaciones generales de la myRIO 1900.

Especificaciones Generales de la myRIO 1900.	
Procesador + FPGA SoC (Sistema en un chip)	Xilinx Z-7010, 667 MHz, 2 núcleos
Comunicaciones Wireless IEEE 802.11 b,g,n (WiFi)	
Comunicaciones USB 2.0 Alta-velocidad	
Entradas Analógicas	10
Tasa de muestreo agregado	500 kS/s
Resolución	12 bits
Conectores MXP	4 canales de un solo extremo por conector Rango Nominal 0 V a +5 V
Conector MSP	2 canales diferenciales Rango Nominal ±10 V
Audio input	1 entrada estéreo (2 Canales AC acoplado) Rango Nominal ±2.5 V
Salidas Analógicas: 6	AO en MXP: 345 kS/s
	AO en MSP y audio: 345 kS/s
	Resolución 12 bits
	Conectores MXP
	Configuración 2 canales de terminación única por conector Rango 0 V a +5 V
Salida de audio	Configuración una salida estéreo que consta de dos canales acoplados a CA, de extremo único

Realizado por: (Autores,2018).
 Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

Tabla 2-2 Especificaciones generales de la myRIO 1900.

Especificaciones Generales de la myRIO 1900.	
Entradas/Salidas Digitales:	
Número de líneas	Conectores MXP
	2 puertos de 16 líneas DIO (un puerto por conector)
	una UART.RX y una línea UART.TX por conector
	Conector MSP
	1 puerto de 8 líneas DIO
Control de dirección: cada línea DIO individualmente programable como entrada o salida	
Nivel lógico: entrada LVTTTL compatible con 5 V; Salida 3,3 V LVTTTL	
Ancho mínimo de pulso: 20 ns	
Máximas frecuencias para funciones digitales secundarias	
SPI: 4 MHz	
PWM: 100 kHz	
Entrada de codificador en cuadratura: 100 kHz	
I2C: 400 kHz	
Acelerómetro	Número de ejes: 3
	Rango: ± 8 g
	Resolución: 12 bits
	Tasa de muestreo: 800 S/s
	Ruido: 3.9 mgrms típico a 25 ° C
Salida de potencia	•+5 V Salida de potencia
	Tensión de salida 4.75 V a 5.25 V
	Corriente máxima en cada conector 100 mA
	•+3.3 V Salida de potencia
	Tensión de salida 3.0 V a 3.6 V
	Corriente máxima en cada conector 150 mA
	•+15 Salida de potencia
	Tensión de salida 15 V a +16 V
	Corriente máxima 32 mA (16 mA durante el inicio)
	• -15 V Salida de potencia
	Tensión de salida 15 V a -16 V
	Corriente máxima 32 mA (16 mA durante el inicio)
Potencia combinada máxima desde +15 V y potencia de salida de -15 V 500 mW.	

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: (NATIONAL INSTRUMENTS, 2016).

CAPÍTULO III

3. CONSTRUCCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN.

En la construcción del módulo de entrenamiento se utilizó sensores y varios elementos los cuales ayudaron a la conformación del mismo, para la programación y acondicionamiento de las señales se utilizó el software LabVIEW 2015, mediante una tarjeta de adquisición de datos NI myRIO 1900, este dispositivo cuenta con las entradas y salidas (analógicas y digitales) necesarias para el control de las señales emitidas por los sensores.

3.1 Selección de dispositivos y materiales

3.1.1 *NI myRIO 1900*. Esta tarjeta de adquisición de datos ayudara a obtener una muestra de variables físicas (temperatura, presión, velocidad y caudal). Con el fin de que la computadora pueda leer y realizar un control específico mediante el software LabVIEW.



Figura 1-3 Tarjeta NI myRIO 1900.

Fuente: (Autores, 2018).

3.1.2 **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.



Figura 2-3 Pt100 sensor de temperatura.
Fuente: (Autores, 2018).

Tabla 1-3 Especificaciones generales de Pt100.

Especificaciones generales sensor Pt100	
Rango de trabajo	-100°C hasta +400°C
Conexión	2 hilos
Clase B	Precisión de $\pm 0.3^\circ\text{C}$ a 0°C
Diámetro de sensor	$\varnothing 4 \times 30\text{mm}$
Longitud del cable	0.5mm
Protector exterior	Sonda metálica
Protección interior	Fibra de vidrio
Aprueba de agua	

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/>

3.1.3 **Circuito puente de wheatstone.** Los conversores de señal para temperatura ayudan a procesar una señal de entrada y realizar una amplificación con mayor precisión y poco ruido.



Figura 3-3 Conversor de RTD Pt100.
Fuente: (Autores, 2018).

Tabla 2-3 Especificaciones generales del conversor RTD PT100.

Especificaciones generales conversor RTD	
Salida analógica	4-20 mA
Voltaje de alimentación	24VCD
Rango Disponible del sensor	0°C-200°C
Precisión	0.20%
Entrada RTD PT100	3 o 2 hilos

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: (Autores, 2018)

3.1.4 *Ventilador ANERA DUPER FAN.* Es un ventilador alimentado a DC12V con corriente de 0.14A.



Figura 4-3 Ventilador ANERA DUPER FAN.

Fuente: (Autores, 2018).

3.1.5 Bombillo DC12V con potencia de 21WATTS (+SOCKET).



Figura 5-3 Bombillo DC12V con potencia de 21WATTS.

Fuente: (Autores, 2018).

3.1.6 **Transductor de presión.** Este dispositivo se utilizó para convertir la presión del aire en una señal eléctrica.



Figura 6-3 Transductor de presión.

Fuente: (Autores, 2018).

Tabla 3-3 Especificaciones generales del transductor de presión.

Descripción del transductor de presión.	
Cuerpo en acero inoxidable.	
Alimentación:	11...30 VDC
Salida:	4...20 mA
Rango de medida:	0...10 bar (0...145psi)
Conexión a proceso:	1/4 NPT macho
Conexión eléctrica:	Conector din
Temperatura de operación:	-25-100 °C
Marca:	Baumer (Francia)

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: (Autores, 2018).

3.1.7 **Motor CD 12V GB37Y3530-30EN.** Este motor de engranajes metálica con encoder de cuadratura integrada proporcionó la variable de velocidad.



Figura 7-3 Motor CD 12V GB37Y3530-30EN.

Fuente: (Autores, 2018).

Tabla 4-3 Especificaciones generales motor CD 12V GB37Y3530-30EN.

Especificaciones generales del motor de 12V	
Relación de engranaje	43.8:1
Velocidad sin carga	366 RPM
Corriente en vacío	350 mA
Voltaje de inicio	1.0 V
Par torque	18 kg
Corriente de descarga	7 A
Resistencia de aislamiento	20 M Ω
Encoder voltaje de operación	5V
Tipo de encoder	Hall
Peso	205 g

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/12V_DC_Motor_251rpm_w/Encoder

3.1.7.1 Encoder de cuadratura. Estos encoder incremental entregan dos señales tipo tren de pulsos A y B por cada uno de sus dos canales desfasadas 90° uno del otro. Cuando el encoder gira hacia una dirección el canal A adelanta al B, y cuando gira en dirección contraria el canal B adelanta al A. Se incluye la señal de referencia I.

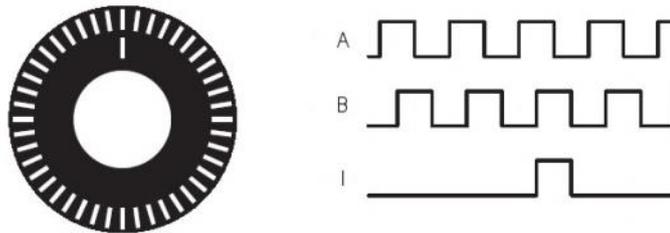


Figura 8-3 Diagrama de tiempo de conversión de la señal.

Fuente: <http://ramos.elo.utfsm.cl/~elo212/docs/Encoders-jvr-v01>

3.1.8 Controlador L298N doble puente H. Este driver se utilizó para dar sentido de giro y variar la velocidad.



Figura 9-3 Controlador L298N doble puente H.

Fuente: (Autores, 2018).

Tabla 5-3 Controlador L298N doble puente H.

Especificaciones generales puente H.	
Voltaje operativo min	5 V
Voltaje operativo máx.	35 V
Máxima corriente	± 2 A
Voltaje lógico	5 V
Medidas	(43 x 43 x 24)mm
Entradas de señal PWM para el control de velocidad	
Salidas para 2 motores	

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: <https://www.iberobotics.com/producto/modulo-driver-motores-l298n-doble-puente-h/>

3.1.9 **Caudalímetro YF-S401.** Se utilizó en el proyecto para medir el caudal en l/min está constituido por una carcasa de plástico, un rotor de agua y un sensor de efecto hall. Este cuenta con un imán en el rotor el cual registra cada vez que pasa el sensor magnético de efecto hall dando una vuelta, generándose pulsos de salida a una velocidad proporcional a la del flujo. Cada pulso en la salida del sensor equivale aproximadamente a 2,25 mililitros.



Figura 10-3 Caudalímetro YF-S401.

Fuente: (Autores, 2018)

Tabla 6-3 Especificaciones generales sensor YF-S401.

Especificaciones generales del sensor YF-S401	
Voltaje de funcionamiento	5v~18V
Corriente de operación	10mA(5V)
Presión máxima	1,75MPa
Caudal de trabajo	0,3 l/m a 6 l/m.
Humedad de almacenamiento	35%RH~90RH
Temperatura de operación	-25°C~80°C
Dimensiones	57mm x 40mm x 27mm.

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: <https://miarduinoouno.com/2016/04/Caudalímetro-con-sensor-de-flujo>

3.1.10 *Válvula solenoide.* Se utilizo para controlar el paso del flujo (sistemas neumáticos). Por medio de apertura o cierre de la válvula, se basa en impulsos electromagnéticos de un solenoide (un electroimán) que trabaja junto a un muelle diseñado para devolver a la válvula a su posición neutral cuándo el solenoide se desactiva.



Figura 11-3 Válvula solenoide.

Fuente: (Autores, 2018)

Tabla 7-3 Especificaciones generales electroválvula Airtac 2P025-08

Especificaciones generales electroválvula Airtac 2P025-08	
Modelo	2P025-08
Medio	Aire, agua, petróleo, gas.
Patrón de movimiento	Tipo de acción directa
Tipo	Normalmente cerrado
Orificio	2.5 mm
Tamaño de la tubería	1/4 "
Viscosidad del fluido de operación	Por debajo de 20 CST
Presión laboral	0 ~ 7 bar
Resistencia a la presión máxima	10.5 bar
Rango de temperatura	-5 ~ 80 grados centígrados
El consumo de energía	CA: 7VA / 50Hz, 9VA / 50Hz, DC: 6W
Voltaje estándar	DC12V, DC24V, AC24V, AC36V, AC110V, AC220V, AC380V
Rango de voltaje	Más o menos 10%
Material del cuerpo valvular	Acero y plástico
Material de sellado	NBR, EPDM o VITON

Realizado por: (Autores, 2018).

Fuente: http://airtacmalaysia.com/wp-content/uploads/media_uploads/2P-serie

3.1.11 Fuentes de alimentación de 12VDC 3.5A y 24VDC 2.5A.



Figura 12-3 Fuentes de alimentación 24VDC 2.5A y 12VDC 3.5A.

Fuente: (Autores, 2018)

3.1.12.1 *Especificaciones generales de las fuentes de alimentación de 12V y 24V.* (Ver en Anexo D)

3.1.12 **Software LabVIEW 2015.** Para la programación del módulo se utilizó el software LabVIEW 2015 con los módulos mínimos requeridos para que el software reconozca a la tarjeta NI myRIO 1900.

3.1.12.1 Módulos requeridos

- NI LabVIEW 2015 o versiones superiores.
- NI LabVIEW myRIO Toolkit 2015
- NI LabVIEW Real-Time 2015
- Xilinx Compilation Tools 14.4.

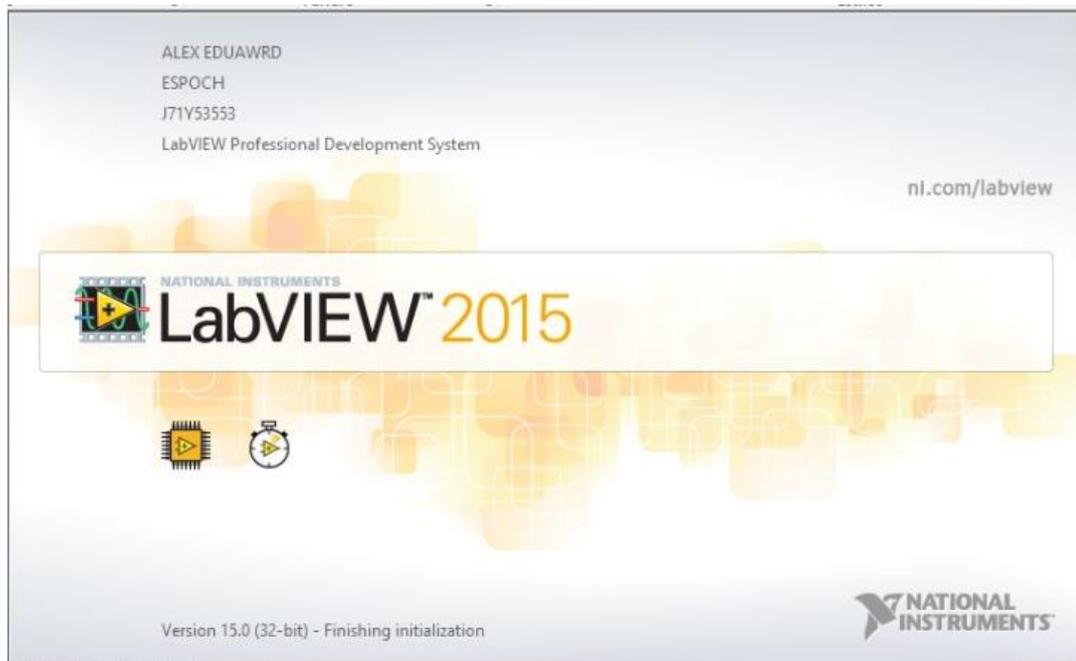


Figura 13-3 Software LabVIEW 2015.

Fuente: (Autores, 2018)

3.2 Construcción del módulo.

3.2.1 **Carcasa.** Para la ubicación de los sensores y demás elementos electrónicos se utilizó una caja plástica con tapa transparente lisa con dimensiones 380x280x130 mm la selección del tamaño de la caja fue debido a las dimensiones a los sensores a utilizarse y mejorar su presentación, también se utilizó una base de alucobond para fijar los elementos en el interior de la caja.

3.2.2 **Acondicionamiento de los sensores.** El ingreso de una señal análoga y digital en la tarjeta ni myRIO esta estandarizada a 5v, por lo que se delimito el ingreso de voltaje a no mayor, igual al antes mencionado y así evitar fallas en el funcionamiento de la tarjeta, la restricción del voltaje ingreso se realizó con elementos electrónico seleccionados previamente a través de cálculos matemáticos.

3.2.2.1 **Sensores analógicos.** Para el sensor de temperatura (Pt100) y el transductor de presión se calculó la resistencia de 250Ω ya que la cual da una caída de voltaje no mayor a 5V, la señal analógica variara de 1-5V al ingresar a la entrada analógica de la NI myRIO.

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

R : Resistencia,

V : Voltaje,

I : Intensidad

$$R = \frac{5V}{0.02A} = 250\Omega$$

Despejando V de la ecuación inicial

$$V = I * R$$

Despejando R ;

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V_1 = 4mA * 250\Omega = 1V$$

$$V_2 = 20mA * 250\Omega = 5V$$

Circuito de acondicionamiento

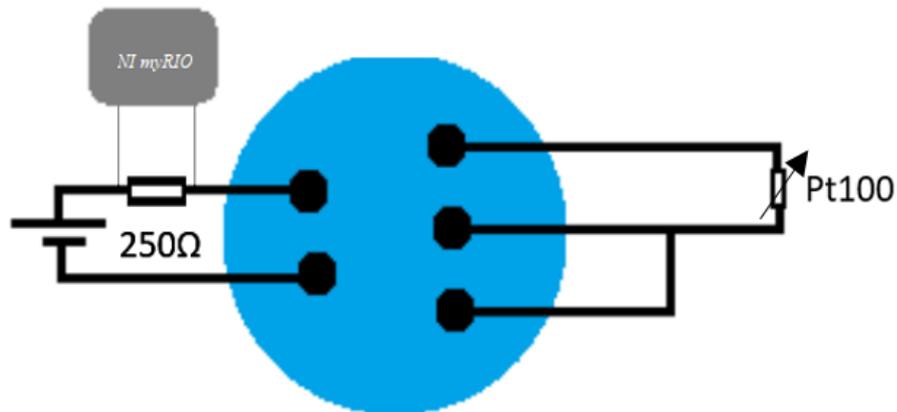


Figura 14-3 Circuito de acondicionamiento de la Pt100 a la NI myRIO.

Fuente: (Autores, 2018)

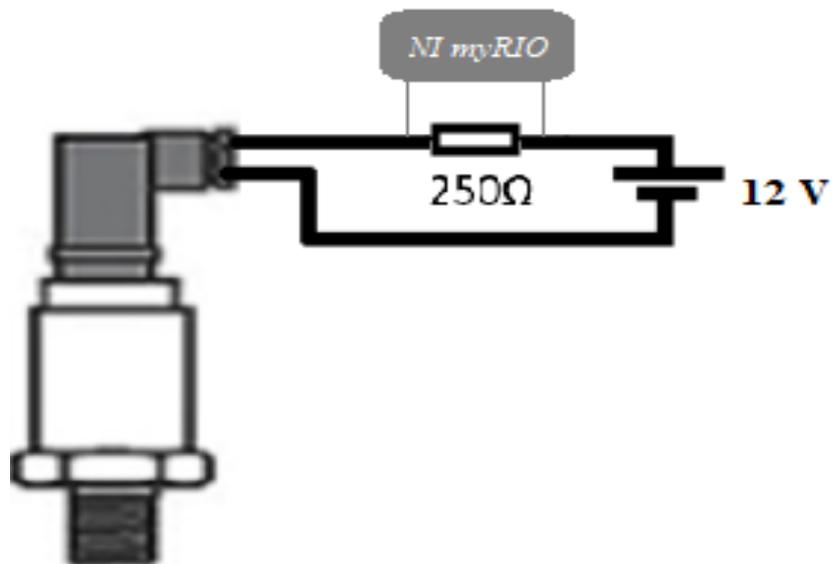


Figura 15-3 Circuito de acondicionamiento del transductor de presión.

Fuente: (Autores, 2018)

3.2.2.2 *Sensores digitales.* Para la alimentación del encoder y el caudalímetro se conectará a la fuente de 5V propia de la tarjeta NI myRIO en donde la señal de los sensores me dará en 0-1 que es de 0-5V.

