



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**

#### **TRABAJO FINAL DE GRADO**

##### **TEMA:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MÓDULOS DIDÁCTICOS, CON INTERFAZ HUMANO - MÁQUINA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

##### **AUTORES:**

BRUSIL HERNÁNDEZ EDWIN FABRICIO

QUISPE ROSERO ERNESTO AGUSTÍN.

##### **DIRECTOR:**

Ing. Pablo Méndez.

Ibarra, julio, 2015

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Luego de haber sido designado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología “FECYT”, de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra, he accedido con satisfacción participar como director en el trabajo de grado titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MÓDULOS DIDÁCTICOS, CON INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”; de los señores egresados: BRUSIL HERNÁNDEZ EDWIN FABRICIO - QUISPE ROSERO ERNESTO AGUSTÍN, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Al ser testigo presencial, y corresponsable de la dirección y codirección del desarrollo del presente trabajo de investigación, afirmo que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sustentado públicamente ante el tribunal que sea designado oportunamente.

Esto es lo que puedo certificar por ser justo y legal.

Ing. Pablo Méndez.

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

## DEDICATORIA

A mis padres profundamente por la paciencia, apoyo confianza y amor incondicional que constantemente me han proporcionado sin importar cada una de mis decisiones. Ellos son la base de mi vida y mi apoyo absoluto con quienes estaré agradecido eternamente.

A mis hermanos que me han acompañado en los buenos y malos momentos, por ser parte de mi vida, gracias por su apoyo.

Edwin Brusil Hernández

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado el maravilloso don de la vida.

A mis padres, que con su paciencia me enseñaron buenos valores y me supieron guiar por el camino correcto, me entregando todo lo necesario para vivir con pasión y anhelo.

A mi amada esposa, por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional para salir adelante en mi carrera, que con su luz me ha iluminado la vida.

Ernesto Quispe

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad “Técnica del Norte” por todos los años de una formación profesional integra, a todos y cada uno de los docentes de nuestra carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico que con su conocimiento y enseñanza han aportado mucho en toda la vida de estudiante universitario para hacer de mi un profesional íntegro y de mucho beneficio para la sociedad.

A mis Padres que con su apoyo económico, moral supieron apoyarme incondicionalmente a mis hermanos que supieron guiarme y apoyarme en mis momentos de decisiones.

Al director de tesis, Ingeniero Pablo Méndez por guiarnos en el desarrollo del trabajo final de grado, ya que con su asesoría académica hizo posible la culminación de este proyecto.

Al Ing. Fernando Ortega por ser nuestro guía constantemente en el desarrollo del presente trabajo final de grado con su conocimiento apporto mucho en la culminación del proyecto.

Agradezco a todos aquellos que hicieron posible el cumplimiento de esta meta, ya que es el logro de una de las metas más importantes que me he propuesto en la vida.

Edwin Brusil Hernández

A todos, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis amigos, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional

A todas las personas, que de una u otro manera participaron e hicieron posible este trabajo de grado, muchas gracias por su apoyo y enseñanza.

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento de gratitud.

Ernesto Quispe

## ÍNDICE

TEMA: .....	i
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xviii
RESUMEN .....	xix
SUMMARY .....	xx
INTRODUCCIÓN.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación del problema .....	2
1.4.1 Espacial .....	3
1.4.2 Temporal .....	3
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivo general .....	3
1.5.2 Objetivos específicos .....	3
1.6 Justificación.....	3
1.7 Factibilidad .....	4
1.8 Aporte .....	4

CAPÍTULO II.....	5
2 MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Sistema de control automático.....	5
2.1.1 ¿Qué es un sistema de control? .....	5
2.1.2 Controladores PID .....	6
2.1.3 Retroalimentación.....	6
2.1.4 Funcionamiento de un controlador PID .....	7
2.2 Sistema de adquisición de datos .....	8
2.2.1 Descripción general .....	8
2.3 Análisis de programas de simulación y programación virtual .....	9
2.3.1 Matlab .....	9
2.3.2 Arduino .....	10
2.3.3 Labview .....	12
2.3.4 Resultado del análisis entre las plataformas virtuales .....	14
2.4 NI USB-6009.....	14
2.4.1 Aplicación y tecnología de NI DAQ USB 6009 .....	15
2.4.2 Las capacidades comunes que pueden tener las Daq son:.....	15
2.4.3 Conector de entradas y salidas de la NI DAQ 6009 .....	16
2.4.4 Adquisición de señales analógicas .....	17
2.4.5 Configuraciones de terminales .....	17
2.4.6 Procesamiento.....	18
2.4.7 DAQ en Labview.....	20
2.4.8 Adquisición de datos con Labview.....	21
2.5 Sensores .....	21
2.5.1 Sensor de temperatura .....	21
2.5.2 Sensores de velocidad.....	24
2.5.3 Sensor de flujo de agua.....	27
2.6 Variables físicas a ser analizadas .....	28
2.6.1 Temperatura.....	28
2.6.2 Velocidad .....	28



2.6.3 Intercambiador de calor .....	29
2.6.4 Flujo de agua .....	30
2.7 Glosarios de términos básicos .....	32
CAPÍTULO III .....	33
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
3.1 Tipo de investigación .....	33
3.1.1 Investigación tecnológica .....	33
3.1.2 Investigación aplicada o práctica.....	33
3.1.3 Bibliográficas .....	33
3.2 Métodos .....	33
3.2.1 Métodos teóricos .....	34
3.3 Técnicas e instrumentos .....	34
CAPÍTULO IV .....	36
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	36
4.1 Título de la respuesta .....	36
4.2 Introducción.....	36
4.3 Acciones para la implementación del equipamiento en el laboratorio .....	37
4.4 Propósito .....	37
4.5 Sistemática aplicada .....	37
4.6 Software de diseño .....	38
4.6.1 Adquisición de datos .....	38
4.6.2 Instalado PID .....	40
4.6.3 Diferentes características de PID.....	40
4.6.4 Daq Assistant.....	41
4.6.5 Selección del tipo de medición para la señal.....	42
4.6.7 Adquirir señal de la Daq Assistant según los parámetros del módulo. ....	42
4.6.8 Selección de canal físico de la Daq Ni USB 6009 .....	43
4.6.9 Configuración de los parámetros voltaje y corriente.....	44

4.7 Diseño y construcción de los módulos didácticos .....	45
4.7.1 Diseño y construcción del módulo flujo de agua mediante PID .....	45
4.7.2 Diseño y construcción del módulo de velocidad mediante PID .....	58
4.7.3 Diseño y construcción del módulo de intercambiador de calor .....	66
4.7.4 Diseño y construcción del módulo de temperatura .....	75
4.8 Sintonización del PID mediante Zingel Nichol .....	86
4.8.1 Fundamento .....	86
4.8.2 Conexión .....	86
4.8.3 Calibración PID .....	87
4.9 Pruebas de funcionamiento .....	93
4.9.1 Practica de temperatura con el sensor Lm35 automáticamente. ....	93
4.9.2 Practica de intercambiador de calor operando automáticamente. ....	102
4.9.3 Practica de velocidad en operación automática. ....	111
4.9.4 Practica de flujo de agua utilizando el sensor operando automáticamente. ....	119
CAPÍTULO V .....	129
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	129
5.1 Conclusiones .....	129
5.2 Recomendaciones .....	130
BIBLIOGRAFÍA .....	132
LINKOGRAFÍA. ....	136
ANEXOS .....	138
Anexos 1.- Descripción de las Señales NI USB-6009 .....	138
Anexos 2.- YF-S201 contador de agua sensor de flujo de agua .....	139
Anexos 3.- Motor reductor 37Dx52L mm con Encoder 64 CPR .....	140
Anexos 4.- Servomotor standard HITEC HS-311 .....	142
Anexo 5,- Lenguaje del programa del microcontrolador .....	143
Anexos 6.- Bomba sumergible para fuentes 30 w aqua30w .....	145
Anexos 7.- 120W DC 12V 10A Fuente de Alimentación LED .....	146
Anexos 8.- Ventilador / extractor 12VDC 4 W .....	147
Anexos 9.- Niquelina .....	147

Anexos 10.- Características de las barras cobre y aluminio .....	149
Anexo 11 Construcción de la NI DAQ USB 6009 en modo didáctico .....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ventajas y desventajas de los sensores</i> .....	22
Tabla 2 <i>Ventajas y desventajas de los sensores de velocidad angular</i> .....	25
Tabla 3 <i>Ventajas y desventajas de los sensores de flujo de agua</i> .....	27
Tabla 4 <i>Terminal digital y análogo de la Daq 6009</i> .....	39
Tabla 5 <i>Valores de sintonización</i> .....	87
Tabla 6 <i>Valores medidos experimentalmente</i> .....	92
Tabla 7 <i>Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview</i> .....	96
Tabla 8 <i>Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.</i> .....	105
Tabla 9 <i>Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.</i> .....	114
Tabla 10 <i>Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.</i> .....	122
Tabla 11 <i>Descripción de Señales</i> .....	138
Tabla 12 <i>Tabla de códigos de color del cableado del Motor reductor</i> .....	142
Tabla 13 <i>Especificaciones del servomotor</i> .....	142
Tabla 14 <i>Especificaciones técnicas bomba de agua 30w</i> .....	145
Tabla 15 <i>Características del cobre y aluminio</i> .....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 <i>Sistema de control automático</i> .....	5
Figura N° 2 <i>Sistema de control por realimentación</i> .....	7
Figura N° 3 <i>Esquema de sistema básico de adquisición de datos</i> .....	8
Figura N° 4 <i>Placa de Arduino y cable USB</i> .....	11
Figura N° 5 <i>Esquema de bloques de una tarjeta de adquisición de datos</i> .....	15
Figura N° 6 <i>Terminales análogos de la NI USB 6009</i> .....	16
Figura N° 7 <i>Terminales digitales de la NI USB 6009</i> .....	16
Figura N° 8 <i>Esquema típico de un canal de entradas analógico</i> .....	17
Figura N° 9 <i>Entrada analógica diferencial</i> .....	18
Figura N° 10 <i>Flujo de comunicación entre ordenador y tarjeta DAQ</i> .....	19
Figura N° 11 <i>Sensor LM35</i> .....	23
Figura N° 12 <i>Esquema grafico de lm35</i> .....	24
Figura N° 13 <i>Grafico del sensor Encoder</i> .....	26
Figura N° 14 <i>Partes del Encoder</i> .....	26
Figura N° 15 <i>Sensor de efecto hall</i> .....	28
Figura N° 16 <i>Partes del motor dc</i> .....	29
Figura N° 17 <i>Forma física de la Daq 6009</i> .....	39
Figura N° 18 <i>Complemento de Labview para PID</i> .....	40
Figura N° 19 <i>Ajustes del PID</i> .....	41
Figura N° 20 <i>DAQ assistant en el panel de control</i> .....	41
Figura N° 21 <i>Iniciación de la Daq assistant</i> .....	42
Figura N° 22 <i>Selección de la señal de la DAQ assistant a adquirir</i> .....	43
Figura N° 23 <i>Selección del canal físico de la Daq 6009</i> .....	44
Figura N° 24 <i>Configuración de la corriente y el voltaje</i> .....	45
Figura N° 25 <i>Diseño del circuito de control para el servomotor, sensor</i> .....	46
Figura N° 26 <i>Diseño del circuito en el programa pcbwizard</i> .....	47
Figura N° 27 <i>Placa soldada y terminado de la placa</i> .....	48
Figura N° 28 <i>Circuito electrónico conectado todos los elementos</i> .....	48
Figura N° 29 <i>Diseño de la caja de vidrio</i> .....	50
Figura N° 30 <i>Caja de vidrio con silicona</i> .....	50
Figura N° 31 <i>Elementos a utilizar</i> .....	50
Figura N° 32 <i>Armazón de tubería</i> .....	51

Figura N° 33 <i>Instalación de la bomba de agua</i> .....	51
Figura N° 34 <i>Ensamblaje del prototipo de flujo</i> .....	52
Figura N° 35 <i>Conexiones de la placa al módulo de flujo de agua</i> .....	53
Figura N° 36 <i>Elementos que componen la tarjeta de control de flujo de agua</i> .....	53
Figura N° 37 <i>Cableado y esquemas de conexión tablero y Daq 6009.</i> .....	54
Figura N° 38 <i>Conexión del cableado en forma didáctica del flujo de agua.</i> .....	54
Figura N° 39 <i>Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando automático.</i> .....	55
Figura N° 40 <i>Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando manual.</i> .....	55
Figura N° 41 <i>Ventana de visualización de control de flujo en Labview.</i> .....	56
Figura N° 42 <i>Funcionamiento del hardware de flujo de agua</i> .....	56
Figura N° 43 <i>Funcionamiento del software mediante interfaz en Labview por medio de PID</i> .....	57
Figura N° 44 <i>Circuito electrónico de flujo de agua conectado todos los elementos</i> .....	57
Figura N° 45 <i>Diseño del circuito de control para el motor dc, sensor</i> .....	58
Figura N° 46 <i>Diseño del circuito en el programa pcbwizard</i> .....	59
Figura N° 47 <i>Placa soldada y terminado de la placa</i> .....	59
Figura N° 48 <i>Circuito electrónico conectado todos los elementos</i> .....	59
Figura N° 49 <i>Esquema de conexión de elementos de potencia y conectores de los elementos de velocidad</i> .....	59
Figura N° 50 <i>Parámetros PID</i> .....	60
Figura N° 51 <i>Diseño del prototipo de velocidad.</i> .....	61
Figura N° 52 <i>Prototipo de velocidad</i> .....	62
Figura N° 53 <i>Esquema de conexión de elementos y conectores de los elementos de velocidad</i> .....	62
Figura N° 54 <i>Esquema de conexión de elementos de potencia y conectores de los elementos de velocidad</i> .....	63
Figura N° 55 <i>Diagrama de bloques para el control de velocidad en modo automático.</i> ....	63
Figura N° 56 <i>Diagrama de bloques para el control de velocidad en modo manual.</i> .....	64
Figura N° 57 <i>Visualización del panel frontal para el control de velocidad.</i> .....	64
Figura N° 58 <i>Funcionamiento del módulo de velocidad mediante PID</i> .....	65
Figura N° 59 <i>Funcionamiento del software mediante PID</i> .....	65
Figura N° 60 <i>Diseño del circuito de control para el relé, sensor Lm 35.</i> .....	66

Figura N° 61 Diseño del circuito en el programa pcbwizard .....	67
Figura N° 62 Placa soldada y terminado de la placa .....	67
Figura N° 63 Circuito electrónico conectado todos los elementos .....	68
Figura N° 64 Diseño del objeto de intercambio de calor .....	69
Figura N° 65 Piezas de cobre y aluminio. ....	69
Figura N° 66 Acople de las piezas al prototipo .....	69
Figura N° 67 Instalación de elementos en el tablero didáctico .....	70
Figura N° 68 Partes de los elementos de la placa de intercambiador de calor .....	70
Figura N° 69 Conexión en Daq 6009 .....	71
Figura N° 70 Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico. ....	72
Figura N° 71 Block diagram de transferencia de calor en automático. ....	72
Figura N° 72 Block diagram de transferencia de calor en manual. ....	73
Figura N° 73 Panel frontal de transferencia de calor en Labview. ....	73
Figura N° 74 Funcionamiento del hardware con interfaz en labview mediante PID. ....	74
Figura N° 75 Funcionamiento del software de transferencia de calor por PID .....	74
Figura N° 76 Diseño del circuito de control para la intensidad, sensor Lm 35y ventiladores .....	77
Figura N° 77 Placa soldada y terminado de la placa .....	77
Figura N° 78 Caja de mica plástica .....	79
Figura N° 79 Huecos en la mica para intercalar los ventiladores .....	79
Figura N° 80 Armazón de la caja de mica con los ventiladores .....	80
Figura N° 81 Remaches en los ángulos de aluminio. ....	80
Figura N° 82 Conexiones de los focos incandescentes .....	81
Figura N° 83 Esquema de conexión de control para la temperatura ambiente, sensor Lm35 .....	81
Figura N° 84 Partes numeradas de todos los elementos de la placa de temperatura .....	82
Figura N° 85 Esquema de conexión de elementos electrónicos. ....	82
Figura N° 86 Visualización de conexión de temperatura mediante cableado externo didáctico .....	83
Figura N° 87 Diseño de ventana del sistema automático de temperatura .....	84
Figura N° 88 Diseño de ventana del sistema manual de temperatura. ....	84
Figura N° 89 Panel frontal del módulo de temperatura. ....	85
Figura N° 90 Funcionamiento del sistema automático por medio de PID. ....	85
Figura N° 91 Placa soldada y terminado de la placa .....	86

Figura N° 92 <i>Conexión del motor a la DAQ</i> .....	86
Figura N° 93 <i>Kc=1</i> .....	88
Figura N° 94 <i>Kc=0.1.</i> .....	90
Figura N° 95 <i>Kc=0.003</i> .....	90
Figura N° 96 <i>Frecuencia crítica</i> .....	91
Figura N° 97 <i>Señal PID calibrada</i> .....	92
Figura N° 98 <i>Cuadro de ganancias PID</i> .....	93
Figura N° 99 <i>Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual</i> .....	95
Figura N° 100 <i>Panel frontal y diagrama de bloques</i> .....	96
Figura N° 101 <i>Block diagram de Labview.</i> .....	97
Figura N° 102 <i>Diseño de ventana del sistema automático de temperatura</i> .....	97
Figura N° 103 <i>Diseño de ventana del sistema manual de temperatura.</i> .....	98
Figura N° 104 <i>Panel frontal del módulo de temperatura.</i> .....	98
Figura N° 105 <i>Esquema de conexión de elementos electrónicos.</i> .....	99
Figura N° 106 <i>Visualización de conexión de velocidad mediante cableado externo didáctico</i> .....	100
Figura N° 107 <i>Funcionamiento del sistema automático por medio de PID</i> .....	100
Figura N° 108 <i>Verificación de la programación del software en Labview</i> .....	101
Figura N° 109 <i>Creación de un nuevo interfaz de visualización</i> .....	103
Figura N° 110 <i>Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.</i> ....	104
Figura N° 111 <i>Block diagram de Labview.</i> .....	105
Figura N° 112 <i>Block diagram de transferencia de calor en Labview en automático.</i> .....	106
Figura N° 113 <i>Block diagram de transferencia de calor en Labview en manual.</i> .....	106
Figura N° 114 <i>Panel frontal de transferencia de calor en Labview.</i> .....	107
Figura N° 115 <i>Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico.</i> .....	109
Figura N° 116 <i>Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico.</i> .....	109
Figura N° 117 <i>Funcionamiento del hardware con interfaz en labview mediante PID.</i> ....	110
Figura N° 118 <i>Funcionamiento del software de transferencia de calor por PID</i> .....	110
Figura N° 119 <i>Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual en Labview</i> .....	113
Figura N° 120 <i>Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.</i> ....	113
Figura N° 121 <i>Block diagram de LabVIEW.</i> .....	114
Figura N° 122 <i>Visualización del diagrama de bloques para el control de velocidad en modo automático</i> .....	115



Figura N° 123 <i>Visualización del diagrama de bloques para el control de velocidad en modo manual.</i> .....	115
Figura N° 124 <i>Visualización del panel frontal para el control de velocidad.</i> .....	116
Figura N° 125 <i>Esquema de conexión de elementos y cableado de los elementos de velocidad.</i> .....	117
Figura N° 126 <i>Esquema de cableado de los elementos de velocidad.</i> .....	117
Figura N° 127 <i>funcionamiento del módulo de velocidad mediante PID</i> .....	118
Figura N° 128 <i>Funcionamiento del software mediante PID</i> .....	118
Figura N° 129 <i>Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual en Labview</i> .....	121
Figura N° 130 <i>Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.</i> ....	122
Figura N° 131 <i>Block diagram de Labview.</i> .....	123
Figura N° 132 <i>Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando automático.</i> .....	123
Figura N° 133 <i>Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando manual.</i> .....	124
Figura N° 134 <i>Ventana de visualización de control de flujo en Labview.</i> .....	124
Figura N° 135 <i>Esquema de conexión de elementos y cableado en forma didáctica.</i> .....	125
Figura N° 136 <i>Esquema del cableado en forma didáctica del flujo de agua.</i> .....	126
Figura N° 137 <i>Funcionamiento del hardware de flujo de agua</i> .....	126
Figura N° 138. <i>Funcionamiento del software mediante interfaz en Labview por medio de PID.</i> .....	127
Figura N° 139 <i>Sensor YF-S201</i> .....	139
Figura N° 140 <i>Motor reductor con encoders</i> .....	140
Figura N° 141 <i>Vista frontal de motor reductor con encoders</i> .....	141
Figura N° 142 <i>Dimensiones de motor reductor</i> .....	141
Figura N° 143 <i>Visualización del sensor encoders</i> .....	141
Figura N° 144 <i>Servomotor standard HITEC HS-311</i> .....	143
Figura N° 145 <i>Bomba de agua</i> .....	145
Figura N° 146 <i>Flujo máximo de altura.</i> .....	145
Figura N° 147 <i>Fuente de alimentación 12vdc</i> .....	146
Figura N° 148 <i>Ventilador extractor de 12vDC.</i> .....	147
Figura N° 149 <i>NI DAQ USB 6009 en modo didáctico</i> .....	151

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1 <i>Voltaje máximo de salida de la DAQ 6009</i> .....	17
Ecuación 2 <i>Formula de la presión</i> .....	31

## RESUMEN

El presente trabajo de grado se diseñó con el propósito de equipar un laboratorio didáctico de control automático, mediante tarjetas de adquisición de datos y un sistema complementario para el estudio de señales de control en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, para lo cual se aplicó los métodos tecnológicos, bibliográficos y prácticos, lo cual llevó a apreciar en forma clara y concisa la instrumentación y las acciones de control que tienen lugares dentro de los distintos procesos industriales. Se elaboró cinco capítulos, el primero donde se plantea el problema de investigación y se define el objetivo general y cuatro objetivos específicos que guiaron en toda la investigación, el segundo capítulo en el cual se elaboró el marco teórico con bases científicas y técnicas de los temas como medición de temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua, unidades de medida, estructuras, características, sistema de control, medición de PID y de Labview, adquisición de datos entre otros. En el tercer capítulo se desarrolló la metodología que se utilizó en los aspectos tecnológicos, bibliográficos y prácticos, como técnicas e instrumentos aplicados en NI-USB 6009, Labview. En el cuarto capítulo se plantea la propuesta que contempla el diseño y construcción de cuatro módulos didácticos mediante interfaz humano - máquina, para el equipamiento del laboratorio de control automático en la carrera de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte, con el objetivo de cumplir los requerimientos para el aprendizaje de estudios de señales PID con equipo equivalente al de uso industrial, y facilitar la enseñanza- aprendizaje, y así realizar determinadas prácticas de instrumentación, además de nivelar el conocimiento adquirido, fortaleciendo de esta manera la capacitación y asociación con el control de procesos industriales reales. Además para la utilización de los módulos didácticos se detalla el software de diseño, hardware, el sistema de control, funcionamiento, diseño electrónico, interfaz y pruebas de funcionamiento. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

## SUMMARY

This present graduated work was designed with the purpose to equip a didactic lab of automatic control, through acquisition cards information and a complementary system to the studies of signals control in the Engineering career in Electrical Maintenance From the Technical University, the purpose was applied technological methods, bibliographic and practical, so it was appreciated in a clear and precise the instrumentation and the control actions where it has been in the different industrials process. It was made by five chapters, the first chapter where it was done the investigation problem and it was defined the general goals and four specifics goals to guide the investigation work, the second chapter was made the theoretical framework with scientists bases and techniques from the themes like temperature measurement, velocity, exchanger heat and flow of water, measure units, structures, characteristics, control system, PID measurement and the Labview, information acquisitions and so on. In the third chapter was developed the methodology that it was used in the different technology aspects, bibliographic and practical, like techniques and instruments applied in NI-USB 6009, Labview. In the fourth chapter was planned the proposal which includes the design and construction of four didactics modules through human Interface-machine, to the equipment of the control automatic lab in the Engineering career in Electrical Maintenance From the Technical University of the North, with the purpose to get the requirement to the studies teaches of PID signals with the equipment to the industrial uses, and facilitate the teaching-learning, and to realize practices determined of instruments, and to level the acquired knowledge, to strengthen the capacitation and association with real industry process control. Besides to used with the didactics modules, it is detailed the design software, hardware, the control system, performance, electronic design, interface and function test. Finally it was presented conclusions and recommendations to this present work.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado contiene el diseño y construcción de cuatro módulos didácticos, con interfaz humano - máquina, que servirá como equipamiento para el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

Este proyecto de investigación va dirigido tanto a docentes como a estudiantes, es importante que el alumno vea reflejada en la práctica la teoría de control; al docente le servirá como herramienta didáctica de capacitación y asociación con el control de procesos industriales reales.

Para determinar el problema, se menciona el origen del problema, formulación y planteamiento del mismo, se determina la delimitación espacial y temporal para plantear los objetivos a cumplir en el trabajo de grado.

Una vez identificado el problema de investigación se procedió a describir el marco teórico, en el cual se detalla en forma general los métodos y elementos que constituyen los módulos y las variables físicas de: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua, tarjeta de adquisición de datos DAQ 6009 y programación virtual en Labview con todas sus aplicaciones y características.

Los métodos que se utilizaron para realizar este proyecto de investigación fueron métodos tecnológicos, bibliográficos y prácticos; además técnicas e instrumentos.

La propuesta del presente trabajo es el hardware y todos los elementos del laboratorio, la creación de software de diseño en Labview, sistema de control, pruebas de funcionamientos básicos, diseño de ventana de interfaz y pruebas de funcionamiento de los módulos automáticos.

En último lugar se enumeran las diferentes conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron luego de realizar el diseño e implementación de los módulos. Además se anexó hojas de datos técnicos de los sensores y dispositivos utilizados en el trabajo de grado.

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Antecedentes

La Universidad Técnica del Norte se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura en la ciudad de Ibarra, Avenida Diecisiete de Julio, ciudadela universitaria, barrió El Olivo, casilla 199. Es en este establecimiento público en donde se va aplicar este proyecto, se enfocara en la implementación de cuatro módulos didácticos con interfaz humano máquina, para el estudio de señales PID, que sirve para complementar el conocimiento de los alumnos para un mejor proceso de enseñanza aprendizaje en los educandos de nuestra prestigiosa universidad.

Hoyen día, en el Ecuador la tecnología ha evolucionado muy apresuradamente en un margen muy alto, ya que la sociedad demanda de confort y avance tecnológico, la misma que marca la versatilidad de la población, con el pasar del tiempo se ha visto la necesidad de aprender y desarrollar nuevas tecnologías en un ámbito general con respecto al control y automatización de procesos industriales.

Antiguamente en la industria se adquiría datos técnicos mediante el factor humano y tecnología poco eficaz lo que conllevaba a la pérdida de tiempo y riesgos al operar, consecuentemente se obtenía datos estadísticos poco reales e ineficientes.

En la actualidad en los procesos industriales se ha optimizado tiempo y recursos mediante tecnología estable y competitiva, en todo sistema de adquisición de datos el elemento fundamental encargado de percibir las variables físicas es el sensor que es capaz de convertir una magnitud física como puede ser: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua en señales de voltaje, corriente y frecuencia; que son usuales en los procesos industriales.

El laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico no cuenta con suficiente material didáctico para realizar prácticas de adquisición de datos y control automático en variables físicas de forma sencilla rápida y segura, semejante a los procesos industriales, se implementó módulos didácticos para el control automático, donde los estudiantes pueden poner en prácticas los conocimientos adquiridos, ya que facilita el entendimiento de la materia y sirve como recurso didáctico para el docente; este proyecto se

aplica en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La temperatura, la velocidad, flujo de agua e intercambiador de calor son unas de las variables más utilizadas en la industria, laboratorios y centros educativos por ello es necesario tener conocimiento en el avance de sistemas tecnológicos automáticos para controlar dichas variables.

Es por esta razón que surge la necesidad de implementar en este proyecto módulos didácticos para el control automático, mediante una tarjeta de adquisición de datos programable en interfaz Labview, que permita apreciar en forma clara y concisa la instrumentación y las acciones de control que tiene lugar dentro de los distintos procesos industriales.

Es importante que el alumno vea reflejada en la práctica la teoría de control, fortaleciendo los conocimientos adquiridos de los estudiantes de forma que constate dicha teoría y sienta un mayor interés en las clases teóricas.

## **1.3 Formulación del problema**

¿Cómo diseñar e implementar cuatro módulos didácticos, con interfaz en Labview para la adquisición de datos y control automático de variables físicas como: temperatura, velocidad, flujo de agua e intercambiador de calor, en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico?

## **1.4 Delimitación del problema**

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizó indagación, análisis y memoria técnica dando énfasis a todos los métodos, técnicas y medios que se enseñan en la educación superior en este sentido se empleó toda la teoría relacionado con el control de temperatura, velocidad, flujo de agua e intercambiador de calor, sensores controladores PID, programación e instrumentación virtual.

### **1.4.1 Espacial**

Una vez realizado el análisis sobre la situación de un sistema de control automático se procedió a diseñar y construir los cuatro módulos didácticos en el laboratorio de la carrera de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte que está ubicada en la av. 17 de Julio 5-21, sector el Olivo en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura.

### **1.4.2 Temporal**

La ejecución de la propuesta se llevó a cabo en el transcurso de junio de 2014 y julio de 2015.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar y construir cuatro módulos didácticos de: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua, que servirá como equipamiento para el laboratorio de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento Eléctrico, utilizando controladores PID programados en interfaz Labview.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Para cumplir con el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar y diseñar los cuatro módulos didácticos.
- Construir los módulos didácticos de: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua y verificación de su funcionamiento.
- Elaborar y ejecutar una ventana de visualización de datos en Labview.
- Realizar un controlador PID para el control de temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua.

## **1.6 Justificación**

Debido al giro que ha dado en la actualidad el control de procesos en la industria, se ve la necesidad que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico se familiaricen con estos temas de un modo más práctico. El proyecto propuesto tiene como objetivo diseñar y construir cuatro módulos didácticos de control automático utilizando



controladores PID programados en interfaz Labview, y de esta manera mejorar el equipamiento del laboratorio la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

Con la creación de este proyecto los docentes pueden tener a su alcance herramientas para realizar determinadas prácticas, además de nivelar el conocimiento adquirido por parte de los alumnos al manejar los dispositivos reales, ya que le permite la integración del conocimiento adquirido en las diferentes clases impartidas por los docentes.

El manejar nuevas tecnologías les permite a los estudiantes aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y complementar el aprendizaje por medio de la realización de prácticas con equipo equivalente al de uso industrial.

### **1.7 Factibilidad**

La disponibilidad del espacio físico para implementar el nuevo equipamiento.

La implementación de módulos didácticos, ayuda a mejorar el conocimiento en los estudiantes tanto en aspectos técnicos como prácticos necesarios para complementar la formación profesional de los alumnos. También se dispone de todos los elementos en el mercado.

### **1.8 Aporte**

El aporte de este proyecto será tecnológico, educativo y didáctico, ya que aporta a la enseñanza y aprendizaje, haciéndolo más práctico y didáctico.

Este equipo permitió realizar las prácticas de adquisición, control y automatización por medio de controladores PID programados en interfaz Labview, la implementación de los módulos va a permitir mejorar el laboratorio.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Sistema de control automático

En años recientes, los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el avance de la civilización moderna y la tecnología. Prácticamente, en cada una de las actividades de nuestra vida diaria están afectadas por algún tipo de control. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria.

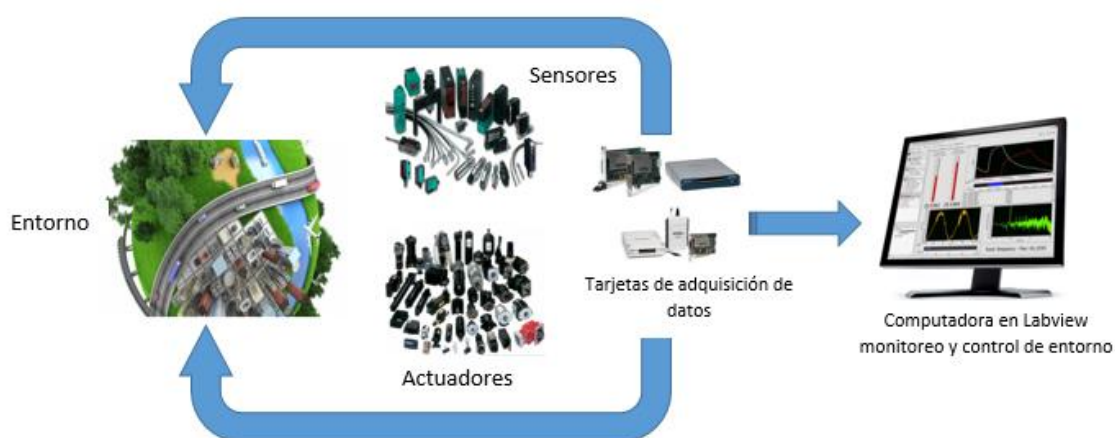
##### 2.1.1 ¿Qué es un sistema de control?

Para responder a esta pregunta, se puede decir que existen numerosos objetivos que necesitan cumplirse tanto en el ámbito doméstico, transporte y en la industria.

(Kuo, 1996 respecto a la primera edición), afirma: “La búsqueda para alcanzar tales objetivos requiere normalmente utilizar un sistema de control con ciertas estrategias de control.”(p.1).

De acuerdo con las consideraciones y requerimientos mencionados, el proyecto fue dirigido al monitoreo y control de ciertas variables utilizando una interfaz gráfica. La medición de estas variables es indispensable para garantizar el adecuado funcionamiento de los servicios instalados.

**Figura N° 1** Sistema de control automático



**Fuente:**(Autores, 2015)

### **2.1.2 Controladores PID**

El PID (Proporcional, Integral y Derivativo) se ha desarrollado a lo largo del tiempo al menos unos 250 años. La tecnología utilizada para implementarlos ha cambiado significativamente a lo largo de los años.

(Aström & Hägglund, 2009), refiere que los primeros controladores fueron dispositivos mecánicos como los centrífugos, empleados para controlar molinos de viento y máquinas de vapor. La medida de la velocidad angular se combinaba con el trabajo de las válvulas lo que conllevó un gran estudio para idear la acción integral.

Con el desarrollo de procesos industriales, las funciones de medida, control y actuación fueron separadas y se construyeron dispositivos especiales que afectaban las acciones de control, también fue posible concentrar los controladores en salas de control lejos de los sensores y actuadores.

En la actualidad encontramos controladores PID en muchas formas. Las funciones PID se encuentran en los autómatas programables que fueron originalmente diseñados para sustituir a los relés; normalmente se usa los controladores PID para el control de movimiento.

Hay también controladores especiales que se basan en el control PID tales como autopilotos y sistemas de control para los reproductores de CD y DVD y memorias ópticas.

La investigación ha dado como resultado que, de acuerdo a los estudios anteriores se dice que el controlador PID es la solución más común, para resolver los problemas de control aunque los controladores con acción proporcional e integral han sido utilizados desde los molinos de viento como técnicas dominantes, pero en la actualidad con los recursos necesarios como la computadora se hizo posible añadir características tales como auto reconocimiento de la señal y diagnóstico que son beneficiosas para los usuarios.

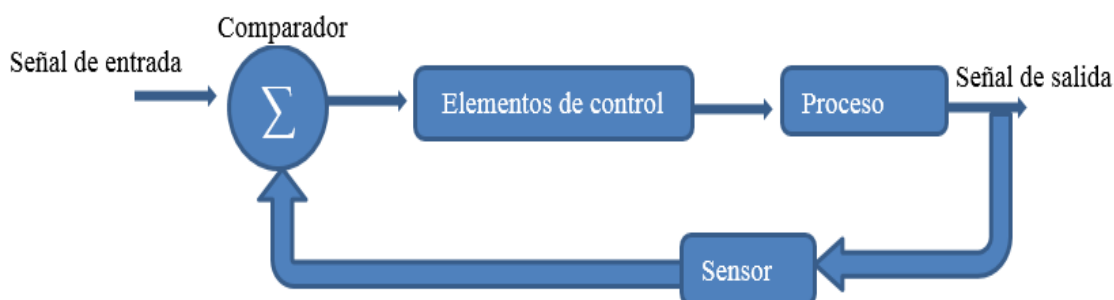
### **2.1.3 Retroalimentación**

Este mecanismo de control llamado PID utiliza una realimentación para calcular el error que existe entre el valor medido y el valor que se quiere obtener y aplicar una acción para corregir el proceso.

(Améstegui Moreno, 2001), afirma: “La realimentación es muy simple pero bastante poderosa” (p.1). Para poder entender el concepto de realimentación, se incrementa el valor

de la variable manipulada, entonces también se incrementa los valores de las variables del proceso; es decir aumentar la variable manipulada cuando el error es positivo, y disminuirla cuando el error es negativo.

**Figura N° 2** Sistema de control por realimentación



**Fuente:**(Autores, 2015)

#### 2.1.4 Funcionamiento de un controlador PID

Para un correcto funcionamiento y que regule un proceso se necesita de:

1. Un sensor, para que determine el estado del proceso.
2. Un controlador, para que genere la señal que rige al actuador.
3. Un actuador, para que modifique al proceso de forma controlada.

Entonces el sensor da una señal analógica o digital al controlador, puede ser un valor de voltaje, corriente o frecuencia sería el punto de partida del proceso.

El controlador lee una señal externa que es el valor al que se desea alcanzar que fuera el punto de referencia que es del mismo rango de valores que la señal que da el sensor. Para hacer posible la compatibilidad entre las señales del sensor y las del controlador y que a su vez esta señal sea comprendida por un humano, será necesario crear algún tipo de interfaz humano-maquina, entonces el controlador resta la señal del punto de partida de la señal de punto de referencia obteniendo así la señal de error.

Esta señal de error es utilizada por los tres componentes del controlador PID y la suma de las tres señales es la señal de salida del controlador que es conocida con el nombre de variable manipulada, y es la que va a regir al actuador.

## 2.2 Sistema de adquisición de datos

### 2.2.1 Descripción general

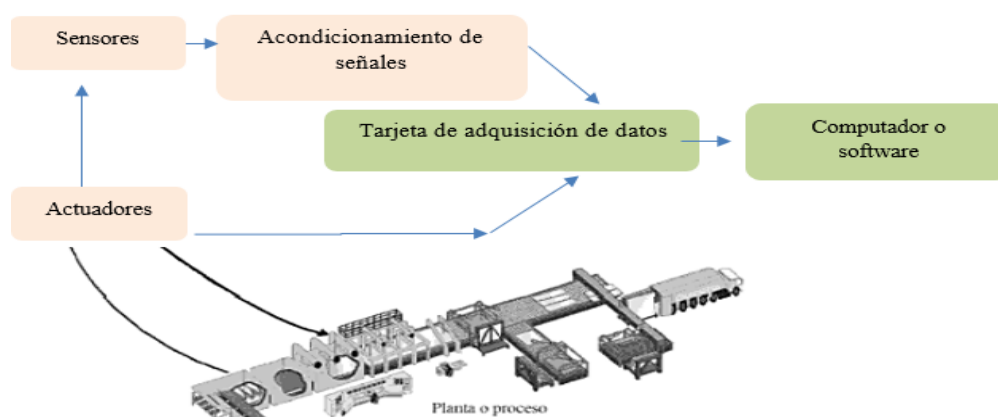
(Chistian G, 2011), afirma que: “La adquisición de datos consiste básicamente en recopilar información de una variable y llevarla a una computadora: esto implica tomar la magnitud física de interés y convertirla en una señal que debe generalmente ser preparada para posterior procesamiento” (p.31). En la figura N°3 se muestra un esquema que presenta la arquitectura de un sistema básico de adquisición de datos.

Los sistemas de adquisición de datos se usan normalmente en experimentos científicos y sistemas de control de procesos industriales.

Consta de los siguientes componentes:

- Hardware de adquisición
- Sensores y actuadores
- Acondicionador de señal
- Computador
- Software

**Figura N° 3** Esquema de sistema básico de adquisición de datos



**Fuente:**(Chistian G, 2011)

En el sistema de adquisición de datos de la figura 3, las flechas entre los bloques: tarjeta de adquisición de datos y computador/software, indican que los datos se transmiten y reciben en las dos direcciones. Un sistema con esta estructura se conoce como sistema bidireccional de adquisición de datos (Chistian G, 2011).

## **2.3 Análisis de programas de simulación y programación virtual**

En el estudio de este proyecto existen algunas plataformas para la adquisición de datos, de las cuales se analizaron las tres más representativas en la adquisición de datos como son Matlab, Arduino y Labview.

### **2.3.1 Matlab**

#### **2.3.1.1 Concepto**

(M.C. & Esqueda, 2002), menciona que Matlab “laboratorio de matrices”:

Es un programa interactivo para computación numérica y visualización de datos. Es ampliamente usado para análisis y diseño, también tiene una gran capacidad para resolver problemas en matemática aplicada, física, química, ingeniería, finanzas y muchas otras aplicaciones. Está basado en un sofisticado software de matrices para el análisis de sistemas de ecuaciones. Permite resolver complicados problemas numéricos sin necesidad de escribir un programa.

Matlab es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para llevar a cabo proyectos en donde se encuentren implicados elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de los mismos, el elemento vasco de Matlab son las matrices (p.4).

#### **2.3.1.2 Ventajas:**

(M.C. & Esqueda, 2002), describe ventajas que se podrían resumir en:

- Permite realizar en un modo rápido la resolución numérica de problemas en tiempo mucho menor a otros programas.
- El uso de los toolboxes permiten aprender y aplicar la teoría. Los toolboxes son grupos de comandos de MATLAB (archivos M) que extienden el ambiente de MATLAB para resolver problemas de áreas específicas de la ciencia e ingeniería.
- El lenguaje de Matlab permite construir herramientas propias y reusables como funciones y programas especiales.

- Posee además una extraordinaria versatilidad y capacidad para resolver problemas en matemática aplicada, física, química, ingeniería, finanzas y muchas otras aplicaciones.

### **2.3.1.3 Usos:**

(M.C. & Esqueda, 2002), menciona usos que se podrían describir en:

- Áreas de computación
- Cálculo numérico tradicional
- Modelado, simulación y prueba de prototipos
- Análisis de datos, exploración y visualización
- Graficación de datos con fines científicos o de ingeniería
- Desarrollo de aplicaciones que requieran de una interfaz gráfica de usuario
- Análisis de series temporales para el proceso digital de señal.

## **2.3.2 Arduino**

### **2.3.2.1 Concepto**

Arduino es una herramienta o plataforma de prototipos electrónicos de código abierto basadas en hardware y software flexibles y fáciles de usar, Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores. Arduino está establecido en una placa con un sencillo micro controlador y un entorno de desarrollo para crear software para la placa.

([www.arduino.cc/en/](http://www.arduino.cc/en/), 2015), menciona que: “Puedes usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores, controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador” (p.1).

El Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

Como podemos observar en la figura N°4, todos sus elementos de Arduino y el cable de conexión USB.

**Figura N° 4** Placa de Arduino y cable USB



**Fuente:** (www.arduino.cc/en/, 2015)

### 2.3.2.2 Por qué Arduino?

Hay diferentes micros controladores y plataformas micro controladoras disponibles para computación física Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, y muchas otras ofertas de funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los desordenados detalles de la programación de micro controlador y la encierran en un paquete fácil de usar. Arduino también implica el proceso de trabajo con micro controladores, pero ofrece algunas ventajas para profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas (Alike, 2012).

### 2.3.2.3 Ventajas:

(Alike, 2012), menciona ventajas que podrían resumirse en:

- Es más económico, las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas.
- Fácil de ensamblar.
- Multiplataforma: El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux.
- El entorno y la programación de Arduino es simple y concisa y fácil de usar.
- Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados.
- Arduino da la opción de hacer al hardware extensible y poder mejorarlo.
- Permiten el desarrollo de múltiples diseños



#### **2.3.2.4 Usos:**

Se puede mencionar algunos usos tales como:

- control de luces, motores y otros actuadores.
- Osciloscopio de código abierto
- Equipo científico para investigaciones
- Como dispositivo de control
- Como software y hardware de aeronaves no tripuladas
- En impresoras 3D.

### **2.3.3 Labview**

#### **2.3.3.1 Qué es y para qué sirve Labview**

Labview es un entorno gráfico de programación. El lenguaje que se utiliza para programar en él tiene el nombre de "Lenguaje G, que indica un lenguaje de tipo gráfico basado en el flujo de datos. Los programas desarrollados en Labview se llaman VI's (Virtual Instruments), por lo que los programas no se escriben, sino que se diseñan, esta es una labor facilitada gracias a que Labview posee de una gran cantidad de bloques prediseñados.(LABVIEW, 2011)

Los programas en Labview se dividen en dos partes:

- Panel Frontal.- es la interfaz con el usuario, es utilizado para interactuar con el usuario es decir cuando el programa está ejecución.
- Diagrama de Bloques.- es el programa propiamente dicho, donde se especifica su funcionalidad, aquí en el diagrama de bloques se sitúan íconos que su función es realizar una determinada función específica y se interconectan entre sí.

#### **2.3.3.2 Principales características de Labview**

Su principal característica es su facilidad de uso y manejo, este programa es válido para profesionales, para personas con poca experiencia y conocimiento en programación, pueden hacer programas respectivamente complejos, imposible para ellos de hacer con lenguajes muy tradicionales (HAZUKI, 2010).

También es muy rápido hacer instrumentos virtuales con Labview, en muy poco tiempo se puede desarrollar el programa y cualquier programador, se beneficia con él, por su facilidad para diseñar. Los programas en Labview son conocidos con el nombre de instrumentos virtuales (VIs) Para los programadores expertos y que les gusta lo complejo, con Labview pueden crearse programas de miles de VIs para aplicaciones muy complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas y salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, entre otros. Incluso existen buenas prácticas de programación para mejorar el rendimiento y la eficacia de la programación.

El Labview 7.0 introduce un nuevo tipo de sub VI llamado VIs Expreso (Express VIs). Estos son VIs interactivos que poseen una configuración de caja de diálogo que permite al beneficiario personalizar la funcionalidad del VI Expreso. El VIs estándar son VIs modulares y personalizables que mediante cableado y funciones estos elementos son fundamentales para la operación de Labview. (HAZUKI, 2010)

#### **2.3.3.3 Ventajas:**

(Buendía, 2010), menciona ventajas de Labview que podrían resumirse en:

- Facilidad de uso y manejo
- Mayor integración con MAX
- Mayor robustez
- Facilidad en su aprendizaje
- No es necesario mucho conocimiento de programación para obtener una aplicación de alta calidad y fiabilidad.
- Crear interfaz gráfica de operación usando instrumentación virtual
- Funcionalidad completa
- Capacidades de E/S integradas
- Perfecta integración con hardware para diseñar experimentos
- Plataforma abierta para establecer interfaz con otras herramientas de ingeniería
- Interfaces de usuario personalizadas
- Integración de primera clases con hardware

#### **2.3.3.4 Usos:**

(National Instruments, 2014), describe usos de Labview que podrían resumirse en:

- Diseñar sistemas gráficos
- Generar prototipos
- Combinar la potencia de programación grafica con hardware para simplificar y acelerar el desarrollo de diseños.
- Adquirir datos y procesar señales
- Automatización de sistemas pruebas y validación
- Enseñanza académica

### **2.3.4 Resultado del análisis entre las plataformas virtuales**

Mediante el análisis de las plataformas para la adquisición de datos se ha optado por Labview ya que posee extensas herramientas necesarias para construir cualquier aplicación de medida o control en mucho menos tiempo, de igual manera es un entorno ideal para la innovación, descubrimiento y resultados acelerados; es una plataforma con mucha eficacia ya que al combinar la potencia del software con hardware modular es fácil resolver la complejidad de proporcionar sistemas de medida y control en muy poco tiempo y es relativamente económico.

También se ha escogido Labview considerando que la universidad Técnica del Norte dispone de dicho programa; igual por su facilidad de uso y manejo ya que no es necesario tener mucho conocimiento de programación para obtener una aplicación de alta calidad y fiabilidad, el interfaz de usuario son personalizadas se les puede diseñar al gusto y confort del usuario, de igual forma como tema es un diseño didáctico, es mucho más práctico para la enseñanza y aprendizaje, ya que en los prototipos se puede adquirir datos y procesar señales, diseñar automatización de sistemas y realizar pruebas y validación de los mismos en muy poco tiempo.

### **2.4 NI USB-6009**

Es un dispositivo de adquisición de datos de bajo costo (DAQ) con conectividad tornillo fácil y un componente de forma pequeño. Con plug-and-play USB, estos dispositivos son lo suficientemente simples para mediciones rápidas, pero lo suficientemente versátil para aplicaciones de mediciones muy complejas (National Instruments Corporation, 2008).

### 2.4.1 Aplicación y tecnología de NI DAQ USB 6009

La USB-6009 es ideal para aplicaciones en las que un bajo costo, factor de forma pequeño y la sencillez son esenciales. Ejemplos incluyen los siguientes:

El registro de datos.- registro de datos ambientales o de tensiones rápidas y fáciles.

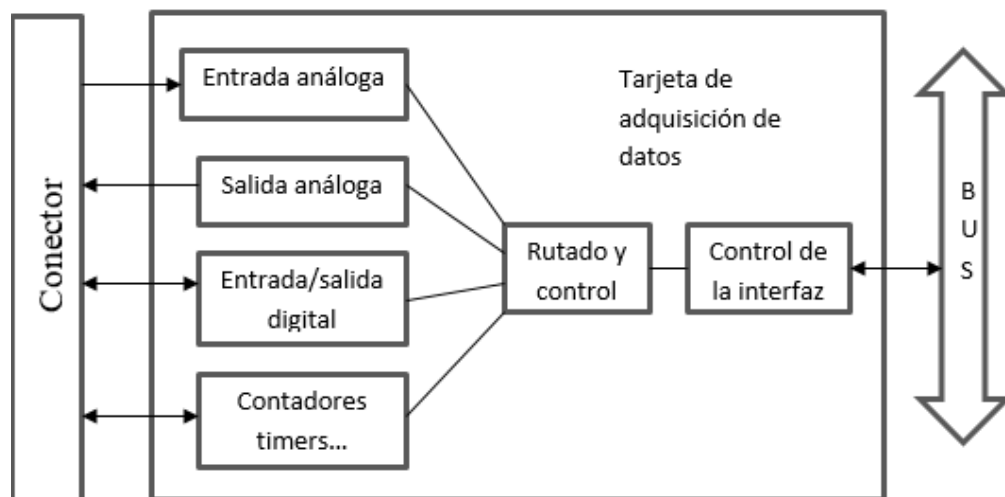
El uso del laboratorio académico.- es una propiedad para estudios de hardware de adquisición de datos para los cursos completamente interactivos de laboratorio basadas en adquisición de datos, obtención de señales muy sencillas (National Instruments Corporation, 2008).

### 2.4.2 Las capacidades comunes que pueden tener las Daq son:

- Adquisición de señales analógicas
- Generación de señales analógicas
- Generación y adquisición de señales digitales
- Contadores y temporizadores
- Auto calibración sensores

El diagrama de bloques típico de una Daq se muestra en la siguiente figura:

**Figura N° 5** Esquema de bloques de una tarjeta de adquisición de datos



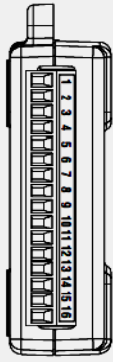
**Fuente:** (LABVIEW, 2011)

### 2.4.3 Conector de entradas y salidas de la NI DAQ 6009

Hay un bloque de terminales para señales análogas y otro para señales digitales los bloques de terminales permiten 16 conexiones para usarlos con alambre 16 AWG a 28 AWG. En las tablas lista la ubicación de terminales análogos y digitales.

- **Terminal Análogo**

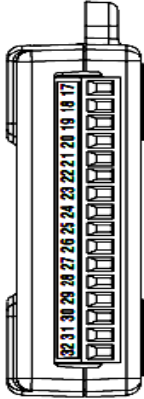
**Figura N° 6** Terminales análogos de la NI USB 6009

Modulo	Terminal	Señal, Nodo Simple	Señal, Diferencial
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

**Fuente:** (National Instruments Corporation, 2008)

- **Terminal Digital**

**Figura N° 7** Terminales digitales de la NI USB 6009

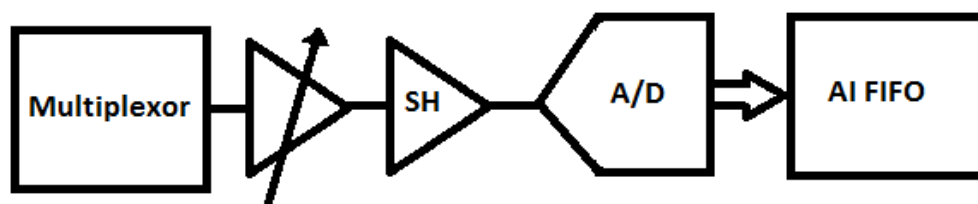
Modulo	Terminal	Señal
	17	PO.0
	18	PO.1
	19	PO.2
	20	PO.3
	21	PO.4
	22	PO.5
	23	PO.6
	24	PO.7
	25	PI.0
	26	PI.1
	27	PI.2
	28	PI.3
	29	PFI 0
	30	+2.5V
	31	+5V
	32	GND

**Fuente:**(National Instruments Corporation, 2008)

#### 2.4.4 Adquisición de señales analógicas

No hay que olvidar que las entradas analógicas es solo una parte de todas las que tiene la DAQ; eso sí es el bloque más importante y por lo tanto las más utilizadas. Su estructura habitual se muestra en la figura 8, en la que se puede ver todos los canales de entrada se multiplican. Esta es la configuración más habitual, no obstante también puede encontrarse tarjetas sin los canales sin multiplexar, lo cual eleva notablemente sus prestaciones y su precio. El siguiente bloque es un amplificador de ganancia programable que se usa para adecuar el nivel de la señal al convertidor con el fin de aprovechar todo su rango. Los siguientes bloques son un filtro anti aliasing, un circuito de muestreo y retención y un convertidor analógico a digital, finalmente las muestras adquiridas se almacenan en una memoria fifo dentro de la propia tarjetas (LABVIEW, 2011).

**Figura N° 8** Esquema típico de un canal de entradas analógico



**Fuente** (LABVIEW, 2011)

#### 2.4.5 Configuraciones de terminales

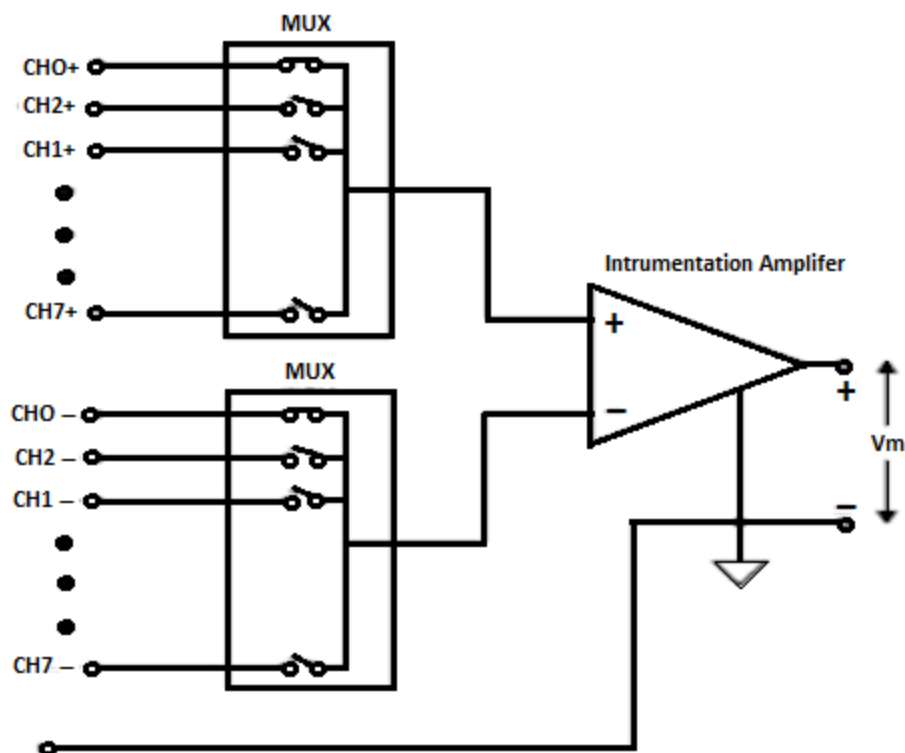
(LABVIEW, 2011) Asegura que la adquisición de la señal puede ser diferencial, referenciada a un punto o no referenciada. En la medida diferencial (DIFF) se tendrá en cuenta la diferencia de tensión en una línea y otra. En este caso, el circuito externo y la tarjeta no tienen una referencia común. En la figura 9 se puede ver como el valor final es la diferencia entre las dos líneas de uno de los ocho canales diferenciales; por ejemplo, tomando el primer canal

**Ecuación 1** Voltaje máximo de salida de la DAQ 6009

$$V_m = (V_{cho+}) - (V_{cho-}).$$

**Fuente:** (LABVIEW, 2011)

**Figura N° 9** *Entrada analógica diferencial*



**Fuente:** (LABVIEW, 2011)

Como regla general es preferible una medida diferencial a las otras porque presenta menos ruido, mejor rechazo al modo común.

Las medidas con referencia si tienen un punto común entre el exterior y la tarjeta DAQ. En el esquema de la figura 9 el circuito exterior y la tarjeta DAQ compartirían la misma referencia: AIGND (analog input ground).

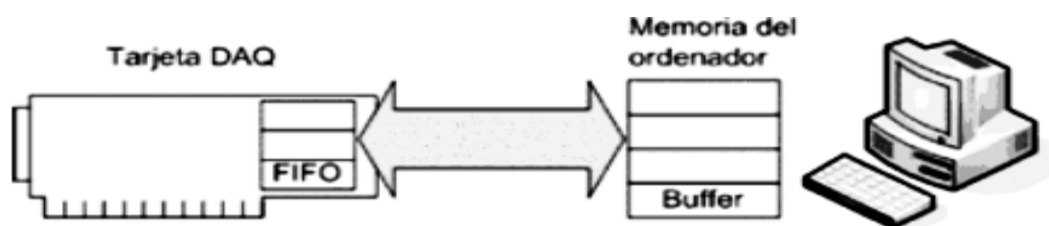
#### 2.4.6 Procesamiento

La digitalización de las señales analógicas es necesaria para que pueda ser procesada o almacenada por ordenadores u otros equipos que trabajan en el dominio digital. En este apartado se consideran únicamente las tarjetas internas a ordenadores.

Las tarjetas de adquisición de datos tienen una memoria en la que se almacena las muestras adquiridas o las que se van a ser generadas. Esta memoria es de tipo fifo. Por su parte, el ordenador también tendrá reservado un espacio de memoria para transferir los datos de la tarjeta pc; la parte de memoria del ordenador reservada para las muestras de la tarjeta Daq se llamara buffer.

En la transferencia de datos entre la tarjeta y el ordenador habrá mayor o menor flujo de información en función de la aplicación. El volcado de datos de una memoria a otra puede realizarse de forma programada, usando interruptores o mediante una transferencia DMA (directmemory Access). Este último método suele ser el más eficaz al realizarse todo el proceso sin intervención de la CPU. La transferencia es gobernada por un controlador DMA que toma posesión del bus, mientras tanto la CPU puede realizar otras tareas (siempre y cuando no necesiten acceder al bus) (LABVIEW, 2011).

**Figura N° 10** Flujo de comunicación entre ordenador y tarjeta DAQ



*Fuente:*(LABVIEW, 2011)

Las tarjetas DAQ pueden tener varias FIFO; por ejemplo una para adquisición analógica, otra para la generación y otra para canales digitales. Tanto las memorias FIFO como los buffers tienen un tamaño limitado, por lo que se deben evitar los errores de overflow y underflow que se producen si se saturan las memorias.

Para la generación de datos de los buffers pueden utilizarse de varias formas. El primer método es parecido a la adquisición: se van almacenando las muestras en memoria y se van generando desde ahí. Al almacenar en la memoria, todas y cada una de las muestras puede suponer un gran tráfico de datos en el bus. Cuando se genera una señal periódica, es más eficiente almacenar todas las muestras en la memoria una única vez y repetir el patrón almacenado varias veces, disminuyendo así la transferencia de datos, National Instruments llama a este método “regeneración”.

En el caso concreto de adquisición, una vez que las muestras están en el buffer, solo resta ordenarlas (en el caso de que haya varios canales adquiriendo datos a la vez), escalarlas y asignarles atributos como tiempo, entre otros.



En algunas aplicaciones de alto rendimiento estos podrían posponerse para hacerlos offline en lugar de hacerlos en tiempo real, y así evitar una sobrecarga de las tareas a la CPU que podrían provocar los errores antes mencionados.

Actualmente existe una tendencia a integrar en la propia tarjeta una parte o todo el procesado que puedan requerir las medidas; es lo que National Instruments llama DAQ inteligente. Se trata de dispositivos que usan elementos reprogramables como FPGA que permiten realizar en la misma tarjeta y mediante hardware complejos cálculos a alta velocidad (LABVIEW, 2011).

#### **2.4.7 DAQ en Labview**

LABVIEW proporciona tres tipos de drivers para adquisición de datos: Traditional NI-DAQ, VI EXPRESS y NI-DAQmx. Si no se dispone de estas funciones, puede ser debido a que no se han instalado los drivers cuando instalo Labview. Pueden bajarse gratuitamente de la página web de NI.

Los VI Express se introdujeron en Labview y hacen la programación mucho más sencilla y compacta que con los VI normales al agrupar a varios VI en un único nodo muy configurable.

Los NI-DAQmx también se introdujeron con la versión 7 de Labview para Windows. Presentan muchas ventajas respecto a los tradicionales, como por ejemplo mayor integración con MAX, un nivel de abstracción mayor, multiproceso, más robustez, mayor escalabilidad, entre otras.

La sencillez la consiguen básicamente a través de VI polimórficos (agrupación de varios VI distintos bajo un único fichero e icono, sería el equivalente a la sobrecarga de funciones), con lo que logran agrupar las tareas que hacen varios VI tradicionales en uno solo.

No es recomendable usar el tradicional DAQ y DAQmx en el mismo programa, ya que si se usa un traditional, los DAQmx posteriores generan errores hasta que el dispositivo sea reseteado. Y si se crea una tarea sobre un dispositivo DAQmx, hay que borrar la tarea antes de usar los traditional. (LABVIEW, 2011)

### **2.4.8 Adquisición de datos con Labview**

(Chistian G, 2011), menciona que “Labview es un software desarrollado por National Instruments, continua ofreciendo una de las mejores integraciones entre hardware para adquisición de datos y software de programación gráfica. Labview ofrece cientos de características, incluyendo graficas en 2d y 3d en el panel frontal, y funciones de escritura de datos de alta velocidad” (p.33).

## **2.5 Sensores**

Es el componente de un proceso, que se encarga de recibir una magnitud no eléctrica para convertirla en una señal eléctrica.

(Sobrevila & Sobrevila, 2008) Afirma que “Se utiliza en todo sistema de ingeniería que requiera un accionamiento automático, es decir que al variar una determinada magnitud, se produzca un determinado efecto en otro lugar” (p.15).

Es un dispositivo capaz de detectar señales de determinadas magnitudes (variables o señales de entrada), y transfórmalas en otra magnitud (variables o señales de salida) que usualmente son señales de tensión o de corriente y que pueden ser entendidas por un controlador. (Monzó, 2014)

En este proyecto se analizó algunos sensores que son factibles para el funcionamiento de los distintos procesos como el de temperatura, velocidad, flujo de agua e intercambiador de calor.

### **2.5.1 Sensor de temperatura**

(FILIU, 2014), refiere que “Un sensor de temperatura es un elemento capaz de transformar una señal física de temperatura en una señal eléctrica” (p.274). ¿Qué sensor se debería utilizar? Existe una gran diversidad de sensores, pero se debería tener en cuenta la precisión requerida en el laboratorio o industria, también se necesita analizar sus propiedades físicas.

Se tiene como sensores de temperatura a tres grandes grupos de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas: termopar, RTD, Termistor.

**Tabla 1** Ventajas y desventajas de los sensores.

<b>Termopar</b>	<b>RTD</b>	<b>Termistor (LM 35)</b>
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Robustos</li> <li>• Económicos</li> <li>• Alto rango de temperatura</li> <li>• Resistencia a golpes y vibraciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena exactitud</li> <li>• Muy estable</li> <li>• Rango 260..+850°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango -80..+150°C</li> <li>• Pequeños</li> <li>• Económico</li> <li>• Buena estabilidad</li> <li>• Tiempo de respuesta rápida</li> </ul>
<p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja sensibilidad</li> <li>• Baja estabilidad</li> <li>• Baja tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado</li> <li>• Frágil, sensible a las vibraciones y golpes</li> <li>• Tiempo de respuesta lento</li> <li>• Requiere fuente de poder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frágil</li> <li>• Alcance de temperatura limitado</li> <li>• Requiere fuente de poder</li> </ul>

**Fuente:** (Autores, 2015.)

De acuerdo con lo mencionado en la tabla anterior, se analizó según las características de cada uno de los sensores, ya que es para la implementación en el laboratorio, se cree que la mejor opción es el sensor termistor LM 35 por su excelente combinación, de precio y rendimiento y adaptabilidad en cualquier entorno de trabajo.

### 2.5.1.1 Sensor LM35

Su labor consiste en medir la temperatura en forma analógica, es bastante usado no tanto por su precisión sino por su facilidad de uso.

Su precisión es de 1°C y su rango va desde - 55°C hasta 150°C, cada grado centígrado equivale a 10mV, el voltaje es proporcional a la temperatura, tiene baja corriente de alimentación lo cual su auto recalentamiento es muy reducido. El LM35 ya viene calibrado desde fábrica lo que no necesita ningún circuito externo de para que funcione. (Texas Instruments Incorporated, 2015)





**Tabla 2** *Ventajas y desventajas de los sensores de velocidad angular*

<b>Tacómetro de impulsos</b>	<b>Tacómetro de continua,(Encoder)</b>	<b>Tacodinamo de alterna</b>
<b>Ventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena precisión</li> <li>• Robusto</li> <li>• Conversión de señal sencilla</li> <li>• Inmune al ruido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da sentido rotacional</li> <li>• Precisión</li> <li>• Fiable</li> <li>• Velocidades pequeñas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena duración</li> <li>• Señal de varios tipos</li> </ul>
<b>Desventajas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibles a vibraciones, temperatura, campos magnéticos</li> <li>• Poco manejable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibles a vibraciones, temperatura, campo magnético</li> <li>• Desgastable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin sentido de rotación</li> <li>• Circuitería compleja</li> <li>• Limitación de medida</li> </ul>

**Fuente:** Autores, 2015.

De acuerdo con las características de cada sensor lo más recomendable para la construcción del módulo de velocidad es incorporar un sensor de velocidad de tacómetro de continua como lo es el encoder.

### **2.5.2.1 Sensor de velocidad encoder**

(Nieto, 2013) Menciona que estos sensores llamados de posición angular disponen de un eje unido a un imán, y un bobinado que hace de electroimán, variando su campo magnético en función de la posición del imán.

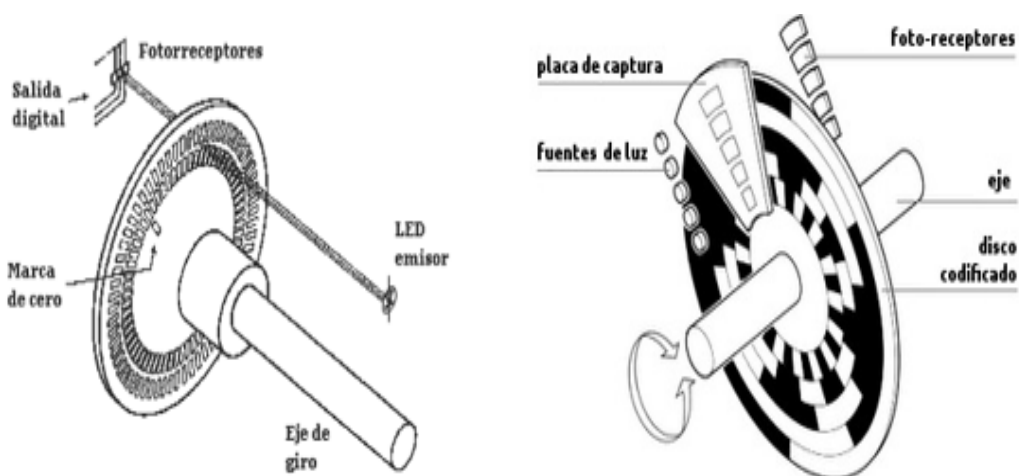
Su función es la de convertir el movimiento mecánico del eje del motor en pulsos digitales o analógicos para que puedan ser interpretados por el controlador. Para que funcione el encoder va unido al eje del motor para proporcionar la información de la posición angular, también tiene un emisor infrarrojo que emite luz a medida que gira el eje, que es leído por un sensor óptico generando pulsos lo que produce una secuencia que es usada para controlar el giro, la velocidad y dirección del movimiento. Los encoder son muy utilizados en procesos industriales, transporte, maquinaria y más.

**Figura N° 13** Grafico del sensor Encoder



**Fuente:**(Nieto, 2013)

**Figura N° 14** Partes del Encoder



**Fuente:**(lbaindustrial, 2012)

### 2.5.2.1 Aplicaciones del encoders

De acuerdo a los sitios web que se analizó (yahoorespuestas, s.f)describe que existen algunas aplicaciones de encoders como: determinación de la posición y velocidad de los carros en máquinas, herramientas, determinación de la posición del motor de arrastre en unidades del disco para almacenamiento de información, radares, robótica, entre otros.

Otra aplicación del encoder incremental es medir la velocidad angular de su eje, ya que la frecuencia de la señal de salida en función de la velocidad de giro. Para su implementación es necesario un circuito electrónico exterior, que según el tipo de señal necesaria (digital-analógica) son diferentes.

Otra aplicación cotidiana son los utilizados en los ratones informáticos de bola para determinar la posición del puntero.

Para el proceso de flujo de agua se analizó el sensor de flujo de agua

### 2.5.3 Sensor de flujo de agua

Es un dispositivo que es instalado en línea con la tubería y que permite determinar cuánto está circulando un líquido o gas. Para entender mejor según (Areny, 2003) "¿Qué es flujo? Es el movimiento de fluidos en conductos abiertos o cerrados, ¿Qué es caudal? Es la cantidad en material, peso o volumen, que fluye en unidad de tiempo" (p.35).

Para el proceso de flujo de agua se analizó algunos de los sensores de flujo de agua según sus características, para lo cual se los ha clasificado en tres grupos como caudalímetros, contador volumétrico y contador de velocidad de turbina.

**Tabla 3** Ventajas y desventajas de los sensores de flujo de agua

<b>Caudalímetro de flotador rotativo (flujo de agua)</b>	<b>Contador volumétrico</b>	<b>Contador de velocidad de turbina</b>
<p><b>Ventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visibilidad de flujo</li> <li>• Costo medio</li> <li>• Líquidos y gases</li> <li>• Pequeña pérdida de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena precisión</li> <li>• Altas presiones y temperaturas</li> <li>• Robustez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida elevada</li> <li>• Altas presiones</li> <li>• Líquidos y gases</li> <li>• Robustez</li> <li>• Tiempo de respuesta medio</li> </ul>
<p><b>Desventajas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión media</li> <li>• Presiones pequeñas</li> <li>• Fragilidad</li> <li>• Tiempo de respuesta lento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado</li> <li>• Tiempo de respuesta lento</li> <li>• Sensibilidad a impurezas</li> <li>• Pérdida de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo medio alto</li> <li>• Sensibles a impurezas</li> <li>• Pérdida de carga</li> </ul>

**Fuente:** Autores, 2015

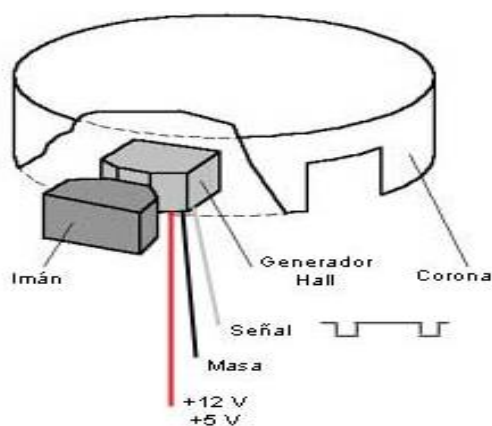
De acuerdo a la función que cumple cada sensor y de acuerdo a los recursos se cree que la mejor opción para poder realizar este proceso es el sensor de flujo de agua tipo caudalímetro que usa el efecto hall.



### 2.5.3.1 Sensor de efecto hall.

(Boylestad, 2004), afirma que: “Es un dispositivo semiconductor que genera un voltaje de salida cuando está expuesto a un campo magnético y que fluye en dirección vertical al sensor y que es proporcional a la fuerza del campo magnético y es lo que emite la señal de pulsos correspondientes.” (p.465).

**Figura N° 15** Sensor de efecto hall



**Fuente:** (Perez, 2012)

## 2.6 Variables físicas a ser analizadas

### 2.6.1 Temperatura

La temperatura se origina con la percepción de nuestros sentidos, se basa en la noción de calor o frío que transmite un cuerpo (Moran & Shapiro, 2005), considerando que se quiere controlar electrónicamente el módulo se necesita algunas características:

1. Tener como salida una señal eléctrica
2. Cubrir el intervalo de temperatura acorde a la aplicación que vamos a medir el intervalo de medición de dicha variable.

### 2.6.2 Velocidad

Las características velocidad - torque dan al motor DC una versátil aplicación. El torque de régimen de un motor DC es dado a una velocidad específica llamada Velocidad Base.

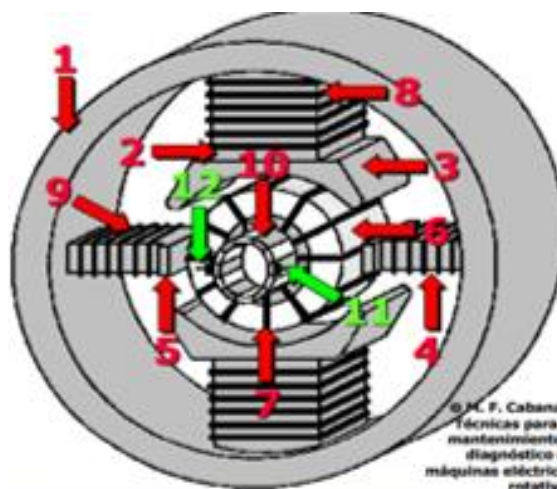
La velocidad base se define como las RPM de un motor D.C cuando opera a:

- 1.- Corriente de campo de régimen
- 2.- Voltaje de armadura de régimen
- 3.- Carga de régimen (Corriente de Armadura)

### 2.6.2.3 Partes de una Máquina de CC

1. Culata
2. Núcleo polar
3. Expansión polar
4. Núcleo del polo auxiliar o de conmutación
5. Expansión del polo auxiliar o de conmutación
6. Núcleo del inducido
7. Arrollamiento de inducido
8. Arrollamiento de excitación
9. Arrollamiento de conmutación
10. Colector
11. Escobillas

**Figura N° 16** Partes del motor dc



**Fuente:** (Fernández Cabanas, 2000)

## 2.6.3 Intercambiador de calor

### 2.6.3.1 Definición de Intercambiador de calor

(Peñaloza Pérez & Urgilés Remache, 2009) “Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor de un lugar a otro y a diferente temperatura (pág. 1).

### **2.6.3.2 Transferencia de calor**

La transferencia de calor no solo trata de explicar cómo puede ser transferida la energía calorífica sino también a qué rapidez a la que se realiza este intercambio.

El calor puede transferirse por conducción, convección y radiación o por una combinación de los tres. El calor siempre se mueve de las zonas calientes a las más frías buscando un equilibrio, a mayor diferencia de temperatura, más rápido fluye hacia la zona fría.

### **2.6.3.3 Transferencia de calor por conducción**

Es la transmisión de energía calorífica de molécula a molécula, a través, de un material, ya sea sólido, líquido o gaseoso. Para que sea transmisión por conducción deberá haber contacto físico entre las partículas.

### **2.6.3.4 Transferencia de calor por convección**

Es la transmisión de calor debido al movimiento del gas o líquido calentado de un lugar a otro, llevando consigo el calor que contiene.

## **2.6.4 Flujo de agua**

### **2.6.4.1 Control de Fluidos**

Para controlar los fluidos como el agua, aire y los combustibles se debe tener en cuenta el uso de ciertos operadores: depósitos, canales, válvulas.

### **2.6.4.2 Flujo de fluidos**

Los fluidos, debido a su arreglo molecular, poseen algunas características principales: viscosidad, tensión superficial, cohesión, adherencia y capilaridad.

*La viscosidad* se denomina flujo viscoso o laminar al de un fluido a lo largo de un conducto recto, con paredes lisas y sección trasversal uniforme

*La tensión superficial* es producida por la fuerza de atracción entre las moléculas que se encuentran en la superficie del líquido, lo que da la apariencia de formar una “capa o membrana”.

Otra característica de los fluidos es la capilaridad, en donde el fluido es capaz de ascender a través de un tubo, mientras más delgado sea el tubo más altura alcanzará el fluido. Las plantas absorben agua del suelo por capilaridad, cuando una servilleta se moja en una porción, el líquido “corre” hacia toda la superficie por *capilaridad*. (Areny, 2003)

#### **2.6.4.3 Presión y Unidades de medida**

(Barragan, 2012), describe que La fuerza aplicada sobre un área determinada recibe el nombre de presión. Su expresión matemática es:

##### **Ecuación 2** *Formula de la presión*

$$P = \frac{F}{A}$$

**Fuente:** (Barragan, 2012)

Dónde:

$P = \text{presion (N/m}^2\text{)}$

$F = \text{fuerza (N)}$

$A = \text{area (m}^2\text{)}$

## 2.7 Glosarios de términos básicos

**Captadores.-** Residentes o acojientes de una señal.(Chistian G, 2011)

**Transductor.-** Dispositivo que recibe la potencia de un sistema mecánico, electromagnético o acústico y la transmite a otro, generalmente en forma distinta:

**Flujo.-** Acción y resultado de fluir los líquidos y los gases(Areny, 2003)

**Procesos.-** Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios, elementos, etc.

**RTD.-** Detector de temperatura resistivo(Serna Ruiz, Ros García, & Rico Noguera, 2010)

**PID.-** Proporcional integral derivativo.(Autores, 2015)

**Controlador.-** Dispositivo de control de alguna señal física de controla los parámetros a medir.

**DAQ.-**Adquisición de datos(Autores, 2015)

**Toolboxes.-**Caja de herramientas en Matlab (M.C. & Esqueda, 2002)

**Fhidgets.-** Representación física de los widger(es.wikipedia.org, s.f)

**Pluy and pay.-** Enchufar y usar

**Fifo.-** memoria virtual palabra first in firstout (primero en entrar-primero en salir)

**(VIs).-** instrumentos virtuales el labview(HAZUKI, 2010)

**Microprocesadores.-** Es un circuito integrado programable(Autores, 2015)

**Interfaz.-**dispositivo que transforma las señales generadas por un aparato (es.wikipedia.org, s.f)

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es tecnológica ya que es de soporte tanto técnico como sirve de ayuda de material didáctico para el aprendizaje y enseñanza a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

De igual manera, el proyecto es de tipo bibliográfico, ya que se requirió de mucha información y de investigación, se debió tener toda la información acerca de controladores PID, programación en la interfaz Labview sistemas automáticos, estabilizadores, señales cuadráticas, formas de onda, por tanto la investigación es también de tipo bibliográfica.

##### 3.1.1 Investigación tecnológica

Para el desarrollo del trabajo se tuvo como base la tecnología que se tiene al alcance, la cual permite realizar mediciones exactas; y utilizar métodos específicos apoyados en teorías ya comprobadas.

##### 3.1.2 Investigación aplicada o práctica

Se aplicó los conocimientos adquiridos, se analizó conceptos científicos que sirvió de sustento para realizar las pruebas de funcionamiento de los módulos didácticos que se demuestran más adelante.

##### 3.1.3 Bibliográficas

Se realizaron consultas en algunas fuentes de información, tales como libros, revistas, internet, catálogos, tesis, en las bibliotecas virtuales disponibles en la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

#### 3.2 Métodos

Los métodos que se utilizaron en la investigación del proyecto son los métodos teóricos, deductivo, modulación inductivo.

- El método que se aplicó fue el de diseñar un módulo automático, que sirva como enseñanza para los alumnos.

- Se realizaron pruebas y mediciones para que el sistema esté acorde con lo que interesa, verificando que no existan falencias y esté coherente a todos los componentes de la misma; que todas sus características y especificaciones sean óptimas.
- Se efectuó pruebas de funcionamiento para ver su óptimo funcionamiento y que todos los parámetros técnicos estén bien aplicados para que no exista ninguna falla del sistema.
- Es de método deductivo ya que se tuvo que recopilar datos estadísticos, hacer pruebas de campo e implementación para así deducir mediante pruebas y funcionamiento que el proyecto es factible.
- El método que se utilizó en el proyecto será práctico y teórico, no en forma directa, sino que se utilizó un sistema automático para aplicación didáctica.

### **3.2.1 Métodos teóricos**

#### **3.2.1.1 Método analítico**

Facilitó el análisis de los resultados obtenidos para posteriores investigaciones independientes.

#### **3.2.1.2 Método deductivo**

Este método se lo utilizó para la deducción de los contenidos generales o teorías ya demostradas y formular una teoría interpretativa para la explicación de la implementación de un módulo dinámico.

### **3.3 Técnicas e instrumentos**

Las técnicas utilizadas en este proyecto fueron:

- **NI USB-6009:** es un dispositivo de adquisición de datos con conectividad tornillo fácil y un componente de forma pequeño. Estos dispositivos son lo suficientemente simples para mediciones rápidas, pero lo suficientemente versátil para aplicaciones de mediciones muy complejas.
- **Labview:** es un entorno gráfico de programación, que utiliza el lenguaje para programar con el nombre de “Lenguaje G, donde la simbología “G” indica que es un lenguaje de tipo gráfico.

- **Resultados de pruebas de funcionamiento:** permitió realizar y configurar las instrucciones del programa para el funcionamiento de los sensores y de la Daq 6009 para hacer prácticas y toma de datos en el laboratorio virtual.
- **Hardware:** es todos los elementos del laboratorio virtual como se detalla a continuación.
- **Software:** es la parte intangible que hace funcionar a un ordenador para que realice una serie de tareas específicas y trabajar de manera inteligente.



## CAPÍTULO IV

### 4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 4.1 Título de la respuesta

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MÓDULOS DIDÁCTICOS, CON INTERFAZ HUMANO - MÁQUINA, PARA MEJORAR EL EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

#### 4.2 Introducción

Existe una gran variedad de entornos de desarrollo utilizados en la enseñanza de señales PID. El problema se origina en encontrar un sistema óptimo educativo donde el estudiante vea reflejada en la práctica la teoría de control, de forma que constate dicha teoría y sienta un mayor interés en las clases teóricas.

Hoy en día la ciencia y tecnología avanza con rapidez y los requerimientos del profesional técnico son cada vez más exigentes. Es por esta razón que surge la necesidad mejorar el equipamiento del laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico para que ayude a orientar al estudiante y al docente a la enseñanza- aprendizaje en el manejo de controles automáticos, mediante una tarjeta de adquisición de datos programada en una interfaz en Labview, que permita apreciar en forma clara y concisa la instrumentación y las acciones de control que tienen lugares dentro de los distintos procesos industriales.

El equipamiento del laboratorio, se acopla a los requerimientos para el aprendizaje de estudios de señales PID con equipo equivalente al de uso industrial, es decir los módulos didácticos son seleccionados efectivamente para cumplir con todos los objetivos planteados en la práctica.

El software servirá para la lectura, referencia de datos y entendimiento de las señales PID, este va muy acorde con el hardware, es de suma importancia que el sistema tenga su característica sencilla, lo que facilita las conexiones de los distintos elementos, el sistema debe plantearse en un sencillo esquema o diagrama de conexión de todas sus partes, esto

ayudara a que los estudiantes puedan armar y desarmar el sistema con mucha facilidad y a la vez será muy sencillo tomar los datos y manipular el sistema.

La eficiencia al adquirir datos de diferentes variables como: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y de flujo de agua, hace que los estudiantes se sientan atraídos por el estudio de la materia de Electrónica de Potencia, esto es efectivo e inspirador, ya que el estudiante una vez que va tomando o centrándose al estudio de señales PID crecerá su interés por nuevos conocimientos y se incentivará a la investigación.

#### **4.3 Acciones para la implementación del equipamiento en el laboratorio**

Debido a que el laboratorio de electricidad no dispone de material necesario para realizar las prácticas de controladores PID; y con el propósito de dotar módulos se dispuso lo siguiente:

Se investigó los diversos procesos en la industria y las variables más comunes son: temperatura, velocidad, intercambiador de calor y de flujo de agua, entre otros y se dedujo que para el estudio de diversos fenómenos físicos es factible la utilización de la DAQ 6009 que es muy óptima para la adquisición de datos.

#### **4.4 Propósito**

Implementar el equipamiento en el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, mediante el diseño y construcción de cuatro módulos didácticos de temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua en base a la utilización de controladores PID programados en interfaz Labview.