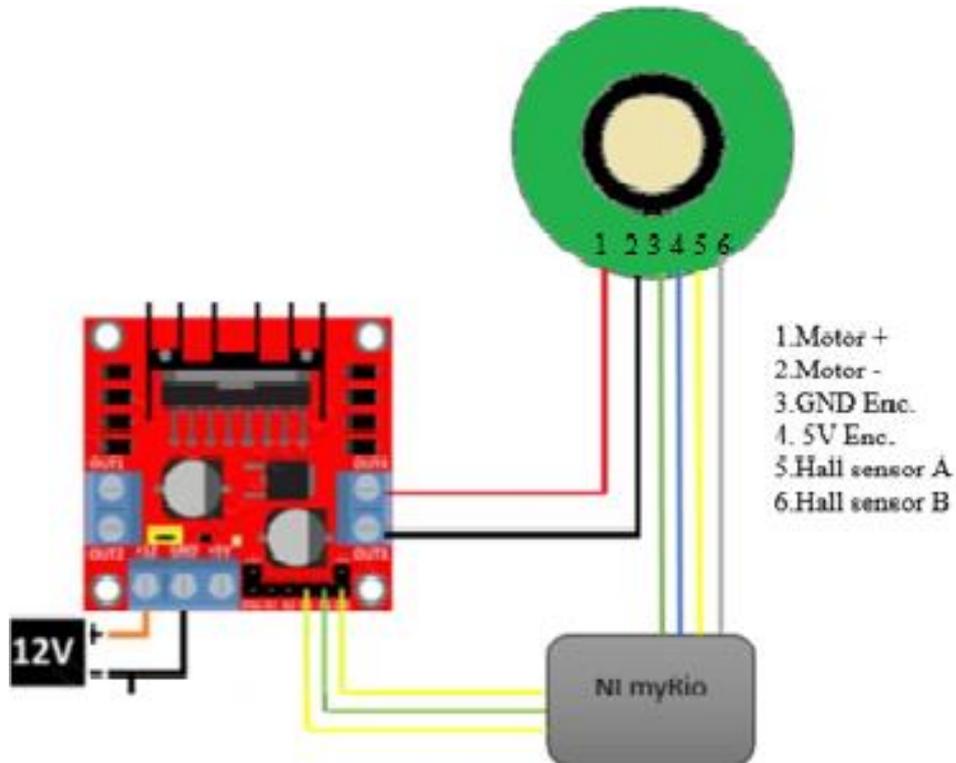


Figura 16-3 Circuito de acondicionamiento del encoder a la NI myRIO.

Fuente: (Autores, 2018)

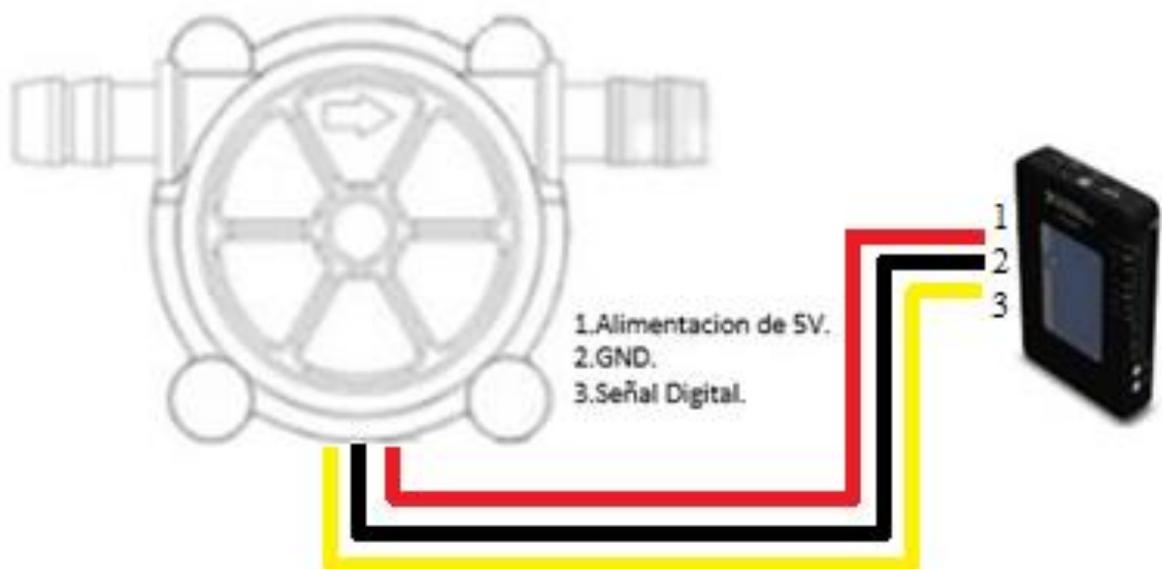


Figura 17-3 Circuito de acondicionamiento del caudalímetro a la NI myRIO.

Fuente: (Autores, 2018)

3.2.2.3 *Construcción de una placa electrónica para la conexión de los elementos del sistema de control.* La placa de fibra de vidrio consta de resistencias, transistores, diodos, buses y borneras que son las entradas / salidas analógicas como digitales.

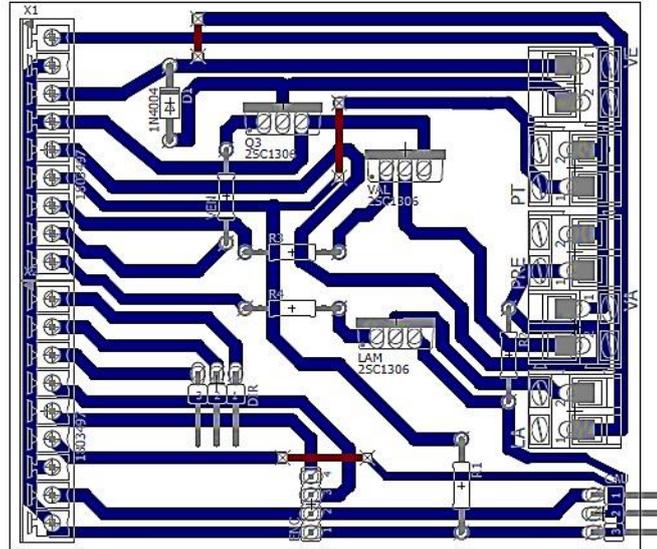


Figura 18-3 Placa electrónica para la conexión de los elementos.
Fuente: (Autores, 2018)

3.2.2.4 *Diseño de las pistas electrónicas en la placa fibra de vidrio.* Diseño de las pistas en la placa para la distribución de los elementos electrónicos.

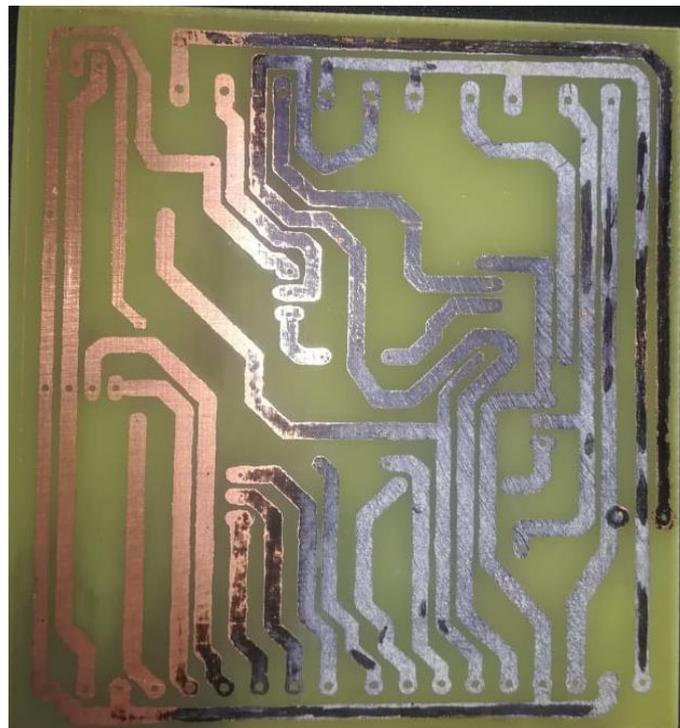


Figura 19-3 Pistas de la placa electrónica.
Fuente: (Autores, 2018)

3.2.2.5 *Soldadura y fijación de los elementos electrónicos en la placa.* Terminado de la placa electrónica.

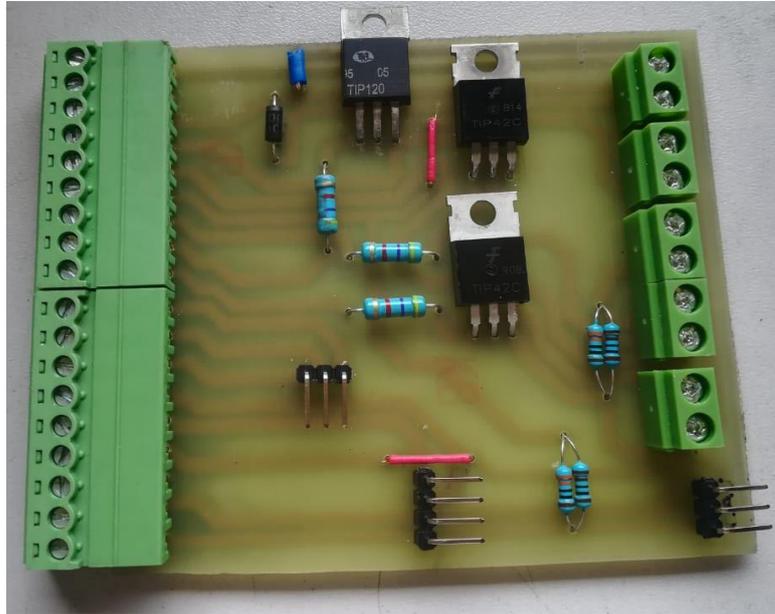


Figura 20-3 Terminado de la placa electrónica.

Fuente: (Autores, 2018)

3.2.2.6 *Ensamblaje del módulo.* Montamos todos los sensores y dispositivos fijándolos a la placa electrónica del módulo.

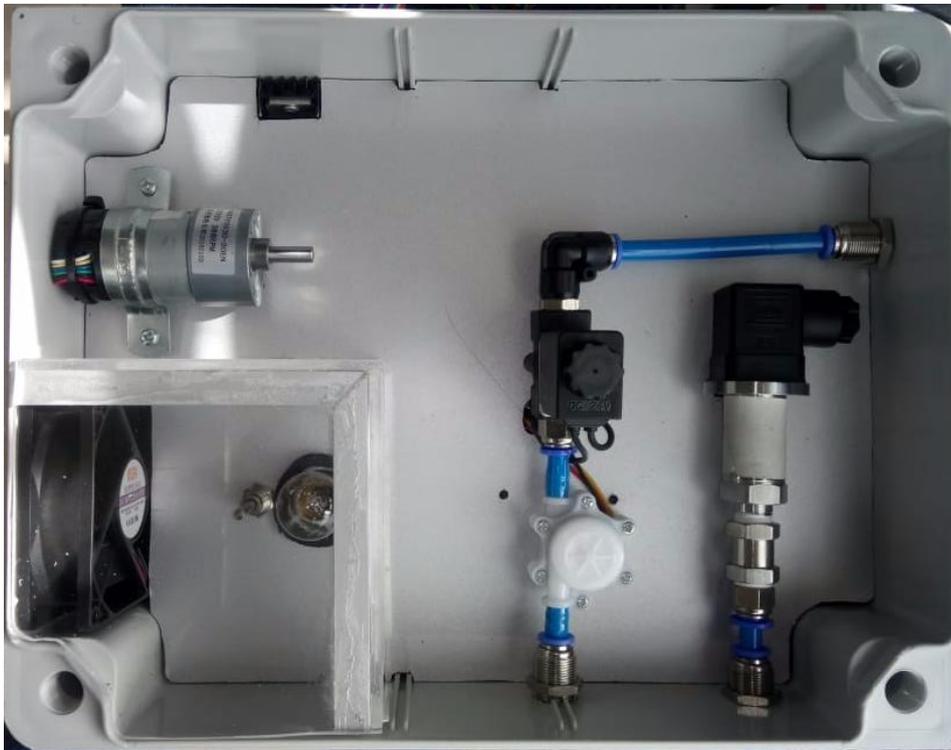


Figura 21-3 Ensamblaje del módulo.

Fuente: (Autores, 2018)

3.3 Conexión del módulo de entrenamiento a la tarjeta NI myRIO.

Para la conexión del módulo seleccionamos los pines necesarios de la tarjeta en el puerto B para realizar el análisis de los sensores de temperatura, presión, caudal y velocidad, también el control de los dispositivos, como halógeno, ventilador, electroválvula y dirección del motor.

3.3.1 **Conexión de los dispositivos de la variable de temperatura.** Se designó para el sensor de temperatura AI0 (Pin 3), para el control del halógeno DIO8 (Pin 29) y el ventilador DIO3 (Pin 17).

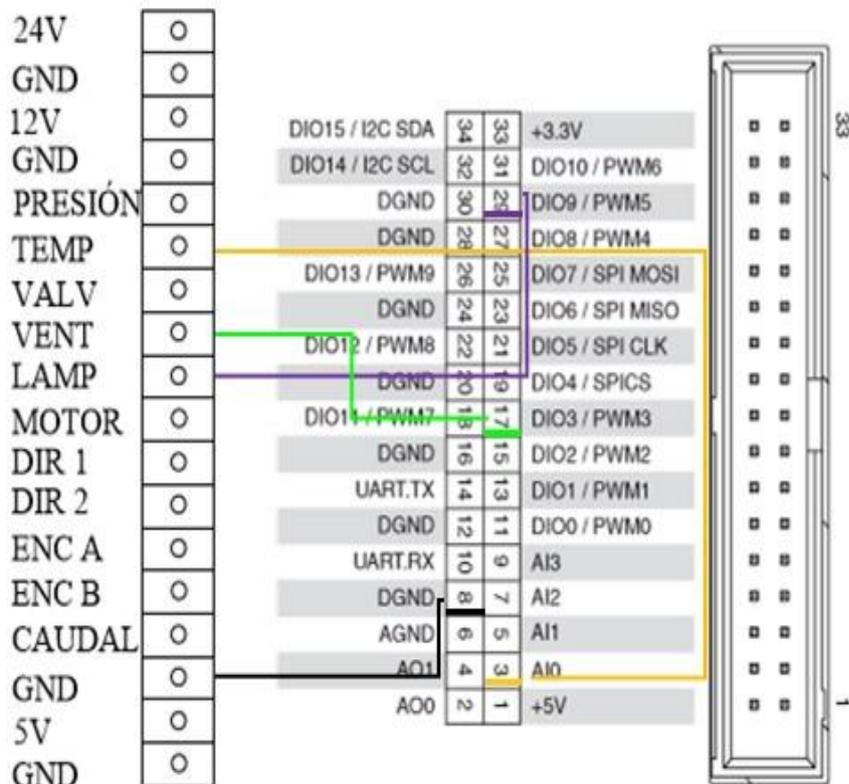


Figura 22-3 Conexión de los dispositivos de la variable de temperatura.

Fuente: (Autores, 2018)

3.3.2 **Conexión de la variable de presión.** Para la variable de presión se designó AI1 (Pin 3). (Ver figura 23-3)

3.3.3 **Conexión de los dispositivos de la variable de caudal.** Para el sensor de caudal se alimentó a 5V de la myRIO 5V (Pin1) y DGND (Pin8) se designó el DIO15 (Pin 34) y para el control de la electroválvula DIO2 (Pin15). (Ver Figura 24-3)

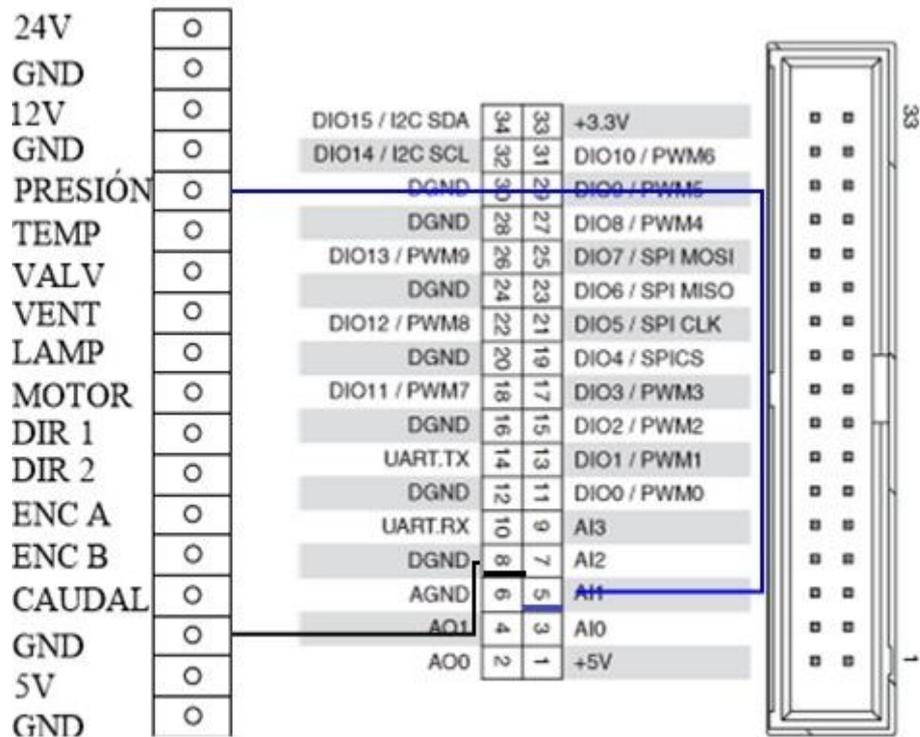


Figura 23-3 Conexión de la variable de presión.
Fuente: (Autores, 2018)

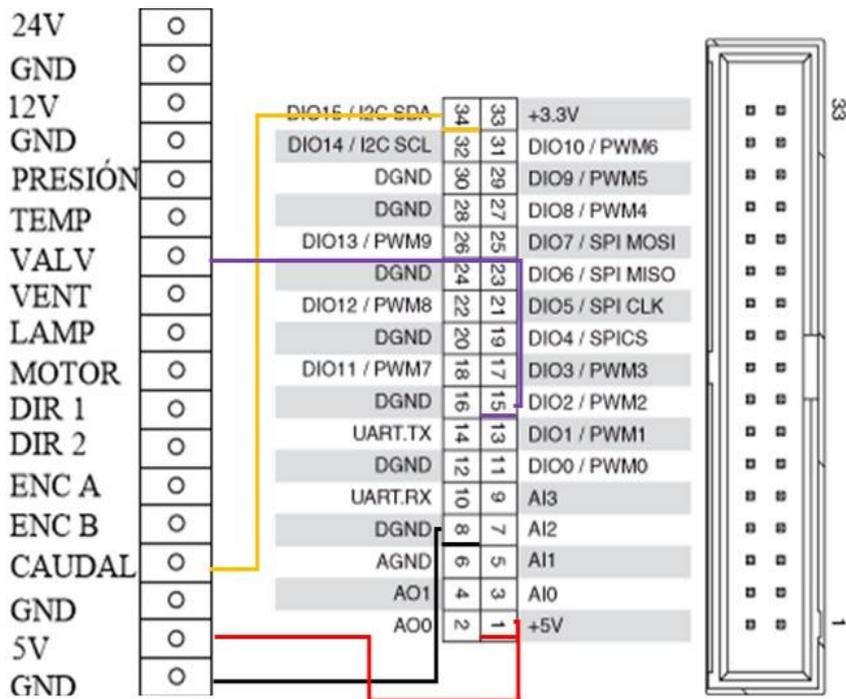


Figura 24-3 Conexión de los dispositivos de la variable de caudal.
Fuente: (Autores, 2018)

3.3.4 *Conexión de los dispositivos de la variable de velocidad.* Para el encoder se alimentó a 5V de la myRIO 5V (Pin 1) y DGND (Pin 8), para la inversión de giro se designó los pines DIO0 (Pin 11), DIO1 (Pin13) y el control de velocidad PWM4 (Pin27).

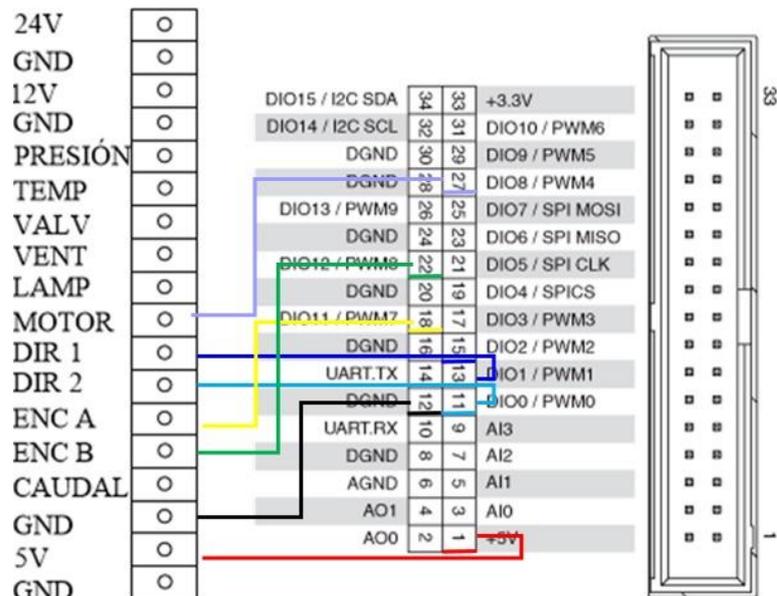


Figura 25-3 Conexión de los dispositivos de la variable de velocidad.
Fuente: (Autores, 2018)

3.4 Programación de la tarjeta NI myRIO para el sistema de control.

Se conecta la tarjeta NI myRIO al ordenador por medio del puerto USB, al ser reconocido el dispositivo, este emitirá en la pantalla del ordenador una ventana en la cual se elegirá la opción deseada. Se elige la opción “Go to LabVIEW 2015”



Figura 26-3 Reconocimiento de LabVIEW a NI myRIO.
Fuente: (Autores, 2018)

Una vez dentro del software LabVIEW, Se escoge la opción “Create Project”.

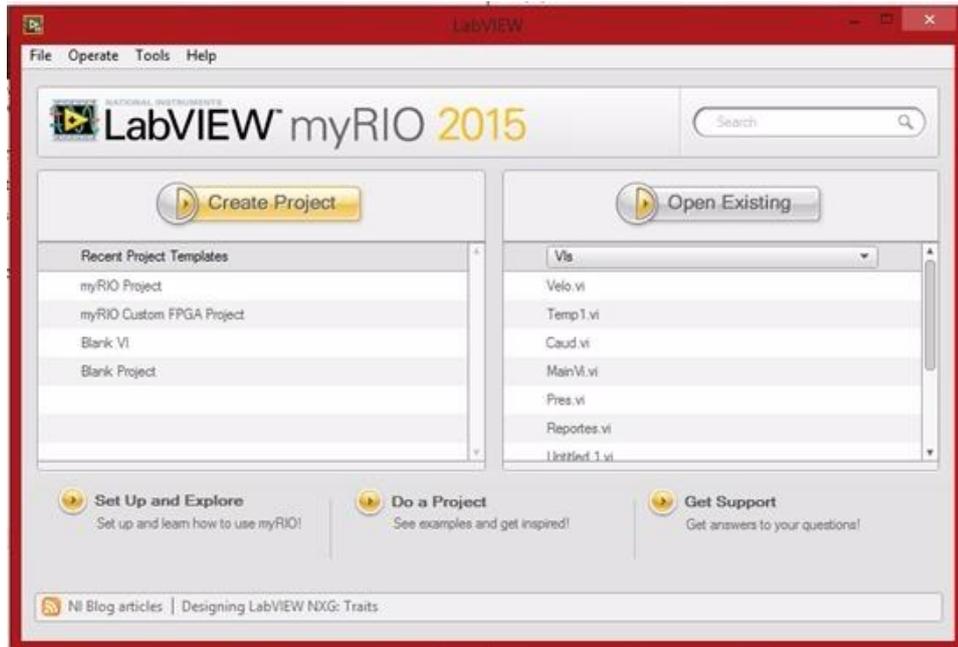


Figura 27-3 Selección de un nuevo proyecto en LabVIEW.

Fuente: (Autores, 2018)

En la ventana principal de crear un proyecto se selecciona la opción “myRIO”, a continuación, dar clic en “myRIO Project” y se selecciona el tipo de conexión de la tarjeta, para concluir dar clic en “Finish”

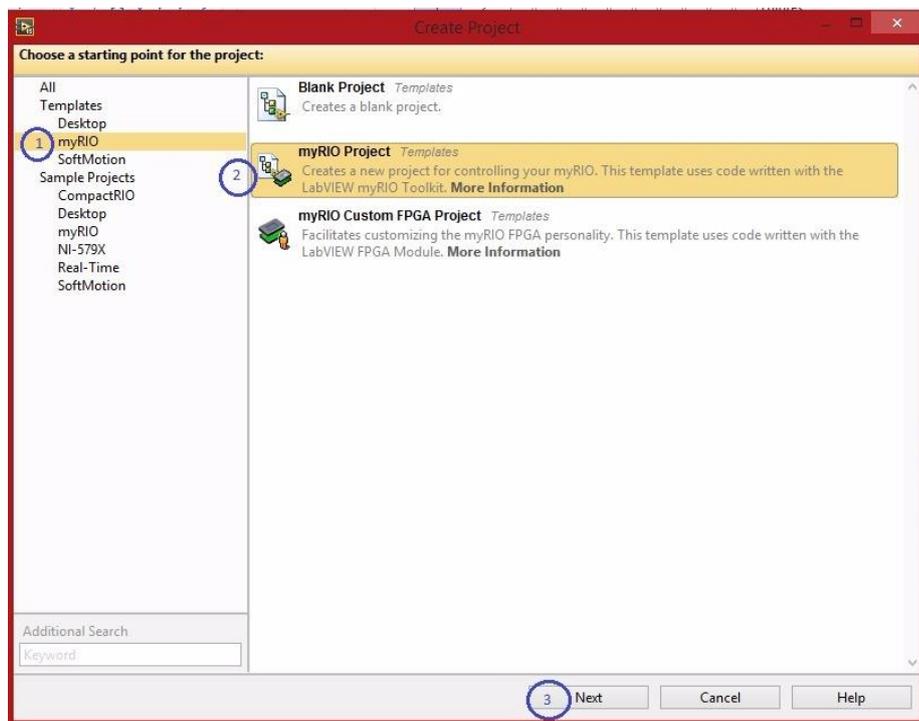


Figura 28-3 Selección del tipo de proyecto myRIO.

Fuente: (Autores, 2018)

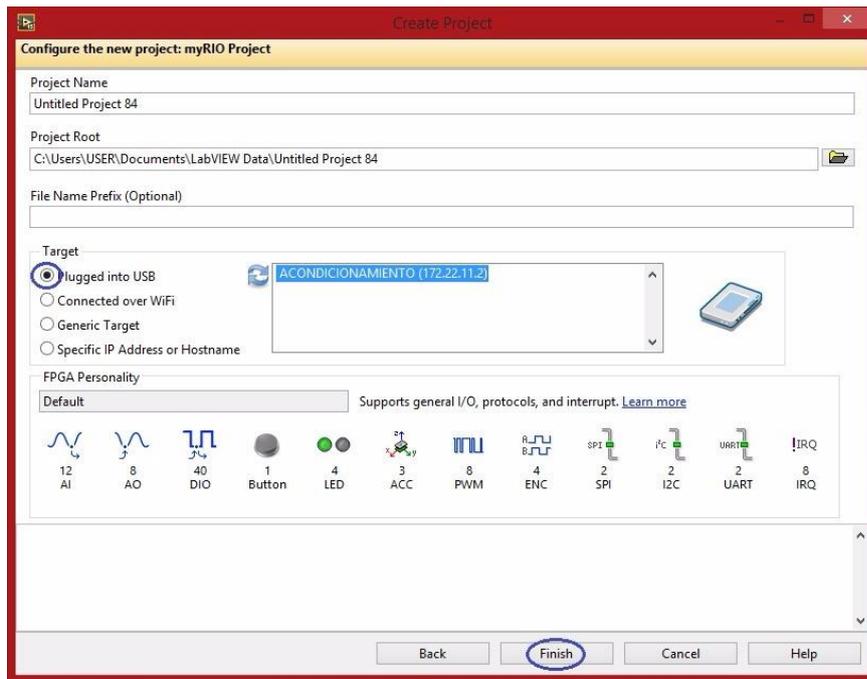


Figura 29-3 Selección del tipo de conexión myRIO.

Fuente: (Autores, 2018)

Al dar clic en “Finish” se desplegará una nueva ventana donde se procede a dar “clic derecho” sobre la pestaña de la tarjeta myRIO y a continuación se abrirá un nuevo VI.

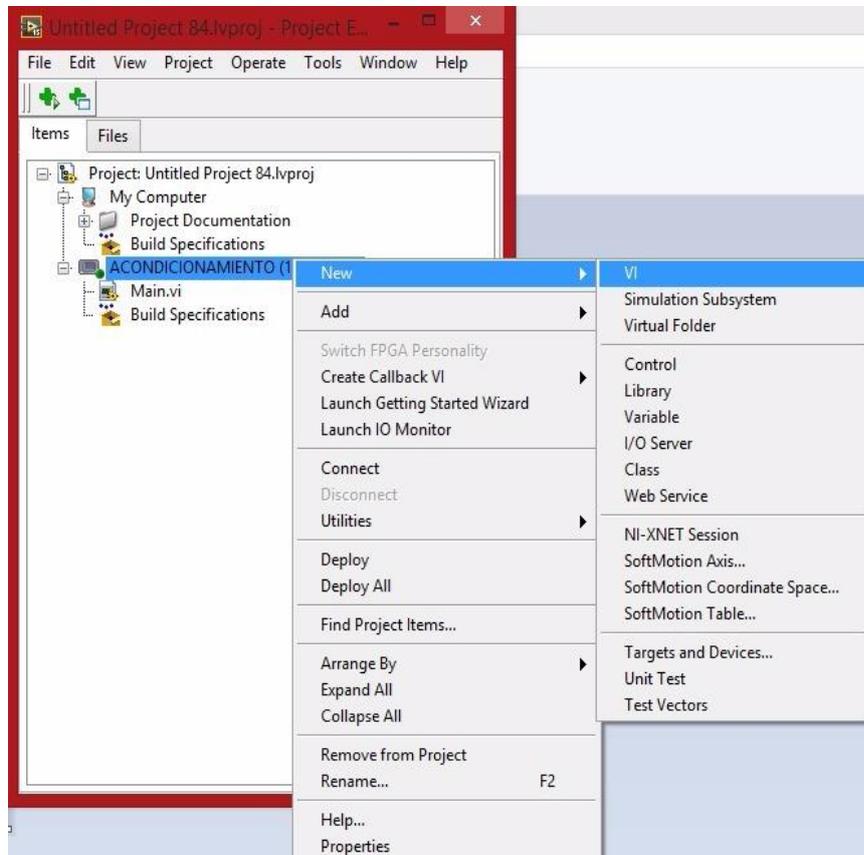


Figura 30-3 Nuevo virtual instrument (VI).

Fuente: (Autores, 2018)

Se abrirá dos paneles del nuevo proyecto “VI” en donde se manipulará los bloques de programación para controlar las distintas variables y el interfaz de usuario.

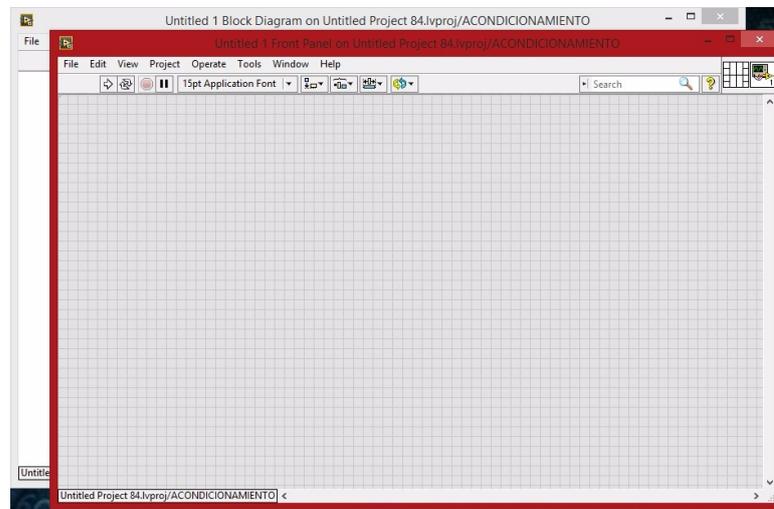


Figura 31-3 Paneles de programación interfaz de usuario.
Fuente: (Autores, 2018)

3.5 Programación de sensores

3.5.1 *Programación del sensor de temperatura pt100.* Se selecciona el panel de programación y se abre un ciclo “while loop” y se procede a crear un control “stop” donde se realizará posteriormente la programación.

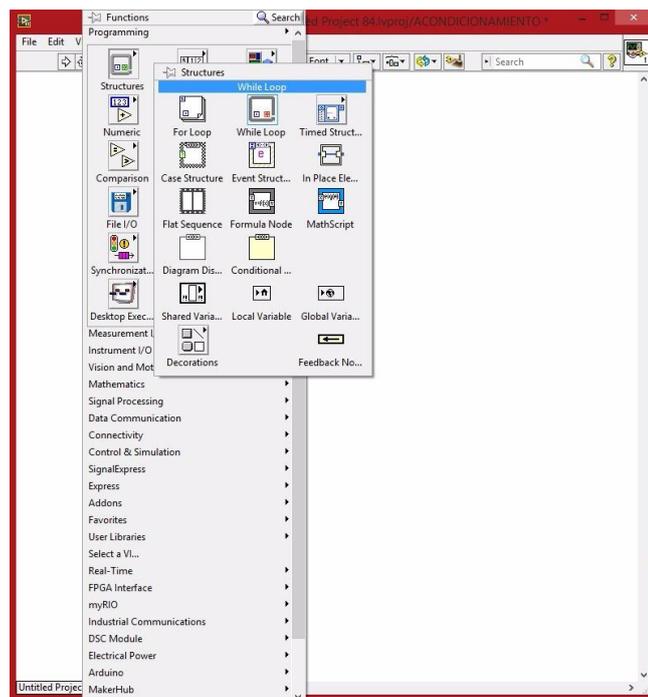


Figura 32-3 Selección de la estructura.
Fuente: (Autores, 2018)

Se procede a seleccionar una entrada analógica para la adquisición de datos del sensor de temperatura.

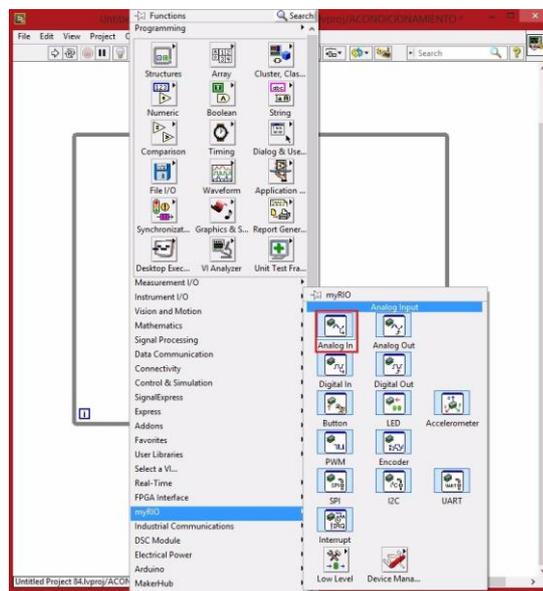


Figura 33-3 Selección de la entrada analógica de temperatura.
Fuente: (Autores, 2018)

Se selecciona el Pin B/AIO((Pin 3) del puerto B.

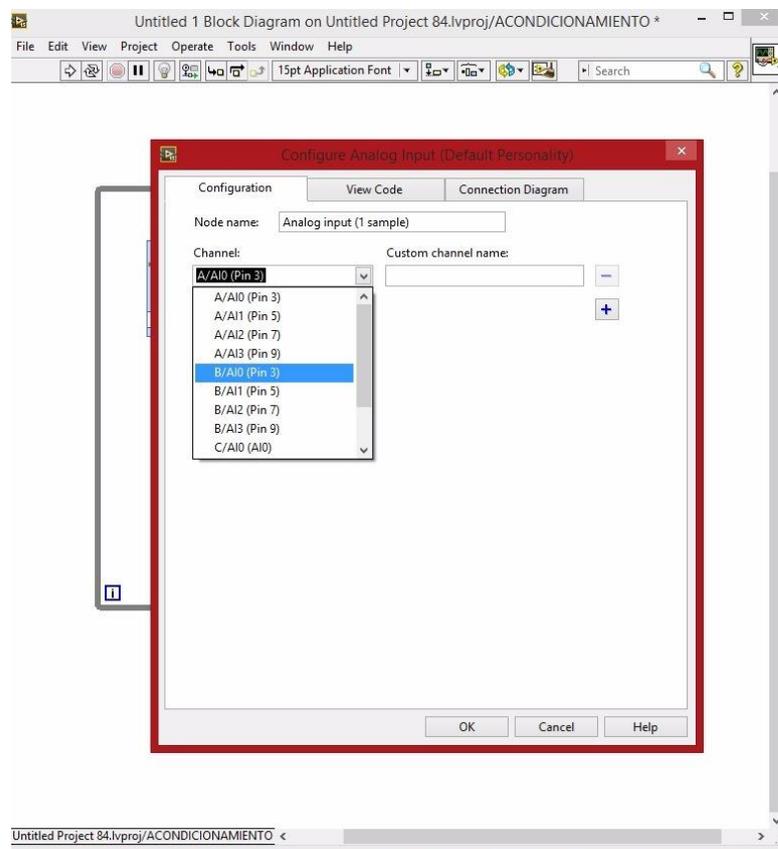


Figura 34-3 Selección del pin.
Fuente: (Autores, 2018)

3.5.2 Acondicionamiento

3.5.2.1 *Método de mínimos cuadrados.* Se realizó un registro del voltaje en función la temperatura cuyos datos fueron promediados para elaboración del análisis.