#### **4.5 Sistemática aplicada**

Seleccionar los elementos para la obtención de señales físicas como temperatura, velocidad, intercambiador de calor y flujo de agua y todas las partes del sistema didáctico de control automático.

Selección de elementos del sistema de control automático:

- NI USB Daq 6009
- Programa Labview
- Sensores encoder

- Sensores Lm35
- Sensores de flujo de agua
- Servomotor
- Motor 12v dc
- Bomba de agua
- Niquelina térmica
- Ventilador de computador 12v dc
- Fuente de 120vAC/12v DC
- Barra de cobre
- Barra de aluminio
- Dispositivo de control electrónicos
- Dispositivos de mando
- Focos incandescentes de 60W
- Sujetadores
- Conectores
- Cableado

#### **4.6 Software de diseño**

El software de diseño para la adquisición de señales y obtención de datos se utiliza para el lenguaje de programación gráfica en Labview, ya que tiene una excelente interfaz gráfica.

##### **4.6.1 Adquisición de datos**

La adquisición de datos se va a obtener por medio de la Daq 6009, la misma que tiene las siguientes características:

- 8 entradas analógicas (14 bits, 48 kS/s)
- salidas analógicas (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales; contador de 32 bits
- Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada
- La versión OEM está disponible Compatible con Labview, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET

A continuación en la figura N° 17 de muestra la forma física de la Daq NI USB 6009.

**Figura N° 17** Forma física de la Daq 6009





**Fuente:** (Corporation N. I., 2004-2012)

#### 4.6.1.1 Conector de entrada y salida

La Daq 6009 tiene una sección de terminales para señales análogas y otra para señales digitales. Cada sección de terminales tiene 16 pines a continuación se indica en la tabla N° 4 la ubicación de los terminales tanto análogos como digitales.

**Tabla 4** Terminal digital y análogo de la Daq 6009

Modulo	Terminal Análogo		Terminal Digital			
	Terminal	Señal, nodo simple	Señal diferencial	Modulo	Terminal	Señal
	1	GND	GND		17	PO.0
	2	AI 0	AI 0+		18	PO.1
	3	AI 4	AI0-		19	PO.2
	4	GND	GND		20	PO.3
	5	AI 1	AI 1+		21	PO.4
	6	AI 5	AI1-		22	PO.5
	7	GND	GND		23	PO.6
	8	AI 2	AI 2+		24	PO.7
	9	AI 6	AI2-		25	PI.0
	10	GND	GND		26	PI.1
	11	AI 3	AI 3+		27	PI.2
	12	AI 7	AI3-		28	PI.3
	13	GND	GND		29	PFI0
	14	AO 0	AO 0		30	+2.5v
	15	AO 1	AO 1		31	+5v
	16	GND	GND		32	GND

**Fuente:** (Autores, 2015)

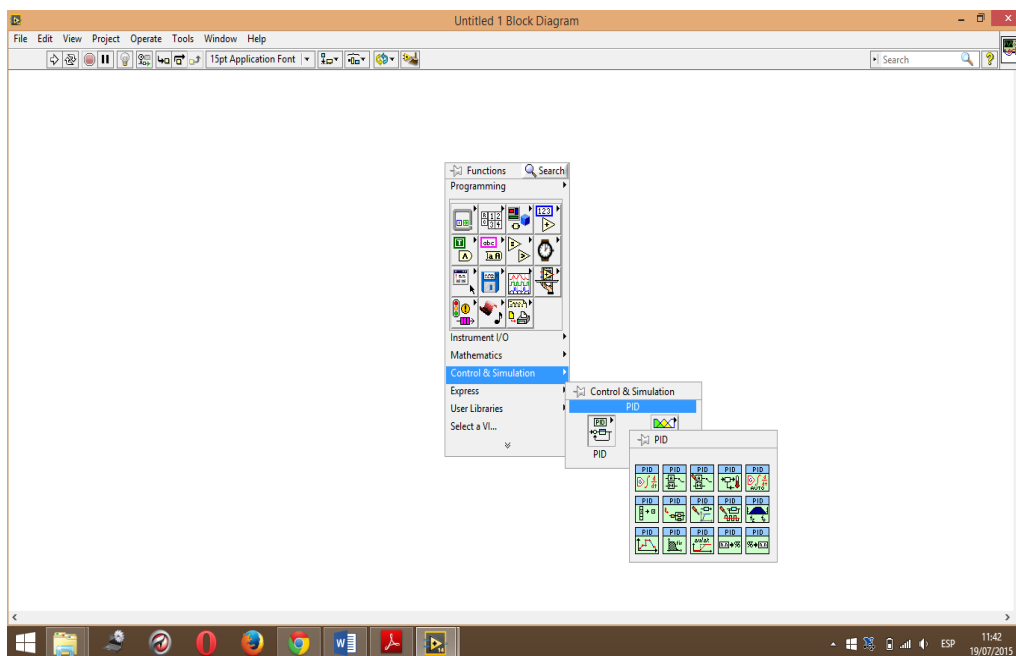
### 4.6.2 Instalado PID

Cuando ya está instalado PID, así es como se encuentra en la parte del block el diagrama de PID en Labview tal como se muestra en la figura N°18.

Los pasos a seguir son

- Funtions
- Control y simulación
- PID

**Figura N° 18** *Complemento de Labview para PID*

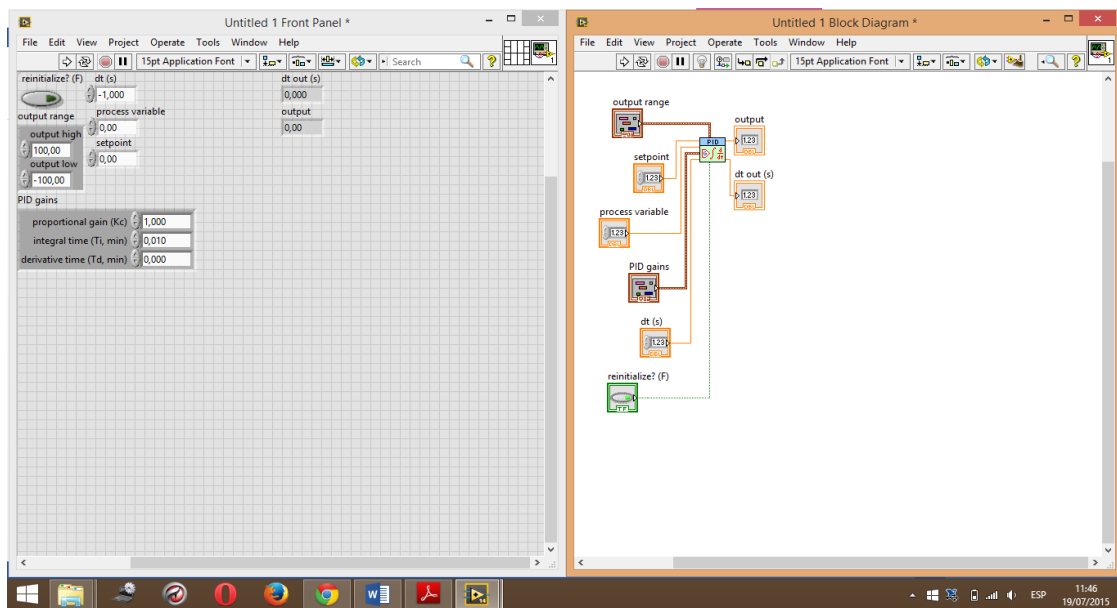


Fuente: (Autores, 2015)

### 4.6.3 Diferentes características de PID

El controlador PID tiene los siguientes ajustes y características: en la figura N° 19 se muestra los diferentes ajustes tanto en el panel frontal como en el panel de funciones

**Figura N° 19 Ajustes del PID**

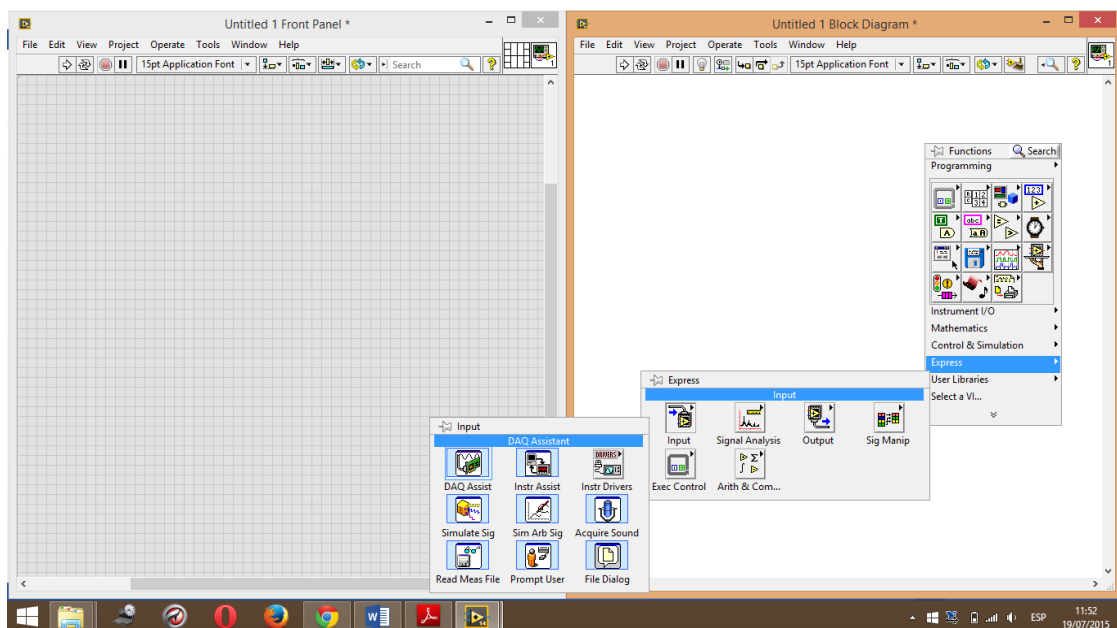


Fuente: (Autores, 2015)

#### 4.6.4 Daq Assistant

Una vez ya conectado la Daq 6009 a un ordenador e instalado el software que soporta USB 6009 es el NI-DAQmx, va a aparecer el icono Daq Assist en el panel de funciones tal como se muestra en la figura N°20.

**Figura N° 20 DAQ assistant en el panel de control**

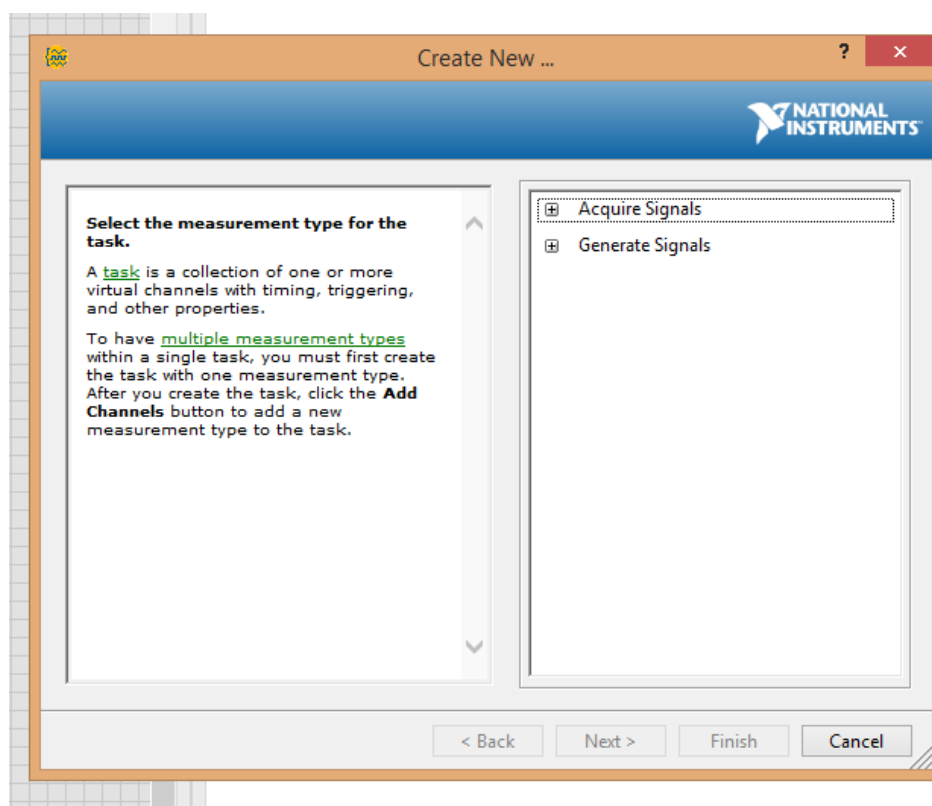


Fuente:(Autores, 2015)

#### 4.6.5 Selección del tipo de medición para la señal

Se selecciona el tipo y canal virtual a ser utilizado y sincronizado y a la vez configurar todos los parámetros, rangos y propiedades de la señal a ser medida, tenemos que seleccionar el canal adecuado y crear o seleccionar la tarea con un tipo de medición, después de crear la tarea se debe hacer click en el botón “add” para agregar un nuevo tipo de medición adecuada a los parámetros hacer medidos. A continuación se muestra en la figura N°21 la ventana de seleccionar el tipo de parámetro; adquirir señal o generar la señal.

**Figura N° 21** *Iniciación de la Daq assistant*

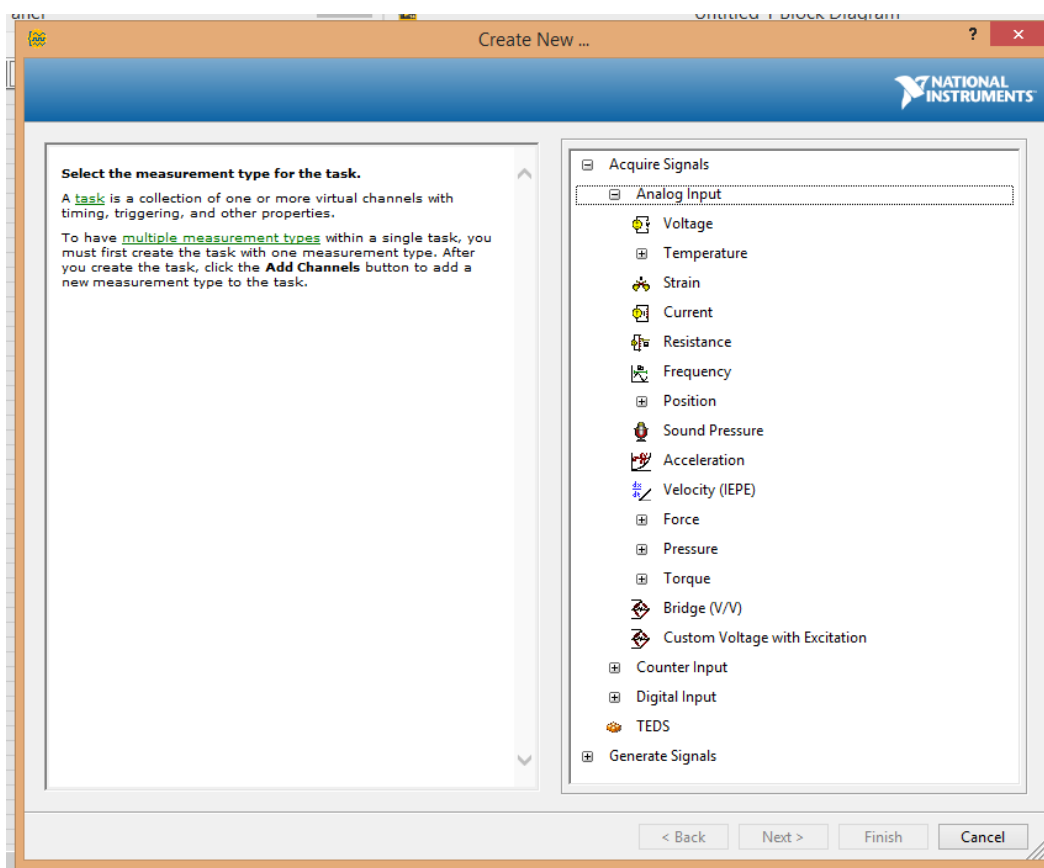


Fuentes:(Autores, 2015)

#### 4.6.7 Adquirir señal de la Daq Assistant según los parámetros del módulo.

En la figura N°22 se muestra todas las opciones para la adquisición de señales estas pueden ser análogas en el cual se despliegan las opciones de voltaje, temperatura, corriente, resistencias frecuencia; la mayoría de estas señales mencionadas son las que vamos a emplear en nuestro estudio de señales PID para la adquisición de señales virtuales.

**Figura N° 22** Selección de la señal de la DAQ assistant a adquirir



Fuente:(Autores, 2015)

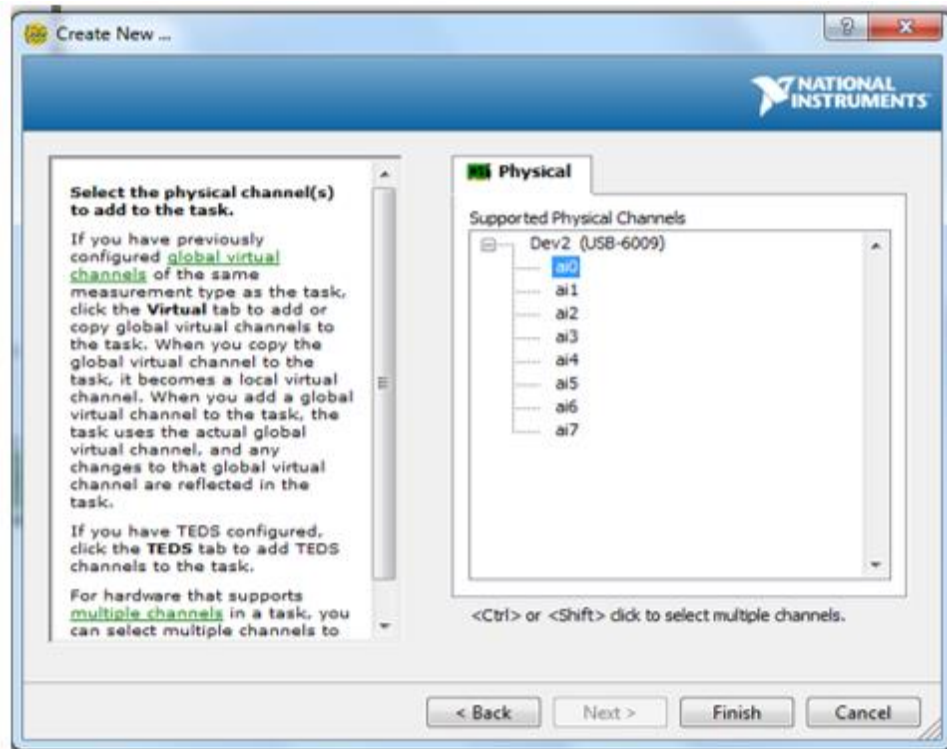
#### 4.6.8 Selección de canal físico de la Daq Ni USB 6009

Si ha configurado previamente los canales virtuales globales del mismo tipo de medida como la tarea, haga clic en la ficha virtual para añadir o copiar canales virtuales global a la tarea, se convierte en un canal virtual local. Cuando se agrega un canal virtual global a la tarea esta usa el canal virtual global actual, y cualquier cambio en ese canal virtual global se reflejan en la tarea, en la figura N°23 se muestra la selección del canal a ser utilizado.

Si usted tiene “teds” configurados, haga clic en la pestaña teds para añadir canales TEDS para la tarea.



**Figura N° 23** Selección del canal físico de la Daq 6009



**Fuente:**(Autores, 2015)

#### 4.6.9 Configuración de los parámetros voltaje y corriente

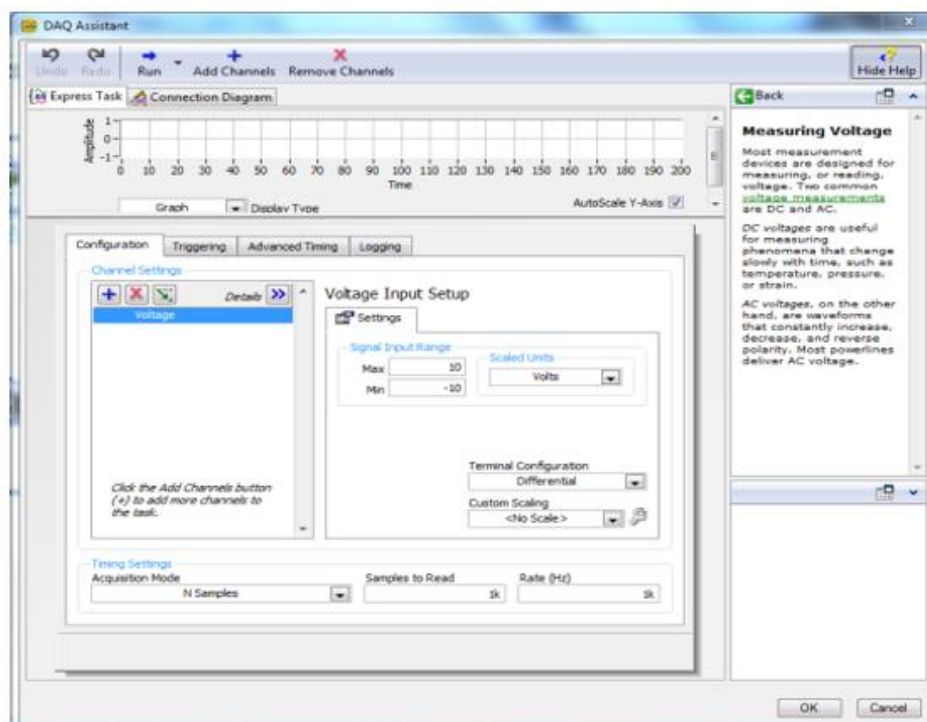
Después de seleccionar todos los parámetros como muestra una ventana de configuración del voltaje en DC o AC.

El voltaje Ac es constante en el incremento, decremento y la polaridad reversa.

En los voltajes de corriente alterna, por el contrario al de corriente directa las formas de onda tienden constantemente a aumentar, disminuir, y la mayoría de las líneas de alta tensión de polaridad inversa entregan tensión alterna.

Como se puede observar en la figura N°24 podemos observar los parámetros de amplitud, configuración de voltaje de salida, rango de señal máxima o mínima, escala de unidades

**Figura N° 24** Configuración de la corriente y el voltaje



**Fuente:**(Autores, 2015)

## 4.7 Diseño y construcción de los módulos didácticos

En la construcción de los cuatro módulos didácticos se explica paso a paso los elementos y herramientas utilizadas para su elaboración.

### 4.7.1 Diseño y construcción del módulo flujo de agua mediante PID

#### 4.7.1.1 Diseño electrónico

Para la construcción del circuito de control de los servomotores se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

##### 4.7.1.1.1 Elementos y materiales

- Diodo común
- Pic1bf 2550
- Oscilador de 4mhz
- Relé de 5v
- Transistor 3904

- Dos condensadores de 22pf
- Resistencia de 4,6k $\Omega$
- Conector para 5v
- Dos borneras de dos pines
- Espadines macho
- Condensador electrolítico de 21700 $\mu$ f
- Sócalo de 28 pines

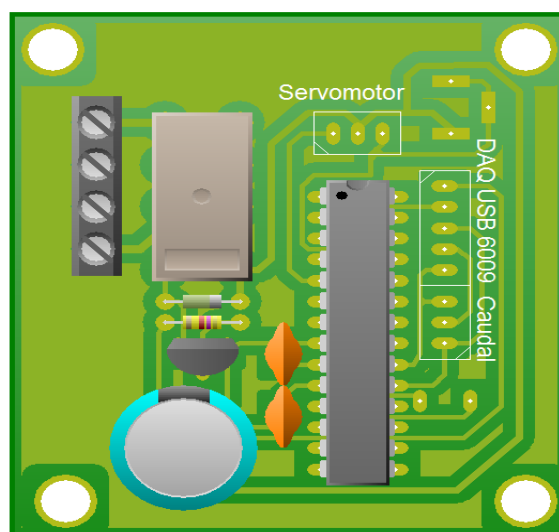
#### 4.7.1.1.2 Herramientas

- caufín
- estaño
- Taladro
- Broca
- Ácido sulfúrico

#### 4.7.1.1.3 Diseño de la placa

1. se procede hacer el diseño del circuito y a realizar la programación en el micro controlador por medio de Arduino tal como se muestra a continuación.

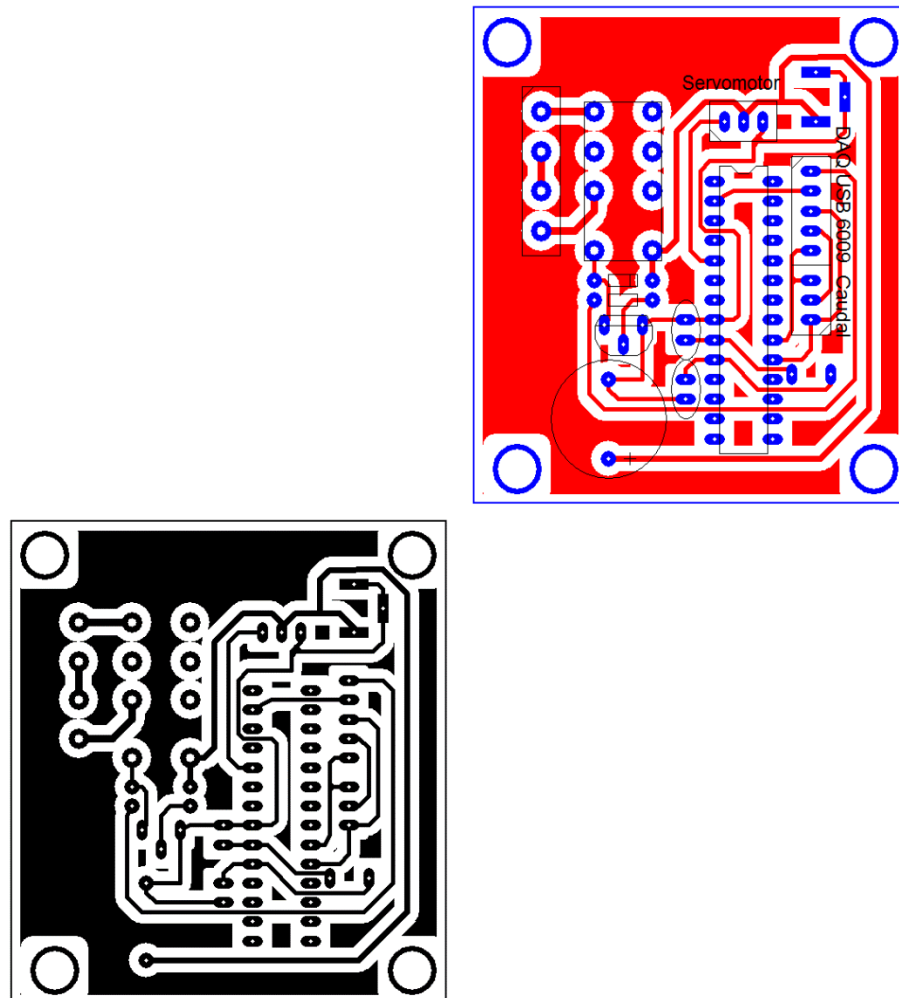
**Figura N° 25** *Diseño del circuito de control para el servomotor, sensor*



**Fuente:** (Autores, 2015)

2. Se procede a hacer el diseño de la placa en el programa pcbwizard para posteriormente proceder a realizar una impresión para proceder a estamparlo en a la placa de cobre a base de calor como se aprecia en la figura N°26.

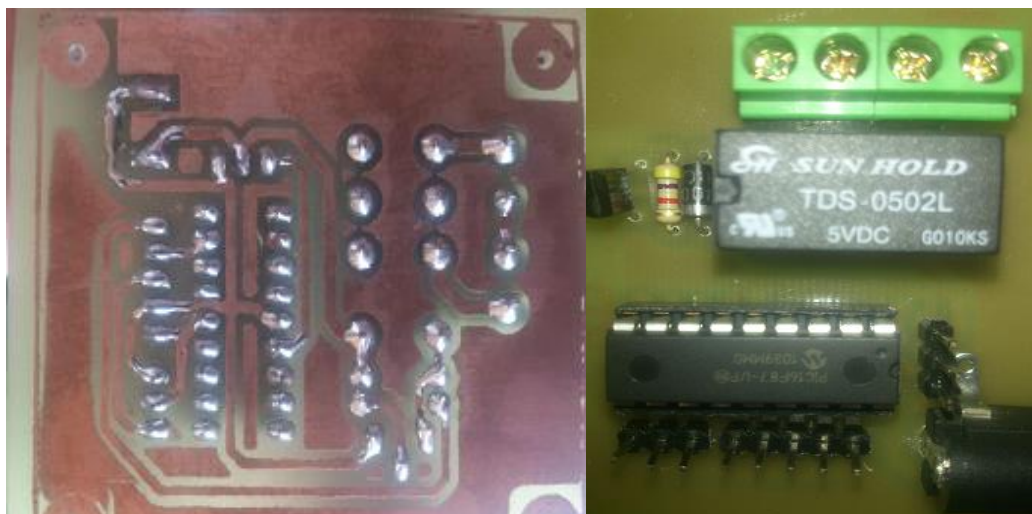
**Figura N° 26** *Diseño del circuito en el programa pcbwizard*



**Fuente:**(Autores, 2015)

3. Una vez realizado el diseño de la placa se procedió a poner todos los elementos en su lugar y a soldar con estaño para su acabado tal como se muestra en la figura N° 27.

**Figura N° 27** Placa soldada y terminado de la placa



**Fuente:** (Autores, 2015)

4. Se procedió a conectar todos los cables tanto del sensor como de la bomba de agua y servomotor, cable de alimentación de energía y conectores que comunican al circuito con la NI Daq 6009 tal como se muestra en la figura N° 28.

**Figura N° 28** Circuito electrónico conectado todos los elementos



**Fuente:** (Autores, 2015)

#### ***4.7.1.2 Construcción del prototipo de flujo de agua***

Para la construcción del prototipo de flujo de agua se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

##### ***4.7.1.2.1 Elementos y materiales***

- Caja de vidrio
- Válvulas de bola de 1/2
- Codos, Ty nepls corrido de pvc de ½
- Universal de pvc de ½
- Sensor de flujo
- Bomba de agua
- Servomotor
- Pieza de aluminio
- Sujetadores de metal

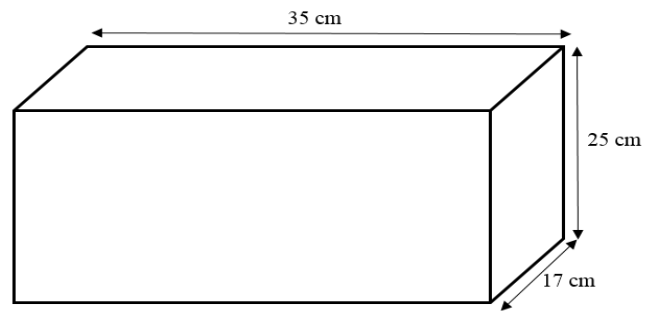
##### ***4.7.1.2.2 Herramientas***

- Llave de pico
- Tarraja
- Amoladora
- Flexómetro
- Silicona líquida

##### ***4.7.1.2.3 Ensamblado y construcción***

1. Primero se procede hacer el diseño de la caja de vidrio donde va a ir todos los elementos para simular el flujo de agua como se muestra a continuación en la figura N°29.

**Figura N° 29** *Diseño de la caja de vidrio*



**Fuente:**(Autores, 2015)

2. Después se construye la caja de vidrio bien sellada con silicona líquida para que no haya fugas de líquido tal como se muestra en la figura N°30.

**Figura N° 30** *Caja de vidrio con silicona*



**Fuente:**(Autores, 2015)

3. A continuación se eligió todos los elementos de pvc hacer utilizados, la llave de paso y bomba de agua como se puede observar en la figura N°31

**Figura N° 31** *Elementos a utilizar*



**Fuente:** (Autores, 2015)

4. Se procedió al armado de la tubería del prototipo para así conformar el esquema por donde el agua fluirá, tal como se muestra en la figura N°32.

**Figura N° 32** Armazón de tubería



**Fuente:** (Autores, 2015)

5. Se procedió a instalar la bomba de agua en la caja de vidrio tal cual se muestra en la figura N°33.

**Figura N° 33** Instalación de la bomba de agua





**Fuente:**(Autores, 2015)

6. Una vez terminado de ensamblar y armar todos los elementos se procedió a acoplar todo el prototipo tal como se muestra en la figura N°34.

**Figura N° 34** *Ensamblaje del prototipo de flujo*



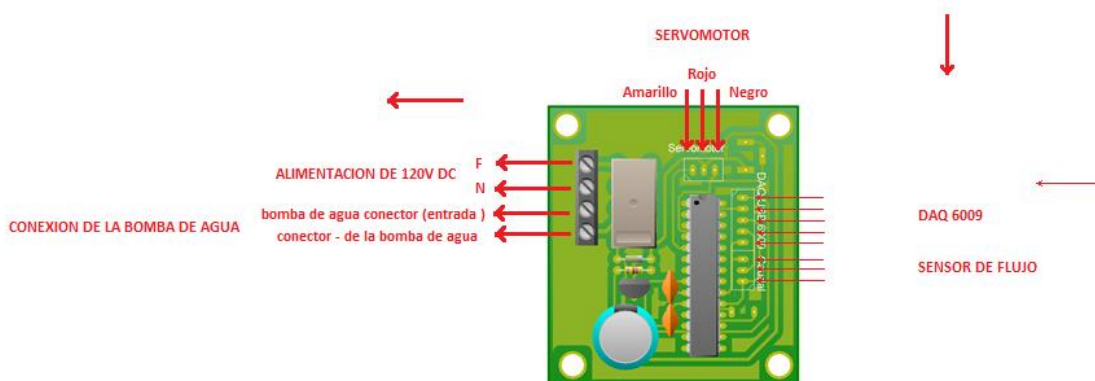
**Fuente:**(Autores, 2015)

### 4.7.1.3 Configuración y esquemas de conexión

Se procederá a indicar todo el sistema de conexión, elementos y diseño de interfaz de todo el módulo de flujo de agua.

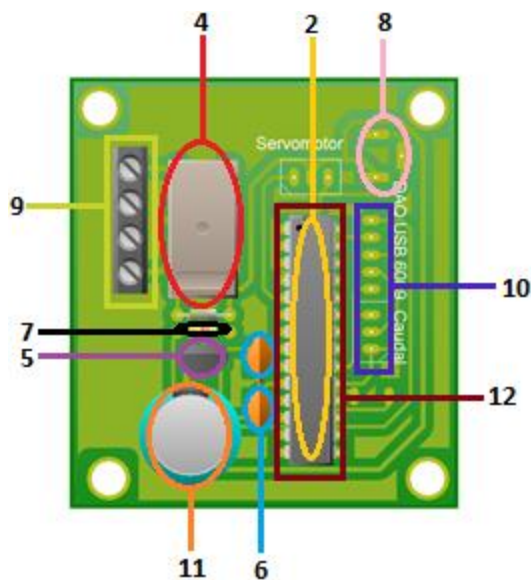
*Esquema de conexión de control para el servomotor, sensor de flujo de agua y bomba acuática.*

**Figura N° 35** Conexiones de la placa al módulo de flujo de agua



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 36** Elementos que componen la tarjeta de control de flujo de agua

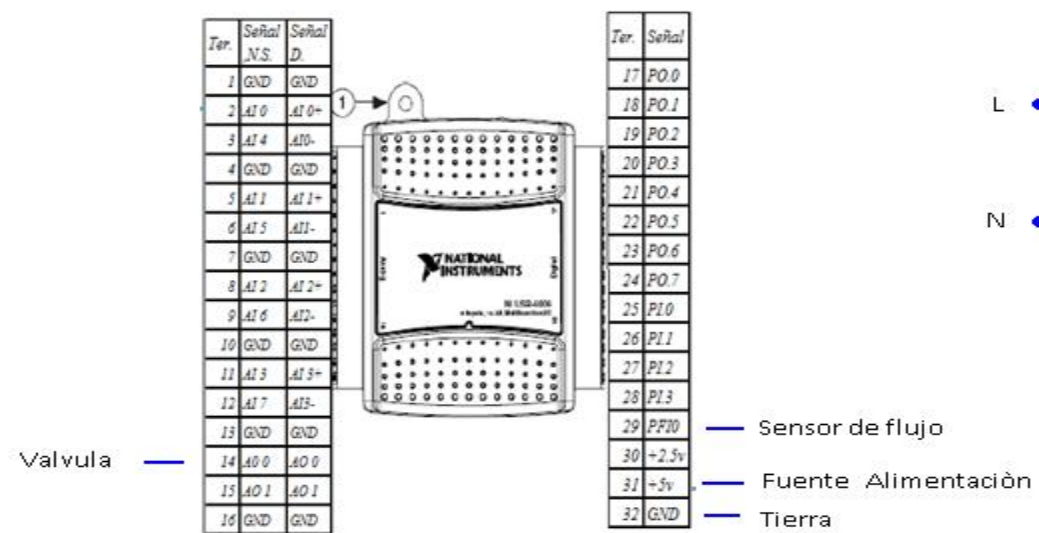


1. Diodo común
2. Pic1bf 2550
3. Oscilador de 4mhz
4. Relé de 5v

5. Transistor 3904
6. Dos condensadores de 22pf
7. Resistencia de 4,6k $\Omega$
8. Conector para 5v
9. Dos borneras de dos pines
10. Espadines macho
11. Condensador electrolítico de 21700 $\mu$ f
12. Sócalo de 28 pines

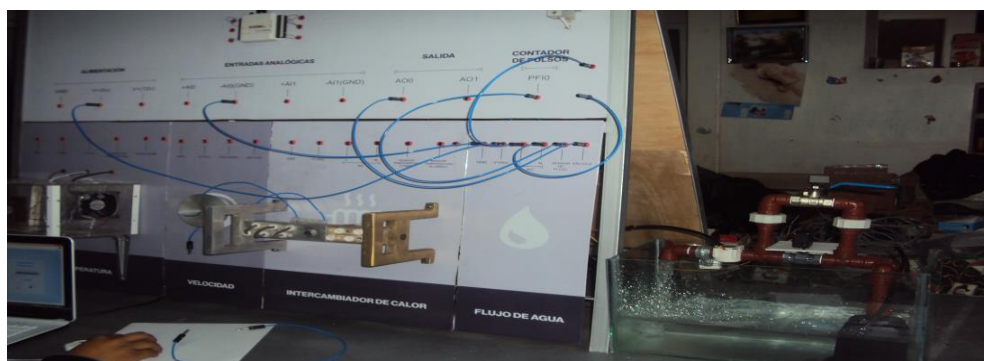
Fuente (Autores, 2015)

Figura N° 37 Cableado y esquemas de conexión tablero y Daq 6009.



Fuente (Autores, 2015)

Figura N° 38 Conexión del cableado en forma didáctica del flujo de agua.

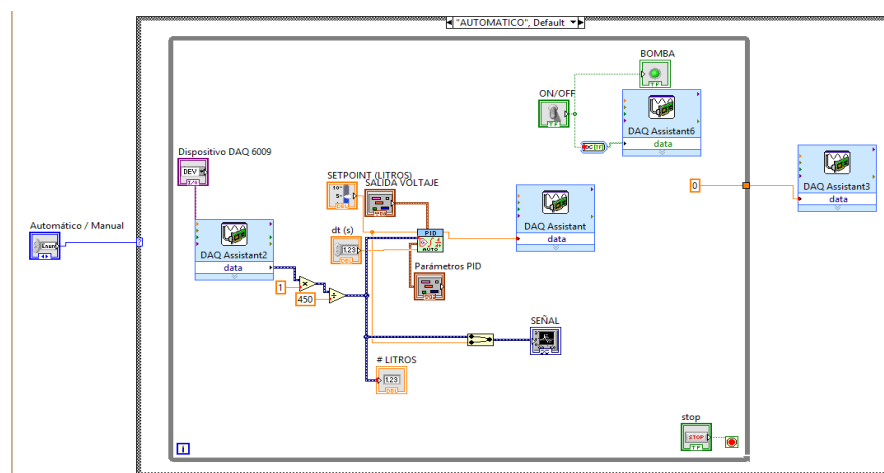


Fuente (Autores, 2015)

#### 4.7.1.4 Diseño del interfaz Labview

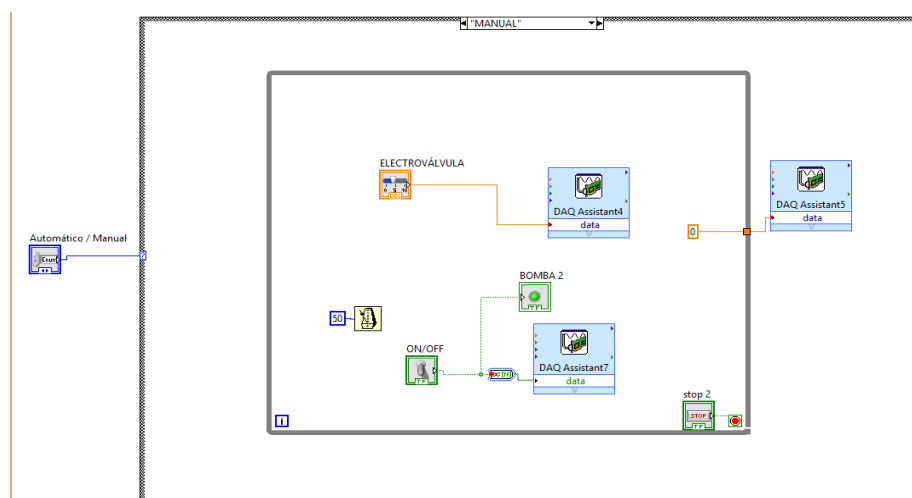
Se procedió a representar el diseño de interfaz Labview con todos sus elementos gráficos, se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, on-off, setpoint, daqassistant, grafica, output range, para el diseño en el diagrama de bloques de Labview. A continuación se muestra gráficamente el diseño del programa para el control automático de flujo de agua.

**Figura N° 39** Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando automático.



Fuente (Autores, 2015)

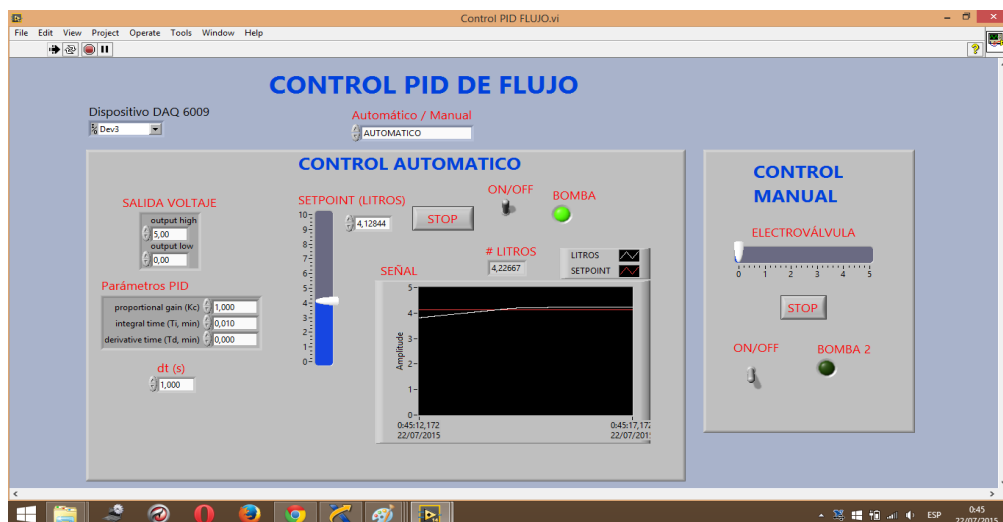
**Figura N° 40** Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando manual.



Fuente (Autores, 2015)

En el panel frontal de Labview aparecerán los datos simulados del flujo de agua medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de flujo de agua.

**Figura N° 41** Ventana de visualización de control de flujo en Labview.

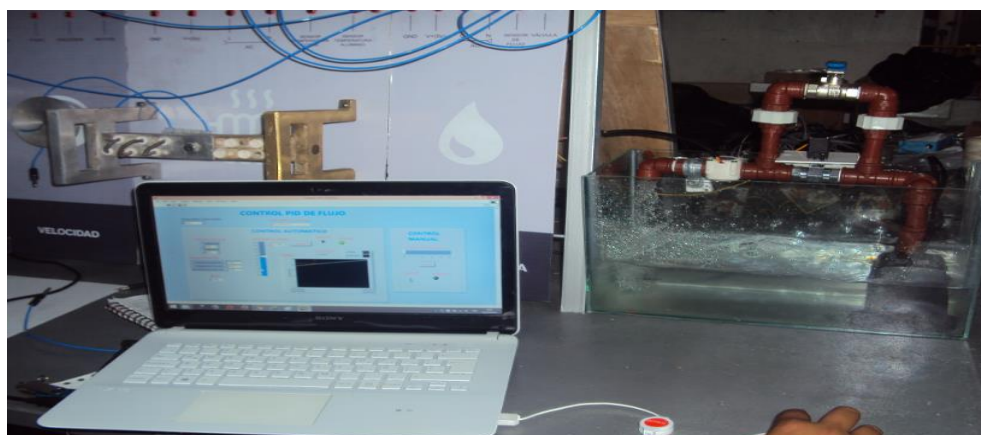


**Fuente** (Autores, 2015)

#### 4.7.1.5 Prueba de hardware y software del sistema de flujo de agua.

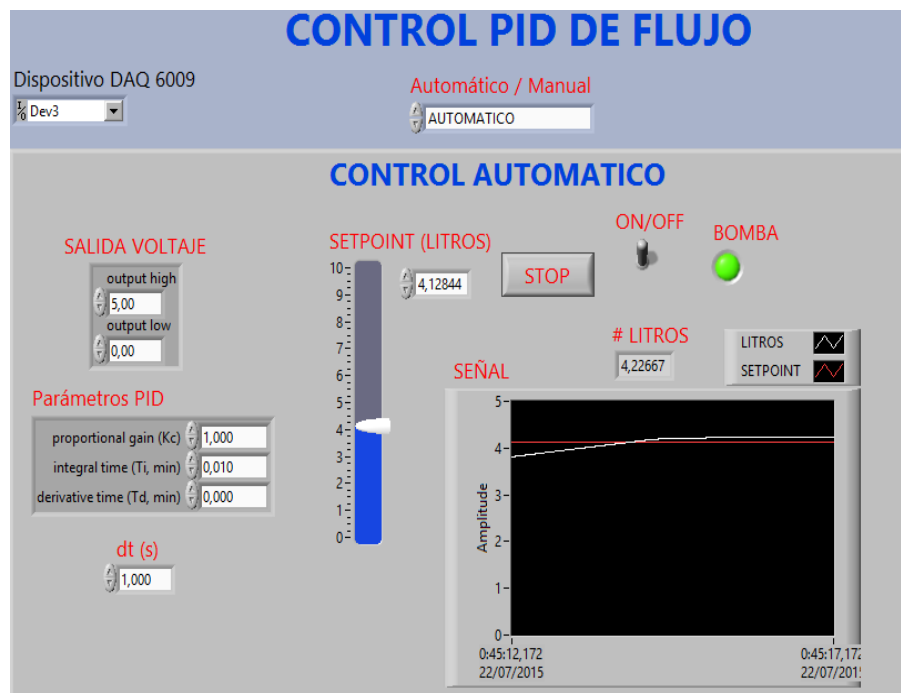
Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 42** Funcionamiento del hardware de flujo de agua



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 43** *Funcionamiento del software mediante interfaz en Labview por medio de PID*



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 44** *Circuito electrónico de flujo de agua conectado todos los elementos*



**Fuente** (Autores, 2015)

## 4.7.2 Diseño y construcción del módulo de velocidad mediante PID

### 4.7.2.1 Diseño electrónico

#### 4.7.2.1.1 Elementos y materiales

1. Diodo común
2. Transistor 3904
3. Resistencia de  $1k\Omega$
4. Dos borneras de tres pines
5. Espadines macho

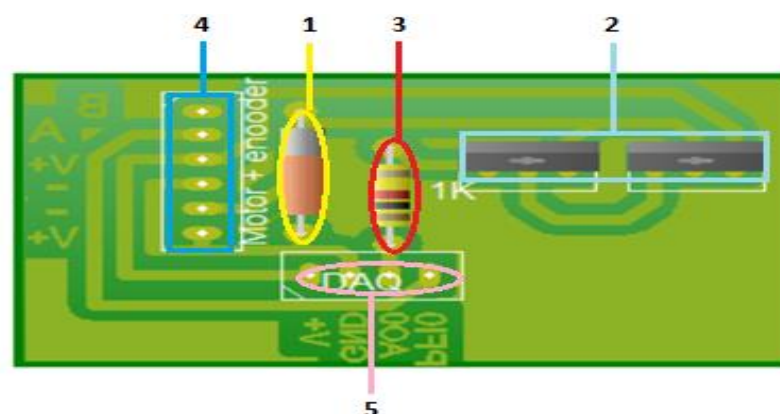
#### 4.7.2.1.2 Herramientas

- caudín
- estaño
- Taladro
- Broca
- Ácido sulfúrico

#### 4.7.2.1.3 Diseño de la placa

1. Se procede hacer el diseño del circuito de potencia para corriente del motor y a simular tal como se muestra en la figura N°45. Partes numeradas de todos los elementos de la placa de velocidad de motor dc

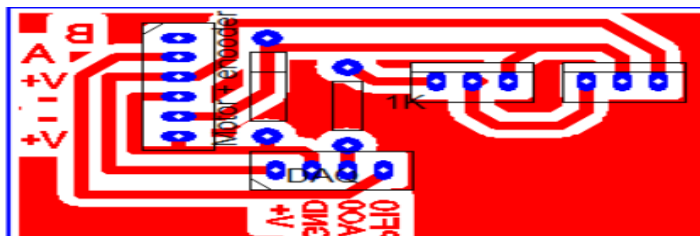
**Figura N° 45** Diseño del circuito de control para el motor dc, sensor



**Fuente:** (Autores, 2015)

- Se procede a hacer el diseño de la placa en el programa pcbwizard para posteriormente proceder a realizar una impresión para proceder a estamparlo en a la placa de cobre a base de calor como se aprecia en la figura N°46.

**Figura N° 46** *Diseño del circuito en el programa pcbwizard*



Fuente:(Autores, 2015)

- Una vez realizado el diseño de la placa se procedió a poner todos los elementos en su lugar y a soldar con estaño para su acabado tal como se muestra en la figura N°47.

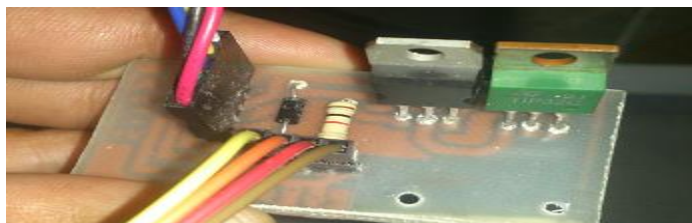
**Figura N° 47** *Placa soldada y terminado de la placa*



Fuente:(Autores, 2015)

- Se procedió a conectar todos los cables tanto del sensor encoder y conectores que comunican al circuito con la NI Daq 6009 tal como se muestra en la figura N°48.

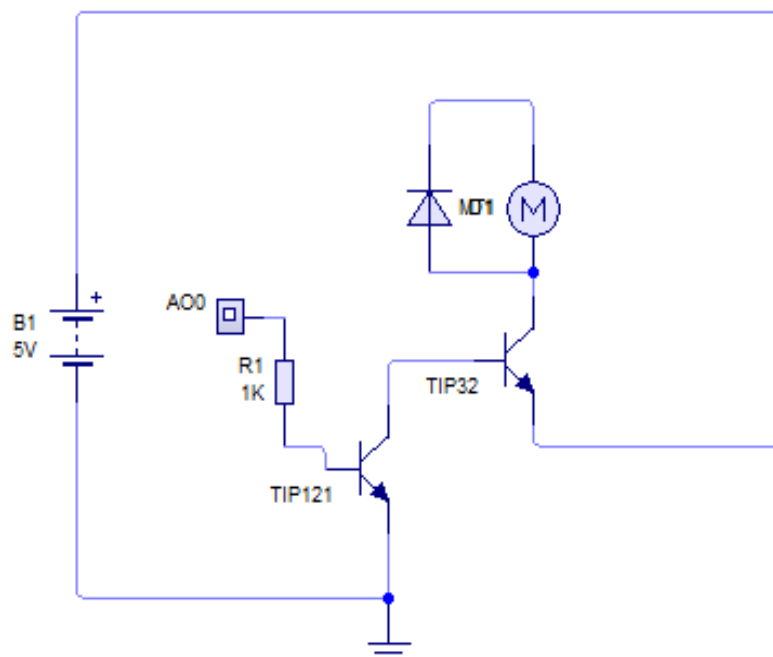
**Figura N° 48** *Circuito electrónico conectado todos los elementos*



Fuente: (Autores, 2015)

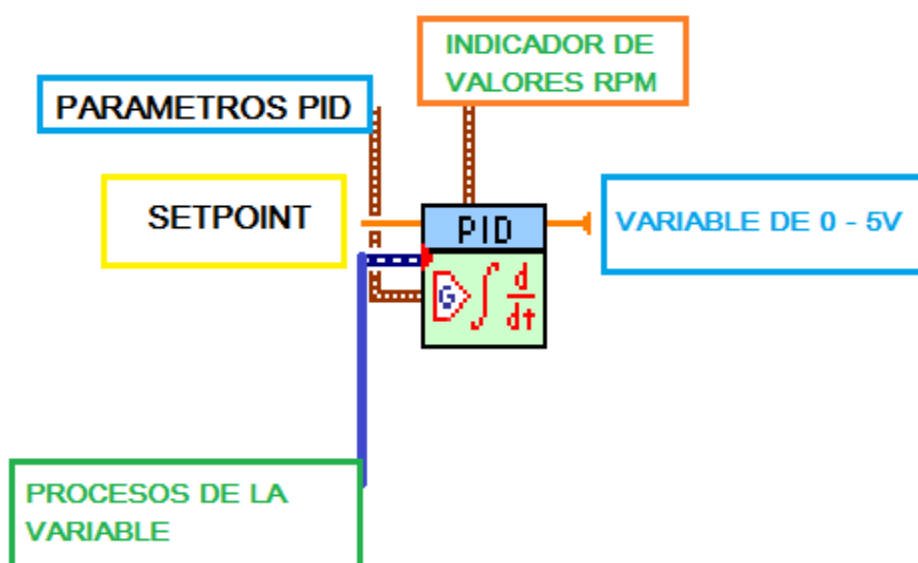
**Figura N° 49** *Esquema de conexión de elementos de potencia y conectores de los elementos de velocidad*





Fuente: (Autores, 2015)

Figura N° 50 Parámetros PID



Fuente (Autores, 2015)

#### ***4.7.2.2 Construcción del prototipo de velocidad***

Para la construcción del prototipo de velocidad se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

##### ***4.7.2.2.1 Elementos y materiales***

- Pernos de sujeción
- Motor de 12v dc
- Pieza redonda de aluminio
- Cable

##### ***4.7.2.2.2 Herramientas***

- Sierra
- Destornillador estrella- plano
- Taladro
- Brocas
- Lija
- Flexómetro
- Escuadra

##### ***4.7.2.2.3 Ensamblado y construcción***

1. Se procedió hacer el diseño donde van a ir sujeto el motor y todos los elementos para simular un ambiente de un motor en la industria que permite regular la velocidad para simular el trabajo del motor como puede ser, las máquinas en la industria tal como se muestra e la figura N°51.

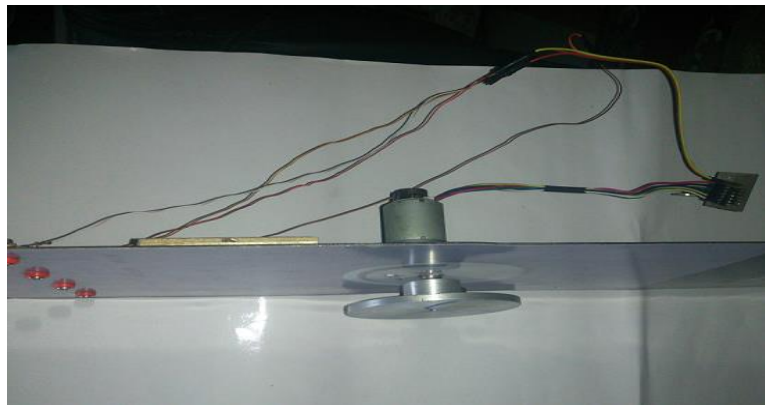
**Figura N° 51** *Diseño del prototipo de velocidad.*



**Fuente:**(Autores, 2015)

2. Una vez terminado de perforar y ajustar el perno sin fin se procedió a ensamblar todas las piezas se procedió a acoplar todo el prototipo tal como se muestra en la figura N° 52.

**Figura N° 52** Prototipo de velocidad

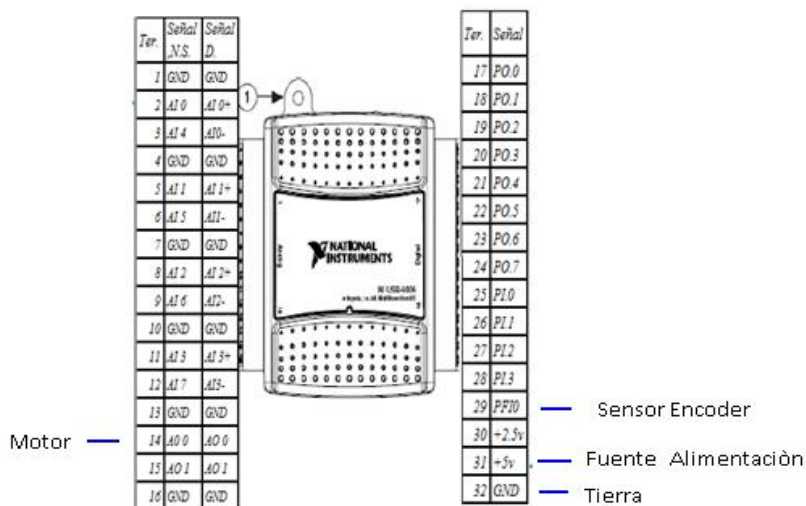


**Fuente:**(Autores, 2015)

#### 4.7.2.3 Configuración y esquemas de conexión

El esquema de conexión de la Daq 6009 para el módulo de velocidad utilizaremos los puertos (AO0, PFIO,+5v; GND) tal como se muestra a continuación.

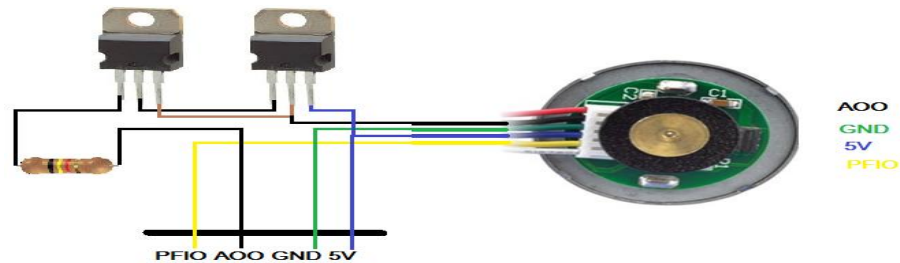
**Figura N° 53** Esquema de conexión de elementos y conectores de los elementos de velocidad



**Fuente:** (Autores, 2015)

La forma de Esquema de conexión en placa de los elementos de potencia para el motor dc mediante TIP32C, TIP121.

**Figura N° 54** Esquema de conexión de elementos de potencia y conectores de los elementos de velocidad

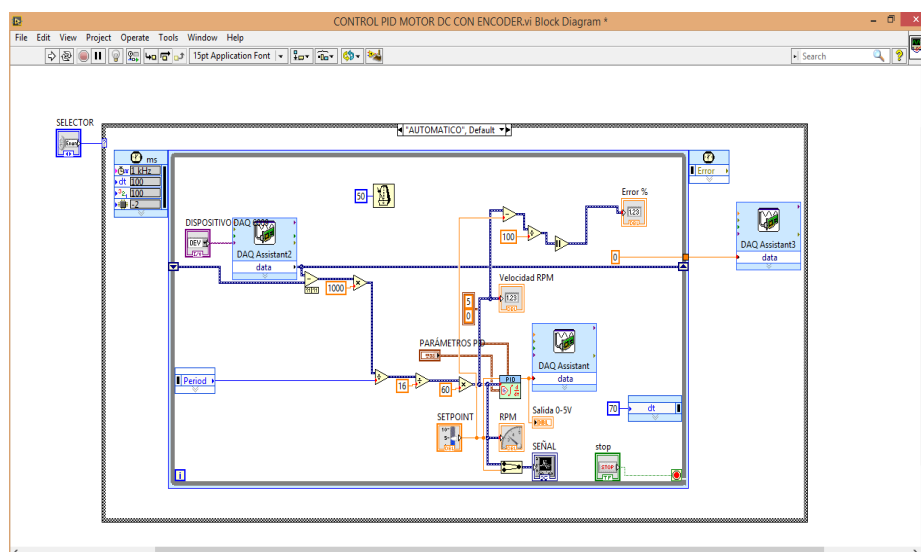


**Fuente:** (Autores, 2015)

#### 4.7.2.4 Diseño del interfaz Labview

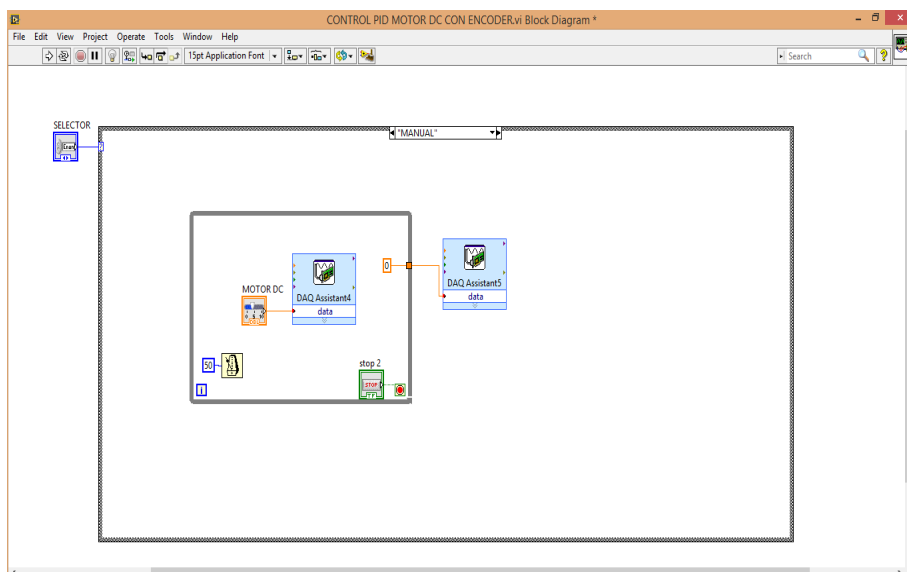
Se procedió a representar el diseño de interfaz Labview con todos sus elementos gráficos, se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, multiplicador, selector, error, stop daqassistant, grafica, output range, para el diseño en el diagrama de bloques de Labview. A continuación se muestra gráficamente el diseño del programa para el control automático de velocidad.

**Figura N° 55** Diagrama de bloques para el control de velocidad en modo automático.



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 56** Diagrama de bloques para el control de velocidad en modo manual.



**Fuente** (Autores, 2015)

En el panel frontal de Labview aparecerán los datos simulados de velocidad medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de velocidad mediante el sensor encoder.

**Figura N° 57** Visualización del panel frontal para el control de velocidad.

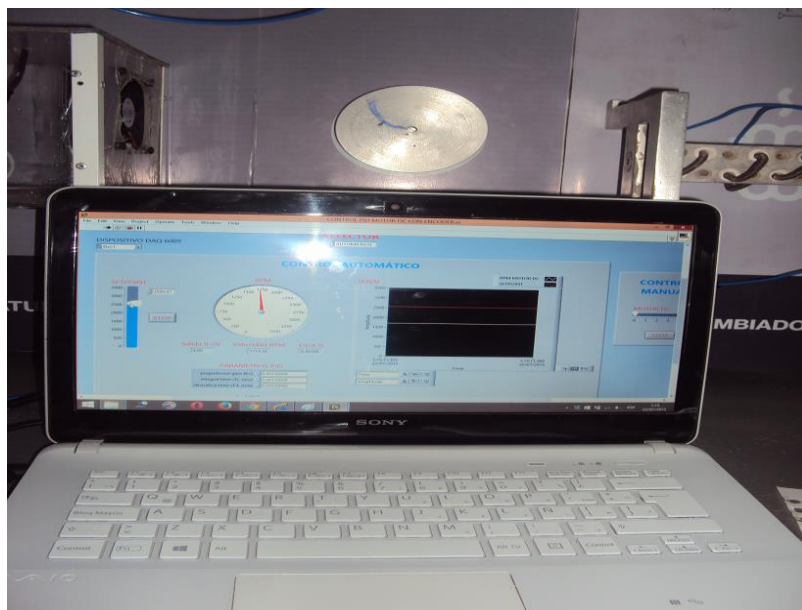


**Fuente:** (Autores, 2015)

#### 4.7.2.5 Prueba de hardware y software del sistema de velocidad de un motor dc.

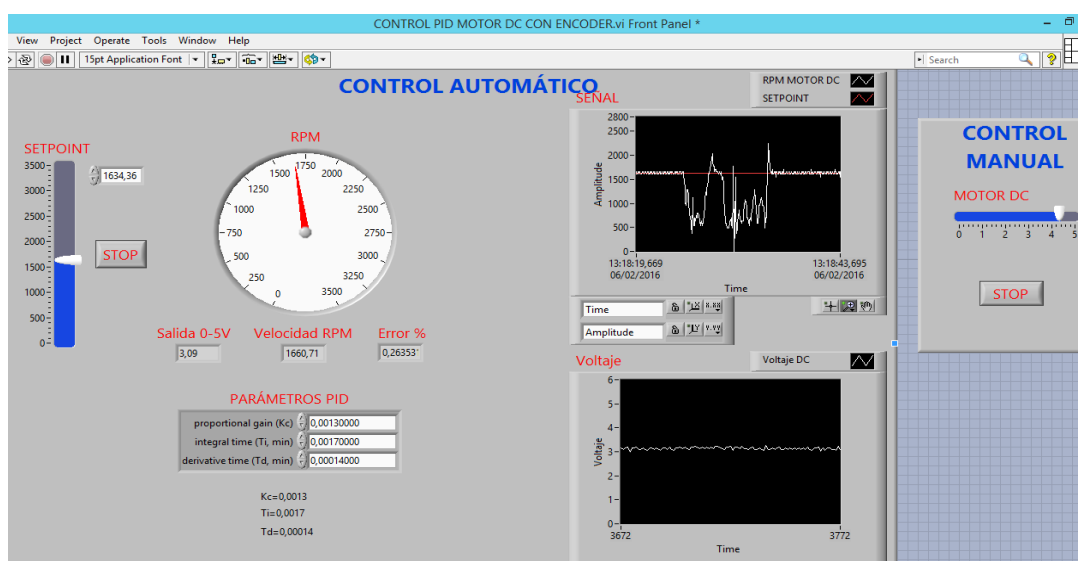
Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 58** Funcionamiento del módulo de velocidad mediante PID



**Fuente:** (Autores, 2015)

**Figura N° 59** Funcionamiento del software mediante PID



**Fuente:** (Autores, 2015)

### 4.7.3 Diseño y construcción del módulo de intercambiador de calor

#### 4.7.3.1 Diseño electrónico.

##### 4.7.3.1.1 Elementos y materiales

- Relé
- Diodo común
- Transistor amplificador
- Resistencia de  $1k\Omega$
- una borneras de un pin
- Espadines macho

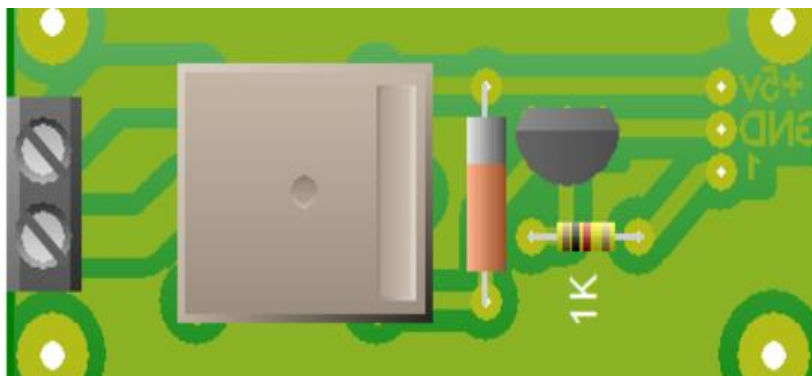
##### 4.7.3.1.2 Herramientas

- Cautín
- Estaño
- Taladro
- Broca
- Ácido sulfúrico

##### 4.7.3.1.3 Diseño de la placa

1. Se procede hacer el diseño del circuito y a simular tal como se muestra a continuación.

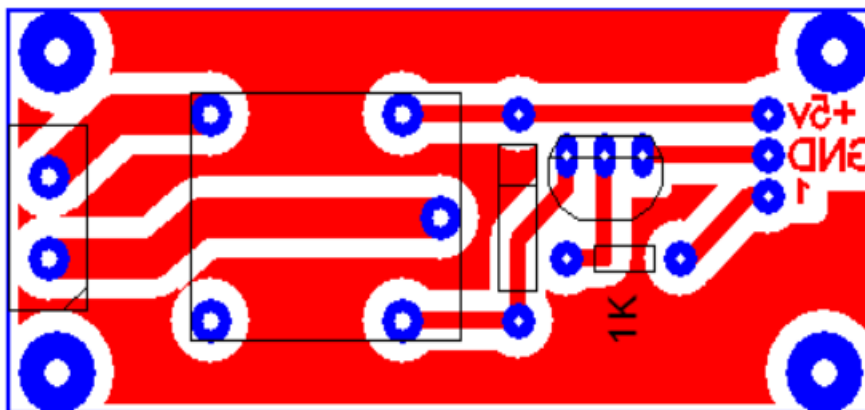
**Figura N° 60** Diseño del circuito de control para el relé, sensor Lm 35.



**Fuente:** (Autores, 2015)

- Se procede a hacer el diseño de la placa en el programa pcbwizard para posteriormente proceder a realizar una impresión para proceder a estamparlo en la placa de cobre a base de calor como se aprecia en la figura N°61.

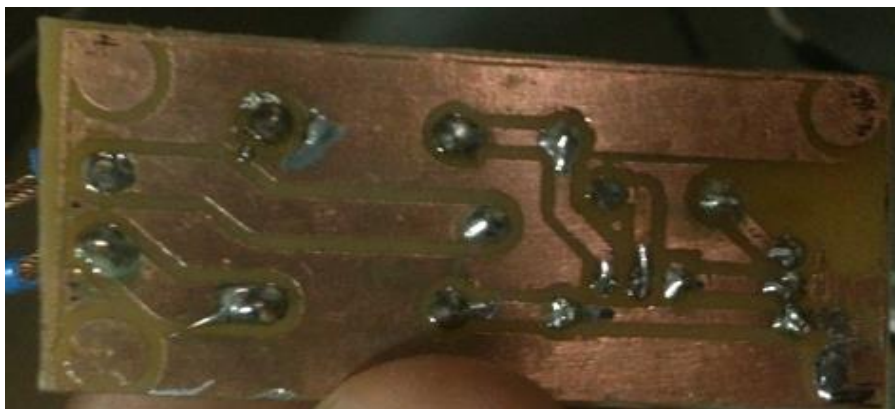
**Figura N° 61** *Diseño del circuito en el programa pcbwizard*



**Fuente:**(Autores, 2015)

- Una vez realizado el diseño de la placa se procedió a poner todos los elementos en su lugar y a soldar con estaño para su acabado tal como se muestra en la figura N° 62.

**Figura N° 62** *Placa soldada y terminado de la placa*

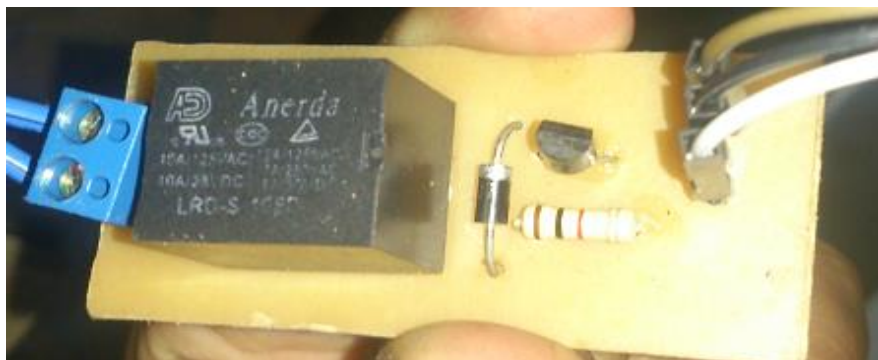


**Fuente:**(Autores, 2015)

- Se procedió a conectar todos los cables tanto del relé, sensor Lm 35 y conectores que comunican al circuito con la NI Daq 6009 tal como se muestra en la figura N° 63.



**Figura N° 63** Circuito electrónico conectado todos los elementos



**Fuente:** (Autores, 2015)

#### **4.7.3.2 Construcción del prototipo de intercambiador de calor**

Para la construcción del prototipo de intercambiador de calor se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

##### **4.7.3.2.1 Elementos y materiales**

- Pieza de Cobre fundido
- Pieza de Aluminio fundido
- Pernos Avellanados
- Niquelina
- Pernos de sujeción
- Mullos de cerámica
- Cable

##### **4.7.3.2.2 Herramientas**

- Hexágonos
- Destornillador estrella- plano
- Taladro
- Brocas
- Lija
- Amoladora
- Flexómetro
- Escuadra

#### 4.7.3.2.3 Ensamblado y construcción

1. Primero se procedió hacer el diseño donde van los elementos para simular una máquina u objeto que emita calor hacia otro objeto para simular el intercambio de calor como puede ser, las máquinas en la industria.

**Figura N° 64** *Diseño del objeto de intercambio de calor*



Fuente:(Autores, 2015)

2. Se procedió a seleccionar las piezas de cobre, y aluminio tal como se muestra en la figura N°65.

**Figura N° 65** *Piezas de cobre y aluminio.*



Fuente:(Autores, 2015)

3. Una vez terminado de seleccionar las piezas, tanto las piezas de aluminio como cobre se procedió a acoplar todo el prototipo tal como se muestra en la figura N° 66.

**Figura N° 66** *Acople de las piezas al prototipo*



**Fuente:** (Autores, 2015)

4. Se procedió a instalar todos los elementos como las niquelina, tornillos, pernos avellanados, conexiones y cableado tal como se muestra en la figura N°67.

**Figura N° 67** *Instalación de elementos en el tablero didáctico*

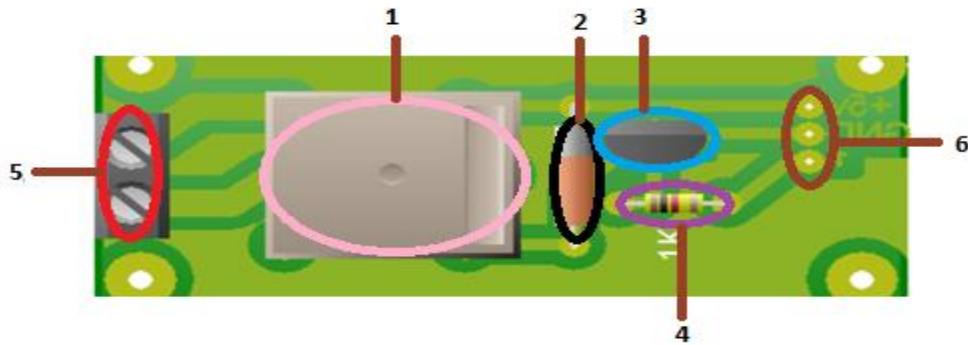


**Fuente:**(Autores, 2015)

#### 4.7.3.3 Configuración y esquema de conexión

Se procederá a indicar todo el sistema de conexión, elementos que componen la tarjeta de control de intercambiador de calor

**Figura N° 68** *Partes de los elementos de la placa de intercambiador de calor*



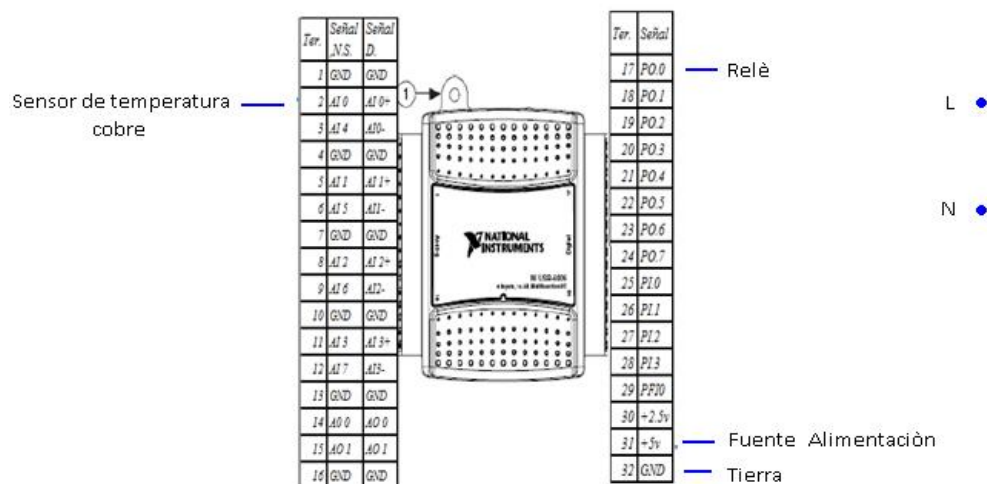
**Fuente:** (Autores, 2015)

1. Relé
2. Diodo común
3. Transistor amplificador
4. Resistencia de  $1k\Omega$
5. una borneras de un pin
6. Espadines macho

### Cableado y esquemas de conexión tablero y Daq 6009.

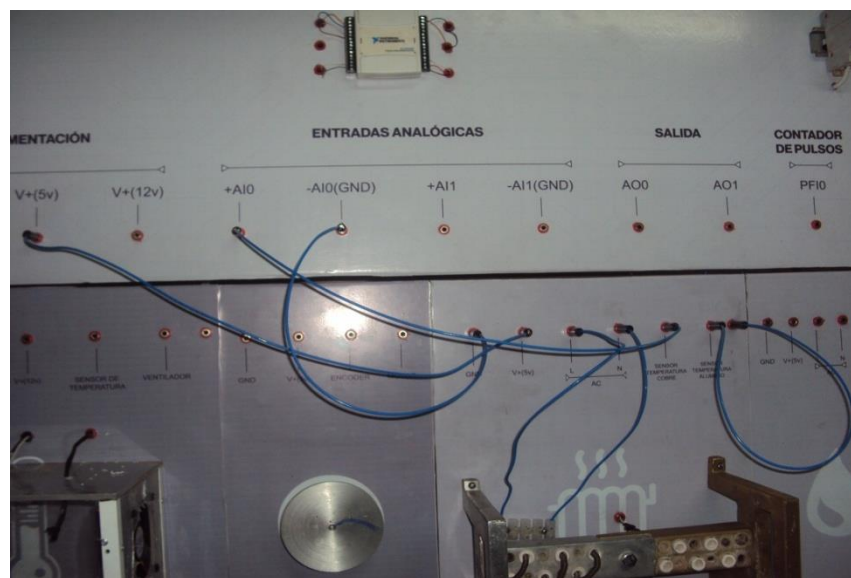
Esquema de conexión de elementos y conectores de los elementos de intercambiador de calor.

**Figura N° 69** Conexión en Daq 6009



Fuente (Autores, 2015)

Figura N° 70 Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico.

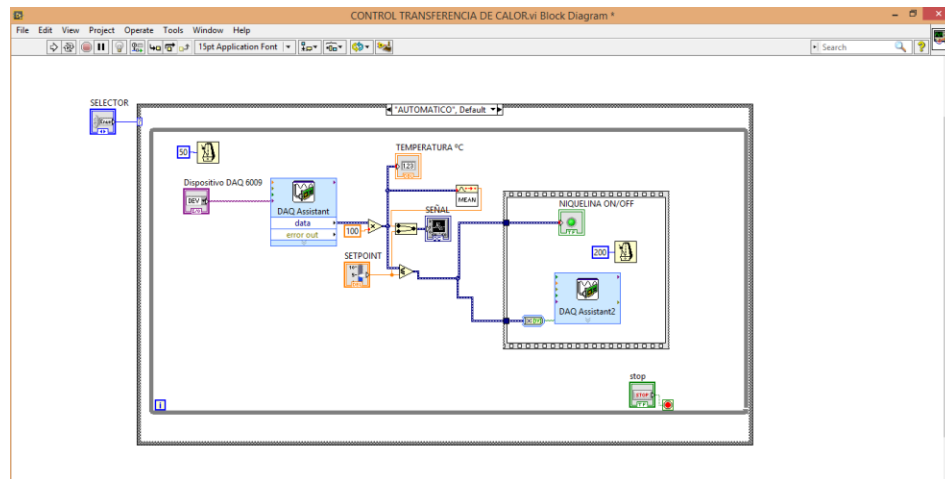


Fuente (Autores, 2015)

#### 4.7.3.4 Diseño del interfaz Labview

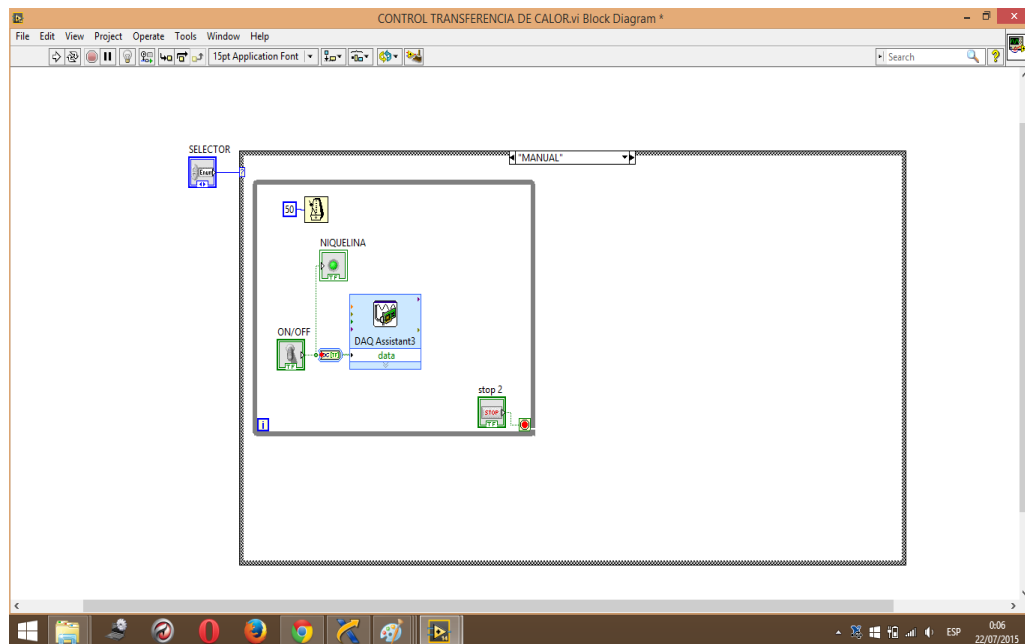
Se procedió a representar el diseño de interfaz Labview con todos sus elementos gráficos, se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, Im 35, daqassistant, grafica, output range, para el diseño en el diagrama de bloques de Labview. A continuación se muestra gráficamente el diseño del programa para el control automático de intercambiador de calor.

Figura N° 71 Block diagram de transferencia de calor en automático.



Fuente (Autores, 2015)

Figura N° 72 Block diagram de transferencia de calor en manual.



Fuente (Autores, 2015)

En el panel frontal de Labview aparecerán los datos simulados de intercambiador de calor medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de cambio de calor.

Figura N° 73 Panel frontal de transferencia de calor en Labview.