Tabla 8-3 Pruebas del voltaje en función a la temperatura

Temperatura °C	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio (V)
23,5	1,5173	1,5099	1,49	1,5057
24	1,5262	1,5178	1,4992	1,5144
24,5	1,5350	1,5258	1,5031	1,5213
25	1,5452	1,5351	1,5088	1,5297
25,3	1,5515	1,5407	1,5161	1,5361
25,5	1,5543	1,5444	1,5192	1,5393
26	1,5612	1,5673	1,5271	1,5519
26,7	1,5714	1,5795	1,5368	1,5626
27	1,5754	1,5832	1,5428	1,5671
27,5	1,5830	1,5893	1,5527	1,5750
28	1,5942	1,5971	1,5642	1,5852
28,5	1,6013	1,6060	1,5746	1,5940
29	1,6081	1,6135	1,5808	1,6008
29,5	1,6150	1,6188	1,5892	1,6077
30,4	1,6272	1,632	1,6000	1,6197
31	1,6394	1,6393	1,6057	1,6282
31,8	1,6520	1,6510	1,6186	1,6405
32	1,6552	1,6543	1,6216	1,6437
32,8	1,6674	1,6643	1,63331	1,6550
33	1,6686	1,6665	1,63593	1,6570
33,7	1,6734	1,6748	1,6451	1,6644
34	1,6767	1,6785	1,64924	1,6681
34,7	1,6845	1,687	1,6589	1,6768
35	1,6885	1,6907	1,6622	1,6805
35,5	1,6951	1,6978	1,6677	1,6869
36,8	1,7121	1,7224	1,6796	1,7047
37,7	1,7225	1,7345	1,6906	1,7158
38,8	1,7345	1,7476	1,7075	1,7299
39,5	1,7460	1,759	1,7198	1,7416
40	1,7561	1,7672	1,7285	1,7506
40,5	1,7629	1,7758	1,7377	1,7588

Realizado por: (Autores, 2018)

Con los datos obtenidos del promedio de voltajes en función a la temperatura se realizó la gráfica para analizar la línea de la tendencia.

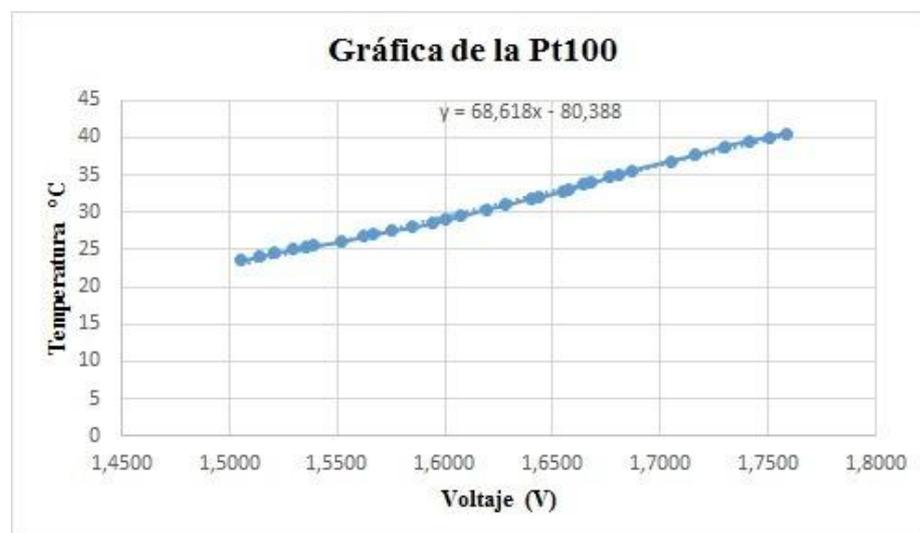


Gráfico 1-3 Voltios en función de temperatura (método de mínimos Cuadrados)

Fuente: (Autores, 2018)

Los valores promedios voltajes y temperatura se reemplazan por (x, y) respectivamente y se procede a llenar la siguiente tabla:

Tabla 9-3 Calculo de obtención de datos para el método de mínimos cuadrados

X	Y	XY	X ²
1,5057	23,5	35,3846	2,2672
1,5144	24	36,3456	2,2934
1,5213	24,5	37,2724	2,3144
1,5297	25	38,2421	2,3399
1,5361	25,3	38,8632	2,3596
1,5393	25,5	39,2523	2,3695
1,5519	26	40,3485	2,4083
1,5626	26,7	41,7201	2,4416
1,5671	27	42,3122	2,4559
1,5750	27,5	43,3132	2,4807
1,5852	28	44,3848	2,5128
1,5940	28,5	45,4280	2,5407
1,6008	29	46,4232	2,5626
1,6077	29,5	47,4259	2,5846
1,6197	30,4	49,2396	2,6235
1,6282	31	50,4727	2,6509
1,6405	31,8	52,1689	2,6913
1,6437	32	52,5984	2,7018
1,6550	32,8	54,2841	2,7390
1,6570	33	54,6816	2,7457
1,6644	33,7	56,0913	2,7703
1,6681	34	56,7161	2,7826
1,6768	34,7	58,1852	2,8117
1,6805	35	58,8158	2,8239
1,6869	35,5	59,8840	2,8455
1,7047	36,8	62,7330	2,9060
1,7158	37,7	64,6874	2,9441
1,7299	38,8	67,1186	2,9924
1,7416	39,5	68,7921	3,0331
1,7506	40	70,0240	3,0646
1,7588	40,5	71,2306	3,0933
Σ= 50,4129	Σ=967,2	Σ= 1584,44	Σ= 82,1509

Realizado por: (Autores, 2018)

Los resultados de la sumatoria son reemplazados en la siguientes ecuaciones, datos que se ingresaran en la LabVIEW para la programacion del sensor de temperatura.

Mediana de X

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{50.4129}{31}$$

$$\bar{x} = 1.6262$$

Mediana de Y

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{967.2}{31}$$

$$\bar{y} = 31.2$$

Calculo de la pendiente

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$m = \frac{1584.4349 - \frac{(50.4129)(967.2)}{31}}{82.1509 - \frac{(50.4129)^2}{31}}$$

$$m = 68.6178741$$

Intercepción en y

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

$$b = 31.2 - 68.6178741(1.6262)$$

$$b = -80.3878363$$

$$y = mx + b$$

$$y = 68.6178741x - 80.38783$$

Utilizando las siguientes ecuaciones se procede al cálculo del error absoluto y relativo

$$Error_{abs.} = Valor_{real} - Valor_{aproximado}$$

$$Error_{relativo} = \left(\frac{Valor_{real} - Valor_{aproximado}}{Valor_{real}} \right) * 100\%$$

Tabla 10-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de mínimos cuadrados

Termometro °C	LabVIEW °C	Error abs.	Error relativo
23,5	23,36	0,14	0,596%
24	23,77	0,23	0,958%
25	24,83	0,17	0,680%
26	25,88	0,12	0,462%
27	26,73	0,27	1,000%
28	27,56	0,44	1,571%
29	28,59	0,41	1,414%
30	29,65	0,35	1,167%
31	30,79	0,21	0,677%
32	31,92	0,08	0,250%
33	32,74	0,26	0,788%
34	33,66	0,34	1,000%
35	34,61	0,39	1,114%
36	35,75	0,25	0,694%
37	36,84	0,16	0,432%
38	37,79	0,21	0,553%
39	38,71	0,29	0,744%
40	39,82	0,18	0,450%
41	40,79	0,21	0,512%

Realizado por: (Autores, 2018)

3.5.2.2 *Método de Regresión polinomial.* De la tabla (Tabla 8-3) tomamos los valores del promedio de temperatura, voltaje y ubicamos las coordenadas en la gráfica.

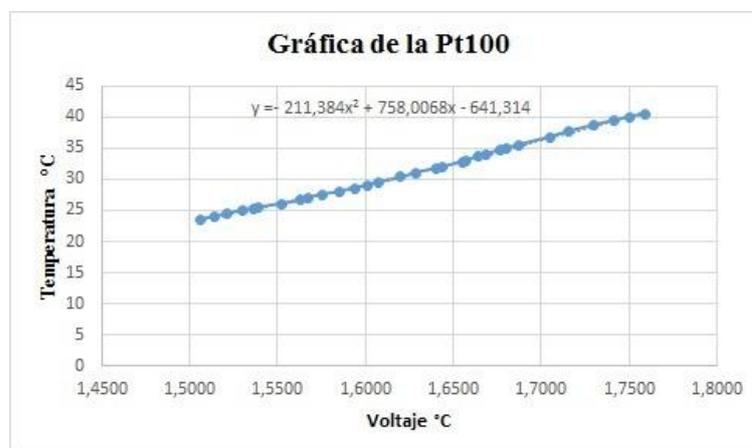


Gráfico 2-3 Voltios en función de temperatura (método regresión polinomial)
Realizado por: (Autores, 2018)

Con los valores de temperatura y voltaje se realiza el siguiente calculo tomando como (x,y) respectivamente los datos de las variables antes mencionadas.

Tabla 11-3 Calculo de obtención de datos para el método de regresión polinomial.

x	y	x ²	x ³	x ⁴	x*y	x ² *y
1,5057	23,5	2,2672	3,4138	5,1402	35,3846	53,2794
1,5144	24	2,2934	3,4731	5,2597	36,3456	55,0418
1,5213	24,5	2,3144	3,5210	5,3566	37,2724	56,7034
1,5297	25	2,3399	3,5794	5,4753	38,2421	58,4983
1,5361	25,3	2,3596	3,6245	5,5676	38,8632	59,6974
1,5393	25,5	2,3695	3,6473	5,6143	39,2523	60,4212
1,5519	26	2,4083	3,7373	5,7999	40,3485	62,6155
1,5626	26,7	2,4416	3,8151	5,9612	41,7201	65,1897
1,5671	27	2,4559	3,8486	6,0312	42,3122	66,3081
1,5750	27,5	2,4807	3,9072	6,1539	43,3132	68,2193
1,5852	28	2,5128	3,9832	6,3140	44,3848	70,3576
1,5940	28,5	2,5407	4,0498	6,4553	45,4280	72,4108
1,6008	29	2,5626	4,1021	6,5667	46,4232	74,3143
1,6077	29,5	2,5846	4,1551	6,6799	47,4259	76,2445
1,6197	30,4	2,6235	4,2493	6,8828	49,2396	79,7545
1,6282	31	2,6509	4,3160	7,0272	50,4727	82,1773
1,6405	31,8	2,6913	4,4152	7,2433	52,1689	85,5846
1,6437	32	2,7018	4,4409	7,2995	52,5984	86,4561
1,6550	32,8	2,7390	4,5331	7,5023	54,2841	89,8404
1,6570	33	2,7457	4,5497	7,5389	54,6816	90,6084
1,6644	33,7	2,7703	4,6110	7,6747	56,0913	93,3600
1,6681	34	2,7826	4,6418	7,7430	56,7161	94,6092
1,6768	34,7	2,8117	4,7147	7,9056	58,1852	97,5654
1,6805	35	2,8239	4,7454	7,9745	58,8158	98,8370
1,6869	35,5	2,8455	4,8001	8,0971	59,8840	101,0166
1,7047	36,8	2,9060	4,9539	8,4448	62,7330	106,9409
1,7158	37,7	2,9441	5,0517	8,6679	64,6874	110,9937
1,7299	38,8	2,9924	5,1765	8,9546	67,1186	116,1058
1,7416	39,5	3,0331	5,2823	9,1995	68,7921	119,8064
1,7506	40	3,0646	5,3649	9,3918	70,0240	122,5840
1,7588	40,5	3,0933	5,4405	9,5686	71,2306	125,2790
Σ= 50,413	Σ= 967,2	Σ= 82,151	Σ= 134,144	Σ=219,4920	Σ= 1584,439	Σ= 2600,821

Fuente: (Autores, 2018)

Una vez obtenidos los datos de la sumatoria estos serán reemplazados en el siguiente sistema de ecuación para realizar posteriormente realizar operaciones que ayuden a la solución del mismo.

$$\mathbb{S} = \left\{ \begin{array}{cccccc} an & b \sum x & c \sum x^2 & d \sum x^3 & \dots & = \sum y \\ a \sum x & b \sum x^2 & c \sum x^3 & d \sum x^4 & \dots & = \sum xy \\ a \sum x^2 & b \sum x^3 & c \sum x^4 & d \sum x^5 & \dots & = \sum x^2 y \\ a \sum x^3 & b \sum x^4 & c \sum x^5 & d \sum x^6 & \dots & = \sum x^3 y \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{array} \right\}$$

Obtención de la matriz

$$\left\{ \begin{array}{ccc} 31 & 50.4129x & 82.1509x^2 = 967.2000 \\ 50.4129x & 82.1509x^2 & 134.1445x^3 = 1584.4394 \\ 82.1509x^2 & 134.1445x^3 & 219.4920x^4 = 2600.8209 \end{array} \right\}$$

Solución.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 31 & 50.4129 & 82.1509 & 967.200 \\ 50.4129 & 82.1509 & 134.1445 & 1584.4394 \\ 82.1509 & 134.1445 & 219.492 & 2600.8209 \end{array} \right)$$

Primera línea Dividida para 31

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.650 & 31.2 \\ 50.4129 & 82.1509 & 134.1445 & 1584.4394 \\ 82.1509 & 134.1445 & 219.492 & 2600.8209 \end{array} \right)$$

A la Fila 2 le sumo la Fila 1 multiplicada por -50.4129

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.650 & 31.2 \\ 0 & 0.1683 & 0.54885 & 11.5569 \\ 82.1509 & 134.1445 & 219.492 & 2600.8209 \end{array} \right)$$

A la Fila 3 le sumo la Fila 1 multiplicada por -82.1509

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.650 & 31.2 \\ 0 & 0.1683 & 0.54885 & 11.5569 \\ 0 & 0.5488 & 1.7879 & 37.71282 \end{array} \right)$$

La Fila 2 la divido por 0.16830366419354

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.650 & 31.2 \\ 0 & 1 & 3.2610 & 68.6670 \\ 0 & 0.5488 & 1.7879 & 37.71282 \end{array} \right)$$

A la Fila 3 le sumo la Fila 2 multiplicada por -0.54885139967743

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.6500 & 31.2 \\ 0 & 1 & 3.2610 & 68.6670 \\ 0 & 0 & 0.000117 & 0.02480 \end{array} \right)$$

La Fila 3 la divido por -0.000117

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.6500 & 31.2 \\ 0 & 1 & 3.2610 & 68.6670 \\ 0 & 0 & 1 & -211.3840 \end{array} \right)$$

A la Fila 2 le sumo la Fila 3 multiplicada por -3.2610781369933

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 2.6500 & 31.2 \\ 0 & 1 & 0 & 758.0068 \\ 0 & 0 & 1 & -211.3840 \end{array} \right)$$

A la Fila 1 le sumo la Fila 3 multiplicada por -2.6500290322581

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 1.6262 & 0 & 591.3737 \\ 0 & 1 & 0 & 758.0068 \\ 0 & 0 & 1 & -211.3840 \end{array} \right)$$

A la Fila 1 le sumo la Fila 2 multiplicada por -1.6262225806452

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & -641.3141 \\ 0 & 1 & 0 & 758.0068 \\ 0 & 0 & 1 & -211.3840 \end{array} \right)$$

Obtención de los valores de x .

$$\begin{cases} x_1 = -641.3141 \\ x_2 = 758.0068 \\ x_3 = -211.3840 \end{cases}$$

Para la verificación se colocan los valores obtenidos previamente en las ecuaciones iniciales y se realiza el cálculo:

Reemplazo en la 1° ecuación:

$$31(-641.3141) + 50,4129(758.0068) + 82.1509(-211.3840) = \\ -19880.731 + 38213.3210 - 17365.38 = 967.2$$

Reemplazo en la 2° ecuación:

$$50,4129(-641.3141) + 82,1509(758.0068) + 134,1445(-211.3840) = \\ -32330.5035 + 62270.9408 - 28356 = 1584.43$$

Reemplazo en la 3° ecuación:

$$82,1509(-641.3141) + 134,1445(758.0068) + 219,4920(-211.3840) = \\ -52684.5305 + 101682.44 - 46397.0969 = 2600.81$$

Obtención de la ecuación:

$$y = -211.3840x^2 + 758.0068x - 641.3141$$

Utilizando las siguientes ecuaciones se procede al cálculo del error absoluto y relativo

$$Error_{abs.} = Valor_{real} - Valor_{aproximado}$$

$$Error_{relativo} = \left(\frac{Valor_{real} - Valor_{aproximado}}{Valor_{real}} \right) * 100\%$$

3.5.2.3 *Ingreso de datos en LabVIEW.* Una vez obtenidos los resultados finales tanto del método mínimos cuadrados como método de regresión polinomial, estos son ingresados en LabVIEW para posteriormente ser visualizados y ser comparados con un medidor de temperatura medida externa. (Ver Figura 35-3)

Tabla 12-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de regresión polinomial.