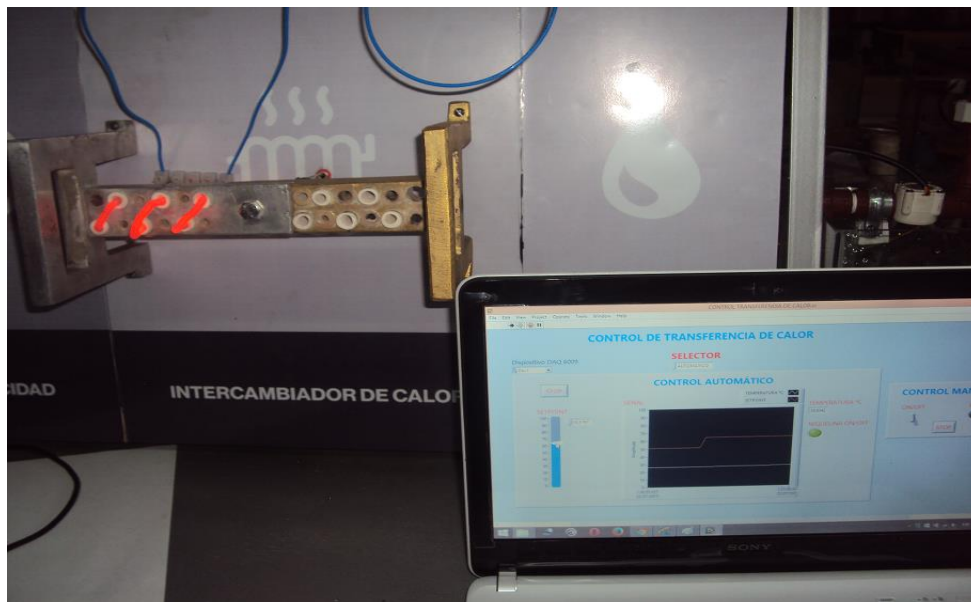


Fuente (Autores, 2015)

#### 4.7.3.5 Prueba de hardware y software del sistema de intercambiador de calor.

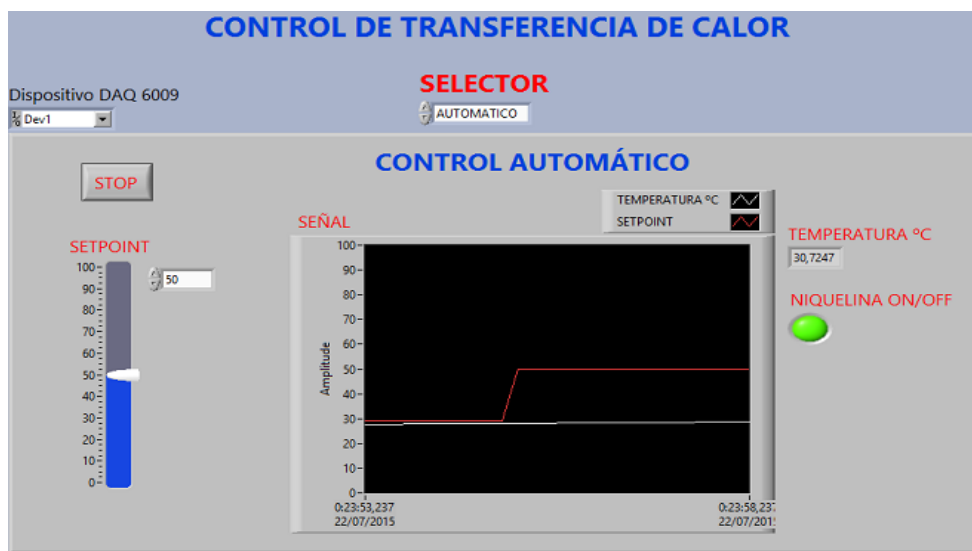
Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 74** Funcionamiento del hardware con interfaz en labview mediante PID.



Fuente (Autores, 2015)

**Figura N° 75** Funcionamiento del software de transferencia de calor por PID



Fuente (Autores, 2015)

#### 4.7.4 Diseño y construcción del módulo de temperatura

##### 4.7.4.1 Diseño electrónico.

###### 4.7.4.1.1 Elementos y materiales

- IBT – 2 puente con Arduino
- Arduino
- Disipadores de aluminio
- Capacitor electrolítico
- dos borneras de dos pines
- Espadines macho
- Capacitores
- Conectores

###### 4.7.4.1.2 Herramientas

- caudín
- estaño
- Taladro
- Broca
- Ácido sulfúrico
- Plancha

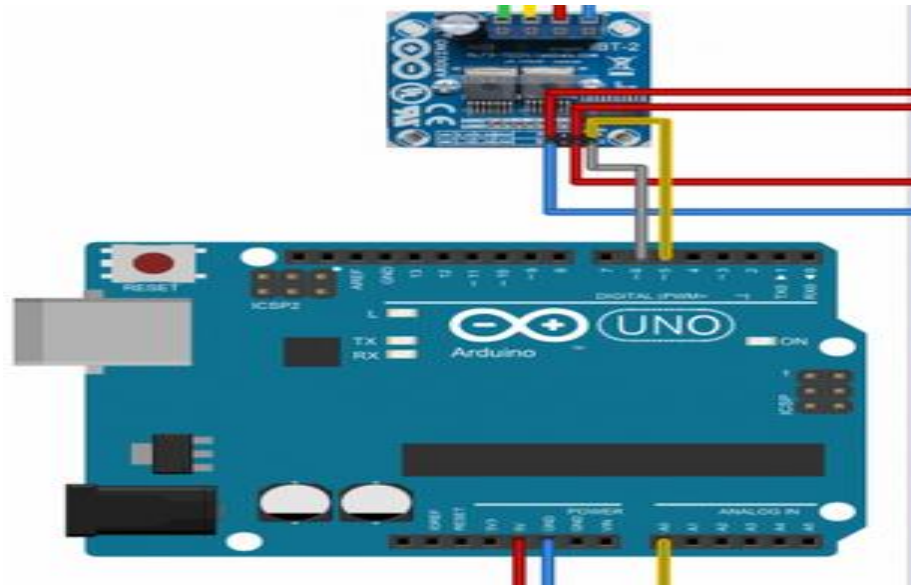


- 

#### ***4.7.4.1.3 Diseño de la placa***

1. Se procede hacer el diseño del circuito y a simular tal como se muestra a continuación.

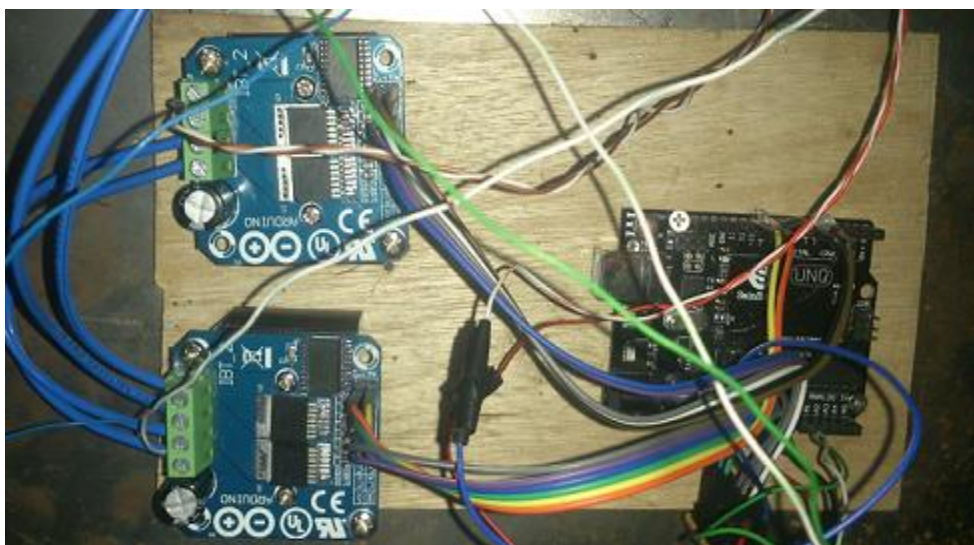
**Figura N° 76** *Diseño del circuito de control para la intensidad, sensor Lm 35y ventiladores*



**Fuente:** (Autores, 2015)

2. Una vez realizado el diseño de la placa se procedió a conectar todos los elementos en su lugar y a soldar con estaño para su acabado tal como se muestra en la figura N° 77.

**Figura N° 77** *Placa soldada y terminado de la placa*



**Fuente:** (Autores, 2015)

#### ***4.7.4.2 Construcción del prototipo de temperatura***

Para la construcción del prototipo de temperatura se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

##### ***4.7.4.2.1 Elementos y materiales***

- Mica plástica
- Ángulo de aluminio de 1/8
- Ventiladores de 12vDC
- Pegante Silicona en barra líquida
- Focos incandescentes
- Tornillos
- Tuercas
- Rodelas
- Remaches de aluminio
- Cable

##### ***4.7.4.2.2 Herramientas***

- Sierra
- Destornillador estrella- plano
- Taladro
- Muela de vástago en forma cónica
- Brocas
- Remachadora
- Lija
- Amoladora
- Flexómetro
- Escuadra
- Cinta adhesiva

#### 4.7.4.2.3 Ensamblado y construcción

1. Se procede a hacer el diseño de la caja donde van todos los elementos para simular un ambiente cerrado como un cuarto de máquinas en la industria tal como se aprecia en la figura N°78.

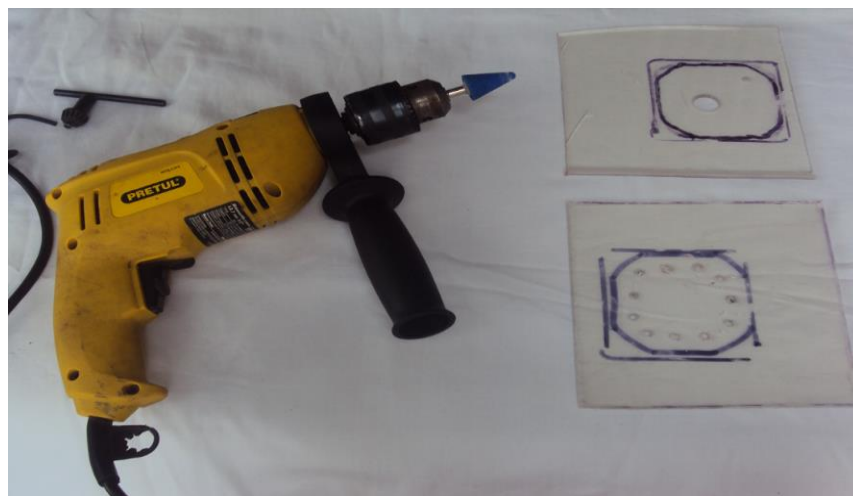
**Figura N° 78** Caja de mica plástica



**Fuente:**(Autores, 2015)

2. Se procede a coger las medidas de los ventiladores para realizar el corte del agujero en la mica de plástico tal como se muestra en la figura N° 79.

**Figura N° 79** Huecos en la mica para intercalar los ventiladores



**Fuente:** (Autores, 2015)

3. Se procede a ensamblar y pegar con la silicona y utilización de cinta adhesiva para que este firme hasta que se adhiera, se procedió a armar y empotrar los ventiladores con los pernos para una mejor sujeción tal como se muestra en la figura N° 80.

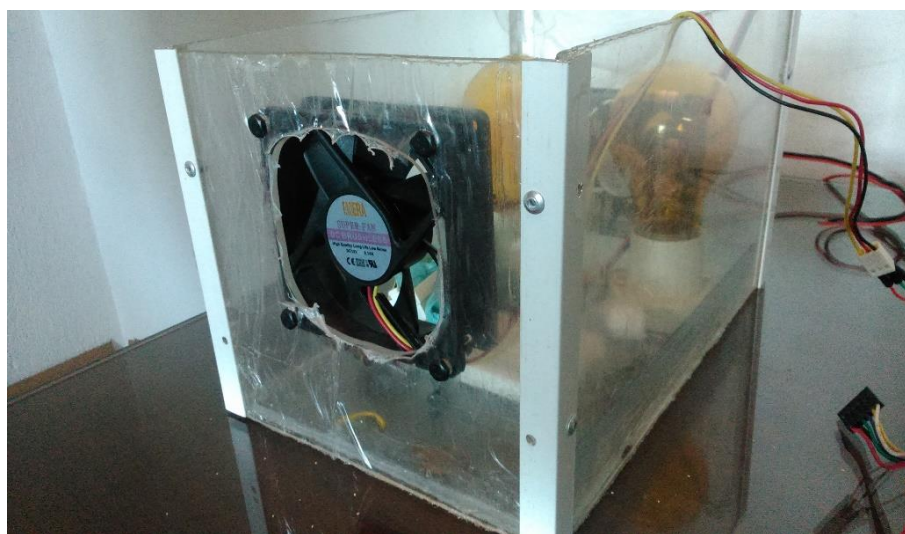
**Figura N° 80** *Armazón de la caja de mica con los ventiladores*



**Fuente:** *(Autores, 2015)*

4. A continuación en la figura N°81 se observa el proceso de sujeción con los remaches de aluminio a los ángulos de aluminio en los lados de la caja para mejor sujeción.

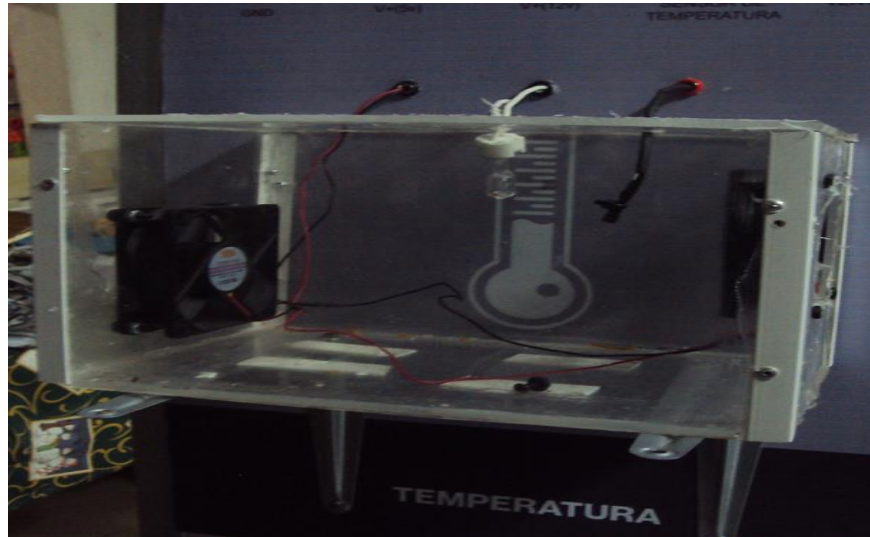
**Figura N° 81** *Remaches en los ángulos de aluminio.*



**Fuente:***(Autores, 2015)*

5. Se procedió a instalar todos los elementos como las boquillas, focos incandescentes, conexiones y cableado tal como se muestra en la figura N°82.

**Figura N° 82** *Conexiones de los focos incandescentes*



**Fuente:** (Autores, 2015)

#### 4.7.4.3 Configuración y esquema de conexión.

Se procederá a indicar todo el sistema de conexión, elementos y diseño de interfaz de todo el módulo de temperatura.

**Figura N° 83** *Esquema de conexión de control para la temperatura ambiente, sensor Lm35*



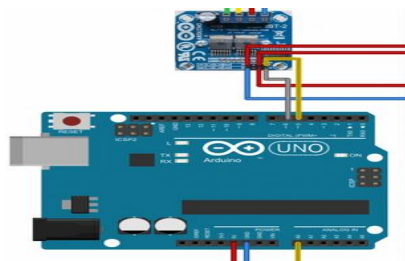
**Fuente:** (Autores, 2015)

Elementos que componen la tarjeta de control de temperatura

1. IBT – 2 puente con Arduino
2. Arduino
3. Disipadores de aluminio
4. Capacitor electrolítico
5. dos borneras de dos pines
6. Espadines macho

**Fuente** (Autores, 2015)

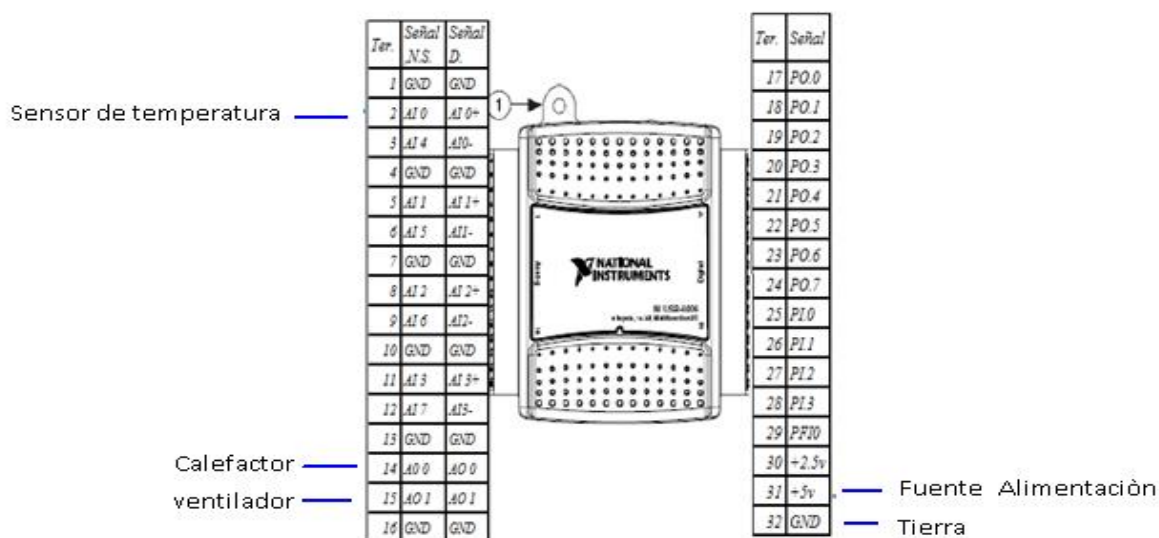
**Figura N° 84** Partes numeradas de todos los elementos de la placa de temperatura



**Fuente** (Autores, 2015)

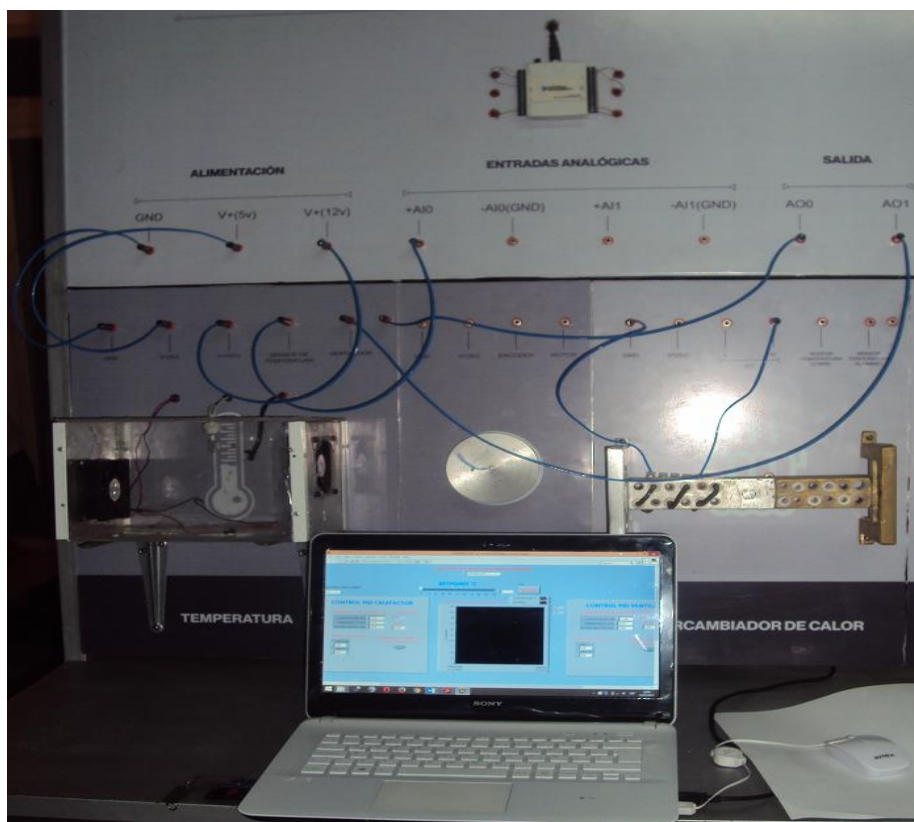
**Cableado y esquemas de conexión tablero y Daq 6009.**

**Figura N° 85** Esquema de conexión de elementos electrónicos.



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 86** Visualización de conexión de temperatura mediante cableado externo didáctico



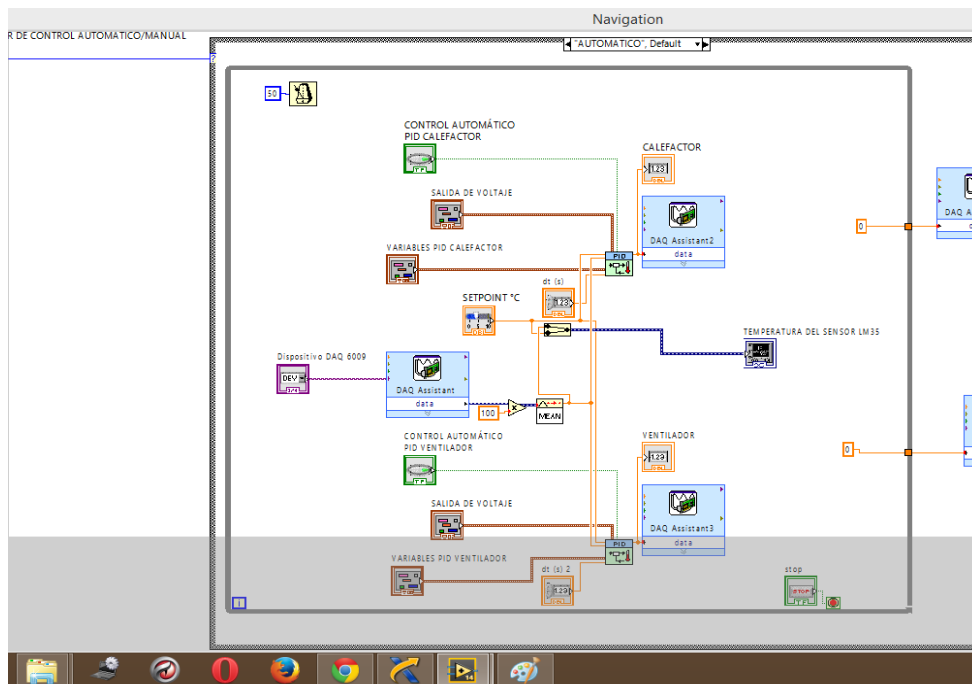
**Fuente** (Autores, 2015)

#### 4.7.4.4 Diseño del interfaz Labview

Se procedió a representar el diseño de interfaz Labview con todos sus elementos gráficos, se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, lm 35, daqassistant, grafica, output range, para el diseño en el diagrama de bloques de Labview. A continuación se muestra gráficamente el diseño del programa para el control automático de temperatura.

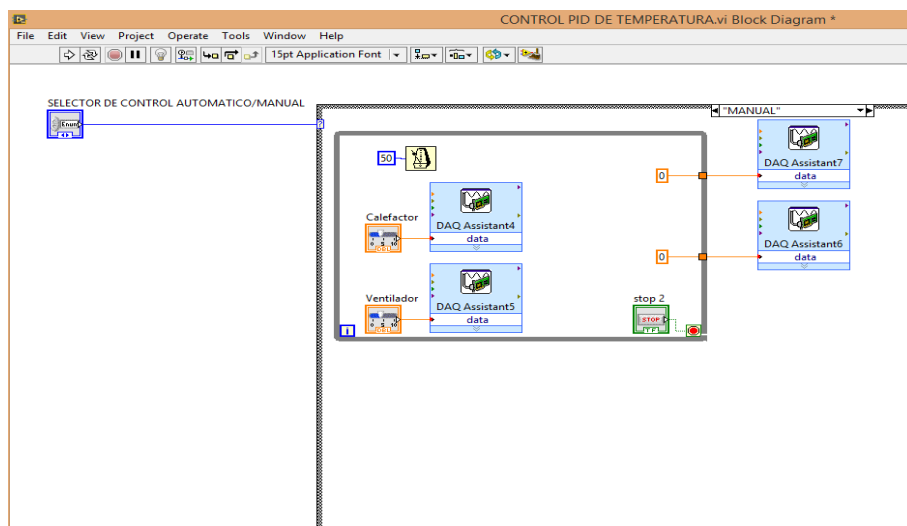


**Figura N° 87** Diseño de ventana del sistema automático de temperatura.



Fuente (Autores, 2015)

**Figura N° 88** Diseño de ventana del sistema manual de temperatura.



Fuente (Autores, 2015)

En el panel frontal de Labview aparecerán los datos simulados de intercambiador de calor medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de temperatura ambiente.

**Figura N° 89** Panel frontal del módulo de temperatura.



**Fuente** (Autores, 2015)

#### 4.7.4.5 Prueba de hardware y software del sistema de temperatura.

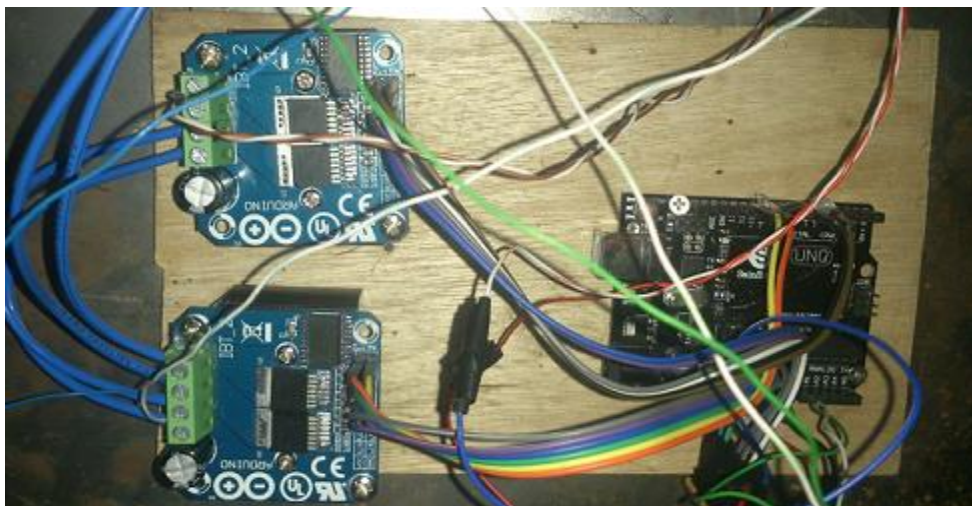
Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 90** Funcionamiento del sistema automático por medio de PID.



**Fuente** (Autores, 2015)

**Figura N° 91** Placa soldada y terminado de la placa



F

**Fuente** (Autores, 2015)

#### 4.8 Sintonización del PID mediante Zingel Nichol

Para realizar la sintonización mediante Zingles Nichol optó como referencia el módulo de velocidad

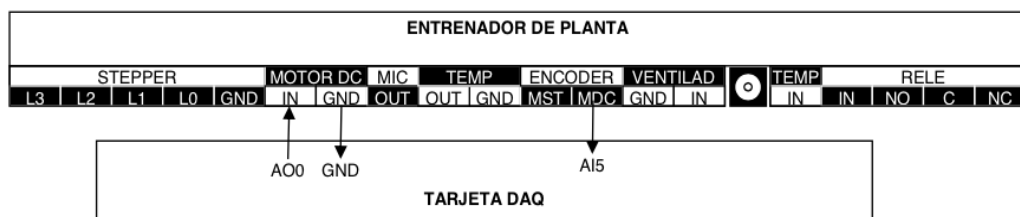
##### 4.8.1 Fundamento

Para controlar una variable que carece de especificaciones de fábrica como la inductancia, inercia del eje, resistencia de armadura, amortiguamiento por fricción viscosa; se requiere de varias pruebas experimentales para obtener distintos valores de ganancias PID hasta encontrar algunos que estén dentro del rango aceptado.

##### 4.8.2 Conexión

En la siguiente figura se podrá observar la conexión del motor dc y el encoder con la tarjeta DAQ 6009

**Figura N° 92** Conexión del motor a la DAQ



Fuente:(Autores, 2015)

### 4.8.3 Calibración PID

- Se debe Conectar una salida analógica de la tarjeta DAQ a la entrada de control del Motor DC. En este ejemplo se utiliza la salida analógica número cero (AO0) de la tarjeta instalada como Device 1; la referencia GND de la tarjeta DAQ a la referencia GND del Encoder y la salida del encoder del Motor DC a una entrada analógica de la tarjeta DAQ. En este ejemplo se utiliza la entrada analógica número cinco (AI5) y por último la fuente de poder.
- En el panel frontal se selecciona el valor de velocidad al cual se necesita que llegue el Motor, mediante el control numérico tipo Slide Setpoint este indicador numérico indica la velocidad a la que el Motor está girando, también indica el voltaje de salida de la tarjeta DAQ al Motor DC.
- Los controles numéricos Ganancias PID contiene los valores de constantes Proporcional  $K_c$ , Tiempo Integral  $T_i$  (en minutos), y el Tiempo Derivativo  $T_d$  (en minutos).
- El indicador gráfico muestra el valor de Setpoint (velocidad deseada) y el valor de Velocidad (velocidad real), ambas en RPM.

En la siguiente tabla podemos observar la calibración PID método **Ziegler-Nichols**

**Tabla 5** Valores de sintonización

Tipo de Controlador	$K_c$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5K_{cr}$	inf	0
PI	$0.45K_{cr}$	$1/1.2 P_{cr}$	0
PID	$0.6K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

Fuente:(Autores, 2015)

Aplicando la tabla recomendada por Ziegler-Nichols se obtienen los siguientes valores (notar que el método proporciona  $T_i$  y  $T_d$  en segundos, mientras que el controlador PID de LabVIEW especifica sus ganancias  $T_i$  y  $T_d$  en minutos).

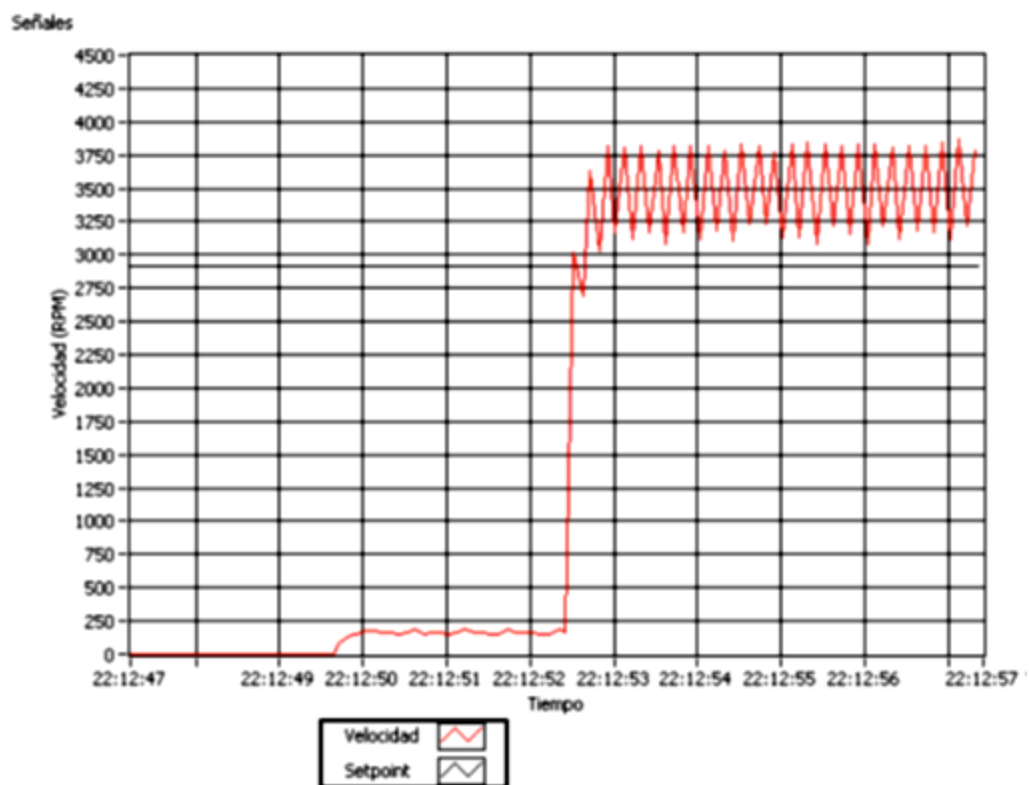
Para hallar valores de las Ganancias PID se asigna a  $K_c=0$ ,  $T_i=999999$ ,  $T_d=0$

Al momento de cambiar los valores de Setpoint. Se observa que el Voltaje no varía, pues no existe acción de control con  $K_c=0$ .

Para Hallar un valor de ganancia proporcional  $K_c$  crítico, llamado  $K_{cr}$ , se recomienda empezar por la unidad, y a continuación ir en aumentando o disminuyendo en de potencias de 10 hasta encontrar  $K_{cr}$ . Para crear la función escala se puede colocar el valor de Setpoint en 0, correr el programa, e ingresar un valor de 3000 en Setpoint y observar la respuesta.

En la siguiente figura se obtendrá una señal similar a la siguiente:

**Figura N° 93**  $K_c=1$

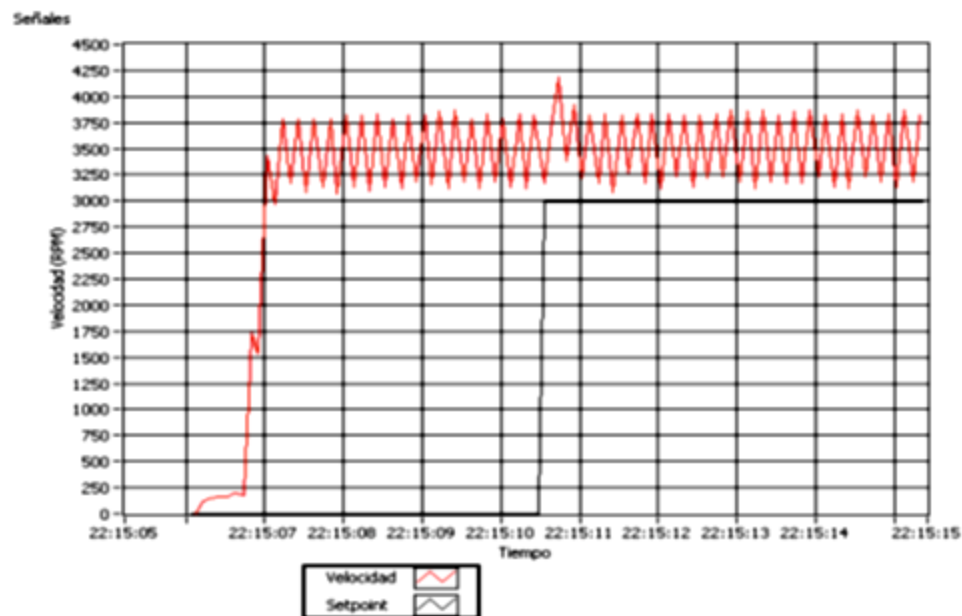


**Fuente** (Autores, 2015)

Como se puede observar, la salida varía periódicamente, así que se debe decrecer en una potencia de 10 para confirmar si la señal aún varía periódicamente

En la siguiente figura se obtendrá una señal similar a la siguiente

**Figura N° 94**  $K_c=0.1$ .



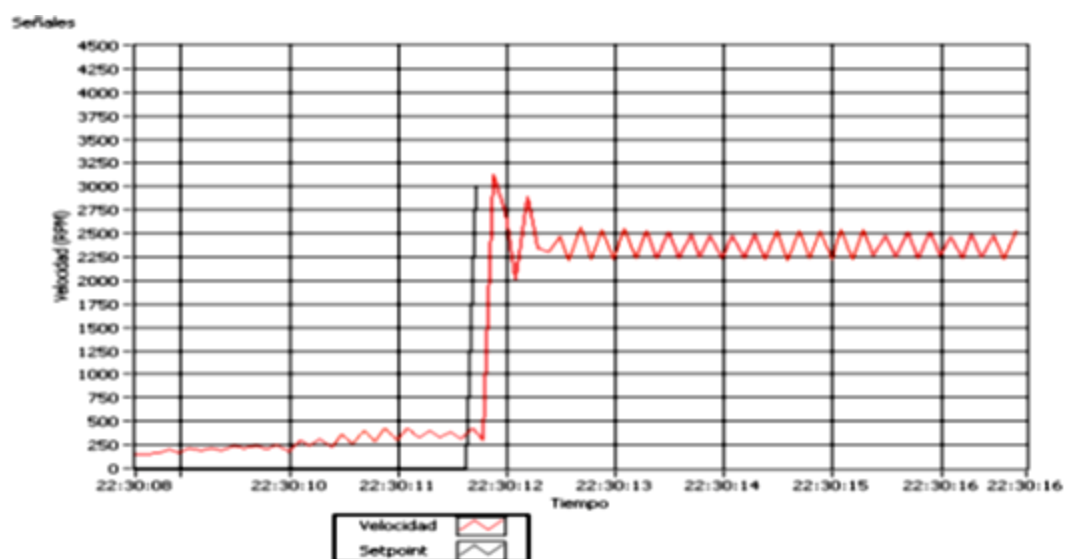
**Fuente:**(Autores, 2015)

Como se puede observar, la señal aún varía periódicamente, así que debe decrecer en potencias de 10 hasta q la señal se estabilice al Setpoint (velocidad deseada)

La salida ya no oscila. Por lo tanto el valor de  $K_c$  crítico está en  $K_c = 0.003$

Se obtendrá una señal similar a la siguiente

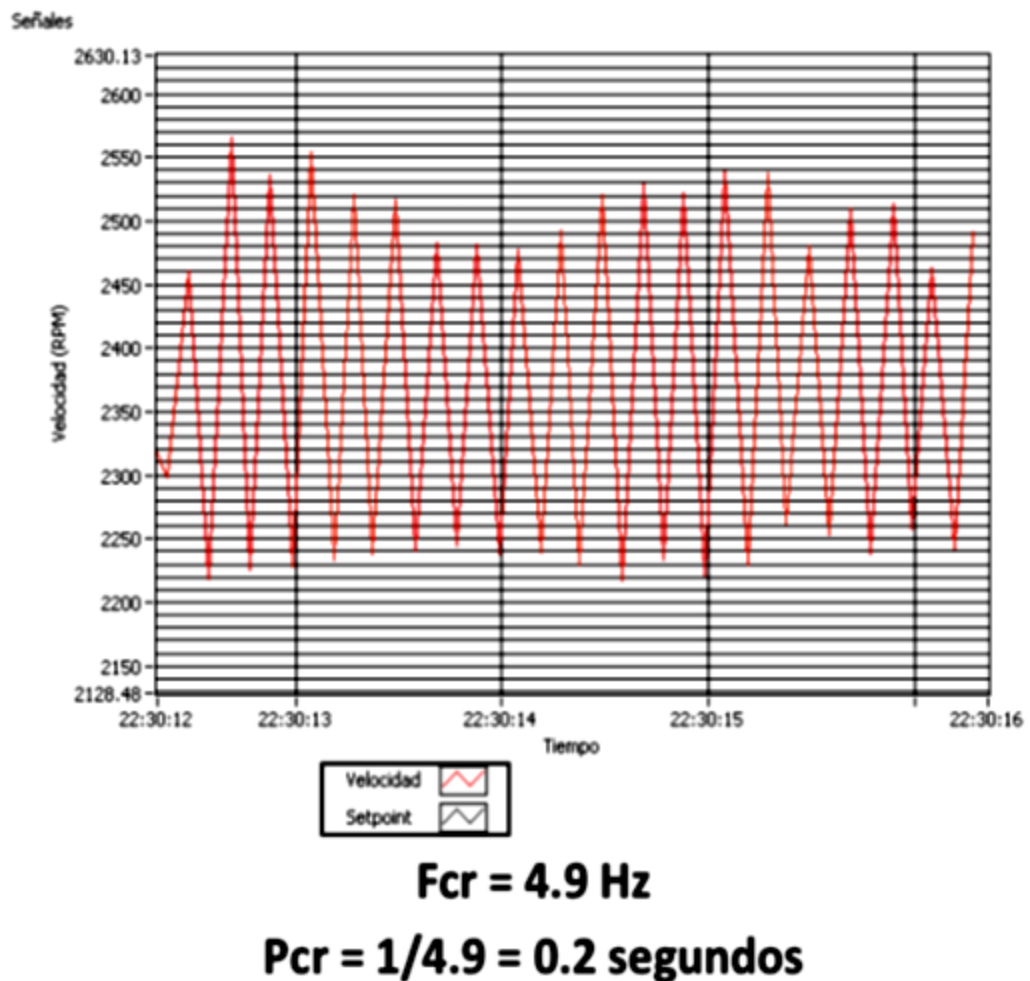
**Figura N° 95**  $K_c=0.003$



**Fuente:**(Autores, 2015)

A continuación medimos el período crítico que será el inverso de la frecuencia crítica en este caso es aproximadamente 4.9 ciclos x segundo. Las herramientas de Zoom del gráfico Señales pueden ser de mucha utilidad para medir esta frecuencia, tal como se muestra a continuación:

**Figura N° 96 Frecuencia crítica**



**Fuente:**(Autores, 2015)

Aplicando la tabla recomendada se obtienen los siguientes valores (notar que el método proporciona  $T_i$  y  $T_d$  en segundos, mientras que el controlador PID de LabVIEW especifica sus ganancias  $T_i$  y  $T_d$  en minutos).



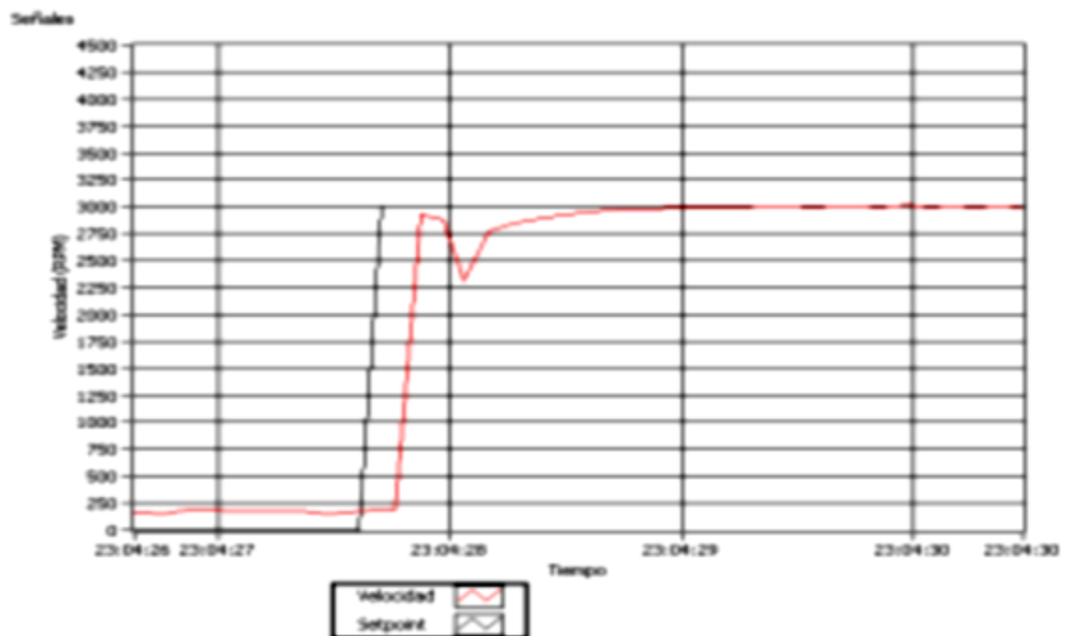
**Tabla 6** Valores medidos experimentalmente

Kcr	0.003	
Pcr	0.20	seg
Fcr	4.90	Hz

Tipo de Control	Kc	Ti(seg)	Td(seg)	Ti(min)	Td(min)
P	0.0015	Inf	0	Inf	0
PI	0.00135	0.1701	0	0.00283	0
PID	0.0018	0.10	0.03	0.00170	0.00043

**Fuente:**(Autores, 2015)

Aplicando un valor de  $K_c=0.00135$ ,  $T_i(\text{min})=0.00283$ ,  $T_d(\text{min})=0$ , se obtiene la siguiente señal de respuesta

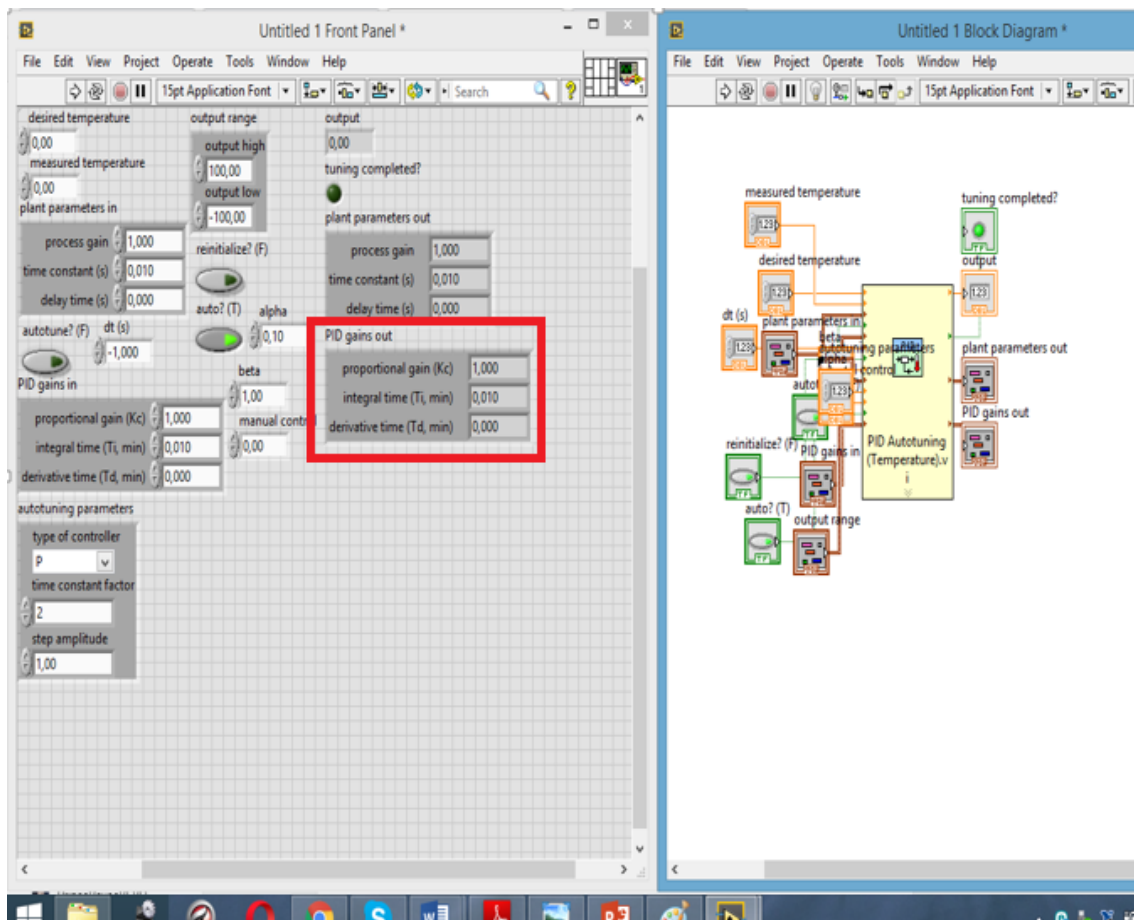
**Figura N° 97** Señal PID calibrada

**Fuente:**(Autores, 2015)

Es importante tener en cuenta que el mismo sistema de calibración sirve para calcular las ganancias PID del módulo flujo de agua y en el caso de los módulos de temperatura se

utiliza las ganancias que vienen por defecto en el programa de Labview llamado PID Autotuning Temperature VI tal como se muestran en la figura siguiente.

**Figura N° 98** Cuadro de ganancias PID



Fuente:(Autores, 2015)

## 4.9 Pruebas de funcionamiento

### 4.9.1 Practica de temperatura con el sensor Lm35 automáticamente.

#### 4.9.1.1 Objetivo.-

##### 4.9.1.1.1 General

Realizar la práctica de Temperatura para obtener resultados con la plataforma creada en Labview para obtener resultados visuales de control PID mediante programación virtual.

#### **4.9.1.1.2 Especifico**

- Hacer las conexiones mediante cableado en cada puerto asignado con su respectiva nomenclatura.
- Conectar la Daq al ordenador y se procede a correr el programa de interfaz Labview.
- Visualizar el correcto funcionamiento del módulo de temperatura tanto de la de software, estructura y del sensor el sensor Lm35.

#### **4.9.1.2 Fundamento teórico**

El foco es de 12vdc los ventiladores 12vdc, el sensor lm35 funciona con 5v DC cada conexión debe de ir conectada a su respectivo puerto, GND 5vdc tren de pulsos AI0 A00, AO1.

#### **4.9.1.3 Algoritmo.-**

- **Entrada (configura).**-Instalación del sistema automático del módulo de temperatura para la toma de datos de temperatura mediante el sensor Lm 35 y por medio de la Daq 6009.
- **Proceso (introducir).**- Funcionamiento del sensor LM 35 y análisis mediante interfaz humano máquina en interfaz Labview mediante accionamiento de todo el sistema automático.(hardware).
- **Salida (visualizar).**- Diseñar y visualizar la ventana y toma de datos en Labview con el fenómeno físico de temperatura.

#### **4.9.1.4 Contenido.-**

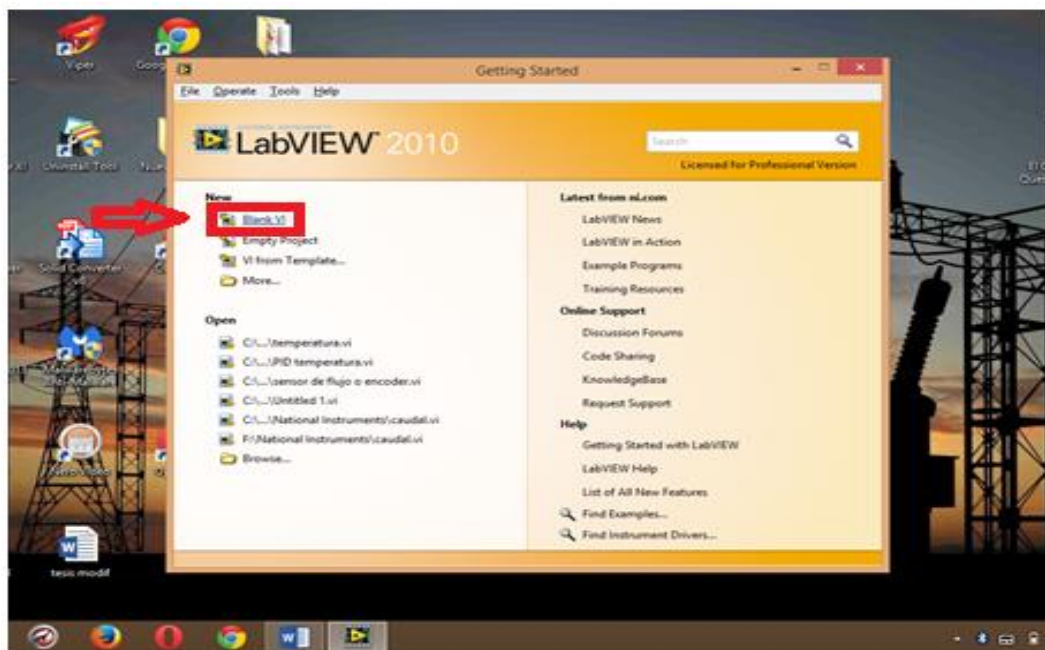
- a) Funcionamiento del sistema físico automático de temperatura con el sensor LM35.
- b) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview pasó a paso.
- c) Simulación en Labview.
- d) Prueba de hardware.
- e) Prueba de software.
- f) Resultados.

#### 4.9.1.5 Procedimiento practico

Interfaz humano maquina

- a) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview pasó a paso.
1. Para la creación de la ventana de visualización de datos en Labview se procede a conectar la DAQ ni 6009 al módulo de temperatura y a abrir el programa Labview donde se elige crear un nuevo proyecto como lo indica la figura N°99.

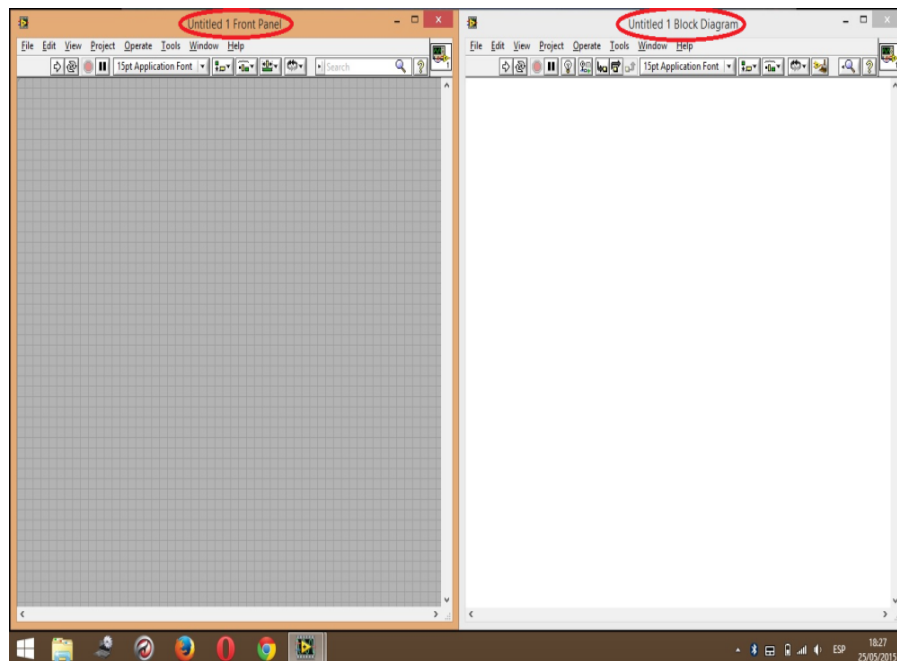
**Figura N° 99** Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual



**Fuente:** (Autores, 2015)

2. A continuación en la figura N°100 se muestra los dos paneles de diseño de software tanto el de bloque de diagrama y el de panel frontal, donde se procede a trabajar, diseñar, seleccionar y visualizar los elementos para la programación virtual del diseño de interfaz del módulo de temperatura.

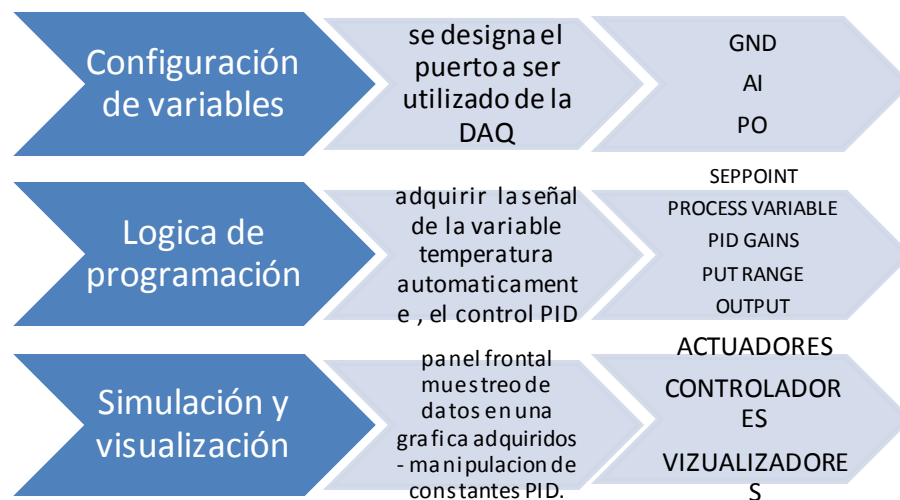
**Figura N° 100** Panel frontal y diagrama de bloques



**Fuente:** (Autores, 2015)

- En la tabla N°7 se muestra el desglose y se detalla la configuración de elementos, controladores y visualizadores de programación virtual en la ventana, para realizar la práctica.

**Tabla 7** Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview

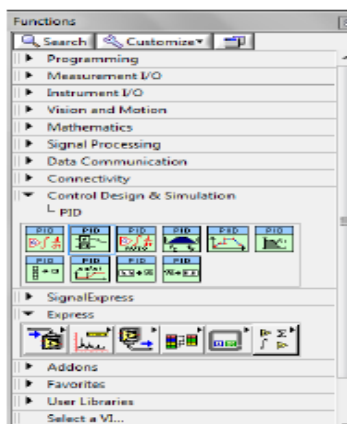


**Fuente:**(Autores, 2015)

b) Simulación en Labview.

1. Para la simulación se procede a seleccionar los elementos que se utilizó, en el block diagram de Labview es el que se muestra en la figura N°101.

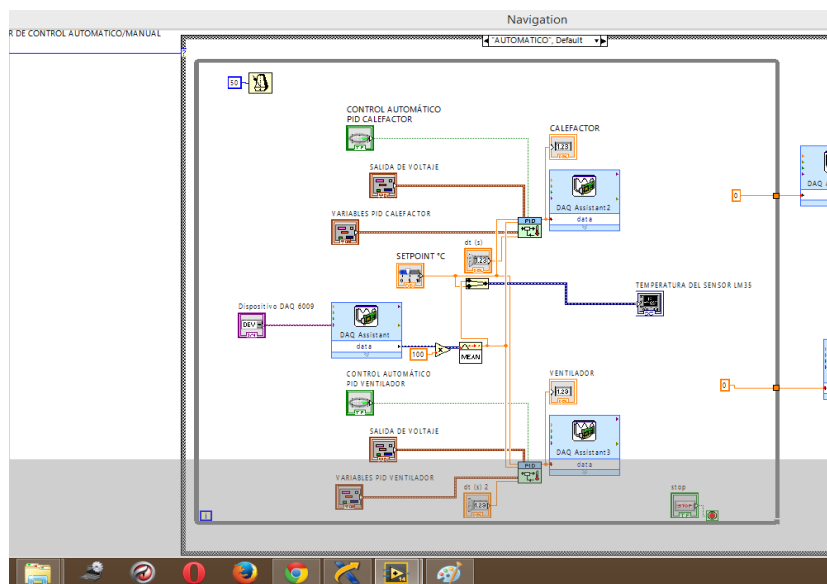
**Figura N° 101** Block diagram de Labview.



**Fuente:** (Labview)

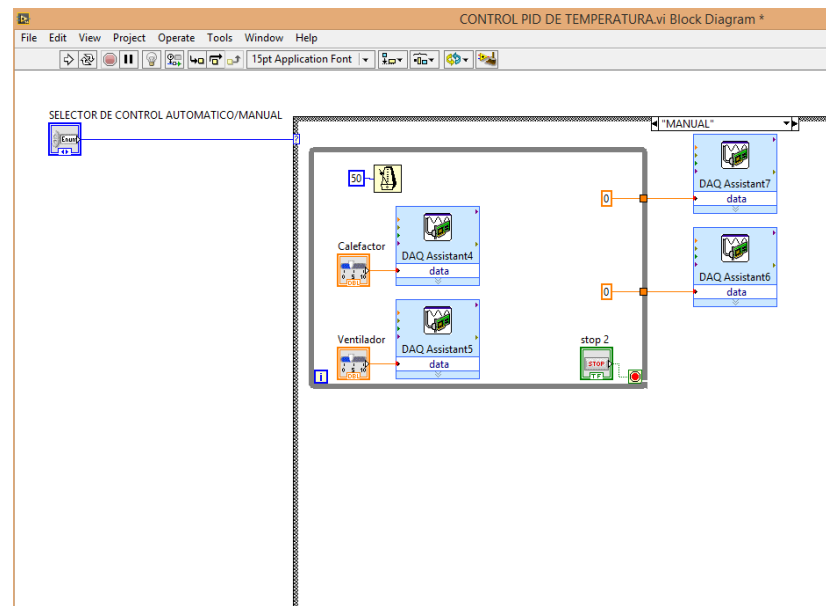
2. Se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, lm 35, daqassistant, grafica, output range. Para el diseño de ventana de control automático continuación se detalla todos los elementos a ser utilizados.

**Figura N° 102** Diseño de ventana del sistema automático de temperatura.



**Fuente:** (Autores, 2015)

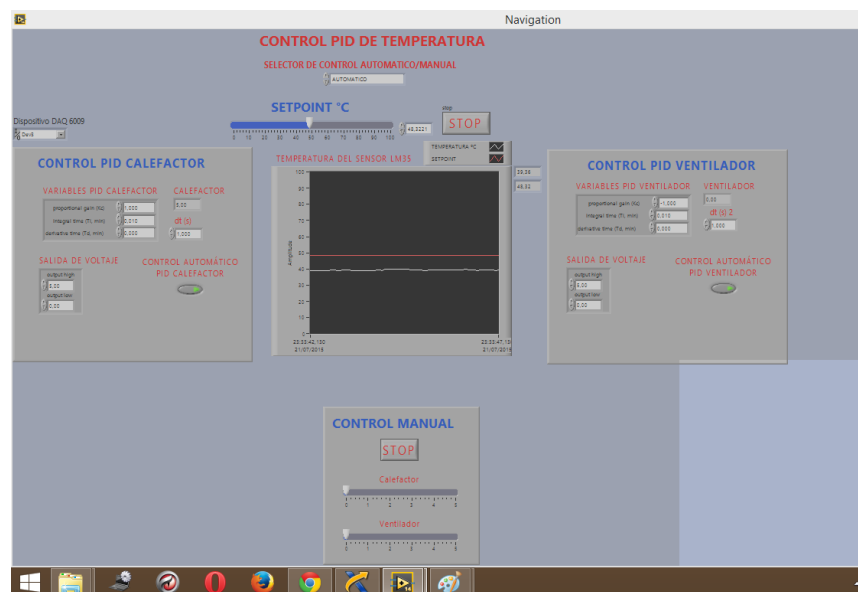
**Figura N° 103** Diseño de ventana del sistema manual de temperatura.



**Fuente:** (Autores, 2015)

- En el panel frontal de Labview aparecerá los datos de la temperatura medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de señal del valor referencial y la medida variable de temperatura.

**Figura N° 104** Panel frontal del módulo de temperatura.



**Fuente:**(Autores, 2015)

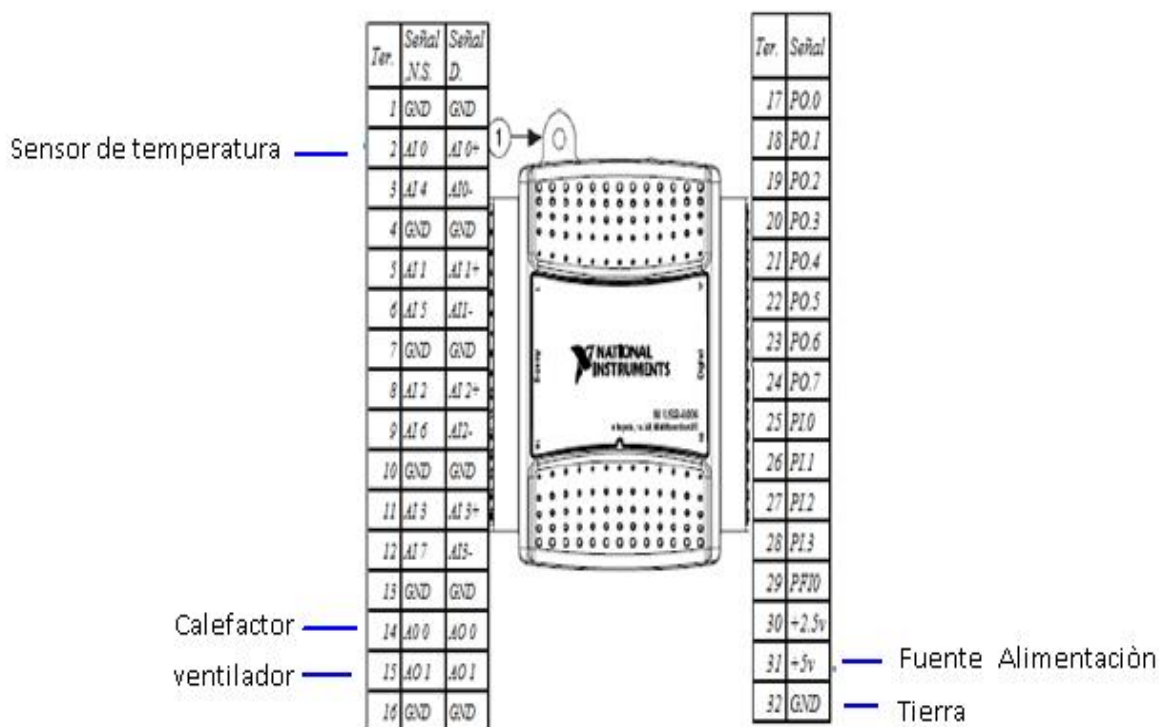
c) Funcionamiento del sistema físico automático de temperatura con el sensor LM35.

Para el funcionamiento del módulo de temperatura se utiliza el sensor LM35 y demás elementos que conforman el sistema automático de toda la plataforma de hardware, se transmitirá calor por medio de un sistema variable de focos incandescentes para simular temperatura en un ambiente cerrado y también se utilizara un sistema automático de ventilación para poder tener enfriamiento por medio de ventiladores se procederá hacer las respectivas conexiones en la NI Daq 6009 y la correcta instalación del sensor lm35, dispositivos de medición y control.

- DAQ NI USB 6009
- Lm 35

En la figura N°105 se muestra la conexión de los elementos electrónicos.

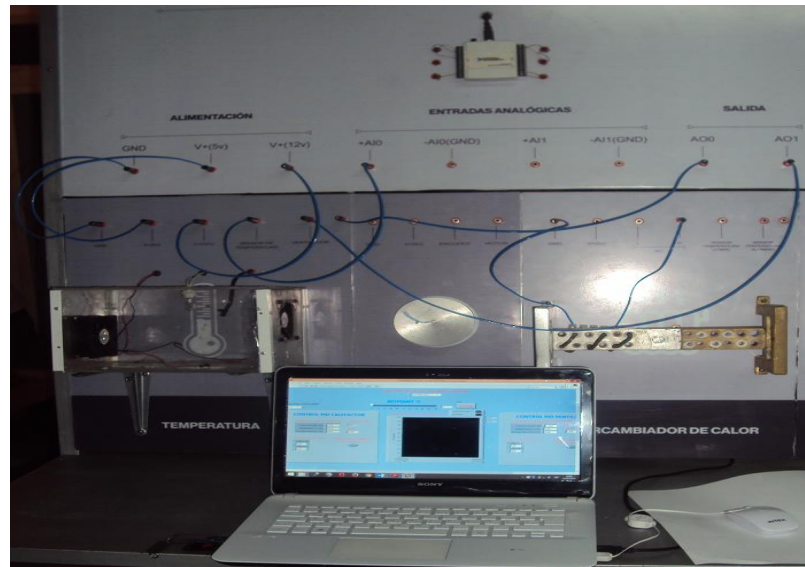
**Figura N° 105** Esquema de conexión de elementos electrónicos.



**Fuente:** (Autores, 2015)



**Figura N° 106** Visualización de conexión de velocidad mediante cableado externo didáctico



**Fuente:**(Autores, 2015)

**d)** Prueba de hardware.

Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de todo el funcionamiento del sistema automático aplicado en el módulo. En la figura N°107 se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 107** Funcionamiento del sistema automático por medio de PID.



**Fuente:** (Autores, 2015)

e) Prueba de software.

Las pruebas de software se verifican su correcto funcionamiento del módulo procediendo a realizar la práctica, en la figura N°108 la misma que muestra el correcto funcionamiento del software aplicado para el sistema automático PID de temperatura.

**Figura N° 108** Verificación de la programación del software en Labview



Fuente: (Autores, 2015)

f) Resultados.

El resultado de la práctica muestra que el módulo de temperatura funciona correctamente, el sistema automático nos ayuda a automatizar todo la parte llamada hardware de igual manera el software está bien diseñado; la simulación y visualización realizadas en Labview se ejecutan en el orden y tiempo establecidos tal como se aprecia en la plataforma de instrumentación virtual Labview.

#### 4.9.1.6 Conclusiones

El sistema de temperatura es muy preciso ya que hay que tener bien fundamentado el valor mínimo y máximo para que haga un correcto control PID, se utiliza un bjt2 y un Arduino para que el foco se pueda instalar de más potencia para tener un mejor PID de forma lineal

#### **4.9.1.7 Recomendaciones**

Se recomienda poner un foco que emita bastante calor esto se requiere de lúmenes y también se debe calibrar al sensor con una resistencia para que su lectura sea verídica.

#### **4.9.2 Practica de intercambiador de calor operando automáticamente.**

##### **4.9.2.1 Objetivo.-**

##### **4.9.2.1.1 General**

Realizar la práctica de intercambiador de calor para obtener resultados visuales de control PID mediante programación virtual.

##### **4.9.2.1.2 Especifico**

- Hacer las conexiones mediante cableado en cada puerto asignado con su respectiva nomenclatura.
- Conectar la Daq al ordenador y proceder a correr el programa de interfaz Labview.
- Visualizar el correcto funcionamiento del módulo de intercambiador de calor tanto el software, estructura y del sensor Lm35.

##### **4.9.2.2 Fundamento teórico**

La niquelina funciona a 110v AC, el sensor lm35 funciona con 5v Dc cada conexión debe de ir conectada a su respectivo puerto, gnd 5vdc tren de pulsos AI0 PO0, AO1.

##### **4.9.2.3 Algoritmo.-**

- **Entrada (configura).**- Puesta en funcionamiento del módulo de intercambiador de calor mediante accionamiento automático; con el sensor Lm 35 en el circuito para toma de datos de temperatura por medio de la NI USB Daq 6009.
- **Proceso (introducir).**- Funcionamiento del sensor lm 35 y análisis mediante interfaz humano maquina en interfaz Labview mediante operación automática del sistema.
- **Salida (visualizar).**- Diseñar y visualizar la ventana y toma de datos en Labview con el fenómeno físico de Intercambiador de calor

#### 4.9.2.4 Contenido.-

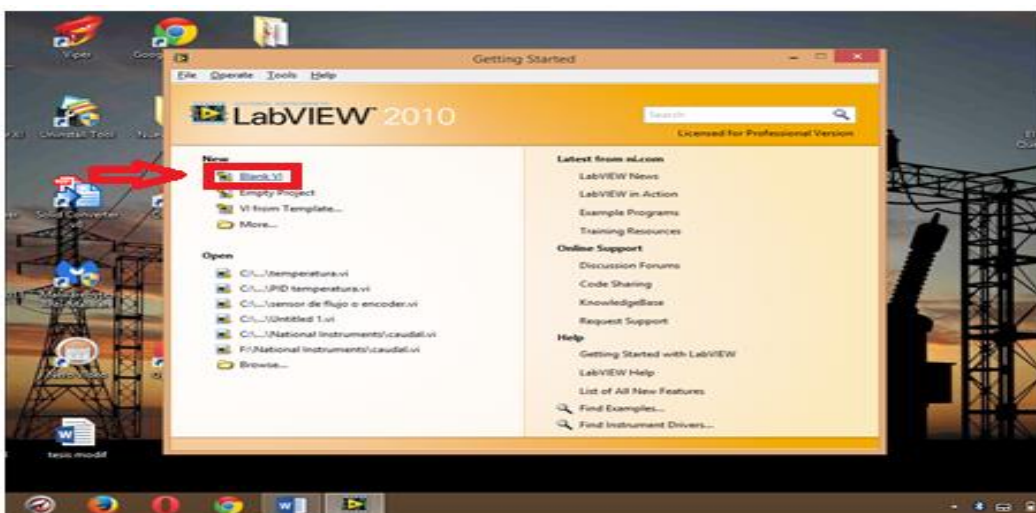
- a) funcionamiento del sistema físico de intercambiador de temperatura con dos sensores LM35 mediante accionamiento automático.
- b) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview paso a paso.
- c) Simulación en Labview.
- d) Prueba de hardware.
- e) Prueba de software.
- f) Resultados.

#### 4.9.2.5 Procedimiento práctico

Interfaz humano maquina

- a) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview paso a paso.
  1. Para la creación de la ventana de visualización de datos en Labview se procede a conectar la DAQ ni 6009 al módulo de intercambiador de calor y a abrir el programa Labview donde se elige crear un nuevo proyecto como lo indica la figura N°109.

**Figura N° 109** Creación de un nuevo interfaz de visualización

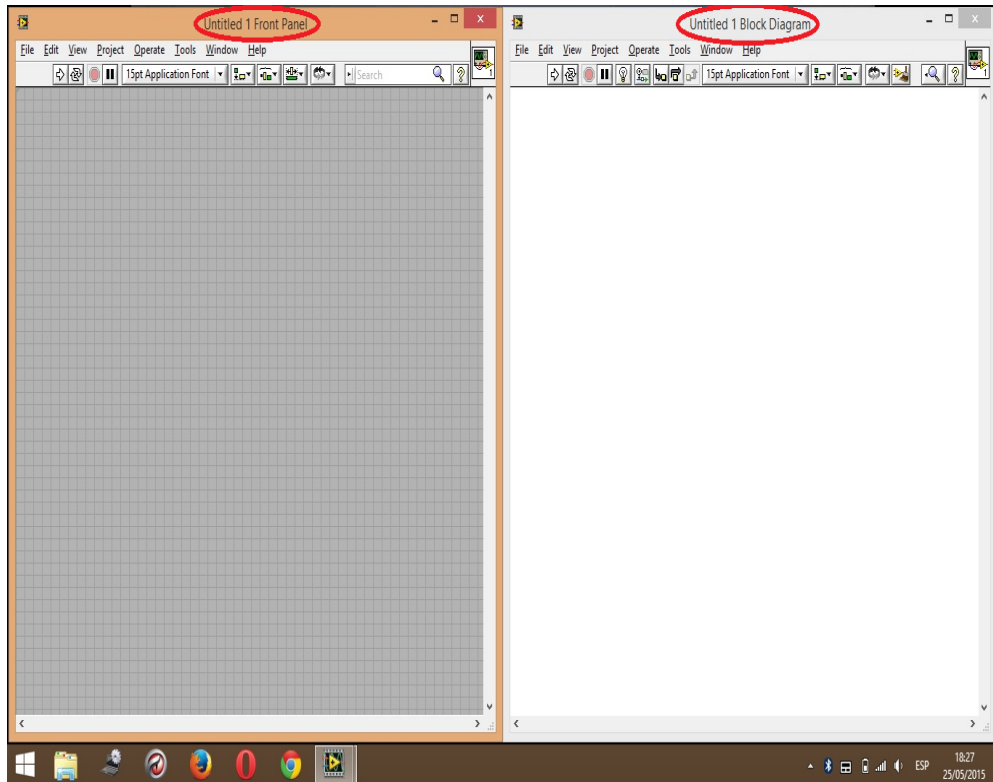


**Fuente:** (Autores, 2015)

2. A continuación en la figura N°110 se muestra los dos paneles de diseño de software tanto el de bloque de diagrama y el de panel frontal donde procederemos a trabajar,

diseñar , seleccionar y visualización de los elementos para la programación virtual del fenómeno físico de Intercambiador de calor.

**Figura N° 110** Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.



**Fuente:** (Autores, 2015)

3. En la tabla N°8 se muestra es desglose y se detalla la configuración de elementos, controladores y visualizadores de programación virtual en la ventana para realizar la práctica.

**Tabla 8** Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.

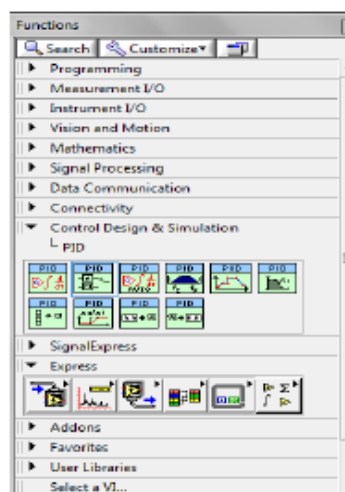


**Fuente:**(Autores, 2015)

**b)** Simulación en Labview.

1. Para la simulación se procede a coger los elementos que se utilizar, en el block diagram de Labview es el que se muestra en la figura N°111.

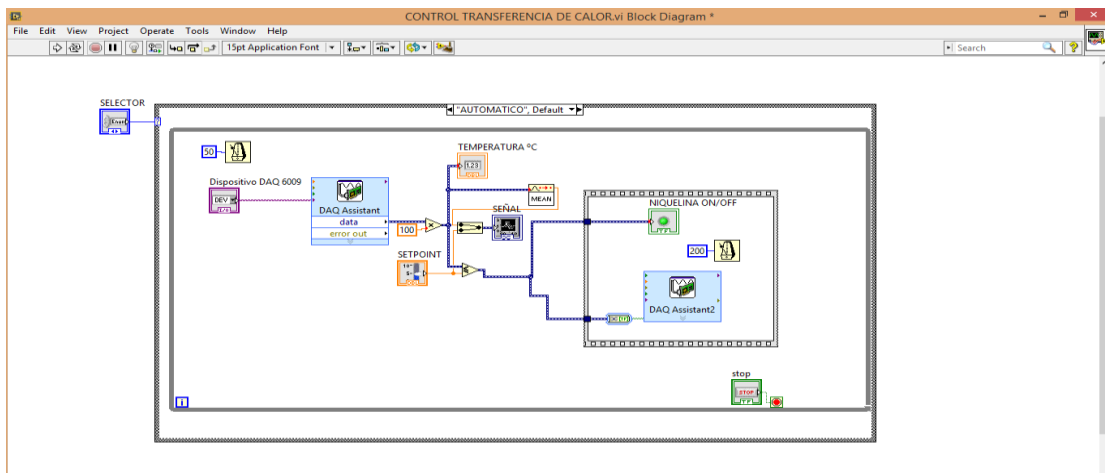
**Figura N° 111** Block diagram de Labview.



**Fuente:** (Labview)

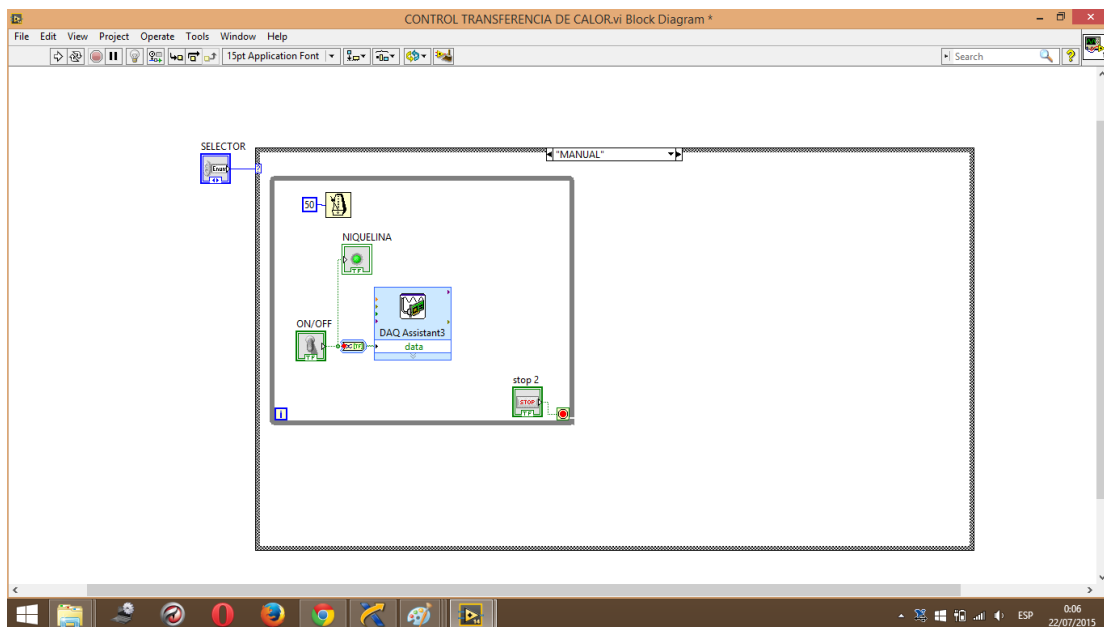
- Se selecciona todos los elementos a ser utilizados como pidgains, lm 35, daqassistant, grafica, output range. A continuación detallamos todos los elementos a ser utilizados tanto en interfaz automático como manual como se muestra en la figura N° 112.

**Figura N° 112** *Block diagram de transferencia de calor en Labview en automático.*



**Fuente:**(Autores, 2015)

**Figura N° 113** *Block diagram de transferencia de calor en Labview en manual.*



**Fuente:**(Autores, 2015)

- En el panel frontal de Labview aparecerá los datos de las dos medidas obtenidas de temperatura, medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el

usuario podrá observar la el funcionamiento de PID y constantemente las medidas de la variable constante y el valor medido de intercambiador de calor.

**Figura N° 114** Panel frontal de transferencia de calor en Labview.



**Fuente:**(Autores, 2015)

c) funcionamiento del sistema físico de intercambiador de temperatura con dos sensores LM35 mediante accionamiento automático.

Para el funcionamiento del módulo de intercambiador de calor se utilizó el sensor LM35 y demás elementos que conforma el sistema automático de toda plataforma de hardware, se transmitirá calor por medio de una niquelina para generar temperatura al cobre el mismo que transmitirá calor al aluminio se procederá hacer las respectivas conexiones en la NI Daq 6009 y la correcta instalación del sensor lm35, dispositivos de medición y control por accionamiento automático.

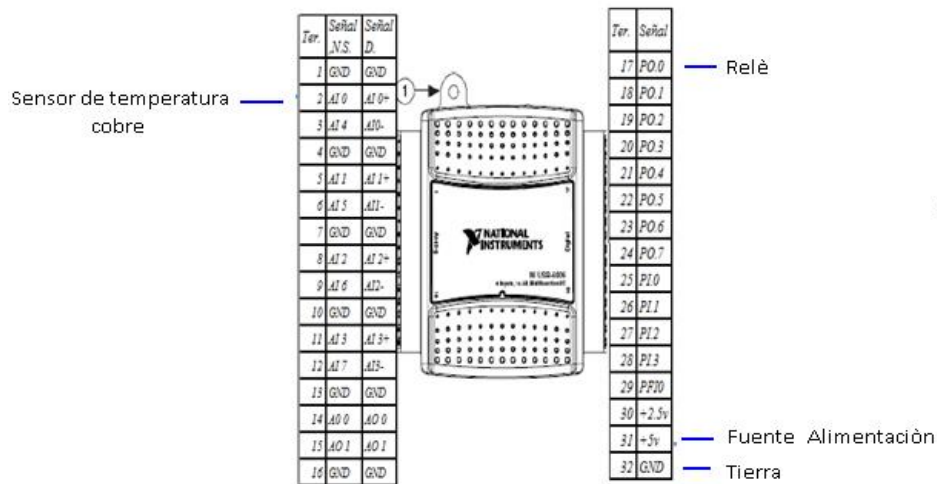
- Niquelina
- Lm 35
- Cobre
- Aluminio

En la figura N°115 se muestra la conexión de los elementos electrónicos a la Daq 6009.



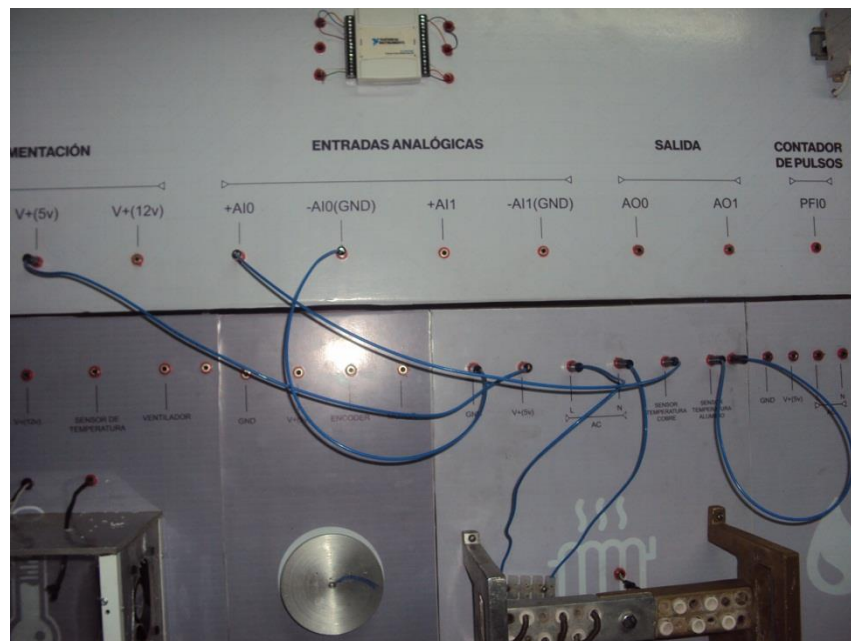


**Figura N° 115** Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico.



Fuente:(Autores, 2015)

**Figura N° 116** Esquema de conexión de elementos en el tablero didáctico.



Fuente:(Autores, 2015)

**d) Prueba de hardware.**

Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura N°117 se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 117** Funcionamiento del hardware con interfaz en labview mediante PID.

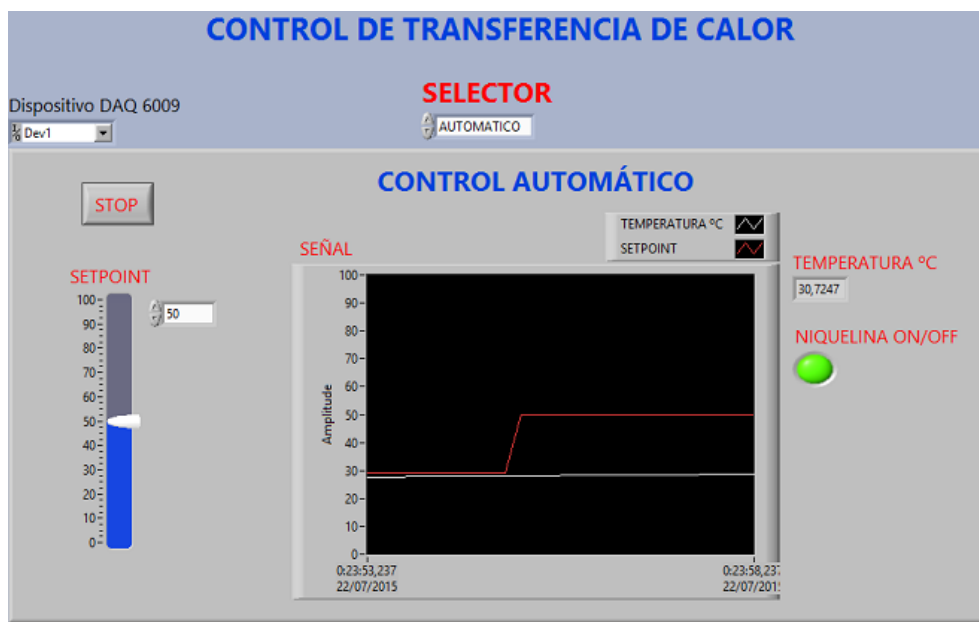


Fuente:(Autores, 2015)

e) Prueba de software.