Termometro °C	LabVIEW °C	Error abs.	Error relativo
23.5	23.05	0.45	1.91%
24	23.55	0.45	1.88%
25	24.68	0.32	1.28%
26	25.56	0.44	1.69%
27	27.05	-0.05	-0.19%
28	27.87	0.13	0.46%
29	29.09	-0.09	-0.31%
30	29.89	0.11	0.37%
31	31.23	-0.23	-0.74%
32	31.78	0.22	0.69%
33	33.23	-0.23	-0.70%
34	34.33	-0.33	-0.97%
35	35.36	-0.36	-1.03%
36	36.39	-0.39	-1.08%
37	37.44	-0.44	-1.19%
38	38.51	-0.51	-1.34%
39	40.15	-1.15	-2.95%
40	41.15	-1.15	-2.88%
41	42.57	-1.57	-3.83%

Realizado por: (Autores, 2018)

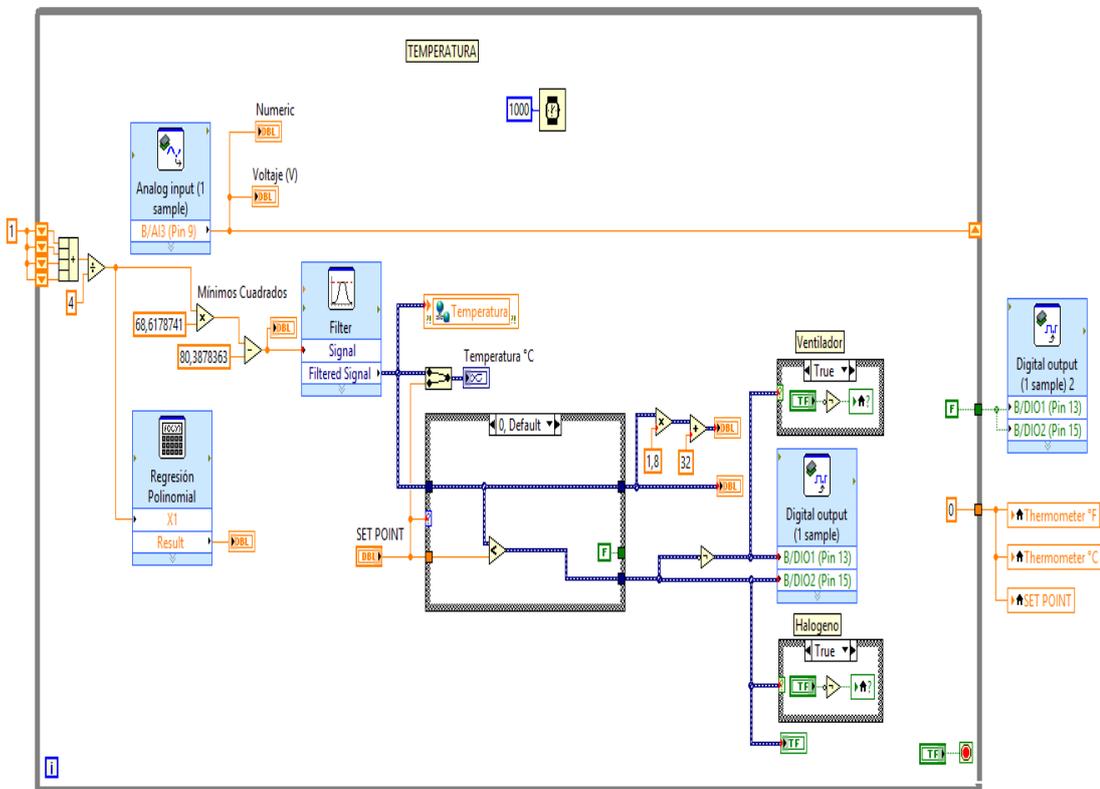


Figura 35-3 Ingreso de datos en LabVIEW.

Fuente: (Autores, 2018)

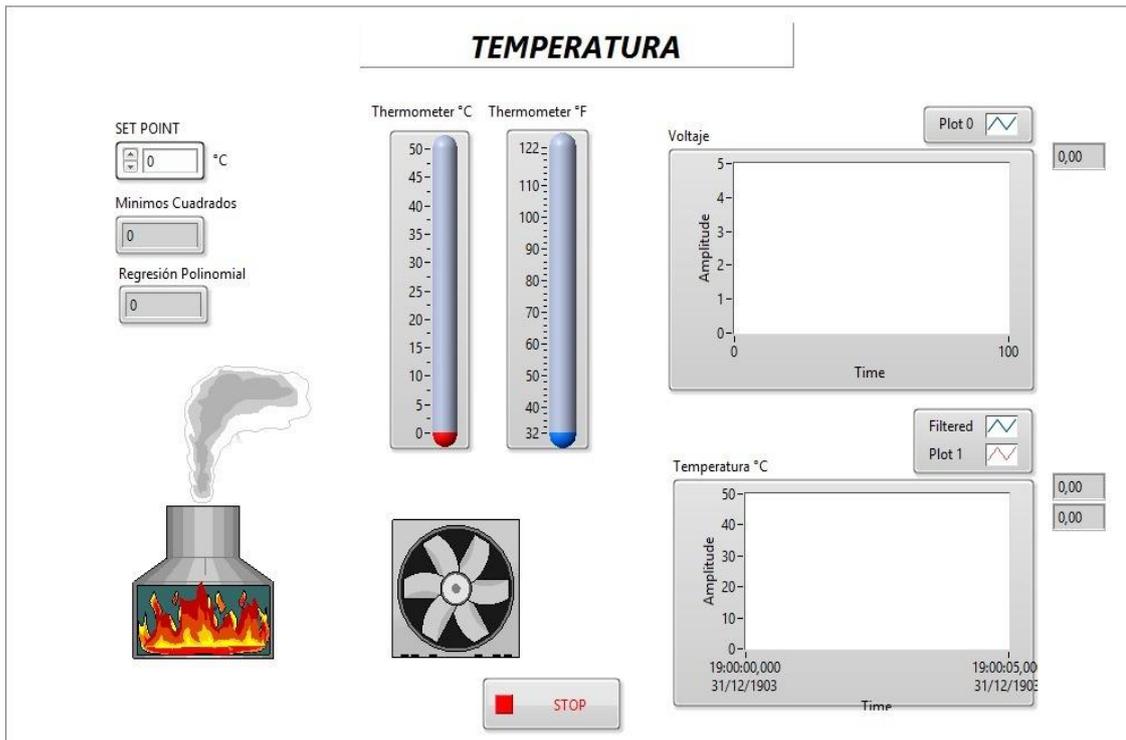


Figura 36-3 Interfaz de usuario sensor de presión.

Fuente: (Autores, 2018)

3.5.3 *Programación del transductor de presión.* Se selecciona la entrada analógica para la adquisición de datos del transductor de presión.

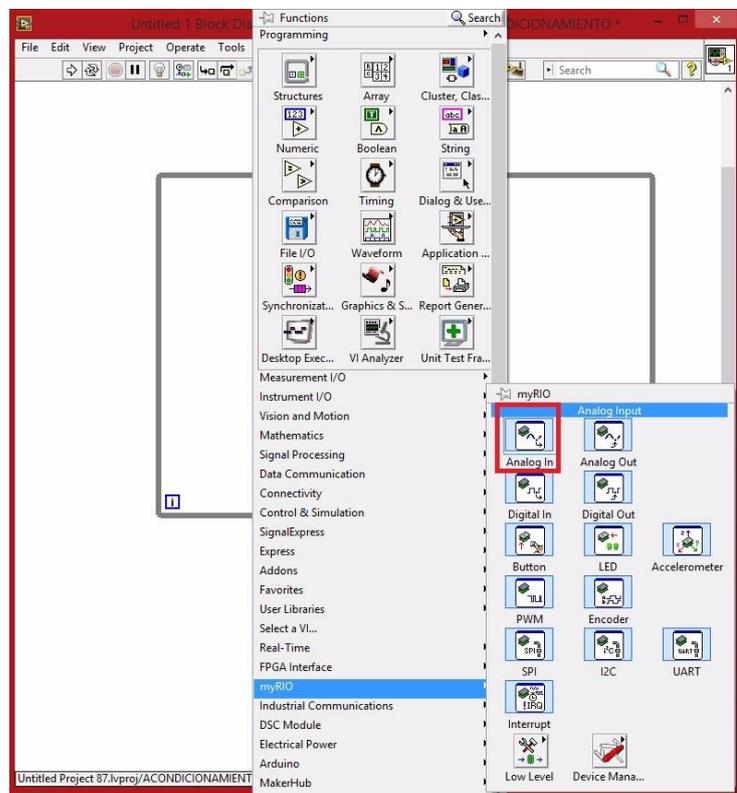


Figura 37-3 Selección de la entrada analógica para el transductor de presión.

Fuente: (Autores, 2018)

Se elige el Pin B/AI1 (Pin 5) del puerto B.

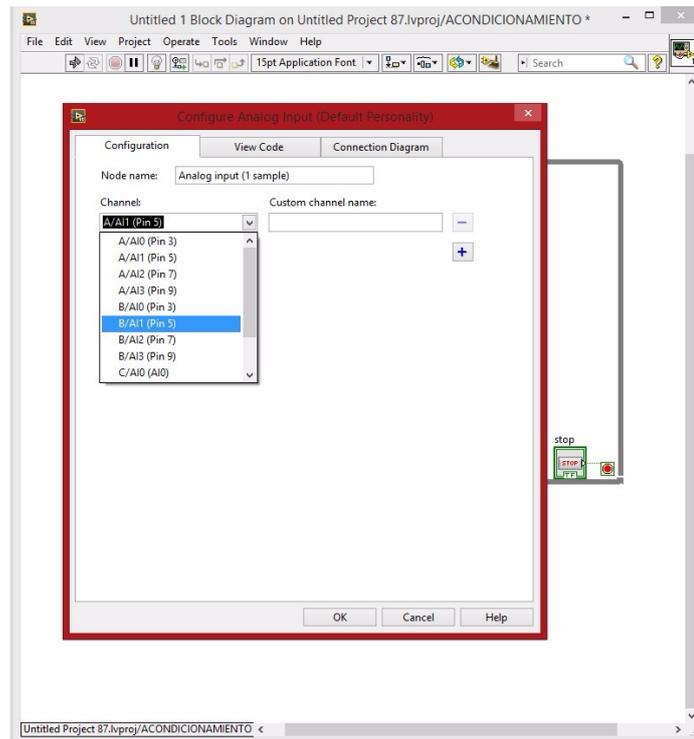


Figura 38-3 Selección del Pin para el transductor de presión.
Fuente: (Autores, 2018)

Crear una variable global para la señal analógica del transductor de presión.

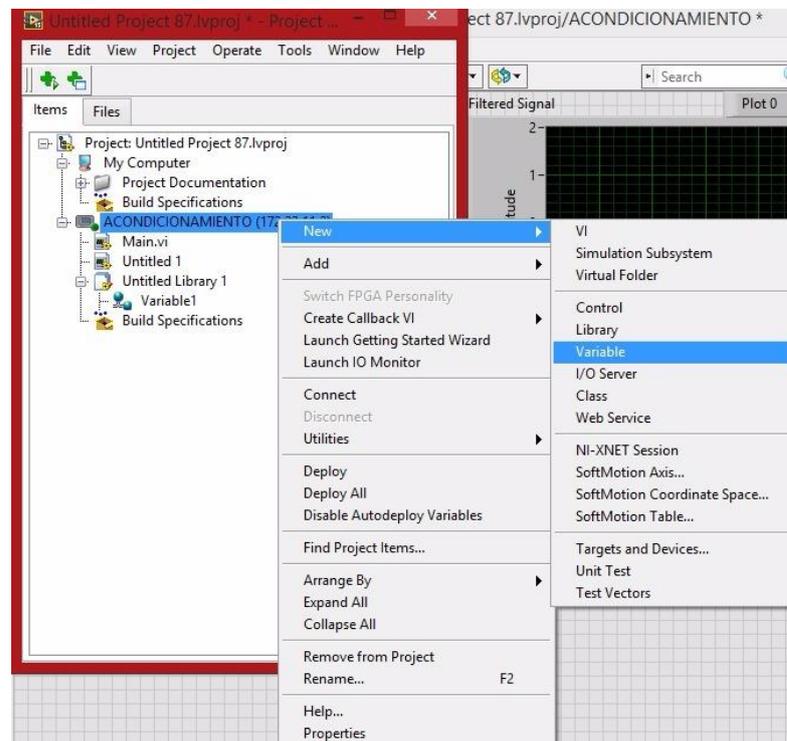


Figura 39-3 Creación de una variable global para el transductor de presión.
Fuente: (Autores, 2018)

Definir el nombre de la nueva variable global y dar clic en “ok”.

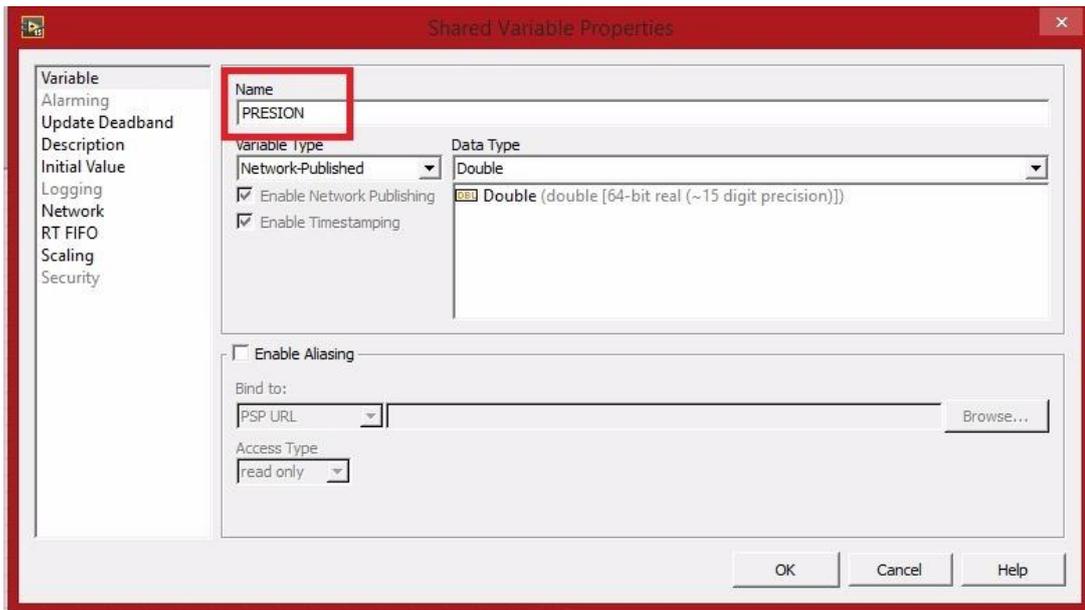


Figura 40-3 Nombrar la variable global.

Fuente: (Autores, 2018)

Se coloca sobre la pestaña de “my computer” y se crea un nuevo “VI” para la exportación de datos de LabVIEW a Excel para la variable global de presión.

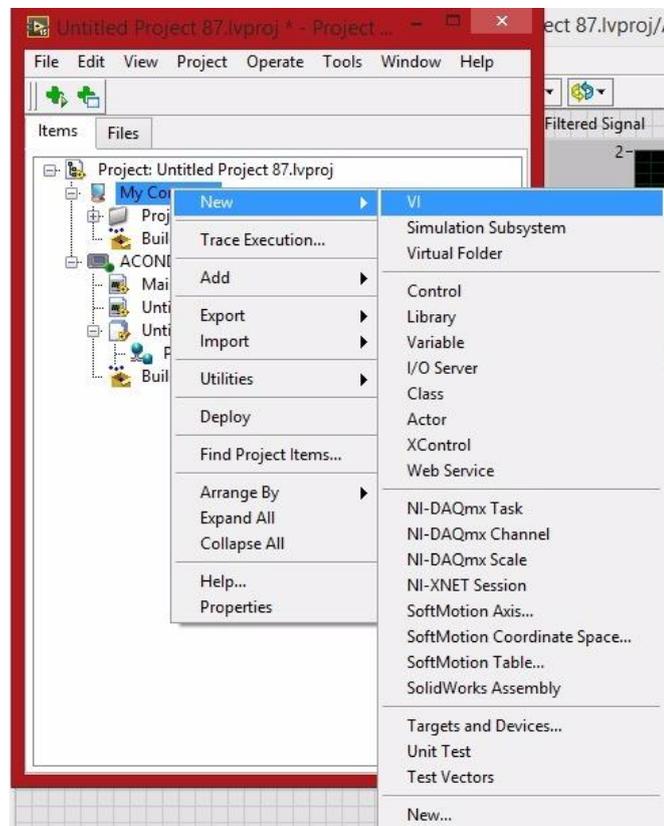


Figura 41-3 Creación del VI.

Fuente: (Autores, 2018)

3.5.4 Acondicionamiento.

3.5.4.1 *Método de mínimos cuadrados* Se realizaron tres pruebas en las cuales se comparó las lecturas de voltaje en función a la presión obtenida por el transductor y estos valores comparativos se representaron en la siguiente tabla:

Tabla 13-3 Pruebas del voltaje en función a la presión.

Presión (Bar)	Voltaje 1	Voltaje 2	Voltaje 3	Promedio (V)
0	0,85	0,85	0,85	0,85
0,5	1,09	1,08	1,08	1,0833
1	1,28	1,29	1,29	1,2867
1,5	1,49	1,49	1,5	1,4933
2	1,69	1,67	1,68	1,68
2,5	1,9	1,87	1,89	1,8867
3	2,1	2,1	2,09	2,0967
3,5	2,33	2,31	2,3	2,3133
4	2,5	2,52	2,51	2,51
4,5	2,72	2,71	2,69	2,7067
5	2,91	2,9	2,91	2,9067
5,5	3,11	3,08	3,09	3,0933
6	3,29	3,3	3,29	3,2933
6,5	3,48	3,49	3,49	3,4867
7	3,66	3,66	3,69	3,67

Realizado por: (Autores, 2018)

Con los datos obtenidos del promedio de voltajes en función a la presión se realizó la gráfica para analizar la línea de la tendencia.

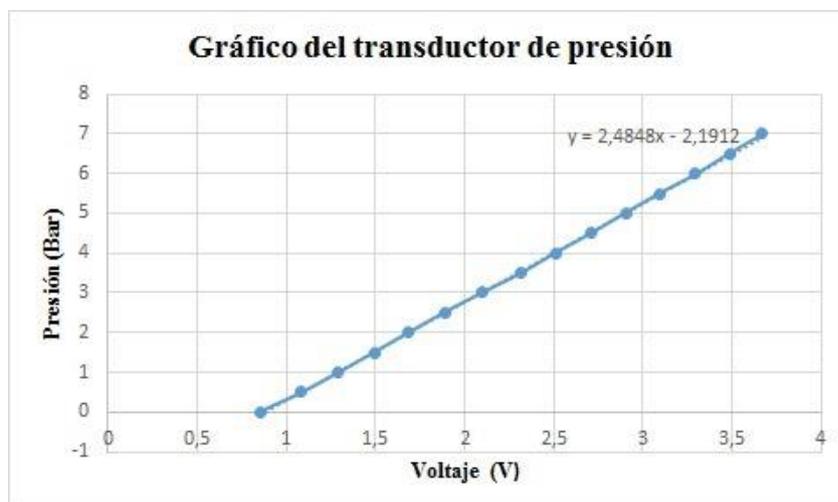


Gráfico 3-3 Voltios en función de presión (método de mínimos Cuadrados)

Fuente: (Autores, 2018)

Con los promedios obtenidos de los voltajes son relacionados con los datos de presión respectivamente y se procede a llenar la siguiente tabla.