Las pruebas de software se verifican su correcto funcionamiento del módulo procediendo a realizar la práctica, en la figura N°118 la misma que muestra el correcto funcionamiento del software.

**Figura N° 118** Funcionamiento del software de transferencia de calor por PID



Fuente:(Autores, 2015)

f) Resultados.

El resultado de la práctica muestra que el módulo de intercambiador de calor funciona correctamente con el sistema automático (hardware) de igual manera el software está bien diseñado; la simulación y visualización realizadas en Labview se ejecutan en el orden y tiempo establecidos tal como se aprecia en la plataforma de instrumentación virtual Labview.

#### **4.9.2.6 Conclusiones**

Mediante la práctica se concluye que se puede transferir calor de un material a otro en forma gradual, y que el sistema PID está muy acorde al proceso de la variable física del calor.

#### **4.9.2.7 Recomendaciones**

Se debe dimensionar bien las placas de potencia ya que la niquelina es de bastante potencia por lo que se debe utilizar los transistores y instalarlos en tipo cascada.

### **4.9.3 Practica de velocidad en operación automática.**

#### **4.9.3.1 Objetivo.-**

##### **4.9.3.1.1 General**

Realizar la práctica de velocidad para obtener resultados con la plataforma creada en Labview para obtener resultados visuales de control PID mediante programación virtual.

##### **4.9.3.1.2 Especifico**

- Hacer las conexiones mediante cableado en cada puerto asignado con su respectiva nomenclatura.
- Conectar la Daq al ordenador y se procede a correr el programa de interfaz Labview.
- Visualizar el correcto funcionamiento del módulo de flujo de agua tanto de la de software, estructura y del sensor el sensor FY-S201.

#### **4.9.3.2 Fundamento teórico**

El motor de velocidad funciona a 5vDC, el encoder funciona con 5v Dc cada conexión debe de ir conectada a su respectivo puerto el de 110vD, gnd 5vdc tren de pulsos PFIO AO0, AO1.

Con el programa Labview se procedió hacer una prueba con la plataforma de velocidad utilizando el sensor encoder para la medición de velocidad en un motor de mediante el sistema automático, dispositivos de mando y paro.

#### **4.9.3.3 Algoritmo.-**

- **Entrada (configura).**- Puesta en funcionamiento del módulo de velocidad mediante accionamiento automático para toma de datos de velocidad mediante el sensor encoder en un motor dc por medio de la Daq 6009.
- **Proceso (introducir).**- Funcionamiento del sensor encoder de velocidad de un motor y análisis mediante interfaz humano maquina en Labview mediante sistema automático.
- **Salida (visualizar).**- Diseño y visualización la ventana y toma de datos en Labview con el fenómeno físico de velocidad.

#### **4.9.3.4 Contenido.-**

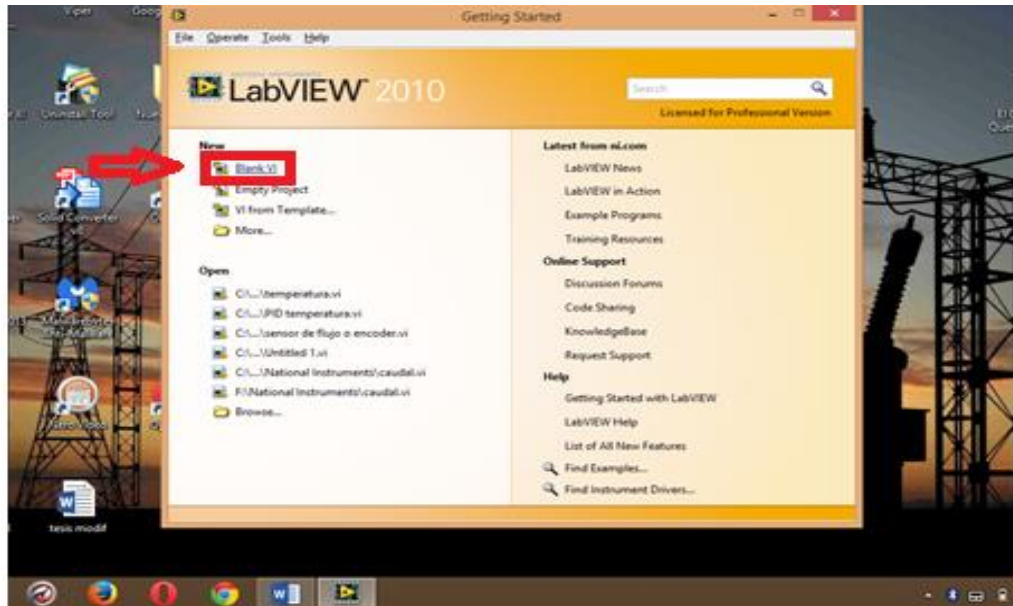
- a) Funcionamiento del sistema físico de velocidad con el sensor encoder mediante accionamiento automático.
- b) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview pasó a paso.
- c) Simulación en Labview.
- d) Prueba de hardware.
- e) Prueba de software.
- f) Resultados.

#### **4.9.3.5 Procedimiento Práctico.-**

- a) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview pasó a paso.

1. Para la creación de la ventana de visualización de datos en Labview se procede a conectar la DAQ ni 6009 al módulo de velocidad de un motor y a abrir el programa Labview donde se elige crear un nuevo proyecto como lo indica la figura N°119.

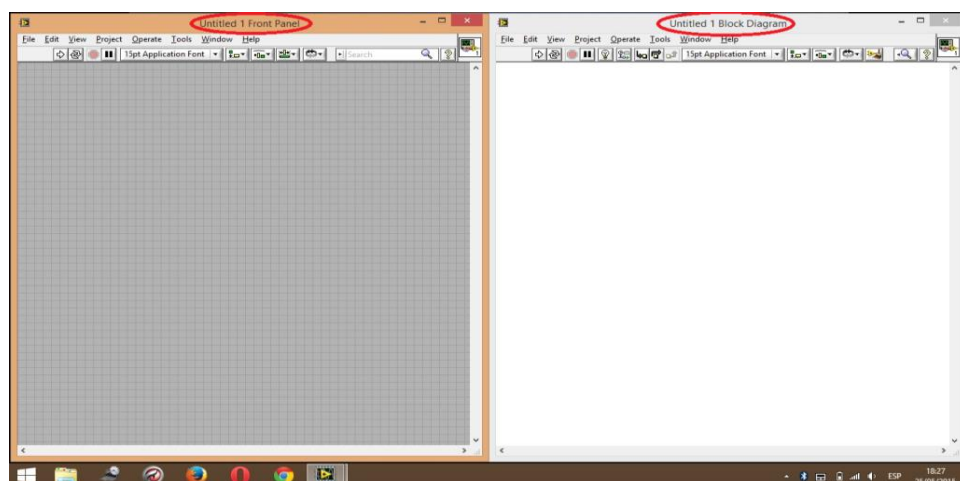
**Figura N° 119** Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual en Labview



**Fuente:** (Autores, 2015)

2. A continuación en la figura N°120 se muestra los dos paneles de diseño de software tanto el de bloque de diagrama y el de panel frontal donde procederemos a trabajar, diseñar, seleccionar y visualización de los elementos para la programación virtual.

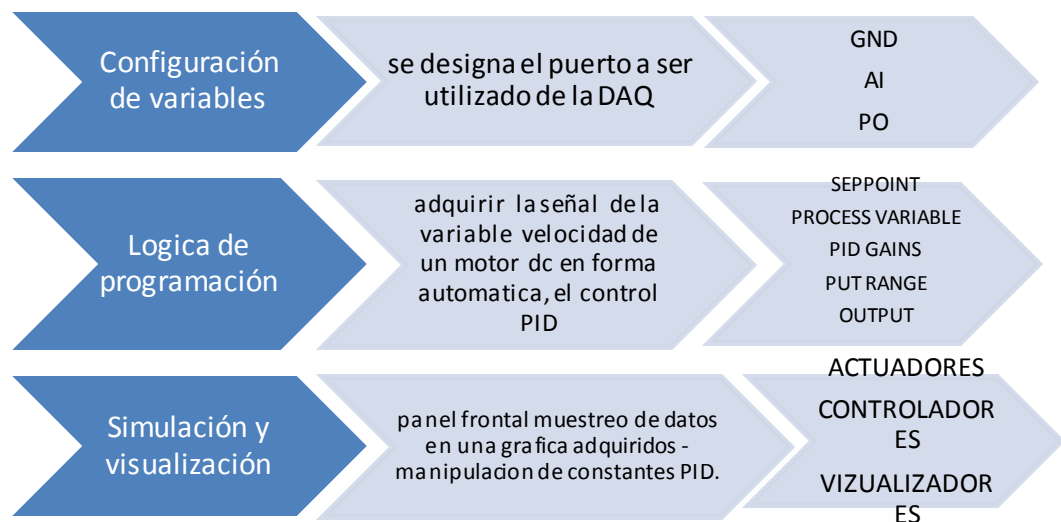
**Figura N° 120** Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.



**Fuente:** (Autores, 2015)

3. En la tabla N°9 se muestra el desglose y se detalla la configuración de elementos, controladores y visualizadores de programación virtual en la ventana, para realizar la práctica.

**Tabla 9** Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.

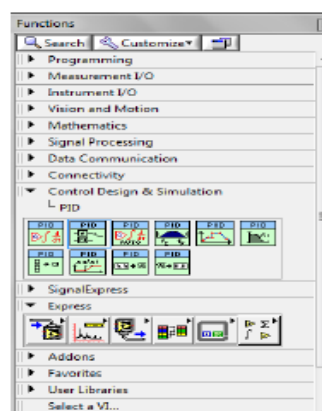


**Fuente:**(Autores, 2015)

**b) Simulación en Labview.**

1. Para la simulación se procede a seleccionar los elementos que se utilizó, en el block diagram de Labview es el que se muestra en la figura N°121.

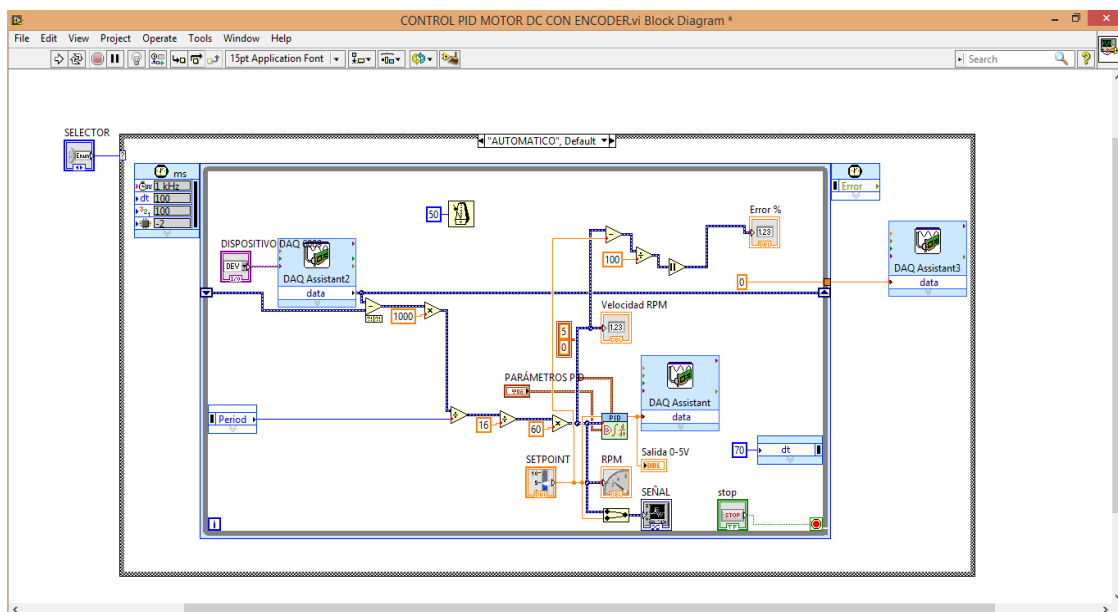
**Figura N° 121** Block diagram de LabVIEW.



**Fuente:** (Labview)

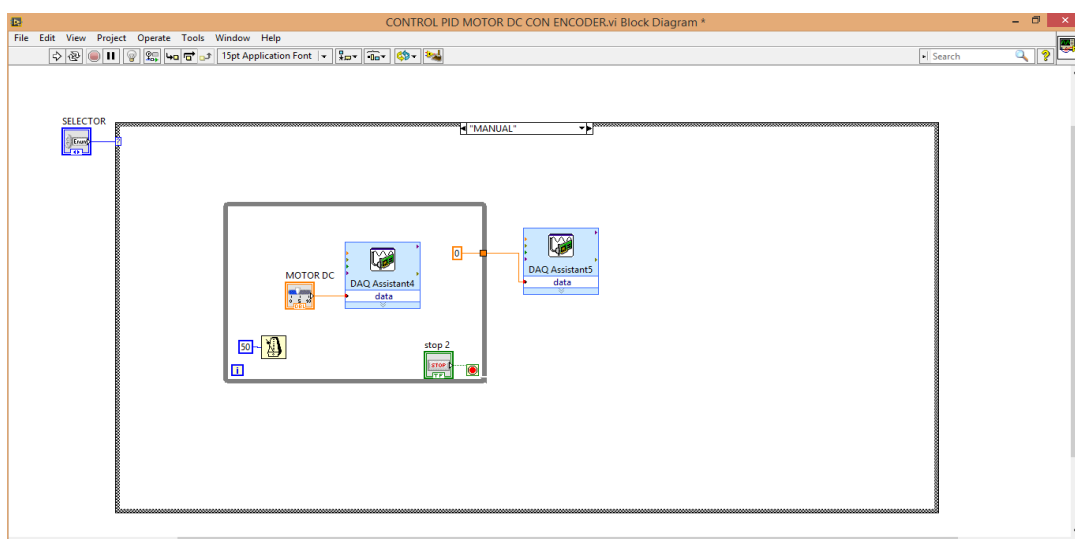
2. Se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, encoders, daqassistant, grafica, output range. A continuación se detalla todos los elementos a ser utilizados en mando automático.

**Figura N° 122** Visualización del diagrama de bloques para el control de velocidad en modo automático



Fuente: (Autores, 2015)

**Figura N° 123** Visualización del diagrama de bloques para el control de velocidad en modo manual.



Fuente: (Autores, 2015)



3. En el panel frontal de Labview aparecerá los datos simulados de la velocidad de un motor dc medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de flujo de agua.

**Figura N° 124** Visualización del panel frontal para el control de velocidad.



Fuentes: (Autores, 2015)

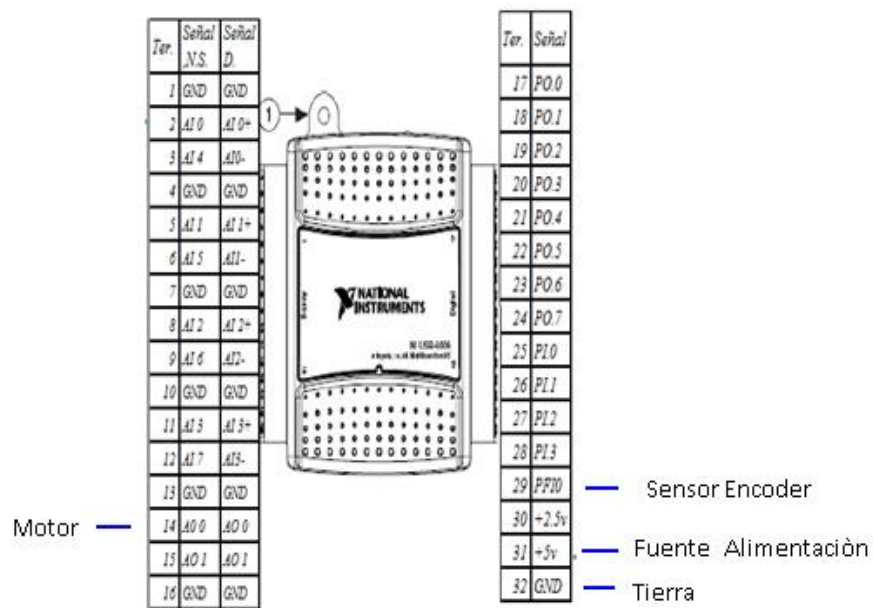
- c) Funcionamiento del sistema físico de velocidad con el sensor encoder mediante accionamiento automático.

Para el funcionamiento del módulo de velocidad se utiliza el sensor encoder y demás elementos del sistema automático que conforman la plataforma de hardware, en esta prueba se procedió a simular la velocidad del motor dc y a simular la marcha o paro de un motor en la industria, se procederá hacer las respectivas conexiones en la NI Daq 6009 y la correcta instalación del sensor encoder, dispositivos de medición y control.

- DAQ NI USB 6009
- sensor encoder

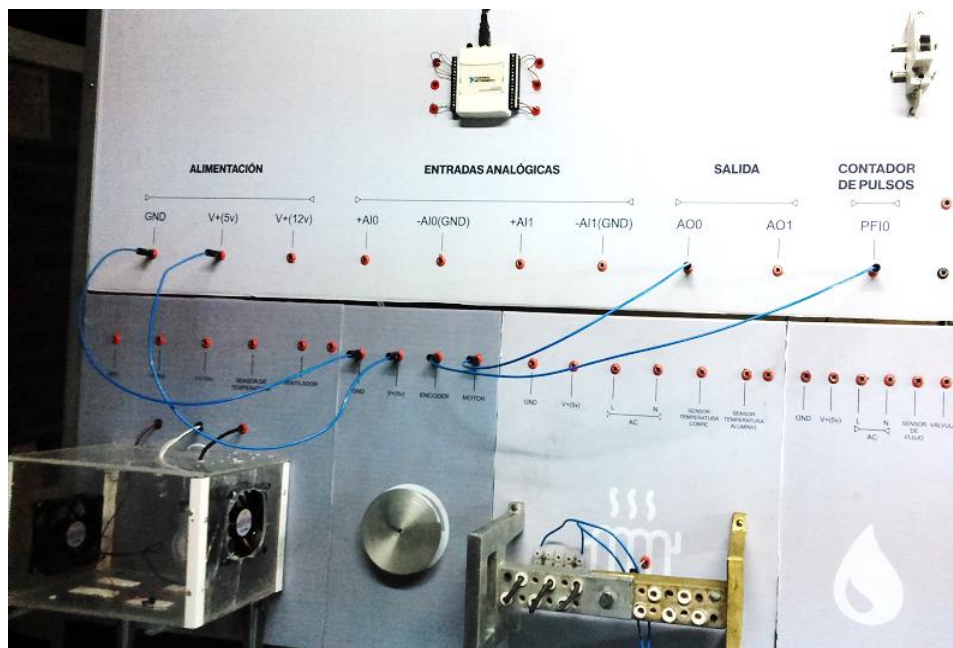
En la figura N°125 se muestra la conexión de los elementos electrónicos conectados a la Daq 6009.

**Figura N° 125** Esquema de conexión de elementos y cableado de los elementos de velocidad.



Fuente: (Autores, 2015)

**Figura N° 126** Esquema de cableado de los elementos de velocidad.

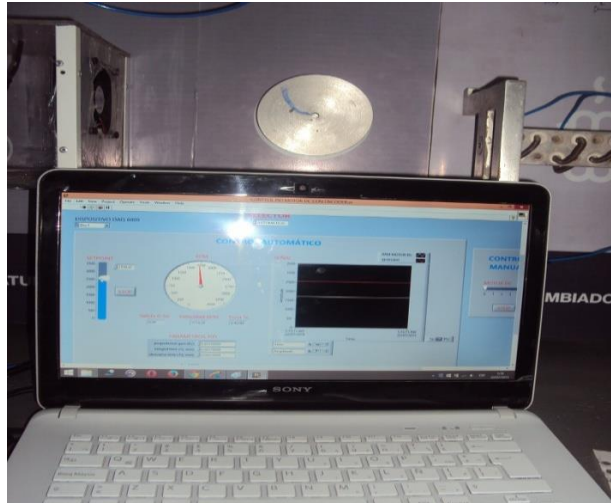


Fuente: (Autores, 2015)

d) Prueba de hardware.

Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo. Operando el sistema automáticamente En la figura N°127 se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 127** ,funcionamiento del módulo de velocidad mediante PID



**Fuente:**(Autores, 2015)

e) Prueba de software.

Las pruebas de software se verifico su correcto funcionamiento del módulo procediendo a realizar la práctica, en la figura N°128 la misma que muestra el correcto funcionamiento del software.

**Figura N° 128** Funcionamiento del software mediante PID



**Fuente:**(Autores, 2015)

f) Resultados.

El resultado de la práctica muestra que el módulo de velocidad de un motor funciona correctamente aplicando el mando automático del sistema de variación (hardware) de igual manera el software funciona en perfectas condiciones; la simulación y visualización realizadas en Labview se ejecutan en el orden y tiempo establecidos tal como se aprecia en la plataforma de instrumentación virtual Labview.

#### **4.9.3.6 Conclusiones**

Para realizar el control de velocidad de un motor se necesita uno de mayores revoluciones y que el eje vaya de acorde al encoder para que sea lineal. Y encaje bien para poder censar su revoluciones..

#### **4.9.3.7 Recomendaciones**

Se recomienda tener en cuenta las especificaciones del motor en especial las revoluciones del motor ya que de eso mucho depende la sincronización de las constantes PID.

### **4.9.4 Practica de flujo de agua utilizando el sensor operando automáticamente.**

#### **4.9.4.1 Objetivo.-**

##### **4.9.4.1.1 General**

Realizar la práctica de flujo de agua para obtener resultados Con la plataforma creada en Labview para obtener resultados visuales de control PID mediante programación virtual.

##### **4.9.4.1.2 Especifico**

- Hacer las conexiones mediante cableado en cada puerto asignado con su respectiva nomenclatura.
- Conectar la Daq al ordenador y se procede a correr el programa de interfaz Labview.
- Visualizar el correcto funcionamiento del módulo de flujo de agua tanto de la de software, estructura y del sensor el sensor FY-S201.

#### 4.9.4.2 *Fundamento teórico*

La bomba de agua va conectada a la red de 110v Ac, el sensor Fy-s201 funciona con 5v Dc cada conexión debe de ir conectada a su respectivo puerto el de 110vD, gnd 5vdc tren de pulsosPFIO A00, A01.

#### 4.9.4.3 *Algoritmo.-*

- **Entrada (configura).**- Puesta en funcionamiento del módulo de flujo de agua mediante el sistema automático para toma de datos de flujo de agua mediante el sensor FY-S201 y por medio de la Daq 6009.
- **Proceso (introducir).**- Funcionamiento del sensor FY-S201 de flujo de agua y análisis mediante interfaz humano maquina en Labview operando el sistema manualmente.
- **Salida (visualizar).**- Diseñar y visualizar la ventana y toma de datos en Labview con el fenómeno físico de flujo de agua.

#### 4.9.4.4 *Contenido.-*

- a) funcionamiento del sistema físico de flujo de agua con el sensor FY-S201 de flujo mediante el sistema automático
- b) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview paso a paso.
- c) Simulación en Labview.
- d) Prueba de hardware.
- e) Prueba de software.
- f) Resultados.

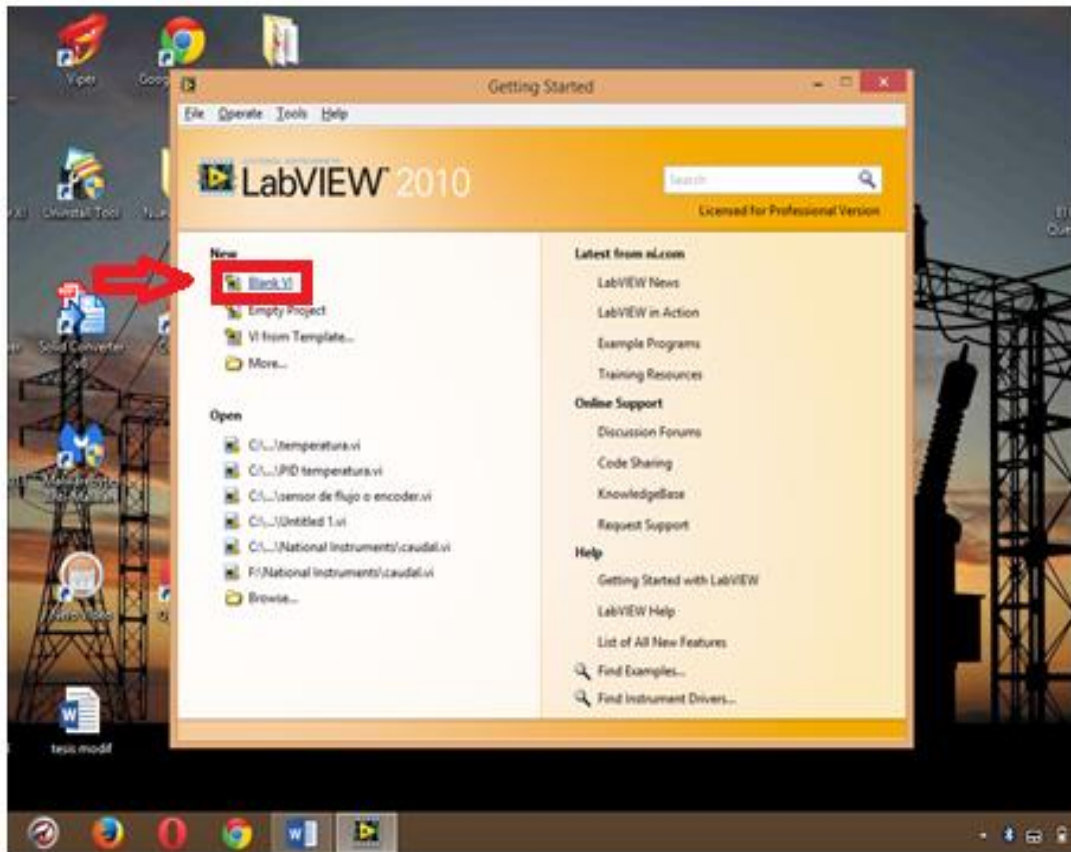
#### 4.9.4.5 *Procedimiento practico.-*

Interfaz humano maquina

- a) Creación y ejecución de una ventana de visualización de datos con la DAQ en el programa Labview pasó a paso.

1. Para la creación de la ventana de visualización de datos en Labview se procede a conectar la DAQ ni 6009 al módulo de flujo de agua y a abrir el programa Labview donde se elige crear un nuevo proyecto como lo indica la figura N°129.

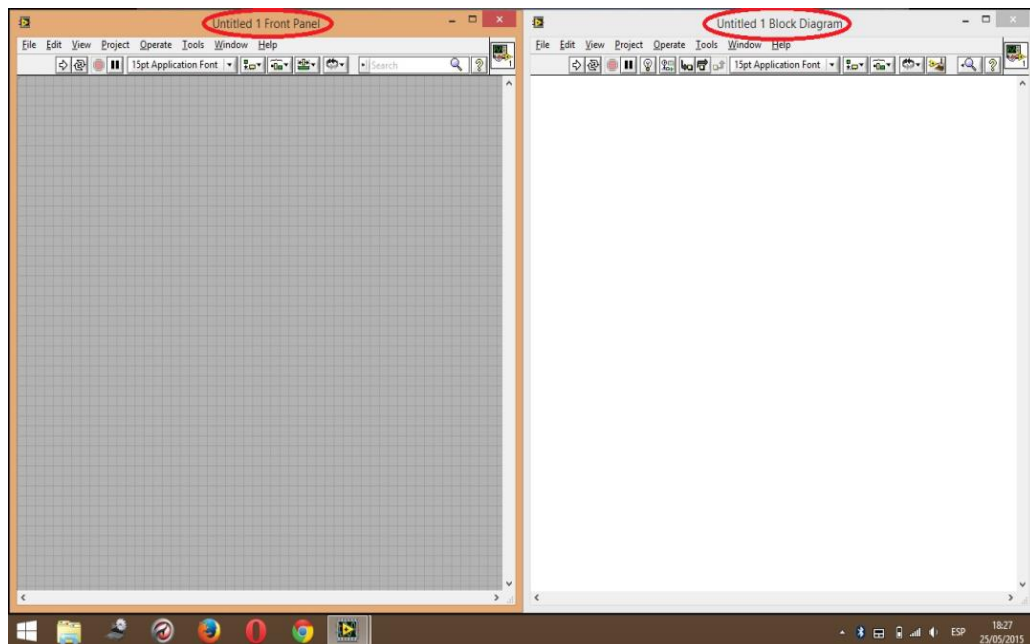
**Figura N° 129** Creación de un nuevo interfaz de visualización virtual en Labview



**Fuente:** (Autores, 2015)

2. A continuación en la figura N°130 se muestra los dos paneles de diseño de software tanto el de bloque de diagrama y el de panel frontal donde procederemos a trabajar, diseñar, seleccionar y visualización de los elementos para la programación virtual del diseño de interfaz para el fenómeno físico del flujo de agua

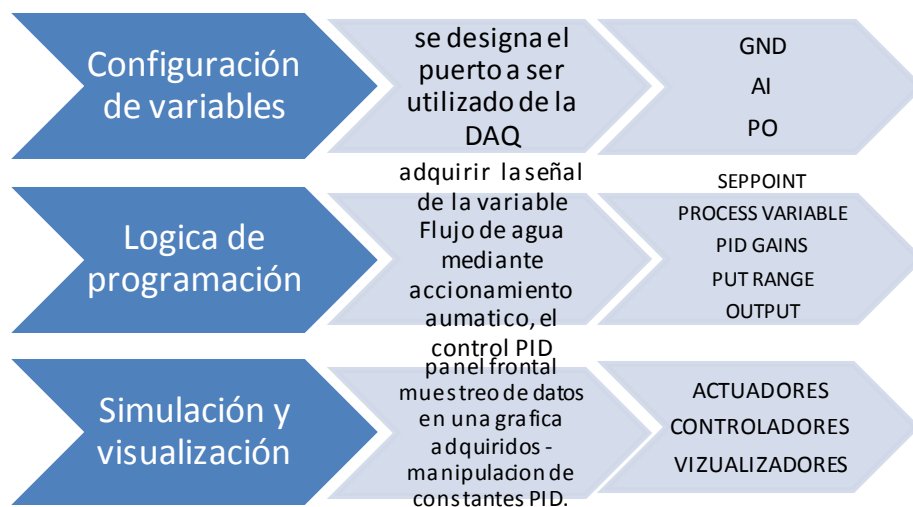
**Figura N° 130** Paneles de programación en Labview frontal y diagrama de bloques.



**Fuente:** (Autores, 2015)

- En la tabla N°10 se muestra el desglose y se detalla la configuración de elementos, controladores y visualizadores de programación virtual en la ventana, para realizar la práctica.

**Tabla 10** Lógica y desglose de elementos controladores y visualizadores de programación virtual en Labview.

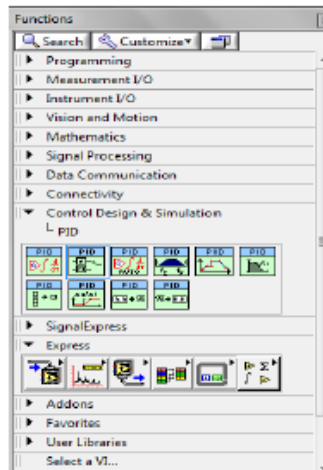


**Fuente:**(Autores, 2015)

b) Simulación en Labview.

1. Para la simulación se procede a seleccionar los elementos que se utilizó, en el block diagram de Labview es el que se muestra en la figura N°131.

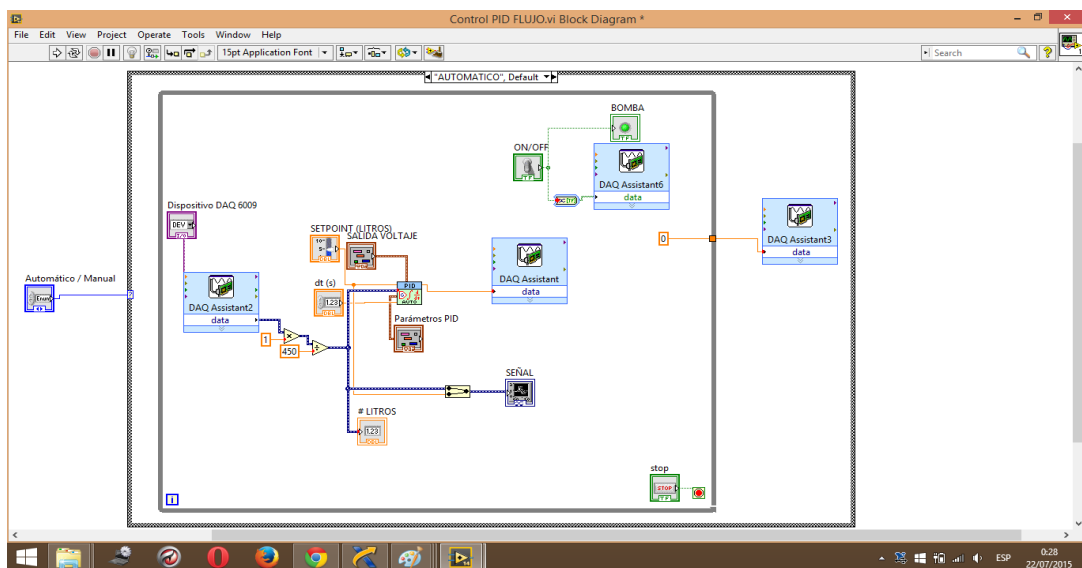
**Figura N° 131** Block diagram de Labview.



**Fuente:** (Labview)

2. Se seleccionó todos los elementos a ser utilizados como pidgains, lm 35, daqassistant, grafica, output range. A continuación se detalla todos los elementos a ser utilizados como se muestra en la figura N° 132.

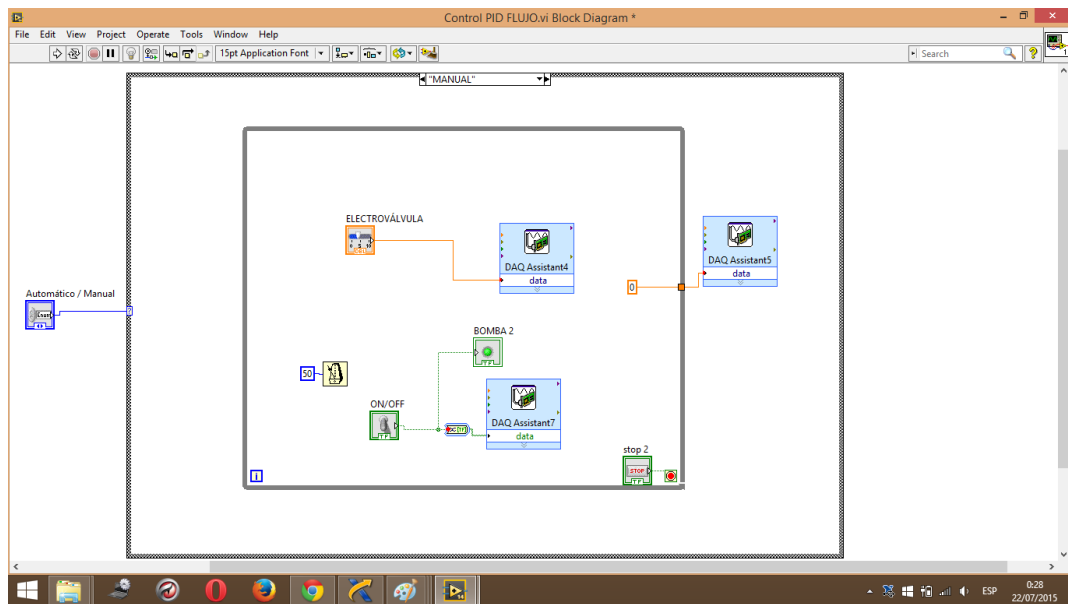
**Figura N° 132** Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando automático.



**Fuente:**(Autores, 2015)



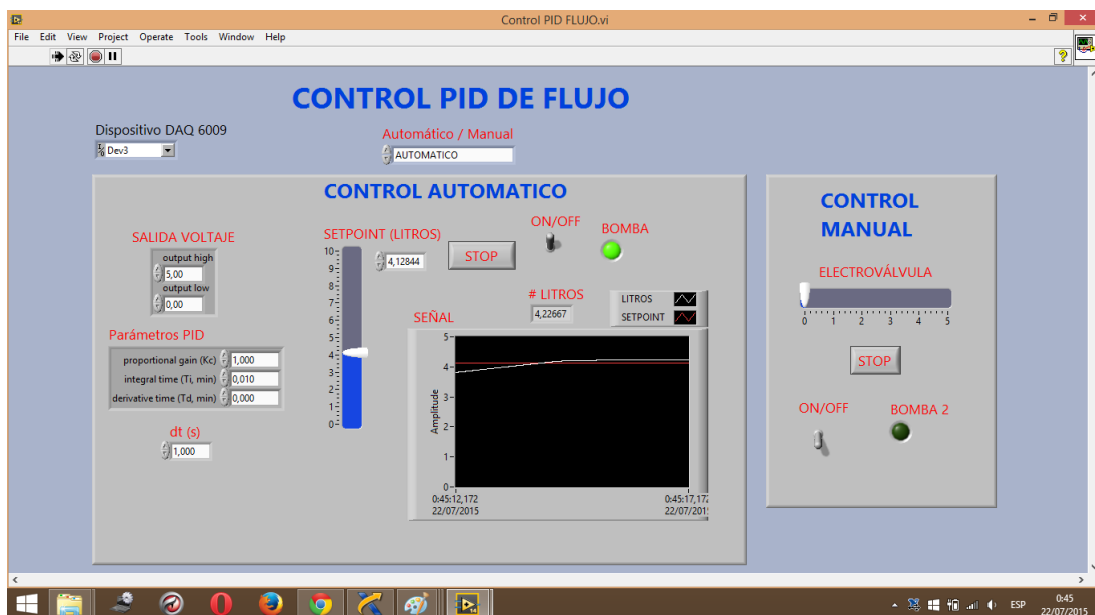
**Figura N° 133** Ventana de visualización de block diagram de control de flujo para mando manual.



Fuente:(Autores, 2015)

3. En el panel frontal de Labview aparecerá los datos simulados del flujo de agua medida por medio de una gráfica y en un display virtual, donde el usuario podrá observar constantemente las medidas de la variable de flujo de agua.

**Figura N° 134** Ventana de visualización de control de flujo en Labview.



Fuente:(Autores, 2015)

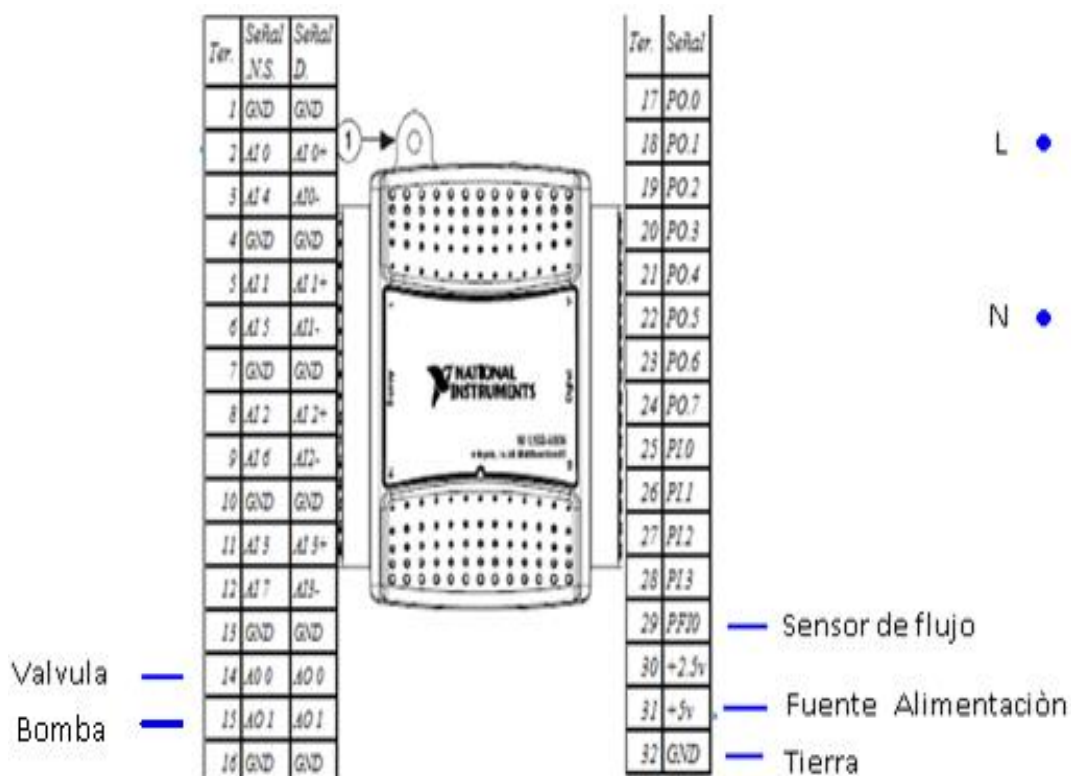
- c) Funcionamiento y conexión del sistema físico de flujo de agua con el sensor FY-S201 de flujo mediante accionamiento automático

Para el funcionamiento del módulo se analizó la variable física como es el flujo de agua, se utilizó el sensor FY-S201; en ésta práctica se procede a poner en marcha el sistema de flujo de agua, con su accionamiento automático se procede hacer las respectivas conexiones en la NI Daq 6009 y la correcta instalación del sensor FY- S201, dispositivos de medición y control.

- DAQ NI USB 6009
- sensor FY- S201

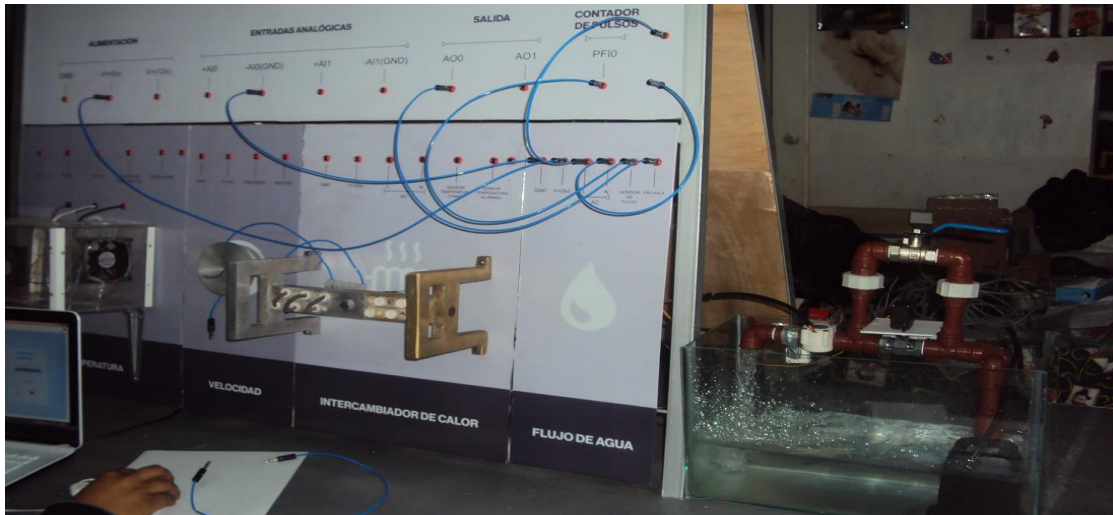
En la figura N°135 se muestra la conexión de los elementos electrónicos conectados en la Daq 6009..

**Figura N° 135** Esquema de conexión de elementos y cableado en forma didáctica.



**Fuente:** (Autores, 2015)

**Figura N° 136** Esquema del cableado en forma didáctica del flujo de agua.

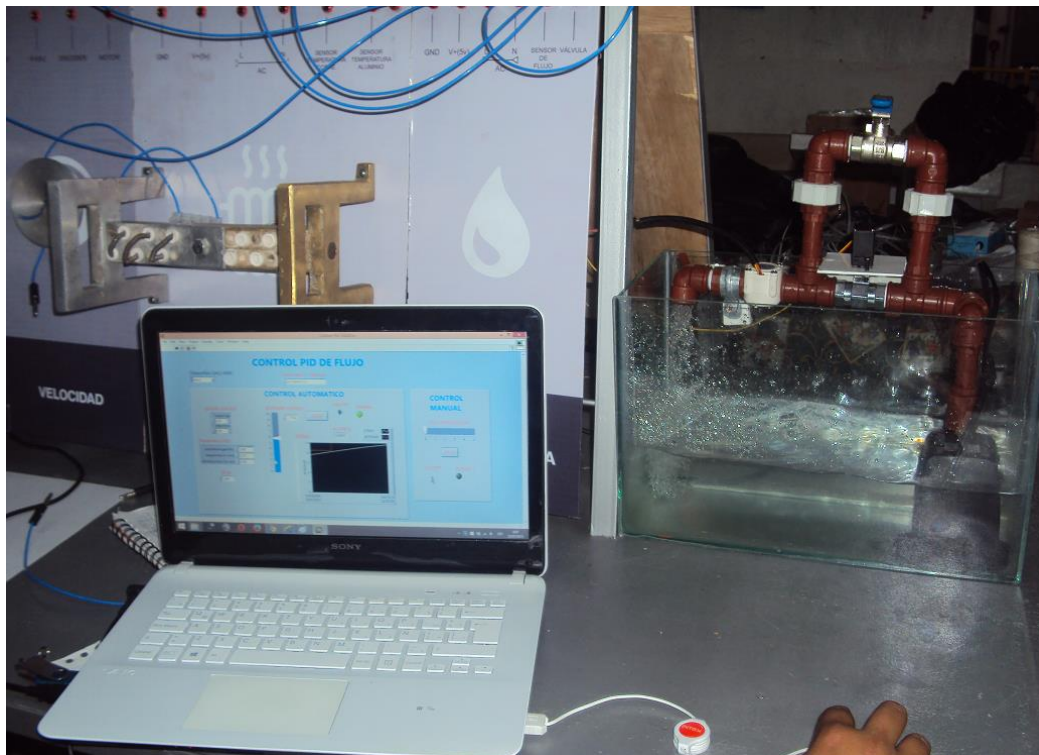


**Fuente:** (Autores, 2015)

**d) Prueba de hardware.**

Para la prueba de hardware se realiza la prueba final de funcionamiento del módulo operando automáticamente. En la figura N°137 se muestra el funcionamiento de la interfaz Labview sin ningún error en estado de play (corrido).

**Figura N° 137** Funcionamiento del hardware de flujo de agua

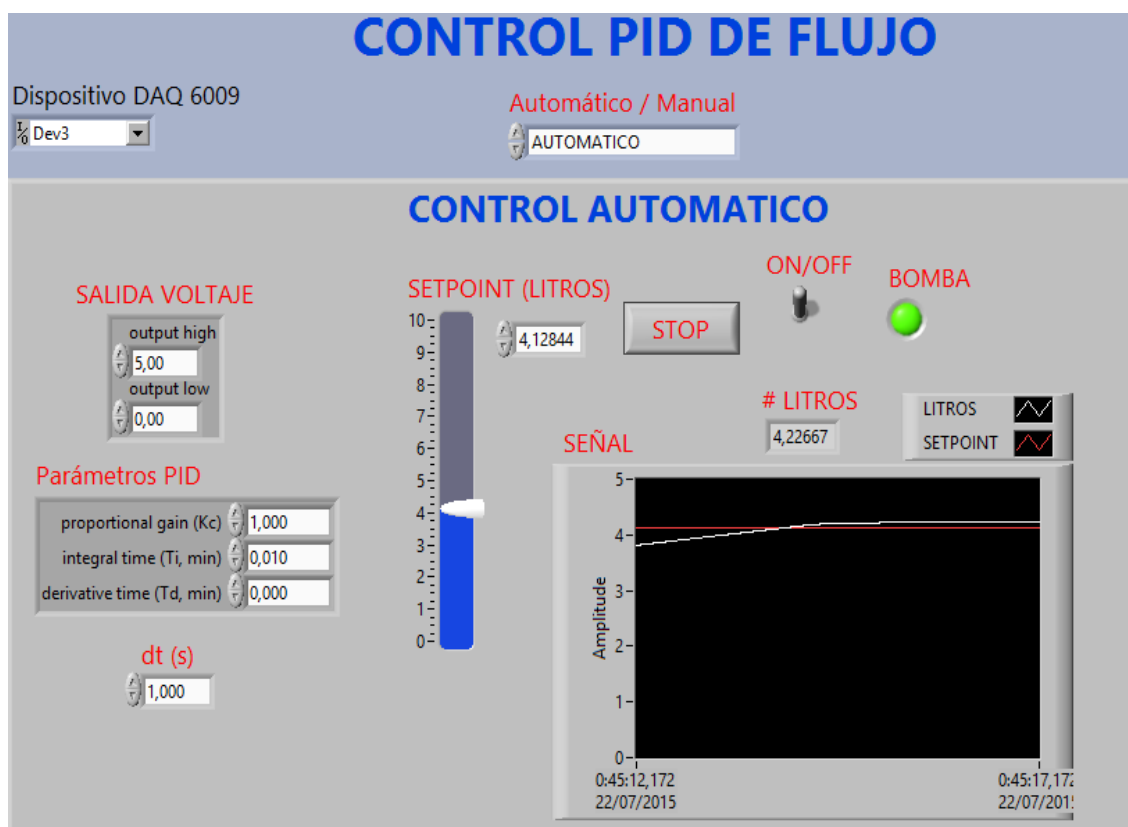


**Fuente:** (Autores, 2015)

e) Prueba de software.

Las pruebas de software se verifican su correcto funcionamiento del módulo procediendo a realizar la práctica, en la figura N°138 la misma que muestra el correcto funcionamiento del software básico.

**Figura N° 138.** *Funcionamiento del software mediante interfaz en Labview por medio de PID*



**Fuente:** (Autores, 2015)

f) Resultados.

El resultado de la práctica muestra que el módulo de flujo de agua funciona correctamente con el sistema automático (hardware) de igual manera el software está bien diseñado; la simulación y visualización realizadas en Labview se ejecutan en el orden y tiempo establecidos tal como se aprecia en la plataforma de instrumentación virtual Labview.

#### ***4.9.4.6 Conclusiones***

Se concluye que el sistema Pid funciona de acuerdo a los parámetros  $K_c, T_i, T_d$  sintonizados en el programa y que el sistema físico es el apropiado para dicha práctica además la variación de flujo es muy notorio al momento que interactúa el control Pid para establecer el valor de referencia.

#### ***4.9.4.7 Recomendaciones***

Se recomienda revisar las conexiones del cableado estén en el puerto establecido, que la bomba esté conectada a 110v Ac, y que la bomba este con el nivel adecuado de agua y las constantes estén bien sintonizadas para que se haga un óptimo control PID.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo de grado, se indicará las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo de éste trabajo

#### 5.1 Conclusiones

- El método de ziegler nichols es muy práctico al sintonizar un control PID con el fin de aproximarse a los valores  $K_i$ ,  $K_p$  y  $K_d$  requeridos, se necesita de solo un proporcional con ganancia  $K_p$  pequeña, menor o igual a uno; con el objetivo de cumplir con las condiciones deseadas o que estén dentro del rango deseado, para que oscile de una manera lineal y a la vez debe de ser detectada en la salida del controlador.
- Al realizar las practicas de los cuatro módulos se dedujo que el sistema de control PID al sintonizar las variables  $K_p$   $T_i$  y  $T_d$  un leve cambio de valor en  $K_d$  o  $T_d$  permite suavizar las oscilaciones de  $T_i$  y un leve aumento mejora el tiempo de respuesta.
- Se requirió varias pruebas experimentales con distintos valores para  $K_i$ ,  $K_p$  y  $K_d$  y observar las respuestas del sistema, hasta encontrar algunos que cumplan las condiciones deseadas o estén dentro del rango aceptado.
- El control PID nos permite tener una medida de referencia lo que establece que el sistema mantenga un comportamiento normal, ya que su punto de referencia es compensado por las ganancias criticas es decir estabiliza al sistema haciendo un lazo cerrado del mismo.
- La plataforma de Labview posee extensas herramientas necesarias para construir plataformas de medida o control , tiene un sistema de programación grafica ,mediante el cual se realizo la programación para realizar pruebas de control , y resultados acelerados en mucho menos tiempo, con mucha eficacia ya que combina la potencia del software con hardware.

- Se concluye q el LM35 es un sensor inestable por lo q se requiere de un circuito estabilizador q viene dado en la datasheet para q su valor de medida sea real y no afecte en los datos obtenidos.
- Se efectuó a cabalidad cada uno de los objetivos planteados durante el desarrollo de la tesis destacando especialmente la elección de los dispositivos electrónicos a utilizar porque a partir de estos dependerá que las señales no sufran alteraciones.
- Labview es una herramienta de gran ventaja para la adquisición y visualización de señales debido a su bajo costo en comparación de un sistema comercial.
- Podemos concluir que mediante Labview se puede automatizar todo un sistema pero para automatizaciones mas complejas se necesita tarjetas de adquisición de datos que tengan mayor entradas y salidas y así tener un control óptimo y total del sistema.

## 5.2 Recomendaciones

- Para Hallar un valor de ganancia proporcional  $K_c$  crítico, se recomienda empezar por la unidad, y a continuación ir en aumentando o disminuyendo en de potencias de 10 hasta encontrar  $K_{cr}$ . Para crear la función escala se puede colocar el valor de Setpoint en 0, correr el programa, e ingresar un valor de 3000 en Setpoint y observar la respuesta.
- Se recomienda antes de comenzar a diseñar tener en claro cómo funciona cada elemento hacer utilizado es así se recomienda leer todas las especificaciones, hoja de datos y demás parámetros para así obtener un diseño eficaz del sistema y que sea compatible con todo el software hacer utilizado.
- Para evitar inconvenientes se debe realizar el análisis basándonos en investigación, teorías y, estudios y demás parámetros para así poder elegir elementos que sean fáciles de utilizar e instalar y que mantengan compatibilidad entre si y lo más importante que funcione mediante el software de Labview.

- Es importante que para la construcción de los cuatro módulos tener en cuenta que sean lo más posible fáciles de ensamblar y su diseño sean didácticos para que los estudiantes vean con facilidad el funcionamiento del sistema automático.
- Algunos de los materiales con lo que está diseñado algunos módulos son de mica y vidrio siendo materiales muy sensibles ya que tiende a quebrarse muy fácilmente y ser frágiles por lo que se recomienda tener cuidado con su uso.
- Se recomienda Tener precaución con las conexiones de voltaje de la tarjeta DAQ NI 6009 y con los demás elementos ya que son delicados y sensibles a voltajes fuera del rango nominal, podría dañar su funcionamiento.
- Para realizar mediciones de señales se debe tener presente las hojas de datos o datasheet de cada sensor ya que tienen su propio funcionamiento y acondicionamiento, se recomienda al usuario leer las indicaciones del datasheet antes de realizar cualquier trabajo de conexión.
- Se recomienda que los estudiantes de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico utilicen los módulos didácticos pues el desempeño que tienen se ajusta a la realidad sobre el control automático en la industria de las variables físicas



## BIBLIOGRAFÍA

- alfredo, b. (2005). *administracion 2*. san jose : uned.
- Améstegui Moreno, I. (2001). *Apuntes de Control PID*. La Paz: S.E.
- Areny, R. P. (2003). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Barcelona: MARCOMO.S.A.
- Aström, K. J., & Hägglund, T. (2009). *Control PID Avanzado*. Madrid: Pearson Educación, S.A .
- Autores. (2015). *Autores*. ibarra.
- Barragan Casares, G. (2012). *Guía didáctica para Física II*. Yucatan.
- Boylestad, R. L. (2004). *Introducción al Análisis de circuitos*. Mexico: Pearson Educación.
- Buendía, J. M.-M. (2010). Programación Gráfica para Ingenieros. En J. M.-M. Buendía, *Programación Gráfica para Ingenieros* (pág. 141). barcelona: Marcombo S.A.
- Chistian G, Q. M. (2011). *UNIVERSIDAD DEL NORTE*. BARRANQUILLA: Universidad del Norte.
- Corporation, N. I. (2004-2012). *Ni usb 6009 user guide and specifications*.
- Corporation, N. S. (01 de 11 de 2000). *Corporation, National Semiconductor*. Recuperado el 30 de 04 de 2015, de Corporation, National Semiconductor: [www.nation.com](http://www.nation.com)
- Elizondo, M. J. (2002). *Matlab e Interfaces Gráficas*. Tijuana: Universisda Autonoma de baja California.
- Fernández Cabanas, M. (2000). *Técnicas para el Mantenimiento y Diagnostico de Maquinas Electricas Rotativas*. España: MARCOMBO,S.A.
- García Alvarez, J. A. (marzo de 2012). *Así Funciona El Motor De Corriente Directa o Continua*. Obtenido de Asi funciona.com: [http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af\\_motor\\_cd/af\\_motor\\_cd\\_8.htm](http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_8.htm)

- Harper, E. (2003). el ABC del control electronico de las maquinas electricas . En E. Harper, *el ABC del control electronico de las maquinas electricas* (págs. 70-75). Mexico: LIMUSA.
- Hernandez Calleja, A. (2005). *Ventilacion General de Edificios* . España.
- HITEC RCD KOREA INC. (01 de Abril de 2002). ServoHS311.
- INDUSTRIALES, A. D. (2006). AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES. En E. G. MORENO, *AUTOMATIZACION DE PROCESOS INDUSTRIALES* (págs. 112-116). VALENCIA: REPROVAL S.L.
- instruments, N. (s.f).
- Jaramillo, O. A. (2007). *Intercambiadores de Calor*. Mexico: s.e.
- Kuo, B. (1996 respecto a la primera edicion ). *Sistemas de Control Automatico 7 Ed.* Naucalpan de Juárez, Mexico : Prentice Hall.
- LABview. (s.f).
- LABVIEW, E. G. (2011). ENTORNO GRAFICO DE PROGRAMACION. En J. R.-J. SEBASTIA, *LABVIEW* (pág. 5). BARCELONA: MARCOMBO S.A.
- M.C., E., & Esqueda, J. J. (2002). *Matlab e Interfaces Gráficas*. Tijuana: Universisda Autonoma de baja California.
- Mládorich Hurtado, C. A. (14 de Noviembre de 2010). *Blogger.com*. Obtenido de Temperatura: <http://equipo6temperatura.blogspot.com/>
- Moreno, E. G. (2006). Automatizacion de procesos Industriales. En E. G. Moreno, *Automatizacion de procesos Industriales* (págs. 112-116). Valencia: REPROVAL S.L.
- Moreno, E. G. (s.f). Automatizacion de procesos Industriales. En E. G. Moreno, *Automatizacion de procesos Industriales* (págs. 112-116). VALENCIA: REPROVAL S.L.

- National Instruments. (01 de 01 de 2014). *National Instruments*. Recuperado el 28 de 04 de 2015, de National Instruments: [www.ni.com/academic/why\\_labview/esa/](http://www.ni.com/academic/why_labview/esa/)
- National Instruments Corporation. (2008). *Guía de Usuario y Especificaciones NI USB 6009*. S.E.
- Netto, R. S. (s.f.). *Motores de Corriente Continua*. Obtenido de FisicaNet: [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap10\\_motor\\_de\\_corriente\\_continua.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/electrotecnia/ap10_motor_de_corriente_continua.php)
- Peñaloza Pérez, J. L., & Urgilés Remache, F. M. (2009). *Diseño y construcción de un intercambiador de calor*. Riobamba: S.E.
- Perez, D. (30 de Mayo de 2012). *blogspot.com*. Obtenido de Sensor de Efecto Hall: <http://se2amm.blogspot.com/2012/05/sensor-de-efecto-hall.html>
- Quintero M., C. G. (2011). *Instrumentación de Electrónica Aplicada/Prácticas de Laboratorio*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Robinson, D. (14 de Diciembre de 2014). *es.scribd.com*. Obtenido de Termodinámica intercambiador de calor: <http://es.scribd.com/doc/250065452/Termodinamica-Intercambiador-de-Calor>
- Rojas, M. V.-J. (2004). Metrología e Instrumentación . En M. V.-J. Rojas, *Metrología e Instrumentación* (págs. 22-26). Costa Rica: Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.
- Romero, C. (2005). *Transferencia de Calor*. Táchira: Copyright ©.
- Serna Ruiz, A., Ros García, F. A., & Rico Noguera, J. C. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. España: Copyright, S.L.
- Sobrevila, M. A., & Sobrevila, A. M. (2008). *Sensores Eléctricos*. Buenos Aires: ALSINA.
- tambutti-Muñoz. (2005). Introducción a la Física y a la Química. En tambutti-Muñoz, *Introducción a la Física y a la Química* (págs. 207-208). México: LIMUSA S.A.
- Tedesco, C. F. (2011). *Ascensores Electrónicos y Variadores de Velocidad*. Buenos Aires: Alsina.

Texas Instruments Incorporated. (2015). *LM35*. Copyright.

Viloria, J. R. (2005). Fórmulas y Datos prácticos para Electricistas. En J. R. Viloria, *Fórmulas y Datos prácticos para Electricistas* (págs. 11-13). Madrid- España: PARANINFO S.A.

## LINKOGRAFÍA.

Alike, C. C.-N.-S. (16 de 02 de 2012). *sistemas Universidad de Cordoba*. Recuperado el 26 de 04 de 2015, de Arduino User manual: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

COLOMBIA, E. -V. (25 de 03 de 2015). *EVANS*. Recuperado el 25 de 03 de 2015, de EVANS:  
<file:///H:/Bomba%20sumergible%20para%20fuentes%2030%20W%20AQUA30W%20%20%20Evans.html>

Amazon.es. (2015). *Amazon.es*. Recuperado el 03 de 05 de 2015, de Amazon.es:  
<http://www.amazon.es/120W-Fuente-Alimentaci%C3%B3n-Alimentador-Transformador/dp/B00FFS1ZX8>

Apps, M. (© Copyright 1995-2015). *Mobile Apps*. Recuperado el 03 de 05 de 2015, de Mobile Apps: <file:///I:/Traductor%20de%20Googlefgd.htm>

COLOMBIA, E.-V. D. (25 de 03 de 20015). *Evans*. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de Evans:  
<file:///H:/Bomba%20sumergible%20para%20fuentes%2030%20W%20AQUA30W%20%20%20Evans.html>

CORPORATION, P. (2001- 2015). *POLOLU ROBOTICS & ELECTRONICS*. Recuperado el 30 de 03 de 2015, de POLOLU ROBOTICS & ELECTRONICS:  
<https://www.pololu.com/product/1443>

Dealextrême. (2006). *Dealextrême*. Recuperado el 30 de 04 de 2015, de Dealextrême:  
[file:///I:/YFS201%20Contador%20de%20agua%20\\_%20Sensor%20de%20Efecto%20Campo%20%28Hall%29%20-%20Negro%20-%20sin%20Gastos%20de%20Env%C3%ADo%20-%20DealExtreme.htm#VUIyTaxmh5A](file:///I:/YFS201%20Contador%20de%20agua%20_%20Sensor%20de%20Efecto%20Campo%20%28Hall%29%20-%20Negro%20-%20sin%20Gastos%20de%20Env%C3%ADo%20-%20DealExtreme.htm#VUIyTaxmh5A)

ELEKTRON. (01 de 03 de 2015). *TIENDA ELECTRON*. Recuperado el 30 de 03 de 2015, de TIENDA ELECTRON:  
[http://www.tiendaelektron.com/pdf/catalogo\\_Elektron.pdf](http://www.tiendaelektron.com/pdf/catalogo_Elektron.pdf)

Elementos. (2015). *Elementos*. Recuperado el 2015, de elementos:  
<http://elementos.org.es/cobre>

García, M. N. (2014). *Conceptos Basicos de Iluminacion Profesional*. Mario Nureña García.

Giraldo Estrada, E. (29 de octubre de 2012). *Blogspot.com*. Obtenido de Las Ondas:  
<http://lasondasenergia.blogspot.com/>

HAZUKI, N. (16 de junio de 2010). *INKANIME CONTROL Y AUTOMATIZACION*.  
 Obtenido de INKANIME CONTROL Y AUTOMATIZACION:  
<http://inkanimecontrolyaautomatizacion.blogspot.com/2010/06/descargar-labview-85-full.html>

Laruta Espejo, J. E. (12 de Diciembre de 2012). *www.es.scribd.com*. Obtenido de Diseño e  
 Implementacion de un Controlador PID Difuso:  
<http://es.scribd.com/doc/127024808/disenio-e-implementacion-de-un-controlador-PID-difuso-en-motor-DC>

*lbaindustrial*. (2012). Obtenido de lbaindustrial encoder:  
<http://www.lbaindustrial.com.mx/que-es-un-encoder/>

López Arenales, J. C. (2013). *biblio3.url.edu.gt*. Obtenido de  
<http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/12.pdf>

hobbyelectronics. (2010). *hobbyelectronics*. Recuperado el 30 de 04 de 2015, de  
 hobbyelectronics: <file:///I:/Traductor%20de%20Google%20sensor.htm>

Wikipedia, . (2014). - *Wikipedia*. Recuperado el 03 de 05 de 2015, de - Wikipedia:  
<file:///I:/L%C3%A1mpara%20incandescente%20-%20Wikipedia,%20la%20enciclopedia%20libre.html>

*www.arduino.cc/en/*. (26 de 04 de 2015). Recuperado el 26 de 04 de 2015, de Universidad  
 de Cadiz: [www.arduino.cc/en/](http://www.arduino.cc/en/).

*yahoorepuestas*. (s.f). Obtenido de yahoorepuestas encoder:  
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20071126072957AAEPyXm>

## ANEXOS

## Anexos 1.- Descripción de las Señales NI USB-6009

Tabla 11 Descripción de Señales

Digital I / O		
Digital I / O		
P0. <0 .. 7>		8 líneas
P1. <0 .. 3>		4 líneas
Control de dirección		Cada canal puede programar individualmente como entrada o salida
Tipo de controlador de salida		
NI USB-6008		Colector abierto (abierto de drenaje)
NI USB-6009		Cada canal puede programar individualmente como unidad activa (push-pull) o colector abierto (abierto de drenaje)
Compatibilidad		TTL, LVTTTL, CMOS
Alcance máximo de voltaje absoluto		-0,5 A 5,8 V con respecto a GND
Resistencia Pull-up		4,7 kW a 5 V
Estado de encendido		Entrada

Fuente:(National Instruments Corporation, 2008)

## Anexos 2.- YF-S201 contador de agua sensor de flujo de agua

**Figura N° 139** *Sensor YF-S201*



**Fuente:**(*hobbyelectronics, 2010*)

### ➤ Características:

- Modelo: YF-S201
- Tipo de Sensor: de efecto Hall
- Voltaje de funcionamiento: de 5 a 18V DC (min Funcionamiento probado 4.5V voltaje)
- Max consumo de corriente: 15 mA @ 5V
- Tipo de salida: 5V TTL
- Trabajo Caudal: 1 a 30 litros / minuto
- Temperatura de funcionamiento: -25 a + 80 °C
- Humedad de trabajo Rango: 35% -80% de humedad relativa
- Precisión: ± 10%
- Presión máxima del agua: 2,0 MPa
- Ciclo de trabajo de la salida: 50% + -10%
- Tiempo de subida de la salida: 0.04us
- Tiempo de caída de salida: 0.18us
- Flujo características del pulso índice: Frecuencia (Hz) = 7.5 \* Caudal (l / min)
- Pulsos por litro: 450
- Durabilidad: mínimo 300.000 ciclos
- Longitud del cable: 15cm

**Fuente:**(*Dealextrême, 2006*)

### ➤ Detalles de conexión:



- Cable rojo: + 5V
- Alambre Negro: GND
- Cable amarillo: salida PWM.

**Fuente:** (hobbyelectronics, 2010)

### **Anexos 3.- Motor reductor 37Dx52L mm con Encoder 64 CPR**

**Figura N° 140** *Motor reductor con encoders*



**Fuente:**(CORPORATION, 2001- 2015)

#### **Especificaciones:**

- Voltaje: 12 V dc
- Revoluciones : 350 RPM
- Corriente: 300 mA

#### **Accesorios Motor reductor**

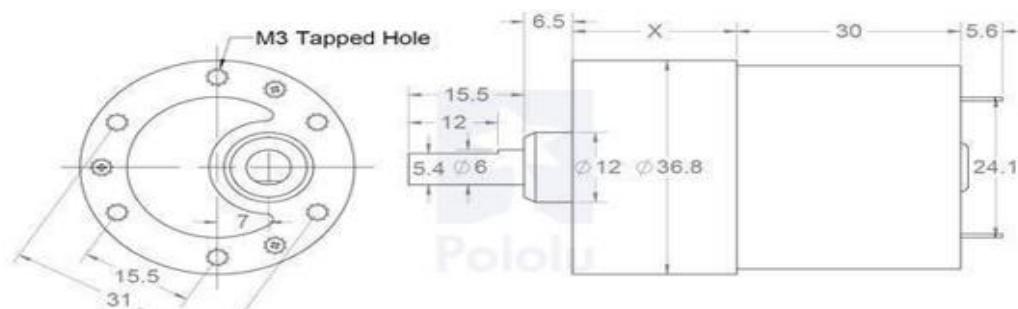
**Figura N° 141** Vista frontal de motor reductor con encoders



**Fuente:** (CORPORATION, 2001- 2015)

### Dimensiones

**Figura N° 142** Dimensiones de motor reductor



**Fuente:**(CORPORATION, 2001- 2015)

### Utilizando el Codificador

**Figura N° 143** Visualización del sensor encoders



**Fuente:**(CORPORATION, 2001- 2015)

**Tabla 12** *Tabla de códigos de color del cableado del Motor reductor*

<b><i>COLOR</i></b>	<b><i>FUNCIÓN</i></b>
<i>Rojo</i>	<i>potencia del motor (se conecta a un terminal del motor)</i>
<i>Negro</i>	<i>potencia del motor (se conecta a la otra terminal del motor)</i>
<i>Verde</i>	<i>GND codificador</i>
<i>Azul</i>	<i>codificador Vcc (3,5 a 20 V)</i>
<i>Amarillo</i>	<i>codificador Una salida</i>
<i>Blanco</i>	<i>salida del codificador B</i>

**Fuente:**(CORPORATION, 2001- 2015)

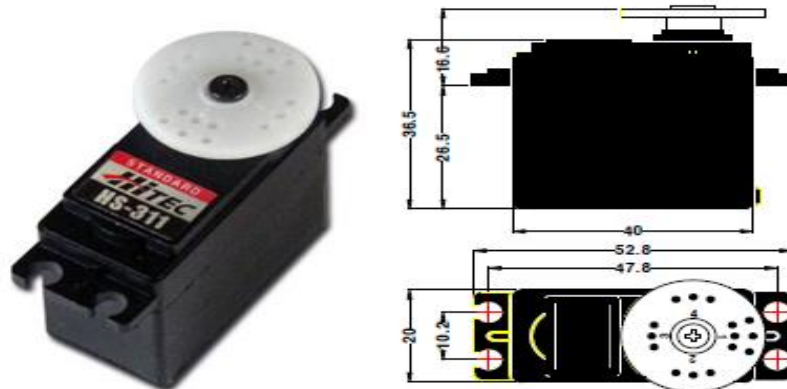
#### **Anexos 4.-Servomotor standard HITEC HS-311**

**Tabla 13** *Especificaciones del servomotor*

Modulación	Analógico
Torque	<b>4,8V:</b> 42,0 oz-in (3,02 kg-cm) <b>6,0V:</b> 49,0 oz-in (3,53 kg-cm)
Velocidad	<b>4,8V:</b> 0.19 sec / 60° <b>6,0V:</b> 0.15 sec / 60°
Peso	1,51 oz (42.8 g)
Corriente	<b>4,8V:</b> 7,4mA, 160mA <b>6,0V:</b> 7,7 mA, 180mA
Dimensiones	Longitud: 1,57 en (39,9 mm) Ancho: 0,78 en (19,8 mm) Altura: 1,43 en (36,3 mm)
Tipo de motor	3 polos
Tipo caja de cambios	Plástico
Rotación/soporte	Cojinete
Rango de rotación	180°
Ciclo de pulso	20ms
Ancho de pulso	900-2100mu s
Tipo de conector	Universal

**Fuente:** (HITEC RCD KOREA INC., 2002)

**Figura N° 144** Servomotor standard HITEC HS-311



**Fuente:** (HITEC RCD KOREA INC., 2002)

#### Anexo 5,- Lenguaje del programa del microcontrolador

La programación se procede hacer en lenguaje tipo c como se muestra a continuación:

```
#include <18F2550.h>
#fuses
HS,NOWDT,NOMCLR,PLL2,CPUDIV4,NOVREGEN,NOPBADEN,NOBROW
NOUT
#use delay(clock=20M)

#define servo1 pin_a2

float32 valor;

float32 sv1,sv2;
int32 sv1_aux,sv2_aux;
float32 tiempo;
int flag1=0,flag3=0;

/**TEMPORIZACION PARA MANEJO DE SERVOMOTORES***/
/*****/

#int_timer0
void temporizacion()
{
switch(flag3)
{
case 0:
output_low(servo1);
```

```

        set_timer0(63036);
        flag3=1;
    break;
    case 1:
        output_high(servo1);
        set_timer0(sv1_aux);
        flag3=0;
    break;
    }
}
/*****/

void main()
{
    setup_timer_0(rtcc_internal|rtcc_div_8);
    set_timer0(63036);

    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_4);
    setup_adc_ports(AN0);
    set_adc_channel(0);

    enable_interrupts(int_timer0);
    enable_interrupts(global);

    valor=read_adc();

    while (true)
    {
        tiempo=valor*2000/1023;
        tiempo=65036-tiempo;
        sv1=tiempo;
        sv1_aux=sv1;
        valor=read_adc();
        delay_us(10);
    }
}

```

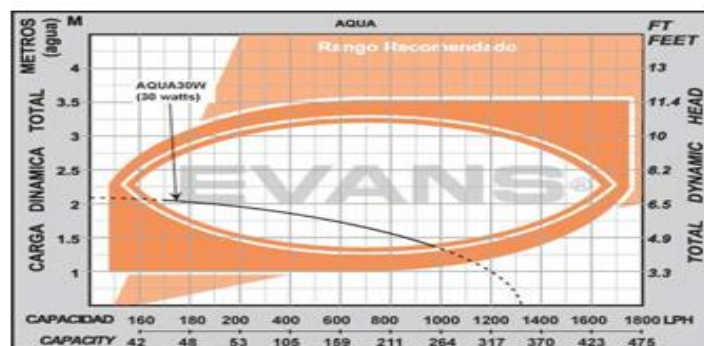
## Anexos 6.- Bomba sumergible para fuentes 30 w aqua30w

Figura N° 145 Bomba de agua



Fuente: (COLOMBIA E. -V., 2015)

Figura N° 146 Flujo máximo de altura



Fuente: (COLOMBIA E. -V., 2015)

### Especificaciones técnicas

Tabla 14 Especificaciones técnicas bomba de agua 30w

<b>MOTOR</b>	
Tipo de Motor	Eléctrico
Potencia del Motor	30W
Desplazamiento	N/A
RPM del Motor	3450 RPM
Voltaje	120 V

<i>Fases del motor</i>	<i>Monofásico</i>
<i>Protección térmica</i>	<i>No</i>
<b>BOMBA</b>	
<i>Tipo de Bomba</i>	<i>De fuente</i>
<i>Flujo Optimo</i>	<i>10.00 LPM</i>
<i>Altura Optima</i>	<i>1.75 m</i>
<i>Paso de solidos</i>	<i>0.00 pulg</i>
<i>Numero de etapas</i>	<i>1 etapas</i>
<i>Diámetro de succión</i>	<i>0.75 pulg</i>
<i>Diámetro de descarga</i>	<i>0.50 pulg</i>
<i>Tipo de impulsor</i>	<i>abierto</i>
<i>Material del cuerpo</i>	<i>Plástico</i>
<i>Material del impulsor</i>	<i>Plástico</i>
<i>Material del sello mecánico</i>	<i>Cerámica / Carbón / Acero inoxidable / Buna</i>
<i>Temperatura Máxima del Agua</i>	<i>40 C</i>
<i>Incluye</i>	<i>Adaptador para manguera</i>

**Fuente:**(COLOMBIA E. -V., 2015)

#### **Anexos 7.- 120W DC 12V 10A Fuente de Alimentación LED**

**Figura N° 147 Fuente de alimentación 12vdc**



**Fuente:** (Amazon.es, 2015)

#### **Descripción del producto**

- Interruptor de Transformador de Tensión CA 110V/220V a CC12V 10A 120W para Tira LED
- Material: Caja del metal / base de aluminio \* Voltaje de entrada: CA 110V/220V (4763Hz)
- Tensión de salida: CC 12V
- Rango de ajuste de tensión de salida: 12V5%
- Corriente de salida: 10A
- Potencia de salida: 120W
- Temperatura de trabajo: -10 ~ 50C
- Temperatura de almacenamiento: -20 ~ 85C

**Fuente:**(Amazon.es, 2015)

#### **Anexos 8.- Ventilador / extractor 12VDC 4 W**

**Figura N° 148 Ventilador extractor de 12vDC**



**Fuente:**(ELEKTRON, 2015)

#### **Anexos 9.- Niquelina**

La niquelina o nicolita es un mineral compuesto de arseniuro de níquel, Ni. As, que contiene 43,9% de níquel y el 56,1% de arsénico.

Niquelina (Cu- Ni – Zn) resistividad es a 20 grados centígrados 0.440 y aumento de la resistencia con la temperatura 0.0002



**Fuente:**(Viloria, 2005)

## Anexos 10.- Características de las barras cobre y aluminio

**Tabla 15** *Características del cobre y aluminio*

<b>Cobre</b>	
<i>Símbolo químico</i>	<i>Cu</i>
<i>Número atómico</i>	<i>29</i>
<i>Grupo</i>	<i>11</i>
<i>Periodo</i>	<i>4</i>
<i>Aspecto</i>	<i>metálico, rojizo</i>
<i>Bloque</i>	<i>d</i>
<i>Densidad</i>	<i>8960 kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Masa atómica</i>	<i>63.536 u</i>
<i>Radio medio</i>	<i>135 [3]pm pm</i>
<i>Radio atómico</i>	<i>145 [3]pm (Radio de Bohr)</i>
<i>Radio covalente</i>	<i>138 [3]pm pm</i>
<i>Radio de van der Waals</i>	<i>140 [3]pm pm</i>
<i>Configuración electrónica</i>	<i>[Ar]3d104s1</i>
<i>Estados de oxidación</i>	<i>+1, +2</i>
<i>Óxido</i>	<i>levemente básico</i>
<i>Estructura cristalina</i>	<i>cúbica centrada en las caras</i>
<i>Estado</i>	<i>sólido</i>
<i>Punto de fusión</i>	<i>1357.77 K</i>
<i>Punto de ebullición</i>	<i>3200 K</i>
<i>Calor de fusión</i>	<i>13.1 kJ/mol</i>
<i>Electronegatividad</i>	<i>1,9</i>
<i>Calor específico</i>	<i>385 J/(K·kg)</i>
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>58,108 × 10<sup>6</sup>S/m</i>
<i>Conductividad térmica</i>	<i>400 W/(K·m)</i>

*Fuente:*(Elementos, 2015)

<b>Aluminio</b>	
<i>Símbolo químico</i>	<i>Al</i>
<i>Número atómico</i>	<i>13</i>
<i>Grupo</i>	<i>13</i>
<i>Periodo</i>	<i>3</i>
<i>Aspecto</i>	<i>plateado</i>
<i>Bloque</i>	<i>p</i>
<i>Densidad</i>	<i>2698.4 kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Masa atómica</i>	<i>26.9815386 u</i>
<i>Radio medio</i>	<i>125 pm</i>
<i>Radio atómico</i>	<i>118</i>
<i>Radio covalente</i>	<i>118 pm</i>
<i>Configuración electrónica</i>	<i>[Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>1</sup></i>
<i>Electrones por capa</i>	<i>2, 8, 3</i>
<i>Estados de oxidación</i>	<i>3</i>
<i>Óxido</i>	<i>anfótero</i>
<i>Estructura cristalina</i>	<i>cúbica centrada en las caras</i>
<i>Estado</i>	<i>sólido</i>
<i>Punto de fusión</i>	<i>933.47 K</i>
<i>Punto de ebullición</i>	<i>2792 K</i>
<i>Calor de fusión</i>	<i>10.79 kJ/mol</i>
<i>Presión de vapor</i>	<i>2,42 × 10<sup>-6</sup>Pa a 577 K</i>
<i>Volumen molar</i>	<i>10,00 × 10<sup>-6</sup>m<sup>3</sup>/mol</i>
<i>Electronegatividad</i>	<i>1,61</i>
<i>Calor específico</i>	<i>900 J/(K·kg)</i>
<i>Conductividad eléctrica</i>	<i>37,7 × 10<sup>6</sup>S/m</i>
<i>Conductividad térmica</i>	<i>237 W/(K·m)</i>

### **Anexo 11 Construcción de la NIDAQ USB 6009 en modo didáctico**

Para la construcción del prototipo de la Daq 6009 en modo didáctico se emplea los siguientes elementos, herramientas y materiales que se detalla a continuación.

#### **Elementos y materiales**

- Triple

- Cable delgado
- Conectores tipo banana hembra
- Conectores tipo banana macho

### Herramientas

- Taladro
- Brocas
- Lija
- Flexómetro
- Cautín
- Estaño
- Peladora de cable

### Ensamblado y construcción

Se procedió a cortar el triple a la medida y luego a agujerar donde va a ir todos los elementos para una mejor utilización didácticamente de la Daq 6009 como se muestra a continuación en la figura N°177.

**Figura N° 149** NI DAQ USB 6009 en modo didáctico



**Fuente:**(Autores, 2015)



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA:**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	100368538-3		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Quispe Rosero Ernesto Agustín		
<b>DIRECCIÓN</b>	Mira, Calle Bolívar y 27 de Diciembre		
<b>EMAIL</b>	ernestoquispe27@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	(06) 277 0029	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0981028251
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO</b>	"Diseño y construcción de cuatro módulos didácticos, con interfaz humano - máquina, para la implementación de un laboratorio de control automático en el laboratorio de la carrera de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte"		
<b>AUTOR (ES):</b>	Brusil Hernández Edwin Fabricio – Quispe Rosero Ernesto Agustín		
<b>FECHA</b>	2015/07/24		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PRE GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Título De Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico		
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Ing. Pablo Méndez		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Quispe Rosero Ernesto Agustín con cédula de identidad Nro. 1003685383 , en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega ejemplar respectivo de forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

### 3. CONSTANCIAS

Yo como autor manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor terceros, por lo tanto la obra es original y soy titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de Julio de 2015

**EI AUTOR:**

**ACEPTACIÓN**



Quispe Rosero Ernesto Agustín

Ing. Betty Chávez

CI 100368538-3

**JEFE DE BIBLIOTECA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, QUISPE ROSERO ERNESTO AGUSTÍN, con cédula de ciudadanía N° 100368538-3, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del Trabajo de Grado denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MÓDULOS DIDÁCTICOS, CON INTERFAZ HUMANO - MÁQUINA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE", que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente de los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Nombre:** Quispe Rosero Ernesto Agustín

**Cédula:** 100368538-3

Ibarra, a los 24 días del mes de Julio del 2015



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**4. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA:**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	100356092-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Brusil Hernández Edwin Fabricio		
<b>DIRECCIÓN</b>	Ibarra, Calle Jacinto Egas 871 y Tobías Mena		
<b>EMAIL</b>	edwinbrusil_89@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>	(06) 260 0751	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0993928457
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO</b>	“Diseño y construcción de cuatro módulos didácticos, con interfaz humano - máquina, para la implementación de un laboratorio de control automático en el laboratorio de la carrera de Mantenimiento Eléctrico de la Universidad Técnica del Norte”		
<b>AUTOR (ES):</b>	Brusil Hernández Edwin Fabricio – Quispe Rosero Ernesto Agustín		
<b>FECHA</b>	2015/07/24		
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PRE GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Título De Ingeniería En Mantenimiento Eléctrico		
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>	Ing. Pablo Méndez		



## 5. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Brusil Hernández Edwin Fabricio con cédula de identidad Nro.100356092-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega ejemplar respectivo de forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

## 6. CONSTANCIAS

Yo como autor manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor terceros, por lo tanto la obra es original y soy titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de Julio de 2015

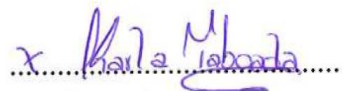
**EI AUTOR:**

**ACEPTACIÓN**



Brusil Hernández Edwin Fabricio

CI 100356092-5



Ing. Betty Chávez

**JEFE DE BIBLIOTECA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, BRUSIL HERNÁNDEZ EDWIN FABRICIO, con cédula de ciudadanía N° 100356092-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del Trabajo de Grado denominado: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CUATRO MÓDULOS DIDÁCTICOS, CON INTERFAZ HUMANO - MÁQUINA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL LABORATORIO DE LA CARRERA DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE", que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente de los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma: 

Nombre: Brusil Hernández Edwin Fabricio

Cédula: 100356092-5

Ibarra, a los 24 días del mes de Julio del 2015