Tabla 14-3 Cálculo de obtención de datos para el método de mínimos cuadrados.

x	y	xy	x²
0,85	0	0	0,7225
1,0833	0,5	0,5417	1,1736
1,2867	1	1,2867	1,6555
1,4933	1,5	2,24	2,2300
1,68	2	3,36	2,8224
1,8867	2,5	4,7167	3,5595
2,0967	3	6,29	4,3960
2,3133	3,5	8,0967	5,3515
2,51	4	10,04	6,3001
2,7067	4,5	12,18	7,3260
2,9067	5	14,5333	8,4487
3,0933	5,5	17,0133	9,5687
3,2933	6	19,76	10,8460
3,4867	6,5	22,6633	12,1568
3,67	7	25,69	13,4689
Σ= 34,3567	Σ= 52,5	Σ=148,412	Σ= 90,0265

Realizado por: (Autores, 2018)

Mediana de X

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{34,4}{15}$$

$$\bar{x} = 2.2904$$

Mediana de Y

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{52,5}{15}$$

$$\bar{y} = 3.5$$

Cálculo de la pendiente

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$$

$$m = \frac{148,412 - \frac{(34,3567)(52,5)}{15}}{90,0265 - \frac{(34,3567)^2}{15}}$$

$$m = 2.484761918$$

Intercepción en y

$$b = \bar{y} - m\bar{x}$$

$$b = 3.5 - 2.488025859(2.293333)$$

$$b = -2.19120913$$

$$y = mx + b$$

$$y = 2.484761918x - 2.19120913$$

Utilizando las siguientes ecuaciones se procede al cálculo del error absoluto y relativo

$$Error_{abs.} = Valor_{real} - Valor_{aproximado}$$

$$Error_{relativo} = \left(\frac{Valor_{real} - Valor_{aproximado}}{Valor_{real}} \right) * 100\%$$

Tabla 15-3 Cálculo del error absoluto y relativo método de mínimos cuadrados

Manómetro	LabView	Error abs.	Error relativo
0	-0,07	0,07	0%
0,5	0,51	0,01	2%
1	1,01	0,01	1%
1,5	1,49	0,01	1%
2	1,96	0,04	2%
2,5	2,5	0	0%
3	3,01	0,01	0,333%
3,5	3,5	0	0%
4	4,01	0,01	0,2500%
4,5	4,49	0,01	0,2222%
5	4,99	0,01	0,2000%
5,5	5,5	0	0%
6	5,98	0,02	0,3333%
6,5	6,48	0,02	0,3077%
7	6,97	0,03	0,4286%

Realizado por: (Autores, 2018)

3.5.4.2 *Regresión polinomial.* De la tabla (Tabla 3-11) tomamos los valores del promedio, presión y ubicamos las coordenadas en la gráfica.

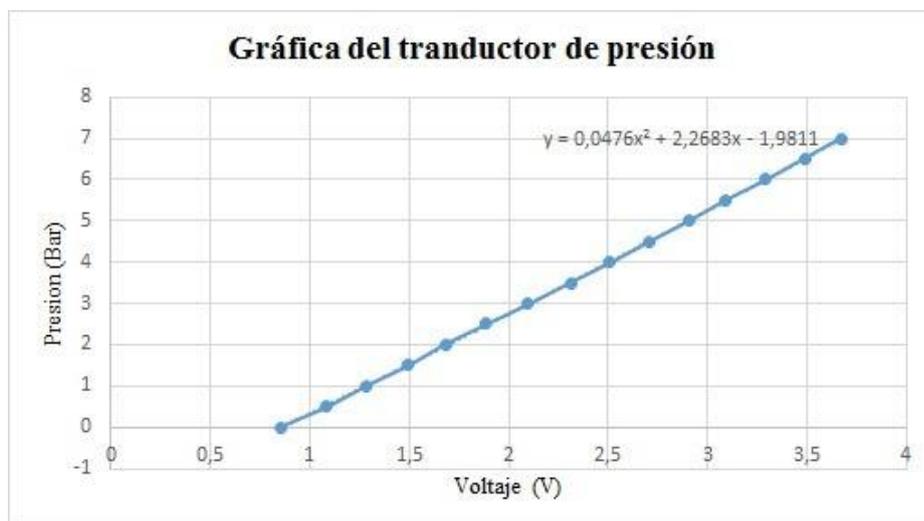


Gráfico 3-4 Grafica de presión en función al voltaje (método regresión polinomial)

Fuente: (Autores, 2018)

Con los valores de presión y voltaje se realiza el siguiente cálculo tomando como (x,y) respectivamente los datos de las variables antes mencionadas

Tabla 16-3 Cálculo de obtención de datos para el método de regresión polinomial.

x	y	x ²	x ³	x ⁴	x*y	x ² *y
0,85	0	0,7225	0,6141	0,5220	0	0
1,0833	0,5	1,1736	1,2714	1,3774	0,5417	0,5868
1,2867	1	1,6555	2,1301	2,7407	1,2867	1,6555
1,4933	1,5	2,2300	3,3302	4,9731	2,24	3,3451
1,68	2	2,8224	4,7416	7,9659	3,36	5,6448
1,8867	2,5	3,5595	6,7156	12,6701	4,7167	8,8988
2,0967	3	4,3960	9,2170	19,3249	6,29	13,1880
2,3133	3,5	5,3515	12,3798	28,6387	8,0967	18,7303
2,51	4	6,3001	15,8133	39,6913	10,04	25,2004
2,7067	4,5	7,3260	19,8292	53,6709	12,18	32,9672
2,9067	5	8,4487	24,5576	71,3807	14,5333	42,2436
3,0933	5,5	9,5687	29,5992	91,5602	17,0133	52,6279
3,2933	6	10,8460	35,7196	117,6367	19,76	65,0763
3,4867	6,5	12,1568	42,3869	147,7889	22,6633	79,0195
3,67	7	13,4689	49,4309	181,4113	25,69	94,2823
Σ= 34,3567	Σ=52,5	Σ= 90,0265	Σ= 257,74	Σ= 781,353	Σ=148,412	Σ= 443,4664

Realizado por: (Autores, 2018)

Una vez obtenidos los datos de la sumatoria estos serán reemplazados en el siguiente sistema de ecuación para realizar posteriormente operaciones

$$S = \begin{cases} an & b\sum x & c\sum x^2 & d\sum x^3 & \dots & = & \sum y \\ a\sum x & b\sum x^2 & c\sum x^3 & d\sum x^4 & \dots & = & \sum xy \\ a\sum x^2 & b\sum x^3 & c\sum x^4 & d\sum x^5 & \dots & = & \sum x^2y \\ a\sum x^3 & b\sum x^4 & c\sum x^5 & d\sum x^6 & \dots & = & \sum x^3y \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{cases}$$

Obtención de la matriz

$$\begin{cases} 15 & 34.3567x & 90.0265x^2 & = & 52.5 \\ 34.3567x & 90.0265x^2 & 257.7364x^3 & = & 148.4117 \\ 90.0265x^2 & 257.7364x^3 & 781.3528x^4 & = & 443.4664 \end{cases}$$

Solución.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 15 & 34.3566 & 90.0264 & 52.5 \\ 34.3566 & 90.0264 & 257.7364 & 148.4116 \\ 90.0264 & 257.7364 & 781.352 & 443.4664 \end{array} \right)$$

Primera línea Dividida para 15

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2.29044 & 6.0017 & 3.5 \\ 34.3566 & 90.0264 & 257.7364 & 148.4116 \\ 90.0264 & 257.7364 & 781,352 & 443.4664 \end{array} \right)$$

El valor de 34.3566 es multiplicado por la primera línea y es restado de la segunda mientras el valor de 90.0264 es multiplicado por la primera línea y restamos de la tercera línea.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2.2904 & 6.0017 & 3.5 \\ 0 & 11.3360 & 51.5383 & 28.1635 \\ 0 & 51.5360 & 241.0405 & 128.374 \end{array} \right)$$

2- línea dividimos en 11.3346

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2.2904 & 6.0017 & 3.5 \\ 0 & 1 & 4.5469 & 2.4847 \\ 0 & 51.5360 & 241.0339 & 128.3765 \end{array} \right)$$

la segunda línea multiplicamos por 2.2904 y restamos de la primera línea, la segunda fila es multiplicada por 51.5361 y restamos de la tercera línea.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -4.4125 & -2.1909 \\ 0 & 1 & 4.5469 & 2.4847 \\ 0 & 0 & 6.7112 & 0.3207 \end{array} \right)$$

3 línea dividimos en 6.7112

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -4.4125 & -2.1909 \\ 0 & 1 & 4.5469 & 2.4847 \\ 0 & 0 & 1 & 0.0477 \end{array} \right)$$

De la tercera línea, multiplicamos 4.4125 y sumamos de la primera línea, de la tercera línea multiplicamos 4.5469 restamos segunda línea.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & -1.9804 \\ 0 & 1 & 0 & 2.2678 \\ 0 & 0 & 1 & 0.0477 \end{array} \right)$$

$$\begin{cases} x_1 = -1.9804 \\ x_2 = 2.2678 \\ x_3 = 0.0477 \end{cases}$$

Vamos a verificar. Pongamos la solución obtenida en la ecuación del sistema y realicemos el cálculo:

Reemplazo en la 1° ecuación:

$$\begin{aligned} 15(-1.9804) + 34.3566(2.2678) + 90.0265(0.0477) = \\ -29.703 + 77.900 + 4.2942 = 52.5012 \end{aligned}$$

Reemplazo en la 2° ecuación:

$$\begin{aligned} 34.3566(-1.9804) + 90.0264(2.2678) + 257.7364(0.0477) = \\ -68.0398 + 204.1609 + 12.2940 = 148.4151 \end{aligned}$$

Reemplazo en la 3° ecuación:

$$\begin{aligned} 90,0264(-1.9804) + 257,7364(2.2678) + 781,352(0.0477) = \\ -178.2884 + 584.4946 + 37.2704 = 443.4766 \end{aligned}$$

Obtención de la ecuación

$$y = 0.0477x^2 + 2.2678x - 1.9804$$

Utilizando las siguientes ecuaciones se procede al cálculo del error absoluto y relativo.

$$Error_{abs.} = Valor_{real} - Valor_{aproximado}$$

$$Error_{relativo} = \left(\frac{Valor_{real} - Valor_{aproximado}}{Valor_{real}} \right) * 100\%$$

Tabla 17-3 cálculo del error absoluto y relativo Regresión polinomial.

Manómetro	LabView	Error abs.	Error relativo
0	-0.01	0.01	0.00%
0.5	0.54	0.04	8.00%
1	1.025	0.025	2.50%
1.5	1.57	0.07	4.67%
2	2.04	0.04	2.00%
2.5	2.58	0.08	3.20%
3	3.13	0.13	4.33%
3.5	3.6	0.1	2.86%
4	4.023	0.023	0.57%
4.5	4.7	0.2	4.44%
5	5.34	0.34	6.80%
5.5	5.74	0.24	4.36%
6	6.32	0.32	5.33%
6.5	6.74	0.24	3.69%
7	7.23	0.23	3.29%

Realizado por: (Autores, 2018)

3.5.4.3 Ingreso de datos en LabVIEW.

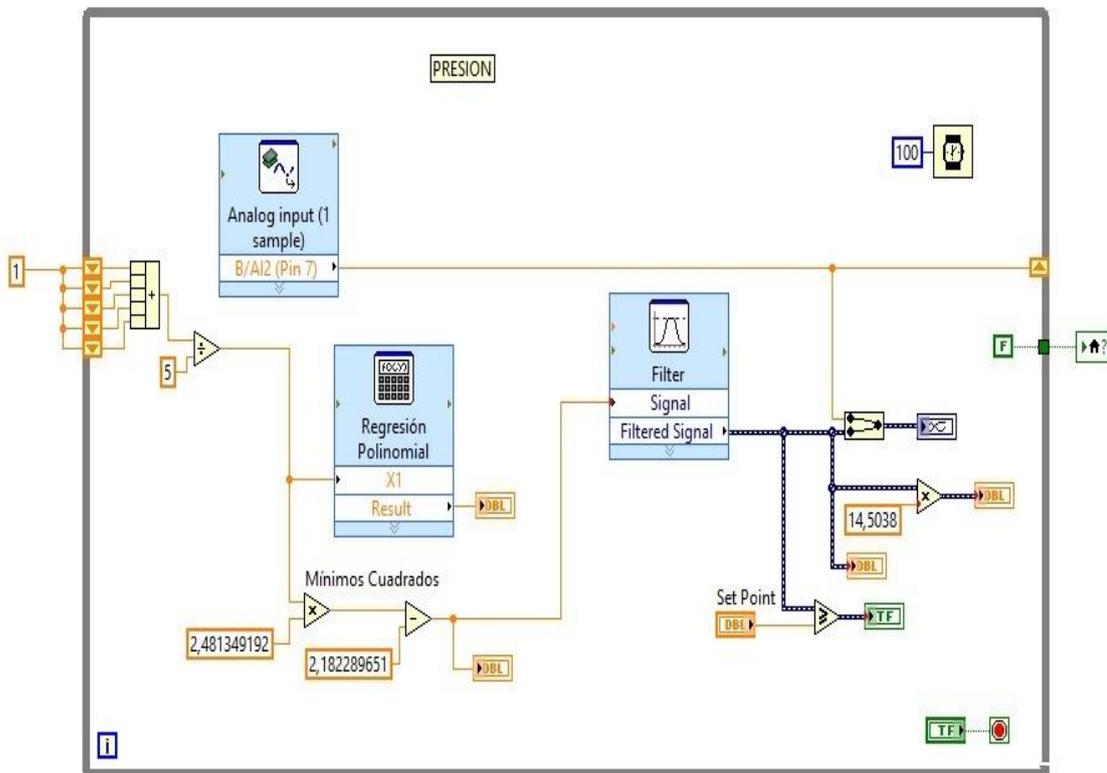


Figura 42-3 Ingreso de datos en LabVIEW.

Fuente: (Autores, 2018)

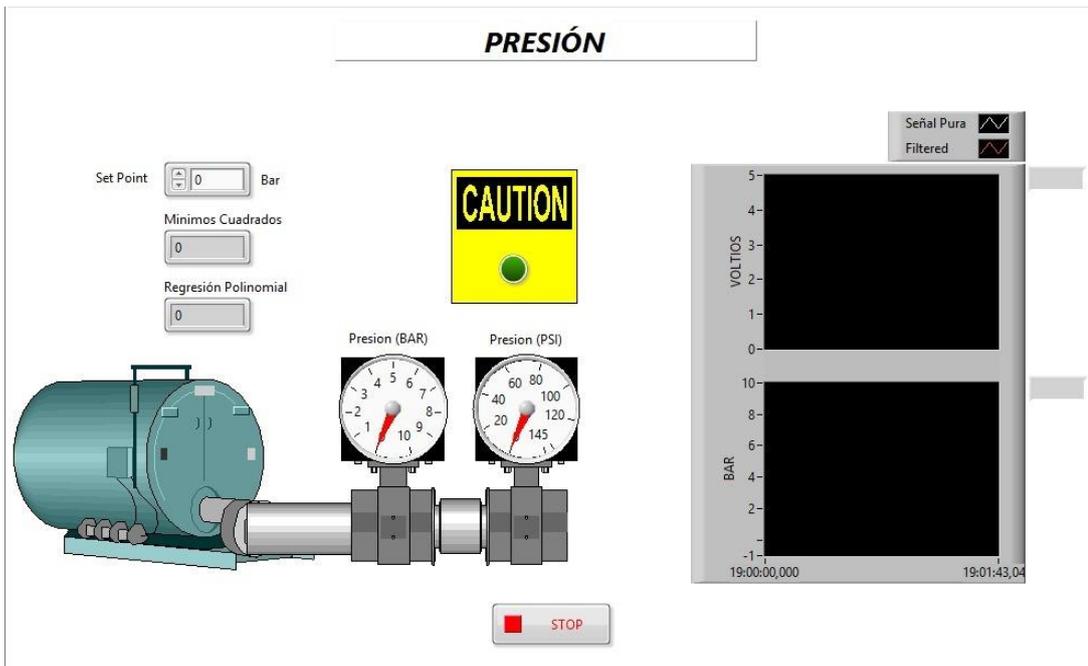


Figura 43-3 Interfaz de usuario transductor de presión.
 Fuente: (Autores, 2018)

3.5.5 *Programación del sensor de velocidad* Se escoge la escrutura para la programación seleccionando “while loop” posteriormente se crea un control “stop” donde se realizará la programación.

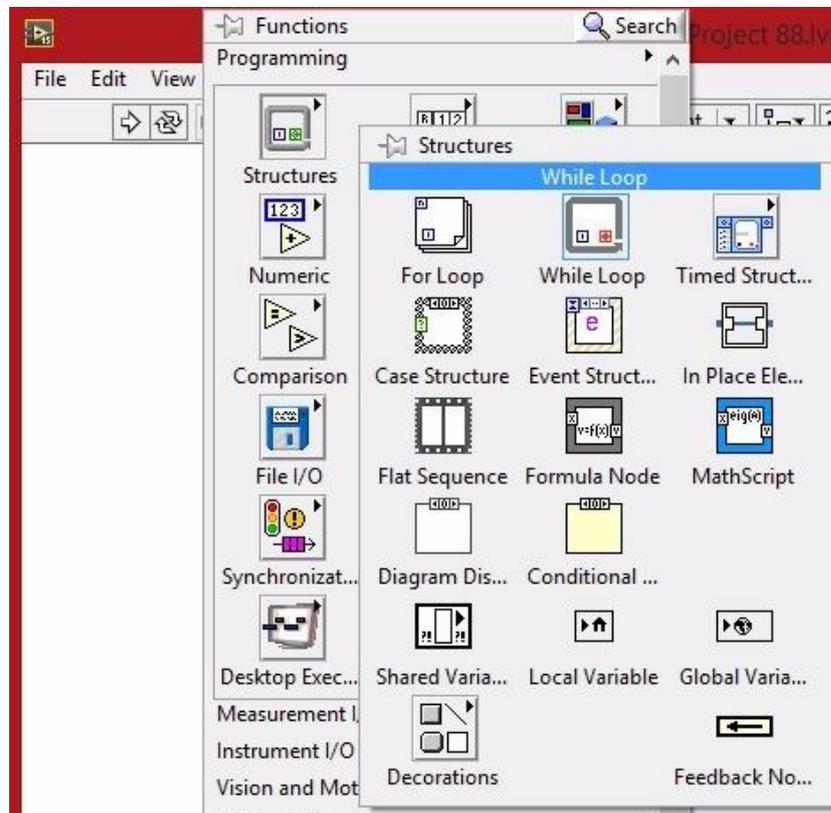


Figura 44-3 Selección de la estructura.
 Fuente: (Autores, 2018)

Se abre la paleta de funciones para la programación de la NI myRIO y se da clic en encoder.

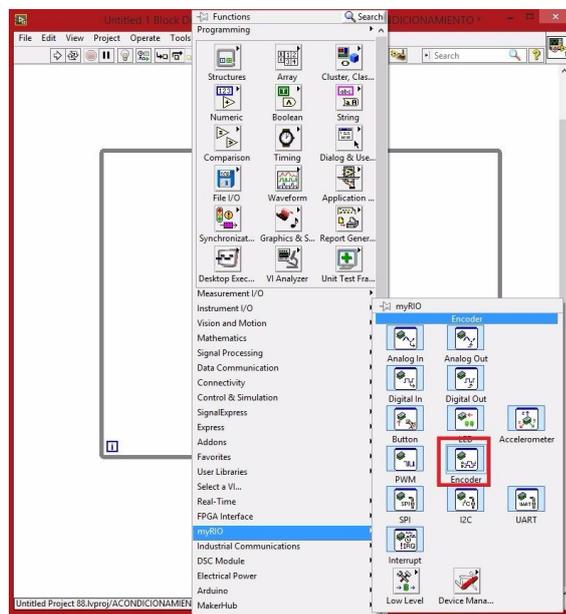


Figura 45-3 Selección de la entrada para encoder.
Fuente: (Autores, 2018)

Se escoge los Pines (18;22) para la fase “A y B” respectivamente, destinados para el encoder dentro de la tarjeta NI myRIO, en el puerto B posteriormente se selecciona la opción “Quadrature phase signal” ya que el encoder es de cuadratura, y para finalizar se da clic en “OK”.

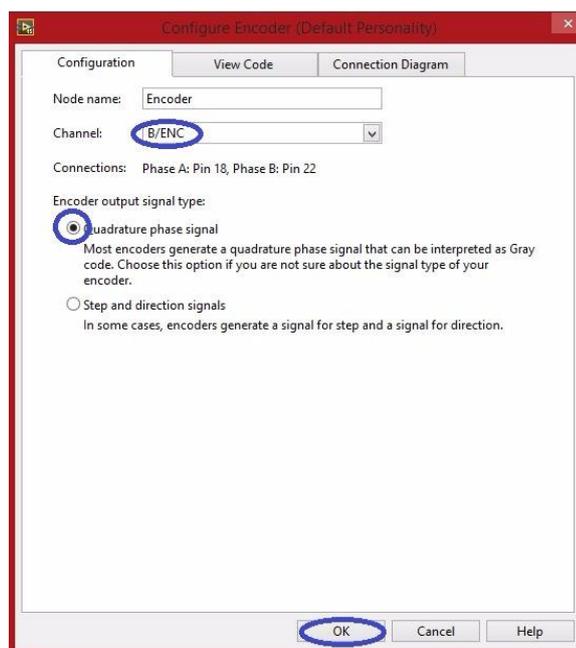


Figura 46-3 Configuración del pin para el encoder.
Fuente: (Autores, 2018)

Evaluamos en conteo de los pulsos de la fase A y B del encoder para establecer una parametrización.

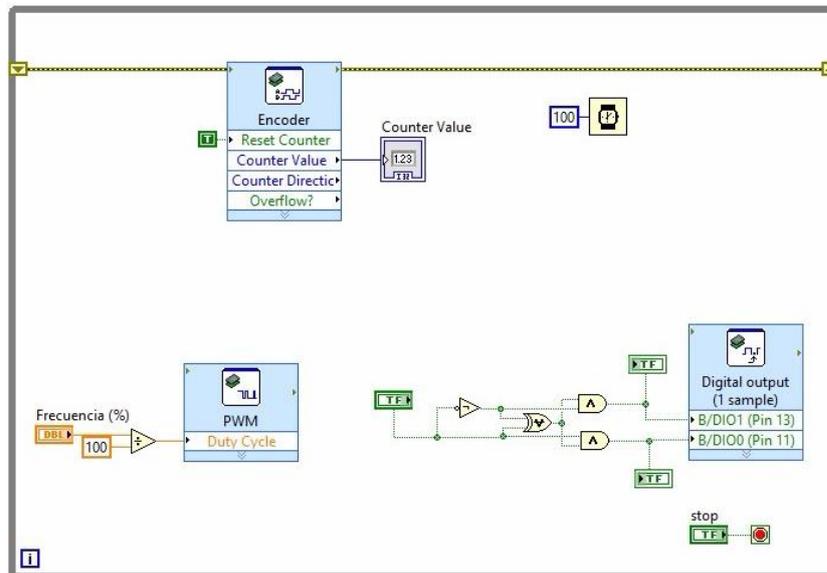


Figura 47-3 Parametrización del encoder

Fuente: (Autores, 2018)

Además, se estableció una entrada “PWM” el cual ayudara a controlar la velocidad del motor por medio de su frecuencia, para esto se configuro el canal B/PWM0 (Pin27) del puerto B, y agregando valores a “Set constant”.

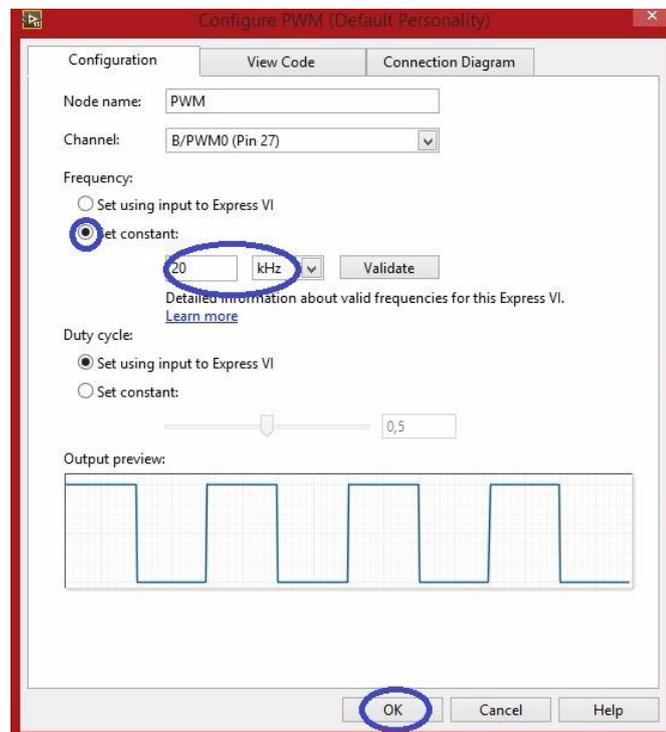


Figura 48-3 Nombrar la variable global.

Fuente: (Autores, 2018)

Para cambiar el sentido de giro en el motor se realizó un control boléanos en los Pines B/DIO0 (Pin 11) y B/DIO1 (Pin 13).

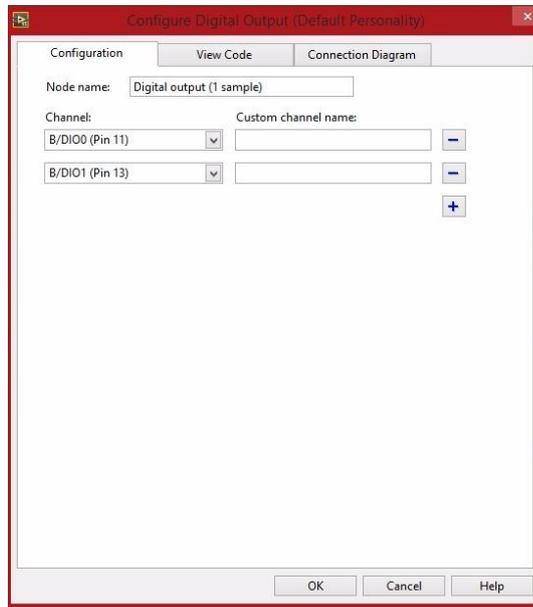


Figura 49-3 Configuración de pines
Fuente: (Autores, 2018)

Con los datos de la datasheet del encoder se estable 64 conteos en una revolucion y se realiza el cálculo de la velocidad en RPM.

$$\frac{\text{conteos}}{s} * \frac{60s}{1\text{min}} * \frac{1\text{ rev}}{64\text{ conteos}} = \text{RPM.}$$

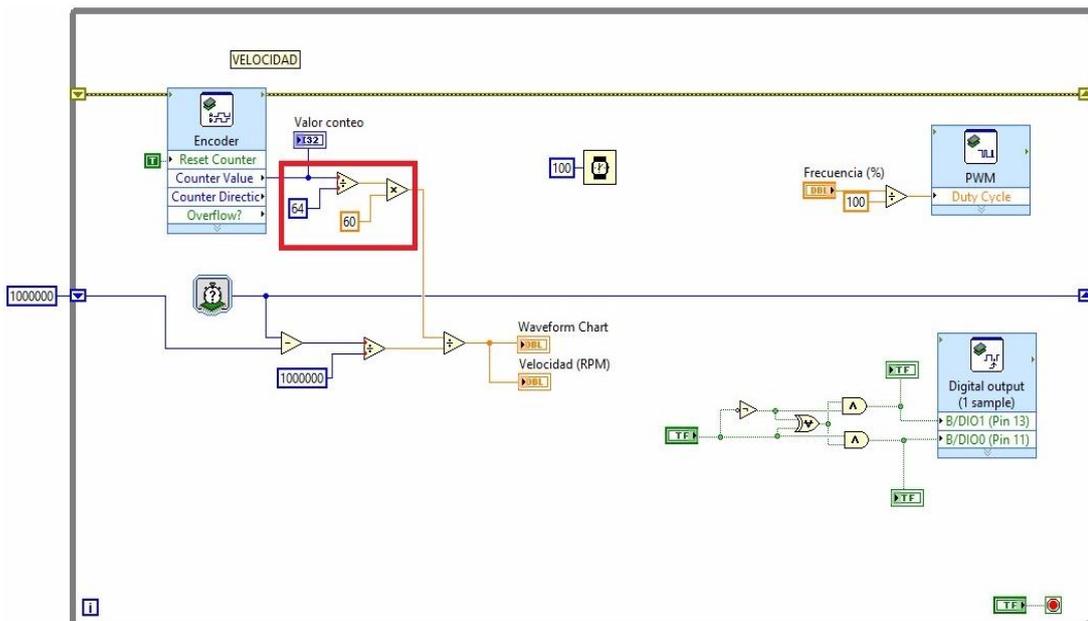


Figura 50-3 Control del sensor de velocidad.
Fuente: (Autores, 2018)

Una vez terminada la programación se ordenó la interfaz de usuario, donde se visualizará la señal emitida por el encoder durante su funcionamiento.

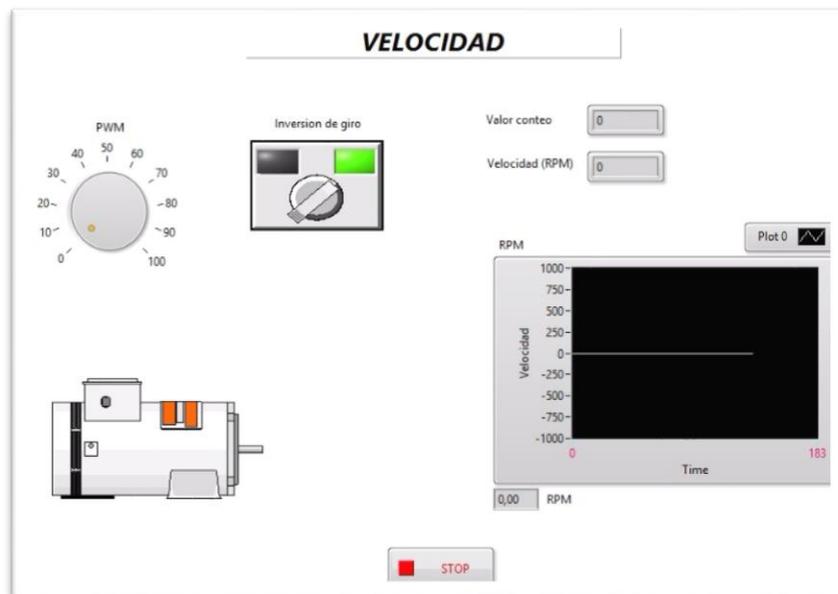


Figura 51-3 Interfaz de usuario del encoder.

Fuente: (Autores, 2018)

3.5.6 **Programación del sensor de caudal.** Una vez seleccionada “while loop” como estructura de programación, se abre la paleta de función para la programación de la NI myRIO y se da clic en “Digital in”.

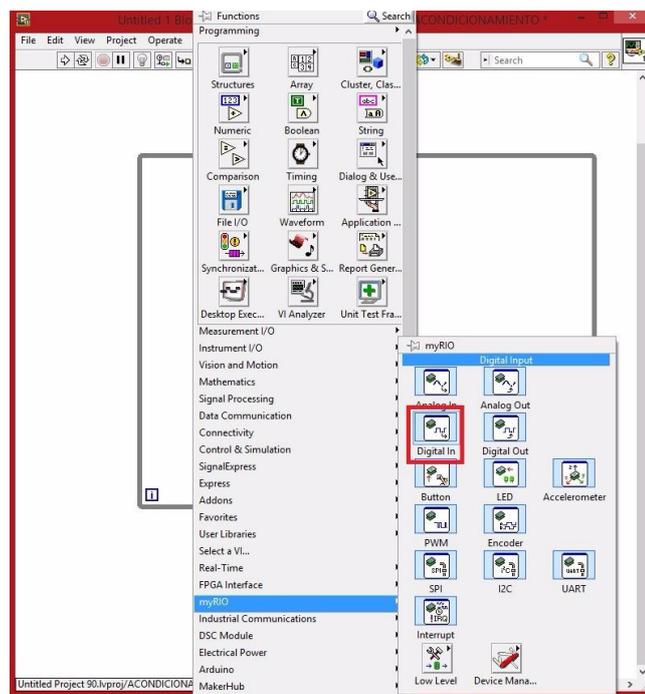


Figura 52-3 Selección de la entrada digital.

Fuente: (Autores, 2018)

Como entrada digital se elige el Pin B/DIO15 (Pin34) dentro de la tarjeta NI myRIO en el puerto B, y para finalizar se da clic en “OK”.

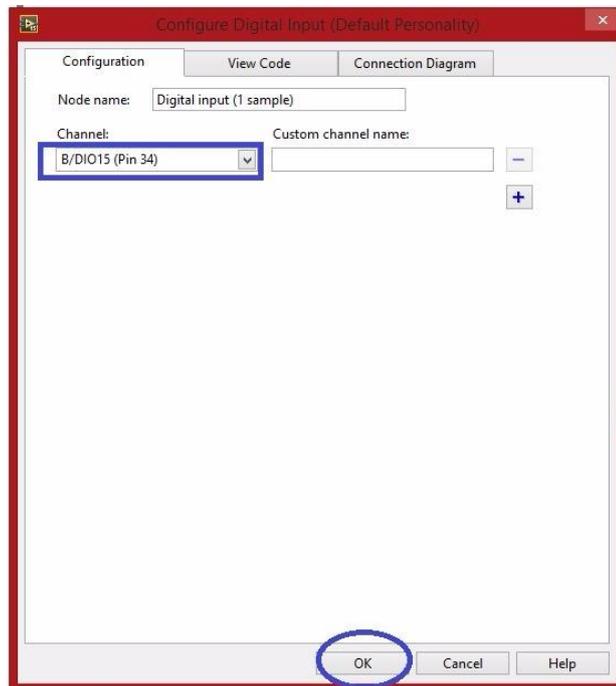


Figura 53-3 Configuración del pin para el sensor de caudal.
Fuente: (Autores, 2018)

Se creó un contador de pulsos incremental el cual ayudara a realizar el conteo de pulsos en un litro.

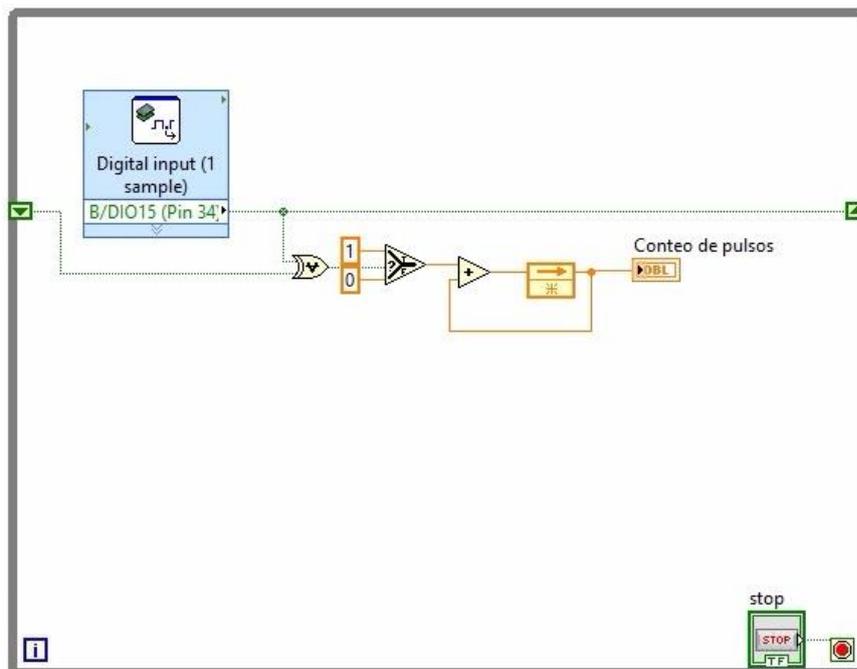


Figura 54-3 Contador de pulsos.
Fuente: (Autores, 2018)

Con los datos del fabricante se establece que cada pulso es aproximadamente 2.25 ml, dependiendo de la orientación del sensor y velocidad del flujo con este dato realizamos el cálculo de la cantidad de pulsos por litro.

$$\begin{array}{r} x \\ 1 \text{ pulsos} \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000\text{ml} \\ 2.25\text{ml} \end{array}$$

$$x = 444.444 \text{ pulsos}$$

Después de realizar diez lecturas con el sensor de caudal se estableció un promedio de 460 pulsos por minutos, valor que será utilizado para posteriores cálculos.

Tabla 18-3 Promedio de pulsos.

Pruebas con el sensor	
N° lectura	N° de pulsos
1	465
2	457
3	462
4	461
5	456
6	458
7	463
8	458
9	461
10	459
Promedio	460

Fuente: (Autores, 2018)

$$Q_{(l/min)} = \frac{f(Hz)}{K}; \text{ despejando } K \text{ tenemos:}$$

$$K = \frac{f(Hz)}{Q_{(l/min)}} = \frac{N^{\circ} \text{ de pulsos}}{\text{volumen} * \text{min}}$$

$$K = \frac{460 \text{ pulsos}}{1 \text{ litro} * 60 \text{ segundos}} = 7.666666667$$

Estos datos servirán para lograr una mejor calibración y así obtener una lectura más precisa y exacta.

Además, creó un “Tick Count” donde se ingresará el tiempo el cual estará dado en micro segundo, este se añadirá al resultado de los conteos para posteriormente ser calculado con “K”, dato hallado anteriormente.

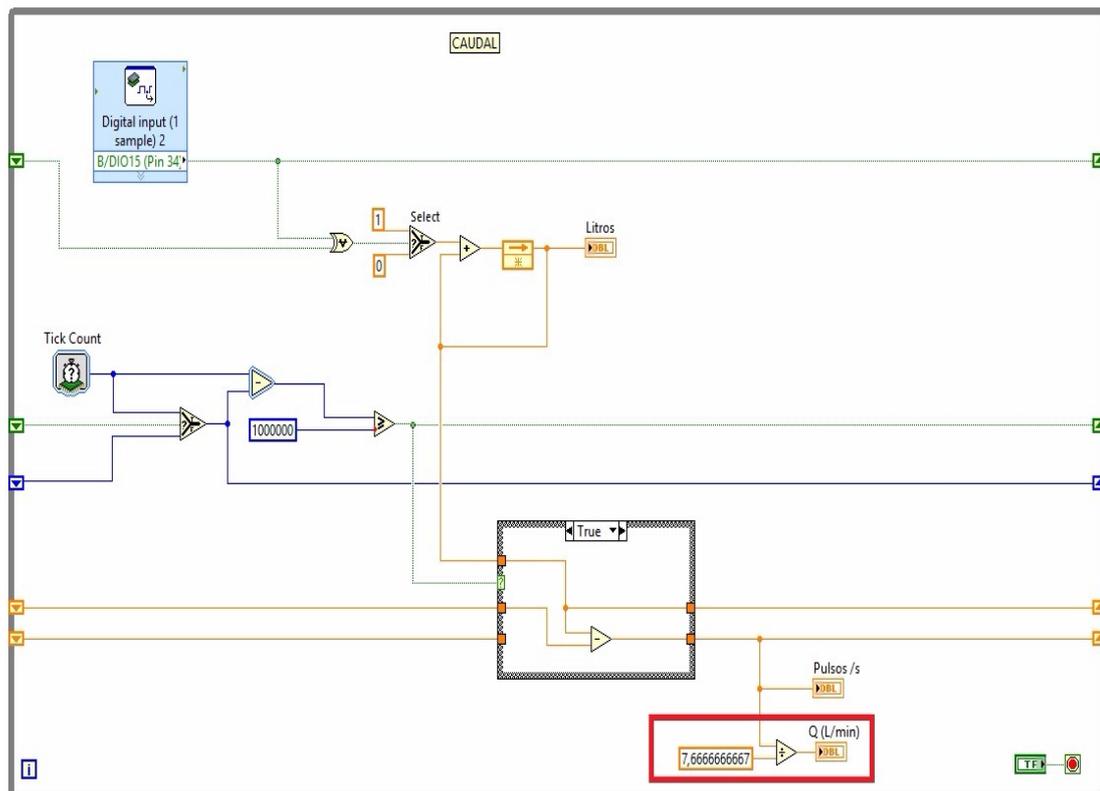


Figura 55-3 Parametrización del sensor de caudal.

Fuente: (Autores, 2018)

Con una electroválvula se controlará el volumen que ingresa al sistema la cual se activará por medio de un “set point”. (Ver Figura 56-3)

Una vez terminada la programación se ordenó la interfaz de usuario, donde se visualizará el comportamiento de la señal emitida por sensor de caudal durante su funcionamiento. (Ver Figura 57-3)

3.5.7 Creación del menú. Para mejorar la presentación del interfaz de usuario se creó “SubVi.vi” del control de los sensores temperatura, presión, velocidad y caudal. (Ver Figura 58-3)

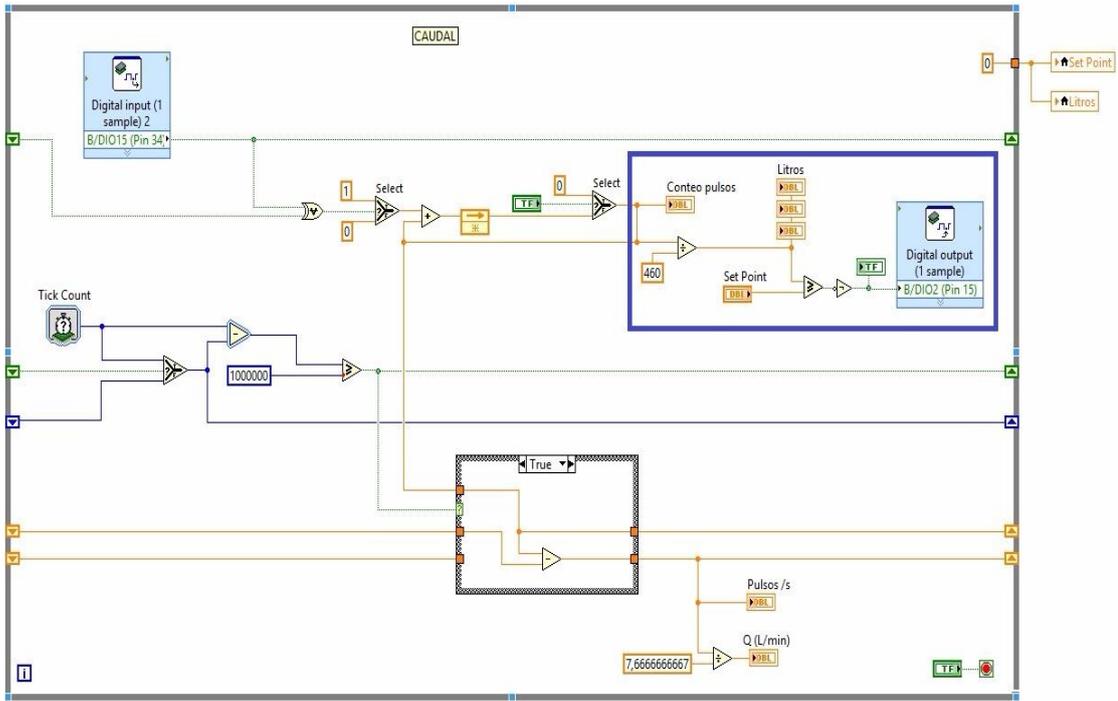


Figura 56-3 Control del sensor de caudal.
Fuente: (Autores, 2018)

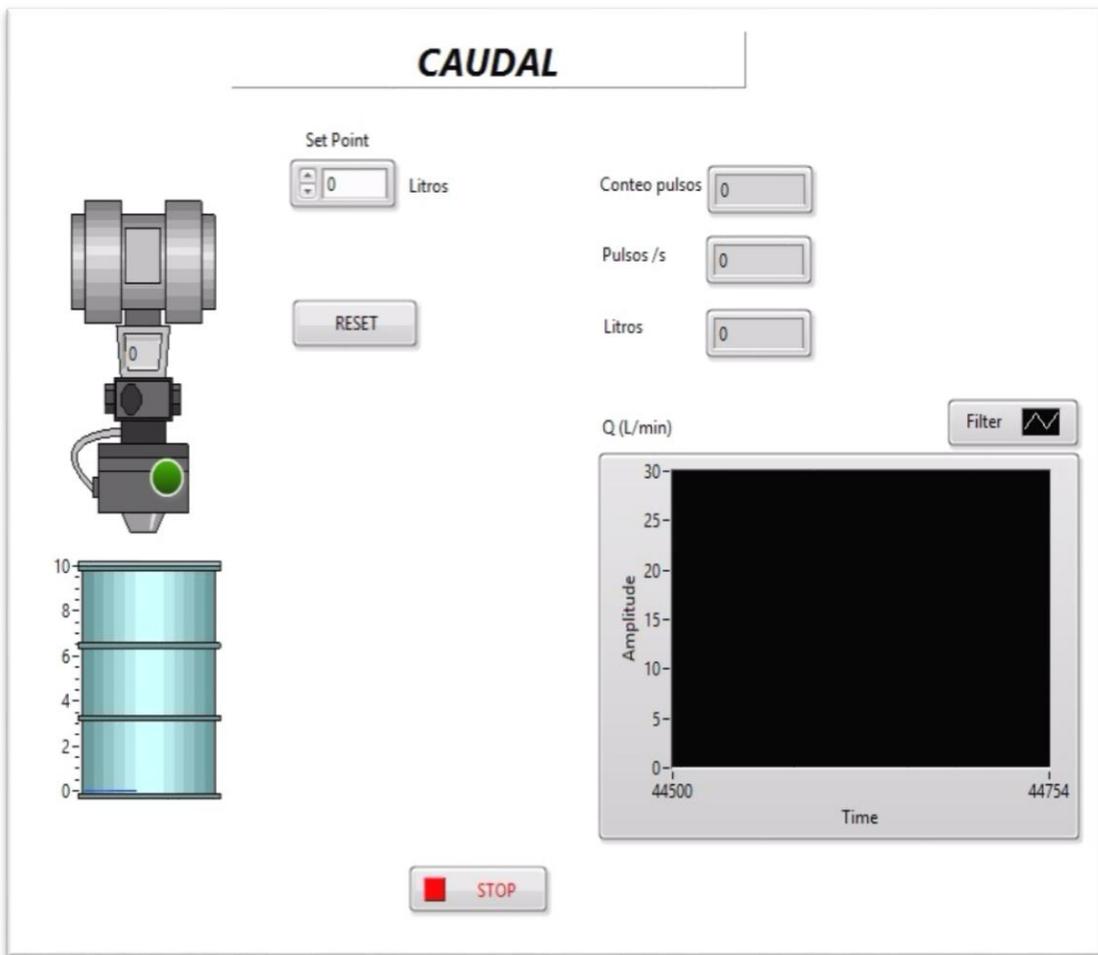


Figura 57-3 Interfaz de usuario del sensor de caudal.
Fuente: (Autores, 2018)

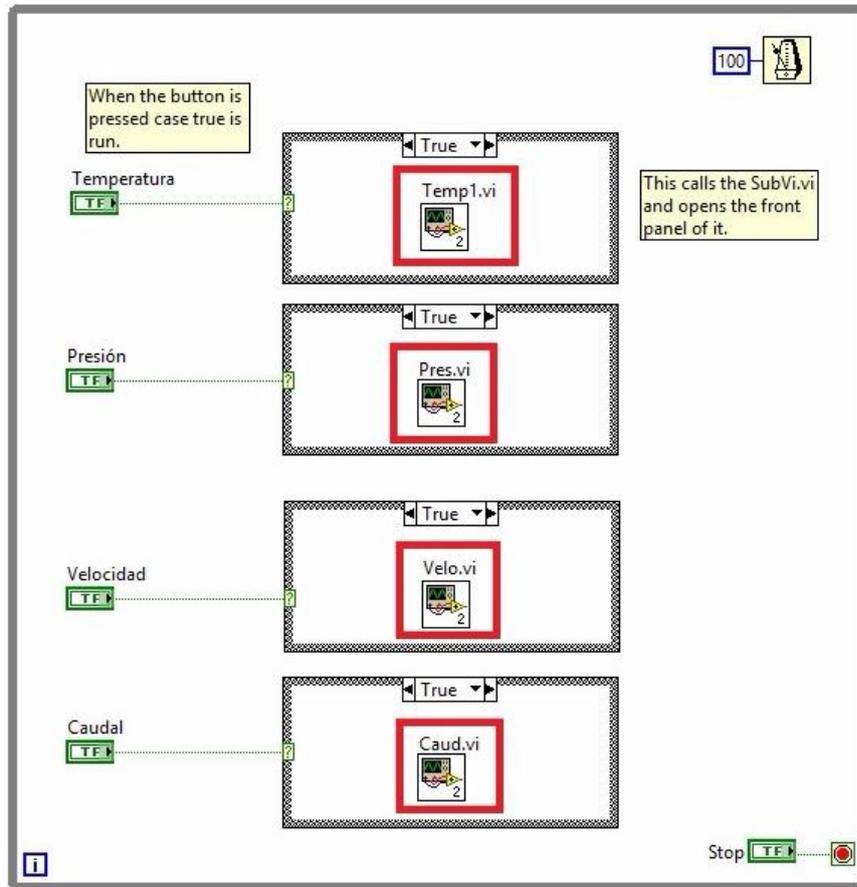


Figura 58-3 Creación de los SubVI.vi

Fuente: (Autores, 2018)

Una vez creados los “SubVI.vi” se los vincularon con botones colocados en la portada para así tener un acceso directo a cada variable procesada.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO

"IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO PARA INSTRUMENTACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES EMITIDAS POR SENSORES DE TEMPERATURA, VELOCIDAD, CAUDAL Y PRESIÓN, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA"




POR:
ALEX EDUARDO MINA ORTIZ
JORGE LUIS YUNGÁN GARCÉS

TEMPERATURA

PRESIÓN

VELOCIDAD

CAUDAL

STOP

Figura 59-3 Portada de presentación.

Fuente: (Autores, 2018)

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE COSTOS

En la elaboración de este módulo se tomaron en cuenta precios económicos sin descuidar la calidad de los dispositivos, equipos, materiales entre otros, así como la importación de equipos no existentes en el mercado local, para llevar a cabo este trabajo de titulación

4.1 Costos directos

Tabla 1-4 Costos directos.

Costos directos			
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Fuente de Alimentación	33	33
1	Tarjeta NI myRIO	800	800
1	Electrovalvula	20	20
1	Contenedor plastico	42	42
3	Sensores analógicos y digitales	65	195
1	Bornera	5	5
1	Accesorios neumaticos	15	15
Total			1110

Fuente: autores

4.2 Costos indirectos

El costo indirecto por la elaboración de este módulo se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 2-4 Costos indirectos.

Costos indirectos			
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total
1	Transportes	30	30
1	Impresiones	100	100
1	Imprevistos	70	70
Total			200

Fuente: autores0

4.3 Costos totales

El valor total empleado para llevar a cabo este trabajo de titulación resulta de la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 3-4 Costos totales.

Costos totales	
Costos directos	1110
Costos indirectos	200
Total	1310

Fuente: autores

4.4 Conclusiones y recomendaciones.

4.4.1 Conclusiones.

Se determinó como variables físicas temperatura, presión, velocidad, caudal ya que éstas son utilizadas en la mayoría de industrias para lograr un mejor monitoreo en sus procesos, para la construcción de módulo se utilizaron dispositivos para señales analógicas como pt100, transductor de presión y para las señales digitales encoder y caudalímetro.

Se implementó un entorno de programación gráfico mediante el uso de herramientas contenidas en el software LabVIEW las cuales permitieron al usuario el control y monitoreo de los datos obtenidos mediante los sensores.

Se acondicionó las señales analógicas con los datos obtenidos a través del análisis de funcionamiento y se establecieron cálculos, los cuales sirvieron para la parametrización de los sensores de temperatura y presión. Para las señales digitales de velocidad y caudal, se realizó un análisis de los pulsos emitidos por cada sensor y se establecieron cálculos para las dos variables.

Se realizaron pruebas de funcionamiento con el sistema ya implementado y la adquisición de datos a través de la tarjeta NI myRIO-1900, obteniéndose una lectura con mayor precisión de los sensores programados.

4.4.2 *Recomendaciones.*

Antes trabajar con la tarjeta NI myRIO-1900 se debe tener información acerca de los parámetros de funcionamiento mediante guías o manuales del fabricante para tener las debidas precauciones al momento de manipular estos dispositivos tecnológicos ya que si ingresa un voltaje mayor al requerido podría causar averías en la tarjeta.

Se debe considerar los parámetros de funcionamiento en los sensores ya que el uso correcto de estos datos evitará errores en la lectura de las variables.

Tener un previo conocimiento en la manipulación de software LabVIEW para lograr una programación y permita alcanzar objetivos planteados.

Se deberá realizar un análisis con más variables en futuros proyectos ya que esto permitirá a los estudiantes realizar un mayor número prácticas y observar el comportamiento de las señales emitida por los diferentes sensores.

BIBLIOGRAFÍA

TREJO ALMARAZ , Ruben. *Sistema de adquisición de datos para ingeniería biomédica.* Sacramento : facultad de ingenierías -universidad estatal de california, 1997. Disponible en: <http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/downloads/labviewmanual.pdf>, pp.1

AMBARDAR, Ashok. *Procesamiento de señales analógicas y digitales.* México: Thomson Editores, S. A, 2002. 970-686-038-X, pp.465

CORONA RAMÍREZ, et al. *Sensores y actuadores aplicaciones con arduino.* Azcapotzalco : Grupo Editorial Patria S.A, 2014. 978-607-438-936-4. pp.78-79

CREUS SOLÉ, Antonio. *Instrumentación Industrial.* Mexico : Marcombo,S.A, 2010. 978-84-267-1668-2, pp.92-96

DÍAZ RUBIO, Francisco Gálvez. *Acondicionamiento de señal.* 2002. Disponible en: informatica.uv.es/iiguia/INS/material/inst02.pdf, pp.20

DRAKE MOYANO, José maría. *Instrumentacion electrónica de comunicaciones.* Santander : Dpto. de Electrónica y Computadores, 2005. Disponible en: https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_it/iec_1.pdf, pp.1

JIMENEZ VIVANCO, Wilmer Enrique & OCHOA CORONEL, Darío Fernando . *Diseño y estudio de factibilidad para la implementación de un laboratorio de procesamiento de señales y simulación para la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca.* Cuenca : Carrera de Ingeniería Electrónica-Facultad de Ingenierías, 2010. Disponible en: <http://dSPACE.ups.edu.ec/handle/123456789/2206>, pp.1-10.

NATIONAL INSTRUMENTS. *Acondicionamiento de señal.* [En línea] 2015. ftp://ftp.ni.com/evaluation/signal_conditioning/23807_Engineer_s_guide_to_signal_conditioning_Spanish_localisation_HR.pdf, pp.1-3

NATIONAL INSTRUMENTS. *Desarrollo de Sistemas con NI myRIO.* [En línea] 2016.
<http://www.ni.com/labview/products/esa/>

NATIONAL INSTRUMENTS. *Adquisición de Datos* [En línea] 2018.
<https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>.

OPPENHEIM, Alan V & WILLSKY, Alan S. *Señales y sistemas.* Mexico : Prentice Hall Hispano Americana, S.A, 1997. 970-17-0116, pp.534

PALLÁS ARENY, Ramón. *Adquisición y distribución de señal.* Barcelona : Marcombo, 1993. 84-267-0918-4, pp.3-36

RIU COSTA, Pere J, et al. *Sistemas de Instrumentación.* Barcelona : upc, 1995. 84-8301-095-X, pp.12-15

VILLALOBOS GUERRERO, Ernesto. *Intrumentación de un robot bípedo de 12 gdl: sensores de posición, presión e inercial.* Mexico : facultad de ingeniería-universidad nacional autónoma, 2013. Disponible:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6835/Tesis.pdf?sequence=1>, pp.30

VILLALOBOS ORDAZ, Gustavo, et al. *Medición y Control de Procesos Industriales.* Mexico : Instituto Politecnico Nacional, 2006. 970-36-0339-4, pp.36-125